

BT 剤に対する害虫の抵抗性の特徴と管理

京都工芸繊維大学・ベンチャーラボラトリー たか つか じゅん
高 務 淳

はじめに

害虫は微生物農薬に対して抵抗性を発達させないと考えられていたが (KREIG and LANGENBRUCH, 1981), アメリカにおいて貯蔵穀物の害虫であるノシメダラメイガで *Bacillus thuringiensis* の製剤 (BT 剤) に対する抵抗性発達が報告され (McGAUHEY, 1985), 抵抗性発達の問題は微生物農薬に対する最も大きな脅威として捉えられている。その後、野外に生息する害虫であるコナガにおいても BT 剤に対する抵抗性が顕在化し世界的に大問題となっている (TABASHNIK, 1994)。また、アメリカでは *B. thuringiensis* の δ -内毒素を組み込んだトウモロコシ (BT トウモロコシ) やワタが大規模に作付けされており、抵抗性の管理が最重要課題として研究されている (GOULD, 1998)。

本稿では BT 剤への抵抗性の特徴および、BT 剤を用いる害虫防除の戦略について概説する。昆虫病原微生物

は、特にその安全性と宿主特異性から害虫管理の中の資材として注目されており、世界的に市場は拡大傾向にある。我が国においても微生物農薬登録のためのガイドラインが定められ、農薬として登録される昆虫病原微生物も増えてくるであろう。そこで、*B. thuringiensis* に対する抵抗性を例に、昆虫病原微生物資材に対する抵抗性管理に関する研究が進められていくことを期待する。

I 実際例および特徴——実現遺伝率、遺伝様式、抵抗性の安定性

表-1 は、世界各地で行われた実験室内での抵抗性選抜実験の一部をまとめたものである。抵抗性比は数倍から百数十倍程度になっているが、これは既に抵抗性を発達させている集団をさらに選抜実験に供試している場合を示しているためであり、実際の感受性系統と比較すると、数千倍から数万倍の抵抗性を発達させているものもある。現在、実用場面で BT 剤への抵抗性が問題にな

表-1 *B. thuringiensis* に対する抵抗性選抜実験の結果

昆虫		<i>B. thuringiensis</i>		選抜した世代数	抵抗性比 ^{a)}	実現遺伝率(h ²) ^{b)}	安定性 ^{c)}
種	系統	系統, 毒素					
鱗翅目							
タバコスズメガ	CP 73	Cry I A (b)		14	16	0.17	
		Cry I A (b)			69	—	25
イラクサギンウワバ				7	26	0.19	
コナガ	NO-Q	<i>Kurstaki</i>		9	66	0.17	3
	NO-R	<i>kurstaki</i>		5	15	0.18	
ノシメダラメイガ	RC-688	<i>kurstaki</i>		23	140	0.34	
	343	<i>kurstaki</i>		20	113	0.61	>100
	37-6	<i>kurstaki</i>		20	23	0.28	100
鞘翅目							
コロラドハムシ		<i>tenebrionis</i>		7	8	0.15	11
<i>Chrysomela scripta</i> (ハムシの一種)		CryIII A		24	50	—	
双翅目							
ネットアイシマカ	RIO	<i>israelensis</i>		8	1.8	0.098	
ネットアイエカ	4	<i>israelensis</i>		11	6	—	
		CryIV D		22	15	—	

a) : 抵抗性系統の LC₅₀/感受性系統の LC₅₀。

b) : TABASHNIK (1992) の方法により算出。

c) : 抵抗性が 1/10 に下がるのに要する世代数。

Characteristics of Insect Resistance to Microbial Insecticide, *Bacillus thuringiensis*, and the Resistance Management. By Jun TAKATSUKA

(キーワード: BT 剤, 適応度, 抵抗性, 微生物防除, 抵抗性管理)

っているのはコナガのみであるが、抵抗性発達の可能性の高さをうかがい知ることができる。

1 実現遺伝率

表現型は、遺伝と環境の効果によって現れている。表中の狭義の遺伝率 (h^2) は、表現型のうちどの程度が遺伝的に支配されているのかを表す値である。正確には全表現型分散のうち、選択への応答に貢献する遺伝子の相加的な効果から生じた分散の割合であり、0 から 1 の間の値を取る。一般に抵抗性が発達する速度は、この狭義の遺伝率と選択圧 (何割の個体が薬剤によって死亡するか) に大きく依存する。 h^2 の値が大きいくほど、また、選択圧が大きいくほど抵抗性はより早く発達することになる (図-1)。遺伝率の推定値は、注目している遺伝子の集団中での頻度や環境分散に依存すること、生物検定の方法によっては歪みが生じる等、注意が必要であり、ある種に特定の値ではないし、種間で安易に比較すべきものではない (FALCONER, 1989; ROSENHEIM, 1991)。しかし、問題点を考慮したうえで取り扱うならば抵抗性選抜実験をまとめるよい指標と考えられる。ノシメマダラメイガ

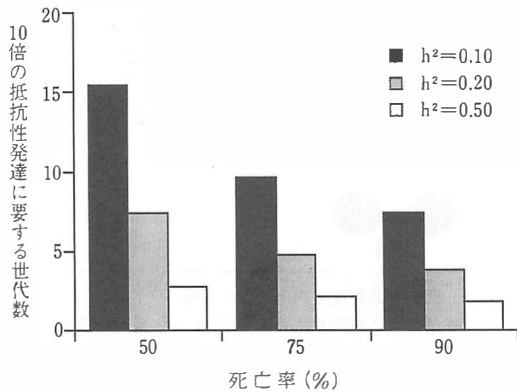


図-1 遺伝率と選択圧が抵抗性発達の速度に与える影響
 h^2 は遺伝率を表す。

で比較の高い遺伝率が推定されているが、これは実験に供試した集団中の抵抗性遺伝子頻度の高さを反映しているのかもしれない。貯蔵環境は *B. thuringiensis* が高頻度で分離される場所として知られており、以前から本菌に起因する流行病が観察されてきた経緯を考えると、元の集団中での抵抗性遺伝子頻度がある程度高まっていたのかもしれない。表-2 は化学農薬に対する抵抗性選抜実験から推定された狭義の遺伝率を示している。表-1 の *B. thuringiensis* の場合と比較して値は高い傾向にある。もちろん安易に比較して結論づけることなどできないが、BT 剤は化学農薬に比較して抵抗性発達の可能性は若干低いのかもしい。これを検討するには、同じ系統の害虫を用いて同じ環境下で直接実験的に十分な反復をもって比較していく必要がある。

2 遺伝様式

BT 剤もしくは *B. thuringiensis* の δ -内毒素に対する抵抗性の遺伝様式は、昆虫種、さらに系統により異なるが、母性効果や伴性遺伝は報告されていない。また、常染色体上の主動遺伝子により支配されている場合が多く報告されている。ノシメマダラメイガの BT 剤 (Dipel®) に対する抵抗性では、常染色体上の 1 個の遺伝子座により支配され、劣性もしくは不完全劣性遺伝をする (McGAUGHEY and BEEMAN, 1988)。タバコスズメガの *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* strain HD-1 に対する抵抗性は、常染色体上の遺伝子座により支配され、不完全優性遺伝をするが、数個の遺伝子座が関与している (SMIS and STONE, 1991)。また、この虫の別の系統の Cry I Ab と Cry I Ac に対する抵抗性は、常染色体上の 1 個か数個の遺伝子座に支配され、不完全劣性遺伝をする。しかし、Cry II A に対する抵抗性の優性度は、上記 2 種の δ -内毒素に対する抵抗性の遺伝よりも高い (GOULD et al., 1992)。コナガにおいては、*B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* に対する抵抗性は、常染色体上の 1 個か数個の

表-2 化学殺虫剤に対する抵抗性選抜実験から評価した実現遺伝率 (h^2)

昆虫	農薬名	分類	実現遺伝率 (h^2)
鱗翅目			
タバコスズメガ	Cypermethrin	ピレスロイド系	0.85
コナガ	Phenthoate (PAP)	有機リン系	0.42
	Fhenvalerate	有機塩素系	0.20
鞘翅目			
コクゾウムシ	Pirimiphos-methyl	有機リン系	0.47
双翅目			
ネッタイエカ	Temephos	有機リン系	0.40
同翅目			
オンシツコナジラミ	Dicrotophos	有機リン系	0.35

遺伝子座により支配され、劣性もしくは不完全劣性遺伝をすることが知られており、世界各国で共通している (HAMA et al., 1992; TABASHNIK et al., 1992; MARTINEZ-RAMIREZ et al., 1995; TANG et al., 1997)。コロラドハムシの Cry III A に対する抵抗性は、常染色体上の遺伝子座により支配され、不完全優性遺伝をする。また、アノメイガの仲間の *Ostrinia nubilalis* の Dipel® に対する抵抗性は常染色体上の1個か数個の遺伝子座により支配され、不完全優性遺伝をする (HUANG et al., 1999)。後述もするが、抵抗性が優性遺伝をすることは抵抗性管理において非常な驚異である。特に、BT トウモロコシが大規模に栽培されている現状では、トウモロコシの害虫である *O. nubilalis* において報告された優性遺伝は現実直面している驚異であろう。

3 安定性

表-1の安定性の数値は、選抜をやめた場合に抵抗性のレベルが10分の1に下がるのに要する世代数を示している。ノシメダグラメイガのように100世代以上要するものから、コナガのように3世代しかない不安定なものまでである。

一般に、選択した形質が不安定になる原因は、選択に相関した反応として選択のない場合の適応度が低くなっていることに起因する。適応度とは1接合体から見ると、自分の子である受精卵の数であり、接合体が発生してから自分の子である受精卵ができるまでのすべての事象、例えば孵化率や生存率、交尾成功率、産卵数などはすべて適応度の要素である。図-2は、抵抗性の進化と適応度との関連を模式的に示したものである。個体が、生存、産卵、薬剤抵抗性等を推進力として子孫を繁栄させていくことを図では上昇していくように表している。また、図中では抵抗性の個体は、それと引き替えに生存、繁殖力が劣るとして、コスト（重荷）を背負わせている。薬剤による選択圧が大ききときには、抵抗性系統はコストにもかかわらずどんどん上昇していくが、感受性系統は薬剤による大きな死亡のために、抵抗性系統のように上昇できない。逆に、薬剤による選択圧が小さいときには、抵抗性系統はコストのために上昇できないが、感受性系統はどんどん上昇していく。このように、抵抗性の度合いと適応度形質とのバランスを量的に評価することが、抵抗性を管理する上で重要である。図-3は、抵抗性遺伝子をコナガのように劣性としたときそのホモ接合体、すなわち、抵抗性個体のBT剤による選択圧のない場合の頻度変化を表している。適応度、初期頻度が低いほど急速に減少しているのがわかる。もし初期頻度が1、すなわち、抵抗性に関して均一な集団であ

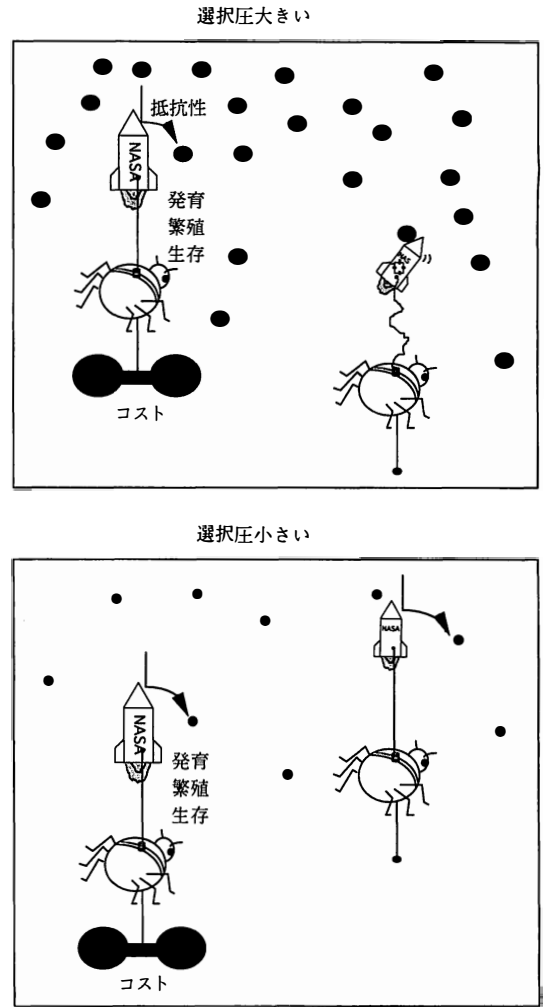


図-2 抵抗性の発達と適応度との関係

薬剤による選択圧を雨粒（黒丸）に例えて描写しており、雨粒が大きい程、選択圧が大きき。高度抵抗性個体（図中の左の個体）は、雨粒をはね除けることができるが、大きな重荷（コスト）を背負っている。詳細な説明は、本文に記述した。

ればこのような頻度の減少はない。つまり、抵抗性と感受性遺伝子の混ざり合った集団では、抵抗性個体の適応度の低下が不安定な抵抗性を引き起こす。実際に *B. thuringiensis* に対して抵抗性のコナガでは、*B. thuringiensis* による選択のない場合、卵から成虫までの生存率、産卵数、孵化卵率、雄の交尾成功率が感受性系統に比較して低かった (GROETERS et al., 1993; 1994)。コナガの不安定な抵抗性は抵抗性個体の適応度の低さに帰せられると考えられている。これに対してタバコスズメガでは、幼虫の生存率と体重はBT剤抵抗性系統と感受性系統との間に差は認められなかった (GOULD and

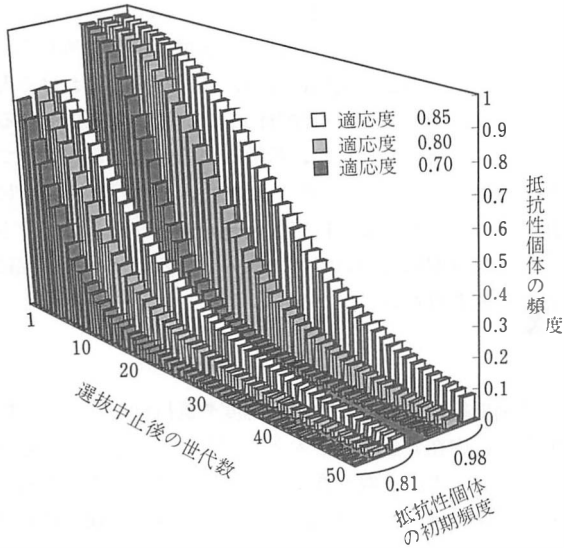


図-3 BT 剤による選抜中止後の抵抗性個体の頻度変化へ及ぼす適応度と抵抗性個体初期頻度の影響
抵抗性遺伝子は完全劣性と仮定した。

ANDERSON, 1991)。この場合、調べられたパラメータが少なく系統間に適応度の差異があるかどうかはなお検討が必要である。また、コロラドハムシにおいて、抵抗性系統は感受性系統に比べて幼虫の発育遅延、幼虫体重の減少、産卵数の減少が報告されている (TRISYONO and WHALOW, 1997)。これまでのところ、*B. thuringiensis* に対する抵抗性の研究において、抵抗性および感受性系統間で適応度の差異がよく検討され、安定性との関係で論じられているものがコナガでの研究例以外にない。表-1 のノシメダラメイガやタバコスズメガ抵抗性の形質が安定的に維持される原因について確固とした説明はできない。今後は、これらの昆虫において、抵抗性の発達に関連した形質としての適応度の研究が必要である。

さて、このような選抜に関連した適応度の低下が起こる原因は何であろうか。一般に選抜を受けた対立遺伝子の多面発現か、選抜を受けた対立遺伝子と他の形質に影響する遺伝子座との間の連鎖不平衡であると考えられる。多面発現とは1遺伝子が二つ以上の表現形に効果をもつことである。また、連鎖不平衡とは遺伝子座の遺伝子頻度が他の遺伝子座の頻度とは独立には変化しないことである。1遺伝子座での遺伝子が個体の適応度に及ぼす影響は、他の遺伝子座にどの対立遺伝子があるかで違うかもしれない。また、二つの遺伝子座が連鎖していれば、一方の遺伝子座での遺伝子頻度の変化はもう一方での頻度変化を引き起こすかもしれない。*B. thuringiensis* の場合、その殺虫機構は一義的には δ -内毒素と宿主

の中腸上皮細胞の受容体との相互作用であり、ノシメダラメイガやコナガの抵抗性獲得の機構はこの受容体の変化によると考えられている。最近、受容体の正体が説き明かされつつあるが、それは正常な生理活動に必須の分子であり、その変化は直接、宿主の正常な発育に影響するであろう。すなわち、受容体に関与する遺伝子の多面発現により説明できるかもしれない。

II 防除戦略

1 数種の BT 毒素の混用

B. thuringiensis の産生する δ -内毒素は、タンパク質の1次構造から数種類に分けられており、普通一つの菌株は複数の毒素を産生する。理論的には、ある δ -内毒素に対する抵抗性遺伝子が集団中に低頻度でしか存在しないのであれば、複数の δ -内毒素に対して抵抗性をもつ個体は著しく少ないであろうから、複数の δ -内毒素を使用することによって抵抗性の発達を遅らせることができるはずである。この場合、重要なのはそれぞれの δ -内毒素の間に交差抵抗性がないことである。タバコスズメガでは δ -内毒素に対して幅広い交差抵抗性を示すことが知られているので、本種のような害虫では、 δ -内毒素の混用は無意味な戦略であろう。では、実際に交差抵抗性のない δ -内毒素を使用すれば抵抗性の発達を遅らせることができるのであろうか。残念ながらコナガやノシメダラメイガでは、たとえ交差抵抗性がない δ -内毒素を使用してもたやすく抵抗性が発達することを示している (McGAUGHEY and JOHNSON, 1992; TABASHNIK et al., 1993)。この原因として δ -内毒素に対する抵抗性遺伝子頻度が予想以上に高いことが考えられる (TABASHNIK et al., 1997)。一方、ネッタイエカにおいては、*B. thuringiensis* subsp. *israelensis* の産生する混合毒素で選択した場合よりも、その毒素のうちのCry IV Dのみで選択した方が抵抗性発達が早かった (GEORGHIOU and WIRTH, 1997)。この場合、上の理論がうまく適用できるかもしれない。

2 ローテーション

数種の薬剤を交互に使用していくこの方法は次の仮定に基づいている。すなわち、ある薬剤に対する抵抗性個体の頻度が次の薬剤を使用している間に低下することが必要である。当然のことながら、交差抵抗性を示す薬剤の使用は推薦できない。抵抗性の発達を遅らせるためには前出のコナガの場合で見えたように、抵抗性に伴う適応度の低下 (すなわち、それに起因する不安定な抵抗性) が見られるような場合には、この方法は特に有用であると考えられるが、実際にこの方法を使用するに当た

って、上の仮定を崩さない薬剤の選別が必要不可欠である。

3 不均一に散布する

この方法は端的にいうと、薬剤散布区(地域, 時期)と無散布区(地域, 時期)を作るという、いわば、パッチ状に散布する方法である。この方法は理論的にも実験的にも、そして間接的な観察結果からも指示されている(TABASHNIK et al., 1990; GOULD and ANDERSON, 1991; SCHWARTZ et al., 1991; ALSTAD and ANDOW, 1995)。理屈は次のようなものである。不均一に散布することによって、全面散布するよりも必然的に選択圧を低く抑さえることになり、抵抗性の発達を遅らせることができるはずであるというのである。いま、A区を散布区、B区を無散布区とする。毎世代A区に害虫集団中のある割合 e が生息し、そこでの個体の適応度を W_a とする。B区には $(1-e)$ の割合が生息することになり、そこでの適応度を W_b とする。すると害虫集団の平均適応度 W は $W = eW_a + (1-e)W_b$ となる。抵抗性が発達するには、抵抗性が発達することにより、集団の平均適応度の変化量 ΔW が0を超えなければならない。すなわち、 $e\Delta W_a + (1-e)\Delta W_b > 0$ 。いま、抵抗性の発達は薬剤からの死亡を減ずるため、A区のみで適応度を上げるとすると、抵抗性発達の条件は $e\Delta W_a + (1-e)W_b > 0$ となる。すなわち、集団の平均適応度の増加分はA区に生息している害虫集団の割合 e に比例する。これが低い割合だと集団の平均適応度もさほど変化せず、選択の強度は小さくなる。ここで、 $e=1$ 、すなわち全面散布を考えると答えは明確である。次に、上で取り上げたように抵抗性と適応度の間にトレードオフ(ある形質値が増加すると他の形質値が減少する現象)があるとすると、 $\Delta W_a > 0$ ならば $\Delta W_b < 0$ となる。すなわち、 e が低いとそれだけ害虫集団の平均適応度は増加しにくくなり、選択の強度は小さくなる。これが大まかな理屈であるが、この方法も当然、抵抗性の遺伝様式に大きく左右される。いま、Rを抵抗性に関与する対立遺伝子、Sを感受性の対立遺伝子とする。完全劣性遺伝を仮定すると、A区において適応度の増加に寄与するのは、RR個体だけであり、RS、SS個体は感受性なので寄与しない。しかし、不完全劣性遺伝の場合は、RS個体もある程度抵抗性なので、適応度の増加に寄与することになる。抵抗性の優性度が高くなるに従ってRS個体のA区における適応度の増加への寄与度が高くなる。すなわち、優性度が高くなるに従ってA区で適応度を上げる個体の割合が増加するため、抵抗性は発達しやすくなる。RS個体の抵抗性発達への寄与を帳消しにするには、RS個体

も殺すほどの高濃度のBT剤を散布すればよいが、抵抗性の優性度が高い場合にはこの効果は著しく薄れる。その他、この方法の成功は散布、非散布区間における害虫の移動や害虫集団の交配様式にも大きく左右される(PECK et al., 1999)。また、無散布区の作物への被害について検討しなければならない。また、どれほど不均一に散布すればどれくらい抵抗性発達を遅らせることができるかという問題については、今のところ理論的な研究に頼らざるを得ない。

おわりに

薬剤抵抗性の発達には、適応度や抵抗性の遺伝等の標的害虫に内在する特徴が大きく関与していることを述べてきたが、害虫を取り巻く環境によっても大きく左右される。例えば、天敵は標的害虫の抵抗性の発達を遅らせることも早めることもある(GOUND et al., 1991; JOHNSON and GOULD, 1992; BOTTRELL et al., 1997; JOHNSON, 1997; JOHNSON et al., 1997 a, b; Lu et al., 1997; CHILCUTT and TABASHNIK, 1999)。天敵に対する感受性も適応度の要素であり、抵抗性発達の速度は天敵と標的害虫との生態学的な相互作用の詳細に依存する。端的には、抵抗性系統が感受性系統よりも天敵による死亡を大きく被る場合には、抵抗性の発達は遅くなり、その逆だと早くなるかもしれない。抵抗性の管理は、いつでもどこでも同一に行うのではなく、害虫を取り巻く環境を詳細に調査した上で行う必要がある。

最後に、本稿の草稿に目を通していただき、有益なご助言を賜った東京農工大学国見裕久教授に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) ALSTAD, D. N. and D. A. ANDOW (1995): Science 268: 1394~1396.
- 2) BOTTRELL, D. G. et al. (1997): Ann. Rev. Entomol. 43: 347~367.
- 3) CHILCUTT, C. F. and B. E. TABASHNIK (1999): Environ. Entomol. 28: 505~512.
- 4) FALCONER, D. S. (1989): Introduction to quantitative genetics, 3rd ed., Longman, Essex. 438 pp.
- 5) GEORGHIOU, G. P. and M. C. WIRTH (1997): Appl. Environ. Microbiol. 63: 1095~1101.
- 6) GOULD, F. (1998): Ann. Rev. Entomol. 43: 701~726.
- 7) ——— and A. ANDERSON (1991): Environ. Entomol. 20: 30~38.
- 8) ——— et al. (1991): Entomol. exp. appl. 58: 1~14.
- 9) ——— et al. (1992): Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89: 7986~7988.
- 10) GROETERS, F. R. et al. (1993): J. Econ. Entomol. 86: 1035~1039.
- 11) ——— et al. (1994): Evolution 48: 197~201.
- 12) HAMA, H. et al. (1992): Appl. Entomol. Zool. 27: 355~362.

- 13) HUANG, F. et al. (1999) : Science 284 : 965~967.
 14) JOHNSON, M. T. (1997) : Environ. Entomol. 26 : 207~214.
 15) ——— et al. (1997 a) : Entomol. exp. Appl. 82 : 219~230.
 16) ——— et al. (1997 b) : ibid. 83 : 121~135.
 17) ——— and F. GOULD (1992) : Environ. Entomol. 21 : 586~597.
 18) KRIEG, A. and G. A. LANGENBRUCH (1981) : Microbial control of pests and plant diseases 1970~1980 (H. D. BURGESS ed.), Academic Press, New York, pp. 837~898.
 19) LU, W. et al. (1997) : Entomol. Exp. Appl. 81 : 7~14.
 20) MARTINEZ-RAMIREZ, A. C. et al. (1995) : Pestic. Sci. 43 : 115~120.
 21) MCGAUGHEY, W. H. (1985) : Science 229 : 193~194.
 22) ——— and D. E. JOHNSON (1992) : J. Econ. Entomol. 85 : 1594~1600.
 23) ——— and R. W. BEEMAN (1988) : ibid. 81 : 28~33.
 24) PECK, S. L. et al. (1999) : J. Econ. Entomol. 92 : 1~16.
 25) ROSENHEIM, J. A. (1991) : Entomol. Exp. Appl. 58 : 93~97.
 26) SCHWARTZ, J. M. et al. (1991) : ibid. 61 : 179~187.
 27) SMIS, S. R. and T. B. STONE (1991) : J. Invertebr. Pathol. 57 : 206~210.
 28) TABASHNIK, B. E. (1994) : Ann. Rev. Entomol. 39 : 47~79.
 29) ——— (1992) : J. Econ. Entomol. 85 : 1551~1559.
 30) ——— et al. (1997) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94 : 1640~1644.
 31) ——— et al. (1993) : Appl. Environ. Microbiol. 59 : 1332~1335.
 32) ——— et al. (1992) : J. Econ. Entomol. 85 : 1046~1055.
 33) ——— et al. (1990) : ibid. 83 : 1177~1183.
 34) TRISYONO, A. and M. E. WHALOW (1997) : ibid. 90 : 267~271.

書評

「微生物農薬」

—環境保全型農業をめざして—

山田昌雄 編著

A 5 版, 228 ページ, 定価 (3,000 円+税)

(株)全国農村教育協会 (2000 年 3 月) 発行

1998 年 7 月, 食料・農業・農村基本法の成立を受けて 99 年 12 月には「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律 (持続農業法)」が施行された。わが国の農業を環境に対して負荷が少なく, 将来に亘って持続的なものに変えていくことが, 待ったなしの情勢となっている。

そのための施策として以前から生物防除や総合防除が提唱されてきたが, その裏付けとなる化学合成農薬に替わる資材は少なかった。ここに来て病害虫防除の一翼を担う有力な「微生物農薬」が開発・登録されるようになった。本書は, まさに時宜に叶った我が国初めての「微生物農薬」の解説書であり, その概要を知るのに誠に最適な書物である。

編者の山田昌雄氏は農水省の研究機関で永くイネいもち病とくにいもち病菌の系統に関する研究で成果を挙げられた方で, 日本たばこ産業 (JT) 顧問として微生物除草剤開発の指導をしてこられた。その人脈の広さの故に, これまでに開発・登録された除草剤「キャンペリコ」, 殺虫剤「BT 剤」・「芝布ネマ」・「バイオリサ・カミキリ」, 殺菌剤「ボトキラー」・「バイオキーパー」等

について, 直接開発に携わった研究者の協力を得てその開発物語が展開されている。微生物農薬については, 農水省が新たに「微生物農薬ガイドライン」を作成したことからもわかるように, 微生物の探索—培養条件の検討—効果試験—毒性試験—製剤化—登録からユーザーに対する周知・宣伝にいたるまで, 従来の化学合成農薬とは異なった苦労があったと思われるが, そのノウハウが生々しく語られており, これから微生物農薬の開発を志す人にとって大いに参考になる。

開発物語とは別に章を設けて, 微生物農薬の定義, 農薬として世に出すまでの各段階における留意点, 微生物農薬の効用のみならずその限界についても解説している。微生物の特性の中の糸状菌の解説では, 従来の無味乾燥な説明ではなく, 生物機能を有する生命体としての糸状菌の姿が描かれており, 巻末に付けられた用語解説とともに科学を庶民のものにしようとする編著者の熱意がうかがわれ, 読みやすい啓蒙書となっている。

また微生物農薬以外の各種の生物防除法が紹介され, 環境保全型農業との関連が述べられている。その一つである微生物農薬は, 従来の化学合成農薬に取って替わるものとしてではなく, 自然環境への負荷を最小限にとどめ, 人類の食料である農作物を生産するための病害虫防除剤の一つとして, 化学合成農薬と補完し合いながら使用されるべきものであり, 今後更に発展すべき分野であるとの編著者の信念が述べられている。

農業・病害虫防除に携わっている人々はもちろん, 毎日健康を維持するために農作物を口にする消費者の方々にも一読をお薦めしたい。
(山口 昭)