

- 28) de Barjac, H., Riou, J. Y. : *Rev. Pathol. Comp. Méd, Exp.*, **69** Année, 367 (1969).
- 29) Šebesta, K., Horská, K. : *Biochem. Biophys. Acta.*, **169**, 281 (1968).
- 30) Šebesta, K., Horská, K., Vaňková, J. : *Coll. Czech. Chem. Commun.*, **34**, 1786, (1969).
- 31) Cantwell, G. E., Knox, D. A., Lehnert, T., Michael, A. S. : *J. Invert. Pathol.*, **8**, 228 (1966).
- 32) Norris, J. R. : *The Bacterial Spore*, (Gould, G. W., Hurst, A.), 485, Academic Press, New York and London (1969).
- 33) Lamanna, C., Jones, L. : *J. Bactriol.*, **85**, 532 (1963).
- 34) Steinhilber, E. A. : *J. Econ. Ent.*, **52**, 506 (1959).
- 35) Heimpel, A. M. : *Microbial Control of Insect and Mites*, (Burgess, H. D., Hussey, N. W.), 469, Academic Press, New York and London (1971).
- 36) Harvey, J. L. : *U. S. Federal Register*, **25**, 3207 (1960).
- 37) Duggan, R. E. : *U. S. Federal Register*, **35** (1970).

III 日本における殺虫性細菌製剤の開発

鮎沢 啓夫・藤吉 宣男*

九州大学農学部生物的防除研究施設・*西武化学工業KK応用微生物研究室

Development of Bacterial Insecticides in Japan

Keio Aizawa and Nobuo Fujiyoshi*

Institute of Biological Control, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka ; *Applied Microbiology Laboratory, Seibu Chemical Industry Co. Ltd, Onishi-machi, Tano-gun, Gunma.

1. *Bacillus moritai* を主材とする製剤

Bacillus moritai (以下 BM と略す) は1962年に土壌より分離された *Bacillus cereus* に近縁の細菌であるが、レンチナーゼ産生、でん粉の水解性が陰性であり、かつイエバエに対して特異的な殺虫作用をもつことから、これは *Bacillus moritai* Aizawa and Fujiyoshi と命名された¹⁾。

BM はハエ幼虫に対してのみ病原性を示す。イエバエに対する効果は芽胞濃度に比例し、ハエ幼虫飼養基 1 g 当り 6×10^6 個以上の芽胞数を含んでいればハエ防除効果が示された。またダイアジノン抵抗性のイエバエ幼虫に対しても同等の効果がみとめられた。イエバエだけでなくサシバエ、キンバエ、ヒメクロバエなどが BM に対して感受性であったが、ニクバエは感受性を示さなかった。

飼育カゴにハエ幼虫飼養基を入れ、これに一定数の妊娠成虫を放飼して産卵させたモデル試験の結果、ハエ幼虫飼養基 1 g 当り 10^7 個の芽胞が含まれると、成虫の発生は90~99%抑制された。羽化率(蛹から成虫

になる割合)は無処理区で70~80%, 処理区で1~10%, また奇形ハエ発生率は無処理区で2%, 処理区で47~58%であった。さらに処理区の生き残った成虫の産卵能力は低下していた。

殺虫作用の発現には芽胞がイエバエ幼虫に食下される必要があり、培養液は毒性をほとんど示さなかった。殺虫機構についてはまだ不明の点が残されているが、食下された細菌は幼虫の体内で増殖し、その増殖過程において何らかの毒素が産生され、それがハエの変態生理を阻害し、結果として羽化抑制、奇形ハエ発生の現象が生ずるのではないかと推察される。

BM を家畜に経口投与した場合、消化管中で増殖も死滅もすることなく排泄されかつ殺虫活性を維持していること、動物に長期間添食しても影響のないことから、あらかじめ家畜飼料に BM を混ぜ芽胞を糞と共に排泄させ家畜の糞に発生するハエを防除する方法も開発された。

BM 製剤は西武化学工業と住友化学工業によって開発されており、ラピルス M という製品名で1969年10月に農林省動物医薬品として許可された。10D は散布用

で製剤 1 g 中に 10^9 個の芽胞を含み 1 m² 当り 250 g 散布する。20D は 1 g 中に 2×10^9 個の芽胞を含み養鶏・養豚飼料に 1~2% の割合で添加給餌することになっている。

2. わが国における *Bacillus thuringiensis* 製剤の再開発

1901年石渡繁胤博士がカイコの軟化病から病原細菌として 1 種の芽胞細菌を分離し病名を卒倒病、細菌を卒倒 (病) 菌と命名したが、これが世界における最初の *Bacillus thuringiensis* (以下 BT と略す) の分離であり、カイコに対する毒素が産生されることもいち早く予知された²⁾。この細菌は *Bacillus sotto* Ishiwata とよばれ野外昆虫に対する病原性も調べられたが³⁾、この時点ではカイコの病原細菌としての立場がとられていた。

1959年外国の BT 製剤が試験的にわが国に輸入され害虫のほかカイコやミツバチに対する影響が調べられたが、カイコへの毒性が考慮され植物防疫法の「有害植物」の適用をうけ外国産 BT 製剤は輸入禁止品とされた。わが国においては BT 製剤を散布した場合の養蚕におよぼす影響を十分検討しなければならない特殊な背景があった。そのために行なわれた試験結果についてのべたい。

i) わが国における BT の分布：わが国における BT の分布は1960年ごろより調査された。各地の養蚕農家の塵埃中からカイコに対してもっとも強い毒性を示す BT 株が頻繁にかつ量的に少なからず検出された⁴⁾。その後の調査⁵⁻⁷⁾ によって BT はわが国にしかも養蚕農家の塵埃に広く分布していることが明らかにされた。わが国には var. *sotto*, var. *dendrolimus* のほか var. *aizawai* が優勢に分布するが、var. *alesti*, var. *thuringiensis* に属する BT 株も検出されている。BT が少なからず検出されたにもかかわらず BT 検出率と違作との関係は必ずしも平行しなかった。

ii) BT の死滅と消毒：BT の芽胞は昇汞、ホルマリンなどの消毒薬によって死滅し、結晶性毒素はホルマリンによって容易に失活する^{8,9)}。現在、養蚕農家においてはカイコの飼育前に蚕室、蚕具のホルマリン消毒を行なっているが、これは BT 芽胞の死滅、結晶性毒素の失活にとってきわめて有効な処置である。BT による養蚕農家の被害はホルマリン消毒によって防ぐことができ、それは高須ら⁹⁾ によって実証されている。

iii) 土壌における BT の蓄積と定着：BT 製剤の散布によって長い間には桑園土壌における BT の蓄積や

土壌への定着の可能性がある、このことが再び養蚕に影響をおよぼすのではないかと懸念が生じる。土壌中の BT の消長については Saleh ら¹⁰⁾ の報告があり、有機物が存在する土壌では、酸性 (pH 5) の場合 BT は土壌微生物との競合により死滅するが、中性 (pH 6.3~7.3) においては増殖し芽胞を形成する。有機物の少ない土壌ではそのまま生存するという。滅菌土壌 (とくに水田土壌) においては増殖することがある¹¹⁾ が、無処理土壌では一般には漸次減少していく。このことは他の微生物との競合やその他の要因により BT は土壌に容易に定着するものではないことを示唆している。

iv) カイコ死体における BT の増殖：BT 製剤散布が養蚕において問題になる 1 つの理由としてカイコ死体における BT の増殖 (芽胞および結晶性毒素の再生産) がある。BT 製剤を害虫防除に利用する場合、現状では桑園に散布するわけではないので、カイコ死体における BT の増殖の検討に際しては少量の芽胞摂取という条件をまず考慮する必要がある。4~5 令のカイコに数10~百数10個の芽胞を飲下させカイコを殺した場合、死体においては栄養型細胞の増殖はみられたが芽胞の形成はおきにくかった^{8,12)}。一般に *B. cereus* 群の細菌は昆虫の死体で芽胞形成はおきにくいとされている¹³⁾。

v) 桑葉における BT の残留：BT 製剤を桑に直接散布しても日光や気象などの条件により 2 週間後にはカイコに製剤散布桑葉を食下させても毒性は示されない程度になる^{14,15)} という報告がある。

vi) 抵抗性品種：蚕品種によって BT 抵抗性に差があることが明らかにされた⁹⁾。現行品種では豊年×研白は共栄×新白および錦秋×鐘和の 2.5~3.8 倍の抵抗力を示した¹⁶⁾。

vii) カイコに低毒性の BT の選抜・育成：選抜、紫外線照射、溶原フェージの利用、培養方法の改変などによってカイコには低毒でかつ害虫に対して強毒性の菌株の選抜ならびに育成がなされた¹⁾。その結果えられた菌株のカイコ毒性はアオムシ、コナガ、アメリカシロヒトリに対する毒性の 1/100~1/1,000 程度となった。

以上の結果を含め、BT 製剤の散布によって流行病をおこす可能性はまず期待されないと一般に考えられている (たとえば Tanada¹⁷⁾)。

これらの試験結果の蓄積と相まって微生物殺虫剤の必要性に対する機運もようやく高まり1970年には一部野外試験が実施された。1971年1月には農林省植物防疫課の通達により外国産 BT 製剤は輸入禁止品から解

除されたので、国産 BT 製剤および輸入 BT 製剤の委託試験が実施されはじめた。1972年3月には植物防疫協会に BT 剤研究会（基本問題、ミツバチ、カイコ、効力、人畜毒性の5部会で構成されている）が設置され、メーカー17社も参画し広い角度から実用化にむかって検討が進められている。1972年には9社11製剤が委託試験に供せられ、森林害虫に対しては試験的に航空散布も行なわれた。

現在数多くの試験が行なわれているが、それによると感受性の高い害虫としてアオムシ、コナガ、ギンウワバ、タバコガ、イネツトムシ、森林ハマキ類、アメリカシロヒトリなどがあげられる。アブラムシ、モモシンクイガ、キンモンホソガなどは BT に対して感受性でないヨトウ、ハズモンヨトウ、ハバチ類の感受性は菌株の系統によって大きく異なっている結果もえられている。

文 献

- 1) Aizawa, K., Fujiyoshi, N. : *Proc. U. S.-Japan Seminar Microbial Control*, Fukuoka, 79 (1968).
- 2) 石渡：大日本蚕糸会報, No. 114, 1 (1901).
- 3) 山内：佐久良会雑誌, №19, 16 (1926)
- 4) 鮎沢, 高須, 倉田：日蚕雑, **30**, 451 (1961).
- 5) 石川, 林田, 井川：日蚕雑, **33**, 480 (1964).
- 6) 石川, 沖野：愛知蚕試報, №17, 135 (1969).
- 7) 小野：埼玉蚕試報, №40, 125 (1968).
- 8) 鮎沢, 河原畑, 佐藤：日蚕雑, **31**, 253 (1962).
- 9) 高須, 高橋, 倉田：蚕糸研究, №41, 38(1962).
- 10) Saleh, S. M., Harris, R. F., Allen, O. N. : *Can. J. Microbiol.*, **16**, 677 (1970).
- 11) 松本, 鮎沢：九州蚕糸, №2, 68 (1971).
- 12) 鮎沢, 藤吉：日蚕雑, **33**, 399 (1964).
- 13) Smirnoff, W. A., Heimpel, A. M. : *J. Insect Pathol.*, **3**, 403 (1961).
- 14) 楠野：昆虫病理談話会報, №18, 6 (1971).
- 15) 石川, 小嶋：未発表
- 16) 藤吉, 前田：未発表
- 17) Tanada, Y. : *Insect Pathology, An Advanced Treatise*, (Steinhaus, E. A.), Vol. **2**, 423, Academic Press, New York and London (1963).

IV 日本における *Bacillus thuringiensis* 製剤の利用とその展望

上住 泰

奈良県農業試験場

Prospective Utilization of *Bacillus thuringiensis* Preparations in Japan

Yasushi Uesumi

Nara Prefectural Agricultural Experiment Station, Kashihara-shi, Nara.

1. *Bacillus thuringiensis* 製剤利用の現況とその背景

Bacillus thuringiensis (以下 BT と略す) 製剤による害虫防除は、わが国でも実験室内で試みられていたが、養蚕に対する配慮から、野外における実用効果の検討は全くなされていなかった。¹⁻⁵⁾ 筆者は BT 製剤の特性にはやくから注目し、研究環境が養蚕への影響を考慮しなくてもよい条件におかれていたため、1970年わが国においては最初の野外実験を実施した。^{6,7)} 1972年には日本植物防疫協会に BT 剤研究会が設けられ、全国的な規模のもとに試験が行なわれるようにな

った。これは従来の化学殺虫剤に関する防除試験と比較して、その規模、内容からみてきわめて大がかりな組織のもとになされているが、この研究にたずさわる多くの人々の意欲がいかに大きいものであるかを如実に示している。

BT は鱗翅目を中心とする昆虫のみに作用し、選択性の強い細菌である。⁸⁻¹⁰⁾ 農作物害虫の中では、とくに鱗翅目害虫による被害の大きい野菜類についての実験例が多いが、ほかに果樹、茶、イネ、牧草、樹木などの鱗翅目害虫についてもその利用が試みられている。¹¹⁻¹³⁾ 以下筆者らが行なった一連の利用実験を中心として、現在までに得られた成績とその利用の展望に