



生物防除部会ニュース No.32

平成19年5月10日発行

平成19年度総会と講演会のお知らせ

下記の日程にて生物防除部会の平成19年度総会と講演会を開催致します。会員の皆様のご参加をお待ち致します。

日時 平成19年6月7日（木） 午後3時～

場所 東京農業大学世田谷キャンパス2号館3階
国際農業開発学科会議室

- 総会
- 議題1. 平成18年度事業報告
 - 議題2. 平成18年度決算報告
 - 議題3. 平成19年度事業計画
 - 議題4. 平成19年度予算案
 - 議題5. その他

講演 演題1. 「東南アジアにおける微生物農薬の開発」
東京農工大学農学部 准教授 仲井まどか氏

なお、講演会終了後には、講演者を囲んでの懇親会を予定しています。
是非ご参加ください。

「特定外来生物」：アルゼンチンアリ

東京大学大学院農学生命科学研究科 田付 貞洋

はじめに—侵入害虫としての背景

アルゼンチンアリ(*Linepithema humile*)は南米原産だが、過去 100 年余の間に世界中に次々と侵入した。このアリは国際自然保護連合の「世界の侵略的外来種ワースト 100」にリストアップされ、日本で 2005 年に施行された「外来生物法」でも特定外来生物の第一次指定を受けた難防除害虫である。

- ◆ 最初の確認 = 1993 年 広島県 廿日市市
- ◆ 徐々に分布拡大



図1 日本におけるアルゼンチンアリの分布 (2007年4月20日現在)

日本では広島県廿日市市で 1993 年に初めて確認(アジア初)されて以後、広島県、山口県の瀬戸内海沿岸各地と兵庫県神戸市(1999 年)、および愛知県田原市(2005 年)での生息が判明している。さらに本年(2007 年)には、2 月に横浜港で東大グループの砂村が東日本で初めての生息を確認、3 月には岐阜県各務原市での生息が報じられた(以上図 1)。ここではアルゼンチンアリ(以下、ARG)のプロフィールと私たちの研究の一端を紹介する。

1. 分類と形態

ARG はアリ科、カタアリ亜科に属す小型(働きアリの体長約 2.5 mm)、暗褐色のアリである。顕著な形態的特徴に欠けるので多発しない限り目立たない。特別の武器も毒もない本種が問題にされるのは、異常な高密度になることと、攻撃的で活発な行動による。

2. 生態

(1) 高い繁殖力をもつ理由

1) 多女王制と高い産卵能力: 普通のアリと異なり一巣に多数の女王がいる。女王は羽化後巣の外に出ず、交尾、産卵する(1 頭が日平均 60 個産卵)。

2) スーパーコロニー: 普通のアリは同種でも巣が異なる個体間で激しく争う。ところが、ARG は複数の巣が一つのコロニ

ーとして機能する「スーパーコロニー(SC)」を形成する性質があり、SC内では別巣の個体同士にも敵対性がなく、互いに自由に巣を往き来する。これが種内競争を弱めて生息密度を高める要因となりうるが、原産地では同所的に複数のSCが存在し、SC間では敵対性が存在するためにSCのサイズは限定される。ところが、侵入地では通常は一つのSCしか存在せず、競争がないためにSCはしばしば非常に大きなサイズになる。例えばヨーロッパでは南イタリアからスペインに至る地中海沿岸約 6,000 km にも及び一つの巨大SCが存在する。日本でも広島県と山口県の働きアリ同士は敵対性を示さず、同一のSCに帰属するらしい*。

*: SC の範囲内ではどの巣のアリ同士も敵対性を示さないが、必ずしも全ての巣が連続しているのではない。SC の範囲内には断続的に複数の地域コロニーが存在するのが普通である。

3) 天敵が少ない: 侵入地域では本種に特異的な天敵はほとんどいない。また高密度になっているのは市街地、畑、港湾など生態系が貧弱な地域で、いわば「天敵の空白地帯」である。多発地域に隣接する山林には生息が見られないことはこれを裏付ける。

(2) 活発な行動

1) 高い活動性

働きアリは道標フェロモンに誘導され、行列を作って巣と餌場や新巣との間を往復する。歩行速度は在来アリの 2 倍程度で非常に速い。巣分かれの行列には雄アリと女王アリも加わる。多数の働きアリが他種のアリや昆虫などを襲うこともある。ARG は数の優位性と高い活動性によって、餌の摂取能力と他種との競争力の両方に優れている(普通はどちらか一方が発達するトレードオフがみられる)。

2) 活動の季節的および時間的消長

活動可能な温度範囲が 5 - 35℃と広く、冬眠せずに周年活動するので、春先の在来アリとの競争で有利である。一日中活動するが、夏場は夜間、冬場は昼間の活動が主体となる。女王は 5、6 月に羽化して周年巣内に見られる。雄アリは女王より羽化時期が早く、成虫は 6 月まで見られる。働きアリはコロニーの活動がピークとなる盛夏に最も多くなる。

3) 食性

雑食性できわめて多様な餌を摂る。ときには生きた昆虫などを襲うが、通常は液質の餌を好み、食物の大半はアブラム

シヤカイガラムシが分泌する甘露や花蜜とみられる。

3. 侵入・定着・分布拡大

日本への侵入経路は明らかではない。一次侵入地からのSCの分布拡大ルートには二通りある。一つは「巣分かれ」で、もっぱら行列によるため拡大範囲は年に高々数 100mである。他は交通機関に便乗するもので、この場合は距離を隔てて飛び火的に生息地が広がる。

4. 多発地域での被害

ARGによる被害は、生態系攪乱、農作物被害、生活・健康被害の三つに大別される。

(1) 生態系攪乱

本種が高密度化すると在来アリ類のほとんどの種が駆逐される。アリ類は複雑な種間関係をもつので駆逐されると生態系への影響が大きい。他種への影響が強いアシナガバチのような種が影響を受けると群集構造が大きく変る恐れがある。昆虫以外の節足動物や小型脊椎動物も影響を受けることがある。植物では、種子散布者のアリが駆逐されたり、送粉者が減少して影響を受けたという報告がある。以上のように本種による生態系攪乱はきわめて深刻である。

私たちの岩国市での調査では、ARGの生息密度が高いほど在来アリの種多様度が低く、高密度生息地域ではほとんどの在来種が駆逐されていた。地上約4mのセグロアシナガバチの巣が攻撃されて壊滅した例もある。一方、小型のサクラアリ、樹上性のウメマツオオアリはARGの影響を受けにくいことがわかった。

(2) 農作物被害（農業害虫）

芽、蕾、花、果実の直接害もあるが、海外の例をみると、深刻なのはアブラムシなどによる間接害である。ARGも甘露を分泌する昆虫を保護するので、それによりカンキツなどが大きな被害を受けている。岩国市でもARGが家庭菜園の作物や庭木のアブラムシを盛んに訪れるのが観察され、本種の高密度生息地域では、アブラムシ、カイガラムシの生息密度が有意に高かった。

(3) 生活・健康の被害（家屋害虫・衛生害虫）

大量のARGが建物に侵入し、家屋害虫や衛生害虫になっている。岩国市での聞き取りでは、住宅への侵入、食品への来襲、衣類や寝具への潜入・咬みつきの、冬季の浴室への侵入、などがあった。本種の習性から、病原微生物の媒介者となる可能性もある。病院内への侵入による院内感染には十分な警戒が必要であろう。

5. 防除とモニタリング

侵入地での防除には国内、国外ともに主に殺虫剤と毒餌（ベイト）剤が使用されてきたが、これらの効果は一時的・部分的にとどまり、地域全体でARGを根絶に導いた例はほとんどない。防除困難の原因はSCの形成とそれに付随する高い増殖能力、ならびに巣を容易に移動できる性質にある。部分

的な防除では一時的に除去できても早期に回復する。一方、生息地域全体を防除対象にすることは人畜や野生生物への悪影響が大きすぎてほとんど不可能である。すでに生息域が広がってしまった地域では根絶を目指すよりもIPMにより在来アリが共存できる生息密度に維持するのが妥当と思われる。一方、侵入・定着して間もなく、生息密度が低く、生息域が拡大していない場合は集中的な防除により根絶することができると思われる。そのためには、効果的なモニタリングシステムを構築し、早期発見・早期対応を心掛けることが必要である。

6. IPM—合成道標フェロモン利用の試み

侵入種であるARGは根絶が望ましいが、生息域が広がってしまったところでは上述のように、ある程度以下に生息密度を管理するのが現実的である。このような目的にはIPMが最適であろう。

私たちはIPMに組み入れる防除手段としてARGの合成道標フェロモン（主成分であるZ-9-ヘキサデセナール；ニカメイガ雌の性フェロモン成分の一つと共通）の利用を考え、岩国市で各種の試験を行なっている。この物質を行列攪乱剤として用い、ベイト剤と組み合わせることにより比較的小面積でもアリの生息密度を抑制できる可能性が示されている。一方、住宅や菜園などへの侵入防止にもこのフェロモンが利用できそうである。この場合は、合成フェロモンで作った偽のトレールに行列を導き、トラップに捕獲するか、ベイト剤を巣に持ち帰らせる方法がある。これらの方法は環境への影響を考慮した防除法として、実用化を期待している。

IPMに合成道標フェロモンを利用するにはいくつか課題がある。一つは攪乱剤の形状で、これまでは試験的に鱗翅目害虫の交信攪乱に用いられている剤型を用いてきたが、カメレオンフェロモンと成分は共通でも作用機構がまったく異なる道標フェロモンに適した剤型の開発が必要である。また、ARGに誘引活性が高いベイト剤の開発も望まれる。

参考文献

- 田付貞洋・寺山守（2005）植物防疫 59: 21-24
- 寺山守（2006）農業 2006年12月号（No. 1488）: 6-22

IPM とフェロモンによる害虫防除

信越化学工業株式会社

小川 欽也

1. はじめに

化学農薬の過剰散布による毒性問題、環境問題、農薬の残留問題から 1960 年代にはすでに IPM の重要性が叫ばれていた。その実現のために多くの努力がされ、天敵に優しい農薬として BT 剤、ディミリン、ノーマルト等の IGR 剤も 1980 年代には開発され、天敵保護の努力がなされてきた。しかし、モモシンクイガ、ナシヒメシンクイ、コドリンガ、ワタアカミムシ、コスカシバ等は、一般の殺虫剤が効果を発揮しやすい幼虫時期を果実、綿の実、幹の中で過ごしているため、天敵でも BT 剤、IGR 剤等でも防除は困難であった。

そのため、ピレスロイド剤、有機リン剤等の天敵に影響を与える殺虫剤を使用せざるをえなかった。その結果、従来、天敵で防除されていたオオタバコガ、コナジラミ、ハモグリガ、カイガラムシ等が新たな主要な防除対象となり、散布回数が一層増加した。

その典型的な例は、綿害虫の防除であり、1980 年以降中国、インド、パキスタン、スーダン等の綿生産国では従来あまり問題にされていなかったオオタバコガ、ワタコナジラミが主要害虫となり殺虫剤の散布がシーズンに 10 回以上になり、さらにワタコナジラミの分泌物が媒介となって葉の萎縮病が発生し、収量が一部で低下していた。一方、IPM 防除を志向していたエジプト、イスラエルでの主要害虫はワタアカミムシであり、殺虫剤の散布回数は 2~5 回と減少していた。

米国を中心に BT コットンが開発され、米国、オーストラリア、中国では次第にその技術が普及してきた。その技術はワタアカミムシの防除に関しては卓効があることは明瞭であるが、実質以上にその効力が過剰に宣伝され、①BT コットンに適しない高湿度地域で葉萎縮病が蔓延する、②吸汁性害虫に対する防除が不十分で収量が低下する、③水不足地域で生育が悪く収量が下がったりして、インドの Andhra Pradesh 州では州政府がメーカーを訴え訴訟問題に発展している。

IPM 下でフェロモンを使ったワタアカミムシの防除では平均 20%以上の増収となっている。一方、米国の大学では、BT コットンではワタアカミムシの被害を完全に近く防除できているが、増収は 1%程度と報告されている。遺伝子組み換え操作または BT 毒素生産のために綿の生産性が多少犠牲になっている可能性もある。またワタアカミムシをフェロモンで防除し殺虫剤の散布を削減すればオオタバコガ、ワタコナジラミは天敵が防除している。その結果、殺虫剤の散布が 50%以上節減可能になっている。

このようにフェロモンが有望な理由は、その防除ステージが成虫段階であり、天敵が働き難い幼虫段階を植物体内で過ごしている害虫を防除できることである。

2. 交信攪乱法

これらの一般殺虫剤に代わって、フェロモンによる防除が

1970 年代から研究されてきた。その方法は、昆虫のメスが放出しオスを誘引し交尾活動を誘起させる機能を有するフェロモンの利用である。1960 年代から 1970 年代にかけてその誘引性を利用して多くの大量誘殺法の試験が行われた。しかし、①オスしか誘引しないこと、②誘引されなかったオスが何回も交尾すること等の理由で効果は一般的には発揮されなかった。

その研究の過程で捕集トラップ数、または誘引ルアーのフェロモン担持量を増加すると、逆に対象害虫が捕集されない現象を見出した。この現象を利用し圃場にフェロモンの濃度を $10^{-9}\text{g}/\text{m}^3$ 程度に保つと、交尾を阻害することを知った。この害虫防除法は交信攪乱法と呼ばれ 1970 年代の後半にはフェロモン利用研究の主要研究テーマとなった。交信攪乱剤の開発では、安定性、放出寿命(ライフ)が重要な性能であるが、これらに並んでフェロモンの均一放出性も重要な特性である。均一な放出を保つことがライフの面でも重要になる。各製剤の問題点と特徴は次の通り(第 1 表)である。

1) 散布製剤とその欠点

米国、イギリスなど機械農業国では、施用時に多くの労働力が得られにくいことから散布剤が選択された。さらに当時は単位面積当たりのフェロモン設置(ポイント)数が 10,000/ha 以上必要であると主張されていたことも散布剤が選択された理由であった。現在は、大面積での施用ではポイント数は議論にならない。さらに散布剤には大きな欠点があった。①ワタアカミムシの場合は綿の花芽、花、実が産卵場所である。したがって花芽ができる前にフェロモンを施用して交尾を阻害する必要があった。しかしその時期には 6~8 枚の葉しかなく、散布しても殆ど地上に落下して効果がないこと¹⁾、②年間の平均気温は 1℃程度しか変化しないが、剤ライフの半分、1 週間のような短期間では、平均気温より 7~10℃高くなることがあり、ライフが気温によって大きく左右されること、③前半の放出量は大きい後半の放出量は少なく、70%放出時の放出量はそれまでの平均放出量の 50%を維持している製品はない。そのため 1976 年に世界で最初の交信攪乱剤として農薬登録を取ったアーバニー社の Nomate PBW²⁾ もライフが 2 週間程度であり、上記のような共通の欠点があり、安定した効果を発揮できなかった。一方、改良チューブタイプでは 70%放出時に 70%までの平均放出量の 90%以上を維持している製剤が多い。

信越化学(株)では、1980 年代にポリエチレン製の中空チューブにフェロモンを充填した手で施用するタイプを開発した。その形状から米国ではスパゲッティタイプと呼ばれている。早期に設置でき、ライフも 2 ヶ月以上であった。この製剤の優秀性が雑誌に発表された^{3), 4)}。その後、このように内部に液状のフェロモンを保有するためライフが長いリヴァーザー

第1表 フェロモン製剤の変遷

製剤タイプ	開発企業	設置方法	設置数/ha	有効期間(週)	放出安定性	性能
第1世代(1980年代)						
マイクロファイバー	アバー	散布	>50000	2	C	C
フィルムラミネート	ル・ソ	散布	>10000	2~5	C	C
マイクロカプセル	ICI	散布	>100000	2	D	C
第2世代(1990年代)						
チューブ	信越化学	手付け	200-1000	4~20	B	B
アンブル	BASF	手付け	250-500	6~17	B	B
ピロー	スーテ	手付け	300-1000	4~8	C	C
第3世代						
改良チューブ	信越化学	手付け	100-1000	4~20	A	A
バッファー	パラマウント	設置	5-20	無期限	A	D
マイクロカプセル	3M	散布	>50000	2~3	D	C
マイクロカプセル	信越化学	散布	>10000	3~8	C	C

タイプと呼ばれる製剤が開発された。BASF のアンブルタイプ、Consep のピロータイプ等がこのタイプである。BASF、信越化学の剤は比較的放出速度も安定しており、1990 年代後半から各地で交信撓乱法は普及した。

チューブタイプはライフも長く、シーズン初期にも設置できる長所があり、放出均一性もスプレータイプより優れていたが、フェロモンの放出により内液が減少すると、濡れ面積が減少し放出量も低下する欠点があった。そこでチューブ内面にある種の発泡層を造り、フェロモンが減少しても毛細管現象で内部表面全体が常にフェロモンに濡れ、均一に放出される方法を開発した^{5), 6)}。従来法のチューブでは内径を大きくすると、残存フェロモンが一方に偏り、濡れ面積が減少するため、長いライフの製剤および単位面積当たりの設置数を少なくできる大容量の製剤の製造は困難であったが、この限界も解消した。

3. フェロモンの試験方法と評価

フェロモンはガス体として移動するのでその試験方法に十分配慮する。特に試験の目的を明確にする。基礎試験または登録用の試験では対象害虫に対する効果があれば狭い面積の試験でも良いが、展示圃試験では経済性を使用者、指導者に理解してもらうため大面積試験が必要である。また展示圃試験ではフェロモンの対象害虫だけではなく、ダニ、アザミウマ、カイガラムシ、コナジラミ等、天敵で防除可能な害虫の被害を調べることがフェロモン防除対象害虫の調査以上に重要である。

フェロモンの試験が適切に行われていることを確認するため、捕集(トラップ)法による誘引阻害率の測定が実施される。最も重要な基礎的な試験ではあるが、必ずしも効果の有無を調べるものではなく、圃場にフェロモンが一定量存在しているかどうかを知ることが目的であり、効果の有無の判定

にも重要ではあるが、あくまで参考情報に過ぎない。

捕虫数調査は発生初期および最盛期には毎日または隔日、その他の時期には1週間に1~2度行う。対象害虫の捕虫数がフェロモン使用区、対照区でそれぞれa、bとすれば次式を用い、誘引阻害率を計算する。

$$\text{誘引阻害率} = \frac{b-a}{b} \times 100 (\%)$$

a: フェロモン処理区の捕虫数

b: 対照区の捕虫数

上記誘引阻害率は、フェロモンの濃度が防除に必要な濃度を保っている時でも害虫の種類によって異なる。比較的発生の多い害虫であるハマキ類、ハモグリカ類、ホソガ類では95-100%を、シンクイムシ類では99-100%を示すのが通常である。この値が低い時は何らかの異常があると推定される。逆に誘引阻害率が高いからといって効果が良いと判断すること

は危険である。特に密度の高い時には誘引阻害率が高くても安心できない。

交信撓乱率の測定は被害が出る前に効果を予想する手段として重要な方法である。誘引阻害率が低い場合には何が原因で異常を生じたかを早急に検討する必要がある。

一番多い例は、対照区と試験区の距離が近すぎフェロモンが対照区に流れてその捕虫数が実態より少ないと誤解される例である。対照区は風下では200m以上、風上でも100m以上試験区から離れていないとフェロモンが試験区より流入し捕虫数が低下し、結果として実際より低密度下での試験であると誤解する。また誘引阻害率が見かけ上低くなる恐れがある。

密度が高い時はフェロモンの効果が低下することはあっても、捕虫数が異常に高くなることは通常少ない。試験区で捕虫数が上昇するときは、先ずフェロモン濃度が不足している可能性が高い。その原因に拘わらず捕虫数の異常時は効果が低下していると考えねばならない。

誘引阻害率が低下する事例では、①製剤が地上に落下し土に埋めれるとき、②製剤の表面にカビが生え、アセテート体のフェロモンが加水分解しアルコール体が増加しているとき、③集団防除の場合、自己の圃場くらいフェロモンを設置しなくてもフェロモン濃度を維持できると誤解し、製剤の施用量を節減したとき、④製剤の施用時に強くねじり過ぎて製剤が破損した時等である。

トラップに対象害虫が捕集されない効果が悪い例もある。交尾阻害を十分に起こすフェロモン濃度は一般にトラップに対象害虫を捕集しなくするに要する濃度の下限より高いケースが多くある。特に密度が高い時にはその差が大きいのでこのような誤解を生じ易い。

交信撓乱法の直接的効果を知る方法としては交尾率の測定がある。飼育した処女メスの羽を紐で縛って圃場に1夜放置

し、翌朝回収し交尾率を測定する方法が日本では良く行われている⁷⁾。交信攪乱の効果を直接知るためには最も良い方法である。この場合対照区での交尾率を30～90%に保つ必要がある。30%以下の場合は虫の飼育、羽の縛り方、試験時期等に問題がある可能性があるため検討を要する。特にこの方法は害虫の最盛期に実施することが望まれる。対照区の交尾率が30%以上でフェロモン区の交尾率は少なくとも対照区の3分の1以下、望ましくは0～10%に維持できれば明瞭に効果があると言える。

また、野外メスを集め交尾率を対照区と比較する方法は害虫を飼育する必要がない点で優れている。捕集メスの交尾率調査法は一般に処女メス法より高い交尾率を示す。捕集メス法では何日かの合計の交尾率であり、一般に高い数字を示す。交尾率は高くても交尾時期が遅れる時には有効産卵率が低下する。このような現象は交尾遅延効果⁸⁾と呼ばれている。

被害調査としては殺虫剤の効果試験と同じであるので詳細は省略する。

1987 年米国昆虫学会で信越化学のフェロモン剤 (PB-ROPE) によるワタアカミムシの防除について説明した時に、米国の著名なフェロモン研究者から、PB-ROPEはスプレー剤より、優れていることは認めるが、PB-ROPEはワタアカミムシが交尾しない昼間に多く放出する。その上夏場に多く放出する温度依存性の高い剤であり経済的でない。温度依存性のない剤を開発すべきだとの意見があった。夏場は上昇気流も大きいので上空へのフェロモンロスが大きいのである程度温度依存性があるべきだと主張したが、測定データがなかったので議論にならず、当然結論も出なかった。そこで帰国後直ぐに長時間の平均値で良いので、フェロモンガスを溶剤または吸着剤で吸収しフェロモン濃度の測定法を検討して欲しいと強く要望した。福本らは特殊なカーボンで吸収しガスメーターで吸引したガス量を積算計で測定する方法を開発してくれた⁹⁾ (第2表)。また第3表によって、温度依存性の必要性も納得してもらえた。即ち、夏と春では放出量は大きく異なるが、圃場のフェロモン濃度はほぼ同濃度である。このことは同じ剤を異なる気温で使用できることを示し、現にナシヒメシンクイ用の剤は平均気温が異なる世界各地で同一の剤が使用されている。勿論気温によってライフは異なる。

一方、Koch博士らが開発したEAG法¹⁰⁾は特殊な装置が必要な上、相対的な瞬間の変化を知ることは可能であるが、害虫の触角の感度が時間とともに変化するので絶対値を測定することはやや困難である。

4. 交信攪乱法成功の鍵

交信攪乱法は1976年に米国で農薬登録され、日本でも1985年には茶害虫の防除用製剤“ハマキコン”が農薬登録された。続いて多くの種類の製剤も開発されたが、その普及には時間を要し、2005年でも世界で650,000haにすぎない(第4表)。安全性、天敵への影響の低さ、年1

回の処理で防除可能である等の特徴があり、さらに一般

第2表 設置の高さとフェロモン濃度

高 さ	フェロモン濃度 (ng/m ³)	
(m)	ケースA*	ケースB*
4.0	20	16
2.5	53	48
1.5	77	56
0.5	86	82

*フェロモン設置の位置と量

設置位置	ケースA	ケースB
キャノピー	なし	半量
約1.5m	全量	半量

注：キャノピー：樹頂より30～50cm下、一般に害虫が多く生息する場所

第3表 温度とフェロモン濃度

時期	濃度	季節	放出速度	濃度
	(ng/m ³)		(gr/ha/日)	(ng/m ³)
夜間	20	夏	4.3	20
昼間	18	春	1.9	1.9

殺虫剤では抵抗性の発現で効果が低下し、散布量が増加の方向であるのに対して、フェロモンの大面積使用では5年後には施用量は50～75%に減少する。

それでは何が障害かと言えば、①フェロモンはIPM下で使用する剤であるがIPMを実施している農家は独立している篤農家が多く、普及度は低いこと、②大面積でなければ安定した効果は得られないが日本には水稲、リンゴ、茶、キャベツ以外ではそのような地域は害虫の少ない北海道のみといえる。次にその2点の重要性について述べる。

4. 1 集団防除の重要性

フェロモンは、春、秋期には60%以上が風下へ流れているので、10倍の面積では施用量を半分にできる。従って、殺虫剤とのコスト比較の優劣は面積による。中国湖北省の500haのワタ圃場では風が弱いこともあるが、フェロモン製剤を10本/10aの施用量でワタアカミムシの防除に成功している。

興味のある試験がParker Valleyで行われた。この地方は28ha単位の圃場が集まっている。約4,000haの大面積でフェロモンが使用されたが、結果は期待されたほどではなかった。殺虫剤散布を行った圃場もあったので、調査圃場周辺8圃場のフェロモン処理の有無でIndexをつけた。独立圃場はIndex0、周辺8圃場のうち3圃場がフェロモンを処理した場合はIndex3とした。周辺圃場が全てフェロモン処理をされていた圃場即ち(8+1)×28ha=252haの集団圃場の中心部ではシーズン後半でもほぼ完全な防除ができていた(第5表)。

第4表 世界のフェロモン防除面積の推定(2005年度)

対象害虫		主要作物	面積(ha)	主要使用国
和名/英名	学名			
ワタアカミムシ	<i>Pectinophora gossypiella</i>	綿	50,000	イスラエル、米国
コドリリング	<i>Cydia pomonella</i>	リンゴ、ナシ、クルミ	155,000	米国、豪州、イタリア、南アフリカ
				米国:70,000
				EU:38,000
				南アフリカ:19,000
				アルゼンチン、チリ、豪州等:28,000
ナシヒメシンクイ	<i>Grapholitha molesta</i>	モモ、リンゴ	50,000	米国、豪州、アルゼンチン、南アフリカ
Grape vine moth	<i>Lobesia botrana</i>	ブドウ	60,000	EU
ブドウホソハマキ	<i>Eupoecilia ambiguella</i>	ブドウ	45,000	EU
Grape berry moth	<i>Endopiza viteana</i>	ブドウ	1,000	カナダ、米国
ニカメイチュウ	<i>Chilo suppressalis</i>	稲	3,000	スペイン
ハマキガ類	<i>Adoxophyes, Archips</i> 他	果樹	22,000	日本、米国、イタリア
チャコカクモンハマキ	<i>Adoxophyes honnmai</i>	茶	4,000	日本
スカシバガ類	<i>Synanthedon, Hector</i> 他	梅、モモ、ブラックカレント	8,000	日本、米国、ニュージーランド
ポケットウガ	<i>Zeuzera pyrina</i>	ナシ、オリーブ	2,000	スペイン
コナガ	<i>Plutella xylostella</i>	キャベツ、レタス	4,000	日本
Tomato pin worm	<i>Keiferia lycopersicella</i>	トマト	10,000	メキシコ、米国
マイマイガ	<i>Lymantria dispar</i>	森林	230,000	米国
その他	<i>Spodoptera, Phyllonorycter</i> 他	野菜、果樹	16,000	日本、米国
合計			655,000	

しかし28haの独立圃場ではシーズン初期は効果があつたが、後半は周辺部から未交尾メスの飛来があつて効果は低下した。この事実を研究者、農家に説明して翌年から集団防除に努めてもらった結果、3年後には極端に被害が低下し、その結果この地方ではフェロモン販売の機会を失った。

一般の殺虫剤はモモ、ナシ、ワタでも収穫期が近づくと散布できない。しかしフェロモンの場合収穫直前でも収穫後でも防除を掛け得る。そのため翌年への越冬密度が低下する。周囲の慣行防除区に対象害虫が存在する地域では、移動性の高い害虫は慣行防除区から未交尾メスが移動してくるので越冬密度を低く保つことはできない。

大面積圃場では、風が強くなっても圃場のフェロモン濃度の

第5表 フェロモン処理圃場面積と効果

圃場条件	圃場数	捕集虫数(匹/日)		被害率(%)	
		7月前半	7月後半	7月後半	8月前半
最善 (Index 8)	2	0.5	0.0	1.5	0.5
良好 (Index 5以上)	19	0.8	2.1	0.7	0.8
不良 (Index 4以下)	24	0.0	3.8	2.1	4.8
最悪 (Index 0)	3	0.7	1.0	2.0	16.0

変化は少なく、その他の要因の変化をも吸収できる。小面積の圃場ではフェロモン設置数(ポイント数)を減少できないが、大面積ではフェロモン量もポイント数も減少できるので

含有量の大きいディスペンサーの使用も可能になる。

小面積では周辺の慣行防除地域の天敵密度が低下するので、天敵に影響する殺虫剤を散布しない努力を続けても、天敵の密度維持は困難である。福島県で5年間連続して小面積でもシンクイガ、ナシヒメシンクイ、リンゴコカクモンハマキ、キンモンホソガのフェロモンを使用した防除試験で最も防除困難な害虫はキンモンホソガであったが、集団防除1年目にそのキンモンホソガの被害が低下し、後にキンモンホソガのフェロモンを除いても天敵で防除できている。

IPM 農産物に熱心なある流通グループと話をすると、ある流通量を確保できれば、安定して消費者に残留の少ない農産物として供給できないとの意見である。しかし500ha以上の集団防除であれば、減農薬作物として売れる機会が増加する。

4. 2 IPMの重要性

フェロモンの交信攪乱法では集団防除とともに重要な施策はIPMの採用、即ち天敵に影響する殺虫剤を使用しないことである。農水省など行政機関の一部で散布回数減少を奨励しているが、単に回数削減を狙えばピレスロイド等のブロードスペクトラムの殺虫剤が使用されることになる。日本有数の2つの果樹県で複数回のピレスロイド、ネオニコチノイドの散布を防除暦に採用している。1~2年は減農薬が実施できても、次第にダニ、カイガラムシ、アザミウマ、キンモンホソガ、モモハモグリガが増加し、殺虫剤の散布回数が増加してくる。

さらに、ここ数年、ある種のネオニコチノイド剤が多量に使用され、寄生蜂が絶滅し、カイガラムシ、モモハモグリガ、リンゴコカクモンハマキが増加している。ただ、同じネオニコチノイド剤でもアセタミプリド、チアクロプリドは寄生蜂に対する影響が比較的低いことが認められ、カリフォルニア大学ではアセタミプリドの4,000倍以上の希釈液を使用すれば天敵に影響せずにモモアカアブラムシを防除できると説明している。

一方イミダクロプリドを1回散布すると1ヶ月以上寄生蜂の発生が認められないことが報告されている。イミダクロプリド、ニテンピラム、クロチアニジン、チアメトキサム等のネオニコチノイドまたはその類似グループの殺虫剤は非常に効果の高い剤であるが、長年に有効である優れた特徴をもつ殺虫剤なので散布して使用するより、その特徴を生かして、粒剤として土壌、種子の処理剤として使用して欲しい。

欧米ではリンゴのシンクイガの要防除水準は一般に1%程度であり、フランスでは1-2%である。これに対して日本では0.1%程度である。これは非常に大きな差である。天敵にとって害虫は餌であり、住処を提供してくれる益虫である。

0.1%の許容水準とは害虫の存在を全く認めない水準であり、天敵の生存は困難である。このような状況で雨量、気温等の気象条件の変化で害虫が増加しても天敵は直ぐには追従して密度を増加できず、天敵の防除力は限られている。

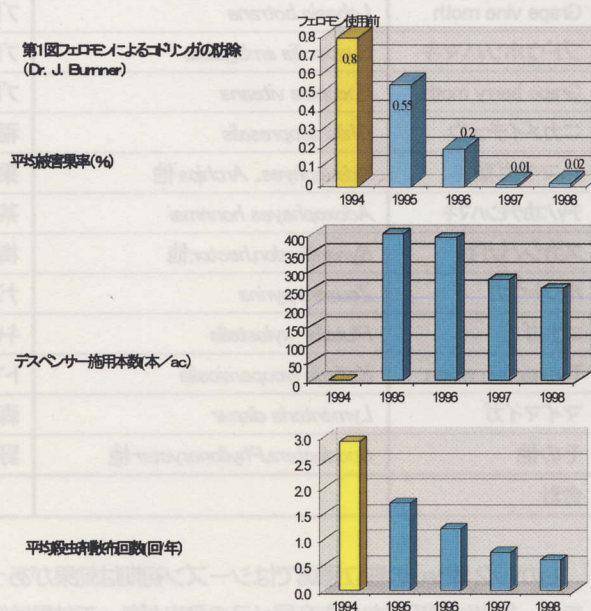
5. 実例

茶の事例では、フェロモンを使用し、ピレスロイド剤、クロロフェナピル剤、ネオニコチノイド剤等天敵に影響する殺虫剤の使用を削減するとフェロモンの対象でないチャノキイロアザミウマ、クワシロカイガラムシ等の被害も低下することが判った(第6表)。特に、クワシロカイガラムシはクロロフェナピル剤、ネオニコチノイド剤が普及するにつれて、2000年頃主要害虫になっており、IPMによってこの防除回数が1回以下になれば大幅な防除コストの削減と低残留農薬茶の製造に寄与するものと期待している。

リンゴの事例では、果樹に対する有機リン系殺虫剤の使用量を減少させたいカリフォルニア州、ワシントン州などのアメリカ西海岸では、リンゴ、ナシの害虫であるコドリンガのフェロモンによる防除を広域で普及する計画をたてた。その目的で農務省、ワシントン州立大学等によるコドリンガの広域防除計画(Codling moth Area wide Management Program(CAMP))¹¹⁾と呼ばれる実用試験が1996年に5箇所の合計3,127haで開始され、1999年には22箇所の20,300haに達している。このプロジェクトの目的はコドリンガに対するフェロモンの効果を知ることだけではなく、アブラムシ、ダニ、ハモグ

リガに対し有機リン剤、カーバメイト剤、ネオニコチノイド等を使用せずに、天敵と天敵に影響の少ない殺虫剤を中心とする防除法を確立することにある。結果は比較的良好でコドリンガの被害は慣行防除の10%以下になり、フェロモン製剤の施用量も標準使用量の50-70%程度に減少しても良好な結果を得ている(第1図)¹²⁾。アメリカ以外でもカナダ、イタリア、フランス、スペイン、南アフリカ等多くの国で実用化され、総面積は150,000haに達している。

第5図 フェロモンによるコドリンガの防除



第6表 茶害虫の慣行防除とIPM

対象害虫	害虫密度	
	IPM区	慣行防除区
クワシロカイガラムシ 1)		
6月	0.32	1.56
7月	0.14	1.36
8月	0.68	2.54
10月	0.84	2.88
チャノキイロアザミウマ 2)		
7月	0.55	6.00
8月	0.55	1.44
チャノキイロアザミウマ 3)		
7月	110	272
8月	490	102
10月	15	6
害虫防除経費 (10a)	29,802	36,152

1) 雄繭 (日本植物防疫協会方法)

2) 250cm2 枠内幼虫数 (50箇所の平均)

3) 15 箇所のたたき出し法

6. おわりに

殺虫剤のことも、害虫のことも全く知識のない筆者等が、交信攪乱剤の開発を担当してこられたことは、諸先生方のご指導の御蔭であり、ここに深く感謝申し上げます。

最近日本だけでなく欧米でもフェロモンの研究はほぼ終了した。今は実用化の時代だとの意見が多く、研究予算は EU に新しく参加した東欧圏および南米の各国でしか得られにくい状況です。しかし主に日本で実用化が進んだ技術「交信攪乱法」にはその機構が全く理解できない現象が多く見られる。例えば次のような現象が未解決です。

- 1) 何故トビハマキにだけ、E 体の不純物が影響するか
- 2) ハマキの抵抗性は何故発現したか
- 3) チャノホソガでは誘引阻害率は 100%でも交尾率が 90%にもなるか
- 4) アセテート型フェロモンに対して、そのアルコール体がどのような機構で共力剤として働くか若い研究者が新鮮な感覚でフェロモンの研究を担当し、解決してくれることを期待しています。

7. 引用文献

- 1) 古野鶴吉 (1986) 植物防疫 40 (No.2) 55-56
- 2) I. Weatherston (1985) J.Chem.Ecol. 11 (12) 1631-1644
- 3) R.T.Staten, H.M.Flint, R.C.Wedde, E.Quintero (1987) J.Econ. Ent. 80, 1267-1271
- 4) H.M.Flint, J.R.Merkle, A.Yamamoto (1985) J.Econ. Ent. 78, 1431-1436
- 5) 小川欽也、伊藤健一、鈴木宏始 (1999) 徐放性製剤 特平 2915284
- 6) 小川欽也ら (2003) 液体を封入したプラスチック細管 特平 3470235
- 7) 日本植物防疫協会編 (2000) フェロモン剤利用ガイド
- 8) 高井幹夫 (1991) 植物防疫 45 (No.6) 242-246
- 9) 福本毅彦 (1989) フェロモンの微量測定法 信越化学社内報
- 10) U.T.Koch, W.Luder, S.Clemenz, L.I.Cichon (1997) IOBC Bulletin 20 (1), 181-190
- 11) J.Brunner (1999) フェロモン利用の国際動向講演会
- 12) 小川欽也 (1997) IOBC Bulletin 20 (1) 1-9

6. 生物防除の歴史
生物防除の歴史は、古くからある。古代から、農作物を害虫から守るために、自然の天敵を利用したり、毒物を使ったりしていた。近代になってからは、科学的な方法で害虫の生態や行動を研究し、それに基づいて防除方法を確立していった。生物防除は、環境にやさしい防除方法として、近年ますます注目されている。

7. 生物防除の種類
生物防除は、大きく分けて3つの種類に分けられる。①天敵防除、②病原菌防除、③忌避剤防除である。天敵防除は、害虫の天敵である生物を利用する方法で、最も一般的である。病原菌防除は、害虫に病原菌を感染させることで防除する方法で、環境にやさしい方法として注目されている。忌避剤防除は、害虫の行動を抑制する薬剤を利用する方法で、効果的な防除方法として知られている。

- 参考文献
- 1) 古野隆吉 (1989) 植物防除 404p.2
 - 2) Westerton (1985) J. Chem. Ecol. 11:12
 - 3) RT. Stator, H.M. Fine, R.C. Weibull, E. G. Lintner (1987) J. Econ. Ent. 80: 1267-1271
 - 4) H.M. Fine, R. Mark, A. Yamamoto (1985) J. Econ. Ent. 78: 1431-1439
 - 5) 山川敬雄, 寺嶋隆一, 鈴木忠雄 (1999) 植物防除 34: 203-205
 - 6) 山川敬雄ら (2003) 害虫を殺すにはアスファルトで殺す 34: 203-205
 - 7) 日本植物防除学会 (2000) アスファルト防除の活用
 - 8) 高井昭夫 (1991) 植物防除 40: 10-16
 - 9) 日本植物防除学会 (1999) アスファルト防除の活用

発行 東京農業大学総合研究所研究会
生物的防除部会 (代表 榊井昭夫)
〒 156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1
TEL 03-5477-2411 (直通)
FAX 03-5477-4032
e-mail t3adati@nodai.ac.jp