

Study on molecular mechanisms of insect growth and social development, and its application

昆虫の個体及び社会性発達の 制御機構解明とその利用

プロジェクトリーダー 片岡宏誌

東京大学

大学院新領域創成科学研究科 教授

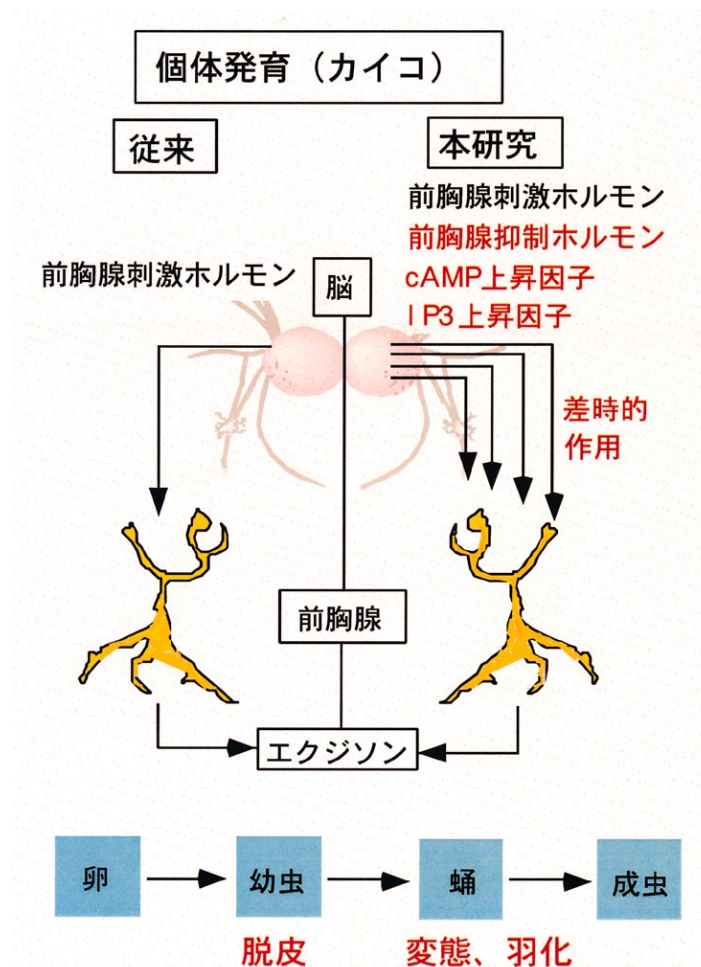


図1: 前胸腺からのエクジソン分泌量は前胸腺刺激ホルモンをはじめとする複数の神経ペプチドが差時的に作用することで調節されています。

1. 研究の目的

昆虫の個体発達の最も顕著な特徴は、その過程に変態を組み込んだことにあります。その結果、昆虫は、個体発達のタイミングを環境に適応して調節することにより、生活時間や空間を拡大し、現在では地球上で最も多様な種を持つ動物として繁栄しています。一方、昆虫の中には、ミツバチやシロアリのように、コロニーを形成して棲息する社会性昆虫も存在します。昆虫の社会性は、コロニーを構成する個体がそれぞれの役割に適した個体発達様式を獲得することにより形成されており、より高度に環境適応した個体発達の形態と捉えることが可能です。個体発達過程における変態や、個体発達の延長上に獲得されたと考えられる社会性は、昆虫において最も顕著に見られますが、いずれも種を越えて様々な動物に観察される現象です。したがって、その分子機構の解明と利用は、昆虫科学の枠を越えて、生命科学や科学技術の進歩に大きく寄与するものと期待しています。

以上のような観点から、本プロジェクト研究では、昆虫の最も顕著な特徴である変態を初めとする個体発育と、社会性発達の制御の分子基盤を解明することにより、昆虫の生存戦略に対する統合的な理解を得ることを目的としています。さらに、昆虫の発育や行動を人為的に制御するための技術の基礎を確立することを目指しています。

2. 研究の内容

本プロジェクト研究はカイコなど鱗翅目昆虫を実験材料とした個体発育の制御機構の解明と、ミツバチなど社会性昆虫を用いた社会性発達の制御機構の解明の大きく2つの内容から構成されています。

(1) 個体発育の制御機構

昆虫の個体発育において重要な脱皮・変態の時期は前胸腺から分泌されるエクジソンによって制御されています。このエクジソンの分泌は脳で作られる前胸腺刺激ホルモン (PTTH) によってのみ調節されていると考えられていました。しかし、最近の我々の研究から PTTH 以外にも前胸腺抑制ホルモンや、cAMP や IP_3 といった前胸腺内のセカンドメッセンジャーを上昇させる別の神経ペプチドが存在することが分かってきました。また、これらが昆虫の発育に応じて差時的に作用することでエクジソンの分泌が適切に調節され、昆虫の脱皮や変態が正常に進行していると考えられます。本研究では、これらの新規神経ペプチドを単離し、その構造を明らかにすることを第一の目標とします。また、それぞれの神経ペプチド遺伝子の発現パターンの解析や体内動態の解析を進め、昆虫の発育調節における、これらペプチド因子の生理的役割を明らかにしていきます。また、受容体分子の同定や前胸腺細胞での標的遺伝子、標的タンパク質を明らかにし、各々の神経ペプチドがエクジソン合成や分泌のどの段階を制御しているか、解明を進めます。

一方、得られた成果を実用化するために、神経ペプチドをリード化合物とした昆虫成育制御剤開発のための技術基盤を確立することを目指します。具体的には最近クローニングに成功した PTTH 受容体をはじめ神経ペプチド受容体を発現させた細胞を調整し、この細胞を利用して神経ペプチドのアゴニスト、アンタゴニストのスクリーニング系を構築し、化学合成品や天然物から新しいタイプの昆虫成育制御剤開発のためのリード化合物を検索する予定です。

(2) 社会性発達の制御機構

ミツバチでは、脳の高次中枢と考えられるキノコ体が、構造的にも容積的にも他の昆虫と比較して顕著に発達しています。女王蜂と働き蜂ではキノコ体の容積が異なることなどから、キノコ体における神経回路の改変が、カーストや分業に特異的な行動の発現の重要な要因になっている可能性があります。本研究では、ミツバチの行動制御の分子メカニズムを解明する目的で、(a) ミツバチのキノコ体で領野特異的に発現する遺伝子群、(b) ミツバチでキノコ体選択的に発現する Ca 情報伝達系に働く遺伝子群、(c) ミツバチの行動 (カーストや分業) 特異的にキノコ体で発現する遺伝子群の同定と解析を行います。さらに、それらの遺伝子の機能解析をミツバチとショウジョウバエの両方で、遺伝学的な手法で解析することにより、ミツバチの行動を支える分子機構を解明します。

また、ミツバチの働き蜂は、羽化後の日齢に応じて育児から採餌へと仕事に変化 (齢差分業) します。これまでに、働き蜂の分業にともない、下咽頭腺の機能が、ミルク蛋白の合成から花蜜の糖代謝酵素群の合成へと、単一の細胞レベルで転換することを見出しています。本研究では、この下咽頭腺の機能転換の分子機構とともに、コロニー内で働き蜂の仕事を分配する仕組みを解析することにより、齢差分業を支える分子基盤を解明します。

シロアリの幼生は脱皮と共にカースト分化し、特に兵隊への分化は幼若ホルモンの (JH) により誘導されることが知られています。これまでに、兵隊分化にともなって特異的に大顎線で合成される分泌蛋白 Sol1 の同定に成功しています。本研究では、シロアリのカースト分化依存的に発現する新規遺伝子の同定と機能解析、発現制御機構を解析することにより、シロアリの社会性発達の分子基盤を解明したいと考えています。

3. 研究の体制

期 間：1999 年 8 月～2004 年 3 月

構 成：プロジェクトリーダー 1 名

研究分担者 2 名

研究協力者 3 名

実施場所：東京大学大学院新領域創成科学研究科分子認識化学研究室

東京大学大学院薬学系研究科発生細胞化学研究室

東京大学大学院総合文化研究科松本研究室



図2：ミツバチの巣箱の前に糸で吊したオオスズメバチを近づけ、攻撃してくる門番蜂を採取しようとするところです。

