

ハマキガ類計数のための電撃型自動計数フェロモントラップの開発

佐 藤 安 志

独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構野菜茶業研究所

Development of the Sex-pheromone Trap Automatic Counting System, for Forecasting of the Tea Tortrix Moths.

Yasushi SATO

National Agriculture and Bio-oriented Research Organization
National Institute of Vegetable and Tea Science

キーワード：自動計数フェロモントラップ，発生予察，フェロモントラップ，性フェロモン，
チャノコカクモンハマキ，チャ害虫

1 はじめに

害虫の発生量や発生時期は，一般に地域や年によって大きく変動するため，防除の可否や薬剤散布適期の決定には，害虫の発生状況の調査が不可欠である．害虫の発生状況調査法には様々な方法があるが，中でも全国的に普及している調査法の一つに合成性フェロモン剤を誘引源としたフェロモントラップによる調査がある．チャにおいても，各府県の試験場，病虫害防除所，農協等が，フェロモントラップを使って3種のハマキガ類（チャノコカクモンハマキ，チャハマキ，チャノホソガ）の発生消長を調査し，薬剤防除の散布適期等を決定する等しており，この方法は広く普及している技術と言える．

フェロモントラップを使った調査の最大の利点は，目的とする害虫種のみが選択的に誘殺されるため，誘蛾灯調査で必要とされる種々の害虫の識別・同定等の知識や技術を必要とせず，簡単に調査が行えるということである．しかし，現在使われている粘着式や水盤式のフェロモントラップは，誘引虫を捕殺するための粘着板や水盤水の交換等トラップの維持管理に多大な経費と労力を必要とし，何より日々誘殺される多数の虫を計数するのが労力的に大変であるという欠点がある．そこで，当研究室では，民間企業と共同で，誘引虫を自動計数し，かつ日常の保守管理作業をほとんど必要としない「自動計数フェロモントラップ」を開発することとした．本稿ではこのフェロモントラップの開発に関する共同研究の概要¹⁾を紹介する．なお，本課題は農林水産省連携実用化プロジェクトの支援を受けている．

2 共同研究と開発のポイント

「自動計数フェロモントラップの開発」と言っても，当研究室には機器を開発・製造するノウハウはない．そこで，製茶機械メーカーであるカワサキ機工(株)と共同で開発を進めることにした．

これまで「自動計数フェロモントラップ」としては，赤外線等の光学センサーを利用し，トラップ内部に誘導した虫を自動で数える形式²⁾や画像解析技術を利用し，粘着板に捕獲された虫の数を数える形式³⁾等様々な方式が報告されている．しかし，予備試験により，これらをチャのハマキガ類にそのまま適用した場合，長期間の安定性や計数精度の面で必ずしも満足できる状況にならないことが予測された．その最大の原因は，チャのハマキガ類の一日あたりの誘殺数の多さである．例えば光学センサー方式では，日あたり数千匹にも及ぶ誘殺虫の鱗粉等により光路が汚れ，安定計数するためには頻繁な掃除が必要とされ，メンテナンスフリーシステム構築の障害となった．

様々な方式の「自動計数フェロモントラップ」を比べると，誘引虫計数の自動化のためには，フェロモントラップに誘引されてきた虫を「どう数えるか」と「どうやって誘引した虫を二重三重に数えないようにするか（通常フェロモンに誘引されてきた雄は雌を探すために周辺をウロウロする）」が開発のポイントであることがわかる．なお，後者については多くのトラップが誘引虫を捕獲あるいは殺傷することでクリアしているため「誘引虫をどうやって捕獲・殺傷するか」と言い換えることもできる

であろう。

そこでいくつかの試作機を作製し、実際の虫を使って効率的でなるべく保守管理を必要としない虫の殺傷方法、計数方法等を検討した結果、電撃殺虫機を利用し、誘引された虫を電撃電極で殺傷すると同時に計数する方式が、最も有効であろうとの結論に至った。

トラップの殺傷・計数方式の検討と平行して、開発するトラップの主たる対象害虫をチャノコカクモンハマキ *Adoxophyes honmai* (図1) に絞った。本種はチャの重要害虫で、年4~5回発生し、幼虫が葉を綴じてこれを食害する。チャだけでなく多くの果樹等も加害し、現在フェロモントラップによる発生消長の調査が広く行われている害虫の1種である。また、本種は大量飼育技術⁴⁾やフェロモントラップ周辺の虫の挙動等基礎的知見^{5), 6), 7)}の蓄



図1 チャノコカクモンハマキ

積が豊富であることも、本種選定の理由となった。

図2に、この共同研究の概略をまとめた。主に虫に関することは当研究室が、機器の試作・改良に関することはカワサキ機工㈱が役割を分担し、「電撃型自動計数フェロモントラップ」試作機を実用的レベルに改良して市販化するという目標を掲げ、本格的な共同研究を開始した。

3 生物検定法の確立と室内試験

自動計数フェロモントラップの開発を効率良く行うためには、室内における生物検定系を確立し、改良したトラップをいつでもテストできる体制をとることが重要である。

フェロモントラップに近接したチャノコカクモンハマキの行動を観察すると、トラップ周辺に着地したオスが、激しく翅を震わせて円を描きメーティングダンスと呼ば

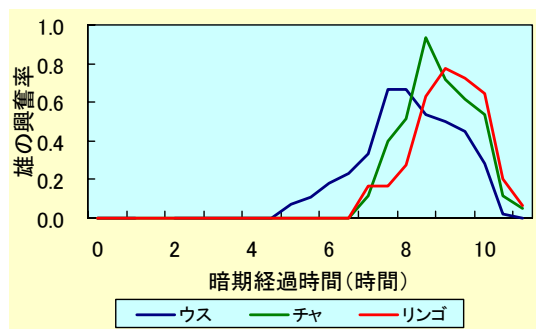


図3 コカクモンハマキ種群雄の交尾行動活性の推移

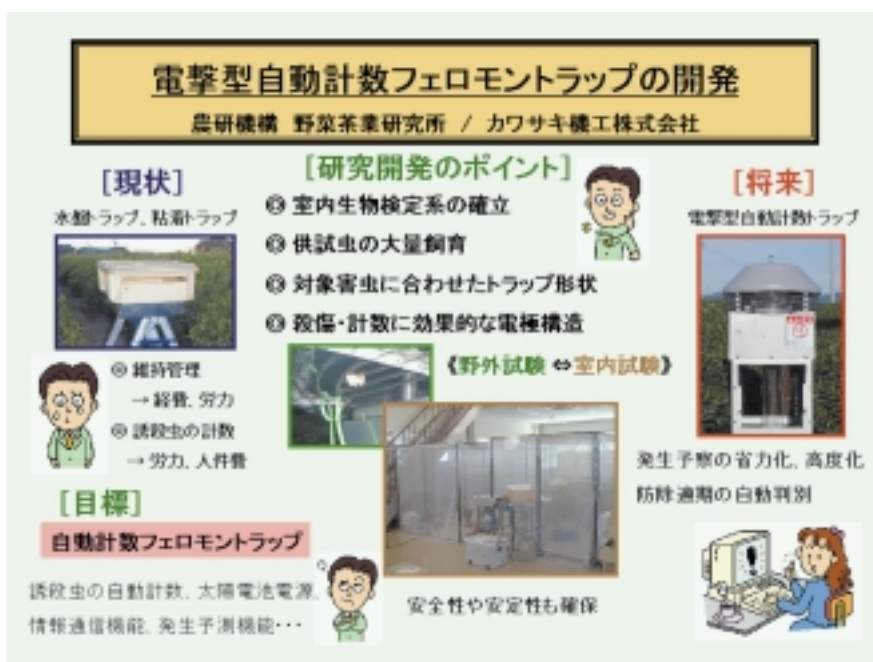


図2 「電撃型自動計数フェロモントラップの開発」共同研究概略

れるダンスを踊りながら、トラップ内部へ飛び込んで行く。しかし、このオスのメーティングダンスはフェロモンに暴露されればいつでも起こるものではなく、一定の条件のもとで解発される行動であることが知られている⁸⁾。しかもこれらの交尾行動は通常暗黒下で（夜に）行われるため、肉眼での観察は難しい。そこで生物検定系としては、まず全てのオスを任意の時間、しかも明条件下で、一斉に性的に興奮させる条件を見つけ出すことから始めた。これは、種や系統によって若干異なった（図3）が、明暗処理や温度処理を組み合わせで可能であった。また、室内試験とは言え実際に使われる場面を想定すると、簡易風洞や室内網室内での試験も不可欠である。これらの中でオスをきれいに羽ばたかせるには、湿度や風の条件、フェロモン量等を微妙に調整する必要があったが、試行錯誤を繰り返すことで、これらの条件を確定した。これにより、簡易風洞や網室等でも安定した生物検定を行うことが出来るようになった。



図4 透明ルーバを使った室内試験

次に必要となったのは、生物検定に使用する大量の供試虫の確保である。幸いなことに、当研究室では別の研究目的のため20系統ほどのコカクモンハマキを継代飼育していた。そこでこれらを多めに飼育することで、最大で2、3日おきに約1000頭ずつの雄を供給できる体制を整えた。

4 トラップ改良と野外試験

試作したトラップは、室内試験で捕獲効率や計数精度等の確認を行い、改良を加えながら一定水準に達したものを野外試験に供した。野外試験で不具合が見つかった場合は、さらに微調整しながら試験を続けた。

トラップの捕獲効率は、筐体の形状や開口部の構造等に大きく左右される。一般に開口部を大きくし、電撃電極を剥き出しにすれば捕獲数は増加するが、これでは作業者の安全対策やいたずらによる事故防止対策、雨天時の安定性等に問題が生じる。逆にこれらの問題を解決するため開口部を狭くしたり障壁を設けたりすれば、今度はこれが誘引虫進入の障害となり、捕獲効率が低下する。つまり、トラップの安全性・安定性と捕獲効率の折り合いをどうつけるかが次の問題となった。

そこで透明トラップ（図4）を試作し、トラップ周囲の虫の行動を観察しながら、トラップ構造を対象害虫の行動に合わせた形状に改良することにした。さらに、トラップ部を制御部から切り離し、移動可能な可動式として畝間に配置する工夫等を行うことで、最終的に上記の対策を取りながら対照の水盤式トラップの6割程度の誘殺数が得られるトラップを得ることが出来た⁹⁾。

図5は、現在チャノコカクモンハマキを対象に市販されているシステムの捕虫部である。このシステムには、



図5 電撃型自動計数フェロモントラップの仕組みと特徴



図6 電撃型自動計数フェロモントラップ設置事例

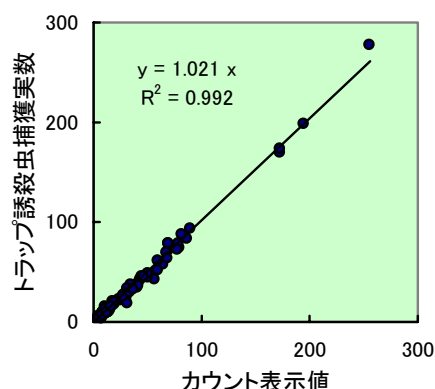


図7 電撃型自動計数フェロモントラップの計数精度（野外条件下）

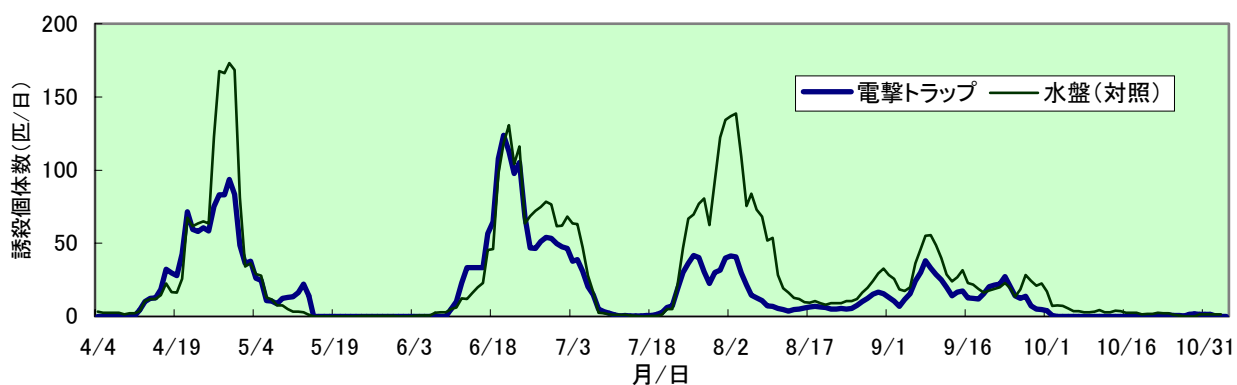


図8 電撃型自動計数フェロモントラップと対照トラップ（水盤式フェロモントラップ）の消長比較例（2002 金谷）

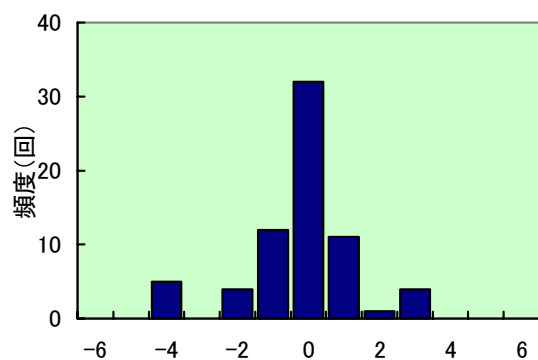


図9 本システムと対照トラップの発蛾ピークの偏差
金谷（静岡）、島田（静岡）、小笠（静岡）、額娃（鹿児島）で試験
同一発生期の複数のピークは各々を比較 n=64
全体の82.8%が±2日以内のズレ

多重の安全ガードが備っており、誘引源であるフェロモンルアーの交換以外のトラップ保守管理作業が不要なメンテナンスフリーのシステムとなっている。また、誘殺データは制御部内蔵のプリンタで過去30日分が印字可能であるほか、オプションのシステムで遠隔地へのデータ自動送信も可能である。本システムおよび付属システムは商用電源のほか太陽電池電源でも長期間安定して稼

動することが実証されており、制御部1台でトラップ部3台までの制御が可能で、気温センサーや雨量センサーも搭載出来る。オプション類を含んだ本システムの現地圃場における設置事例を図6に示す。

次に本システムの実用性に関する試験結果を示す。まず、本システムの野外条件下における誘殺虫計数精度について調査した。調査はトラップの排出口に回収ボックスを取り付け、回収された虫の数と本システムのカウント表示値とを原則毎日比較することにより行った。図7は、2002年金谷における調査結果で、4月から10月までの7ヶ月間のうち5匹以上誘殺された102日分のデータを比較している。図より、本システムの計数誤差は最大でも±5%程度であり、計数精度が高く実用であることがわかる。

図8には年間を通じて行った発生消長調査の実証試験の一例を示す。2002年金谷の試験において、本システムは年間を通じて安定的に稼動し、得られた消長も従来の水盤式トラップのものと同傾向であった。この傾向は他の試験でも同様であり、これらのことからチャノコカクモンハマキの発生消長調査に関して、本システムの実用性は高いものと判断された。

なお、農協や茶工場等で独自に行われている個別予察は、防除薬剤の散布適期（防除適期）を予測するために

行われることが多く、この場合、散布適期決定の基準となる発蛾ピークを把握することが求められる。そこで、これらの場合も本システムが従来のトラップ（水盤式、粘着板式）の代替トラップとなり得るか否かについても評価することとした。図9に、本システムと従来のトラップ（対照トラップ；水盤式あるいは粘着板式）でそれぞれ調査した発蛾ピークを比較した結果をまとめる。図は、全国5ヶ所4年のデータをまとめたもので、同一発生期に複数のピークがある場合は、それぞれをピークとして比較した。のべ64のピークを比較したところ、両トラップで得られた発蛾ピークには一定の傾向は見られず、両トラップのズレは全体の80%以上が±2日以内に収まり、本システムが個別予察においても対照トラップの代替トラップとして利用可能であることが示された。

5 今後の展開方向

今回、チャノコカクモンハマキを例に、共同開発した本システムが従来のフェロモントラップの代替トラップとして利用可能であることを示した。本トラップは、電撃電極やトラップ部位等の構造を改良することで、他害虫への適用も可能なことが分かっており、現在チャハマキやチャノホソガ等を対象とした改良型の野外実証試験を行っている。特にチャノホソガについては、実証3年目にあたる本年も良い結果が得られていることから、近日中の市販も検討されている。

本トラップは、もともとネットワーク化した茶園環境計測システムの一センサーとして開発されてきた経緯があるため、ネットワーク化した予察システムへの適用や広域システムへの導入は容易である。また、オプションの気象センサーを利用すれば、本機で各種気象データをリアルタイム計測することも可能である。

変温動物である昆虫の発育は、一義的には気温に左右されるため、害虫の種類によって得られた気温データと種固有の発育零点・有効積算温度から防除適期等を推定することができる。例えばチャのクワシロカイガラムシでは、気温データを用いた防除適期の予測式が報告されており¹⁰⁾、現在本システムでもその適合性を判断すべく試験例を重ねている。その他、チャの新芽加害性害虫（チャノミドリヒメヨコバイ、チャノキイロアザミウマ）の防除適期についても、気象データの活用でおおよその予測が可能と考えられ、今後各種データを蓄積することで多種をカバーするより精度の高い予察システムの構築できる可能性が高い。なお、各種データの蓄積に際しても、本システムのデータ自動収集システムは威力を発揮するものと思われる。今後本システムや類似システムの利用と様々なデータの蓄積・解析により、様々な病害虫の発生をより高精度に予想し、防除の要否や防除適期を予測する「防除作業支援システム」が構築されていくことが期待される。

摘要

フェロモントラップは害虫の発生調査手法として広く利用されているが、トラップの維持管理や誘殺虫の計数等に多大な労力と経費を要する。そこで、日常の保守管理作業なしに誘殺虫の自動計数が行える自動計数フェロモントラップを民間企業と共同開発した。開発したシステムは、フェロモン源に誘引され内部に侵入した虫を電撃格子で殺傷と同時に計数する仕組みとなっており、虫の行動解析による合理的構造と調査者の利便性、安全性・安定性を考慮した構造を有する。チャノコカクモンハマキを対象とした実証試験では、誘殺消長が従来の水盤式（または粘着板式）トラップによる消長とよく一致し、発蛾最盛日のズレも、調査ピーク全体（64例）の82.6%が±2日以内に収まったことから、本システムの実用性は高いと判断された。

引用文献

- 1) 佐藤安志. 2003. 電撃型自動計数フェロモントラップ「モスカウンター」の開発. 農業電化. 56 (10): 16-20
- 2) Campion, D. G., Bettany, B. W. & Steedman, R. A. 1974. The arrival of male moths of the cotton leaf-worm *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera, Noctuidae) at a new continuously recording pheromone trap.. Bull.ent.Res.. 64: 379-386
- 3) 近藤章, 佐野敏広, 田中福三郎. 1994. カメラを用いた性フェロモントラップの時刻別誘殺数の自動記録. 応動昆. 38 (3): 197-199
- 4) 山谷絹子, 玉木佳男. 1972. ハマキガ類の大量増殖法. 植物防疫. 26 (4): 31-34
- 5) 川崎建次郎, 玉木佳男. 1980. チャノコカクモンハマキ性フェロモントラップの設置場所と誘殺数. 応動昆. 24 (4): 253-255
- 6) 川崎建次郎, 玉木佳男, 中村和雄. 1983. チャノコカクモンハマキ雄成虫の性フェロモントラップへの誘殺時刻とその季節的变化. 応動昆. 27 (2): 106-111
- 7) 野口浩. 1984. チャノコカクモンハマキの交尾時刻に及ぼす温度の影響. 応動昆. 28 (3): 118-124
- 8) 玉木佳男, 野口浩, 湯嶋健. 1969. コカクモンハマキにおける交尾活性の人為的制御と性フェロモンの生物学的定量法. 防虫科学. 34 (3): 107-110
- 9) 佐藤安志, 武田光能, 小野田初男, 高岡秀明. 2003. チャ害虫ハマキガ類の電撃型自動計数フェロモントラップ. 平成14年度野菜茶業研究所成果情報: 129-130
- 10) 武田光能. 2002. チャ寄生クワシロカイガラムシ第1世代幼虫のふ化盛期の予測. 平成13年度野菜茶業研究所成果情報: 65-66