

蚕糸昆虫研究の現状と未来

蚕糸・昆虫農業技術研究所 所長 木村 滋

はじめに

昔、恩師である吉武成美先生から「これからの蚕糸研究は、目に見えないものを対象にすることになる。十数年経つと、えっ、カイコって生糸を取るための虫だったのですか」という時代がくるといわれたことが頭の隅に残っている。

蚕糸・昆虫農業技術研究所は、昭和63年に設置され、今年で10年目を迎える。その設置目的は我が国の蚕糸研究を通じて蓄積された豊富な研究成果と遺伝資源等を活用しつつ、昆虫とその関連微生物等の特異的なさまざまな生体機能を解明・利用して、新技術及び新昆虫利用産業を創出するとともに、蚕糸業の安定的発展に寄与する革新的技術を開発することを目指している。平成6年には「蚕糸・昆虫農業技術研究所の研究基本計画」を改定し、蚕糸研究の重点化、昆虫機能研究の強化を図るとともに、他の国立・公立試験研究機関、大学、民間企業等との連携のもとに効率的な研究推進を図ることとし、4本柱の研究問題を設定し、研究を推進している。

この間、科学技術振興調整費の省際基礎研究の実施や、平成8年度からはCOE (Center of Excellence: 中核的研究拠点) 育成事業を開始し、「昆虫機能利用による新材料の創出」に関わる研究を行っている。平成9年度には農林水産技術会議事務局による研究レビューを実施し、試験研究の推進状況や重点的推進方向、試験研究の効率的な運営管理などのレビューをおこなっている。

ここでは、蚕昆研の研究レビューでの研究の推進状況と今後の重点的推進方向を中心に蚕糸昆虫研究の現状と未来について報告する。

I. 試験研究の現状と今後の重点的推進方向

研究問題 I. 昆虫等の遺伝情報発現機構の解明と制御・利用技術の開発

(1) 昆虫等の遺伝素材の収集と評価・保存技術の開発

国内外から特徴ある昆虫等を収集・保存し、遺伝的特性の評価を進めるとともに保存・管理に関する技術を開発することが求められている。

そのため、遺伝素材として有用な昆虫等を効率的に収集・評価・利用するため

に事前調査等を通して特性を把握し、効率的な収集を図る。また、特性の評価と評価した特性をデータベース化することにより遺伝素材の情報管理システムを構築するとともにインターネットによる情報発信を試みる。さらに、効率的な保存法を開発するため生体ならびに生殖細胞、受精卵などの超低温長期保存法の開発や細胞などからの個体再生技術を開発する。

現在まで、カイコ遺伝資源の470系統の継代と各種特性調査をおこなった。また、画像データ発信のための種々の項目について検討をおこなった。さらに、除殻卵の凍結保存・個体再生について一定の成果を得た。今後、引き続き収集・保存を行うとともに、遺伝資源や培養細胞系のデータベース化、長期保存法の開発などを行う。

(2) 昆虫等の遺伝子発現及び発生・分化機構の解明と制御・利用法の開発

昆虫等の機能を解析・利用するにあたっては、それぞれの機能を支配する遺伝子群が何時、何処で、どのような順序ならびに強度で発現するかを明らかにすることが重要である。また、発生・分化にともなって経時的に発現する遺伝子、あるいは各種細胞・組織・器官において特異的に発現する遺伝子ならびに、それらを高次に支配する遺伝子等の発現機構の解明を進める必要がある。さらに、遺伝子・細胞等の操作技術の開発、発生過程でみられる多様な発現様式の解明、機能分化・形態形成機構などの解析を行う必要がある。

そのため、昆虫への遺伝子導入技術、遺伝子発現制御技術などの開発を通して形質転換体（または細胞）の作出を行うとともに、その基盤研究である高密度遺伝子地図の作成を行う。また、DNA組換え技術等による形質転換体の効率的な作出を図るため、胚発生機構の解明や制御技術の開発を行う。さらに、機能発現における遺伝子カスケード機構、遺伝子の不活化並びに変態時における組織特異的認識機構、アポトーシス等を明らかにする。

現在まで、昆虫培養細胞の作出と特性解明をすすめるとともに、培養細胞への外来遺伝子の導入では継代可能な形質転換細胞系を得ることができた。引き続き、弱毒ウイルスや形質転換細胞を開発して、有用物質を持続的に生産しうる培養細胞系を樹立する。一方、ゲノム解析はRFLPおよびRAPD-PCRによる連関検索と塩基配列の解析をすすめており、今後は今までの成果を発展させて連鎖地図を作成し、既存の古典的染色体地図と合体した統合的高密度遺伝子地図を作成する。また、BACを用いてカイコ巨大DNA整列ライブラリーの作成を行う。

(3) 昆虫等への新機能付与技術の開発と育種素材の作出

昆虫が持つ有用物質の生産や薬剤耐性等の機能を利用するにあたっては、それらの機能の解析、評価ならびに導入技術の開発が重要である。そのため、特異形質の遺伝様式と発現機構の解析、遺伝子・細胞・胚レベルにおける微細操作技術の開発、ストレス耐性機構の遺伝学的解析等を進めるとともに新機能を導入・付与した形質転換昆虫の作出と形質安定化技術の開発、安定的形質発現系統の維持・選抜による育種素材化、遺伝的に純化した昆虫系統の作出、農薬等に耐性を有する天敵昆虫・有用昆虫系統等の作出と育種素材化を進める必要がある。

そのため、天敵昆虫等の国内外での探索や分類・同定、大量飼育、品質評価等の技術開発を行う。また、形質転換昆虫の有効利用を図るために形質安定化技術、集団内性比制御技術などを開発する。さらにクローン昆虫等の作出のため機能性細胞株の樹立、個体再生技術、胚の体外培養技術、人工授精技術などを開発する。一方、農薬耐性など新機能を付与した有用昆虫等の育種素材作出技術を開発する。

現在まで、外来遺伝子導入のために人工授精法を開発し、雌成虫への精子注入は95%の高い成功率を得た。また、カイコ生殖細胞培養系の作出に有効な生殖細胞識別マーカーを検索し、生殖巣で特異的に発現する遺伝子をクローニングした。今後、有効なベクターの開発とマーカー遺伝子の検索をすすめ、形質転換昆虫の作出技術を開発する。また、個体再生技術の開発を行う。

(4) 昆虫等における適応機構の解明とその利用法の開発

昆虫が進化の過程で獲得してきた各種物質の生産や有害物質の分解、ストレス耐性等の生物機能を利用するためには、自然のおよび人為的な淘汰圧の変化に連動して集団内に生じる遺伝子頻度の変動機構を解明し、これを基盤とした昆虫の制御・利用技術を開発する必要がある。また、突然変異の制御・利用技術を開発するため、種・亜種を特徴づける遺伝子や各々の物質生産機能に関与している遺伝子の検索、DNAレベルでの突然変異の制御機構の解析を進めることも必要である。

そのため、昆虫集団内に蓄積している様々な遺伝的変異を解明することにより有用昆虫の保護・育成や害虫の個体群制御を行う。また、ストレス耐性など環境要因に対する適応形質の発現などを解析することにより昆虫の生存・増殖等に及ぼす要因を明らかにする。また、遺伝的形質の変異・分化機構を明らかにするため、突然変異や適応、進化に関する基礎研究を進め、昆虫における有用形質の安定化あるいは害虫密度制御技術を開発する。

現在まで、DNA多型による昆虫の系統解析技術の開発においてRAPD-P

C R法による迅速かつ高感度のDNA多型検出技術を開発した。また、農薬抵抗性に関わる遺伝子を単離した。今後、さらにストレス耐性などに関わる遺伝子群またはその近在に座位する分子マーカーを開発し、集団内での遺伝子頻度変動機構などを解明する。

研究問題 II. 昆虫等の生体機能の解明と制御・利用技術の開発

(1) 昆虫等の情報処理機構の解明と制御・利用技術の開発

昆虫等無脊椎動物の環境への適応能力の重要な構成要素の一つに環境や他生物からの各種刺激を受容し、処理するとともに、短時間で的確に応答する機能がある。そこで高度に進化、発達した昆虫の感覚器官における刺激の受容、脳・神経系における情報の伝達・処理と応答機構、化学物質・音・光による交信等のメカニズムを解明するとともに、昆虫等の行動制御、微量物質の検知等への利用法の開発が求められている。

そのため、化学刺激受容器の特性を解明し、バイオセンサー等への利用法の開発をはかるとともに、脳神経系における匂い等の学習や記憶等の情報処理機構の制御・利用技術の開発をめざす。

現在まで、昆虫脳における光学的多点計測システムを開発し、ワモンゴキブリ雄成虫の中大脳における刺激情報処理機構の解明を進めた。鱗翅目昆虫幼虫の口器にある味覚受容細胞の機能解明を進めている。さらに、前大脳における匂い情報の処理・統合機構、鱗翅目昆虫の味受容細胞の刺激応答と摂食、産卵行動解発機構の解明をはかる。

(2) 昆虫等における行動制御機構の解明と利用技術の開発

個体の生存や種の維持に不可欠な昆虫の行動は、交尾、産卵、摂食、逃避、防衛、移動、集合、分散等多彩であるが、それらの多くは特定の刺激と結びついた生得的な発現様式を示す。そこで、これらの行動を発現させる刺激となる物理・化学的な要因を解明し、生得的行動を調節する機構を生理・生化学・行動学的に解明し、有用・有害昆虫の行動制御等利用法の開発に資することが求められている。

そのため、フェロモン、カイロモン等、昆虫間の交信物質による交信、行動制御機構、昆虫・植物間の寄主選択機構や作物の耐虫性機構を解明し、有用・有害昆虫の行動制御法を開発する。

現在まで、各種鱗翅目害虫の性フェロモン、カミキリムシの接触刺激性の性フ

フェロモン、捕食性天敵の集合、捕食行動解発因子、ドクガ類のフェロモンの寄主性天敵におけるカイロモンとしての機能、植食性昆虫の摂食促進・阻害因子の解明、およびそれら諸因子に基づく行動制御機構の解明等の成果を得た。さらに、今後、多様な交信機構の解明を進めるとともに、行動制御法の開発をめざす。

（３）昆虫等の変態・休眠・生殖制御機構の解明と利用技術の開発

昆虫は幼虫から成虫への変態を通じて広範な環境下での生息を可能とし、また過酷な気候や温湿度の変動が大きい生息地域に精緻に適応する休眠・相変異・多型等の機能を備え生活史を確立している。そこで、有用昆虫の増殖、有害昆虫の発生予測と合理的管理法の開発のために、上記の機能を制御する機構と、それを可能とする物質代謝およびその調節機構の解明が求められている。

そのため、昆虫の大量増殖、随時供給システムなどの確立を目指して、発育・変態・休眠・繁殖・多型・相変異等を支配する環境要因、遺伝的要因及びそれらの生理機構を解明し、有用、有害昆虫の生活史制御技術を開発する。

現在まで、昆虫の脱皮ホルモン、幼若ホルモンの特性解明が進んだ。カメムシ、コオロギ、バッタ等の休眠、発育、繁殖、翅型、相変異等を支配する要因や地理的変異、内分泌制御機構の解明が多面的に進展した。今後、内分泌調節機構の解明を軸に生活史適応機構の総合的解明と利用技術の開発をはかる。

（４）昆虫等の恒常性維持機能の解明と利用技術の開発

休眠、変態、飛翔などにみられる特異な物質・エネルギー代謝とその調節機構、各種物質の生産や有害物質の分離・分解・排泄の特有な代謝機能、抗菌性タンパク質の発現等にみられる生体防御機構など、昆虫は他の生物にみられない特異な恒常性維持機能を有する。環境や侵入異物に対する有用昆虫等への耐性付与技術の開発、有害昆虫の代謝、防御機能の攪乱による防除、新しい抗生物質の開発等をめざして、昆虫に特異的な恒常性維持機構を個体・組織・細胞・分子レベルで解明することが求められている。

そのため、環境適応機構としての休眠等のエネルギー代謝調節機構、寄生昆虫による寄主昆虫の発育・代謝制御機構、食材性昆虫のセルロース分解利用機構、生体防御機構等、昆虫に特異的な生理機能を解明し、未利用資源の利用や創薬などへの利用技術を開発する。

現在まで、昆虫におけるビタミン要求性とその代謝特性の解明、寄生蜂の漿膜由来細胞テラトサイトが、寄主体内で急速に成長し、栄養細胞として機能することなど、未知の機構を究明した。また、シロアリのセルロース分解酵素を精製し

て特性を解明し、動物として最初のセルラーゼ遺伝子の単離に成功した。さらに、各種昆虫から新規抗菌タンパク質を見出し、特性を明らかにするとともに、それらの発現誘導機構、発現終止機構の解明が進んだ。

今後、特異な代謝機構の解明、抗菌タンパク質の探索と特性解明をさらに一層発展させるとともに、抗菌タンパク質の改変利用の研究を進める。

(5) 昆虫関連微生物の特性の解明と利用技術の開発

昆虫には病原微生物のほか、特定の組織や細胞内に生息し、寄主と共生関係にある微生物や昆虫によって動植物に媒介される微生物など、さまざまな関連微生物の存在が知られている。これらの昆虫関連微生物は多種多様であり、その機能も未知のものが多い。そこで、これらの昆虫関連微生物の広範な探索、その機能の解明、および有用微生物の利用に必要な分類、培養、遺伝子導入などの技術の開発が求められている。また、昆虫が媒介する各種の微生物の特性と昆虫体内での生存・増殖機構を明らかにするとともにその伝達機構を解明し、媒介機能の制御・利用法を開発することが期待されている。

そのため、昆虫共生微生物、昆虫媒介微生物、昆虫寄生性微生物の探索、分子分類法の確立、培養法の開発、および共生・媒介・寄主機構、有用物質生産等の解明を行い、害虫管理、有用物質生産への利用、および有用遺伝子導入ベクターとしての利用法の開発をめざす。

現在まで、昆虫共生微生物の分子分類の確立、虫媒性ファイトプラズマの診断法の開発を行うとともに昆虫および共生原虫のセルロース分解機能や共生酵母様微生物のステロール生産、昆虫媒介微生物の氷核活性等、多様な機能を見出した。葉面細菌の昆虫体内での定着と増殖、細菌間の遺伝子交換の仕組みを実証、生態系における植物・昆虫循環微生物の動態解明に糸口を与えた。また、昆虫病原ウイルスの病原性増強因子を見出した。

今後、昆虫関連微生物の探索と多様な機能の解明をさらに進めるとともに、昆虫関連微生物を利用した新しい遺伝子導入系の開発、有用物質生産や新しい病虫害管理素材の開発等、技術開発研究への展開をはかる。

研究問題Ⅲ. 昆虫関連生体素材及び生体構造の特性解明と利用技術の開発

(1) 昆虫関連生体素材の特性解明と利用法の開発

昆虫等の環境適応能力はその生体の構造と機能に負うところが大きく、これらは高分子機能性物質や構造タンパク質及び低分子機能性成分に支えられている。

昆虫等が生産・貯蔵・分泌する生体高・低分子物質並びに生体を構成するタンパク質等の理化学的特性及び生物的特性を解明し、これら未利用資源の有効な利用法の開発が求められている。

農薬使用の低減化と環境維持のための害虫防除技術を開発するため、昆虫化学交信物質など有用低分子素材の単離・同定・合成とその機能性評価を進める。また、機能性タンパク質や複合多糖類などの有用高分子物質を探索し、その抽出、精製、合成法を開発し、構造と機能性を明らかにし、有用素材の利用技術を開発する。

現在まで、多数の昆虫化学交信物質の同定・合成及び合成物質の評価試験を行い、化学交信の攪乱による害虫防除手法が有効であることを確認したが、さらに重要害虫の化学交信物質の単離・同定・合成を進めつつ、効率的な防除法を確立するために化学交信物質の受容・情報伝達処理機構を明らかにする必要がある。また、吸血性昆虫であるダニ類の唾腺成分に抗血液凝固活性があることを見出し、この成分の詳細な解明と利用法について検討を進めることにしている。さらに、昆虫産生物質であるワックス類の化学構造を明らかにするとともに、昆虫由来の水溶性キチンの調整技術の確立が図られた。今後は、化学修飾による水溶性キチンの機能性付加と利用技術の開発を進める。

（２）昆虫関連生体素材の変換・利用技術の開発

タンパク質や多糖類等の昆虫関連生体素材に対しては、生体適合性や細胞増殖性、物質透過性及び吸着性等の機能が注目されており、医療用素材、環境保全用素材、工業用素材等への利用が期待されている。そこで、昆虫とその生産物等の昆虫関連生体素材を対象として、化学修飾による物質の改変・改質を通して機能強化、新機能の付与等の技術を開発するとともに新機能性素材としての高度利用技術の開発を図る必要がある。

そのため、昆虫関連生体素材と他物質との複合化あるいは化学修飾等による高次構造改変技術を開発するとともに、生体素材の多孔質体や粉末などの形態と機能の関係等を解明して、新機能性付与技術の開発を進める。また、得られた高機能性生体素材の特性解明を行い、新バイオ素材としての利用技術の確立を図る。

現在まで、絹タンパク質への化学修飾により抗血液凝固活性のある物質や人工腱・靱帯素材の作出、絹フィブロインの特性を利用した創傷被覆材の開発、オリゴ糖と絹フィブロインとの複合体の合成等のほか、絹糸の形態加工によるシルクレザーなど、医療用及び工業用途用の素材化技術に関わる成果が得られている。

今後は、医療分野あるいは民間企業等との共同研究・開発を積極的に進め、実用化技術の確立への展開を図る必要がある。

（３）昆虫等の生体構造の特性解明と利用技術の開発

昆虫は小さな体に多くの巧妙・精緻な生体機能を有している。これらの機能を支える構造や機構を解明し模倣することによって、マイクロマシン、バイオセンサ等の開発につながる革新的新技術の創出が求められているが、機能模倣の視点からの研究は極めて少ない。そこで、昆虫等が持つ特異的な形態、構造、運動機能等を先端的手法・技術を駆使して解明するとともに、これら生体機能等の模倣技術の開発を進め、新たな発想に基づく生体構造・機能の先進的な利用技術の開発を行う必要がある。

そのため、昆虫の感覚・形態・運動能力に關与する器官の構造と機能、物理的刺激に対する行動特性等の機能発現およびその制御機構の解明のほかに、味覚・嗅覚など感覚器官の機能解明と模倣技術を進め、インテリジェントバイオセンサや農作物収穫ロボットなどの開発に資する。

現在まで、生体味覚器の機能を模倣した味センサの開発を目的として、センチニクバエの味覚器に関する構造や味覚細胞の生理学的な機能が電気生理学的手法によって研究され、各種刺激分子に対する受容体の存在や情報伝達系分子の関与が明らかにされた。また、味覚器に存在する感覚関連分子群を取得する試みが行われている。

今後は、これらの成果を総合化して味覚バイオセンサとして構築する予定である。また、昆虫生体と機械のインターフェースとしてのマイクロ電極の開発や生体膜の特性についても成果が得られているが、今後はマイクロロボット作成への利用技術への展開を図る。

（４）昆虫関連素材の品質評価・高度利用技術の開発

我が国は蚕を中心として昆虫の利用に関する豊富な技術・知見の蓄積があり、これを活用しつつ昆虫等が産生する有用物質をさらに広く探索して特性を解明し、有用物質を高度に利用する技術開発が期待されている。そのため、色素などの昆虫有用産生物質の探索と抽出並びに特性解析法、絹素材の吸・透湿性、生体適合性等をはじめとする機能性の解明、新たな視点から絹の用途別素材の開発と抗菌・防臭や日光・染色堅牢度の向上など絹繊維の新機能性付与等の加工利用技術の開発を進めるとともに、その品質評価法の確立を図る。

そこで、絹タンパク質等昆虫産生有用物質の構造・性能の解明および抽出・精

製等のプロセス技術の開発を進めるとともに、用途に応じた特性評価法と品質評価技術を開発する。また、絹素材の機能の付与・改善技術の開発並びに消費性能の改善、高度有効利用技術の開発を進める。

現在まで、昆虫等が生産するタンパク質分子の微細構造と動的挙動の解析・評価法と装置の開発がなされ、構造タンパク質の機能解明に関わる成果が得られているが、今後は生体高分子の変性過程の解析や生体材料の評価技術法の開発に展開していく必要がある。また、絹繊維のマイクロフィブリル化によるフィルター等への新規用途開発技術、微生物色素による染色法や限性黄蘗系の精練等の加工技術、さらには、絹の洋装分野への用途拡大を図るため合化繊との複合素材など絹新素材の作出に成功している。

今後は、消費性能や感性工学等の視点から機能強化、新機能付与等の機能改善を通して絹繊維の一層の高度利用技術の開発を図る。

(5) 昆虫等の大量増殖システムの開発

昆虫を産業的に利用するには、昆虫を周年、安定的に大量補給できる大量増殖システムを確立する必要がある。このため、昆虫の食性、行動、変態、発育等の多様な生活環を考慮した飼育管理技術や自動飼育・給餌装置などの機械・装置開発等の個別基盤技術の開発とともに、これらの成果を統合化した効率的な大量増殖システムを構築する必要がある。

そのため、昆虫の発育・行動特性等に関する研究成果などを踏まえて、全齢人工飼料育等の技術や発育ステージに対応した飼育管理技術を開発し、これらの成果に基づいた大量増殖法の確立を図る。さらに、機械・装置、飼育及び環境管理に不可欠な計測制御システムならびに飼育作業の自動化技術の開発等を進め、昆虫を周年供給可能とする大量・低コスト飼育管理システムの構築を図る。

現在まで、食植性昆虫、捕食性昆虫、内部寄生昆虫などの人工飼料及びその飼育技術の開発に向けた研究を実施し、栄養生理面からの飼料組成や人工飼料育法についての基礎的な成果を得た。また、各種のシミュレーション実験等に基づいて大量増殖システムの構築に不可欠なパソコンを中枢とした飼育環境の制御システムや自動飼育システムなど基本的な装置・機械の実装を行った。

今後は、コスト、飼育条件、省力化等を考慮した全齢人工飼料育技術の確立と、人工飼料の全自動給餌装置など周辺機器類の開発を進め、これらの成果を統合した昆虫の大量自動飼育システムを構築する。

研究問題Ⅳ．用途別繭の効率的生産及び利用技術の開発

（１）桑新品種の育成と新栽培技術の開発

桑育種に関するわが国唯一の研究機関として、桑遺伝資源を活用した育種素材の拡大、遺伝子操作など画期的な育種法の確立、寒冷地・温暖地・暖地などに適した多収・安定・良質桑品種の育成が求められている。また、省力化・軽労働化・低コスト化等の観点から桑の栽培生理に基づく肥培管理や仕立て・収穫技術等の確立が急がれている。

そこで、桑遺伝資源の収集・評価・保存を行うとともに、純系作出技術及び有用遺伝子導入技術等を開発しつつ、密植栽培や機械化収穫に適合する地域適応性に優れた新品種を育成する。また、桑は生育期間中に同化器官が一斉に伐採される中で、樹勢を維持し、長期間に亘って安定的に高収量を得ることが重要であり、桑の再生機能を代謝生理、生長生理の面から究明するとともに、桑園の受光態勢、群落構造、根域環境等の生態的特性を解明し、効率的な新しい桑栽培・収穫技術体系を開発する。

現在まで、桑遺伝資源に関しては1,300品種・系統を保存し、アクティブコレクション260品種についてデータベース化を進めた。また、密植栽培や機械化収穫に適した優良系統を選抜し、系統適応性検定試験並びに特性検定試験に供試するとともに、「はちのせ」「わせゆたか」などを育成した。

今後は、育種素材の拡大や育種年限の短縮を目標に、桑の変異遺伝子の解析、環境ストレスに対する遺伝子応答、組織培養や有用遺伝子導入による形質転換安定化技術などを推進する。また、桑栽培生理に関しては、発芽・開葉予測プログラムの開発、乗用跨畦式桑収穫の開発、年間10飼育に対応した機械化収穫技術体系の確立などに成果を得た。しかし、物質生産の生理的解明が不十分であり、今後、栽培生理に関する基礎的な課題を実施するとともに、公立試験研究機関等と連携しつつ現地実証型研究についても積極的に取り組む。

（２）用途別蚕品種の育成と増殖技術の開発

洋装用など絹需要の多様化に伴い、繭や生糸など原料段階からの差別化、高品質化が求められ、その基盤である用途別蚕品種の育成が強く要請されている。また、最近の蚕品種の多様化、蚕種製造業者の減少等に対応して、蚕種の少量・多品種生産技術、長期保護技術を組み合わせた周年供給態勢を確立することが求められている。

そのため、絹の用途に対応した細繊度・太繊度等の繭糸特性を備え、高温や各

種病原等に強いストレス耐性蚕品種、一週間養蚕や全齢人工飼料育に適合する広食性蚕品種等を育成する。また、育成品種・系統については効率的な維持・管理・増殖技術を開発するとともに、全齢人工飼料育導入による蚕種製造の合理化・省力化に関する研究を進め、蚕卵の休眠特性等を利用した長期保護技術の開発により無毒蚕種の通年随時供給体制を確立する。

現在まで、用途別蚕品種については広食性、細繊度、繭色等に特徴を持つ多くの品種を育成し、民間や公立試験研究機関等による差別化製品の開発や地域ブランド化に対応してきた。

今後はこれらの育種目標に沿って実用的な用途別蚕品種の育成を一層促進する。なお、これに関連して有用形質と遺伝子との関係解明が立ち遅れているので、広食性、行動特性、耐病性等の生産性向上に関与する諸形質について分子レベルでの遺伝子解析を進めつつ、育種素材の拡大を図る必要がある。また、休眠性や超低温等を利用した蚕種の長期保存技術についてはかなりの進展が見られたので、引き続き開発を進める。

(3) 低コスト繭生産技術の開発

養蚕基盤の維持・確保を図り、作目間における比較収益性を高めるためには、生産性を飛躍的に向上させ、差別化された用途別高品質繭を低コスト生産することが必要である。このため、養蚕現場においては特徴ある蚕品種繭の効率的生産技術、労働生産性の向上や施設の有効利用による飼育規模拡大技術、全齢人工飼料育技術等の確立が強く求められている。また、本研究分野で開発された人工飼料育技術、高度な育種技術・発育制御技術などを昆虫機能利用分野へ積極的に活用することも必要である。

そこで、蚕の栄養要求に関する生理・生化学的研究を進め、飼料組成の改善や飼料利用効率の向上に反映させつつ人工飼料のコスト低減を図るとともに、一週間養蚕技術の早期確立を図り、通年養蚕技術体系の確立に必要な全齢人工飼料育技術システムを開発する。

現在まで、人工飼料については線形計画法による低コスト飼料の開発、ペレット化による湿体飼料調整法の簡易化などの成果が得られ、民間・団体・行政部局が一体となって推進する先進国型養蚕業特別対策事業に取り入れられた。しかし、一週間養蚕技術や全齢人工飼料育技術を養蚕経営として確立するためには、人工飼料育蚕における窒素代謝、ホルモン代謝、水分代謝等の特異性を解明し、これらの成果を活用した飼料組成や飼育法の改善が必要となっている。一方、 β エク

ダイソンによる熟蚕出現の斉一化技術、自動上簇装置の開発、抗ホルモン剤による細織度繭糸の作出技術等については公立試験研究機関等との連携・協力により現場実証型試験として実用化を図っている。今後は、開発された要素技術をさらに改良・発展させ、コスト低減と併せて高品質化・差別化製品の生産に対応する技術体系として確立することが必要である。

（４）蚕桑関連病害虫の特性解明と制御・利用技術の開発

高能率養蚕を推進するためには桑葉の安定的生産と蚕の作柄安定が不可欠の条件である。特に近年、蚕飼育の多回育化や桑園管理の粗放化等による蚕桑病害虫の多発が認められ、その防除対策の確立が強く求められている。また、蚕桑病害虫関連の成果を新たな視点から見直し、蚕糸分野のみならず昆虫機能利用分野や新しい用途への拡大を図るなど、その成果を幅広く活用することが求められている。

そのため、蚕桑関連病原微生物の同定法の確立、感染・発病機構の解明、蚕桑害虫の生態的特性の解明、新たな病虫害制御技術及び微生物等の新しい利用法の開発を進める。また、蚕桑病虫害防除においては、農薬使用の低減に加え天敵昆虫、天敵微生物、抗菌性物質、生理活性物質等を積極的に利用した生物的防除技術の確立を図る。

現在まで、新たな桑病原菌の発見と早期診断法、細菌が生産する青紫色素の発見とその利用法、卵黄抗体添食による核多角体病ウイルスの感染予防法、サクサンに由来する微胞子虫の感染特性、カンザワハダニに病原性を示す糸状菌の分離など多くの成果を得た。なかでも *Beauveria* 属糸状菌が平成 7 年に初めて微生物農薬として登録され、実用化されたことは大きな成果である。

今後は、蚕桑病虫害の発生生態の解明を継続し、病虫害の総合的防除技術の開発につなげる。また、社会的な要請の強い生物的防除法に関して基礎・応用の両面から研究を継続するとともに、植物の抵抗性機構を利用した病虫害被害軽減技術を目指した基礎研究を開始する。

（５）用途別生糸とその効率的生産技術システムの開発

衣料需要の多様化・高度化、国内産繭の減少、海外からの安価な繭・生糸・絹製品の輸入などから和装用生糸以外の絹新素材の開発とその効率的生産技術の開発が強く求められている。また、製糸業法の廃止に伴い、繭検定の任意化に対応した簡易な繭品質評価システムの構築が急務となっている。

そのため、新しい用途に即した原料繭や原糸等の品質評価法及び品質管理法を

開発するとともに、他国の追随を許さない新形質生糸等の開発、高級生糸の効率的生産技術、生産コスト低減のための自動化技術等を開発する。また、ファクトリーオートメーションを含む効率的な生産技術体系を確立するため、生糸生産工程における各種情報の計測処理技術及び工程管理技術等の開発を進める。

現在まで、従来の生糸とは異なる新たな機能を付与したファインハイブリッドシルク、交絡嵩高性生糸、布団綿用シルクウェーブ等を開発し、差別化素材の開発に大きく寄与した。また、煮繭機内温度連続測定装置、解じょ張力を利用した煮繭状態の計測法、自動繭検定システムの確立など品質管理や製糸工程の自動化・効率化に成果を得ている。

今後は、地域や業界からの要望が強い新形質生糸、絹新素材等の開発を一層促進するとともに、非破壊検査による繭糸質の評価法及び評価基準の策定を急ぐ。また、繭の未利用資源の回収・利用技術、製糸工程の自動化・計測処理技術等の研究を推進することも必要である。

Ⅱ．今後重点的に行うべき試験研究

新技術、新産業の創出を目ざす研究領域においては、具体的な研究ニーズが明瞭な形で存在するものではなく、むしろ、研究の進展の中から具体的なニーズが生まれるものである。したがって、当研究所の研究戦略としては、昆虫利用産業創出に向けて基礎から応用までを展望した試験研究を進めつつニーズを作り出して行くことが重要である。しかし、限られた研究勢力の中では必然的に一定の研究期間ごとに重点化し、当面重要な試験研究課題に取り組まざるを得ない。そのため、当面、国の研究機関でなければ実施できない課題、または、国が優れた研究蓄積を持っている部分等に重点をおいて大学、公立機関との連携・協力の下に試験研究の展開を図るとともに、産業化・技術化が可能なものについては、民間との協力・共同を積極的に進め、その実用化を目指す必要がある。

（１）昆虫等の遺伝素材の収集と評価・保存技術の開発

- ・ 蚕遺伝資源の長期保存技術の開発
- ・ 細胞銀行等有用実験素材の維持・供給機能の充実
- ・ インターネット等の利用による情報発信機能の強化

（２）昆虫等の遺伝子発現及び発生分化機構の解明と利用法の開発

- ・分子遺伝子地図の作成
- ・新実験動物ヤマトヒメミミズの発生・分化・再生機構の解析
- ・昆虫の生殖細胞系列の分化機構の解明
- (3) 昆虫等への新機能付与技術の開発と育種素材の開発
 - ・昆虫の形質転換・発現制御技術の確立
 - ・人工授精技術の利活用
 - ・特徴ある有用カイコ素材の作出
 - ・天敵昆虫の育種
- (4) 昆虫の感覚情報処理機構の解明と行動制御・利用技術の開発
 - ・脳・神経系による情報の伝達・処理機構の解明
 - ・性フェロモン、カイロモン等の開発や寄主選択を決定する摂食・産卵に関わる情報物質の解析等
- (5) 昆虫等の代謝・変態・休眠・生殖制御機構の解明と利用技術の開発
 - ・昆虫の生活史制御機構の解明
 - ・昆虫発育制御技術の確立
- (6) 昆虫と微生物の相互作用の解明と利用技術の開発
 - ・昆虫等無脊椎動物の特異的な生体防御機構の解明と新しい医薬、農薬、獣医薬、防腐剤等の開発
 - ・昆虫－微生物相互作用の解明と利用技術の開発
- (7) 昆虫関連生体素材の特性解明と高度利用技術の開発
 - ・昆虫の化学交信物質の利用による新しい害虫防除技術の開発
 - ・昆虫由来新素材の開発と利用・加工技術の開発
- (8) 昆虫関連生体構造の特性解明と利用技術の開発
 - ・昆虫の運動・感覚機能等を支える生体構造等の特性の解明
 - ・昆虫の機能模倣技術の開発
- (9) 昆虫等の大量増殖システムの開発
 - ・昆虫等の大量、随時、安定供給可能な飼育・増殖技術等の確立
 - ・インセクトファクトリーの構築
- (10) 高品質化・多様化する消費ニーズに対応する研究
 - ・地域ブランドの育成等のため蚕育種素材の拡大、繭糸織度・繭色・行動特性(玉繭)等の特徴を持つ蚕品種の育成
 - ・用途別蚕品種繭の効率的生産技術、蚕種の多品種・少量生産と周年供給態勢

の確立

- ・高品質生糸や地域ブランド化に対応した絹新素材の開発と特性評価等の推進

(11) 生産性の飛躍的向上と地域活性化のための研究

①革新的養蚕技術の開発

- ・多回育に対応する桑育種・栽培・収穫技術、病虫害の総合防除技術の確立
- ・高付加価値繭の低コスト生産技術、全齡人工飼料育による周年繭生産技術システム等の確立

②革新的養蚕を支援する技術の開発

- ・技術革新に対応した桑及び蚕に係わる周辺技術の開発および効率的な養蚕技術システムの構築
- ・蚕種の長期保存技術、天敵微生物・フェロモン・抗菌性物質等の利用による生物的防除技術、各種ホルモンの機作解明と利用による発育制御技術等の開発

おわりに

これまで、昆虫が様々な特異的な機能を持っていることは、昆虫の分類、生態、生理などの種々な学問分野で、断片的に明らかにされていたが、昆虫を利用しようとする視点からの研究は養蚕、養蜂を除きほとんどおこなわれてこなかった。しかし、バイオテクノロジーなど先端科学技術の進歩は、昆虫の生存戦略や環境適応能などの多彩な機能を科学的に究明し、利用することに対して大きな可能性を拓き、その機能を利用・模倣することによって新たな技術開発や産業創出を可能にした。また、産業的利用の可能性が明らかになるにしたがって期待も高まり、昆虫利用の可能性が世界的にも注目されるようになった。しかし、昆虫機能の解明と利用に関する総合的な研究は新しい研究領域の創出を意味するものであり、未成熟な分野を早急に樹立する必要がある。そのためには、当面の目標をできる限り、明確で、判りやすいものにする必要があることから、1) 昆虫機能を利用した有用物質の生産と新材料の創出、2) 昆虫の生体機能を利用・模倣した新技術の創出、3) 環境保全型農業構築のための害虫防除手法の開発、4) 蚕糸研究の実績を踏まえた昆虫機能利用研究を深化する必要があると考えている。