

Molecular mechanisms of individual preservation in insects 昆虫の個体維持機構の解明とその開発

プロジェクトリーダー 柳 沼 利 信

名古屋大学

大学院生命農学研究科 助教授



図1. 研究室風景.

1. 研究の目的

休眠は一般に受動的、消極的な活動の停滞と見なされがちですが、実際の休眠は生活史の設計プログラムに組み込まれた計画的、積極的な発育の阻止であります。休眠はほとんどの生物種に認めることのできる普遍的な出来事ですが、昆虫で特に発達している生命現象です。従って、昆虫における休眠研究がこの分野をリードしています。休眠は、固有の代謝系・制御系を発動することによって省エネルギー体制の生活型を確立し、個体維持期間の拡張を図っています。同時に、休眠期間の導入により発育、生殖の時期をずらすことによって他集団との時間的住み分けを可能にしています。この休眠状態を確立・維持するために昆虫は環境の情報をモニターし、休眠開始と休眠覚醒の時期を設定し、個体維持期間つまり寿命の調節を行っています。

ここでは特に、休眠の誘導・開始・維持・覚醒という休眠プログラムを発動するために、昆虫がどのように外部環境の情報を受容し、統御するのか、またどのように休眠の実質化を保障するのかという分子機構を解析します。このことによって、休眠固有の省エネルギー体制を可能とする制御機構、環境温度を意味のある生物シグナルとして受容統御する機構、及び環境温度による発育プログラムの選択機構等が明らかになり、これまでの発育拡大を主流とする生命科学研究に、新規の知見を加えることが期待されます。

さらに、人為的に休眠期間延長を可能にする、より高活性な休眠・個体維持制御分子を創製し、希少遺伝資源及び有用機能を有する昆虫体の安定な長期保存法の開発、また、人為的に休眠を打破し、産業昆虫を終始提供する方法の開発を目指します。

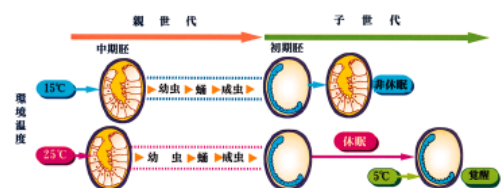


図2. カイコの休眠・個体維持制御機構.

2化性の母親の卵期を15°Cまたは25°Cで保護。その他の期間は25°Cで飼育・保護。非休眠卵では、約10日後に幼虫孵化。休眠覚醒のためには約2ヶ月間5°C冷蔵が必要；25°Cでは休眠は継続。

2. 研究の内容

(1) 環境温度を初期情報として、休眠が実質化されるまでの情報伝達系のネットワークの解析

カイコでは、母親の卵期の温度条件が子世代の卵期の休眠性を決定しています。このことは、環境温度の初期情報が世代を越えて個体維持制御に係ることを意味しています（図2）。つまり、卵期に経験した温度情報（25℃または15℃のいずれであったか）が幼虫・蛹の脳・神経系に伝達蓄積され、蛹期の食道下神経節での休眠ホルモン（24個のアミノ酸から構成される）の合成分泌能を調節します。具体的には、25℃を経験した場合には休眠ホルモンの分泌が盛んとなり、発育しつつある卵巣に作用し、休眠性卵を、15℃の場合には逆に非休眠性卵を準備します（図3）。羽化交尾後、産下された休眠性卵は受精、核・細胞分裂と発育を進めますが、囊胚後期で細胞分裂停止が生じ、発育は止まって、休眠に入ります。25℃下で保護する限り、休眠は継続しますが、5℃に2～3ヶ月間冷蔵することによって休眠は覚醒します。非休眠性卵の場合には、連続して発育は進み、約10日後に幼虫が孵化します。

ここでは、特に、母親の卵期の温度情報はどのように受容され、脳・神経系に伝達・統御されるのか、蛹期の食道下神経節での休眠ホルモンの合成分泌能はどのように調節されるのか、休眠ホルモンはどのように卵母細胞に作用し、休眠性を確立するのか（図4）、休眠開始はどのように囊胚期に生じるのか等についての分子機構を明らかにします。

(2) 休眠固有の代謝系を発動し、省エネルギー体制を可能にする実体系、並びに低温による休眠覚醒機構の解析

実際の休眠の維持は、休眠固有の代謝系及び省エネルギー体制によって支えられています。カイコ休眠卵では、グリコーゲンを素にして約150mMのソルビトールが蓄積され、低温に対する安定性を保障しています。また、酸素消費量は6 μ l/時間/グラムという低いレベルを保っています。従って、ここでは、固有な代謝系及び省エネルギー体制を制御する分子機構、細胞分裂及び発育停止をもたらす休眠維持機構を明らかにします。

また、5℃低温を約2ヶ月間経験することによって、休眠卵は再び細胞分裂能力及び発育能力を回復します。このことは、低温は単なるストレスとしてではなく、次なる段階の発育を保障する情報シグナルとして休眠卵によって感知、受容・統御され、次の発育・分化を促す分子または遺伝子の発現を調節するものと考えられます。ここでは特に、カイコの低温誘導性遺伝子発現（図5）と低温情報との間を結ぶ機構を中心に解析します。

一方、昆虫の休眠がカイコの場合と異なる時期に生じる例も数多く知られています。例えば、ヤママユは幼虫孵化直前の時期（図6）で、コガタリハムシは成虫の時期に休眠します。これらの休眠誘導には、カイコとは異なる因子・ホルモンが係りますが、休眠維持の実体系、休眠固有の代謝系の発動・省エネルギー系の確立・細胞分裂停止等には共通した因子が係わるものと考えられます。ここでは、ヤママユ及びコガタリハムシの休眠の実体系である休眠維持因子・成熟因子及び休眠覚醒をもたらす長期低温受容因子の解析を行い、個々の休眠に特異的な制御系及び休眠に共通する制御系を明らかにします。

(3) 高活性な新規個体維持制御物質の創製

上述のような種特異的な休眠制御因子及び普遍的な制御因子に基づき、より高活性な休眠・個体維持制御物質を創製し、休眠期間を拡大させ、または本来休眠しない昆虫を休眠化させ、希少遺伝資源の長期保存・維持方法、有用機能を有する昆虫体の長期保存法の開発を図ります。特に、休眠に普遍的な制御系・制御剤を用いて他の動植物の長期保存法への応用を図ります。

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

プロジェクトメンバー4名（内ポストドク1名）他

実施場所：名古屋大学大学院生命農学研究科資源昆虫学研究室

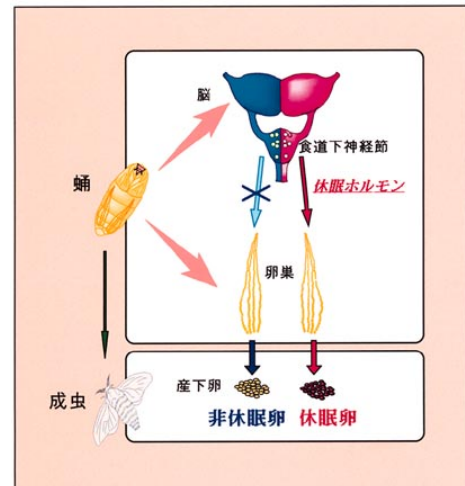


図3. 休眠ホルモンは食道下神経節で合成分泌され、血流を経て、発育卵巣に作用する。青い脳（卵期15℃保護）は非休眠性卵産生を、赤い脳（卵期25℃保護）は休眠性卵産生を模式している。



図4. DH（休眠ホルモン）はR（受容体）を介して卵母細胞に情報を伝え、休眠のための準備をする。遺伝子発現の活性化により、トレハラーゼ活性が上昇し、血液中のトレハロースを溶糖にグルコースとして取り込み、卵内の高グリコーゲン状態をつくる。休眠開始に伴いグリコーゲンからソルビトールが合成蓄積される。

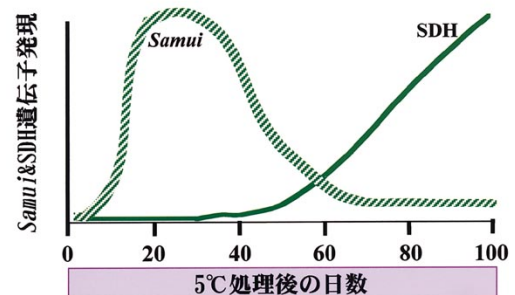


図5. 5℃低温処理によりカイコ休眠卵で誘導される遺伝子。SDH（ソルビトール脱水素酵素）遺伝子は、ソルビトールからグリコーゲンへの変換時期・幼虫体形成能力の賦与時期に発現する。Samui遺伝子の機能はまだ明らかでないが、短い低温期間で誘導される。

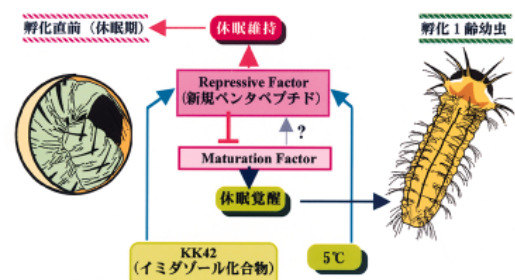


図6. ヤママユの休眠・個体維持制御機構。抑制因子が休眠維持に、成熟因子が休眠覚醒に係わる。5℃処理及びイミダゾール化合物は抑制因子の発現を抑制することで、休眠覚醒をもたらす。