

民間支援プロジェクト「昆虫利用産業技術の開発事業」の成果

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
巻/号	216
掲載ページ	p. 6-11
発行年月	1998年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



民間支援プロジェクト「昆虫利用産業技術の開発事業」の成果

梅谷 献二

農林水産省は、近未来に向けての研究戦略を樹立する一環として、産・学・官を包含した昆虫利用関連研究の大型プロジェクトを世界に先駆けて、平成5年度(1993)から発足させた。このうち、当農林水産技術情報協会が実施主体となって推進した民間研究助成にかかわる部分(昆虫利用産業技術の開発事業)については、多分野にわたる延べ18企業が参加(うち4課題は平成6年度から参加)し、5年計画で開発研究が行われた。国立研究機関が基礎開発研究を目的としているのに対し、民間のそれは産業化に向けた実用的な技術開発を指向したものである。本事業も平成9年度をもって終了を迎えたので、この機会に成果の概要を紹介しておきたい。

はじめに

昆虫類はその実数3千万種を越えると考えられている地上最大の動物群で、4億年を越える進化と適応の歴史の中で、生きる上での多彩な機能を発達させてきた。そして、ごく一部の種が農業や衛生上の有害な存在として人類とかかわりを持ち、もっぱら排除の対象にされて今日に至っている。逆に、積極的に人類に利用されてきた昆虫類はカイコやミツバチ等数えるほどしかないのが現状である。ところが、近年の科学技術の進歩は、ようやく昆虫類の多彩な機能を科学的に解析・制御・再構築することを可能にし、その産業的な利用開発が新たな脚光を浴びつつある。また、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・工学等広範な分野に対して、ほとんど無限ともいえる可能性を拓くことが期待され、昆虫こそは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。

本プロジェクトもこのような背景を踏まえて成立したものであるが、参加課題は“昆虫”という切り口では共通しているものの、内容的には多岐にわたる。そのため、成果を一元的な尺度で評価することは難しく、また、それぞれ出発時における研究蓄積の有無や、課題の難易度によって成果にも精粗はあるものの、近未来または将来の実用化に向けて多くの貴重なデータが蓄積された。

1. 成果の概略

以下、今次プロジェクトに参加した全企業の成果について簡単に紹介するが、一部の課題については本特集の別項においてそれぞれの研究

Kenji UMEYA: Results of a nongovernmental research support project "insect resource utilization technique development scheme in the insect industry"

担当者が詳述しているので併せて参照されたい。なお、*印の課題は平成7年度からの参加課題である。

2. 昆虫生体利用技術開発

(1) 昆虫による家畜排出物処理と飼料用昆虫の生産（㈱竹中工務店）

鶏舎で多発生して公害問題を起こしているイエバエを、逆に鶏糞を用いて閉鎖環境で大量増殖し、ニワトリの濃厚飼料として還元する一方、用いた鶏糞残渣の肥料等への有効利用を図ることを目的とする。効率的に増殖できるハエの好適系統が選抜され、累代飼育、大量増殖、虫体の回収方法等が開発された。また、鶏糞残渣の肥料効果についても土壌改良剤としての有望性が示唆された。さらに、イエバエによって1日1トンの鶏糞の分解処理システムが設計されたが、従来の発酵処理法に比べてきわめてコスト高になることから実用化は困難と判断された。公的研究機関への成果の引き継ぎについて考慮中である。

(2) 天敵テントウムシ類の大量増殖と利用（㈱クボタ）

アブラムシ類の有力な捕食性天敵であるナミテントウ増殖し、商品化を図ることを目的とする。本企业においてすでに人工飼料による大量

生産技術を確立しているコナガを代替え餌として、ナミテントウの大量増殖システムが確立された。とくにナミテントウと餌のコナガの同時生育によって、常にナミテントウの成長に見合ったサイズの餌が確保できることで、餌換えの労力を大幅に省略できた点が注目される（写真1）。施設における放飼試験によって、その有効性も証明された。さらに輸送法、輸送形態、配布手段を開発し、近未来における商品化が期待される。

(3) 畜産施設におけるハエ類の天敵昆虫利用による制御（イカリ消毒㈱）

鶏舎に発生するハエ類に対して天敵による制御技術を開発することを目的とする。全国的な実態調査から、これまで注目されていなかったガイマイゴミムシダマシ（写真2）が有力天敵として評価され、その効率的な大量増殖法が開発された。本種のイエバエ発生抑制効果は、成虫・幼虫による捕食のほかに、本種の生育による鶏糞の乾燥化と、本種の産生物質の特定の分画の殺虫活性によることが明らかになった。また、鶏舎において本天敵放飼の有効性が実証され、本種に影響を与えない選択的な殺虫剤も選抜された。ガイマイゴミムシダマシは一方で貯穀害虫でもあり、これが直接商品化される可能性は薄いですが、本企业は衛生害虫の防除を主業務とし、今後鶏舎の総合管理に社内技術として活

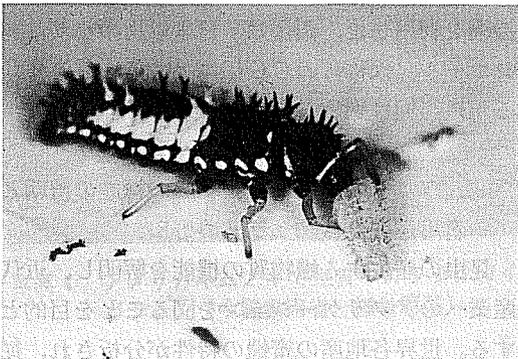


写真1 コナガの幼虫を捕食中のナミテントウの幼虫（㈱クボタ提供）

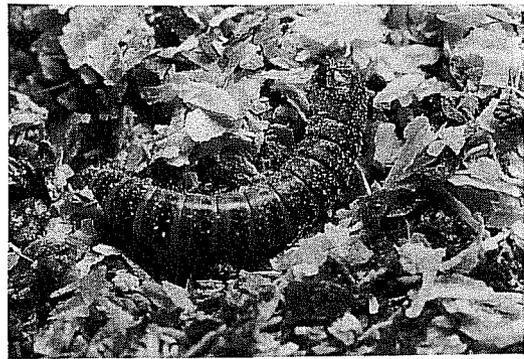


写真2 ガイマイゴミムシダマシの幼虫（梅谷原図）

用して行く予定である。

(4) 国産天敵ハナカメムシ類による施設微小害虫の制御 (住友化学工業㈱)

欧米ですでに商品化されているアザミウマ類の捕食性天敵であるヒメハナカメムシ類 *Orius* spp. について、国産種で商品化を図ることを目的とする。国産種のナミヒメハナカメムシについて近未来に利用が期待される成果が得られるが、詳細は別項を参照されたい。

(5) 卵寄生蜂利用による害虫の生物的防除 (大塚化学㈱)

欧米ですでに商品化されている卵寄生蜂のタマゴバチ類 *Trichogramma* spp. について、国産種を用いて施設害虫の制御を行うことを目的とする。アブラナ科野菜の大害虫であるコナガの卵が各地で調査され、有望な天敵種としてタマゴバチの一系統が選抜され (写真3) スジコナマダラメイガ卵を代替え餌とした大量増殖法が開発された。また、増殖後の成虫を約30日間保存可能な技術が確立された。施設のストックのコナガを対象に、本天敵の成虫放飼の最適条件が明らかにされた。現段階で、施設コナガの制御資材としてコスト的に十分の実用性が示されたが、ストックの栽培規模が小さく、また、他に適用拡大を図るためには経費的な問題もあり、本企業は成果を公立研究機関に引き継ぎ

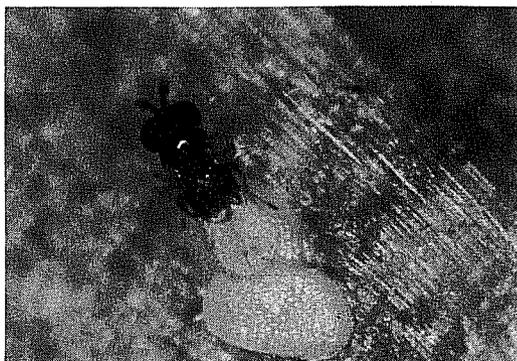


写真3 コナガの卵に産卵中のタマゴバチ (大塚化学㈱提供)

い意向である。

3. 昆虫素材利用技術開発

(1) 農畜産害虫の感覚反応とその工学的利用 (富士平工業㈱)

吸血性アブ類の生理・生態的特性を調査し、それらを利用した効率的な誘引・忌避機材の開発を目的とする。主要アブ類について、飛翔能力、色彩や音響反応、触角電図等が精査され、その結果から、既存のアブトラップに、新たに試作したライトトラップ等を併用し、昼行性のアブ類のほか薄暮活動性の種も誘殺するトラップが開発された。また、アブトラップと気象観測機器を組み合わせ、アブ類の飛来消長と気象条件を自動的に把握することが可能になった。アブ類が黄色に強い忌避反応を示すことが判明し、新たな忌避機材の開発に利用できることが示唆された。アブ類は野外観察の時期や回数に制約を受けるため、感覚反応等に関しては、概して不明瞭な結果が多かったが、試作された各種トラップや、黄色への忌避行動は、今後企業の機器の開発や改良に生かされる予定である。

(2) 昆虫の形態・行動機能の工学機器開発への利用 (㈱竹中土木)

コオロギの産卵管表面の鱗状刺の配列形態を姿勢制御に応用した円形パイプ内走行ロボットが試作された。また、ハサミムシの後翅の展開機構を利用した、雨よけ・日よけ用のハサミムシポール (仮称) のCGアニメも作成されているが、詳細は別項を参照されたい。

(3) ワックス等昆虫産生物質の機能の解明と新用途開発 (㈱セラリカ野田)

昆虫の産生する蠟物質の機能を解明し、近代産業へのアプリケーションを図ることを目的とする。世界各地産の蜜蠟の特性が分析され、従来問題になっていた原料のばらつき、脱色性や臭気を解消する精製法が確立され、産業的な用

途を飛躍的に拡大する道が拓けた。また、古典的な素材であるイボタロウムシの分泌する白蠟について抜本的な特性の見直しを行い、これが情報記録剤のすぐれた素材となり得ることを見いだしたが、白蠟についての詳細は別項を参照されたい。

(4) 昆虫由来樹脂・色素の特性解明と有効利用（㈱岐阜セラック）

ラックカイガラムシ（写真4）の産生するセラックの物理・化学的特性を精査し、近代産業への利用拡大を図ることを目的とする。セラックワックスの脱色法が確立され、化粧品等着色が問題になる分野への利用が可能になった。セラックに生分解性と腸溶性があること、酸化と湿度防止に高いバリア性があること等が証明され、錠剤へのセラックコーティングの利用条件が確立された。また、シックハウス症候群の一原因物質であるホルムアルデヒドの放散にも高い抑制効果があることが判明し、建材用のホルムアルデヒドの放散抑制塗料が開発された。さらには、セラックの構成成分のひとつであるアレウリチン酸について、2段階という少ない反応段階でムスク香料へ化学変換する合成法が開発された。

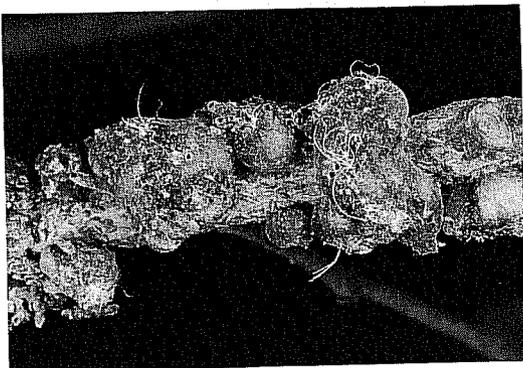


写真4 アメリカネムノキで生育中のラックカイガラムシ（中国雲南省一梅谷原図）

(5) 信号物質の利用によるコガネムシ類の制御*（日本たばこ産業㈱）

性フェロモンとカイロモンの併用トラップによるヒメコガネの防除法の開発を目的とする。併用トラップは、単用に対して雌雄とも約2倍の顕著な相乗的誘引効果を示した。記号放逐試験によってヘクタール当たり1トラップが効果的な設置密度であることがわかった。約10haと80ha規模の畑地における誘殺試験の結果、前者は好結果が得られず、原因は外部侵入個体の影響と推定された。しかし、後者では試験区中央部で効果が認められ、これらから防除対象地域の周囲200m程度まではトラップを配置する必要性が示唆された。雌成虫は日齢の進んだ個体が誘引される傾向があり、このことが低密度下に比べて高密度下での効果が現れにくい原因と考えられた。試験シーズンに限られ、未解決の部分も多く残されたが、さらに大規模圃場での試験データを蓄積し、将来的な実用化に期待したい。

(6) カイコ抗菌性タンパク質の生産と利用（財野田産業科学研究所）

各種細菌に対して強い抗菌活性を示す新規のタンパク質がカイコの体液から見いだされ、「モリシン」と命名された。その作用機作は、細菌の細胞質膜に作用して透過性を高めるといふ新タイプのものであることが判明した。耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)に対しても即時的に強い殺菌作用を示す等、その実用性が期待されるが、詳細は別項を参照されたい。

(7) 脊椎動物由来抗菌性タンパク質の昆虫利用による生産（北興化学工業㈱）

ウズラの白血球から耐熱性で大腸菌及び黄色ブドウ球菌に対して抗菌活性を示すタンパク質が見いだされ、ヒストンH1（以下H1）と同定された。H1の抗菌性はすでに認められているが、詳細は未検討のため、調査の結果、H1の抗菌活性はMg塩で阻害され、Na塩及びK

塩では阻害されないことが判明した。キンウワバ由来の AcNVP を用いて H 1 の遺伝子を保持した組換えウイルスを作成し、ヨトウガ由来の培養細胞 Sf 9 に感染させ、H 1 の生産方式を確立した。今後、本組換え H 1 が、抗原となりにくい新たな抗菌性ペプチド創出の前駆体として、医薬品等の開発への応用が期待されるが、安全性の評価、大量生産システムの構築を含めて、まだかなりのステップが必要と思われる。

(8) 昆虫由来寿命タンパク質の飼養動物への利用* (株ゼンテク)

ショウジョウバエから見いだされ、マウスに対する延命・肥大効果が報告されている寿命タンパク質 (JP) の機能を解明し、家畜生産分野への利用を図ることを目的とする。JP の大量生産手法が開発され、分離・精製・濃縮等を行う自動操作装置が試作された。JP のアミノ酸配列が検討され、キイロショウジョウバエの幼虫体液タンパク質 LSP-2 の構造の一部に相当することが判明し、その一次構造の全容が解明された。JP を培地に添加すると、マウス胎児脳の皮質神経細胞が顕著な生存維持効果を示すことが明らかになった。家畜肥大への利用という当初目的は、その可能性を含めて明瞭な結果を得るに至らなかったが、副次的な成果として動物細胞の培養面への新たな利用が期待される。

4. 昆虫培養細胞利用技術開発

(1) 昆虫細胞の大量培養システムの開発 (和研薬株)

昆虫細胞の低コスト大量培養手法の開発を目的とする。実用的な細胞固定化培養装置が試作され、ヨトウガの卵巣組織由来の SF-9 細胞と IPL-41 培地を用い、細胞生産量を飛躍的に増加させることに成功したが、詳細は別項を参照されたい。

(2) 培地の改良による昆虫細胞の低コスト大量生産* (コージンバイオ株)

昆虫細胞の培養に必要な牛血液中の抗酸化酵素スーパーオキシドジスムターゼ (SOD) の有効性が検討された。カイコ培養細胞より得られた SOD を、IPL-41 培地へ添加した結果、増殖性は牛胎児血清に劣ったが、安定性は良好な結果が得られた。血清の代替え物質としてカイコ培養細胞質液を調整し、培地に添加した結果、牛胎児血清 10% 添加と同等の増殖性が認められた。ポリオレフィン製バックに開閉可能な間仕切りを設置することで、容易に昆虫細胞を増殖することが可能になった。また、これによって少量の細胞から段階的に 10 l の大量培養も達成できた。昆虫細胞培養液のコストを半減でき、安価なバック培養法が開発された点は評価される。とくに後者は早急な実用化が期待される。

5. 昆虫関連微生物利用技術開発

(1) 天敵糸状菌及び捕食性ダニ類による施設微小害虫の制御 (株トモノアグリカ)

導入捕食性天敵種のチリカブリダニ及び天敵糸状菌ポーベリア *Beauveria bassiana* について、安定した大量増殖法が開発され、施設における実用化試験も好結果が得られた。また、商品化のための品質管理法と輸送法が確立され、両素材とも速やかな実用化が期待される。詳細は別項を参照されたい。

(2) 昆虫関連ウイルスの感染増進物質の害虫制御への利用* (株植物工学研究)

アワヨトウのボックスウイルス由来の感染増進物質を有用微生物農薬の補助成分として利用することを目的とする。感染増進タンパク質の遺伝子がクローニングされ、大腸菌に挿入し、発現が確認された。本大腸菌の粗抽出物で感染増進効果も確認されたが、その効果は天然品の 1/100 程度であった。また、感染増進物質をイネで発現させ、アワヨトウに摂食させ、mRNA

とタンパク質レベルで発現を確認でき、バイオアッセイの手法として有効性が示唆された。感染増進効果を害虫に経口投与することで利用できる可能性が示されたが、実用化のためには、形質転換作物の効率的な作出等、さらにいくつかのステップが必要になる。研究の継続による実用化に期待したい。

以上のほか、プロジェクトの当初「昆虫生体利用技術開発」のセクションにおいて、協同飼料㈱が「絹糸虫類の形質転換による家畜関連生理活性物質の生産」の課題で参画した。本研究においては、まずカイコ分散型多重遺伝子(BMCI)をベクターとして、ショウジョウバエ熱ショックタンパク質遺伝子プロモーター(hsp)、ハイグロマシン耐性遺伝子、及びホタルのルシフェラーゼ遺伝子(LP)を繋いだプラスミドpBmhsplGFPを構築したが、大腸菌内での増殖過程で欠失が起こることがわかり、これを解決する手法開発に見込みが立たなかったことよって、2年間(平成5～6年度)でプロジェクトから撤退した。

おわりに

本民間支援プロジェクトは昆虫産業の創出を

ねらいとした、おそらく世界でもはじめての試みであったと思われる。このための研究期間として5年間は短く、終了と同時に産業化の実現が期待される課題こそ少なかったが、各参加企業の努力によって所期の目的は十分に達成できたものと評価されよう。末尾ながら、当協会に実施主体の機会を与えられた農林水産省農林水産技術会議事務局、研究の推進に貴重なご意見とご示唆を与えられた鈴木昭憲東京大学名誉教授をはじめ、本プロジェクト推進委員会委員各位、研究を直接指導された、志賀正和蚕糸・昆虫農業技術研究所生体情報部長をはじめ実行委員会支援委員の各位に深甚なる謝意を表する次第である。

なお、農林水産省では農林水産業・食品産業等先端産業技術開発にかかわる助成事業の一環として、平成10年度(1998)から新たに国研成果の実用化を主眼として「昆虫機能・素材の高度利用技術の開発」を発足させた。これによって、本プロジェクトは発展的に継承されることとなったことを付記する。

(社)農林水産技術情報協会 技術参与)