

# 総合的有害生物管理における生物防除資材の利用の現状と課題

—日本生物防除協議会 (JBCA) の発足に寄せて—

東京農工大学

国見 裕久 (くにみ やすひさ)

## はじめに

現在世界の人口は73億人で、2050年までには97億人に達すると推定されている。人口増加は開発途上国で顕著で、これらの地域では、将来の食料確保が困難になると予想されている。将来の人口増加に対応するための食料増産は、今世紀の最も重要な課題であると考えられている。食料の増産を図るためには、新たな耕作地の造成、品種改良による収量の増大とともに効率的な植物保護技術の開発が重要である。現在、世界の農業生産額は、111兆円と推定されており、病害虫や雑草により43兆3千億円の被害損出があると考えられている。このことから、病害虫や雑草の効率的な防除法の開発は、今後の食糧確保の重要な課題となっている。

現在の病害虫防除は、化学合成農薬が主要な役割を果たしており、Phillips McDougall社によると、2014年の世界の農薬市場規模は、世界で約567億ドル(約6兆2千億円)と推定されている。一方、化学合成農薬の過度の使用は、抵抗性病害虫の出現、標的外生物に対する悪影響、環境汚染などの問題を引き起こしていることから、化学合成農薬に過度に依存した現在の防除体系を改めることが求められている。

平成22年3月に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」において、今後我が国の農業を環境と調和した持続可能な農業へと移行させることの必要性が強調されている。このことを達成するために、病害虫防除の場面においては、1960年代に提示された総合的有害生物

管理 (Integrated Pest Management : IPM) の実行がますます重要となっている。本稿では、IPM概念の変遷とIPMで利用される生物防除資材の利用の現状と課題について記述する。

## I 総合的有害生物管理概念の変遷

第二次世界大戦後、DDT、BHC等の有機合成殺虫剤の出現により、極めて効率的に害虫を防除することが可能となったことから、害虫防除は化学農薬中心に進められた。しかし、1960年代になると、過度の農薬の使用により、害虫の殺虫剤抵抗性の発達、標的外生物への悪影響、環境汚染、潜在害虫の害虫化 (リサージェンス)等の問題が顕在化した。1962年にはRachel Carson女史による“Silent Spring”が出版され、DDTをはじめとする化学農薬の生態系への悪影響を明らかにし、社会的に大きなインパクトを与えた。これらのことを受けて、これまでの害虫の絶滅を目標とする害虫防除の考え方を改め、害虫制御 (Pest management) という考え方が急速に受け入れられるようになった (巖・桐谷, 1973)。1967年にFAOは総合的有害生物管理 (Integrated Pest Management : IPM) を「関連する環境や害虫種の個体群動態との関連において、あらゆる適切な技術を相互に矛盾しない形で使用し、害虫の密度を経済的な被害が生じないレベルに維持するための害虫管理システムである」と定義した。害虫の密度を経済的な被害が生じないレベルに維持するためには、様々な防除手段を組合せて利用する必要があるが、当時の最終手段は化学農薬の使用であった。その後、IPMの概念には化学農薬の使用削減が盛り込まれたBiointensive IPM (生物防除主体のIPM) の考え方が浸透した (図-1)。2015年にFAOは、IPMを「健全な作物を育て、農薬の使用量を最小限にするために様々な防除戦略や防除手段を組合せた作物生

Current Status and Prospects on Utilization of Biocontrol Agents in Integrated Pest Management. By Yasuhisa KUNIMI

(キーワード: 総合的有害生物管理, IPM, 生物防除, 天敵, フェロモン)

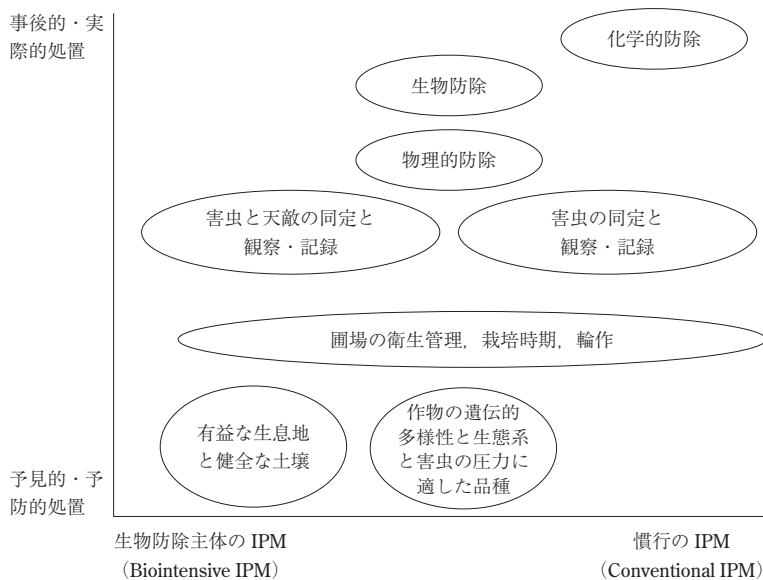


図-1 生物防除主体と慣行の総合的有害生物管理の比較  
Dufour (2001) を改編.

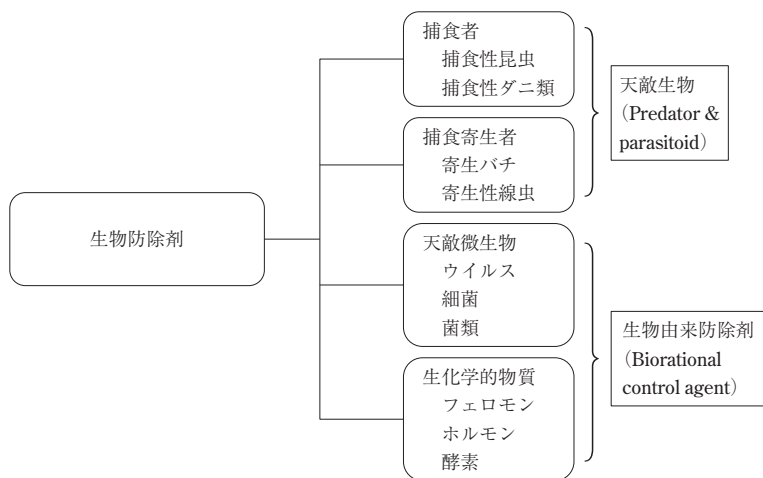


図-2 生物防除剤の定義  
生物防除剤はアメリカ EPA により “Biological and biologically derived control agents” と定義されている。

産と作物保護のための生態系アプローチである」と定義し、Bio-intensive IPM の考えを取り込んでいる。図-1 に示したように、Bio-intensive IPM では、害虫に犯されなような生態系管理を行い、万が一害虫の密度が経済的な被害が生じるレベルに達した場合は、生物防除を最終手段として利用することとしている。今後の病虫害防除は Bio-intensive IPM の考え方が主流となると思われる。

## II 生物防除とは

アメリカ環境保護庁 (EPA: Environmental Protection Agency) の定義によれば、生物防除剤 (Biological and biologically derived control agents) には、寄生バチ、捕食性昆虫やダニ等の天敵生物、天敵微生物 (昆虫病原微生物および植物病原微生物に対する拮抗微生物) およびフェロモンやホルモンなどの生化学的物質が含まれる

(図-2)。なお、天敵微生物と生化学物質は、**biorational control agents** と呼ばれている。本稿では、生物防除剤を用いた病害虫防除を生物防除 (biocontrol) と呼ぶことにしたい。

### III 生物防除に利用される天敵生物

現在、世界で上市されている寄生バチとしては、ツヤコバチ科が13種、アブラバチ科が5種、コマユバチ科が4種、トビコバチ科が7種、ヒメコバチ科が3種およびタマゴコバチ科が2種、ホソハネコバチ科およびコガネコバチ科がそれぞれ1種の合計36種となっている(表-1)(GWYNN, 2014)。生物防除剤として資材化されている

捕食性昆虫としては、テントウムシ科が13種、ハネカクシ科が2種、タマバエ科が2種、ハナアブ科が1種、カスミカメムシ科が2種、ハナカメムシ科が6種、カメムシ科が1種、シマアザミウマ科が2種、クサカゲロウ科が1種の合計30種である(表-2)(GWYNN, 2014)。生物防除剤として資材化されている捕食性ダニ類としては、カブリダニ科のダニが13種と最も多く、そのほかにトゲダニ科が2種、ツメダニ科およびハエダニ科が1種の合計17種である(表-3)(GWYNN, 2014)。生物防除剤として資材化されている昆虫寄生性線虫としては、スタイナーネマ科が4種、ヘテロラブディティス科が2種、カンセンチュウ科が1種の合計7種である(表-4)(GWYNN, 2014)。

表-1 生物防除剤として資材化されている寄生バチ

学名	和名	標的害虫
ツヤコバチ科		
<i>Aphytis diaspidis</i>	キイロクワカイガラヤドリバチ	カイガラムシ
<i>Aphytis holoxanthus</i>	キイロツヤコバチの一種	カイガラムシ, ミカンコハモグリ
<i>Aphytis lingnanensis</i>	キイロツヤコバチの一種	カイガラムシ
<i>Aphytis melinus</i>	キイロツヤコバチの一種	カイガラムシ
<i>Coccophagus lycimnia</i>	ツヤコバチの一種	カイガラムシ
<i>Coccophagus rusti</i>	ツヤコバチの一種	カイガラムシ
<i>Coccophagus scutellaris</i>	ツヤコバチの一種	カイガラムシ
<i>Encarsia citrina</i>	ハネケナガツヤコバチ	カイガラムシ
<i>Encarsia formosa</i>	オンシツツヤコバチ	コナジラミ
<i>Eretmocerus eremicus</i>	サバクツヤコバチ	コナジラミ
<i>Eretmocerus mundus</i>	チチュウカイツヤコバチ	コナジラミ
<i>Aphelinus abdominalis</i>	アブラコバチ	アブラムシ (チューリップヒゲ, ジャガイモヒゲ)
<i>Aphelinus asychis</i>	チャバラアブラコバチ	アブラムシ
アブラバチ科		
<i>Aphidius colemani</i>	コレマンアブラバチ	アブラムシ
<i>Aphidius ervi</i>	エルビアブラバチ	アブラムシ
<i>Aphidius gifuensis</i>	ギフアブラバチ	アブラムシ
<i>Aphidius matricariae</i>	アブラバチの一種	アブラムシ
<i>Praon volucre</i>	アブラバチの一種	アブラムシ
コマユバチ科		
<i>Cotesia marginiventris</i>	コマユバチの一種	チョウ目害虫
<i>Dacnusa sibirica</i>	ハモグリコマユバチ	ハモグリバエ
<i>Ephedrus cerasicola</i>	コマユバチの一種	アブラムシ
<i>Habrobracon hebetor</i>	シマメイガコマユバチ	チョウ目害虫 (貯穀害虫)
トビコバチ科		
<i>Comperiella bifasciata</i>	フタスジトビコバチ	カイガラムシ
<i>Anagyrus fusciventris</i>	トビコバチの一種	ナガオコナカイガラムシ
<i>Anagyrus pseudococci</i>	トビコバチの一種	ミカンコナカイガラムシ, ブドウコナカイガラムシ
<i>Leptomastidea abnormis</i>	サツマイコナカイガラトビコバチ	ミカンコナカイガラムシ
<i>Leptomastix algerica</i>	ヒゲナガトビコバチ	コナカイガラムシ
<i>Leptomastix dactylopii</i>	フジコナヒゲナガトビコバチ	ミカンハダニ
<i>Leptomastix epona</i>	ヒゲナガトビコバチ	コナカイガラムシ

表-1 つづき

学名	和名	標的害虫
ヒメコバチ科 <i>Aprostocetus hagenowii</i> <i>Diglyphus isaea</i> <i>Neogrysocharis formosa</i>	ゴキブリコバチ イサエアヒメコバチ ハモグリヒメコバチ	ゴキブリ ハモグリバエ ハモグリバエ
ホソハネコバチ科 <i>Anagrus atomus</i>	ホソハネコバチ	ヨコバイ
コガネコバチ科 <i>Anisopteromalus calandrae</i>	ゾウムシコガネコバチ	貯穀害虫（甲虫）
タマゴバチ科 <i>Trichogramma brassicae</i> <i>Trichogramma evanescens</i>	タマゴバチの一種 タマゴバチの一種	チョウ目害虫 チョウ目害虫

表-2 生物防除剤として資材化されている捕食性昆虫

学名	和名	標的害虫
テントウムシ科 <i>Adalia bipunctata</i> <i>Chilocorus baileyi</i> <i>Chilocorus bipustulatus</i> <i>Chilocorus circumdatus</i> <i>Chilocorus nigrita</i> <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> <i>Delphastus catalinae</i> <i>Delphastus pusillus</i> <i>Harmonia axyridis</i> <i>Propylea japonica</i> <i>Rhyzobius lophanthae</i> <i>Rodolia cardinalis</i> <i>Stethorus punctillum</i>	フタモンテントウ テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 テントウムシの一種 ナミテントウ ヒメカメノコテントウ テントウムシの一種 ベダリアテントウ クロヒメテントウ	アブラムシ カイガラムシ カイガラムシ カイガラムシ カイガラムシ コナカイガラムシ コナジラミ アブラムシ、コナジラミ アブラムシ アブラムシ カイガラムシ カイガラムシ ハダニ
ハネカクシ科 <i>Aleochara bilineata</i> <i>Atheta coriaria</i>	ハネカクシの一種 メナシヒメハネカクシ	タマネギバエ スリップス、クロバネキノコバエ
タマバエ科 <i>Aphidoletes aphidimyza</i> <i>Feltiella acarisuga</i>	ショクガタマバエ ハダニタマバエ	アブラムシ ハダニ
ハナアブ科 <i>Episyrrhus balteatus</i>	ホソヒラタアブ	アブラムシ
カスミカメムシ科 <i>Macrolophus pygmeus</i> <i>Nesidiocoris tenuis</i>	カスミカメ タバコカスミカメ	チョウ目、コナジラミ トマトキバガ、コナジラミ、スリップス
ハナカメムシ科 <i>Anthocoris nemoralis</i> <i>Orius albidipennis</i> <i>Orius insidiosus</i> <i>Orius laevigatus</i> <i>Orius majusculus</i> <i>Orius strigicollis</i>	クロハナカメムシ ハナカメムシの一種 ハナカメムシの一種 ハナカメムシの一種 ハナカメムシの一種 ハナカメムシの一種	アブラムシ チョウ目害虫、スリップス チョウ目害虫、スリップス チョウ目害虫、スリップス、コナジラミ チョウ目害虫、スリップス、アブラムシ、ハダニ チョウ目害虫、スリップス、アブラムシ、ハダニ

表-2 つづき

学名	和名	標的害虫
カメムシ科 <i>Podisus maculiventris</i>	カメムシの一種	チョウ目害虫, ハムシ, カスマカメ
シマアザミウマ科 <i>Franklinothrips vespiformis</i> <i>Haplothrips brevitubus</i>	アリガタシマアザミウマ アカメガシワクダアザミウマ	アザミウマ アザミウマ
クサカゲロウ科 <i>Chrysoperla carnea</i>	ヤマトクサカゲロウ	アブラムシ, コナジラミ, スリップス

表-3 生物農薬として資材化されている捕食性ダニ

学名	和名	標的害虫
ツメダニ科 <i>Cheyletus eruditus</i>	ホソツメダニ	ハダニ
トゲダニ科 <i>Gaeolaelaps aculeifer</i> <i>Stratiolaelaps scimitus</i>	トゲダニの一種 トゲダニの一種	ハダニ, クロバネキノコバエ, スリップス, トビムシ キノコバエ, ハダニ, スリップス
ハエダニ科 <i>Macrocheles robustulus</i>	ハエダニの一種	チョウ目, キャベツハナバエ, クロバネキノコバエ, スリップス
カブリダニ科 <i>Amblydromalus limonicus</i> <i>Amblyseius andersoni</i> <i>Amblyseius barkeri</i> <i>Amblyseius californicus</i> <i>Amblyseius cucumeris</i> <i>Amblyseius degenerans</i> <i>Amblyseius fallacis</i> <i>Amblyseius montdorensis</i> <i>Amblyseius swirskii</i> <i>Euseius gallicus</i> <i>Gynaeseius liturivorus</i> <i>Mesoseiulus longipes</i> <i>Phytoseiulus persimilis</i>	リモニカスカブリダニ カブリダニの一種 カブリダニの一種 ミヤコカブリダニ ククメリスカブリダニ デジェネランスカブリダニ カブリダニの一種 カブリダニの一種 スワルスキーカブリダニ カブリダニの一種 キイカブリダニ カブリダニの一種 チリカブリダニ	コナジラミ, スリップス ハダニ ハダニ ハダニ ハダニ, スリップス スリップス ハダニ コナジラミ, スリップス ハダニ, コナジラミ, スリップス ハダニ, コナジラミ, スリップス アザミウマ ハダニ ハダニ

表-4 生物防除剤として資材化されている昆虫寄生性線虫

学名	和名	標的害虫
ヘテロラブディティス科 <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> <i>Heterorhabditis megidis</i>	ヘテロラブディティス科の一種 ヘテロラブディティス科の一種	チョウ目, コウチュウ目害虫 ガガンボ, コウチュウ目害虫
カンセンチュウ科 <i>Phasmarhabditis hermaphrodita</i>	カンセンチュウ	ナメクジ
スタイナーネマ科 <i>Steinernema carpocapsae</i> <i>Steinernema feltiae</i> <i>Steinernema glaseri</i> <i>Steinernema kraussei</i>	スタイナーネマ科の一種 スタイナーネマ科の一種 スタイナーネマ科の一種 スタイナーネマ科の一種	チョウ目, ハエ目, コウチュウ目害虫 クロバネキノコバエ, ハマキガ, スリップス チョウ目, コウチュウ目害虫 キンケクチプトゾウムシ

#### IV 生物防除に利用される天敵微生物

微生物殺虫剤として利用されている昆虫病原微生物は、細菌が10種類(亜種も含む)、菌類が12種、顆粒病ウイルスが5種、核多角体病ウイルスが12種の合計39種類である(表-5)。これら昆虫病原微生物の世界15か国での使用状況をみると、*Bacillus thuringiensis*は調査した15か国すべてで使用されており、最も利用頻度の高い微生物防除資材である。菌類では、*Beauveria bassiana*が11か国と最も多く使用されている(KABALUK et al., 2010)。一方、植物病害の防除に利用されている拮抗微生物は、細菌が28種、菌類が21種の合計49種である(表-6)。最も利用頻度の高い拮抗細菌は*Bacillus subtilis*の8か国、最も利用頻度の高い拮抗菌類は*Trichoderma harzianum*の9か国である(KABALUK et al., 2010)。

#### V 日本登録されている生物防除剤

##### 1 天敵昆虫・天敵ダニ剤

日本で農業登録されている天敵昆虫・天敵ダニ類を表-7に示した。寄生バチが10種類、21剤、捕食性昆虫が6種類、11剤、捕食性ダニ類が6種類、18剤である。天敵昆虫・天敵ダニ剤は、専ら温室に発生する害虫をターゲットとしている。2014農業年度における天敵昆虫・天敵ダニ剤の販売総額は9億3千万円で、天敵ダニ剤が全体の81%を占め、その半分がスワルスキーカブリダニ剤である。また、2014農業年度における天敵昆虫・天敵ダニ剤の販売総額に占める捕食性昆虫剤および寄生バチ剤の割合は、それぞれ13%および6%で、タイリクヒメハナカメムシ剤の販売額が約1億1千万円と最も大きかった。

##### 2 天敵微生物

「微生物農薬の登録申請に係る安全性評価に関する試験成績の取扱いについて」(平成9年8月29日付け9農産第5090号農林水産省農産園芸局長通知)において、「『微生物農薬』とは、ウイルス、細菌、真菌、原生動物、線虫(共生細菌のようなものを活性成分にもつものに限る。)を生きた状態で農薬としての目的で、製造または輸入して販売しようとするもの」と定義されている。微生物農薬は、害虫防除に利用される昆虫病原微生物を資材化した微生物殺虫剤、植物の病気の防除資材である微生物殺菌剤、雑草の防除に利用される微生物除草剤に大別される。

2016年7月現在、我が国において農薬として登録されている微生物農薬は、微生物殺虫剤としてウイルス製剤が2種類、3剤、細菌製剤が3種類、23剤、菌類製剤

が6種類、10剤、線虫製剤が2種類、2剤の合計38剤、微生物殺菌剤として細菌製剤が9種類、24剤、菌類製剤が3種類、7剤、抗ウイルス製剤が2種類、2剤の合計33剤、総合計71剤である(表-8, 表-9)。微生物殺虫剤には、当該微生物が害虫に感染して致死させる作用があるが、微生物殺菌剤の作用機作には、食菌、拮抗、抗生物質産生、場所や栄養の競合、植物への病害抵抗性誘導等が知られている(有江・国見, 2010; 国見, 2013)。

微生物殺虫剤の中で最も利用されているのはBT剤である。BT剤は昆虫病原細菌*Bacillus thuringiensis*(BT)を製剤化した剤である。BT菌は培地の栄養が枯渇すると耐久ステージである芽胞を産生するが、その過程でタンパク質結晶体毒素である $\delta$ 内毒素も産生する。BT剤の殺虫活性は $\delta$ 内毒素によるものである。 $\delta$ 内毒素は標的昆虫に食下された後、中腸の消化液により可溶化され、さらにプロテアーゼの働きにより活性型毒素となる。活性型毒素が標的昆虫の中腸細胞に結合すると、小孔が形成され、細胞の膨潤破裂を引き起こす。 $\delta$ 内毒素の主要な殺虫タンパク質はCry毒素と呼ばれ、Cry毒素遺伝子の配列を基に約70のクラスに分類されている。

一方、BT菌の分類は、伝統的に鞭毛抗原(H抗原)のタイピングに基づいて行われている。我が国では、BT *aizawai*, BT *kurstaki*の2種類の血清型のBT菌が農業登録されている。BT *aizawai*とBT *kurstaki*は、チョウ目害虫の防除剤として利用されている。BT *aizawai*の製剤はチョウ目昆虫の中でもヤガ科昆虫(ヨトウムシ類)に優れた殺虫効果を示す。このように菌株(血清型)によって殺虫活性が異なるのは、それぞれの菌株で産生されるCry毒素の違いに起因する。BT剤の特徴は、殺虫速度が他の微生物殺虫剤と比較して早いこと、保存安定性が高いことがあげられる。

現在、ウイルス殺虫剤として利用される昆虫ウイルスは主にバキュロウイルス科の核多角体病ウイルス(NPV)と顆粒病ウイルス(GV)である。我が国では、リングコカクモンハマキとチャハマキのGVを製剤化したハマキ天敵およびハスモンヨトウのNPVを製剤化したハスモン天敵とハスモンキラーが農業登録されている。ハマキ天敵は接種の放飼法に適した剤として、茶樹のチャハマキとチャノコカクモンハマキの防除に利用されている。鹿児島県では、第1世代幼虫をターゲットとして一番茶摘採後にハマキ天敵を散布し、その後はGVの自然流行により、第4世代まで両種の個体群密度を制御している。ウイルス殺虫剤を利用するうえで最も重要なことは、標的昆虫の若齢幼虫をターゲットにすることである。この理由はウイルスに対する感受性が幼虫の発

表-5 微生物農薬として利用されている昆虫病原微生物

微生物名	標的害虫
細菌	
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	チョウ目幼虫
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	チョウ目幼虫
<i>B. thuringiensis kurstaki + aizawai</i>	チョウ目幼虫
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	ハエ目幼虫
<i>Bacillus thuringiensis japonensis</i>	コガネムシ幼虫
<i>Bacillus thuringiensis tenebrionis</i>	コロラドハムシ
<i>Paenibacillus popilliae</i>	マメコガネ幼虫
<i>Bacillus sphaericus</i>	イエカ幼虫
<i>Pasteuria penetrans</i>	ネコブセンチュウ
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	バッタ
<i>Serratia entomophila</i>	コガネムシ ( <i>Costelytra zealandica</i> ) 幼虫
菌類	
<i>Beauveria brongniartii</i>	カミキリムシ, コガネムシ
<i>Beauveria bassiana</i>	チョウ目昆虫, コナジラミ類, アブラムシ類, ウンカ, コロラドハムシ, イエバエ, ヒアリ
<i>Conidiobolus thromboides</i>	アブラムシ類
<i>Isaria fumosorosea</i>	コナジラミ類, アブラムシ類, スリップス, ハダニ類
<i>Isaria tenuipes</i>	コナジラミ類, アブラムシ類
<i>Lecanicillium longisporum</i>	アブラムシ類
<i>Lecanicillium muscarium</i>	コナジラミ類, アザミウマ類
<i>Metarhizium anisopliae</i>	チョウ目昆虫, コウチュウ目昆虫, アザミウマ類, ウンカ, ゴキブリ, バッタ, キノコシロアリ
<i>Metarhizium flavoviride</i>	コガネムシ ( <i>Adoryphorus couloni</i> ) 幼虫
<i>Monacrosporium phymatophagum</i>	ネコブセンチュウ
<i>Nosema locustae</i>	バッタ
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	ネコブセンチュウ, パナナネモグリセンチュウ, シストセンチュウ
ウイルス	
<i>Adoxophyes orana</i> GV	チャノココクモンハマキ, リンゴココクモンハマキ
<i>Anagrapha falcifera</i> NPV	タバコガ ( <i>Heliothis</i> spp. と <i>Hericoverpa</i> spp.)
<i>Anticarsia gemmatilis</i> NPV	ヤガー種
<i>Cydia pomonella</i> GV	コドリंगा
<i>Epinotia aporema</i> GV	ハマキガ一種
<i>Helicoverpa armigera</i> NPV	オオタバコガ
<i>Helicoverpa zea</i> NPV	タバコガ一種
<i>Homona magnanima</i> GV	チャハマキ
<i>Lymantria dispar</i> NPV	マイマイガ
<i>Mamestra configurata</i> NPV	ヤガー種
<i>Neodiprion abietis</i> NPV	ハバチ一種
<i>Neodiprion lecontei</i> NPV	ハバチ一種
<i>Orgyia pseudotsugata</i> NPV	ドクガ一種
<i>Plodia interpunctella</i> GV	ノシメダラメイガ
<i>Spodoptera exigua</i> NPV	シロイチモジヨトウ
<i>Spodoptera litura</i> NPV	ハスモンヨトウ
<i>Spodoptera littoralis</i> NPV	ヨトウ一種

GV: 顆粒病ウイルス, NPV: 核多角体病ウイルス.

表-6 微生物農薬として利用されている拮抗微生物

微生物名	標的害虫
細菌	
<i>Actinomyces lewendula</i>	根腐れ病, 細菌病
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	根頭がんしゅ病
<i>Aureobasidium pullulans</i>	火傷病
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	灰色かび病, うどんこ病
<i>Bacillus cereus</i>	青枯病, 紋枯病, 稲こうじ病
<i>Bacillus licheniformis</i>	べと病, 立ち枯れ病
<i>Bacillus mycoides</i>	斑点病
<i>Bacillus pumilus</i>	べと病, うどんこ病, さび病
<i>Bacillus subtilis</i>	灰色かび病, うどんこ病, 黒星病, いもち病, 葉かび病, 疫病, 灰星病, 斑点病, かいよう病
<i>Bacillus simplex</i>	もみ枯れ細菌病, 苗立枯細菌病
<i>Erwinia carotovora</i>	軟腐病, かいよう病
<i>Flavobacterium</i> sp.	細菌病
<i>Lactococcus plantarum</i>	軟腐病
<i>Paenibacillus polymixa</i>	うどんこ病, 疫病
<i>Pantoea agglomerans</i>	火傷病
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	マツ根腐病
<i>Pseudomonas aureofaciens</i>	芝生の糸状菌病
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	土壌病害
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	腐敗病, 黒腐病, 花蕾腐敗病
<i>Pseudomonas rhodesiae</i>	軟腐病, かいよう病, せん孔細菌病, 枝枯細菌病
<i>Pseudomonas syringae</i>	乾燥腐敗病, 果実腐敗病, 銀か病, 白かび病, 青かび病
<i>Pseudomonas</i> sp. DSMZ 13134	根腐れ病
<i>Streptomyces colombiensis</i>	うどんこ病, 灰色かび病, 葉腐病
<i>Streptomyces griseoviridis</i>	灰色かび病, 根腐れ病, 小球菌核病, 苗腐病, 菌核病
<i>Streptomyces kasugaensis</i>	紋枯病, 葉腐病
<i>Streptomyces lydicus</i>	うどんこ病, べと病, 灰色かび病, 黄斑病, 炭疽病
<i>Erwinia carotovora</i> (非病原性)	軟腐病
<i>Variovorax paradoxus</i>	根こぶ病
菌類	
<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ10	うどんこ病
<i>Aspergillus flavus</i>	こうじかび病
<i>Candida oleophila</i>	収穫後の病気
<i>Conyothyrium minitans</i>	菌核病, 黒腐菌核病
<i>Gliocladium catenulatum</i>	苗腐病, 根腐れ病, 小球菌核病, 立ち枯病, つる枯病
<i>Muscodor albus</i>	収穫後の病気
<i>Ophiostoma piliferum</i>	樹液のシミを防止
<i>Pseudozyma flocculosa</i>	うどんこ病
<i>Pythium oligandrum</i>	灰色かび病, 疫病, 葉腐病, 菌核病, 黒斑病
<i>Talaromyces flavus</i>	炭疽病, うどんこ病, すすかび病, 葉かび病, 灰色かび病, ばか苗病, 苗立枯病, いもち病, 苗立枯細菌病, もみ枯細菌病
<i>Trichoderma atroviride</i>	白絹病, 褐条病, 紫紋羽病, ばか苗病, 苗立枯病, いもち病, 苗立枯細菌病, もみ枯細菌病, ごま葉枯病
<i>Trichoderma asperellum</i>	疫病, 立枯病, 灰色かび病
<i>Trichoderma gamsii</i>	疫病, 立枯病, 灰色かび病
<i>Trichoderma harzianum</i>	灰色かび病, 葉かび病, 灰星病, べと病, 黒かび病, 菌核病
<i>Trichoderma polysporum</i>	菌輪, 根株心腐病, 灰色かび病, 銀葉病
<i>Trichoderma stromaticum</i>	天狗巣病
<i>Trichoderma viride</i>	土壌病害
<i>Trichoderma</i> spp.	葉腐病, べと病, 灰色かび病
<i>Ulocladium oudemansii</i>	灰色かび病, 菌核病
<i>Variovorax paradoxus</i>	根こぶ病
<i>Verticillium albo-atrum</i>	ニレ立枯病



表-7 日本で登録されている天敵昆虫・ダニ製剤 2016年7月6日現在

生物名	農薬の種類	商品名	会社名	標的害虫	初登録年月日
寄生バチ					
<i>Diglyphus isaea</i> + <i>Dacnusa sibirica</i>	イサエアヒメコバチ・ハモグリコマユバチ剤	マイネックス	アリストタライフサイエンス	ハモグリバエ類	1997年12月24日
<i>Diglyphus isaea</i>	イサエアヒメコバチ剤	ヒメコバチ DI ヒメトツブ	シンジェンタジャパン アグリ総研	ハモグリバエ類 ハモグリバエ類	2002年9月17日 2002年9月3日
<i>Dacnusa sibirica</i>	ハモグリコマユバチ剤	石原イサバラリ	石原産業	ハモグリバエ類	2006年1月25日
<i>Neochrysocharis formosa</i>	ハモグリミドリヒメコバチ剤	コマユバチ DS	シンジェンタジャパン	マメハモグリバエ	2002年9月17日
<i>Encarsia formosa</i>	オンシツツヤコバチ剤	ミドリヒメ エンストリップ	住友化学, 琉球産経 アリストタライフサイエンス	ハモグリバエ類 コナジラミ類	2005年6月22日 1995年3月10日
<i>Eretmocerus eremicus</i>	サバクツツヤコバチ剤	ツヤコバチ EF30 ツヤトツブ	シンジェンタジャパン アグリ総研	コナジラミ類 オンシツコナジラミ	2002年8月13日 2001年1月30日
<i>Eretmocerus mundus</i>	チチュウカイツヤコバチ剤	ツヤトツブ25	アグリ総研	オンシツコナジラミ	2010年7月21日
<i>Aphidius colemani</i>	コレマンアブラバチ剤	石原ツヤバラリ エルカード サバクトツブ	石原産業 アリストタライフサイエンス アグリ総研	コナジラミ類 コナジラミ類 コナジラミ類	2005年11月30日 2003年5月7日 2005年6月1日
<i>Aphidius gifuensis</i>	ギフアブラバチ剤	ベミパール アファイパール アブラバチ AC	アリストタライフサイエンス アリストタライフサイエンス シンジェンタジャパン	タバココナジラミ類 アブラムシ類 アブラムシ類	2007年7月4日 1998年4月6日 2002年9月3日
<i>Aphelinus asychis</i>	チャバラアブラコバチ剤	コレトツブ	アグリ総研	アブラムシ類	2002年9月3日
<i>Bathyplectes anurus</i>	ヨローロッパトビチアメバチ剤	石原コレバラリ ギフパール チャバラ	石原産業 アリストタライフサイエンス 住化テクノサービス (社) 日本養蜂協会	アブラムシ類 アブラムシ類 アブラムシ類	2007年6月6日 2016年1月20日 2009年12月16日
捕食性昆虫					
<i>Harmonia asyridis</i>	ナミテントウ剤	ヨローロッパトビチアメバチ剤	アグリ総研	アルファルファタコゾウムシ	2014年1月29日
<i>Orius strigicollis</i>	タイリクヒメハナカメムシ剤	ナミトツブ ナミトツブ20 テントツブ オリスター-A	アグリ総研 アグリ総研 アグリ総研 住友化学	アブラムシ類 アブラムシ類 アブラムシ類 アザミウマ類	2002年11月26日 2005年2月9日 2013年9月25日 2001年1月30日

表-7 つづき

生物名	農薬の種類	商品名	会社名	標的害虫	初登録年月日
<i>Prolylea japonica</i> <i>Chrysoperla carnea</i> <i>Haplithrips brevitubus</i> <i>Frankliniopsis nespiformis</i>		トスバック	協友アグリ、サンケイ化学	アザミウマ類	2004年10月6日
		タイリク	アリスタライフサイエンス	アザミウマ類	2001年6月22日
		リクトップ	アグリ総研	アザミウマ類	2005年8月31日
		カメノコS	住化テクノサービス	アブラムシ類	2014年1月15日
<i>Haplithrips brevitubus</i> <i>Frankliniopsis nespiformis</i>		カゲタロウ	アグロスター	アブラムシ類	2001年3月14日
		アカメ	石原産業	アザミウマ類	2015年6月10日
	アリガタシマアザミウマ剤	アリガタ	アリスタライフサイエンス、琉球産産	アザミウマ類	2003年4月22日
捕食性ダニ					
<i>Phytoseiulus persimilis</i>		スバイデックス	アリスタライフサイエンス	ハダニ類	2006年4月5日
		カブリダニPP	シンジェンタジャパン	ハダニ類	2002年9月3日
		石原チリカブリダニ	石原産業	ハダニ類	2006年10月18日
		チリトップ	アグリ総研	ハダニ類	2002年6月18日
<i>Amblyseius cucumeris</i>		チリカ・ワーカー	小泉製麻	ハダニ類	2009年12月2日
		ククメリス	アリスタライフサイエンス	アザミウマ類、ケナガコナダニ	1998年4月6日
<i>Amblyseius californicus</i>		メリトップ	アグリ総研	アザミウマ類	2002年6月18日
		スバイカルEX	アリスタライフサイエンス	ハダニ類	2008年8月27日
		ミヤコトップ	アグリ総研	ハダニ類	2011年3月2日
		スバイカルプラス	アリスタライフサイエンス	ハダニ類	2012年1月25日
<i>Amblyseius swirskii</i>		システムミヤコくん	石原産業	ハダニ類	2016年3月16日
		シヤコスター	住化テクノサービス	ハダニ類	2013年11月20日
		スワルスキー	アリスタライフサイエンス	アザミウマ類、コナジラミ類	2008年11月19日
		スワルスキープラス	アリスタライフサイエンス	アザミウマ類、コナジラミ類、ミカンハダニ	2011年11月30日
<i>Amblydromalus limonicus</i>		システムスワルクくん	石原産業	アザミウマ類、ミカンハダニ	2016年2月17日
		スワマイト	出光興産	コナジラミ類	2016年6月22日
<i>Gynaecis liturivorus</i>		リモニカ	アリスタライフサイエンス	アザミウマ類、タバココナジラミ	2015年5月13日
		キイトップ	アグリ総研	アザミウマ類	2013年9月25日

表-8 日本で登録されている微生物殺虫剤 2016年7月6日

微生物名	商品名	会社名	標的害虫	登録年月日
<b>ウイルス製剤</b>				
<i>Granulovirus</i>	ハマキ天敵	アリストラライフサイエンス	チャハハマキ, チャノコカクモンハマキ, リンゴコカクモンハマキ	2003年3月20日
<i>Nucleopolyhedrovirus</i>	ハスモン天敵	日本化薬	ハスモンヨトウ	2007年3月7日
<i>Nucleopolyhedrovirus</i>	ハスモンキラー	揖斐川工業	ハスモンヨトウ	2012年3月21日
<b>細菌製剤</b>				
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	トアロー水和剤 CT	OAT アグリオ	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	1981年3月6日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	トアローフロアブル CT	OAT アグリオ	アオムシ, コナガ, オオタバコガ, スジキリヨトウ等	1998年10月28日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	チューリーサイド水和剤	三井物産	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	1982年2月23日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	デルフィン顆粒水和剤	三井物産	コナガ, アオムシ, オオタバコガ, ハマキムシ類等	1996年7月30日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	チューンアップ顆粒水和剤	エス・ディー・エスバイオテック	コナガ, アオムシ, オオタバコガ, ハイマダラメイガ等	1996年10月29日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	ファイブスター顆粒水和剤	アグロカネシヨウ	ハマキムシ類, シャクトリムシ類, ケムシ類, アゲハ	1998年6月1日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	バイオマックスDF	住友化学	ハマキムシ類, シャクトリムシ類, ケムシ類	2002年9月17日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	レピクリン DF	住友化学	チャハハマキ, チャノコカクモンハマキ, チャノホソガ	2015年10月28日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	エスマルク DF	住友化学	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	1998年1月12日
<i>Bacillus thuringiensis kurstaki</i>	ゼンターリ顆粒水和剤	住友化学	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	1997年3月27日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	ホクコーゼンターリ顆粒水和剤	北興化学	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	1997年3月27日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	ST-ゼンターリ顆粒水和剤	住友化学園芸	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	2006年7月19日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	チューレックス顆粒水和剤	三井物産	コナガ, アオムシ, オオタバコガ, ヨトウムシ, ハマキムシ類等	2010年4月7日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	トップクエスト	住化グリーン	スジキリヨトウ, シバツトガ, タマナヤガ	2012年1月25日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	クオークフロアブル	住友化学	ハスモンヨトウ, オオタバコガ, コナガ, ヨトウムシ等	1999年5月11日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	サブリナフロアブル	Meiji Seika ファルマ	コナガ, チャノコカクモンハマキ, チャハハマキ, アオムシ等	2006年4月19日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	サンケイサブリナフロアブル	サンケイ化学	コナガ, チャノコカクモンハマキ, チャハハマキ, アオムシ等	2006年4月19日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	エコマスター BT	クミアイ化学	ハスモンヨトウ, オオタバコガ, コナガ, ヨトウムシ等	2007年4月4日
<i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	フローバック DF	住友化学	アオムシ, コナガ, ヨトウムシ, ハスモンヨトウ, オオタバコガ等	2001年6月11日
<i>B. thuringiensis kurstaki + aizawai</i>	パシレックス水和剤	エス・ディー・エスバイオテック	アオムシ, コナガ, イラガ類, ハマキムシ類等	1982年2月23日
<i>B. thuringiensis kurstaki + aizawai</i>	家庭園芸用パシレックス水和剤	エス・ディー・エスバイオテック	アオムシ, コナガ, イラガ類, ハマキムシ類等	2011年10月12日
<i>B. thuringiensis kurstaki + aizawai</i>	ジャックポット顆粒水和剤	アリストラライフサイエンス	コナガ, アオムシ, オオタバコガ, ハマキムシ類等	2010年4月7日
<i>Pasteuria penetrans</i>	パストリア水和剤	サンケイ化学	ネコブセンチュウ	1994年12月13日
<b>菌類製剤</b>				
<i>Beauveria brongniartii</i>	バイオリサ・カミキリ	出光興産	キボシカミキリ, ゴマダラカミキリ, センノカミキリ, ハラアカ コアカミキリ	1995年11月17日

表-8 つづき

微生物名	商品名	会社名	標的害虫	登録年月日
<i>Beauveria bassiana</i>	ボタニガードES	アリストラライフサイエンス	コナジラミ類, アザミウマ類, コナガ, アオムシ, オオタバコガ, クワシロカイガラムシ	2002年11月12日
<i>Beauveria bassiana</i>	ボタニガード水和剤	アリストラライフサイエンス	コナジラミ類, アザミウマ類	2012年4月11日
<i>Beauveria bassiana</i>	バイオリサ・マダラ	出光興産	マツノマダラカミキリ	2007年2月21日
<i>Beauveria bassiana</i>	ポーベリアン	井筒屋化学産業	マツノマダラカミキリ	2007年2月21日
<i>Lecanicillium muscarium</i>	マイコタール	アリストラライフサイエンス	コナジラミ類, ミカンキイロアザミウマ	2001年9月3日
<i>Isaria fumosorosea</i>	ブリフアード水和剤	東海物産	コナジラミ類, ワタアブラムシ	2001年6月11日
<i>Isaria tenuipes</i>	住友化学ゴッツA	住友化学	コナジラミ類, アブラムシ類	2008年6月11日
<i>Isaria tenuipes</i>	ゴッツA	出光興産	コナジラミ類, アブラムシ類	2008年6月11日
<i>Metarhizium anisopliae</i>	バイレーツ粒剤	アリストラライフサイエンス	アザミウマ類	2014年2月26日
線虫製剤				
<i>Steinernema carpocapsae</i>	バイオセーフ	エス・ディー・エスバイオテック	タマナヤガ, ゾウムシ類, ハスモンヨトウ, キボシカミキリ コスカシバ, ヒメボクトウ, アリモドキゾウムシ, イモゾウムシ ヤシオオオオゾウムシ, センノカミキリ, オリーブアナアキゾウムシ モモシンクイガ, キンケケチアブゾウムシ	2005年4月27日
<i>Steinernema glaseri</i>	バイオトピア	エス・ディー・エスバイオテック	コナエムシ類幼虫, シバオサゾウムシ幼虫, スジキリヨトウ シバツトガ, タマナヤガ, ナガチヤコガネ, ハスモンヨトウ	2010年8月25日

表-9 日本で登録されている殺菌剤と抗ウイルス剤 2016年7月6日

微生物名	商品名	会社名	対象病害	登録年月日
抗ウイルス製剤				
<i>Zucchini yellow mosaic virus</i> 弱毒株	キュービオ ZY-02	微生物化学研究所	ズッキニー黄斑モザイクウイルス病	2008年4月23日
<i>Pepper mild mottle virus</i> 弱毒株	グリーンペンペーパー PM	微生物化学研究所	トウガラシマイルドモットルウイルスによるモザイク病	2012年10月24日
細菌製剤				
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	インプレフエッシュシヨククリア	(株)エス・ディー・エスバイオテック	灰色かび病, うどんこ病	2014年5月28日
<i>Bacillus subtilis</i>	ポトキラー水和剤	出光興産	灰色かび病, うどんこ病, 黒星病, いもち病	1998年12月9日
<i>Bacillus subtilis</i>	日農ポトキラー水和剤	日本農薬	灰色かび病, うどんこ病, 黒星病, いもち病	1998年12月9日
<i>Bacillus subtilis</i>	インプレッシュシヨク水和剤	エス・ディー・エスバイオテック	灰色かび病, うどんこ病, 黒枯病, 葉かび病, 黒枯病, 白斑葉枯病, 灰星病, 斑点病	2003年5月7日
<i>Bacillus subtilis</i>	バイオワーク水和剤	丸和バイオケミカル	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病	2004年9月22日
<i>Bacillus subtilis</i>	ポトピカ水和剤	出光興産	灰色かび病, うどんこ病, 白斑葉枯病	2005年4月27日
<i>Bacillus subtilis</i>	エコシヨット	クミアイ化学	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 黒星病, 葉枯病, 白斑葉枯病, 灰星病, 斑点病, かいよう病	2005年10月5日

表-9 つづき

微生物名	商品名	会社名	対象病害	登録年月日
<i>Bacillus subtilis</i> + 銅	クリーンカッブ	クマイイ化学	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 疫病	2009年5月27日
<i>Bacillus subtilis</i> + メバニピルム	クリーンフルピカ	クマイイ化学	うどんこ病	2009年5月27日
<i>Bacillus subtilis</i>	アグロケア水和剤	日本曹達	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 黒星病, 葉枯病, 白斑葉枯病, 斑点病, すずかび病	2009年11月18日
<i>Bacillus subtilis</i> + ポリオキシシン	クリーンサポート	クマイイ化学	灰色かび病, うどんこ病, すずかび病, 葉かび病, ハダニ類	2010年3月3日
<i>Bacillus subtilis</i>	パチスター水和剤	アリスタライフサイエンス	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病	2010年10月13日
<i>Bacillus subtilis</i>	家庭園芸用インプレッション水和剤	エス・ディー・エスバイオテック	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 黒枯病, 葉枯病, 白斑葉枯病, 灰星病, 斑点病	2011年10月12日
<i>Bacillus subtilis</i>	セレナーデ水和剤	バイエルクロップサイエンス	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 黒枯病, 葉枯病, 白斑葉枯病, 灰星病, 斑点病	2012年2月7日
<i>Bacillus subtilis</i> + 銅	ケミヘル	アグロカネショウ	灰色かび病, うどんこ病, 葉かび病, 疫病	2012年5月30日
<i>Bacillus simplex</i>	モミホープ水和剤	セントラル硝子	もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病	2006年12月13日
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	バクテローズ	日本農薬	根頭がんしゅ病	1989年12月1日
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	ベジキーパー水和剤	セントラル硝子	腐敗病, 黒腐病, 花蕾腐敗病, 黒斑細菌病	2005年8月31日
<i>Pseudomonas rhodesiae</i>	マスタピース水和剤	日本曹達	軟腐病, かいよう病, セン孔細菌病, 枝枯細菌病	2013年4月24日
<i>Erwinia carotovora</i> (非病原性)	バイオキーパー水和剤	セントラル硝子	軟腐病, かいよう病	1997年7月25日
<i>Erwinia carotovora</i> (非病原性)	日産バイオキーパー水和剤	日産化学	軟腐病, かいよう病	1997年7月25日
<i>Erwinia carotovora</i> (非病原性)	エコメイト	クマイイ化学	軟腐病, かいよう病	2006年6月7日
<i>Lactobacillus plantarum</i>	ラクトガード水和剤	Meiji Seika ファルマ(株)	軟腐病	2015年5月27日
<i>Yarrowia paradoxus</i>	フィールドキーパー水和剤	セントラル硝子(株)	根こぶ病	2008年3月19日
菌類製剤				
<i>Trichoderma atroviride</i>	エコホープ	クマイイ化学	ばか苗病, もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病, いもち病, 苗立枯病, ごま葉枯病	2003年1月28日
<i>Trichoderma atroviride</i>	エコホープドライ	クマイイ化学	ばか苗病, もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病, いもち病, 苗立枯病	2004年11月24日
<i>Trichoderma atroviride</i>	エコホープDJ	クマイイ化学	ばか苗病, もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病, 褐条病, いもち病, 苗立枯病, 紫紋羽病, 白絹病	2007年2月7日
<i>Talaromyces flavus</i>	タフバール	出光興産	うどんこ病, すずかび病, 炭疽病, 葉かび病, 灰色かび病	2007年3月7日
<i>Talaromyces flavus</i>	タフブロック	出光興産	ばか苗病, もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病, 褐条病, いもち病, 苗立枯病	2007年3月7日
<i>Talaromyces flavus</i>	タフブロック SP	出光興産	ばか苗病, もみ枯細菌病, 苗立枯細菌病, いもち病, 苗立枯病	2012年3月7日
<i>Conyophyrium minitans</i>	ミニタン WG	石原産業	菌核病, 黒腐菌核病	2007年6月6日

育段階により著しく異なるためである。また、保存安定性も低いので、購入したウイルス農薬は冷蔵庫で保存する必要がある。

我が国では、*Beauveria bassiana*, *B. brongniartii*, *Lecaniscillium muscarium* (= *Verticillium lecanii*), *Isaria fumosorosea* (= *Paecilomyces fumosoroseus*), *I. tenuipes* (= *P. tenuipes*) および *Metarhizium anisopliae* の6種類の菌類が微生物殺虫剤として農薬登録されている。昆虫病原菌類の特徴は、経皮感染することである。経口感染する昆虫病原ウイルスや細菌では、吸汁性害虫を防除することは極めて困難であるが、経皮感染する昆虫病原菌類では吸汁性害虫の防除が可能となる。ボーベリア・ブロンニアティ剤のバイオリサ・カミキリおよびボーベリア・バシアーナ水和剤のバイオリサ・マダラとボーベリアンを除いた製剤の標的昆虫は、主にコナジラミ類、アブラムシ類、アザミウマ類の吸汁性昆虫である。吸汁性害虫を標的として菌類製剤を利用する場合に最も重要なことは、散布後数日間は高湿度条件を確保することである。昆虫病原菌類の標的昆虫への感染には85%以上の湿度が必要であることから、高い防除効果を得るためには、散布を夕方に行うことが肝要である。

バイオリサ・カミキリは、*B. brongniartii* の分生子を人工的にパルプ不織布に固定したシート剤で、これまでにない新しいタイプの微生物殺虫剤である。本剤は他の微生物殺虫剤のように散布されることはなく、柑橘や桑の樹幹や枝の分岐部等に取り付けられる。シート剤に接触したカミキリムシは、1～2週間後に感染致死する。バイオリサ・マダラおよびボーベリアンはバイオリサ・カミキリと剤型が同じで、伐倒したマツ木に製剤シートを取り付けけるだけで、マツノマダラカミキリ成虫の防除が可能である。

昆虫病原性線虫製剤としては、*Steinernema carpocapsae* を製剤化したバイオセーフと *Steinernema glaseri* を製剤化したバイオトピアの2剤が農薬登録されている。両線虫は腸内に共生細菌を保持している。線虫製剤は他の微生物殺虫剤と異なり、散布後、線虫が自ら標的昆虫を探索し、標的昆虫の口、肛門、気門等から体内に侵入する。昆虫病原性線虫に侵入された標的昆虫は、通常2日程度で致死する。このことは、線虫が標的昆虫の血体腔内に侵入した際に、線虫の腸内から共生細菌が血体腔内に放出され、標的昆虫が敗血症で致死することによる。線虫製剤はかつてゴルフ場で発生する芝害虫の防除剤として広く用いられていたが、現在ではその使用量が著しく減少した。最近では、リンゴ樹体内に生息し、樹木を加害するヒメボクトウの防除にバイオセーフが利用され、優

れた防除効果が得られている。

植物ウイルスは現在、世界中で81属約900種が、我が国では54属約300種が報告されている。植物ウイルスの防除は極めて困難であるが、防除法の一つとしてウイルスの干渉現象を利用した弱毒ウイルスの利用があげられる。干渉現象とは、2種類のウイルスが同一細胞に感染した際に、一方あるいは両方のウイルスの増殖が抑制される現象で、植物ウイルスだけでなく、昆虫ウイルス、哺乳動物ウイルスでも知られている現象である。病原性が弱く、植物に悪影響の少ないウイルス(弱毒ウイルス)を作出し、このウイルスをあらかじめ作物に接種すると、その後に感染する強病原性ウイルスの増殖を阻害することができる。現在、ズッキーニ黄斑モザイクウイルス病およびトウガラシマイルドモットルウイルスによるモザイク病の発生予防剤として2種類の弱毒ウイルスが農薬登録されている。

*Bacillus subtilis* は芽胞形成細菌で、微生物殺菌剤として最も広く利用されている細菌である。本細菌を資材化した製剤は、野菜類、果樹類、花き類等に発生する灰色かび病、うどんこ病、葉かび病等の病原菌類に対して防除効果を示す。散布された *B. subtilis* は葉面に定着し、病原菌類と葉面で競合することにより防除効果を発揮する。ボトキラー水和剤は紛体のまま温室のダクト内施用が可能で、省力的な散布で、高い葉面への定着性を確保している。

同じバチルス属のバチルス・シンプレクス剤は、種子伝染性病害であるイネのみ枯細菌病、苗立枯細菌病に対して発病抑制効果を有する。種子伝染性病害の防除は、主に化学薬剤による種子消毒が行われてきたが、種子消毒に使用した化学農薬の廃液処理の問題から、微生物殺菌剤に注目が集まっている。本剤の作用機構はもみ表面における競合作用であると考えられている。

非病原性エルビニア・アトロビリデ剤は、野菜類の軟腐病とかいよう病に対して防除効果を示す。散布された本菌は葉面に定着し、競合により葉面での軟腐病とかいよう病の病原細菌の増殖を阻止する。さらに、本菌はバクテリオシンと呼ばれる抗菌物質を産生し、これが軟腐病菌に対して高い殺菌活性を示す。

シュードモナス・フルオレッセンス水和剤は細菌製剤で、レタス、キャベツ、ハクサイ等のアブラナ科野菜の腐敗病、黒腐病の防除に効果を発揮する。本剤を圃場に散布すると、葉面に本菌が定着し、腐敗病菌や黒腐病菌と葉面で競合することにより、防除効果が発揮される。

ラクトバチルス・プラントラム水和剤は野菜類の軟腐病の防除に利用され、その作用機作には、乳酸による

抗菌活性、抵抗性誘導、競合が強く関与しており、本菌の植物への高い定着性がこれら作用を発揮するうえで重要である(津田ら, 2015)。

バリオボラックス・パラドクス水和剤は、ハクサイ、キャベツ、ブロッコリーの根こぶ病の防除に利用されているが、その作用機序は拮抗作用で、本菌が作物の根面、根内に定着して根こぶ病菌の根からの感染を阻止すると考えられている。

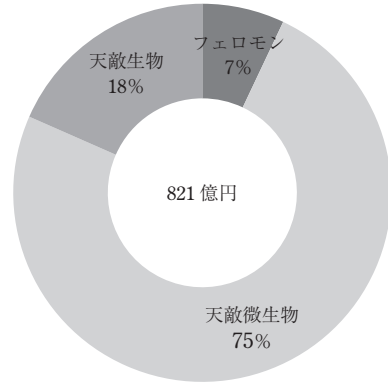
菌類を製剤化した微生物殺菌剤としては、トリコデルマ・アトロビリデ水和剤、タラロマイセス・フラバス水和剤、コニオチリウム・ミニタンス水和剤がイネ、野菜類、イチゴ等の菌類病害の防除剤として農薬登録されている。トリコデルマ・アトロビリデ水和剤、タラロマイセス・フラバス水和剤、コニオチリウム・ミニタンス水和剤の作用機序は菌寄生であると考えられている。菌寄生は標的の菌の菌糸に巻きついたり、内部に侵入して栄養を搾取し、最終的には標的菌を殺す作用のことである。

3 フェロモン製剤

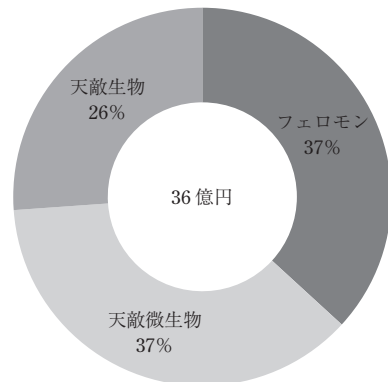
フェロモンとは、動物体内で産生された後、体外に放出して同種他個体に一定の行動を引き起こす生理活性物質で、配偶行動に関与する性フェロモン、外敵の存在を他個体に知らせる警報フェロモン、同種個体の集合を促す集合フェロモン等が知られている。害虫防除に利用されているのは性フェロモンで、その利用法として「大量誘殺法」と「交信攪乱法」がある。「大量誘殺法」は、オス成虫を大量に捕殺する方法であり、「交信攪乱法」は雌雄間の交信を大量に設置したフェロモン製剤により阻害する方法である。日本で農薬登録され、販売されているフェロモン製剤は29種類あるが、交信攪乱剤および大量誘殺剤がそれぞれ21剤および8剤である(表-10)。大量誘殺に使用されるフェロモン製剤は、フェロディンSL、ニトルアー(アメシロ)、カシナガコール、アリモドキコール、サンケイオキメラノコール、一農オキメラノコール、オキメラコン、サキメラノコールである。

4 生物防除剤の資材別販売額

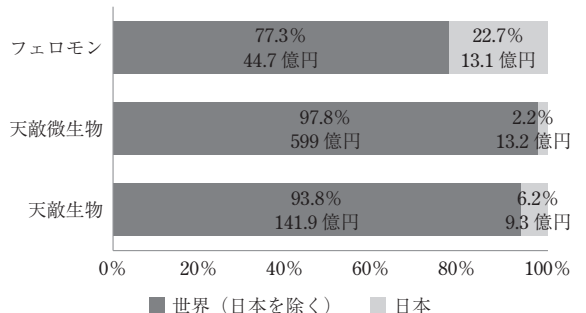
2014年の世界での生物防除剤の販売額は、821億2千万円(1ドルを105円として算出)で、612億2千万円(74.5%)は天敵微生物を資材化した微生物農薬が占め、次いで151億2千万円(18.4%)の天敵生物を資材化した生物農薬、さらに57億8千万円(7%)のフェロモン製剤が続いている(図-3a)。一方、日本での2014農業年度の生物防除剤の販売額は35億6千万円で、フェロモン、天敵微生物および天敵生物の販売総額に占める割合は、それぞれ36.8%、37.1%および26.1%と、天敵生物の販売額が若干少ないものの、ほぼ同じ割合とな



a: 生物防除剤の資材別販売割合 (世界)



b: 生物防除剤の資材別販売割合 (日本)



c: 世界の販売額に占める日本の販売額

図-3(a~c) 世界と日本における生物防除剤の資材別販売割合 図中の金額は2014年の販売額。1ドルは105円で計算した(農薬要覧およびPhillips McDougallより)。

っていて、世界での資材別販売割合と著しく異なっている(図-3b)。また、世界での販売額に対する日本での販売の割合は、フェロモンが22.7%と、天敵微生物(2.2%)および天敵生物(6.2%)の値と比較して顕著に高い数字となっている(図-3c)。このことは、我が国でのフェロモン製剤の使用が他国と比較して多いことを示

表-10 日本で農薬登録され販売されているフェロモン製剤 2016年6月8日現在

薬剤名	適用害虫	登録会社	登録年月日
コナガコン	コナガ, オオタバコガ	サンケイ化学	2010年8月4日
コナガコン-プラス	コナガ, オオタバコガ, ヨトウガ	信越化学	2010年8月4日
信越コナガコン	コナガ	信越化学	2010年8月4日
コンフューザー AA	キンモンホソガ, ナシヒメシンクイ, リンゴコカクモンハマキ, リンゴモンハマキ, モモシンクイガ, ミダレカクモンハマキ	信越化学	2012年7月11日
コンフューザー-G	シバツトガ, スジキリヨトウ	信越化学	1993年9月30日
コンフューザー MM	ナシヒメシンクイ, リンゴコカクモンハマキ, モモハモグリガ, モモシンクイガ, チャノコカクモンハマキ	信越化学	2012年3月7日
コンフューザー N	モモシンクイガ, チャハマキ, チャノコカクモンハマキ, リンゴコカクモンハマキ, リンゴモンハマキ, ナシヒメシンクイ, スモモヒメシンクイ	信越化学	2011年8月24日
コンフューザー R	モモシンクイガ, ナシヒメシンクイ, リンゴコカクモンハマキ, ミダレカクモンハマキ, リンゴモンハマキ	信越化学	2011年7月20日
コンフューザー V	コナガ, オオタバコガ, ハスモンヨトウ, タマナギンウワバ, イラクサギンウワバ, ヨトウガ	信越化学	2012年5月16日
シンクイコン	モモシンクイガ	信越化学	1985年7月4日
スカシバコン L	キクビスカシバ, ヒメコスカシバ, コスカシバ	信越化学	2012年3月21日
ハマキコン-N	リンゴコカクモンハマキ, リンゴモンハマキ, ミダレカクモンハマキ, チャハマキ, チャノコカクモンハマキ	信越化学	2009年5月27日
フェロディン SL	ハスモンヨトウ	住友化学	1977年5月30日
ヨトウコン-I	イネヨトウ	信越化学	2012年11月21日
ヨトウコン-H	ハスモンヨトウ	信越化学	1996年7月22日
ヨトウコン-S	シロイチモジヨトウ	信越化学	1990年7月4日
ラブストップヒメシン	ナシヒメシンクイ	サンケイ化学	2009年5月13日
ハタムシコン	カキノハタムシ	信越化学	2013年12月4日
ナシヒメコン	ナシヒメシンクイ, スモモヒメシンクイ	信越化学	2010年8月25日
ボクトウコン-H	ヒメボクトウ	信越化学	2015年3月4日
ニトルアー (アメシロ)	アメリカシロヒトリ	出光興産	2001年6月11日
カシナガコール	カシノナガキクイムシ	サンケイ化学	2012年3月21日
アリモドキコール	アリモドキゾウムシ	サンケイ化学	1991年12月25日
サンケイオキメラノコール	オキナワカンシャクシコメツキ	サンケイ化学	1989年2月1日
一農オキメラノコール	オキナワカンシャクシコメツキ	第一農薬	1989年2月1日
オキメラコン	オキナワカンシャクシコメツキ	信越化学	2008年6月25日
サキメラノコール	サキシマカンシャクシコメツキ	サンケイ化学	2008年11月19日
ノシメシャット	ノシメマダラメイガ	信越化学	2014年4月9日
パナライン	ノシメマダラメイガ	国際衛生	2014年4月9日



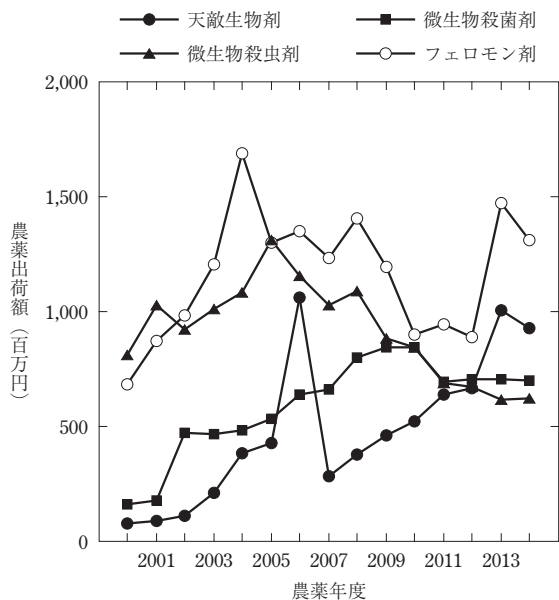


図-4 日本における生物防除剤の出荷額の年変動

している。

日本での2014農薬年度における各生物防除剤の出荷額は、天敵生物剤、微生物殺虫剤、微生物殺菌剤およびフェロモン剤でそれぞれ9億3千万円、6億2千万円、7億円および13億1千万円で、出荷総額は35億6千万円である。過去5年間の出荷額の推移をみると、天敵生物剤とフェロモン剤が上昇しているのに対して、微生物殺虫剤は減少、微生物殺菌剤は横ばいとなっている(図-4)。

## おわりに

我が国における生物防除剤の普及・啓発活動は、これまで日本バイオリジカルコントロール協議会(1997年設立)と日本微生物防除剤協議会(2006年設立)の2団体が担ってきた。日本バイオリジカルコントロール協

議会は、主に天敵生物剤とフェロモン剤の技術開発および普及啓発を行い、日本微生物防除剤協議会は、微生物殺虫剤と微生物殺菌剤の普及促進を目指して活動を展開してきた。

両協議会は本年4月1日、我が国における生物防除に関する技術開発および普及のさらなる推進を目的に統合し、新たな組織である「日本生物防除協議会(Japan BioControl Association: JBCA)」として正式発足した。現状、我が国における生物防除剤の利用は限定的であり、生物防除剤の出荷額は、全殺虫剤と殺菌剤の出荷額(2,343億円, 2014農薬年度)のわずか1.5%に過ぎない。前述したように今後のIPMは、生物防除剤を病害虫防除の最終手段とするBiointensive IPMに移行することが求められており、生物防除剤のさらなる普及の推進が必要である。日本生物防除協議会は、アリスライフサイエンス(株)、出光興産(株)、(株)エス・ディー・エスバイオテック、協友アグリ(株)、信越化学工業(株)、住友化学(株)、セントラス硝子(株)の7社を正会員としてスタートしたが、今後は生物防除剤を製造、販売している会社の参加を促進し、オールジャパン体制を構築して、生物防除剤の普及推進を図っていく必要がある。我が国での生物防除剤のさらなる利用推進の進展に期待したい。

## 引用文献

- 1) 有江 力・国見裕久(2010): BIO INDUSTRY 27: 7~17.
- 2) DUFOR, R. (2001): Biointensive integrated pest management. <http://www.slideshare.net/ElisaMendelsohn/biointensive-integrated-pest-management>
- 3) GWYNN, R. L. (2014): The Manual of Biocontrol Agents, BCPC, Hampshire, UK, 278 pp.
- 4) 巖 俊一・桐谷圭治(1973): 害虫の総合防除とは 総合防除(深谷昌次・桐谷圭治編), 講談社, 東京, p.29~38.
- 5) KABALUK, J. T. et al. (2010): The Use and Regulation of Microbial Pesticides in Representative Jurisdictions Worldwide, International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, 99 pp.
- 6) 国見裕久(2013): 技術と普及 50: 28~32.
- 7) 津田和久ら(2015): 日本農薬学会誌 40: 12~16.