

微生物的防除の現状と展望

農林水産省農業環境技術研究所 おか だ びね お
岡 田 齊 夫

はじめに

人間や家畜が病原菌によって病気になるように、昆虫なども、病原菌の種類は人間や家畜の場合とは全く異なるが、いろいろな病原菌に侵される。人間などは治療と休養によって回復し、もとの健康な体にかえることが多いが、昆虫などは病原菌に感染すると死につながるが多い。その病原菌にはウイルス、細菌、糸状菌、原生動物、線虫などがある。昆虫のなかには数種の病原菌に侵される種も多いし、またどんな昆虫でもどれかの病原菌に感染しないものはないといってよいほどである。

昆虫の病原菌、天敵微生物を害虫防除に利用しようとの考えは、19世紀半ばにハーゲン、パスツール、ル・コントらによって唱えられ、メチニコフはこの考えを発展させて、1879年から黒きょう病菌 (*Metarhizium anisopliae*) を使って、コムギのコガネムシやテンサイのシキゾウムシで防除試験を行った。日本においても、大正末期にマツカレハの防除に白きょう病菌 (*Beauveria bassiana*) の利用について検討され、1933年に日高によって防除試験が行われた。

第二次大戦後は合成農薬中心の防除が行われ、微生物的防除の研究はかけをひそめていたが、合成農薬に過度に依存した病害虫防除の弊害が現れはじめ、1965年ごろから再び微生物利用の研究が行われるようになり、後に紹介するような成果が得られている。

天敵微生物は自然界に普通に存在するもので、それを主剤とする微生物殺虫剤は人畜、魚貝類に危害が少なく、植物に病気や薬害を起こさないことが経験的に知られている。一般に作用範囲が限られていて目的とする害虫に選択的に利用できるのも、生態系にかく乱を起こすおそれは少ない。また、天敵昆虫、有用昆虫に悪影響が少ない、害虫の微生物に対する抵抗性が発達しにくい、効果の持続が長く流行病を発生させることがある、などの特徴がある。反面、天敵微生物は一般に施用から効果が現れるまでに日数を要するものが多い、効果が緩慢で施用適期の幅が狭く、適期をはずれて使用すると効果が現れにくい、糸状菌や線虫以外は経口感染であるので、直接食下しないと効果が出ない、一部には製品の均一性、安定性の保持にも難点がある、などの短所がある。

以下に、ウイルス、細菌、糸状菌、原生動物及び線虫による害虫防除ならびに研究の現状、問題点、展望など

をおりまぜて記述する。

I ウ イ ル ス

様々な性質の昆虫ウイルスが約 900 種の昆虫から検出されている。これらのウイルスは 11 科に所属するほかに、未分類のウイルスがある。ウイルスは細菌や糸状菌と異なって核酸として DNA か RNA のいずれかしか持たず、それ自体にエネルギー産生系をつくる遺伝情報を含まず、宿主からエネルギー系及びリボソームを借りて増殖する細胞内寄生体である。したがってその培養は宿主昆虫体あるいはその細胞によって行われている。害虫防除に利用の目的で研究されるウイルスは、核多角体病ウイルス (NPV) と顆粒病ウイルス (GV) の *Baculovirus* が中心で、ほかに Reoviridae の細胞質多角体病ウイルス (CPV) や Poxviridae の昆虫ポックスウイルスがある。

諸外国では 10 余種のウイルス殺虫剤 (表-1) が農業登録され、害虫防除に使用されている。日本では 1961 年にマツカレハの防除に CPV が、1966 年にハラアカマイマイの防除に NPV が利用された (KATAGIRI, 1969)。続いてハスモンヨトウ、ヨトウガ、アワヨトウ、シロモンヤガ、シロイチモジヨトウ、アメリカシロヒトリ、クワゴマグラヒトリ、コカクモンハマキ、チャハマキ、コナガなど 20 余種の鱗翅目害虫を対象にウイルス利用の研究が行われてきた。これらの多くは実用化可能なレベルにある (岡田, 1994)。

これらのうちダイズ、サトイモ、野菜類など多くの作物を加害するハスモンヨトウに対する NPV の利用、チャヤリンドのコカクモンハマキとチャハマキに対する GV の利用などについては、植物防疫課の高度防除技術推進事業などが数県で行われたほか、県独自の防除試験も行われた。鹿児島県では後者の利用について、同課の補助事業によって茶園害虫防除バイオ増殖施設を農協に設置し、農家自身がウイルスを生産して、ハマキガ類の防除に使用しており、県内の茶園約 7,600 ha の 1/3 を GV でカバーするまでに達している。また前者は同課の天敵生物利用円滑化推進事業で、NPV の低コスト大量生産、品質管理、製剤化などの研究が、1991 年から民間企業で行われている。

害虫防除用ウイルスの生産は宿主昆虫の幼虫によって行うのが一般である。NPV では終齢の前齢期に多角体を食下させて行う。ハスモンヨトウ NPV は毎週 1 万病死虫を生産し、5 週で 5 万病死虫 (380~125 ha 散布相当量) を生産した労働時間は 32 時間×5 週であった (岡

表-1 微生物殺虫剤としてのウイルスの利用

ウイルス	製品名	標的害虫	実施国
(登録されているもの)			
<i>Anticarsia gemmatilis</i> NPV		ヨトウガの一種	ブラジル* パラグアイ等*
<i>Autographa californica</i> NPV	Gusano	ヨトウガの一種	アメリカ
<i>Heliothis zea</i> NPV	Biotrol VHZ, Elcar, Viron H	ヨトウガの一種	アメリカ
<i>Heliothis virescens</i> NPV	Biotrol VHZ, Elcar, Viron H	ヨトウガの一種	アメリカ
<i>Mamestra brassicae</i> NPV	Virin-ex Mamestrin	ヨトウガ	旧ソ連* フランス
<i>Plusia orichalcea</i> ? NPV		ヨトウガの一種	ジンバブエ*
<i>Orgyia pseudotsugata</i> NPV	Biocontrol-1 Virtuss	ドクガの一種	アメリカ カナダ
<i>Lymantria dispar</i> NPV	Gypchek Virin-ensh	マイマイガ	アメリカ 旧ソ連*
<i>Dendrolimus spectabilis</i> CPV	マツケミン	マツカレハ	日本
<i>Pieris rapae</i> GV	Virin-GKB	モンシロチョウ	旧ソ連*
<i>Cydia pomonella</i> GV	Carpocapsin	コドリンガ	フランス
<i>Neodiprion sertifer</i> NPV	Neochek-s Virin-Diprion	マツノキハバチ	アメリカ 旧ソ連*
<i>Neodiprion lecontei</i> NPV	Lecontvirus	ハバチの一種	カナダ
(研究中のもの)			
<i>Anagrapha falcifera</i> NPV		ヨトウガの一種	アメリカ
<i>Spodoptera exigua</i> NPV	Biotrol VSE 等	シロイチモジヨトウ	アメリカ
<i>Spodoptera frugiperda</i> NPV		ヨトウガの一種	オーストラリア
<i>Spodoptera littoralis</i> NPV	Spodopterin	ヨトウガの一種	フランス
<i>Spodoptera ornithogalli</i> NPV	Biotrol VPO 等	ヨトウガの一種	アメリカ
<i>Trichoplusia ni</i> NPV	Biotrol VTN 等 Viron T	イラクサギンウワバ	アメリカ
<i>Panolis flammea</i> NPV		pine beauty moth	イギリス
<i>Cydia pomonella</i> GV	Cecyde	コドリンガ	アメリカ
ハスモンヨトウ NPV		ハスモンヨトウ	日本
シロモンヤガ NPV		シロモンヤガ	日本
ヨトウガ NPV		ヨトウガ	日本
アワヨトウ NPV		アワヨトウ	日本
アメリカシロヒトリ NPV		アメリカシロヒトリ	日本
クワゴマダラヒトリ NPV		クワゴマダラヒトリ	日本
コカクモンハマキ類 GV		コカクモンハマキ類	日本
チャハマキ GV		チャハマキ	日本
コナガ GV		コナガ	日本

*: 登録の有無が不明または登録されていないが実用化されているもの。
微生物農薬の現状と安全性評価⁵⁾を改変, 加筆した。

田, 1977)。GV ではウイルスを卵面に接種し, ふ化幼虫に食下させて行う。コカクモンハマキ GV とチャハマキ GV は, 12 か月 (1.25 人) で前者の病死虫を 35 万個体及び後者を 17.5 万個体 (いずれも 175 ha 散布相当量) 生産している。3 種昆虫ウイルスの生産費の内, 人件費が最も高く約 70% をしめている (岡田, 1993)。アメリカの *Heliothis* 属の防除剤 Elcar やマイマイガの Gypchek な

どでは, 生産過程のかなりの部分が自動化されていて, 省力的に生産されている (SHAPIRO, 1982)。

ウイルスは宿主特異性が高く利用範囲が限定される。さらに太陽光線で不活化されるなどの欠点がある。このため宿主域の拡大, 病原性の増強, 安定性の強化など, 改良すべき点がある。遺伝子操作による病原性の強化, 感染を強化する薬剤の開発, 紫外線防護剤の研究なども

行われている。

II 細菌

昆虫に殺虫作用を持つ細菌には、*Bacillus thuringiensis*, *B. popilliae*, *B. lentimorbus*, *B. moritai*, *B. sphaericus* などがある。

B. thuringiensis (BT) 製剤は、諸外国では1961年から製剤が市販され、害虫防除に利用されてきた。日本では1960年代後半から野外試験が急速に進められ、1981年以降に7製剤が登録されて害虫防除に利用されていた。しかし生菌製剤はトラブルに巻き込まれ、一時製造を自主規制していたが、1993年度から本格的に利用できるようになった。

BTは、栄養型細菌の鞭毛(H)抗原のタイピングによって約40の血清型に分けられている。芽胞形成期に形成される結晶性物質の中に昆虫が食下した場合に病原性が発現するタンパク質が含まれている。この病原性は菌株によって顕著な差異がある。serovar *sotto* はコナガ、モンシロチョウなどの鱗翅目昆虫に、serovar *israelensis* はハエ、カなどの双翅目昆虫に、*tenebrionis* や *san*

diego は甲虫類に病原性がある。さらに近年コガネムシ類に病原性がある菌株が検出された。また同一 serovar でも *morrisoni* のように大きく異なる三つのタイプを含んでいるものもある。BTは一般にヨトウガ類には病原性が低いが、serovar *aizawai* や serovar *kurstaki* の1菌株のように、ヨトウガ類に強病原性のものもあり、後者についても農薬登録申請の動きがある。

BT剤の適用範囲は製剤によって異なるが、アブラナ科野菜のコナガ、モンシロチョウ、タマナギンウババ、ヨトウガ；リンゴのヒメシロモンドクガ、ハマキムシ類；チャのコカクモンハマキ；サクラ、プラタナスのアメリカシロヒトリなどに有効である。適用登録はないが、イネのコブノメイガ、イチモンジセセリなど多数の鱗翅目昆虫に病原性がある。

抵抗性の獲得が早いコナガは、BT剤に対しても抵抗性を獲得したことが、多く使用されてきた serovar *kurstaki* で明らかにされている。しかし抵抗性比は同一 serovar でも菌株間で異なり、10～50倍程度で低いようである。抵抗性は連用で徐々に発達するが、使用を中止すると感受性は回復するようである。また抵抗性はある

表-2 微生物殺虫剤としての細菌の利用

細菌	製品名	標的害虫	実施国
(登録されているもの)			
<i>Bacillus popilliae</i> / <i>lentimorbus</i>	Doom	マメコガネ	アメリカ
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	Diple 他	鱗翅目	アメリカ、日本*他各国
<i>B. t. kurstaki</i> strain EG 2371	Cutlass	鱗翅目	アメリカ
<i>B. t. kurstaki</i> strain EG 2348	Condor	マイマイガ	アメリカ
<i>B. t. kurstaki</i> strain EG 2424	Foil	鱗翅目、甲虫目	アメリカ
<i>B. t. kurstaki</i> + <i>aizawai</i>	バシレックス	鱗翅目	日本
<i>Pseudomonas fluorescens</i> / <i>B. t. kurstaki</i> の δ -endotoxin 遺伝子挿入 (死菌)	MVP	コナガ	アメリカ
<i>Pseudomonas fluorescens</i> / <i>B. t. san diego</i> の δ -endotoxin 遺伝子挿入 (死菌)	MYX 1806 (M-Trak)	コロラドハムシ	アメリカ
<i>B. t. aizawai</i>	セレクトジン	鱗翅目	日本
	Certan	鱗翅目	アメリカ
<i>B. t. israelensis</i>	Teknar 他	双翅目	アメリカ他各国
<i>B. t. thuringiensis</i> **	Biotoksybacillin	鱗翅目	旧ソ連
<i>B. t. san diego</i>	M-One	コロラドハムシ	アメリカ
<i>B. t. tenebrionis</i>	Trident	コロラドハムシ	アメリカ
	Novodor		ポーランド
<i>B. moritai</i> ***		イエバエなど	日本
(研究中のもの)			
<i>B. t. morrisoni</i>		昆虫の幼虫	アメリカ、登録申請中
<i>B. thuringiensis</i>		鱗翅目	日本
<i>B. thuringiensis</i>		甲虫目	日本
<i>Bacillus sphaericus</i>		双翅目の幼虫	フランス
<i>Pasteuria penetrans</i>		ネコブセンチュウ	日本、アメリカ

*: 日本で登録されている製品名＝トアロー、トアローCT、ダイポール、ムシサイド、チューリサイド。

：登録の有無は不明であるが実用化されているもの、*：飼料添加剤。

微生物農薬の現状と安全性評価⁵⁾を改変、加筆した。

種の δ -トキシシンに限定されていて、交差関係にない BT 剤で対処できるようである。異なる serovar の 2~3 の BT 剤を用意して、年次で変えて使用すれば、BT 剤によるコナガの防除は可能ようである。

BT の数菌株では結晶性タンパク質遺伝子の解析が進み、活性部位の全塩基配列を決定し、遺伝子进行操作して適用範囲を拡大することや、量産をより容易にしたり、紫外線による不活化を防止する努力が行われており、また土壤中や根群での安定性をよくするため、その遺伝子を他の細菌に組み込み、組換え体を死菌化した製剤もアメリカでは農薬登録された。さらに遺伝子をタバコ、トマト、ワタなどに導入し、耐虫性植物の育成も行われている。

III 糸状菌

多数の天敵糸状菌が検索され、外国では 10 製剤 (表-3) が農薬登録されて害虫防除に利用されている。はじめに述べたように、最も早く害虫防除への利用が検討されたのが糸状菌である。現在害虫防除研究に利用されている主な糸状菌は *Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Verticillium lecanii* などである。日本では害虫防除に実用的に利用されている糸状菌はないが、害虫防除剤の開発を目指して有効菌株の探索、利用法、培養法等の研究が進められている。

桑のキボシカミキリに強病原性で、カイコに弱病原性の *B. brongniartii* が分離され (河上ら, 1986), キボシカミキリ防除の研究が行われた。本菌はカンキツのゴマダラカミキリにも病原性が高く、ウレタンフォーム培養菌や不織布培養菌などによる防除試験が行われており (柏尾ら, 1989; 橋元, 1992), 農薬登録申請の段階を迎えているようである。

そのほか、イネミズゾウムシ、ウンカ・ヨコバイ類に *M. anisopliae* 及び *B. bassiana*, アブラムシ類、コナジラミ類及びダニ類に *Verticillium lecanii*, ミカンコナジラミに *Aschersonia aleyrodis*, モモシンクイガに *P. fumosoroseus* 及び *M. anisopliae*, コガネムシ類に *B. brongniartii* 及び *M. anisopliae*, マツノマダラカミキリに *B. bassiana*, *B. brongniartii* などの利用の研究が行われている。

IV 原生動物 (微胞子虫)

微胞子虫は生体でしか増殖できないので、生産面で難点がある上に、感染から死亡までの期間が一般に長いので、短期的な防除には不向きである。しかし微胞子虫は宿主域が広く、経卵伝染によって病原体が次世代に能率よく伝播される。また小鳥などの捕食者による伝播、感染虫の糞、共食いなどによる伝播も起こりやすいので、長期的な防除剤としての利用が考えられる。*Nosema locustae* はアメリカで Noloc の商品名で農薬登録 (表-

4) され、放牧地のバッタやコウロギ類の防除に利用されている (渡部, 1988)。

V 線虫

外国では 3 種が害虫防除に実用化されている (表-4)。日本でも 1993 年 9 月 8 日に *Steinernema carpocapsae* が芝草のシバツトガなどを対象に農薬登録された。線虫類は宿主範囲が広く、宿主探索能力があり、効果の発現が早いなどの特徴がある。害虫防除用に研究されている線虫は主に *Steinernema* 属と *Heterorhabditis* 属である。

線虫による害虫防除効果は線虫の種類・系統と害虫の種類・発育ステージによって大きく異なる。一般に茎葉害虫の感受性は高いが、野外では安定した効果を得難い。土壌害虫は一般に感受性が低い。S. *carpocapsae*, S. *glaseri* や S. *kushidai* は土壌害虫に病原性が高い。後者は生存期間が長く、野外の土壌条件下で越冬し、少なくとも 2 年間は病原性が持続する (小倉, 1990)。S. *glaseri* や S. *kushidai* によるコガネムシ類防除効果試験が各地で行われている。ほかにアザミウマ目、半翅目、鱗翅目、甲虫目の約 50 種の害虫に対して天敵線虫による防除効果試験が行われている。

VI 微生物農薬の登録に向けて

微生物的害虫防除の研究は国公立試験研究機関を中心に早くから行われてきたが、企業ベースで登録にこぎつけた例は少ない。これには様々な原因があるが、宿命的に天敵微生物の代名詞的存在である BT 剤が、実際に使用できるまでに長年を要したことも一因であろう。複雑な理由があったが、BT 剤と同じようになってはと危惧する向きが多かったようにみている。

農薬の登録にあたっては、安全性に関する各種のデータを提出することになっている。化学合成農薬の作用機作が主に毒性であるのに対して、微生物農薬はそれと異なり寄生や拮抗性などによる。また標的生物に対する選択性が高く、環境に対する悪影響が少ないとみられている。このため化学合成農薬とは別に、微生物農薬を対象とした安全性評価の方法がアメリカをはじめとする数か国で確立されている。

日本においては、近年の行政・研究・社会情勢などから、生物農薬の開発研究が増加し、これに対する社会の期待が増大している。また植物防疫課の各種事業で実施した生物的資材による病虫害防除効果が農家段階で認められ、普及に対する要望が強い。このため同課は天敵生物利用円滑化推進事業を平成 3 年から発足させ、民間における大量生産、品質管理、貯蔵などの研究を支援している。この事業も軌道に乗っており、平成 4 年度から 3 年計画で微生物農薬検査基準確立事業を発足させ、農薬検査所で専門家による微生物農薬ガイドライン検討委員会を作って、登録のためのガイドライン策定作業を進めて

表-3 微生物殺虫剤としての糸状菌の利用

糸状菌	製品名	標的害虫	実施国
(登録されているもの)			
<i>Hirsutella thompsonii</i>	Mycar	ミカンサビダニ	アメリカ
<i>Verticillium lecanii</i>	Vertalec	温室のアブラムシ	イギリス他
	Mycotal	温室のコナジラミ	イギリス他
<i>Arthrobotrys robusta antipolis</i>	Royal 300	マッシュルーム栽培床の食菌性線虫	フランス
<i>Arthrobotrys irregularis</i> 1141	Royal 350	ネコブセンチュウ	フランス
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Biocon	センチュウ	フィリピン
<i>Monacrosporium phymatophagum</i>	ネマヒトン	サツマイモネコブセンチュウ	日本
<i>Beauveria bassiana</i> *	Boverin	コロラドハムシ、森林害虫	旧ソ連
		アワノメイガ	中国
<i>Metarhizium anisopliae</i> *	Metaquino	アワフキムシ	ブラジル
	—	シロアリ	オーストラリア
<i>Aschersonia aleyrodis</i> *	Aseronija	コナジラミ	旧ソ連
(研究中のもの)			
<i>Verticillium lecanii</i>		ダイズシストセンチュウ	アメリカ
		アブラムシ、コナジラミ、ダニ、マツノマダラカミキリ	日本
<i>Beauveria bassiana</i>		ハリアリ、コロラドハムシ	アメリカ
		アワノメイガ	フランス
		イネミズゾウムシ、ウンカ・ヨコバイ、モモシンクイガ、コガネムシ	日本
<i>Metarhizium anisopliae</i>		トビイロウンカ	イギリス
		ゾウムシ	ドイツ、アメリカ
		イネミズゾウムシ、ウンカ・ヨコバイ、モモシンクイガ、コガネムシ	日本
<i>Aschersonia aleyrodis</i>		コナジラミ、カイガラムシ	イギリス、オランダ
		ミカンコナジラミ	日本
<i>Nomuraea rileyi</i>		イラクサギンウワバ	アメリカ
<i>Beauveria brongniartii</i>		コフキコガネ	欧州、ペルー
		キボシカミキリ、ゴマダラカミキリ、コガネムシ、マツノマダラカミキリ	日本
<i>Neozygites floridana</i>		ハダニ	アメリカ
<i>Entomophaga parxibuli</i>		イナゴ	アメリカ
<i>Entomophaga maimaiga</i>		マイマイガ	アメリカ
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>		コナジラミ	アメリカ
		モモシンクイガ	日本
<i>Erynia neoaphidis</i>		アブラムシ	イギリス
<i>Arthrobotrys coroides</i>		トウモロコシネコブセンチュウ	アメリカ
<i>Dactylella oviparasitica</i>		モモネコブセンチュウ	アメリカ
<i>Nematophthora gynophila</i>		ムギシストセンチュウ	欧州
<i>Verticillium chlamydosporium</i>		ムギシストセンチュウ	欧州

*: 登録の有無は不明であるが実用化されているもの。

微生物農薬の現状と安全性評価⁵⁾を改変、加筆した。

いる。

お わ り に

国連会議の「環境と開発に関するリオデジャネイロ宣

言」と、これに基づく「21世紀に向けた行動計画」(平成4年6月)に示されているように、21世紀に向けてエネルギー資源の確保、経済発展と環境保全の調和を目指した持続可能な開発のあり方が問われている。農林水産省

表-4 微生物殺虫剤としての原生動物および線虫の利用

原生動物・線虫	製品名	標的害虫	実施国
(登録または実用化されているもの)			
<i>Nosema locustae</i>	Noloc	バッタコオロギ類	アメリカ
<i>Steinernema feltiae</i> DD136	Noloc Bait Seek Spear	土壌害虫 シロアリ black vine weevil ゾウムシの一種	アメリカ オーストラリア アメリカ オーストラリア
<i>Heterorhabditis</i> sp.		カ	アメリカ
<i>Romanemermis cullicivorax</i>		シバツトガ, シバオサゾウ	アメリカ
<i>Steinernema carpocapsae</i>	バイオセーフ	ムシ, スジキリヨトウ	日本
<i>Steinernema carpocapsae</i>		土壌害虫	アメリカ他各国
<i>Steinernema glaseri</i>		土壌害虫	アメリカ
(研究された, または研究中のもの)			
<i>Nosema algerae</i>		カ	アメリカ
<i>Nosema pyrausta</i>		アワノメイガ	アメリカ
<i>Nosema</i> sp.		ソルガムのメイガの一種	ケニヤ
<i>Vairimorpha necatrix</i>		ダイズのイモムシ	アメリカ
<i>Mattesia trogodermae</i>		貯蔵作物の害虫	アメリカ
<i>Steinernema feltiae</i> DD136		食草害虫, 穿孔害虫, 土壌害虫	日本
<i>Steinernema glaseri</i>		コガネムシなど土壌害虫	日本
<i>S. kushidai</i>		コガネムシなど土壌害虫	日本
<i>Heterorhabditis</i> sp.		食草害虫, 穿孔害虫, 土壌害虫	日本

微生物農薬の現状と安全性評価⁵⁾を改変, 加筆した。

は 21 世紀を目指す新農政プラン「新しい食料, 農業, 農村政策の方向」(平成 4 年 6 月)で, 適切な農業生産活動を通じて国土・環境保全に資するという観点から, 農業の有する物質循環機能を生かし, 生産性の向上を図りつつ, 環境への負荷の軽減に配慮した持続的な農業, 環境保全型農業の確立を, 我が国農業全体として目指すことを示している。一方, 国民の食料・生活への安全性に対する関心は一層強くなり, 「生態系に調和した病虫害管理技術の確立」が重要な課題となっている。

このような状況から, 国・公の行政機関においては, 有機農業, 生態系活用型農業, 持続的農業, 環境保全型農業の推進など, 生態系の保全, 安全性を重視した施策をあげており, この方面の研究や事業は近年著しく増加している。

害虫防除の基本は, 害虫に対する自然制御の機構を活かし, これに各種の制御手段を相互に矛盾することなく, 調和させて作用させることにより, 害虫の密度を経済的に被害が生じない密度に維持する方法である。化学農業を含むすべての防除剤や技術は完全なものではないので, この考え方を基本とする害虫管理技術の確立が重要である。天敵微生物はその素材として重要な位置をしめるものであるが, 国内では研究者が少なく, 研究の進展がおそい。天敵微生物は名称のとおり小さいので, 研

究手法が複雑だと思われるようであるが, 「天敵微生物の研究手法」(岡田ら, 1993)にあるように, 害虫に関する一般的な知識と微生物に関する初歩的知識の習得によって対応できる。また, 近年進歩が著しい遺伝子工学的手法による微生物の改良や微生物を植物に直接導入することも可能である。各種行政施策とあわせて, この方面の研究の増加と進展を期待している。

引用文献

- 1) 橋元祥一ら(1992): 植物防疫 46: 66~70.
- 2) 柏尾具俊・氏家 武(1988): 九病虫研究会報 34: 190~193.
- 3) KATAGIRI, K. (1969): Entomophaga 14: 203~214.
- 4) 河上 清・島根孝典(1986): 日蚕雑 55: 227~234.
- 5) 榊三愛化成安全化学研究所編(1993): 微生物農薬の現状と安全性評価, 化学工業日報社, 東京, 727p.
- 6) 岡田齊夫(1977): 中国農試報, E12: 1~66.
- 7) ———ら編(1993): 天敵微生物の研究手法, 日本植物防疫協会, 東京, 222p.
- 8) ———(1994): 農及園, 69: 122~128.
- 9) 小倉信夫(1990): 森林防疫 39 (2): 7~12.
- 10) SHAPIRO, M. (1982): Microbial and Viral Pesticides (KURSTAK, E. ed.), Marcel Dekker, New York and Basel, pp.463~492.
- 11) 渡部 仁(1988): 微生物で害虫を防ぐ, 裳華房, 東京, 163p.