

Kontyû, 35 (3) : 278-289. 1967

天敵昆虫の研究動向と今後の問題

鳥居 酉蔵
九州大学農学部

Trends in studies on insect natural enemies and the
future problems concerned

By Torizo Torii

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka

はじめに

天敵昆虫の研究は大別して、純生物学的研究と、応用昆虫学的研究の二つに分けられる。しかし、この標題は、本誌 50 周年記念号の企画の幾つかのグループ別けの中では、「応用昆虫学」の仲間にはいつている。恐らく企画者の意図は、第 2 の分野すなわち生物的防除の研究にあると思われるので、その線に沿って述べる。

I. 歴史的背景

天敵昆虫を農作害虫の駆除に利用しようとした着想はかなり昔からあつたようである。こうした歴史的発展については、既刊の優れた書物を参照されたい。渡辺³⁶⁾ や深谷⁴⁾ の先駆的著作や新しい天敵学の方向を啓示した安松^{39,45)} の著書、Sweetman³²⁾ や最近の De Bach³⁾ の大冊、Imms⁷⁾ の古典 (第 14 章) などがそれである。なお、天敵昆虫類の個別的解説書としては有名な Clausen²⁾ や Swan³¹⁾ の近著などがある。また日本での天敵利用の歴史は石井^{9,10,11)} や安松⁴⁰⁾ などの報文に詳しい。

一般的にいつて、天敵昆虫の利用は、まず昆虫学と農業の進歩に伴つて開発され、次いで昆虫生態学特に Population ecology ないし Population dynamics の進展とともに、科学的に深く研究されるようになった。すなわち、素朴に目にはいり易い捕食性昆虫がまず注目され、次に昆虫学的知識の進歩につれて寄生昆虫がとりあげられた。

農業がその規模を拡大し近代産業の基盤的存在となるにつれて、天敵の効率的利用に要する理論が Population ecology の成果に求められ、更に後者の研究を刺激するというように、相互の循環体系が形成されるに至つた。イセリヤカイガラムシのすばらしい制圧効果で一躍名声を博したベダリヤテントウは、天敵利用の歴史では、最初の最も画期的成功例であるが、それ以前に既に捕食虫の素朴な開眼があつた訳で、これは、いわば、歴史的発展過程の中では回帰的発見ともいふべきものである。

世界的にみて、天敵の積極的利用の歴史は 70 年余にしかならない。この間に幾度か盛衰があつたが、原因の一つは国際的な戦争にあつた。天敵利用の成果が挙つたのは、主として移入害虫の原産地で有力天敵を探索導入するという国際的協力を前提としてきたから

第1表. 日本における天敵昆虫研究の年代別統計.

年 代	分類形態学的研究		応用昆虫学的研究	
	論文数	百分率	論文数	百分率
1880—1900	16	1.5	11	2.2
1901—1920	96	9.2	46	9.5
1921—1940	378	36.2	126	25.9
1941—1959	417	39.9	159	30.9
1960—	138	13.2	153	31.5
合 計	1045	100.0	486	100.0

〔註〕分類形態学的研究は、1963年まで、(引用文献(46)); 応用昆虫学的研究は1959年までは引用文献(25)、それ以後1966年までは手持文献による。

である。70年といえば、本会創立前20年に遡る。この期間の日本での天敵昆虫研究の傾向を、年代別統計によつて分析してみると(第1表)、まず純生物学的研究も応用昆虫学的研究も共に1920年以降急激にその数を増している。これは昆虫学を含めた自然科学一般の急速な発展と一致する。太平洋戦争の前後で分けると、終戦後(1945年以後)に天敵昆虫の分類形態学的研究は、全体の約58.4%に、またその応用昆虫学的研究は同じく約60.1%に達し、共に最近20年に著しく増大している。この傾向は、戦後の有機合成剤の頻用によつて起つた農薬禍に対する反省の表われでもある。汎毒性有機殺虫剤の頻用が圃場の生態系を乱し、そのNatural balanceを破壊して既存のNatural controlを無力化することは今日の常識となつた。これはひとり日本だけのことではない。有名なR. Carsonの好著(1962) *Silent spring* (368 pp.) や、R. L. Rudd著(1964) *Pesticides and living landscape* (320 pp.) などに見るように、米・加でも事情は変わらない。農薬禍が今日の天敵研究の隆盛をもたらしたという逆説も成りたとう。

もう一つの傾向は、天敵昆虫の純生物学的研究がその数において、その応用昆虫学的研究の約2倍以上を占めることである。これは年代別にみても変りない。まさに応用的研究は基礎的研究の充実をまつてはじめて健全な発展をとげるといふ自然科学の一般原則に添うものである。DeBach³⁾も指摘するように、生物的防除は応用生態学であるが、その発展は充実した純生物学や純生態学の基盤の上のみ期待されるのであつて、日本の天敵昆虫の研究は、まさに正しい方向に向つている。天敵昆虫の分類形態学的研究の最初のものは、1892年名和靖の「カとカマキリ」(動雑第4巻)に、その応用昆虫学的研究は、同年同氏の「カミキリムシの寄生蜂についての実験」(日本蚕業雑誌第46号)にはじまる。日本の天敵昆虫の研究が、民間の昆虫学者によつて先鞭をつけられたことは特記すべきことであろう。

現在日本の天敵昆虫研究は純生物学的研究を基盤としその上に生物的防除という応用面の研究が、天敵利用の新しい概念(農薬とのIntegration, 安松の提唱する生物農薬の利用)に沿つて進められている。従来純生物学的研究では、北大農と九大農の両昆虫学教室が、また天敵昆虫の実験集団生態学的研究では京大農の昆虫学研究室が、更に生物的防除

の研究では九大農の昆虫学教室がそれぞれ指導的役割を果たしてきた。これらに応じて、各地の大学および国や県の研究機関や農試などの昆虫関係部局がそれぞれ独自の研究を進めてきた。昨年からは、日本唯一つの九大農生防研に新たに天敵増殖学部門が増設され、有効天敵の量産、放飼、農薬との *Integration* など、圃場での天敵の保護増殖に関するいつさの科学的研究が緒についた。天敵関係の学者研究者の多年の要望がやつと実現した訳で今後なお増強される見込みである。

II. 天敵昆虫導入の成功例

天敵利用の価値を一般に強く認識させたのは、濠洲から北米南加州に導入された有名なベダリヤテントウであつて、その後世界各地に導入されて大成功を記録した³⁾。日本でも1909年素木得一によつてハワイから台湾に、次いで2年後静岡県に導入放飼され大成功を収めた。これらを契機として、世界的に有力天敵の探査導入の気運が高まつたが、一方では、天敵は導入天敵に限るといふ行き過ぎと過信もおき、後年幾多の導入失敗例をみて天敵無効論が一時的に風びするというおまけまでついた。日本に導入されて大成功を収めた他の例としては、ミカントゲコナジラミに対してシルベストリコバチ (1925年イタリーの *Silvestri* が中国の広東郊外で採集し、同氏と石井悌が長崎県の蜜柑園に放飼)、リンゴワタムシに対しワタムシヤドリバチ (1931年上遠章により北米オレゴン州から青森県に導入定着、1925, '26の導入は失敗) がある。これらの例はいずれも導入後完全に定着し、数十年たつた今日なお偉大な制圧力を維持していて、最も理想的な天敵像を表徴する。またかつての日本委任統治圏でも同様な例がある。サトウキビの大害虫マリアナスジコガネに対してヒメハラナガツチバチ (1940年小西甚七がフィリピンからサイパン島に導入)、ココヤシの害虫トビロヒラタハムシに対してヒラタハムシヤドリヒメコバチ (1948年加州大の *Doutt* らによりマラヤ、ジャワからサイパンなどの太平洋諸島に導入) がそれである。余り知られていないが、これらの導入には日本の学者が直接ないし間接に (後例では安松がその可能性を戦前に指摘) 関係したのものとして長く記録されるべきである。

III. 日本から移植された天敵昆虫

日本から米国に導入移植された天敵昆虫の種類は決して少くない。その中定着して相当の防除効果を示したものは、10種の害虫に対して14種に達する (第2表)。これらの害虫中周知のマメコガネ以外は必ずしも日本だけから導入されたとは限らず、北米在来種や他国からの導入種もあろう。これらの天敵昆虫が気候風土のかなり違う北米各地で相当の防除効果をあげていることは、原産地の日本としては在来天敵保護の見地から考えてみる必要がある。彼の地でも、DDTなどの有機殺虫剤の登場とともに次第に制圧力が低下しているという。

カナダその他にも最近移植を進めている。筆者は、1960~64年にかけて英連邦生物的防除研究所 (CIBC) の依頼を受けて、同所欧州支所の *Pschorn-Walcher, Eichhorn* らと森林害虫の天敵昆虫を本州中部山地で探査採集し、バルビルのカナダ国立天敵研究所に多

第2表. 日本から米国に移出して定着した天敵昆虫.

害虫名	移出天敵名	年代	防除効果	出典
<i>Aonidiella citrina</i> キマルカイガラムシ	<i>Comperiella bifasciata</i> フタスジコバチ	1916-17 1922-24	定着 S	Clausen, 1956 DeBach, 1964
<i>Chilo suppressalis</i> ニカメイガ	<i>Trichogramma japonicum</i> ズイムシアカタマゴバチ	1928	定着 P	DeBach, 1964
<i>Cnidocampa flavescens</i> イラガ	<i>Chaetexorista javana</i>	1929-30	定着 S	Clausen, 1956 DeBach, 1964
<i>Gilpinia</i> (=Diprion) <i>hercyniae</i> トウヒノハバチ 1種	<i>Exenterus vellicatus</i> コシブトヒメバチ 1種	1934-39	定着 S	DeBach, 1964
<i>Grapholitha molesta</i> ナシヒメシンクイ	<i>Agathis diversa</i> コマユバチ 1種	1933-36	定着 P	Swan, 1964
<i>Popillia japonica</i> マメコガネ	<i>Hyperecteina aldrichi</i> 寄生蠅 1種	1920-24 1929-39 1933	定着 P	Clausen, 1956
	<i>Tiphia popillivora</i> マメコガネコツチバチ	1920-22	定着 S	"
	<i>Tiphia vernalis</i> コツチバチ 1種	1924-33	定着 P	Clausen, 1956 DeBach, 1964
<i>Porthetria dispar</i> マイマイガ	<i>Ooencyrtus kuvanai</i> ブランコルリタマゴバチ	1906-11 1924-33	定着 P	Clausen, 1956
<i>Pseudococcus citriculus</i> ミカンヒメコナカイガラ ムシ	<i>Clausenia purpurea</i> ルリコナカイガラヤドリバ チ	1939	定着 C	DeBach, 1964
<i>Pseudococcus comstocki</i> クワコナカイガラムシ	<i>Allotropa burrelli</i> コナカイガラヤドリクロバ チ	1939-41	定着 C	Clausen, 1956 Swan, 1964
	<i>Pseudaphycus malinus</i> クワコナカイガラヤドリバ チ	1941	定着 C	DeBach, 1964
<i>Pyrausta</i> (=Ostrinia) <i>nubilalis</i> アワノメイガ	<i>Lydella stabulans</i> <i>griseocens</i>	1929-36	定着 P	Clausen, 1956 DeBach, 1964
	<i>Macrocentrus gifuensis</i> ヒゲナガヤドリバチ	1928-32	定着 P	"

〔註〕防除効果はC：完全；S：実質的成功；P：部分的成功を示す。

出典：Clausen, 1956 は引用文献 1；DeBach, 1964 は引用文献 3；Swan, 1964は引用文献 31.

数送つた。

アカマツの大害虫マツノキハバチの幼虫寄生昆虫としては 3属 4種 (1961), 5属 7種 (1962), 10属 11種 (1963年, 内新種 1), マツノクロホシハバチの幼虫寄生種として 1属 2種 (1962年), カラマツの大害虫カラマツアカハバチの幼虫寄生種として 8属 10種 (1963年, 内新種 6), 総計 17属 27種に及び, 既知の寄生蠅 3種の外はすべて寄生蜂であり新種 7種を含む。これらがカナダの森林害虫にいかん防除効果を発揮するかは今後の結果をまたねばならないが, 日本の重要森林害虫の天敵昆虫が在来種としてかなり豊富にいること

を知る。これら害虫の発生は年次的にも地域的にもかなり著しい消長を示すので、これら各種の天敵昆虫が生物的環境抵抗として重要な役割を演じていることは疑いない。

九大農学部安松教室では、ここ数年ニカメイチュウの天敵昆虫を中心に海外探査ならびに導入移出に大活躍をしている。安松教授を中心に各教室員が1963~1966年間に天敵探査に海外出張した回数は合計7回に及び、探索地域はパキスタン、インド、タイ、フィリピン、ホンコン、マレーシア、オーストラリア、台湾の8カ国にそれぞれ1~2、3回に及んでいる。いずれも日米科学協力研究の一環として行なわれたものだが、採集品は1部生品として持帰り飼育されて生態研究に供された。また螟虫類の寄生蜂として *Bracon chinensis* と *Apanteles flavipes* がそれぞれ1965~1966年にCIBCのインド支所から導入され、生態研究にあてられた。移出した種類も少くない。キイロテントウムシダマシ(1965~66)、虫媒寄生線虫DD-136(1965)は共にCIBCのインド支所に送られた。後者は1958年発見者のDutkyから安松がはじめて日本に導入し、以来今日まで飼育しつづけたものである。なお筆者も1965年ベルビルのカナダ国立天敵研究所のWelchから供与を受け、また今年4月Dutkyの来福を機に同氏の生標品を多数供与された。安松教授と共同で鱗翅目害虫の生物的防除に利用の道を開こうとしている。*Apanteles chilonis*もCIBCのインド支所(1965~66)とパキスタン支所(1966)にそれぞれ送付された。ハワイの州立農務局には、アフリカオオマイマイの防除にマイマイカブリを1958年に送つたが定着しなかつた。同じく昨年秋にはカタツムリの防除に福岡産ヒゲナガヤチバエの卵塊と成虫を送つたが放飼についての報告はまだない。

いずれにせよ、国際関係の近密化と、航空機の発達は、天敵交流の簡易化をうながし、生物的防除の前途に明るい光明を与えようとしている。

IV. 在来天敵の利用

1. 日本での成功例

在来天敵の利用は、自国の天然資源の開発にはかならない。そのすばらしい成功例は、日本で安松ら⁴¹⁾によつて打ち立てられた。それは柑橘の大害虫ルビーロウムシを土産のルビーアカヤドリコバチでみごと完全に防除したものである。はじめ九大農学部構内の一月桂樹に寄生するルビーロウムシから発見されたこの天敵コバチは翌1947年の調査で、九州各地の柑橘園で相当高い寄生率を示し、ルビーロウムシの制圧に大いに貢献していることが判つた。その後数年の研究の結果、この天敵コバチは、九州地方に從來から他のカイガラムシ類に寄生していたアカヤドリコバチの突然変異種として第二次世界大戦の開戦前後に新たに発生した新品種らしいと判断された。これを本州四国の各柑橘園にいわゆる地域間移植をして大成功を収めたのである。生態の詳細は安松の一連の研究^{37,38)}で解明された。なお、ルビーアカヤドリコバチは生物農薬第1号として指定された。この大成功を通じて教訓的なことは、近縁種間にも天敵としての制圧力に著しい相異があることである。ここに在来天敵利用の理想的最善の姿をみ、併せて基礎的な生物学的研究の重要性を痛感する。このような観点についてはDeBach³⁾も指摘している。加州のアカマルカイガラム

シの寄生天敵は、当時東洋その他に産する *Aphytis* 属のただ1種だけと認められていて、加州にもたまたま定着していた。実際はしかし、違つた生態種が少くも7種いて、それらは全く加州には生存しなかつたのである。そこで1957年にこれら生態種の中5種の有望種を導入したところ大いに防除効果を発揮したのであるが、もしこのような分類学的研究がなかつたなら、定着種以外はこの世に生存しないとして有望な生態種の導入を怠つたのであろうというのである。

在来天敵を地域間移植によつて成功裡に利用した例は、米国でも2, 3見出される³⁾。在来天敵の利用については、従来悲観的意見が多かつた。しかし、今日世界的になつた農業禍の主張は、実是在来天敵の制圧効果を前提とした上でないと矛盾する。まことに皮肉なものである。

2. 日本での生態学的研究

圃場という生態系での害虫に関する寄主-寄食者間の動態は集団生態学の好いテーマであり、その解明は天敵利用の科学的根拠となる。このような研究では野外観察や室内実験の帰納的推論に加えて演繹的理論が十分駆使されねばならない。日本の近年の研究はこの線に沿つている。内田^{34,35)}の多年にわたる一連の実験個体群の解析的研究は内外で高く評価されてい、この方面の先駆的業績である。寄主のアヅキゾウムシと寄生蜂ゾウムシコガネコバチその他の有力天敵蜂との間の寄主-寄生蜂関係の解析結果は閉鎖系のみならず開放系の野外の集団現象の理解にも役立つ。小林²⁰⁾の研究は、ニカメイガ第1世代幼虫の防除に使う農薬がウンカ・ヨコバイ類の捕食者(クモ類)や卵寄生蜂などの生物的環境抵抗を減殺して、かえつてこれら害虫の増加を招くことを圃場段階で実証的に解明したもので、在来天敵の潜在的役割を深く認識させるのに役立つ。福島⁹⁾の10年余にわたるリンゴ園での昆虫相の一連の精力的な動態研究もまた在来天敵の重要性を立証する多数の資料を含んでいる。ミナミアオカメムシとその在来寄生天敵の研究も桐谷や法橋¹⁹⁾らの精力的献身によつて開花結実したものである。特にミナミアオカメムシの生命表研究は、日本の天敵研究に従来欠けていた一面を補い新風を送り込んだ。伊藤¹³⁾、宮下²¹⁾、大竹²⁶⁾らの各種アブラムシ集団の動態研究は、アブラムシ類に寄生する多数種の天敵群とその寄主との相互関係を解明する上で重要な手がかりとなる。事実大竹の研究はアブラムシの天敵一般の機能を統一的に捉えようとする新しい試みを含んでいる。伊藤¹²⁾は世界各国の16種の完全変態類の生存曲線を解析して、老熟幼虫から蛹にかけての死亡要因は主として寄生昆虫と寄生菌であることを指摘した。最近、金光¹⁸⁾はマツノシンクイムシ類とその寄生蜂につき、クロマツの林分で詳細な調査をし、寄主-寄生者関係を明らかにし、困難な森林害虫の生命表研究を成しとげた。村上²³⁾は、ここ数年リンゴの害虫オオワタコナカイガラムシの天敵相を解析し、多数種の天敵間の相互関係を解明した。ニカメイガの有力卵寄生蜂ズイムシアカタマゴバチやズイムシクロタマゴバチの相互関係を圃場段階で究明した大竹²⁷⁾の業績はこの分野での先駆的成果である。また宮下²²⁾は、日本各地の農試資料を整理しニカメイガの動態を解析したが、その中で卵寄生蜂や幼虫寄生蜂がニカメイチュウの大発生を抑圧に重要な役割を果していることを結論した。日高⁶⁾は、最近東北地方の水稲害虫につき天敵昆虫相

の詳細な研究を公表した。これらの動態研究は、日本の天敵研究に *Population dynamics* の手法を導入して成果を挙げたものが多く、直接間接に在来天敵の重要性を開眼させるに貢献した。これらはまた、これからの日本の天敵研究の方向を示すものである。一方、ズイムシアカタマゴバチやキイロタマゴバチなどの寄生相に関する弥富¹⁴⁾の一連の数理的解析は、基礎的にも応用的にも誠に興味深く当時の天敵研究の1つの方向を示すものである。なお湯浅・江崎(1934)がきめた昆虫寄生相に関する術語の統一と定義は、用語上の混乱を防いで天敵学の分野でも貴重な役割を果している。

在来天敵はただ1種だけで決定的防除効果を挙げるとは限らない。むしろ多数種の寄生ないし捕食が積算されて奏効する場合が多い。筆者³³⁾はその好例をクリタマバチ天敵蜂群の働きに見出した。この際各種天敵蜂の世代数と *Foster host* の種類数と量などが重要なきめ手となる。筆者は放射性 P^{32} を羽化天敵蜂の給餌(蜂蜜)に加えて標識産下卵を追跡子として、これらの関係を追究し、単独では低い寄生率の天敵蜂でも数種が働きあえば大きな生物的環境抵抗となることを立証した。

V. 天敵昆虫の大量増殖

天敵利用の最も積極的部面の一つに人力による天敵の大量増殖と放飼がある。日本には幾つかの先駆的業績がある。それはまず、ニカメイガの卵寄生蜂ズイムシキイロタマゴバチの人工増殖にはじまる。本種は石井悌(1929)によつて比国から導入され、その大量増殖は当時の静岡県農試の幅野三津平²⁹⁾によつて、コナマダラメイガ卵を代用寄主としてはじめて確立されたもので、まさに画期的成功である。しかし数年の放飼試験の後おしくも中止された。在来種ズイムシアカタマゴバチに比べ著しく寄生率が低いという理由による。今日のように生物農薬の利用が芽生えていず、定着による永久的効果を目指していたからである。弥富¹⁷⁾のズイムシアカタマゴバチの量産放飼も同じ代用寄主卵によつた。試験結果は統計的手法を駆使して解析され詳細をきわめたものであるが放飼はやはり中止された。理由は放飼効果は放飼期間中に止まり持続的でなく世代を重ねるにつれて漸減するし、過寄生による障害もあつて成功の見込みがないというのにある。その高い寄生率からみて今後生物農薬の見地から再検討する必要がある。園試の村上²⁴⁾は、最近クワコナカイガラムシの有力天敵クワコナカイガラヤドリバチの有効性を実験的に立証し、更に大量増殖と放飼方式を確立して生物農薬としてはじめて商業的ベースにデビューさせるまでにした。具体化は武田薬品 K.K. の守本陸也ら(1964, 65)により実現され、目下各地の試験場で試験中である。この事実は昨年太平洋学術会議で発表された。

上記の天敵量産成功の蔭には、寄主あるいは代用寄主の人工増殖の成功が先行した。コナマダラメイガ卵の利用には増産の容易なコナマダラメイガがあり、クワコナカイガラムシの場合は、各種のカボチャ、馬鈴薯の芽出し(田中, 牧野(1965); 梶田(1965))などの餌料の開発があつた。こうしたことは必充先決条件である。幸いに近年、日本では石井・平野⁸⁾の一連のニカメイチュウの栄養生理学的研究とこれに基づく人工飼料による無菌飼育の成功をはじめとして、諸外国でも各種昆虫の人工飼育法が開発されてきたので、天敵

の大量増殖—生物農薬化の前途は明るい。事実園試久留米支場では、最新式規模で各種柑橘害虫の天敵昆虫の量産と意欲的に取り組んでいる。

VI. 天敵と農薬の Integration

天敵と農薬とを互に干渉しないよううまく組み合わせる方法は、1943年以來カナダのノバ・スコシアのリンゴ園で Pickett ら²⁸⁾ によつて組織的に研究実施されてきた。その害虫防除の要点は、天敵を主とし農薬は補助的手段としてただ虫害が経済的水準以上になつたときだけ用いるというものである。殺虫剤としてはなるべく選択性のものを用い、害虫の根絶を決して必充条件としない点が特長である。これに対し、今日では汎毒性殺虫剤も、寄主—寄食者間の相互関係を集団生態学的に究明することによつて、實質的に選択性化する散布法が諸国で開発され、統合的防除の適用性を著しく高めた。

日本にはこの線に沿つた成功例が三つある。その最初の例は安松ら^{42,43)} によるもので、柑橘害虫のミカンバエを十分制圧し、カイガラムシなどの天敵を殺す危険のない選択性殺虫剤として、独特の、しかも安価なもの（吐酒石、白砂糖および水の混合液）を開発して達成された。その成果は3カ年でミカンバエを園から完全駆逐し、潜在害虫の顕陽化も全く見なかつたというみごとなものである。第2の例は、スギタマバエの重要天敵スギタマヤドリヒメバチと BHC の調和的利用である。前者の発生期に林地の地面に BHC を散布して羽化個体を制圧しておけば、後者には薬害を及ぼさずその寄生力を十分活用できるというもので、安松と熊本営林局の吉井の共同研究⁴⁴⁾ による。第3の例は筆者³³⁾ がクリタマバチの防除に見出した方法で、やはり安松の指導の下で行なわれた。クリタマバチの有力天敵蜂群は大部分寄主より一週間以上早く羽化を終り虫えいを脱出して他の虫えいや新芽に産卵するが、この時期には寄主の羽化は開始初期なので、この時期をねらつて γ BEC を散布するという仕組みである。これで天敵蜂群は安全に保護され、クリタマバチ防除に天敵と殺虫剤がうまく組み合わせられ、使用薬剤量もずつと軽減される。第2、第3の例は、汎毒性殺虫剤 BHC を使い方で選択性化した例で、その成功因は、寄主—寄生者の生態的關係の解明にある。同様な先駆的成功例は Steiner (1938) のリンゴヒメヨコバイの生態的防除に見られる。また加州のアルファルファノアブラムシの防除は、選択的浸透殺虫剤を天敵利用と調和させた有名な例である。Stern et al. (1959, Hilgardia, 29(2)) は、このアブラムシが大発生のおきしある時だけシストックスを年1回散布し、あとは3種の導入アブラバチの放飼にまかせた。なお日本にはじめて浸透殺虫剤—アンハイドライド $C_8H_{24}O_3N_4P_2$ —をアブラムシ駆除のため導入したのは安松 (1950, 農芸西日本, 14) であるが余り知られていない。統合的防除の他の外国例として、オランダの Bravenboer (1959) の研究がある。温室の害虫ナミハダニのため年一回だけ選択性殺蟬剤を使い他はすべて微小捕食甲虫 *Stethorus punctillum* と *Typhlodromus longipilus* の活動にまかせるものである。

天敵と殺虫剤の Integration に関する最近の成功例は、内外を問わず、くしくも皆 1959 年に発表された。これは単に偶然の一致ではなく天敵利用の最近の傾向を示すものではなからうか。

VII. 生態学的基本理論

内外を問わず、生物的防除の研究は応用生態学として Population ecology の進展と深い関連をもっている。この見地から諸外国の研究動向を追ってみよう。生物的防除法の可能性を見出したのは Charles Darwin の父 Erasmus Darwin (1800) といわれるが、C. Darwin はその「生存競争」の概念の中で、Natural control の事実をはじめ科学的に表現した人といわれる。実はこの考も、19世紀末に発表された Malthus の人口論に刺激されて生まれたもので (1938), Malthus 流の表現に従ったものという³⁾。近代の生物的防除の理論は、異種間の集団現象に立脚している。これに刺激を与えたものは 1838 年当時人口増殖の logistcity を数学的に表現した Verhulst であり、後にそれを扱い易い数学形式にした Raymond Pearl (1920) の影響も大きい。この頃から Natural balance という考えが生物の集団現象について芽生えてきたという、集団増殖の Logisticity にもとづいて Lotka (1925) や Volterra (1928) は食うものと食われるものの関係を微分方程式としてモデル化した。これを解いて種間競争の数学的モデルを導いたのが Gause (1935) であり、Gause の法則として、寄主-寄食者間の相互関係の解析に屢々使われている。これらの式とは別に、Nicholson 及び Bailey (1935) は昆虫類の寄主と寄生者間の密度交互作用の理論式を導いた。これらと、自然界の食物連鎖の関係を明らかにした Elton (1927) の動物生態学の概念とは共に今日まで天敵研究の一つの理論的根拠となつている。動物の自然集団の密度変動を支配する要因についての論拠も天敵研究の重要課題である。気候要因を重視する Bodenheimer (1930) や、生物的要因特に種内競争や密度依存的に働く天敵の役割を重視する Nicholson (1933, '54), これらの制限要因のいずれも認めながらそれらの相対的關係を重視する Solomon (1949, '52, '57) など、更に天敵類や競争種の動態に不完全密度依存要因説を導入し、好適気候条件に大発生要因を求めた Milne (1957) の学説、あるいは寄生虫や食肉動物の作用に遅滞密度依存説を主張する Varley (1947, '53) の学説など、いずれも応用天敵学者の理論構成に大きな影響を与えてきた。天敵の有効性について打ちたたてた Clausen (1951) の時間要因説は種々の反響を生んだが、これは導入天敵だけに關する帰納的経験論である。これを批判した Thompson (1951) の学説は数理的推論に基づき、Sellars (1953) のそれは天敵の分散と安定分布に基づく演繹的推論である。これらについては今日なお議論の分れる所である。Flanders (1950) の寄生昆虫の産卵の調節と吸収に關する学説は、天敵利用にあつて是非検討しておかねばならない要点を示す。最近のものとしては、捕食虫と餌動物との關係について、機能的反応と数量的反応を唱える Holling (1959, '65, '66) の学説が目される。古くてなお重要な概念は、天敵効果に關する Fiske (1910) の連続説や、経験的に帰納された島嶼説や生態的島嶼説などがある。後者についてはアフリカ大陸でユーカリ樹の加害甲虫を濠洲産導入寄生虫で防除した Tooke (1955) の成功例 (50年を要した!) によつて有力な反証があげられている。

これらの世界的傾向は、今日まで直接間接に日本の応用天敵学の発展に色々の影響を与えてきたが、今後なお有力な指導概念となるであろう (文献省略)。

VIII. 今後の問題

先日九大生防研が中心となつて微生物的防除の日米セミナーが福岡で盛大に行なわれたが、結論的に次の3点が強調された。それは、基礎的研究と応用的研究の併行的振興、農薬と天敵の *Integration*、および天敵教育の徹底であつた。このことは天敵研究一般に通ずる。今日天敵利用の一つの方向は農薬との *Integration* であるが、これに関して比較的軽視されているのは農薬が天敵に直接与える悪影響の実証的研究である。先年「植防」で農薬による生物相の変動に関する特集号(1964)が刊行されて、この種の問題の現況がかなり明らかにされた。今後更に資料の蓄積が必要であろう。天敵の生物農薬の利用を開発するには、天敵の大量増殖の確立と、圃場や林分の生態系の集団生態学的解明とが併行して実現されねばならない。前者については、*Foster host* や *Inbreeding* の問題、保存と適時適量放飼の技術的開発、昆虫の栄養生理や人工飼料の開拓、天敵の分散と安定分布、寄主発見能力の評価、放飼効果の促進策とその評価法など難問が山積している。これらは基礎的な生理生態の問題であると同時にきわめて技術的な部面を含んでいる。多くの人材なくしてはとうてい解決されまい。

イネや柑橘害虫の天敵は、その原産地や近縁種の産地で有力種が発見される可能性が強い。また農薬の洗礼を受けない地域では、農薬散布地帯で消失した有力天敵が再発見される見込みもある。この意味で中国や東南アジア各地で安心して天敵探査ができるようになってほしい。

特定の害虫に親和性の強い *Strain*、特有の気候風土に適応力の強い *Strain* など天敵昆虫の育種遺伝学的開発も今後の問題である。

広い水田、圃場、林分などの生態系の調査は迅速確実でないと労多くして効は少ない。調査の機動性と確実性を充すレントゲン車のような調査車を常備することは専門研究機関には是非望ましいことである。

謝辞 原稿御閲読と御高教頂いた九大農学部昆虫学教室の安松京三教授、ハワイ、インドなどとの天敵交流について資料を提供された同教室矢野宏二博士、アブラムシの天敵関係について綜説を供与された同大学大学院学生志賀正和氏にそれぞれ厚く御礼申上げる。

文 献

1. Clausen, C. P. 1956. Biological control of insect pests in the continental United States. U. S. D. Agr. Tech. Bull. 1139. 151pp.
2. ——— 1962. Entomophagous insects, N.Y. 688 pp.
3. DeBach, P. 1964. Biological control of insect pests and weeds. N.Y. 844 pp.
4. 深谷昌次 1950. 作物害虫の天敵. 東京 119 pp.
5. 福島正三 1954-66. 圃場における昆虫集団の研究 (1-36), 日生態会誌, 応動昆, 弘大紀要, 岐阜大紀要, その他.
6. 日高輝展 1965. 東北地方における水稻害虫の天敵に関する研究. 東北農試報 32 : 145-160.
7. Imms, A. D. 1931, Recent advances in entomology. London 374 pp.

8. Ishii, S. and C. Hirano 1955. Qualitative studies on the essential amino acids for the growth of the larva of the rice stem borer, *Chilo simplex* Butler, under aseptic conditions. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. (C) 5 : 35-48.
9. Ishii, T. 1939. The problems of biological control in Japan. Proc. 6th Pacific Sci. Cong. IV, 365-367.
10. — 1947. 害虫と天敵利用の問題. 農及園 22(6) : 313-314.
11. — 1955. 天敵. 応動 20(1, 2) : 25-28.
12. Itô, Y. 1959. A comparative study on survivorship curves for natural insect populations. Jap. J. Ecol. 9(3) : 107-115.
13. — 1960. Ecological studies on population increase and habitat segregation among barley aphids. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. (C) 11, 139 pp.
14. 弥富喜三 1939. 栗野螟蛾の卵寄生蜂の寄生相に関する量的研究. 動雑 51(7) : 393-406.
15. — 1940. 寄生虫と寄生率との数量的関係. 応動 12(3, 4) : 116-120.
16. — 1941. ズキムシアカタマゴバチの寄生相に就いて. 応動 13(3, 4) : 156-157 ; その他.
17. — 1943. 天敵利用に関する試験研究. 第II報. 静岡農試報 107 pp.
18. 金光桂二 1963-65. A life table study of a Japanese pine shoot moth, *Evetria cristata* (Walsingham), (Lepid. : Tortricidae). Zeits. angew. Ent. 57(2) : 190-201 ; その他.
19. 桐谷圭治, 他 1962-66. Studies on the life table of the southern green stink bug, *Nezara viridula*. Jour. Appl. Ent. Zool. 6(2) : 124-140 ; 応動昆 10(4) ; Res. Popul. Ecol. 6(2) ; その他.
20. 小林 尚 1961. ニカメイチュウ防除の殺虫剤散布がウンカ・ヨコバイ類の生息密度に及ぼす影響に関する研究, 病虫害発生予察特別報告第6号. 農林省植防課 126 pp.
21. 宮下和喜 1953-54. モモアカアブラムシ及びダイコンアブラムシの棲みわけ, 応昆9(1) : 37-38 ; 閉鎖及び条件下に於けるモモアカアブラムシ個体群の増殖過程の解析. 日生態会誌 4(1) : 16-20 ; その他.
22. — 1963. Outbreaks and population fluctuations of insects, with special reference to agricultural insect pests in Japan. Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. (C) 15, 170 pp. ; その他.
23. 村上陽三 1962-63. オオワタコナカイガラムシの天敵に関する研究 I, II, III 九大農芸誌 19(4) : 381-388 ; 389-402 ; 20(3) : 239-240.
24. — 1965-66. クワコナカイガラムシの天敵に関する研究. I, II. 園誌報 A₄, 125-144 ; A₅, 139-163 ; およびA₄, 145-152.
25. 農林水産技術会議 1960. 永年作物病虫害の生態的防除に関する国内文献, B. 生物的防除(天敵利用)関係. 病虫害資料 2, 99 pp.
26. 大竹昭郎 1954-66. Studies on aphid populations. 108 pp. Takada ; その他.
27. — 1955-59. 寄生の様式よりみたズキムシアカタマゴバチとズキムシクロタマゴバチ. 応昆 11(1) : 8-13 ; 2種類のカメイガ卵寄生バチの共存. 島根農大研報 4 : 63-68 ; その他. 応動昆 12(3) : 153-155 ; 日生態会誌 8(2) : 62-68 ; その他.
28. Pickett, A. D. and A. W. MacPhee 1962. Twenty years experience with integrated control programs. 12th. Intern. Cong. Ent. London ; その他.
29. 渋谷正健 1936. 螟虫の防除に関する試験研究成績. III. 農林省 41 pp.
30. — 弥富喜三 1950. 天敵利用に関する試験研究. III. 静岡農試報 33 pp.
31. Swan, L. A. 1964. Beneficial insects. N. Y., London 429 pp.

32. Sweetman, H. L. 1958. The principles of biological control. Iowa 560 pp.
33. Torii, T. 1959-61. Studis on the biological control of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera : Cynipidae), with particular reference to the utilization of its indigenous natural enemies. J. Fac. Agr. Shinshu Univ. 2(2), 149 pp. 同上 2(3); 2(4); その他.
34. 内田俊郎 1941-43. Studies on experimental population of the azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.). I-IX. Mem. Coll. Agr. Kyoto Imp. Univ.
35. — 1943-56. アヅキゾウムシとその寄生蜂の相互関係および関連研究. 応昆 4(3): 117-128; など多数.
36. 渡辺千尚 1948. 害虫の生物的防除. 札幌 148 pp.
37. 安松京三 1951. Further investigations on the hymenopterous parasites of *Ceroplastes rubens* in Japan. Jour. Fac. Agr. Kyushu Univ. 10: 1-27.
38. — 1953. Some considerations on the reproductive capacity of a Kyushu race of *Anicetus ceroplastis* Ishii, an effective parasite of *Ceroplastes rubens* Maskell in Japan. Sci. Bull. Fac. Agr. Kyushu Univ. 14(1): 7-15; その他多数.
39. — 1956. 天敵の話. 林業普及シリーズ 47, 90 pp.
40. — 1960. 生物的防除の現状と将来. 植防 14(11): 1-4.
41. —・立川哲三郎 1946. Investigations on the Hymenopterous parasite of *Ceroplastes rubens* Maskell in Japan. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 9(2): 99-120.
42. —・永富 昭 1959. ミカンバエの防除に関する研究 I. 九大農学芸誌 17(2): 129-146.
43. —・中尾舜一 1959. 同上 II. 同上, 147-166.
44. —・吉井宅男 1959. 九州に於けるスギタマバエの重要天敵スギタマヤドリヒメコバチ. 九大農学芸誌 17(2): 167-170.
45. —・その他 1966. 応用昆虫学. 東京 282 pp.
46. —・渡辺千尚 1964. 日本産害虫の天敵目録 III. 九大農昆 64 pp.

(省略した文献の詳細は希望者にはお知らせします.)