

# 生物農薬「クワコナコバチ」

武田薬品工業(株)農業事業部 久保 藤 男

## I 自然界と人類

この世に地球がつくられてからやがて生物が住みはじめ、長い年月を経過して来ました。

人間はやがて社会を構成し、自己の欲望のため自然を利用し、出来る限り人為的に改造してきました。然し自然界は人間の専有物でもなく、人間以外の動物や植物などの生物も生きています。70万～90万もの昆虫類はこの地球上に人間より先に住み、長い間自然の脅威に耐えて生きつづけてきました。人間がその昆虫を害虫と益虫に分類しているのはあくまでも人間のご都合によるものです。

### 1. 害虫の繁殖

害虫は、その繁殖能力 (Biotic Potential) と環境抵抗 (Environment Resistance) との条件の組合せによって、増大もし、減少もするものです。この相反する条件と害虫の繁殖との関係は次の式で表わすことができます。

$$\text{繁殖} = \frac{\text{繁殖能力}}{\text{環境抵抗}}$$

環境抵抗が毎年同じであれば平衡状態を保つのですが、もし環境抵抗が減少すれば害虫は大繁殖することになります。

繁殖能力：環境抵抗0の場合の一定期間の繁殖力。繁殖能力は雌雄の比と増加率に関係し、増加率は産卵力と発育期間の長さに関係します。

環境抵抗：自然界での虫の増加を減少させる全ての因子の合計を環境抵抗といいます。

#### ① 物理的因子

温度・湿度・日照・風雨・農薬

#### ② 生物的因子 (天敵)

捕食性昆虫・寄生性昆虫・鳥獣類

## 2. 自然界に対する人為的影響

原始時代には、自然界の生物は相互に平衡を保っていました。しかし人口の増加につれて、人類はその生活様式を狩猟から農耕にと変え、森林の樹木は切り倒されて耕地となり、その耕地はますます増大し、集落は大都市になり、道路が縦横に走り、交通機関が発達して原始時代とは全く違った世界になりました。その結果、鳥獣は住み場所を失って奥地に移り、その数も非常に少くなりました。

一方原始林が切り開かれて単一の樹木が植えられ、原野が開かんされてここにも単一の作物が栽培されるようになると、これ等植物の害虫にとって広大な面積にわたる豊富な食物が得られるので、その繁殖がたやすくなりました。

作物を害虫の被害から守り、豊かな収穫を確保するため、18世紀末から19世紀の前半にかけて農薬が出現し、今世紀に入ってからは無機化合物および天然有毒成分を利用した農薬が本格的に生産、使用されましたが、第二次世界大戦を契機として多種類の有機合成農薬が出現し、その卓効と防除技術の進歩によって、その使用は飛躍的に大きくなりました。

その結果、害虫のケミカルコントロール偏重の弊害として、無差別に虫が殺され、自然界の平衡の破壊に拍車をかけました。

## II 天敵とその利用

農薬を考えもなしに大々的に利用すれば、自然界のバランスをくづす一因になることは先に述べましたが、この弊害をなくすため、近年天敵の利用を組み入れた総合防除 (Integrated Control) が提唱されるようになりました。

天敵の利用は従来耕地に天敵を放飼し、自然の増殖によって害虫を抑制することによって行

われてきましたが、現在では農業的に大量に使用することによって農業と同じ効果をあげる方法に変わってきました。

### 1. 天敵とは

害虫の繁殖を抑制する生物因子としての寄生性昆虫、捕食性昆虫、寄生菌、鳥獣等の総称であります。また農業取締法における農業の定義には、農業とは「農作物（樹木および農林産物を含む、以下農作物等という。）を害する菌・線虫・ダニ・昆虫・ネズミその他の動植物またはウイルス（以下病害虫と総称する。）の防除に用いられる殺菌剤、殺虫剤その他の薬剤および農作物等の生理機能の増進または抑制に用いられる成長促進剤、発芽抑制剤その他の薬剤をいう。前次防除のために利用される天敵、この法律の適用については、これを農業とみなす」とあります。生物農業のゆえんがここにあります。

### 2. 害虫の防除法

害虫を防除するためには次のような方法があります。

- ① 生物的防除法：天敵の利用。
- ② 免疫的防除法：免疫性・抵抗性を利用。
- ③ 農業的防除法：種苗撰択・輪作・播種または移植期の変更・土地の撰択・施肥上の注意など。
- ④ 物理的防除法：遮断（袋掛など）・捕獲・打落・誘殺・熱湯・乾熱など。
- ⑤ 化学的防除法：農薬の利用。

### 3. 天敵の利用

1958年スイートマンの報告によれば、世界における天敵の利用状況は――

膜翅目：80種、そのうちヒメコバチ科25種、トビコバチ科（クワコナカイガラヤドリバチを含む）25種。

鞘翅目：主としてテントウムシ科28種。

世界で天敵の利用が実用化したのは1886年、アメリカカリフォルニアのオレンヂにイセリヤカイガラムシが大発生したとき、A. Koebeleがオーストラリア（イセリヤカイガラムシの原産地）よりベタリヤテントウムシを輸入、放飼して成功したのです。では日本での天敵の利用

はいつはじまったのでしょうか。

### 4. 日本における天敵の利用

ベタリヤテントウムシ、シルベストリコバチ、ルビーアカヤドリコバチ利用の歴史は古く、本年より政府の補助によりその利用促進事業が始まりました。

表1 日本における天敵の利用

害虫名	作物名	天敵	備考
イセリヤカイガラムシ	みかん	ベタリヤテントウムシ	明治44年、台湾より輸入して静岡県で使用
リンゴワタムシ	りんご	ワタムシヤドリコバチ	昭和6年、米国オレゴン州より輸入して青森県で使用
ミカンドゲコナジラミ	みかん	シルベストリコバチ	大正14年中国広東省より輸入して長崎県で使用
ルビーロウカイガラムシ	みかん	ルビー・アカヤドリコバチ	
アリアナスジコガネ		ヒメハラナガツチバチ	
トビイロヒラタハムシ		ヒラタハムシヤドリコバチ	

### 5. 天敵の利用性

- ① 自然を保護し、生物相をくずさない。
- ② 省力的
- ③ 薬害の心配がない。
- ④ 人畜に対する毒性がない。
- ⑤ 他の天敵など有用動物に害がない。
- ⑥ 薬剤抵抗性害虫の発現がない。

### 6. クワコナカイガラムシの天敵とその利用性。

クワコナカイガラムシの天敵について、九州大学村上陽三先生の研究によれば――

- ① 寄生性昆虫：11種（日本では6種）
- ② 捕食性昆虫：14種（日本では2種）
- ③ 寄生菌：2種

クワコナカイガラヤドリバチの利用性

クワコナカイガラヤドリバチがクワコナカイガラムシの天敵としての利用性の大きいことは表2で比較すれば明らかですが、利用上有利な特長を次に述べます。

- ① 総合防除に役立つ。

成虫の活動（産卵）期間が短かく、薬剤

散布との組合せができます。

- ② ムラなく確実な効果があります。
- ③ 卵以外のあらゆるステージのクワコナカイガラムシに寄生します。
- ④ 1回の放飼で薬剤2回散布に相当する効果が期待できます。

クワコナカイガラムシの一世代（一生：卵から成虫までの期間）は25℃で40～50日、これに対してクワコナカイガラヤドリバチの一世代の期間は20～25日であり、このことは放飼されたヤドリバチが2回寄生する可能性をもっていることを意味します。他の寄生蜂の一世代は大体クワコナカイガラムシと同じです。クワコナカイガラヤドリバチは幼虫期間が8～12日であるのに対し、他寄生蜂のそれは32～37日です。

表2 日本におけるクワコナカイガラムシの重要寄生性天敵

寄生性天敵	寄生性	分布
シロツノコナカイガラヤドリコバチ	1～2令	全国
ルリコナカイガラヤドリバチ	1～2令	全国
クワコナカイガラヤドリバチ	1令幼虫～成虫	福岡県・千葉県
コナカイガラヤドリクロバチ	3令幼虫～成虫	全国
ウスイロヤドリクロバチ	3令幼虫～成虫	東北地方・新潟県・長野県
タマバエの一種		

### III クワコナコバチの開発

日本で、はじめての生物農薬「クワコナコバチ」開発の歴史についてお話ししたいと思います。

殺虫剤の進歩に伴って、害虫防除は非常に容易になりましたが、反面、害虫の異常発生、薬剤抵抗性害虫の出現など新たな問題を招来しました。そこで天敵に影響の少ない撰択性殺虫剤の開発は勿論、天敵との組合せによる所謂総合防除の確立のため、生物農薬の研究も注目されるようになりました。

クワコナカイガラヤドリバチは、昭和16年福岡県新田原で採集され、その後九州大学・農林省園芸試験場を中心に研究が進められていました。この寄生蜂は日本よりアメリカ、さらにカナダやソ連にも導入されました。

弊社では、クワコナカイガラムシが、りんご、なしの重要害虫であり、薬剤散布では防除困難な点から天敵の利用を考え、日本における天敵の中からクワコナカイガラヤドリバチの特性に着目し、昭和37年より九州大学農学部安松京三先生のご指導を得て基礎研究、人工飼育を開始しました。

この寄生蜂による防除試験は、昭和38年より44年の7年間、りんご・なしの主要栽培県の試験場での圃場試験によってその実用性を確認し、同時に大規模な展示試験も十分行われました。

また、圃場における実用性の確認に並行して、弊社ではクワコナカイガラヤドリバチの大量増殖技術の検討をはじめました。

天敵は生き物ですから合成農薬のように工場では原体を製造し、製剤するのは大分勝手が違います。折角効果が認められても大量生産ができなければ意味がありません。

クワコナカイガラヤドリバチの人工飼育は自然界で繁殖するほど容易ではありません。自然界では、クワコナカイガラムシの餌は自由に得られますが、室内繁殖のための餌の決定が先決問題となりました。漸くカボチャなどが容易に供給される餌として判明しました。次に、クワコナカイガラヤドリバチの蛹を使用形態として利用するためには、使用時期にうまくヤドリバチの成虫が羽化しなければなりません。このことは非常にむづかしいのです。うまく調整しないと使用前に成虫が飛び出してしまって、農薬としてゼロになります。あまりおけると、他の害虫防除のための薬剤散布によってハチが死んでしまいます。第三には、適期にうまく農家に届けるための輸送上の問題も重要です。これ等の今まで経験したことのない諸問題を解決するために、7年間をついやし、44年末に一応問題点が解決され、生産体制が整い、農林省に登録申

請，生物農薬第1号が誕生しました。

#### IV 生物農薬クワコナコバチ

##### 1. クワコナカイガラムシ

この虫は、貝ガラのような形をしているカイガラムシの一種です。

成虫：成虫の発生は、長野・福島県などでは年2～3回、それ以北では年2回です。成虫の体長は5mmで、ロウ状物質を分泌して体の表面をおおうので、白い粉をまぶしたような感じになるので、コナカイガラムシの名がつけられています。

りんご、なしの果実に寄生して果汁を吸うので、果実の表面に斑点ができ、カイガラムシの分泌する蜜のため黒いスのようなものがついて汚れを生じ、その結果商品価値をいちじるしく低下させます。

卵：翌年の発生源になるのは卵のうです。

(成虫・卵のうの形で冬を越す。)産卵場所は主として枝幹の粗皮下、空洞部とか朽ちた穴の中などです。卵は、その環境の積算温度でふ化するため、環境のちがう場合には、相当ふ化期に遅速が生じます。

幼虫：冬を越した卵のうからふ化した、第1世代ふ化幼虫の発生は、不斉一でしかも年、地域、樹の間での差が大きいのです。第1世代ふ化幼虫は7月中旬～8月上旬に、第2世代幼虫は9月～10月に発生し始めます。

また、この虫は暗い所を好む性質があるので枝の切口の樹皮の内側や樹皮のヒダ、割れ目、幹のくされによって生じた空洞部に入りこんで樹液を吸い、さらに果実にかけた袋の中に入って直接果実に害を加えます。現在まで殺虫剤の散布が行われていますが、虫が薬剤のとどきにくい所に住んでおり、成虫の体の表面がロウ物質でおおわれているため薬液が附着しにくく、体内に入りにくいので、なかなか防除のやっかいな害虫です。

##### 2. クワコナコバチの生態

クワコナコバチとは商品につけられた名前です。この天敵の正しい呼び名は「クワコナカイガラヤドリバチ」-*Pseudaphycus malinus* GAHAN-

と云います。

##### ◎ クワコナコバチの生態

この虫は膜翅目・コバチ上科・トビコバチ科に属する寄生蜂の一種です。

成虫：体長1mm足らずのごく小さいハチで、肉眼では黒点状に見え、ハチと見わけるとはむつかしい。普通のハチのように空中を飛ぶ力はなく、ピョンピョンとはねるようにして動きまわり、クワコナカイガラムシをみつけると、その体に産卵します。移動距離はせいぜい20m位。

クワコナコバチのメスは、その触角によってカイガラムシをみつけると、その体内に産卵管をさしこみ、卵を産みつけます。しかしクワコナカイガラムシ以外のカイガラムシに産卵することはありません。クワコナコバチのメスは羽化直後からオスと交尾し、羽化後ははじめの2日間で約半分以上、7日以内に90%以上を産み、終れば1～2日後には死んでしまいます。オスバチはメスにくらべて10日程長く、18日位生きています。1頭のメスが産む卵の数は約100個でカイガラムシに産みつけられる卵の数は、カイガラムシの生育ステージによって異なり、1令幼虫で約1個、2令幼虫では約2個、3令幼虫では約13個、成虫で約17個の卵が産みつけられます。受精卵はメスに、不受精卵はすべてオスになり、全産卵数の70%がメスになります。

卵：クワコナコバチの卵は細長い形のきわめて小さいものです。(長さ約0.1mm、巾約0.05mm)この卵はカイガラムシの体内深く1～10数個産みつけられ、25℃の場合、2～3日でふ化して幼虫となります。

幼虫：クワコナカイガラムシに産みつけられた卵からふ化した幼虫は、カイガラムシの体を食べて成長し、はじめは楕円形ですが、次第に黄白色のウジの姿になってゆき、産卵後10日頃には体長約1mmの大きさになります。この頃には、カイガラムシの体はその体内をすっかり食い荒らされて死んでしまってミイラ状になり、体内のヤドリバチの幼虫は蛹(サナギ)になります。

蛹：クワコナコバチの幼虫に食われたカイガ

ラムシの死がいがミイラ化したものを「マミー」と呼びます。1個のマミーの中には10匹以上のクワコナコバチの蛹が入っており、羽化した成虫の70%がメスとなる。

世代：このようなクワコナコバチの生育は早く、25℃の場合産卵から羽化までの日数は約20日、成虫の寿命が約7日、一生の期間（1世代）は約26日となります。

1世代の期間は、気温によって異ってくるもので、20℃の場合は約10日程長くなり、30℃の



写真1 クワコナカイガラムシの体内に産卵しているクワコナコバチの成虫

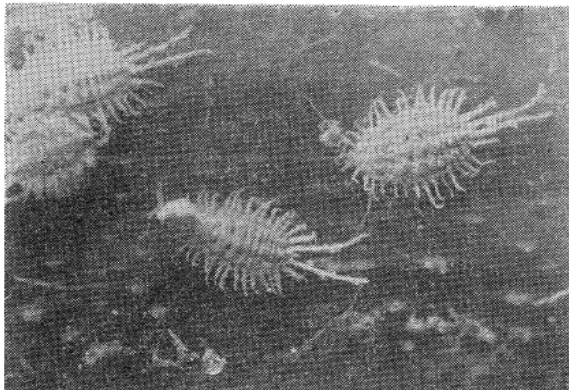
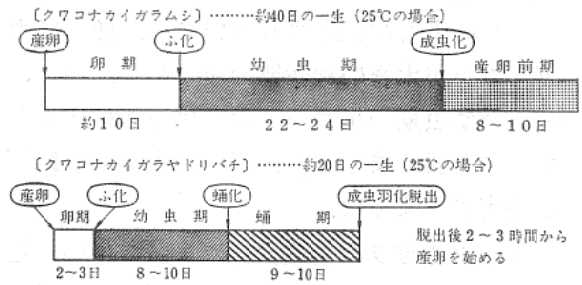


写真2 クワコナカイガラ虫の成虫

図1 クワコナカイガラムシとクワコナカイガラヤドリバチの一生



場合は約5日程短くなります。

越冬：一度放飼したクワコナコバチが園内で自然に増殖をくり返し、越冬して翌年更に増殖して定着することが望ましいのですが、クワコナコバチは暖地原産の寄生蜂ですので、寒冷地帯では殆んど越冬できないものと考えられます。

### 3. 製品

商品名：クワコナコバチ

種類名：寄生蜂剤

品質・性状：1シートにクワコナカイガラヤドリバチ2000匹以上羽化するに必要なマミーをセットしてあります。マミーは紙製シートに張りつけた海綿状合成樹脂の円形にくり抜いた部分におさめ、その上から細かい網をかぶせてあります。網の目は、マミーは出ないが、マミーから羽化して来るハチは脱出できるほどの大きさです。

### 4. 適用

作物名：りんご、なし

適用害虫：クワコナカイガラムシ

1樹当りの使用量：2~5シート

### 5. 使用方法

コナカイガラムシに産みつけられるクワコナコバチの卵の数は、コナカイガラムシの令によって異なり、放飼時期が1~2令幼虫期まででは寄生効率が低く、成虫期ではコナカイガラが死んでマミーになるまでに産卵し次世代の発生源を残すことがあります。寄生効率については産卵数のほかにコナカイガラムシの大きさに関係があります。クワコナコバチのような小さな

ハチの眼は外界の明暗しか識別できないらしく、又遠くからカイガラムシの有無を探知するような能力もないとされています。従ってカイガラムシが大きい程産卵のチャンスが多く、1～2令幼虫期の小さいものには産卵のチャンスが少いと云えましょう。以上の点から放飼適期が決定されました。

コナカイガラが発生は年によって早い、遅いがありますが、りんごの場合、平年長野県では6月上旬頃、青森県では6月中旬頃が放飼時期になります。

1樹当り3シート(10a当り18本植えの場合)つつ取り付けるのが標準ですが、コナカイガラムシの発生程度や樹の大きさ等を勘案して1樹当りのシート数は2～5シートの間で増減します。

3シートの場合、羽化して来るクワコナコバチの数は約6,000匹になり、この70%の約4,200匹がメスです。1匹のメスバチは約100個の卵を持っているので、420,000個の卵が産み出されることになり、1匹のカイガラムシに平均10個のコバチの卵が産下されるので、約42,000匹のカイガラムシに産みつけられることになります。つまり1樹3シートで約42,000頭のカイガラムシを防除出来る計算になります。勿論1匹のカイガラムシに必ず1匹のクワコナコバチが平均して産卵するとは限らず、2,3匹のクワコナコバチが産卵することもあり、不幸に産卵されなかったカイガラムシもあるであろうとすれば、実際の防除頭数は下廻るに違いないと考えられます。

カイガラムシの1樹当りの密度が、42,000匹と云うことは、かなり発生の多い状態です。

クワコナカイガラムシの発生程度を正確につかむことはなかなかむづかしいので、前年被害が多かった樹、越冬卵の量の多い樹にはシート数を多目にし、前年被害の少なかった樹では少ない目にします。

二つ折りになっているシートは開いてマミーの見える面を樹皮側に向けてクギで止めます。とりつける部位は、主枝の上側で第一主枝の分岐点附近などで、あまり結果部位(果実の着

生する部位)よりはなれていない所が効果的です。また言い方をかえれば、クワコナカイガラムシの住んでいる所に近い所で、枝の分岐点附近で、どちらの枝にもクワコナコバチが行けるような所がよいと言えます。普通、りんごの場合、主枝3本仕立が多いので、シート数も3シートとなります。

## 6. 使用上の注意

①クワコナコバチは「生きた農薬」です。使用にあたっては、特に初めて使用する場合は試験場等最寄の指導機関に相談する必要があります。

②シートの取りつけはレーベルに表示している有効期限までに終わります。有効期限がすぎると、ハチがどんどん羽化してしまいます。

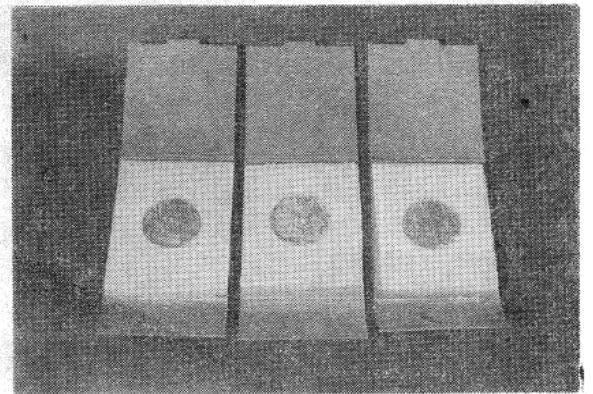


写真3 マミーを入れたシート製品形態

③クワコナコバチの移動距離は20m程度ですが、クワコナカイガラムシの防除に有効な分散範囲は放飼地点より半径5m以内です。りんごの場合、樹と樹との間は成木で7m位離れているので、ハチが隣の樹に移動してゆくことは期待出来ません。従って被害のある1本1本にシートを取りつけます。

④薬剤散布がクワコナコバチの活動に影響を及ぼすことがありますので、放飼したクワコナコバチが薬剤によって殺されることのないよう十分注意し、原則としてシート取付けの前10日から、取付けの後14日の間は薬剤散布を止めます。

⑤アリがクワコナコバチの産卵活動を妨げることがありますので、アリが住んでいる木に

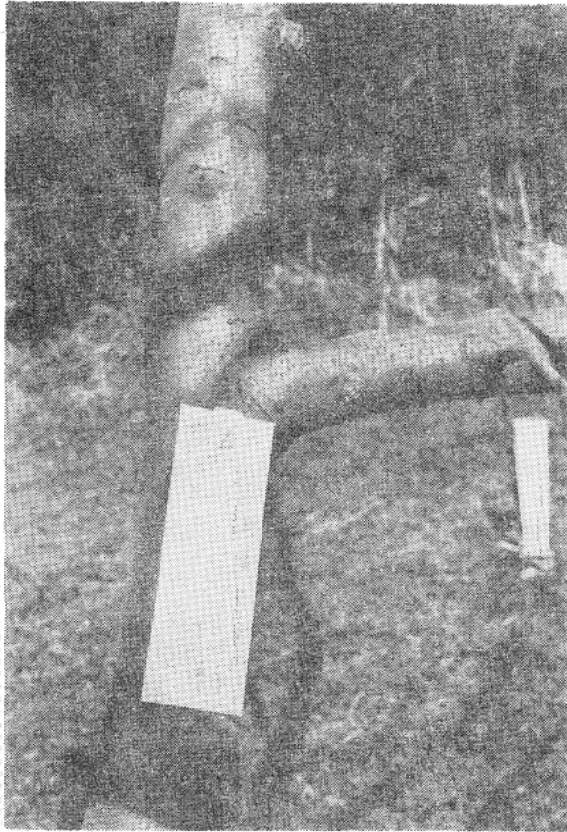


写真4 リンゴの枝に取りつけた(仮包装)  
マミーの見える面を樹皮側に向ける

は、シートを取付ける7-10日前までに、駆除剤をアリの巣に注入するなどします。

## V むすび

生物農薬の開発は、合成農薬の開発とは種々異なった条件の下で行なわれ、そのむつかしさは予想以上です。その一端についてはクワコナコバチ開発の歴史において少しふれましたが、製造上の苦勞も開発に劣らないものがあります。クワコナコバチの餌はクワコナカイガラムシですから、ハチの人工飼育には先づ餌を生産しなければなりません。カイガラムシ飼育の材料としては普通カボチャなどが適当とされていますが、新鮮なカボチャを大量に保存しておくにはどうすればよいのか、次に製品となるマミーの中のクワコナコバチの蛹をコンスタントにつくるには、カイガラムシの生育を均一に揃えることが肝要で、このため餌以外の環境条件を調整することも大切です。

出来上ったマミーが、目的地に無事到着し、使用時期までに化しないよう、また放飼時期が

来れば正常にハチが出て来るよう調整しなければなりません。そのため、この小さいハチの生育の進み具合を製造中に常にチェックしながら作業するのです。特に蛹の生育の度合は製品の品質に最も重大な関係がありますので、出荷前に点検しておかなければなりません。或る程度の大量生産に成功していても、需要の増加に応じてのスケールアップには新しい問題点が生じ、この解決は工業生産では想像出来ない困難さがあります。

最後に農薬の功罪と天敵の将来について述べたいと思います。戦後、農業技術が非常に発達し、食糧増産問題を解決、今や米の生産過剰となり、減反がクローズアップされるような時代となりました。この増産の達成に大きく貢献した農業技術の中で農薬の果たした役割は決して無視することは出来ません。更に国民保健に必須の野菜や果物の増産にも、農薬が一役かっています。特に、野菜が季節の別なく、豊富に、何処へでも供給されるようになったのは、農薬による病虫害防除を含めての農業技術の革新の賜物と云えましょう。

農薬の食品中での残留や環境が大きな社会問題になっていますが、もう一度農薬の功罪について深く直視してみるべきでしょう。現在では農薬は農業生産に欠くことは出来ないものになっています。

この農薬残留の危険を除くため、使用にあたって、人間の健康を害さない最低限の残留に止めるための農薬安全使用基準が設けられる一方毒性の高い農薬は使用を中止して低毒性のものに切替えると共に、天敵・昆虫ホルモン・フェロモンなどの新しい分野の開発が進められます。

害虫防除を全て天敵などにおきかえることは不可能で、クワコナコバチの成功は、更に新しい生物農薬の開発につながるものではありません。しかし低毒性・選択的な殺虫剤と可能な範囲での天敵との組み合わせによる、安全で自然界のバランスを破壊しない総合防除法が理想的であり、この理想の実現に邁進しなければならぬことは何人と云えども疑われないでしょう。