

## 自然の利用と保護：自然・昆虫・人間社会

安松, 京三  
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/23128>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 27 (1/2), pp.61-78, 1972-09. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

# 自然の利用と保護\*

— 自然・昆虫・人間社会 —

安 松 京 三

## Utilization and Conservation of Nature

— Nature, Insects and Human Society —

KEIZÔ YASUMATSU

### は し が き

生物の住みうる空間は、地球上でも僅かな部分に限られている。すなわち、地上若干の空間 (Atmosphere), 地表および地表下若干の層 (Lithosphere), それに水域 (Hydrosphere) である。これらの空間を生物圏 (Biosphere) と呼ぶが、その破壊・荒廃は、今日甚だしいものがあり、やがては地球上の生物の生存に大きな支障を来す怖れを生じてきた。

その原因は人類の人口増加と物質文明の発達にあることは、今日、誰もが認めるところである。FAO の調査によれば、人口の増加の有様は次のようである。

調査年	人 口	(年数)
1750年	7億5千万人	(50万年)
1900年	15億人	(150年)
1960年	30億人	(60年)
1970年	35億人	(10年)

そして、もし、このまま人口増加を続ければ、2000年には、地球上の人口は70億に達するという見込みである。それらをまかなう食糧増産は追付きそうにもない。もちろん、人類の英知は、早急にこの問題を解決すべく努めるであろうが、ここまで荒廃させ汚染させてしまった生物圏は、これから直ちに保護改善への研究と努力への必要性を認識させ、国際学術連合会議 (ICSU) が取りあげた国際生物学事業計画 (IBP,

1965~1972) およびユネスコがこれから取りくもうとする人類と生物圏 (MAB, Man and the Biosphere) という国際的研究計画となつて現われている。

自然の保護は、逆に、自然を破壊し汚染し荒廃させる原因を追求することにより、自らその方策は明らかになる。

### 自然の破壊

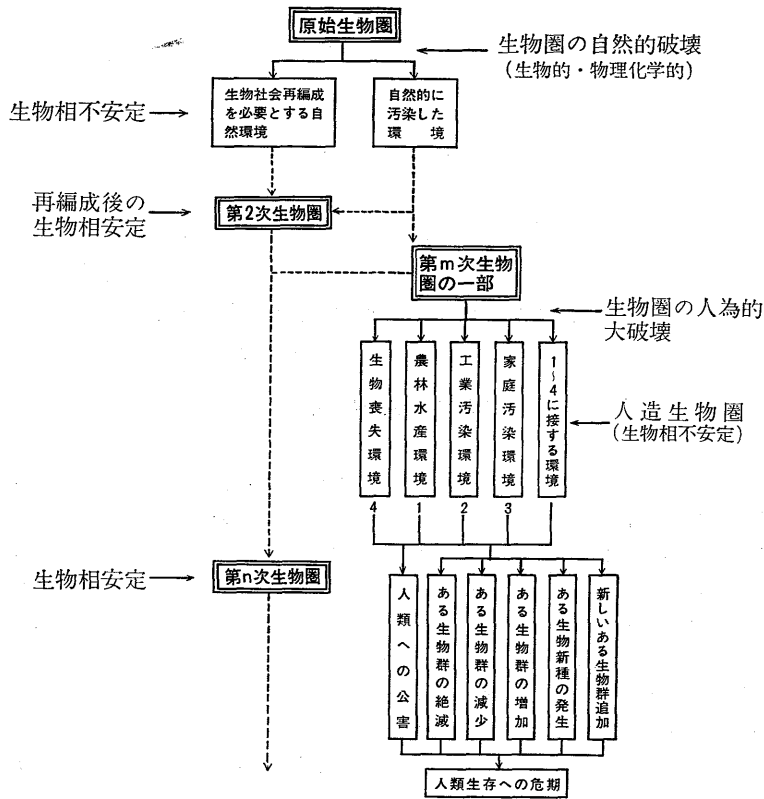
自然の破壊は、これを2つに分類できる。その1は、自然そのものによる破壊で、地殻の変動、気候の激変、火山の爆発、台風などがそれで、すべて自然的要素に基づくものであり、避けえない性質のものである。しかし、これらの原因で生じた生物圏の生物相の不安定さは、永い年の間に、次第に、自然の力で、安定さを取り戻す。真の原生林でも、改変されてできた第2次、第3次の自然林でも、特定の害虫が長期に亘つて大発生を続けることはない事実からも、このことは認められよう。

第2は、これが最も危険なものであるが、人間が加える生物圏への破壊で、その破壊は文明の発展に伴つて加速度的に行なわれ、かけがえない自然を今日のように荒廃させた大きな原因をなしている。これらの関係は、第1~2図に模式的に示してある。しかし、第2の自然破壊は、人間の英知で、ある程度避けえられるものであり、自然の保護も、これらの分野に適用されるものである。

\* Contribution Ser. 2, No. 319, Entomological Laboratory, Kyushu University.

本論文の骨子は、昭和46年10月19日、九州大学農学部創立五十周年記念学術講演会において、総合テーマ“自然の利用と保護”のもとに発表した。

本研究は昭和46年度文部省特定研究“人間の生存と自然環境に関する基礎的研究”によつて行なわれた。記して感謝の意を表する。



第1図. 生物圏における自然的破壊と人為的破壊が生物相の安定度および人類の将来に及ぼす影響。(原図)

### 自然界における昆虫類の地位

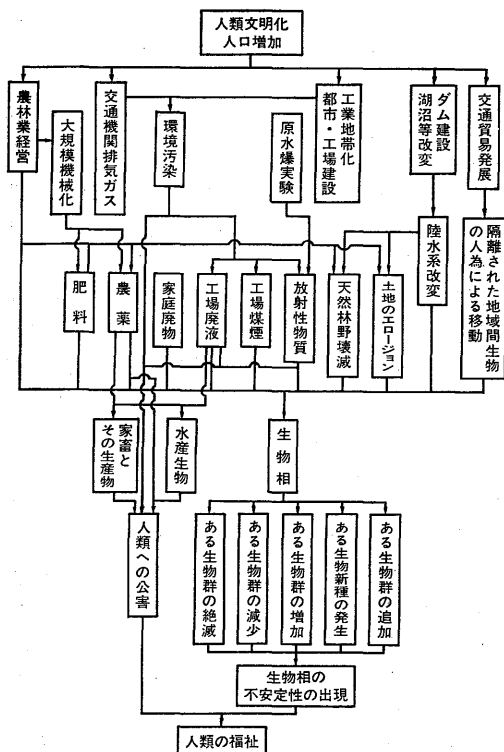
清浄なままの自然界、まだ、あまり破壊されていない生物圏では、すべての生物は、お互いに、何らかの関係をもちつつ、平衡状態を保って生存し続けている。研究が進めば、昆虫類の種類数は、将来、数百万種いることが判明するであろうが、現在まで約90万種が知られ、他の動物群の約21万種に比較すれば圧倒的に多い。しかも、その個体数は、1エーカーに1千万匹から数億匹いるものと推定されているので、地球上の生物圏で、昆虫類が果たす役割が如何に大きいか推察できよう。これら昆虫類の中で、害虫と見られるものは12%で、重要害虫は3%と計算される。昆虫類は、その食物を植物に求めているものが多く、ある特定の植物が地球上をおおってしまうことを防ぐ重要制限因子となっており、昆虫類と植物との関係は、過去30億年近くも、共存共栄という形で発展してきた。そして生物学的には、有害、有益の区別なしに、生物の種間の平衡関係の維持・調整に大きな役割

を果たしてきた。また、昆虫類自身の無限の発展を防ぐためには、それぞれの種に、いわゆる天敵や病気があつて、その数の制御に、天候および昆虫自身の制御能力と共に、役立つてきた。

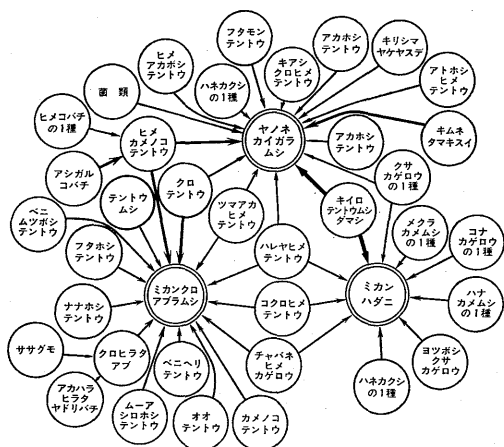
あまり農業を使わない農園でも、そこに住む昆虫類の間には、ある種の平衡状態が保たれており、ある特殊な害虫が長期に亘つて大発生をすることは稀な例も多い。第3図は、西日本地区における柑橘園で、害虫であるヤノネカイガラムシ、ミカンハダニ、ミカンクローアブラムシおよびそれらを囲む既知の天敵生物群を示したもので、いかに生物相が複雑であるか、その関係がネット・ワークになっているかが理解できよう。

### 農業のもつ宿命的な反面

自然の破壊は、まず、農業を営むことから出発したと見てよい。そして、その規模の拡大と近代化、それに文明の進むにつれて、生物喪失環境、農林水産環境、工業汚染環境、家庭汚染環境、等々の人造生物圏ができ、そこでは生物相の不安定をひき起こしてい



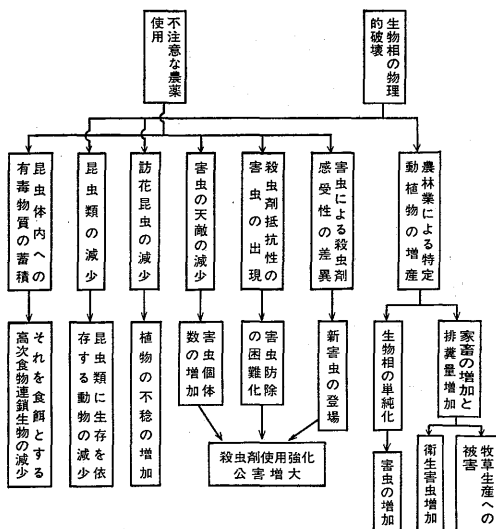
第2図. 人口増加と文明発展とが自然界・生物圏の荒廃をもたらし、人類の福祉に危期を招く経路を示す1模式図。(安松, 1970)



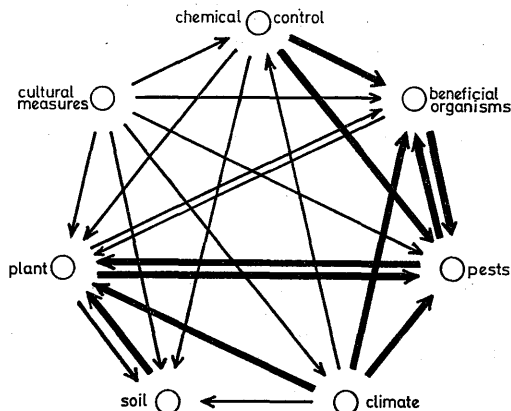
第3図. 西日本地区の柑橘園の主要害虫、ヤノネカイガラムシ、ミカンハダニおよびミカンクロアブラムシをめぐる既知の天敵生物群を示す模式図。(安松, 1970)

るのである。

世界の人口を支える食糧などを確保するためには、どうしても特定の作物や家畜を増産せねばならない。



第4図. 農業による自然の生物相の物理的破壊と不注意な害虫防除農業の使用が昆虫類に及ぼす影響。(原図)



第5図. 農業環境生態系を支配する最も重要な因子間の相互関係。太い線で示したように、害虫、有用昆虫および天敵、それに殺虫剤使用の間に大きな関係があることがわかる。(Steiner, 1966)

ある特定の作物の増産は、その作物に生存を依存している昆虫の食糧を増産することになり、害虫の発生を促す結果となる。つまり、農業と害虫防除とは車の両輪のようなものである。問題を害虫、昆虫のみにしばって考えても、第4図のような問題が、連鎖的に起こってくる。

まず、農業は、自然の生物相を物理的に破壊する作業である。従つて、ある種の昆虫は、その住み場所、食草を失い、農地では昆虫相、その他の生物相は単純

第1表. 殺虫剤の使用量の1例.  
(Waterhouse, 1971)

A. 1963/64 の FAO の統計から	
日 本	12 lb
欧 洲	2 lb
米 合 衆 国	1.6 lb
イ ン ド	0.06 lb
B. 1970/71 の FAO の統計から	
イ ン ド	0.16 lb
C. 1970/71 の濠洲での推計	
農薬一般	0.43 lb
殺 虫 剤	0.17 lb

第2表. 世界の地域および国々における農業  
有効成分の1ヘクタール当り投入量.  
(石倉, 1970)

日 本	10,790	グラム
欧 洲	1,870	
米 合 衆 国	1,490	
ラテンアメリカ	220	
オセアニア	198	
イ ン ド	149	
ア フ リ カ	127	

表1~2から、日本が世界において、従来、最も多く農業を農地に投入してきた国であることが判明する。従つて、それに相当して農業汚染も高率であることが想像される。

第3表. 無機および植物性殺虫剤に対する害虫の抵抗性の例, 1945年調査.  
(Brown, 1968)

殺虫剤の種類	害 虫 名
石灰硫黄合剤	<i>Aspidiotus</i>
青酸カリ	<i>Saissetia, Aonidiella, Coccus</i>
砒 酸 鉛	<i>Carpocapsa, Anarsia</i>
砒 酸 石 灰	<i>Boophilus micropilus,</i> <i>B. decoloratus</i>
吐 酒 石	<i>Scirtothrips, Taeniothrips</i>

第4表. 種々の殺虫剤群に対する抵抗性害虫の種類数, 1967年調査.  
(Brown, 1968)

害虫群	DDT	Dld	OP	Other	合計*
双 翅 類	44	68	14	3	88
鱗 翅 類	14	14	6	5	34
半 翅 類	10	15	14	4	36
ダニ類	3	7	16	4	25
鞘翅類	5	19	1	1	22
その他	15	12	3	2	19
合 計	91	135	54	20	224

Dld: Dieldrin 系統の殺虫剤. OP: 有機燐剤.  
\* 殺虫剤の群間にまたがつて抵抗性となる種類もあるので、この合計の数字は実質的な種類数を示してある。

化の傾向を辿る。また、家畜用に飼料作物を広面積に栽培し、そこに何千頭、何万頭という家畜を放てば、それら家畜の排糞量は莫大となり、糞自体が牧草をおおつてこれを枯らし、また、糞には衛生害虫が発生するようになる。生物圏は、また、生態学的に見れば、極めて複雑な生態圏 (Ecosphere) でもあるが、生態的に見て、生態環境の生物相が単純化すればするほど、そこに発生する害虫の防除は困難さを増す。

害虫の発生を防ぐために、また、多発した害虫を早く防除するため、農薬の使用は必至となる。不注意な農薬使用は、第4図に示したように、さまざまな影響を一農業生産にとつて悪い副作用 (side-effects) — 農地に住む昆虫類のみならず、農地から離れた地域、水域の昆虫類にも及ぼすことになる。強力な殺虫剤の洗礼を受けた昆虫類は大量に死滅する。昆虫類の中でも、特に大切な天敵昆虫類が多く早く減少する。害虫の大切な天敵の損失は害虫の増殖に好都合な生態的条件を提供する。昆虫類一般の減少は、昆虫相の単純化を促がす。殺虫剤に接しても死なずに生き残つた昆虫類は有毒物質を保有し、これを食べる天敵に、次々に、食物連鎖の形式で移行し、いわゆる毒物の生物的濃縮 (Biological magnification, Food-chain magnification) をおこし、食物連鎖系の終端に近い生物、または、終端生物に致命的な悪影響さえ与えるようになる。溪流に住むブユの幼虫防除のために DDD を使い、その使用中止後5年目に、溪流の流入する湖の調査を行なつた結果、水中や湖底の泥の中には毒物は発見されなかつたが、プランクトンには使用濃度の265倍、鯉や蛙には2,000倍、カモメには12,500倍、カイツブリには80,000倍もの DDD が濃縮して蓄積した例など、その悪例は数多い。また、農薬による汚染は、全く農薬を散布しない北極や南極、それに深海の生物にまで拡がっている。

作物の開花時に、害虫防除のため散布された農薬のため、大切な授粉昆虫であるミツバチや野生のハナバチ類、ハナバエ類などが殺され、種子が実らなかつたり、果実を結ばない結果が終戦後、世界的に問題となつた。

農薬抵抗性害虫の出現は、その農薬がより強力なものである程、その頻度が高い。DDT 使用以前の強力でない農薬使用時代には、害虫の農薬抵抗性は、僅かに10指を数えるに過ぎなかつたが、DDT の使用開始以後1961年までに加速度的に増加し、61種の害虫に認められ、1968年には250種近くに達した。ある学者の言によれば、農薬は、それに耐えうる——換言

第 5 表. 国別の主要作物と主要害虫で殺虫剤抵抗性となった種類.  
(Brown, 1968)

国 別	主要作物名	害 虫 名	殺 虫 剤
ガ ー ナ ア ラ ブ 連 合 米 合 衆 国 南 東 部 ト リ ニ ダ ド 日 本 カナダ (B. C.) および米合衆国 (Wash.) カナダ (New Brunswick) 豪 洲 (クイーンズランド)	コ コ ア 棉 甘 蔗 稻 ン ゴ ト ウ 牛	<i>Distantiella theobroma</i> <i>Spodoptera littoralis</i> <i>Anthonomus grandis</i> <i>Aeneolamia varia</i> <i>Chilo suppressalis</i> <i>Carpocapsa pomonella</i> <i>Choristoneura fumiferana</i> <i>Boophilus microplus</i>	$\gamma$ -BHC Toxaphene Endrin $\gamma$ -BHC BHC, OP DDT DDT Dld, OP

すれば、それが効かない——害虫個体の選別に役立つという。従来は、農薬の種群別に、抵抗性が異なることが知られており、1群の殺虫剤が効かなくなれば、他の群の殺虫剤の使用の余地もあつたが、数年前から、どれこれの区別なく、あらゆる農薬に抵抗性をもつ(Non-specific type resistant)害虫が発見されてきたことに注目せねばならない。農薬抵抗性害虫の出現は、害虫の化学的防除と作物の害虫からの保護に闇影を投げるもので、より選択的な、むしろ比較的弱い農薬の合理的利用へと進むことによって、広汎な農薬抵抗性を防ぐことができよう。

殺虫剤に対する害虫の抵抗性 (Resistance)、散布された農薬成分の毒物の残留の問題 (Residues)、それらが原因となる公害 (Relations with the public)、殺虫剤使用による天敵損失による害虫の再発生 (Re-surgence) は、農薬の現在の悩みの 4 R's ということができる。

第 3 図に示したように、害虫と天敵とは、複雑な関係を保つて、ある種の平衡状態にある。天敵は、その捕食性あるいは寄生性によって害虫の繁殖を圧えているが、農薬によって、一時、生物皆無となつた農地では、その後、先ず侵入し得る昆虫は食草性害虫である。そして、ある程度、害虫の数が増加した頃に、後から遅れて天敵が侵入するのが常であるが、その頃には、害虫の数が多過ぎて、天敵が有効に活動できないことが多い。第 3 図のような複雑な関係にある柑橘園内の生物相内の害虫を殺す目的で、農薬を不注意に散布すれば、先ず天敵の数を激減し、生物相は極めて不安定となり、害虫が却つて発生し易くなる。そして生物相の貧困化を来し、害虫の発生を益々助長する。農地の植物相をより複雑にすることは生物相を豊富にする結果を招く。農薬が天敵に及ぼす悪影響は、先ず、直接に天敵を殺すことその他に、殺さないまでも天敵の活動を鈍らせ、産卵力を低下させ、寿命を短くする。また、農薬の散布された環境を嫌つて近接しない

ことも事実で、さらに害虫数の減少は、天敵の数の減少につながる。

農薬抵抗性害虫の出現で、害虫防除が困難化し、農薬によつて天敵が大量に失われるならば、農薬に抵抗性の天敵をつくり出せばよいという意見も出たことがあり、また、より抵抗性の天敵を実験室内でつくつた学者もある。しかし、食物連鎖系による毒物の生物的濃縮の現象を考えれば、農薬抵抗性天敵の製造は却つて危険である。

害虫の種類によつて、同 1 種の農薬に対する効き目には大きな相違がある。あまり重要でない害虫は、その重要でない理由を調査すれば、その害虫の生活環のどこかの部分に、有力な天敵が作用し、その数を制限していることが多い。このような害虫が住む農園で、そこでの最重要害虫防除の目的で、強力な殺虫剤を使用すれば、一応の目的は達しても、重要でない害虫の天敵を殺すため、重要でない害虫が、やがて重要害虫に昇格し、農園内の害虫防除作業は、却つて困難になる。すなわち、新害虫の登場には、このような場合がしばしば認められる。

自然破壊の問題を、単に、自然と昆虫類に絞つただけでも、人間によるそれは、かくも大きく人間自身へはね返つてくること、しかも、それが、人類以外の他の多くの野生生物にも及ぶことを知らねばならない。また、家畜以外の生物群も、自然界という大きな場から眺める場合、これらを滅ぼしてはならないことは、近年、われわれが自然界から警告を受けてきたところである。人間と自然との関係、人間生活を支えている生物界のあり方については、1日も早くその未来像を確立することが望ましい。しかし、人類が農業を始めて以来、永い期間に、物質生産の一方的発展にのみ熱中して、自然そのものの重要性を忘れてきた今日、破壊・荒廃・汚染した生物圏を元の姿に近くまで、短期間に戻すことは困難な事業に属する。また、増加した人口をまかない、人間が高度の文化生活を営むために

も産業の発展は必要であるので、許容できる範囲での自然の破壊はやむを得ない。それで、自然の破壊をできるだけ防ぐこと、可能な範囲で、荒廃に導いた従来の方法を反省しつつ是正すること、そして昆虫資源を有効に活用するなど、積極的に自然保護に努力せねばならない。昆虫類の利用は、自然保護に通じる有力な道であることも忘れてはならない。

## 昆虫資源の利用

昆虫資源の利用は、未だ不十分の域をまぬがれない。その広汎な利用は、今後の大切な、しかも興味深い研究分野である。その範囲を表示すれば第6表のようになる。

第6表. 昆虫資源利用の模式表.

訪花昆虫の保護増殖—	—訪花昆虫に害の少ない農薬とその使用法の開発
	—訪花昆虫営巣環境の保護と整備
	—有力訪花昆虫の探索と選抜
	—訪花昆虫の人工的大量生産
有益天敵昆虫の開発—	—理想的天敵昆虫の発見利用
	—種の探索発見利用
	—系統の探索発見利用
	—生態的同位種の探索発見利用
	—天敵昆虫保護とその効果増大のための研究開発
	—農薬とその散布方法の研究開発
	—肥料の利用研究開発
	—作物品種の利用研究開発
	—環境の整備研究開発
	—生物農業の開発
—人造天敵の開発	
有用昆虫の積極的利用	—放射線による不妊研究
	—不妊剤の利用研究
	—遺伝学原理の応用

有益昆虫銀行の設置—天敵銀行など

### 1. 訪花昆虫の保護増殖

人間による各種目的の土地利用と、農薬の散布とは、訪花昆虫の減少の大きな原因となっている。ここに特に重要と認める訪花昆虫は花粉媒介性のもので、その中でも、ミツバチを含めた野生ハナバチ類やハナアブ類である。それは、果樹園での果実の生産、マメ科牧草の種子生産に必要であるのみでなく、優秀な作物をつくる育種学の分野でも重要なものである。

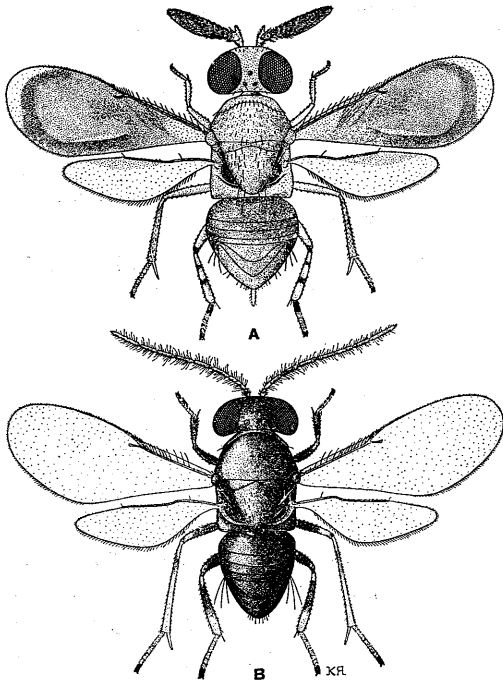
これらの昆虫の数量を減らさないためには、農薬の散布方法、農薬の種類などに特別な配慮が必要で、また、それら昆虫の営巣場所の保護、積極的な営巣場所の提供についての研究も大いに進めねばならない。ミツバチに於いても、花粉媒介用に使うか、または、採蜜用に使うか、それぞれの目的に応じる系統の選抜利用の時代に入ってきた。ミツバチでのそれらの研究の一部を示せば次のような例がある。

系 統	アルファルファの花 花粉採取量(%)	1群の蜜 生産量 (kg)
High-APC line	86	27
Low-APC line	8	29
High-APC queen outcross	52	44
High-APC drone outcross	59	82
Strain B	31	50

すなわち、このように、目的に応じた品種または系統の探索、遺伝的方法による選抜、育種などが必要となり、また、種の探索発見も望まれる。最近の労働力不足は人工授粉で不稔現象を解消させることを不可能にした。そこで、ミツバチ群の利用や、わが国では東北地方や長野県下のりんご園で、ツツハナバチの1種（一般にマメコバチの名でよばれている）*Osmia cornifrons* の積極的利用が開始されてきた。また、米合衆国では野生のハキリバチの1種 *Megachile rotundata* やスジハナバチの1種 *Nomia melanderi* などの積極的利用が企画され、*Megachile rotundata* などは、人工的に造巣基をつくり、大量生産してマメ科牧草の種子生産に役立たせる業者も出現しており、その蛹を各州、カナダ、フランス、チリー、ニュー・ジールランドへ輸出している。いわゆる昆虫工業 (Entomological industry) とよばれる分野である。ハナバチ類（ミツバチもこの中に含まれる）の利用は、人間の発展史の上から、これを3期に区別できる。第1期は、自然の野生ミツバチの巣から蜂蜜を採蜜した時代、第2期は人工の巣箱を考案して営巣させ、採蜜した時代で、第3期、すなわち現代は、巣箱の移動もも行なつて収蜜すると共に、一方では果樹や牧草の花媒介に、野生ハナバチ類をも含めて利用するようになった。

### 2. 有益天敵昆虫の開発

理想的天敵昆虫の発見と利用は、今後も変わることなく重要課題である。理想的天敵昆虫とは、害虫の防



第6図. 1945年, 安松が九州大学農学部構内で発見したルビーロウカイガラムシの有力寄生天敵ルビーアキャドリコバチ. 植物園に植えられていた月桂樹寄生のルビーロウカイガラムシから6月下旬に羽化させたものである. 上は雌を下は雄を示す.

除に, その天敵を利用し放飼しておけば, その後, 何ら人工を加えた防除法を行なわなくても, 天敵自身の力で, 害虫の発生を低密度, すなわち, 農業生産が害虫の被害で経済的影響を受けない程度に, 制御し得るものである. 最初は, いわゆる生物的防除の目的で放飼したものが, 次には自然防除に移行し, 害虫と天敵との間に, 人間に都合のよい平衡状態が永続するものである.

このような成功例は, 過去, 80年間に, 約220をこす成功例を世界に求めることができる. 第7表には太平洋地区における例を, 第8表には日本および旧日本領における成功例を示した.

理想的天敵の発見に関連して, 害虫の生息密度に依存しないで, これを防除しようとする天敵の発見もさらに望ましい. 大部分の天敵は, 相手の害虫の生息密度が高いほど, 有効に活躍できることは当然のことである. もし, どの天敵も, 害虫の生息密度に関係なく, 有力に活動すれば, 多くの昆虫類は, 古い昔に, 既に絶滅している筈である. 害虫の生息密度が低い場合にも, 有効にこれを発見し, 攻撃しようとする天敵は, 普通に, それ自身, 自然にあまり増殖しない天敵の種に見ることができる. 捕食性天敵にその例が多いものと思われる. その繁殖を, 害虫の生息密度に依存する天敵の中にも, 時には, 害虫の密度に依存せずに働らく場合もある.

第7表. 太平洋地域における害虫の生物的防除の例. (DeBach, 1962)

国名	効果			合計
	完全	完全に近い	部分的	
濠洲		5	5	10
バリ			1	1
ビスマーク群島		1	1	2
カナダ (ブリティッシュ・コロンビア)	2	4	3	9
カロリン群島		1	1	2
セレベス		2	1	3
チリ	2	1	3	6
コロンビア	1			1
コスタ・リカ	2			2
エクアドル		1		1
フィジー	3		3	6
日本	4			4
マリアナ群島	1	3	1	5
メキシコ	1	1		2
ニュー・ジーランド	3	5	3	11
パナマ	1			1
ペルー	1	3	1	5
タスマニア		2	5	7
米合衆国 (カリフォルニア)	2	9	8	19
〃 (ハワイ)	2	10	12	24
〃 (太平洋岸北西部)	1	1	2	4
合計	26	49	50	125



第 8 表. 日本およびその旧領土で害虫の生物的防除に成功した天敵の例.  
(安松, 1960)

害 虫 名 (主な加害植物名)	天 敵 名	備 考 (天敵の輸入先, 輸入地)
<i>Icerya purchasi</i> イセリヤカイガラムシ (みかん)	<i>Rodolia cardinalis</i> ベダリアテントウ	1909年素木博士によりハワイより台湾に輸入, 1910年台湾より静岡へ輸入, 放飼
<i>Eriosoma lanigerum</i> リンゴワタムシ (りんご)	<i>Aphelinus mali</i> ワタムシヤドリコバチ	1931年上遠博士により北米オレゴン州から青森に輸入, 放飼
<i>Aleurocanthus spiniferus</i> ミカンノトゲコナジラミ (みかん)	<i>Prospaltella smithi</i> シルベストリコバチ	1937年 Silvestri 博士が広東から持参, 長崎にて飼育, 放飼
<i>Anomala sulcatula</i> マリアナスジコガネ (さとうきび)	<i>Campsomeriella annulata</i> ヒメハラナガツチバチ	1940年小西博士によりフィリピンからサイパンに輸入, 放飼
<i>Ceroplastes rubens</i> ルビーロウカイガラムシ (みかん, かき, ちゃ)	<i>Anicetus beneficus</i> ルビーアカヤドリコバチ	1945年安松により九大農学部構内で発見, 放飼
<i>Brontispa mariana</i> トビイロヒラタハムシ (ここやし)	<i>Tetrastichus brontispae</i> ヒラタハムシヤドリヒメコバチ	1948年 Doult 博士によりマラヤおよびジャワからサイパン, ロタ, アナタハンに輸入, 放飼

次に, 同じ天敵の種であつても, 分布地域が広い場合には, 種の集団が, お互いに隔離されるか, または, 隔離に近い地理的条件におかれる場合, 永い間に, それぞれの地域の風土などに適応した遺伝子の再編成を行なうために, 生理的性質, 生態的習性の異なるいくつかの系統に分化していることがある. すなわち, 年発生回数, 発生時期, 寄生率, 時には寄生害虫をも異にする. 寄生蜂の仲間では, *Trichogramma*, *Prospaltella*, *Aspidiotiphagus*, *Macrocentrus*, *Tiphia* などにそのよい例が知られている. 今後, 天敵を探索する場合には, 世界のなるべく多くの地域から, 天敵種の集団を集め, 系統の研究から, より有効な系統を利用することに努めねばならない.

ある1種の害虫には, 天敵が何種類もいることが普通である. それらが, 自然状態では, 分布地を異にする場合がある. それらを, 天敵利用による害虫防除の目的から, 同一地域に集めて放飼すれば, 各種の間に

生存競争がおこる. 特に, 各種が似た生態学的特性を有する場合には, すなわち, 生態的同位種 (Ecological homologue) の場合には, お互いの競争は激しく, より強い種がその地域に残り, 他は, 他の地へ駆逐される (Competitive displacement). カリフォルニア州における柑橘類の大害虫アカマルカイガラムシの天敵として利用されている3種の寄生蜂, *Aphytis chrysomphali*, *A. lingnanensis* および *A. melinus* などはそのよい例である.

天敵昆虫保護とその効果増大のための研究開発も重要課題に属する. 天敵昆虫の中には, それのみの力で害虫を制圧できないものが非常に多いが, それらの天敵も, その数を減らさぬように努め, 他の害虫防除方法と適当に組み合わせることによつて, 天敵の力を増大させることもできる. いわゆる害虫の化学的防除と天敵利用とは両立しないものと見なされてきたが, 天敵を損失しない殺虫剤の使い方の発展は, この誤った観念

第 9 表. オランダのりんご園に散布された殺菌剤がりんご害虫の天敵に及ぼす影響, スタイナー容器内に落下した死虫数. (van de Vrie, 1966)

殺 菌 剤		捕 食 天 敵				寄 生 天 敵	
		<i>Anthocoris nemorum</i>		<i>Orius</i> sp.			<i>Aphelinus mali</i>
		成 虫	幼 虫	成 虫	幼 虫		
Captan	0.15%	2	1	6	4	18	
Thiram	0.15%	4	3	4	2	19	
Zineb	0.20%	3	2	3	1	14	
Parathion	0.06% (殺虫剤, 比較のため)	15	18	19	16	68	
水 (比較のため)		1	2	2	3	6	
無 処 理		2	0	3	0	2	

この表の数字から上記の殺菌剤は, 捕食性ハナカメムシ類には, 比較的害が少ないが, 寄生蜂ワタムシヤドリコバチには相当に有害なことが判明する.

を是正させてきた。数量において少ない天敵の場合 剤の使用方法をとれば、その天敵は実質上増量したこ  
も、天敵に害を及ぼさず、害虫の数のみを減らす殺虫 となり、効果をあげうる。害虫の総合防除と訳され

第 10 表. オランダのりんご園に散布された殺虫剤がりんご害虫の天敵に及ぼす影響、スタイナー容器内に落下した死虫数。(van de Vrie, 1966)

殺 虫 剤	捕 食 天 敵				寄 生 天 敵
	<i>Anthocoris nemorum</i>		<i>Orius sp.</i>		<i>Aphelinus mali</i>
	成 虫	幼 虫	成 虫	幼 虫	成 虫
Dipterex 0.10%	2	1	23	1	100
Sevin 0.10%	4	0	5	0	374
Phosdrin 0.05%	25	5	52	0	220
Malathion 0.15%	35	6	64	0	244
Diazinon 0.10%	17	2	24	1	112
Parathion 0.06%	11	5	32	1	142
水(比較のため)	5	2	2	0	7
無 処 理	3	3	2	0	9

この表の数字から、有機合成磷剤はすべて天敵に非常に有害であること、Dipterex はハナカメムシの1種 *Anthocoris nemorum* には害が少ないこと、Sevin は捕食天敵の両種に害が少ないこと、幼虫数が全体的に少ないことはこれらの殺虫剤が幼虫時代により有害でないこと、そして実験を行なった頃には幼虫数も少ないことが判明した。

第 11 表. オランダのりんご園に散布された殺ダニ剤がりんご害虫の天敵に及ぼす影響、スタイナー容器内に落下した死虫数。(van de Vrie, 1966)

殺 ダ ニ 剤	捕 食 天 敵				寄 生 天 敵
	<i>Anthocoris nemorum</i>		<i>Orius sp.</i>		<i>Aphelinus mali</i>
	成 虫	幼 虫	成 虫	幼 虫	成 虫
Animert 0.10%	2	0	6	2	6
Tedion 0.10%	6	2	4	1	10
Chlorocide 0.10%	4	1	2	3	7
Parathion 0.06%	29	18	18	21	38
水(比較のため)	2	1	2	0	4
無 処 理	3	0	3	2	7

この表の数字から、普通に使われる殺ダニ剤は、捕食、寄生両天敵に無害であることがわかる。

第 12 表. カナダのりんご園における害虫防除の例。(LeRoux, 1960)

年	実 験 園		一 般 園	
	殺虫剤の種類	(使用回数)	殺虫剤の種類	(使用回数)
1951	Lead arsenate	(1)	Parathion 15% w.p.	(4)
	Ovotran 50% w.p.	(1)	DDT 50% w.p.	(1)
1952	Lead arsenate	(1)	Parathion 15% w.p.	(3)
	Aldrin 25% w.p.	(1)	Lead arsenate	(2)
1953	Lead arsenate	(1)	Parathion 15% w.p.	(3)
	Nicotine sul.	(1)	Lead arsenate	(4)
	Methoxychlor 50% w.p.	(1)		
1954	Lead arsenate	(1)	Malathion 25% w.p.	(1)
	Nicotine sul.	(1)	Lead arsenate	(2)
	Ryania 100-S w.p.	(1)	DDT 50% w.p.	(4)
1954	殺 虫 剤 不 要		Parathion 15% w.p.	(1)
			Malathion 25% w.p.	(2)
			DDT 50% w.p.	(3)
			Lead arsenate	(3)

ている Integrated control は、最初は、殺虫剤の使用と在来の天敵とを如何に調和させて使うかという問題から発展したものである。それが、現在では、数種の異なる防除法を組合わせて行なう防除法に拡大された。望ましい方法は、なるべく弱い殺虫剤と天敵との組合わせで、カナダのりんご園における害虫の防除に、Pickett 氏が輝かしい成果をあげたところから、この方法が、今後とも最も早く実施に持ち込み得ることが期待されるようになった。考え方によれば、DDT 出現より以前に、使用してきた弱い殺虫剤の時代には、われわれは意識せずに、既にこの総合防除を実施していたに過ぎない。第 12~13 表には、カナダのりんご園で、殺虫剤を注意深く選択して、害虫防除

第 13 表. 第 12 表に示した実験結果の比較。  
(LeRoux, 1960)

項 目	実 験 園	一 般 園
殺 虫 剤 散 布 回 数	2.2回	6.0回
1 樹 当 り の 殺 虫 剤 費	\$ 0.65	\$ 1.1
天 敵 の 量	増 加	絶 滅
害 虫 の 量	減 少	増 加
販 売 可 能 な 果 実 量	90%	90~95%

を実施した研究の一部を示した。強力な殺虫剤による害虫防除の一般慣行園と、実験園とでは、実験開始後 5 年目に大きな差が見られ、後者では天敵が増加し、殺虫剤不要となっている。ペルーの棉作中心地 Cañete Valley での棉の害虫防除は、大規模な例である。日本では、私らが九州のミカンバエについて、柑橘園の害虫を考慮に入れた総合防除を研究実施し、多くの害虫の有力天敵を殺さず、ミカンバエの成虫のみを殺す弱い薬剤(吐石石)を bait spray 式に使用し、熊本県下でその防除に成功した。しかも 9.9 アール当りの薬剤費は僅か 70 円前後で、微量で十分で、4~5 年の間、毎年 1~2 回の散布を実施し、その後、全くミカンバエの姿も見られない輝かしい結果を得た。その後、野原は、萩の夏柑園で、害虫の総合防除に成功した。弱い殺虫剤使用と天敵利用とを併用する防除法は、農地に、比較的到天敵が多い場合に成功率が高い。また、単位面積当りの産物による収益が、比較的

に少ない場合には、特に採用することが望ましい。第 14 表には、カリフォルニア州における 4 種の作物について、害虫防除の費用などを比較した成績を示したが、カーネーションのような、高収益をあげる作物では、相当量の殺虫剤を投入しても、なお十二分の収益をあげうるが、他の作物の場合、なるべく殺虫剤の費用を少なくし、天敵を活用することが望ましいことを示している。要は、できるだけ殺虫剤散布回数を減らし、天敵を損失せずに、その効力をあげることにある。従って、その目的にそうために、殺虫剤の間隔散布、隔年散布などの方法も開発されてきた。英国や北欧諸国では温室内のとまとやきゅうりの栽培に、ハダニを防除するため、殺ダニ剤と天敵を併用することが行なわれている。

植物の生育状態は、その植物体上で繁殖する害虫に影響をおよぼし、それがまた、その害虫の天敵とも関係をもつことが知られている。すなわち、肥料との関連においての天敵研究も重要である。

作物には品種が多く、また、人為によつて多くの品種が造られている。害虫抵抗性の品種の利用は最も期待すべきことではあるが、農産物としての優秀な品質を保ちつつ完全な害虫抵抗性を得ることは困難である。害虫に対して不完全抵抗性でもよいので、それによつて害虫の異常大発生を防ぎ、天敵を活用できれば防虫の目的は達成できる。カリフォルニア州で大発生をし、アルファルファに大被害を与えたアブラムシの 1 種 *Therioaphis trifolii* は、それに抵抗性のアルファルファの品種、Lahontam および Moapa の導入栽培と天敵の併用によつてこれを抑え、問題は解消した。国際稲研究所に於ては、ニカメイチュウに抵抗性のある稲の品種 IR<sub>20</sub> を育成した。これは普通の品種に比べて 10~20 倍の抵抗性があり、また、タイワンツマグロヨコバイ、白葉枯病、いもち病、Tungro ウィルスにも抵抗性があるという。その他、TKM 6, Taichung 16, Chianan 2, Su-Yai 20, Szu-Miao, Yabami Montakhab 55, DV 139, Ptb 10, Rexoro, Blue bonnet, Milfor 6 も抵抗性があることを認めた。第 15 表は Tungro ウィルスを媒介するタイワン

第 14 表. カリフォルニア州における 4 種の作物の害虫防除費の比較。(Stern, 1966)

	アルファルファ	棉	ネーブルオレンジ	カーネーション
エーカー 当 り の 予 定 生 産 量	10 t	1,000 lbs lint	425 boxes	750,000 blooms
粗 収 入 予 定 額	\$ 158.00	\$ 330.00	\$ 151.00	\$ 37,500.00
害 虫 防 除 費	\$ 3.25	\$ 19.00	\$ 100.00	\$ 210.00
収 入 に 対 す る 害 虫 防 除 費 の 割 合	1.4%	5.8%	6.0%	0.006%

ツマグロヨコバイに抵抗性の大きい稲品種と小さい品種について調べたもので、IR<sub>8</sub>が被害が少なく、従って収量も多いことを示している。これらの場合、水田に多数生育するタイワンツマグロヨコバイなどの捕食天敵のクモ類、メイチュウ類の天敵寄生蜂などが、稲の害虫抵抗性とあいまつて、害虫の被害をさらに少なくしていることは明らかである。

第15表. 稲品種とタイワンツマグロヨコバイ抵抗性および稲の Tungro ウィルスによる被害との関係を示す。(Chandler, 1968)

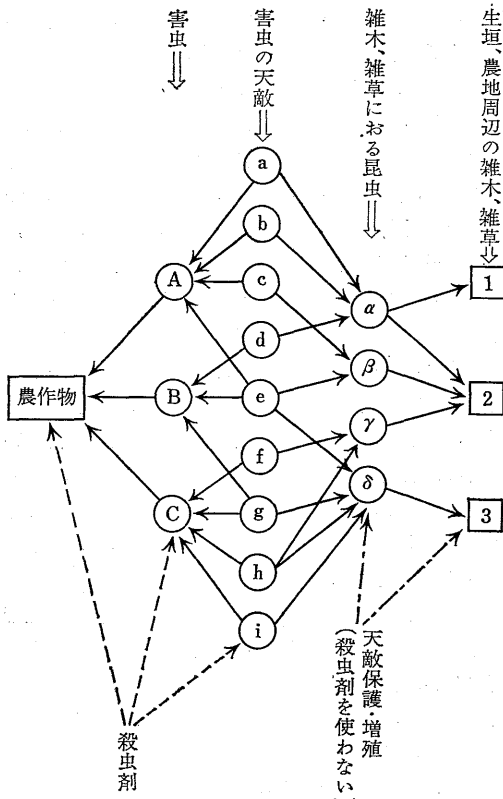
品 種	Tungro ウィルスによる被害株数 (%)	米 粒 生 産 量 (kg/ヘクタール)
IR 8 (抵抗性大)		
Diazinon 使用	2.4	7,586
無 処 理	10.4	5,025
IR 9-60 (抵抗性中)		
Diazinon 使用	4.6	5,462
無 処 理	18.3	3,611
Taichung Native 1 (抵抗性小)		
Diazinon 使用	8.1	6,322
無 処 理	39.3	2,690

タイワンツマグロヨコバイ抵抗性の IR<sub>8</sub> では殺虫剤を使用しない場合でも相当量の収穫がある。上記の数字は、抵抗性そのものによる値ではなく、水田にいる捕食性天敵のクモ類などの効果をも含めた結果の値と見なされる。

農業生態環境で、天敵を可能な限り保護し、増殖させることが好ましい。農地の周辺は、植物相が豊富なことが望ましく、農地内の害虫の攻撃目標となる同種または近似種の植物が農地の周辺にもあることは、その害虫の天敵保護、増殖の上から重要なことである。すなわち、農地周辺部には、原則的に農業を散布しないことが好ましいことは、近來、生態的研究からも明らかとなつてゐる。以前には、農地周辺に自生する害虫の寄主植物は、害虫の保存と増殖を助長するという理由から、これらを除去するように努めてきたが、それらは、むしろ、天敵保存などの見地から、取り除かない方が賢明とされるにいたつた。例えば、十字科植物の害虫であるコナガや、なす科植物の害虫のジャガイモガの研究がそのことを証明している。農地周辺の生垣、防風垣、防風林なども天敵保護、増殖に必要で、それらの樹種の選択が研究されねばならない。英国では、約10万哩におよぶ農地周辺の生垣を、過去20年間に亘つて除去し、代りに針金の垣を造つた。そして、耕作地の2/3に毎年除草剤を散布し、生産を増大、安定したしかも廉価な農業を営めるようになったが、その後、害虫が以前よりも増加して、却つて好ま

しからぬ結果を招いた。これらの事実からも、生垣の重要性が、天敵の活動源となる点において、認識されたのである。それに、生垣などの植物に、農作物には寄生しないアブラムシ、キジラミ、カイガラムシ類が増殖すれば、それらが分泌するいわゆる甘露 (honey dew) は、天敵昆虫の重要な食物となり、それによつて、天敵昆虫は大いに増殖する。わが国でも、最近、柑橘園周辺の防風垣の昆虫相の研究から杉よりも榎、榎よりもひさかきが防風垣の樹種として、昆虫相がより豊富で、天敵を多く保存することが明かになつてきた。また、農地の周辺または付近に、害虫の寄生する有用でない種類の樹木を植え、そこである程度害虫を保ち、天敵が、農地で年間続けて生存を全うし得ない場合の、保存の場所とすることも研究された。例えば、カリフォルニア州で、柑橘園の近くにきょうちくとうを植え、クロカタカイガラの重要天敵であるトビコバチの1種 *Metaphycus helvolus* の保存源とするなどである。また、農地の中や、周辺に、花粉や花蜜を生産する植物、特に繖形科植物などを植えることが好ましい。花粉、花蜜は捕食性のみならず寄生性天敵をひきつけ、また、それらの重要食餌源となるからで、そこに多くの天敵昆虫が集まる結果となり、農地の害虫はより多く天敵の攻撃をうける(第6図)。天敵の活動を妨げる要因に、塵埃およびアリ類の存在がある。したがつて、各種の塵埃が、農作物にかかることを防ぎ、天敵の害虫探索や産卵活動を妨げるアリ類の防除も考慮の必要がある。

生物農薬、生物殺虫剤 (Biotic chemicals, biotic insecticides, biotic pesticides) としての天敵利用も大いに開発せねばならない。生物農薬としての昆虫類の利用は、害虫の天敵を人工的に大量生産し、これを化学的農薬と同様に、害虫防除に応用することにある。しかし、生物農薬として使用した天敵昆虫が、その農地に土着し、繁殖を続け、連年効果を持續できるものである場合には、いわゆる狭義の生物的防除から自然防除に移行するもので、生物農薬としての意義を失なう。生物農薬は、原則的に、その対象害虫の発生毎に、これを使用するもので、それが年間を通じて、使用される土地で、生活環を繰返さうるものでないところに存在の意義がある。したがつて、農家の需要に応じて、生産販売可能な形態をとるもので、その生産が経済的に成立するものでなければならぬ。ガラス室内で積極的に利用されているツヤコバチの1種 *Encarsia formosa* (コナジラミの1種に対する生物農薬)、カブリダニ類 *Phytoseiulus* spp. (ナミハ



第7図. 農業生態環境に天敵を積極的に活用するための生垣や農地周辺の雑木・雑草の重要性を関連づける模式図(原図).

ダニに対する生物農薬) や、農地で大規模に活用されているクサカゲロウの1種 *Chrysopa carnea* (ワタアブラムシに対する生物農薬), アカタマゴバチ類 *Trichogramma* spp. (鱗翅目の卵に対する生物農薬), クワコナカイガラヤドリコバチ *Pseudaphycus malinus* (クワコナカイガラに対する生物農薬) などがこの例に属する。しかし、生物農薬の生産には高度の知識と技術を必要とするので、最初は、化学的農薬に近い価格での生産には困難が伴うが、そのためには、政府や公共機関からの資金援助も必要である。ともあれ、生物農薬には、化学農薬のような農業公害の怖れは絶対がないので、公害を避けるためにも、今後大いに研究開発とその利用が期待される。

人造天敵 (Man-made natural enemy) とは、害虫そのものを人工によって天敵に仕立てて利用するので、遺伝学的な知識を必要とする。例えば、家畜や野獣の害虫ラセンウジバエを、ラセンウジバエの不妊にした雄を使つて、その防除に画期的な成功をした Curaçao 島での輝かしい歴史がある。これは、人工

的に大量生産したラセンウジバエの蛹に、コバルト 60 を使つて、 $\gamma$  線を 7500 レントゲン照射し、生殖細胞を不妊にしたものを、野外に放ち、野生のラセンウジバエの雌と不妊の雄とを交配させ、次第に野外のラセンウジバエの生息密度を薄めて、最後に絶滅させるが、ある一定の間隔の日数をおいて、このような不妊の雄を放飼し続けるのである。害虫そのものの雄を不妊にする方法は、上記のように放射線を使う以外に、tepa, thiotepa などの不妊剤を用いる実験がある。フロリダ州の沿岸にある Sea Horse Key という島でネッタイエカに対して不妊の雄を数カ月間毎日放飼し、その島のネッタイエカを完全に近く絶滅している。これらの不妊剤は、雄の生殖細胞に優性致死変異を起させる。さらに、生殖細胞に細胞質不和合性を起させて、害虫を防除する例がある。ネッタイエカは世界に広く分布しているが、Paris 産の系統と Fresno 産の系統の交配によつて得た雄を大量に用い、これをピルマの首都の近くの寒村に毎日放飼し、野生のネッタイエカの雌と交配させた。その雌は産卵を行なうが、その卵は孵化しないのである。このようにして、その寒村のネッタイエカの防除に成功をした。同じ種であつても、永年風土の異なる地域に隔離されておれば、それぞれの地域で、遺伝的に違う性質の個体群に分化しているという事実に着目したわけである。さらに、興味深い実験は、オランダで行なわれたもので、バラの温室で大害をなすナミハダニについて、同一種群の中の2種間の交配によつて生じた一代雑種の雄を利用する方法である。すなわち、*Tetranychus urticae* ナミハダニとそれに極めて近似種と思われる *T. cinnabarinus* とを交配させると、その一代雑種の雌は不妊で産卵しないか、産卵しても全くその卵は孵化しない(第7図)。そしてその雄は不和合性である。この不和合性の雄は、生産極めて容易で、100ドルの費用で100万匹生産でき、しかも、5°C, 100% RH の環境では2カ月半保存可能である。このようにして生産した一代雑種の雄を、温室内に放飼すれば、ナミハダニの雌は交尾しても産卵ができず、生息密度は次第に薄められ、絶滅にいたるのである。このような例のように、遺伝学的方法で、細胞質不和合性、雑種不妊、染色体転座、逆位などを利用して、害虫の雄を、雌に対して、その本来の生存の目的にそわない遺伝的素質にもたせて使用するわけで、その害虫の種または雌にとっては、正に雄は天敵としての役割を果たすことになる。優れた品種を造ることに利用されてきた遺伝学には、害虫防除、農業公害を

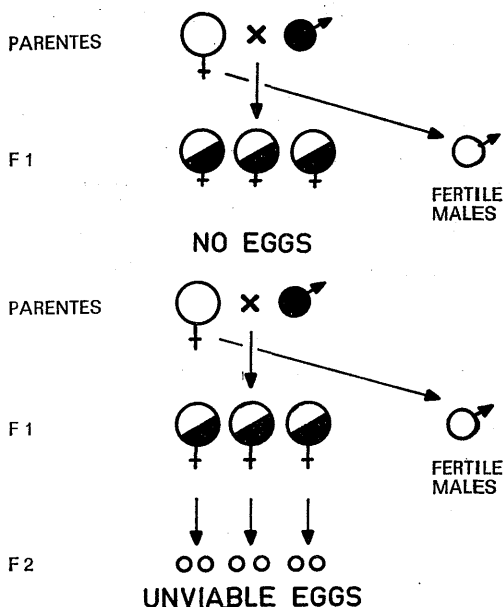
伴わない防除の発展のために、今後は、劣悪な遺伝子の開発利用といった新しい分野での役割が加わってきたといえよう。人造天敵の将来には、大きな期待がもたれる。

### 3. 有用昆虫の積極的利用

昔から、人間は、カイコ、ミツバチその他の昆虫が生産する物質を利用してきた。これら天然資源の利用は、さらに積極的に行なわねばならない。一方、人間が日常生活に、あまり関係がないと思われる昆虫類、害虫と思っている昆虫類にも、まだまだ、その利用を考うる分野が残されている。例えば、水生昆虫の大量生産が可能となれば、魚類の生産に役立つ。家屋の大害虫のシロアリ類も、その害を防ぐことに成功すれば、熱帯の乾燥地で、有機質を分解し、これを大地へ還元する重要な役割をさらに活発にさせよう。前述したように広大な面積の牧場での家畜の排泄する莫大な量の糞の処理には、現在のところ食糞昆虫の力にまつより他に方法がない。濠州政府は、より優れた食糞昆虫の探索に過去数年に亘って多大の研究費を投じてきた。現在、最も能率のよい種として、エンマコガネの1種 *Onthophagus gazella* を大量に生産し、放牧地に放飼し、糞の処理に当たっている。この食糞昆虫4匹の力で100 ccの糞塊を30~40時間内に破壊し、土中に埋没させようので、牧草を枯損から防ぐと共に、糞に発生するハエ類の防除にも役立つ。また、牧草の生長には、食糞昆虫の存在が有利であることも解明された。

### 4. 有益昆虫銀行の設置

早急に必要なのは、天敵銀行 (Natural enemy bank) の設置である。特に、理想的な天敵は、害虫の加害を経済水準以下に制御すれば、天敵自身もその数を激減することになる。そして、ある地域にその天敵が攻撃する害虫が大発生した場合には、必要な天敵を直ちに供給することが困難である。したがって、常時、重要な天敵—その攻撃を受ける害虫の分布が相当に国際的に広い場合—を保存する機関が必要である。そして、そのような天敵を少なくとも100種以上、必要に応じて、最短期間内に供給しうるように、常時備えておくことが望まれる。これには、相当の経費を必要とするので、1国の政府機関ではその維持が困難であろうから、国際食糧農業機関あたりで、天敵銀行を設置し、各国は、毎年その銀行に、預金の形で、一定の経費を銀行に預ける。そして、必要ある時は、必要な天敵を無償でその銀行から配布を受ける仕組みとする。この構想は国際的なものであるが、一地



第8図. ハダニ類における生殖隔離の例。  
♀: *Tetranychus urticae urticae*. ♂: *Tetranychus urticae* complex 中の *Tetranychus cinnabarinus*. これらの交雑によって生じた雌は、全く卵を産まない個体群と胚子の発育しない卵を産む個体群とに分れる。(Helle, 1969)

域で考える場合には、農業団体でこのような機関を設置することも必要である。カリフォルニア州などでその例を見るのである。生物農薬として使いうる天敵の場合も同様な構想の中に入れることができよう。

### 論義および結論

35億の人口の衣食住を確保し、物質文明を開花、維持するために、人間は、これまで、生物の生命を軽視し、生態系の重要さを無視し、人間のみを重視して、自然界、生物圏を自らの手で破壊し汚染してきた。近代農業技術の中で、農薬という大きな武器を駆使して、必然的に発生する害虫を防除し続けて、農産物の増産に大きな貢献をなした。しかし、これは見かけ上の害虫制圧に過ぎず、実は害虫増加のポテンシャルを大きくしてきたもので、農薬万能の農業は、自然の破壊、汚染、公害という形で、そして人間を含めたあらゆる生物の危期の到来という形で、人間にはね返ってきた。害虫を100%殺すことを目標に、化学農薬は加速度的に発達し、その効力は、弱いものから、より強力なものへとエスカレートし、生物圏を汚染、公害の源となし、ほかの、より健全であるべき害虫防除法の

研究・発達を遅らせる結果となつた。また、農学者は、作物以外の植物、水産生物で利用できるもの、家畜、花粉媒介昆虫以外の動物は念頭におかず、自然界の仕組みの深さと意義を追求せず、自然の生態系を無視して、ひたすらその増産に熱中した結果は、これまた自然の荒廃の原因をつくつた。そして、事態は刻々と、**Silent Spring** への道を辿つてきた。

一方、害虫防除研究に従事する学者・技術者の1群は、昆虫である害虫を、昆虫である天敵で防除する、自然の仕組みを利用する方法と取り組んで、今日に及んでいる。この群の研究者は、害虫防除に、農業一辺倒であることには極めて批判的で、農業のもつ **side-effects** を早くから警告し続け、天敵のあらゆる利用の仕方による害虫防除に、徐々に、しかも、着々と成果を挙げてきた。そして、そこでは、自然の破壊、汚染は無く、公害発生も皆無であつた。

農業万能論者の中には、世界において、天敵で害虫を制御できた例は、農業によるそれに比較して、極めて僅少に過ぎないとくに強く指摘する。しかし、生産圏（これらの国々でも、害虫の生物的防除には大いに力を入れている）の諸国を除いて、今日まで、害虫の農業による防除に投資された研究費を100とすれば、天敵利用の生物的防除の研究に投資された額は、僅かに0.3%に過ぎないことを考えれば、このような批判が無意味どころか、むしろ、そのような研究の発展を無意識的に妨げるものであつたことは明らかである。それよりも、自然を賢明に利用した防除法の研究には、まだまだ、残された分野が広大であることを示している。しかも、自然を破壊せず、汚染せず、公害をひき起こさず、理想的に成功すれば、天敵まかせで、永年に亘つて自然防除にもち込み、防除費も永年に亘つて不要となる。これに比較して、強力な農業で防除している害虫を見れば、農業を毎季節、毎年、その害虫発生期に連用しなければ、所期の目的を達成できないのである。しかも、年毎に汚染を蓄積し、公害を増大してゆく。これらのことを考えるならば、たとえば、世界に、天敵のみによつての理想的害虫防除例が多くないにせよ、少なくとも今日まで220以上の例があることは、人類のみならず自然への絶大な貢献と言わざるを得ない。

“**Silent Spring**”なる Carson 女史の著書が公にされた時、その内容は、農業界に深刻な打撃を与えた。それは、自然界の生態系の複雑さ、重要さを無視して、害虫だけを殺す目標としてきたからである。農業万能論者は、早速、Carson 女史をヒステリーとき

めつけ、世界の食糧不足を、農業が如何に大きな力で、救つたかを強調した。最近になつて、自然界の農業による汚染が意外に深刻であり、生物生存の危期を招いていることが、農業研究以外の生態学者、医学者を含めた多くの生物学者から鋭く指摘されるにいたり、はじめて、天敵の重要性、自然生態系再認識が、一般にも重要課題とされてきた。しかし、米合衆国の一部に、最近、非公式に組織された **SOS DDT Association** に類する農業至上思想が、各国に台頭していることも事実である。ここで、特に記しておかねばならない重要なことは、天敵学者も生態学者も、害虫の防除に、農業は不要などは絶対に叫んでいないことである。むしろ、農業研究者には、自然界を汚染することの少ない、生物に公害の少ない、弱い毒性の、残留期間の短い、選択性のある農業、自然保護に反することの少ない農業の研究と開発を、生物学者と協力して行なつてもらいたいことを切望している。天敵のみによる理想的害虫防除は、多く望むことに困難があるので、天敵と農業併用が可能なような農業にとくに期待をもっている。世界に数多くある昆虫学会の中で、会員数の最も多いアメリカ昆虫学会は、害虫防除における従来の農業中心主義を反省し、今後は広い意味での生物的防除に重点をおいて研究すべきことを決議表明している。

私は、本講演において、人間と昆虫類を主材料に、自然が如何にして破壊され、汚染され、公害へ進むかを述べた。その原因を可能な範囲で除去し、改善することこそ、自然保護への道であることを理解されたい。また、自然の利用は、昆虫類のみに例をとつても、如何に広い分野が残されているかについて要約して論じた。今後、これらの研究・開発利用と並んで、人口の管理、物質文明発達の管理（精神文明の発展）が行なわれるならば、やがて近い将来には、地球上の生物圏に、昔のような **Enjoyable Spring** の再来が期待できよう。

なお九州大学農学部昆虫学教室では、初代講座主任の故江崎悌三先生の時代から、その研究の主目標の一つを害虫の天敵研究に置き、今日にいたつた。われわれの研究が、現在から将来にかけて、とくに必要とされる自然の保護と利用に直接関連したものであつたことに慶びを禁じ得ない。ここに、50年に亘つて、教室の研究に、深い理解と暖い援助を惜しまれなかつた九州大学当局、農学部の先輩、同窓、同僚の諸賢に、厚い感謝の意を捧げたい。

## 文 献

(主題に関係ある文献は非常に多いので、ここでは必要の最少限に止めた)

- Anderson, R. J. 1964. Ecological considerations in chemical control - Implications to man. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 10: 74-77.
- Baker, H. G. and P. D. Hurd, Jr. 1968. Interfloral ecology. *Ann. Rev. Entomol.* 13: 385-414.
- Bartlett, B. R. 1961. The influence of ants upon parasites, predators, and scale insects. *J. Econ. Entomol.* 54: 543-550.
- Bates, M. 1964. Ecological considerations in chemical control - Insect in the human ecosystem. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 10: 67-70.
- Becnel, I. J. 1961. Today's three "R's" in entomology: resistance, residues and relations with the public. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 7: 120, 185-186.
- Bohart, G. E. 1970. Commercial production and management of wild bees - a new entomological industry. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 16: 8-9.
- Brown, A. W. A. 1968. Insecticide resistance comes of age. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 14: 3-9.
- Buckley, J. L. 1969. Dispersal of pesticides in the biosphere as seen by an ecologist. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 15: 358-362.
- Callan, E. McC. 1969. Ecology and insect colonization for biological control. *Proc. ecol. Soc. Aust.* 4: 17-31.
- Carson, R. 1963. Silent spring. London, Hamish Hamilton, 304 pp.
- Chandler, R. F., Jr. 1968. The contribution of pest control to high yields of rice. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 14: 133-134.
- Cope, O. B. 1971. Interactions between pesticides and wildlife. *Ann. Rev. Entomol.* 16: 325-364.
- Cope, O. B. and P. F. Springer 1958. Mass control of insects: the effects on fish and wildlife. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 4: 52-56.
- CSIRO 1971. Division of Entomology. Annual report 1969-70, Canberra. 100 pp.
- DeBach, P. 1962. An analysis of success in biological control of insects in the Pacific area. *Proc. Hawaii. ent. Soc.* 18: 69-79.
- DeBach, P. ed. 1964. Biological control of insect pests and weeds. London, Chapman and Hall Ltd. 844 pp.
- Doutt, R. L. 1964. Ecological considerations in chemical control - Implications to nontarget Invertebrates. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 10: 83-88.
- Eppo 1969. Rapport de la conférence internationale OEPP/OILB sur la pou de San José. Publications de l'OEPP, série A, N° 48.
- FAO 1966. Proceedings of the FAO Symposium on integrated pest control, 11-15 October 1965, Rome, 2-3.
- Ferguson, D. E. 1969. The compatible existence of non-target species to pesticides. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 15: 363-366.
- George, J. L. 1964. Ecological considerations in chemical control - Implications to Vertebrate wildlife. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 10: 78-83.
- Helle, W. 1969. New developments towards biological control of the two spotted spider mite by incompatible genes. Rapport de la conférence internationale sur les acariens. Publications de l'OEPP, série A, N° 52: 7-15.
- Hicock, H. W. 1956. Connecticut forests - Asset or liability. *Northeast. Logger* 5: 20-22, 30-33.
- Knipling, E. F. 1959. Screwworm eradication: concepts and research leading to the sterile-male methods. *Smithsonian Report for 1958*: 409-418.
- Laven, H. 1967. Eradication of *Culex pipiens fatigans* through cytoplasmic incompatibility. *Nature* 216: 383-384.
- LeRoux, E. J. 1960. Effects of "modified" and "commercial" spray programs on the fauna of apple orchards in Quebec. *Ann. Ent. Soc. Quebec* 6: 87-121.
- 1964. Ecological considerations in chemical control. - Insect population problems. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 10: 70-74.
- Mackensen, O. and W. P. Nye 1969. Selective breeding of honeybees for alfalfa pollen collection: sixth generation and outcrosses. *J. Apicultural Res.* 8: 9-12.
- Marcovitch, S. 1935. Experimental evidence on the value of strip farming as a method for the natural control of injurious insects with special reference to plant lice. *J. Econ. Entomol.* 28: 62-70.
- McKelvey, J. J., Jr. 1969. Food production, Year 2000: the entomologist's responsibility. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 15: 367-370.
- Mukerji, M. K. and C. F. Hinks 1971. Should DDT be resurrected? *Bull. Ent. Soc. Canada* 3: 24-25.
- 野原啓吾 1970. 柑橘害虫の生物的, 化学的防除に関する研究, 特にヤノネカイガラムシおよびミカンハダニに対する両防除法の併用について. 山口県農業試験場特別研究報告 No. 23, 92 pp.
- OILB 1969. Comptes rendues du 4<sup>e</sup> Symposium



- OILB sur la lutte integree en vergers. A-vignon.
- Patterson, R. S. et al. 1970. Suppression and elimination of an island population of *Culex pipiens fatigans* with sterile males. WHO/VBC/70. 180, 6 pp.
- Pathak, M. D. 1970. Genetics of plants in pest management. Rabb, R. L. and F. E. Guthrie ed.: Concepts of pest management, Raleigh: 138-157.
- Pathak, M. D. et al. 1971. Resistance of rice varieties to striped rice borers. *Int. Rice Res. Inst. Tech. Bull.* 11: 69 pp.
- Pickett, A. D. 1959. Utilization of native parasites and predators. *J. Econ. Entomol.* 52: 1103-1105.
- Rudd, R. L. 1964. Pesticides and the living landscape. The University of Wisconsin Press. 320 pp.
- Smith, H. S. and P. DeBach 1953. Artificial infestation of plants with pest insects as an aid in biological control. *Proc. 7th Pacific Sci. Congr.* 4: 255-259.
- Waterhouse, D. F. 1971. Insects and Australia. *J. aust. ent. Soc.* 10: 154-160.
- Whitten, J. L. 1966. Entomologists, pesticides and the public welfare. *Bull. Entomol. Soc. Amer.* 12: 20-24.
- Wilson, F. 1971. Biotic agents of pest control as an important natural resource. 12 pp. The Central Association of Bee-Keepers, Ilford, Essex.
- 安松京三 1960. 生物的防除の現状と将来. 植物防疫 14: 467-470.
- 1968. 侵入害虫防除に対する天敵利用の企画. 植物防疫 22: 210-213.
- 1970. 天敵—生物制御へのアプローチ. NHK ブックス. 121, 204 pp.
- 安松京三・中尾舜一 1959. ミカンバエの防除に関する研究. II. その経済的防除の確立, 九州大学農学部学芸雑誌 17: 147-166, 1 pl.

### Summary

The destruction of biosphere is caused either by the nature itself or by man's activities (Figs. 1 and 2). Generally, the former is of self-regulatory nature, but the latter has been regarded as the one-way destruction. Man's activities are extremely diverse and have been focused on the improvement of food-production and the utilization of all other kinds of natural resources to support the world-expanding population and on the development of high standard of human civilization by the aid of industrial and scientific evolution. On the other hand, man's efforts have produced many unexpected side-effects as the spoilation of nature, including different types of hazard to all organisms living in the biosphere. This kind of dilemma has become very familiar especially in the man-altered environments or in the so-called human ecosystem. The complicated bad side-effects upon a complex biotic environment (in this paper considerations are made mainly on the insect fauna) — which makes for great stability in the populations of the component species by providing a more complicated system of checks and balance (Fig. 3)— caused by the characteristics of modern agricultural practice may be pronounced as in the following ways (Fig. 4=Fig. 9).

How to conserve the nature is self-explaining from the analysis given above. Based upon the critical review of the acceptable levels of pest damage, pesticides should be used only when needed, and in the minimum quantities required to protect the resources to avoid a great potential of hazard and pollution to the environment harbouring organisms, using less harmful and more selective material. Wherever possible, pesticides should be replaced, or rendered more effective, by alternate methods of pest control — the maximum employment of biotic agents including natural enemies and other biology-based controls that are not likely to promote resistance (for example, cultural methods, plant-varieties resistant to pests, and the use of hormone homologues or pheromones and pheromone homologues), and the integrated forms of control.

The biosphere is keeping the great wealth of beneficial organisms that have supplied varieties of useful products either directly or indirectly to man and have acquired

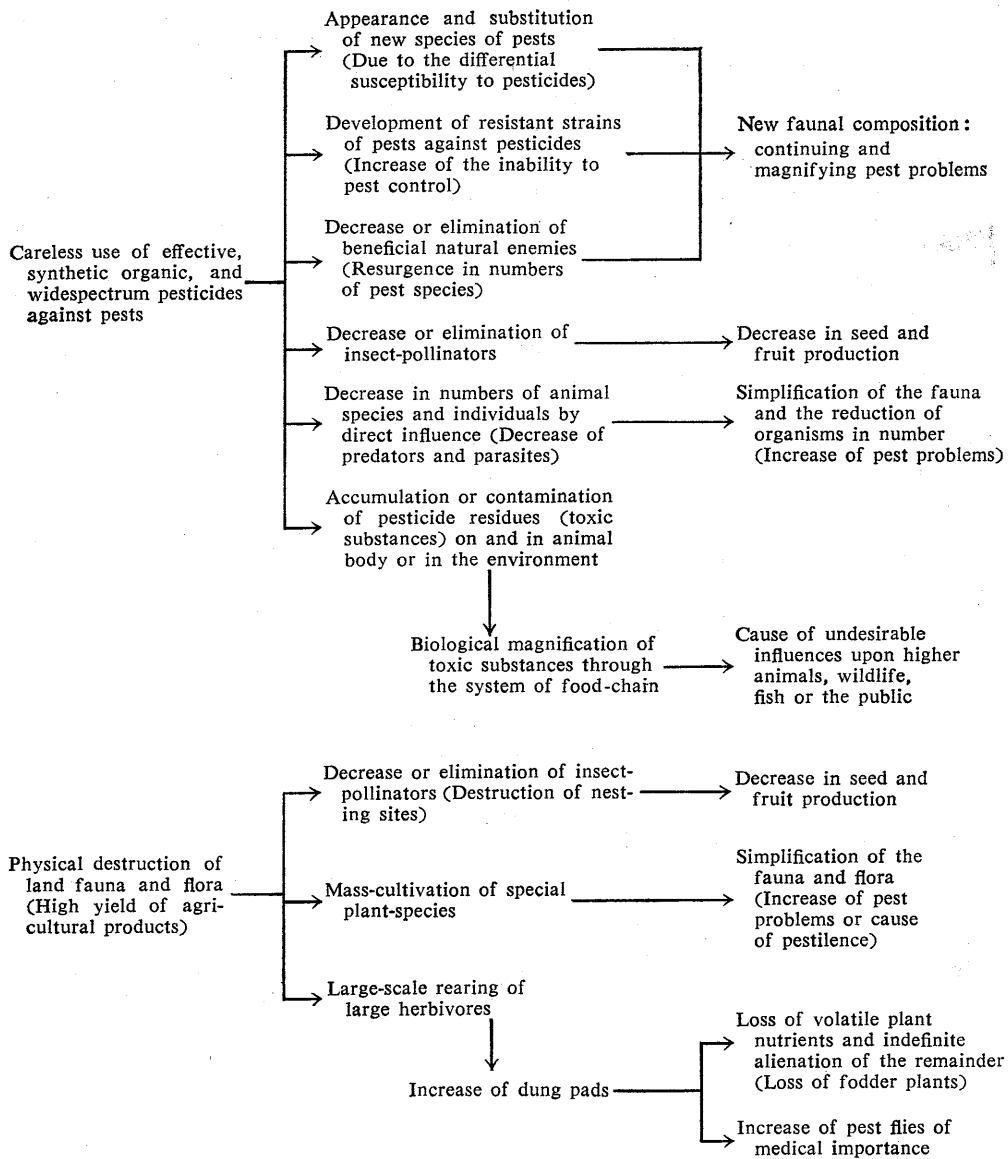


Fig. 9 (=Fig. 4).

through the ages intrinsic capacities to serve population regulatory roles. Therefore, the radical and wise utilization of natural resources has a close connection with the conservation of nature. Further developments in modern agricultural practice should be taken into account not only cheap food, high yield and profitability, but also conservation of nature and satisfactory solution to pest control using innumerable species of insect natural enemies to a considerable extent. The utilization of insect resources may be classified as follows:

*Conservation and multiplication of insect-pollinators to improve yield of agricultural products*

- a. Selection and development of pesticides less toxic to pollinators
- b. Conservation and re-arrangement of nesting-sites of pollinators
- c. Exploitation and selection of more effective pollinators
- d. Artificial mass-production of pollinators

*Positive utilization of beneficial natural enemies*

- a. Exploitation or search for ideal natural enemies
  - $\alpha$ . Search for and utilization of more effective species of natural enemies including host-density independent ones
  - $\beta$ . Search for and utilization of more effective strains of natural enemies within the species
  - $\gamma$ . Search for and utilization of natural enemies of ecological homologue in nature or multiple-species introductions to induce competitive displacement between natural enemies
- b. Conservation of natural enemies and improvement of their effectiveness by combining other methods of pest control (as part of integrated control)
  - $\alpha$ . Harmonized use of natural enemies and pesticides
  - $\beta$ . Use of fertilizers to increase the effectiveness of natural enemies through physiological process
  - $\gamma$ . Selection and breeding of cultivated plants resistant to pest attack to enhance the effectiveness of natural enemies
  - $\delta$ . Environmental modification to conserve and increase the populations between natural enemies
- c. Development and utilization of natural enemies as biotic pesticides
- d. Development and release of man-made natural enemies
  - $\alpha$ . Sterile-male technique by irradiation
  - $\beta$ . Sterile-male technique by chemosterilants
  - $\gamma$ . Application of genetic principles

*Positive utilization of useful insects* — for example, exploitation, mass production and release of dung beetles for dung pads or aquatic insects for fish.

*Establishment of beneficial insect banks* — for example, natural enemy bank for keeping and propagating beneficial natural enemies whenever and wherever necessary. FAO of the United Nations should be responsible to establish and manage such kind of entomological institution or factory.