

注目される昆虫産業

社団法人農林水産技術情報協会技術参与 ^{うめ}梅 ^や谷 ^{けん}献 ^じ二

周知のように昆虫類は地上最大の動物群である。そして昆虫類は4億年を超える進化と適応の歴史の中で、生きるための様々な独自の機能を開発してきた。しかし、人類とのかかわりでは農業や衛生上の害を及ぼす存在として専ら排除の対象とされ、昆虫やその機能が産業的に利用されてきたものは、これまでミツバチやカイコなど数えるくらいしかない。

ところが、近年のバイオテクノロジーなど科学技術と機器の急速な進歩は、ようやく昆虫類の本能の領域に科学が介入することを可能にし、改めてその多彩な機能を科学的に解析・制御・再構築することによって産業的な利用開発が行われようとしている。

昆虫類の利用の場面は、ここにいくつかの例を示したように、大変多岐にわたる。そしてこうした技術開発は、将来的に農業をはじめ、生命科学・医学・工学などの広範な分野に対して、ほとんど無限の可能性を拓くことが期待され、昆虫こそ残された地上最大の未利用資源であるとの認識が世界的に高まってきた。

こうした背景を踏まえ、日本でも蚕糸・昆虫農業技術研究所の設立を契機に、関連研究が活発化しつつある。一方、農林水産省では産・学・官を包含した昆虫の産業的な利用開発についての組織的なプロジェクト研究を1992年に発足させ、“学・官”による基礎開発研究から、“産”による実用化への展開まで、一貫した研究体制を整備し、精力的に研究を推進している。

昆虫生体の利用

一口に「昆虫産業」といっても、その内容は多くの学問ジャンルを包含し、出口も農学の枠を大きく超えているが、農業面で最短距離の実用化が期待されているのが天敵昆虫や天敵微生物の利用である。この件については、すでに本誌においても再三にわたって解説されているが、産業的な利用という面に関しては日本ではまだこれからの問題である。欧米においては現在幾多の天敵販売企業が存在し、また、生物的防除を実施した場合に、国が補助金を支出している国も散見される。昨今こうした天敵を諸外国から購入して、国内で販売する動きがあるが、やはり、侵入害虫対策以外の場面では国産天敵の開

発利用をまず考えるべきであろう。またそのためには、有力な素材の探索、低コストの大量増殖法、保存・輸送法や品質管理法、作物生産現場での利用法と効果の科学的な評価法などの研究が必要で、わが国では特に施設栽培などにおける実用化が急がれるテーマである。

同様に、近年花粉媒介昆虫（ポリネーター）の減少が農業生産上の問題となっている。その需要は施設栽培を中心に急増し、汎用性のある素材の探索とその実用化技術の開発が急がれている。一方、家畜排出物による牧草の枯死や畜舎から発生するハエ類の公害も問題化している。食糞性昆虫や腐食性昆虫を利用して畜産排出物などの農業廃棄物を効率的に処理する技術開発と併せて、排出物で大量に増殖させた昆虫を家畜の濃厚飼料として還元するリサイクルについても研究が始まっている。

また、昆虫はさまざまな実験用の動物としても多用され、そのための新たな素材の探索と利用手法の開発も行われている。最近では蚕糸・昆虫農業技術研究所によって、新たな実験用昆虫としてのエビガラスズメの開発に成功している。

昆虫機能の利用

昆虫が生まれつき備えている多彩な生理・行動・形態的な機能の利用は、世界的に注目されている。例えば昆虫の歩行や飛ぶ機能は、新しい小型ロボットやマイクロマシン開発のための絶好のモデルとして研究が進められている。また、昆虫の脳神経システムは脊椎動物よりもはるかに単純だが、記憶や学習能力など高度の機能を持つ。そしてそれは高等動物の脳機能を解明するモデルシステムとして注目され、近年、研究が急速に進展しつつある。さらに、昆虫は卓越した感覚受容能力を持ち、その機能はバイオセンサーや工学機器の制御システムへの利用から、将来は学際的な研究協力による知能ロボット開発へつながるものと期待されている。

また、昆虫細胞の人工培養による増殖技術が進展し、天敵微生物や有用物質を生産するためのバイオリアクターとしての利用研究が活発化している。昆虫の培養細胞は生産工程の自動化が可能となし、ほ乳類の培養細胞のような厳密な培養条件を必要としない等の利点を持ち、すでにこれによって天敵ウイルスの増殖や、ワクチン生産を目的としたデング熱等の病原ウイルスの増殖なども試

みられている。また、昆虫培養細胞は、後記の遺伝子組換えウイルスによる有用物質生産の系においても、こうした遺伝子産物への脂肪酸や糖鎖の付加、リン酸化、分泌アミノ酸配列の切断など、細胞内での異種有用タンパク質生産に不可欠で、大腸菌等の既存の培養細胞の欠点とされていた条件をカバーしている点から、その利用が注目を集めている。昆虫の細胞培地は高価な点が隘路になっているが、低コスト培地の開発と大量増殖システムの研究や、幅広い昆虫からの特異機能性細胞株や増殖効率の高い細胞株などの選抜法、形質転換細胞の作出などの研究が進展しつつあり、産業的利用も飛躍的に増大することが予想される。

昆虫産生物質の利用

昆虫は自己の生活を維持するために、実に多様な物質を自ら生産している。そしてこれらの物質の中には、利用価値の高いものが少なくない。特に、自個体の発育や変態等を司るホルモンや、生物間のコミュニケーションに用いる各種信号物質は、それを人為的に調節することによって様々な利用が考えられる。すでに、ホルモンを操作し、虫体を目的に合わせて大型または小型化させたり、ホルモンや性フェロモンで変態や配偶行動を制御して害虫防除のための素材として用いたりする多彩な利用開発研究が行われ、一部はすでに実用化されている。

昆虫は抗原抗体による免疫機構を持っていないので、生まれつきエイズに感染したような状態にある。しかし、それに代わる生体防御のしくみを発達させ、それが昆虫の生存を可能にしている。そのひとつに、体内に異物が侵入すると急速に生成される強力な抗菌物質があり、それが多くの細菌やカビに殺菌効果を示すことが明らかにされ、新たな医薬品の開発の可能性が開けようとしている。

また、カイコが桑の葉をやがて美しい絹糸に変える…こうした魔法のような物質変換機能も、昆虫の持つ顕著な特性のひとつである。例えばミツバチやカイガラシなど、ある種の昆虫が産生する蠟物質は石油ワックスでは得られない多くの優れた特性を持ち、電気機器の絶縁剤、情報記録剤、食品・医薬品のコーティング剤、マイクロカプセル添加剤、高機能プラスチックの離型剤等、多方面の近代的な用途開発が研究されている。さらには、古くから利用されてきた絹も、新たな特性が明らかにされるにつれて、利用面が急速に拡大されつつある。中でも絹タンパク質は、化粧品・機能性食品等への利用をはじめ、それを処理して得られる絹膜の酸素透過性と透明度は、人工皮膚などの医療用素材やコンタクト

レンズなどへの利用が期待されている。

昆虫関連微生物の利用

近年、昆虫に寄生、共生する微生物群の生存戦略が分子生物学的に解明されつつある。そうした研究を通して、昆虫の関連微生物は、抗生物質、抗ウイルス物質、免疫抑制物質などの新たな医療用の物質の探索源として有望視されている。また、一部の昆虫病原微生物は、生物農薬として利用が始められているが、汎用性、即効性の強化などを目的に、微生物が持つ殺虫性タンパク質の化学修飾や分子育種にまで研究が展開されている。例えば、昆虫寄生性のバキュロウイルスに、選択的な殺虫作用を持つサソリ毒素の遺伝子や昆虫ホルモンを不活化させる遺伝子を組み込むことに成功し、その農薬としての利用を飛躍的に広げつつある。

一方、バキュロウイルスは、有用物質を生産するための遺伝子導入ベクターの中でも利用性と物質合成能力に優れ、バイオテクノロジーの有力な素材として世界的に注目されている。現在すでに、このウイルスを用いた各種の有用タンパク質の製造が数多く特許公開されている。また、昆虫の生体や前記の昆虫培養細胞との組み合わせの系による、こうした有用物質生産のシステムを確立するためには、外来遺伝子の発現制御など解決を要する多くの課題が残されているが、昆虫産業の将来的可能性としては、この分野にもっとも大きな期待がかけられている。

将来展望

昆虫の産業的利用の研究は、多くの夢を乗せて「昆虫との平和共存」を合言葉に、いま具体的な行動に入ろうとしている。この“地球にやさしい”産業の日本における現在の市場規模は、養蚕と養蜂を中心に約2,600億円程度であるが、技術開発が順調に推進されれば、約40年後には昆虫やその関連微生物を利用した有用タンパク質や医薬品の生産、昆虫遺伝子を導入した耐虫性作物の普及、昆虫由来の知能ロボットの開発などによって、5兆円以上の市場が形成されると期待されている。

しかし、この夢を現実のものとするためには、産・学・官が一体となった地道な技術開発研究の努力が必要で、こそこそはじめて可能である。昆虫類が地上最大の未利用資源であることは疑う余地がない。ただ、これを生かすも殺すも人類側の対応いかんにかかっている。せっかく発芽したこの芽が大きく育ち、昆虫類が来るべき21世紀の科学技術の素材として中枢を担うようになることを大いに期待したい。