

## 害虫相の変遷の要因と防除技術の成果並びに今後の研究課題

池田 二三高

(静岡県袋井市砂本町9-14)

A Study on What Factors Cause Changes in the Pest Insect Fauna,  
the Results of Control Technology, and Problems for Future ResearchFumitaka IKEDA<sup>1</sup>

## 摘 要

関東東山圏の農業を中心にして、この40年間ほどの害虫相を変化させた諸要因、試験研究機関で取り上げられて実用的な防除技術となった主要成果について考察を行った。また、今後の農業生態系を含めた生物相の解明や新たな防除技術の開発に関する研究課題について述べた。

## はじめに

我が国においては、それぞれの農作物には何らかの害虫が存在し、収量や商品性の低下を招いている。歴史を見ると、多くの作物において害虫相は一定せず何らかの変化が見られ、農業関係者は、それに対応した新しい防除技術を開発し農産物の安定生産に寄与してきた。ここでは、関東東山圏の農業を中心にして、この40年間ほどの害虫相を変化させた要因、試験研究機関で取り上げられて実用的な防除技術となった成果について考察を行うとともに、今後の新たな防除技術の開発に関する研究課題について述べる。

## 1. 害虫相の変遷の要因

害虫相は同一作物であっても、地理的要因、気象などの物理的要因、生物的要因、耕種的要因など多くの要因の影響を受けて多様になっている。しかも、これらの諸要因はたえず変化をし、一要因の変化によっても害虫相は大きく変化することも認められている。ここではそれらの諸要因を上げて考察をしてみたい。

## 1) 栽培様式の変化

## (1) 集約的農業の発達

限られた土地を有効に利用して生産性を高める我が国の集約的農業は、小規模な圃場であれ大規模圃場であれ、多様な作型により営まれ、しかも密植栽培、多

肥栽培、周年栽培などが行われているので、圃場で生産される植物体量は増大している。害虫にとっては餌の増加となり増殖には好適状態となり、生物相が豊富な我が国では、餌の増加に伴い害虫相も多様化すると思われるが、現状では農薬による防除が普遍的に行われているのでそれにより淘汰され、害虫相は単純になる。このため薬剤散布回数の削減や新農薬の採用などを契機として、害虫相が変化をしていることが多い。

## (2) 施設園芸の発達

栽培様式の大きな変化に、1960年代後半から急速に発達した施設園芸の普及が上げられる。施設園芸はこれまでの農業とは異なる環境の中で、多くの栽培様式や新作物の導入などが可能となった。初期には低温期のみの栽培であったが、近年では周年栽培や複数の作物が輪作されるなどその実態は多様である。害虫にとっては閉鎖環境で天敵は少なく餌が豊富にあるので、生育に好適な気象条件が一致した場合、発生量は急増し害虫相は単一化する。また、前作の害虫、隣接施設の害虫、施設周辺の他作物や雑草の害虫の影響を受けることが多いなど、従来の露地栽培とは大きく異なった害虫相が出現している。一般には広食性の種、低温や降水により影響を受けやすい種、非休眠性の種、一世代所要日数の短い種、増殖力の大きい種などが主要

1 Address : Fukuroi city 9-14 shizuoka pref. 437-0035, Japan  
2003年7月23日受領

種の害虫相を作ることが多い。

## 2) 侵入害虫の発生

海外から我が国への害虫の侵入は明治以来増加を始めたが、1950年代以降、野菜や花の害虫の侵入も相次ぎ、一時的には加害作物の害虫相を変えるほどの大発生をしたが、防除法も完成したこともありいずれも主要害虫にはなっていない。しかし、1979年に侵入が確認されたオンシツコナジラミは非休眠性、高い増殖力、広食性、強度の薬剤抵抗性などの性質を持ち、瞬く間に全国に拡大して侵入害虫の脅威を認識させられた。このような性質を持った侵入害虫が相次いで登場し、現在では施設栽培では多くの侵入害虫が主要種となり、従来とは大きく異なった害虫相を形成している。侵入害虫は今後も増加するので益々複雑な害虫相になっていくものと考えられる。

## 3) 苗による害虫の移動

栽培が苗の定植から始まる作物では、前作や圃場周辺の生物相の影響のほかに、苗寄生の種がその後の害虫相に大きく影響を与えることがある。近年、登録品種の関係や育苗労力の分散から購入苗を定植する例も多くなり、苗生産は国内のみならず外国で委託生産されることもあり、苗の移動は長距離に及ぶことがある。そのため、在来害虫、侵入害虫をを問わず予期しない害虫が突如発生して害虫相を変化させている例も多い。

## 4) 圃場及び施設周辺の作物や植生の影響

我が国においては、圃場の周辺には必ず異なる植生が存在するので、圃場の生物も周辺生物の影響を受けやすい。露地栽培作物は野菜類を中心とした多種類の作物が小規模圃場で栽培されているケースと、水田や樹園地に見られるように単一作物が大規模圃場で栽培されているケースがある。多種類の作物からなる地域では、害虫相は作物毎に変異はあるが、一般には広食性害虫が優占種となる害虫相となる。

単一作物が栽培されている地域では植生も単純化して、作物のみに依存した主要害虫が害虫相を形成する。発生量や発生時期は個々の農家の防除法の差により顕著に現われ、大発生圃場が出現するとその周辺では同様の害虫相となるのが特徴である。しかし、近年の水田地帯のカメムシ類の多発生に見られるように、特定の転作作物が大きな発生源となった例もある。

一方、我が国の施設園芸地帯では、多くの場合施設栽培と露地栽培が混在しているので、相互に発生した

害虫の影響を受けやすい、また、施設周辺では雑草が繁茂し、特に暖地ほど帰化植物主体の植物相を形成し、これらに侵入害虫や在来害虫が多発生して、施設栽培作物の害虫相に大きな影響を与えている。

## 5) 気象要因

気象要因のうち気温、降雨は歴史的に見ても害虫相および発生量を変化させる重要な要因として知られている。気象には年次変動があり、これまでも異常気象現象が生じているが継続性はなく、害虫の発生量に影響を与えても害虫相に影響をもたらすことは少なかった。しかし、近年は統計学的にも温暖化現象が認められ、北方では暖地性種の拡大、南方では寒冷地性種の抑制などにより害虫相を変えている地域も生じている。温暖化現象は冬季のみならず年間を通じて発生しているため、害虫および天敵に及ぼす季節ごとの影響の度合い、温暖化に伴う乾燥要因など害虫相にどのような影響をもたらすかは、今後の研究に待たなければならない。

## 2. 防除技術の成果

害虫の防除技術は、新農薬の開発やその処理機器の開発だけではなく、有効薬剤の探索、発生生態の解明、分類同定と被害症状の診断技術、発生予察技術、発生を制御する技術、作物から害虫を隔離する技術、耐虫性品種の作出、経済性の評価技術など防除を行う上での基礎技術も上げられる。これまでに、これらの技術は生産現場でどのような技術として定着したかを上げてみる。

### 1) 害虫の分類同定と被害症状の診断技術

我が国では世界でも有数の昆虫相の豊富な国であり、作物の栽培圃場においては多くの生物が存在するので、それらの種を生産現場で防除対象種、保護対象種に分類することが防除対策上まず必要なことである。

近年は多くの種類の作物が栽培されていることもあり、微小害虫や侵入害虫の発生が多いことなど分類同定は非常に難しい。特に、侵入害虫の多くは在来種と近似していること、被害も著しいので防除対策上、分類同定は極めて重要である。埼玉県、千葉県によるサビダニ類、東京都によるカイガラムシ、大学や分類学者による侵入害虫のそれぞれの分類同定技術は、早期の防除対策上重要な技術となっている。

IT機器の発達により、印刷や情報の伝達方法が迅速に行われるようになったことから、特定の種について

は、各都道府県の研究者らの努力により、被害症状も含めて発生予察特殊報、冊子、病害虫防除基準などの情報が提供され分類同定技術として使用されている。しかし、いずれも精度に限界があり生産者が使用できる簡易な技術となるまでには、なお多くの改善が残されている。

最近、独立行政法人の研究機関により、DNA解析からマメハモグリバエと近似種の分類が可能となった。ハモグリバエ、コナジラミ、アブラムシなどの成虫はモニタリングトラップに誘殺されるが、その1個体からの分類は不可能に近い。対象害虫の有効薬剤の選定や天敵の放飼などでは、初発生時に種を正確に確認することが重要である。このため、DNAによる分類は1個体でも確実に分類可能な画期的技術として道を拓いたが、現在は特殊な技術であり生産現場での実用性は乏しい。今後の改良によりさらに簡易な技術になることを期待したい。

## 2) 害虫の発生予察技術

将来の害虫の発生時期や発生程度を予測することは、防除計画を建てる上で重要であり、我が国では早くから国の重要な事業として取り上げられ、水稻で1941年度、果樹及び茶で1960年度、野菜で1981年度、野そで1983年度(1990年度中止)からそれぞれ開始され、生産現場における防除適期の把握や防除の可否の判断に利用されている。

圃場における害虫の密度推定、被害解析と要防除水準、気象要素、作物の生育状況、過去の蓄積データなどから解析を行い、特に1975年以降は急速に普及したコンピューターを利用して各都道府県は独自の発生予察技術として実用化している。また、全国的に統一された調査方法によりえられた主要なデータは、国の管理するJPP-NETに公開されており、発生予察や防除対策上の基礎となる情報提供技術となっている。

静岡県では、1980年代ミカンのミカンハダニを対象に、各気象要素から発生時期および発生量のミュレーションモデルを作成し長期予報を推定する技術開発を行ったが、実用化迄には至らなかった。しかし、近年これに改良を加えるとともに、新たにミカンのチャノキロアザミウマの長期発生予察方法を開発した。この方法は他種にも適用性があり、今後多くの成果が期待される。

フェロモンが開発され同一種のみ捕獲が可能となり、多くの種が予察灯より捕獲効率が優れていること

から発生予察用に新たな捕獲技術として実用化された。1970年代からナシのナシヒメシンクイムシの発生予察に実用化されたことを機会に、メーカーおよび各研究機関の努力により広く普及し、現在発生予察用として29種のフェロモンが市販され、防除適期を把握するための重要な技術となっている。

静岡県とメーカーは早くから誘引個体を自動計数し、データの送信可能な自動カウント式フェロモントラップの開発を行ってきた。1999年度から複数メーカーを含めて各県参加の下に国の事業として検討が行われ、ハスモンヨトウ、シロイチモジヨトウ、チャノココクモンハマキ、シバツトガでは実用化できる技術となった。この技術の活用により多くの誘殺データを即時に入手できることは、発生予察の精度向上に有力な技術になるが、計器の高価格により普及は停滞している。

## 3) 害虫の発生を制御する防除技術

### (1) 農薬を使用した防除技術

戦後の食料増産の有力な手段として農薬による害虫防除が行われ、著しい成果が上がったため全ての害虫は農薬により防除が可能と信じられ、我が国は最近に至るまで農薬による防除法が主流となった。これまで、害虫に対する有効薬剤の探索、薬剤に対する感受性の検定などが試験研究成果は膨大なものになっているが、登録が取得された農薬は主要作物に偏っている。農薬は農薬取締法に基づき登録が取得されてはじめて使用できるが、農薬登録の制度上の問題と登録取得を農業技術を低く評価してきたため、メーカーや研究者の登録取得への意欲を低下させてきたことは否めない。

産地においては関係者により、農薬の残効性や他の害虫に対する効果を含め、重要害虫を対象にして使用する農薬と時期を決めた防除暦を作物別に作り、これを実用的な防除技術として使用している。ここに採用される農薬は、産地毎に害虫相や生産目標が異なるため、同一作物でも種類や使用回数は産地毎に異なっている。この防除暦の作成には多くの試験研究成果や農業経験が必要であり、主要害虫や潜在害虫の多発生などの対策を常に講じながら改良を加えている。国としては、主要果樹について各都道府県の代表的な防除暦(基準)を検討する機会を毎年設けているが、他の作物では未実施となっている。この防除技術は生産者の共有であり、他産地とは一致しないので公表の機会

は少なかったが、近年は生産物の安全性の観点から、産地が採用している防除技術として広く公表し理解を求めた方がよいと思われる。

#### (2) 農薬の使用技術

農薬の防除効果を高めるためには、作物や圃場へ均一に処理されることが最重要であるが、そのほか短時間に、容易に、安全に、ドリフトがなく処理されることが望ましい。これらの項目を全て満たす防除機はないが様々な機能を有する防除機がメーカー主体で開発され、ほとんどの防除機の原型はすでに1960年代には完成した。その後散布効率、作業性、適用害虫とその防除効果、適用作物の選定などの試験研究に多くの関係者が携わり、改良を重ねながら防除機種ごとに防除技術ができて上がっている。

土壌消毒剤は処理機の開発が不十分で小規模圃場での技術にとどまっていたが、耕耘機や乗用トラクターのアタッチメントの改良により大規模圃場でも可能な防除技術となり普及した。ヘリコプターの農薬散布は、作業の省力、少農薬の使用で高い防除効果が期待できる防除技術として評価され水田を中心に普及したが、近年、ドリフトの問題、広域一斉散布の是非などの問題から減少し、現在は限定散布を行う無人ヘリコプターに代わりつつある。スプリンクラーによる防除は、多くの利点を有する防除技術であるが、大量の水および農薬を必要とすることや農薬の登録が進まないことから使用機会もなくなった。

その後施設園芸の普及から施設内を対象としたブルスフォッグ、常温煙霧機が開発された。何れも操作が容易で、ドリフトがなく、作業の安全性が高いことは優れているが、農薬の付着が不均一で防除効果がやや低いこと、害虫の多発生する夏季の夜間に使用できないことが欠点であり、農薬の登録が進まず普及も停滞している。しかし、静岡県とメーカーが共同開発をした静電式常温煙霧機は、散布後の均一性も優れ、散布時の施設密閉も短時間で済むなど実用性に富み農薬の登録が増加すれば普及は期待できる。

1965年ごろから急速に普及した田植機の使用に伴い、水稻では粒剤の箱処理が新たな防除技術となったが、水稻農薬はこの方法を前提として開発が進んだともいえ、重要な初期防除技術として益々主流になるものと予想される。

#### (4) 作物から害虫を隔離や忌避させる技術

作物から害虫を隔離や忌避させる物理的防除技術は

歴史が古く、1960年代に多くの被覆資材、太陽光反射資材、夜間照明が、1980年代からは紫外線カットフィルムが実用技術として確立した。しかし、いずれの防除効果も農薬より劣ることから普及は停滞していたが、近年少農薬栽培の手法としてこれらの技術も増加している。

#### (5) 耐虫性品種の作出

古くから多くの作物において耐虫性品種の存在は明らかにされており、生産者からも高い要望がありながら、それらの品種を優先して栽培した事例はほとんどない。また、これまで耐虫性の存在を確認する報告は多数あるが、実用化されている作物では、水稻でウンカ、ヨコバイ類の耐虫(病)性品種、トマトの耐線虫性品種など少数である。遺伝子組み替え技術が可能となってきたことから、今後を期待する分野である。

#### (6) 生物的防除技術

古くから生物的防除法に対する関心は関心は高かったが、農薬による防除技術が重視される時代的背景からその評価は低かった。また、FAOは早くから農薬防除一辺倒の防除法に改善を求めていたこともあり、我が国においてもIPMに基づく防除法も提言された。こうした背景から、1970～1979年度に国の天敵利用促進事業がのべ30県が参加して行われ、果樹や野菜害虫の生物的防除法の研究に進展が見られた。

導入天敵のチリカブリダニを用いたハダニ類の防除研究は早くから注目され、1975年以降は、国や地方の多くの研究機関で検討された。適用作物は少なかったが、イチゴ、ナス、キュウリなどの施設栽培作物では防除資材として使用できることが明らかとなった、この中では、北海道と北海道大学は1985年以降キュウリのハダニ類に対する使用技術を開発し、農薬登録も取得して当時としては唯一実用性のある生物的防除技術となった。近年は、メーカーの努力により、イチゴを初めとする施設園芸作物のハダニ類に対して登録が進んでいる。

神奈川県では、ダイコンのネグサレセンチュウに対してマリーゴールドを用いた生物的防除技術を開発し、1973年頃から現地に定着する技術となった。また、その他の対抗植物の有効性も各地において検討されソルゴーなどが選抜されたが、一方で有効な土壌処理剤が開発されたこともあり普及は伸びなかった。しかし、マリーゴールドによる防除は、1990年頃から某民間団体が各地で一斉に使用を始め、周辺農家もその効果を

認識普及が進んでいる。この技術は某民間団体による防除技術と評価する指導者も登場しているが、農業関係者は神奈川県以外で普及が進まなかった原因を謙虚に反省し、今後の新しい防除技術の普及に際しては普及方法も検討する必要がある。

静岡県と農水省は、1980年に中国でヤノネカイガラムシの天敵探索を行い2種の天敵を発見し、1983年以降、国の事業により全国の柑橘園への放飼が開始され大きな防除効果を示した。2000年度から、ヤノネカイガラムシは指定有害動物から指定外病害虫に変更となるほど激減した。天敵の探索から大量増殖、放飼技術まで一貫した技術開発を行い害虫防除に成功した例は、我が国では初めての快挙である。

1980年から国の試験研究機関では生物学的手法による病害虫新防除技術の開発に関する総合研究(CCPプロジェクト)がスタートし、広範囲の病害虫を対象に農業に代わる防除法の研究を進めたが、素材の検討のみに終わることが多くその後防除技術として完成したものは極少数であった。農水省も地方の研究機関の協力を得て、1984年度以降、これらの有望な素材をもとに難防除病害虫特別対策事業、高度防除技術推進特別対策事業などを行い、農業削減の防除技術を検討した。その中では、性フェロモンによる果樹害虫の防除技術、昆虫ウイルスによるハスモンヨトウやチャのハマキムシ類の防除技術、天敵のオンシツツヤコバチによるオンシツコナジラミやチリカブリダニによるハダニ類の防除技術など多くの技術が確立された。このうち、フェロモン製剤は登録され普及した。天敵類については、いずれも登録されず普及しなかったが、チャのハマキムシ類のウイルスは、鹿児島県の茶農家が自家生産して農業削減の技術として普及した。

静岡県ではミナミキイロアザミウマに有効な天敵微生物のポーベリア菌を選抜し、また、マメハモグリバエに有効な天敵カンムリヒメコバチを発見し、ともに生物的防除法を確立し特許を取得した。しかし、これらの国内生産はハイコストになることや市場性の理由から、農業登録の取得、販売をするメーカーがなくいずれも普及は実現していない。このように、国内生産に共通する問題は何れの生物的防除資材も該当するので、今後の研究成果の実用化は非常に難しいこととなる。研究推進の意欲を妨げる問題でもあり、生産メーカーあるいは使用者に国として補助を行う施策を講じなければ実用化は乏しい。

近年メーカーの努力により、野菜害虫を対象に主に外国産天敵類の登録が取得され、市販が開始された。天敵による防除法への関心は高まっているが、栽培期間中の防除体系のなかで農薬との組み合わせなど細かな防除技術が不備であったことや指導者の養成が十分のため普及の歩みは遅い。

一方、フェロモンの利用は発生予察の技術以外に防除に使用する試験研究が始まり、1975年から農水省と静岡県は、サツマイモのハスモンヨトウに対して大量誘殺法を検討した。その後も、高知県、愛媛県、愛知県でも行われ効果は認められたが、経済性の評価から実用化はされなかった。また、1977年度から順次ハスモンヨトウなどの野菜害虫、チャ害虫、果樹害虫の交信攪乱効果による防除法の研究が、農水省の補助事業のもと各県で行われ防除技術として確立した。1985年に静岡県の茶園でハマキムシ類を対象に大規模に使用されたことを機会に、フェロモンによる害虫防除は交信攪乱技術が主体となり、果樹害虫、野菜害虫などでも普及が進んだ。

現在、農業削減の技術開発が、国および地方の試験研究機関のみならずメーカー、団体、生産者グループなど多くの分野で急速に開始された。特に国の研究機関では、1999年度から多くの作物においてあらゆる防除技術を駆使して、全栽培期間中の農薬量を50%以上削減することを目標に、新たな防除体系を作るプロジェクト研究を開始し、今後の成果が期待されている。

### 3. 今後の研究課題

農業を最小限にした防除体系の技術化が要請されて、この達成のために試験研究の主力をおく必要が生じている。新たな防除体系を確立するためには、これまで以上に害虫の生理・生態学的研究も必要となるなど広範囲な分野で有機的なつながりを持った研究も要請されている。現行の防除技術の改善や新たな防除技術の開発に関して必要と思われる課題を上げたい。

#### 1) 農業生態系における生物相の解明

我が国の圃場周辺を取り巻く農業生態系には多様な環境があり生物相は変化に富んでいる。近年、農業地は農作物の生産のみならず生物資源温存の場所、景観保持、自然公園など多機能を有す場所として認識がたまってきている。このような条件下では、防除技術の圃場外への影響が大きな問題となるので、今後農業生態系全体を考慮した害虫管理の必要が生じてくる。この動静は定かではないが、当面、農業生態系において

環境単位，あるいは植生を単位とした生物相の特性を明らかにし，害虫化の要因解析，天敵の温存，潜在的害虫の警戒などを解明しておく必要がある。

#### 2) 農業生態系における害虫の生活環の解明

圃場内における害虫の生態は詳細に調べられているが，多くの害虫は圃場外からの侵入であるにもかかわらず生活環が究明されている種は非常に少ない。その地の農業生態系の中でどのように行われているか，あるいは他からの移動かを解明できれば，発生源の防除対策や早期の発生予察が可能となり効率的な防除技術となる。

#### 3) 簡易な分類同定技術の研究

減農薬栽培により潜在害虫や天敵の発生が多くなったり，侵入害虫の増加により分類同定は非常に難しくなっているのが現状である。減農薬栽培や生物的防除では，早期に防除対象種か，保護すべき天敵かの見極めが必要であり，簡易にかつ正確に分類同定する技術開発が必要となっている。また，DNAによる分類同定技術の発展，抗体反応などによる新規技術の開発研

究を期待したい。

4) 在来天敵の評価，温存の方法，農薬登録の研究目に見える捕食性あるいは寄生性の天敵への関心は高く研究も進展しているが，ウイルスや糸状菌などの天敵微生物への関心は非常に低いのでこの分野での発展を期待したい。また，農業生態系の中や圃場における温存の方法を研究するとともに，農薬あるいは特定農薬として登録するため大量増殖システムの開発研究も重要である。なお，有力な天敵は特許が取得できるので，それを念頭に置いて研究を進めることも必要である。

#### 5) 侵入害虫の早期根絶防除技術の開発

早期に発見できれば局地的発生であり根絶が可能となり，その後の経済的利益は莫大なものとなる。現在発生の侵入害虫でも可能な種があり，またウイルスのベクターであれば根絶防除対策の確立が必要である。今回の植物防疫取締法の改正により，農薬の緊急使用も法的にも可能となったので，侵入警戒種を含めて根絶防除技術を確立しておく必要がある。