

ミツバチの進化と社会的行動の 分子基盤を探る

佐々木哲彦 研究室



研究内容

1匹のミツバチは何の変哲もない昆虫に過ぎません。しかし、ミツバチのコロニー全体を眺めてみると、1つのコロニーがまるで1匹の個体のように振る舞い、哺乳動物に匹敵するような高度な機能を発揮することに気づかされます。その様子を見てみると、どうしてこんなことができるのだろうか、不思議に思うことが沢山あります。小さな六角形が規則的に並んだ美しい巣板は、最小限の材料で高い強度を実現した芸術品です。巣の中はきちんと温度管理されていて、ほぼ34℃に保たれています。寒いときは飛翔筋を震わせて熱を発生し、暑くなると、換気したり、集めてきた水を蒸発させたりして温度を下げます。採餌活動では、有名な8の字ダンスという特別な言語を駆使して、仲間同士でエサ場の情報交換を行います。このような複雑で洗練された行動が、直径わずか1mmほどの小さな脳によって生み出されることは、まさに驚きです。ミツバチのような昆虫がどうやって進化してきたのか、また、ミツバチが示す複雑な社会的行動はどのような脳内メカニズムによって生み出されるのか、疑問は尽きません。私の研究室では、ミツバチの社会性の進化や行動様式の分子基盤を明らかにすることを目指しています。



カースト分化の分子機構

ミツバチの巣の中には、1匹の女王バチと無数の働きバチが暮らしています。働きバチは、卵を産むことはあ

りませんが、遺伝的には女王バチと同じ雌です。集団内で繁殖能力をもつ個体ともたない個体が分化することをカースト分化と言います。ミツ



バチの場合には、両者は幼虫期に与えられるエサによって運命づけられ、ローヤルゼリーだけを与えられて育った個体が女王バチに分化します。つまり、女王バチと働きバチは、遺伝情報としては同じゲノムをもっていて、幼虫期のエサという環境要因によって、形態的、機能的に大きく違った表現型を発現することになります。遺伝子発現の可塑性によって生じる興味深い現象ですが、詳細なメカニズムはまだわかっていません。カースト分化の制御に関わる遺伝子を探索し、その発現調節の仕組みを明らかにしたいと考えています。

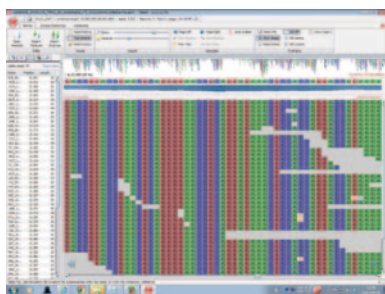
脳機能のエピジェネティックス

女王バチの唯一の仕事は産卵です。コロニーの維持に必要な産卵以外の仕事は、すべて働きバチが行います。当然のことながら、女王バチと働きバチの行動パターンは全く違ってきます。働きバチの仕事は、幼虫の世話、巣の防衛、採餌活動など様々で、彼女らはこれらの役割分担を加齢にともなって変えていきます。典型的には、若い働きバチが育児などの巣の中での仕事を行い、高齢のハチが採餌を担当します。では、働きバチの行動パターンの変化はどのようなメカニズムによって引き起こされるのでしょうか？ その制御機構の1つとして、DNAのメチル化に注目しています。DNAのメチル化は、塩基配列の変化をとまなわないうで遺伝子発現を調節するメ

カニズムの1つで、このような調節のことをエピジェネティックな調節といいます。哺乳類では、DNAのメチル化は発生、老化、疾患、学習など多くの重要な現象に深くかかわっていることがよく知られています。一方、無脊椎動物でのDNAメチル化の生物学的な意義は、まだ十分には分っていません。ミツバチをエピジェネティクスの新しいモデル生物としてとらえ、次世代シーケンス技術などを利用して解析を進めています。

ミツバチのゲノム編集

ある遺伝子の機能を調べるためには、その遺伝子の発現を強めたり、逆にその機能を破壊したりする方法が有効です。しかし、ミツバチでは



幼虫が働きバチによる世話を受けないと育たないことや、産卵する個体が1匹の女王バチに限られることなどの理由で、遺伝子操作技術の開発が遅れています。遺伝子操作ができるようになれば、遺伝子の機能解析に役立つだけでなく、将来的にはヒトを刺さないミツバチを作るなど、品種改良にも利用できるかもしれません。近年、ゲノム編集の画期的な手法として、CRISPR/Cas9法が注目されるようになりました。東京大学大学院理学系研究科の久保健雄研究室との共同研究で、CRISPR/Cas9法をミツバチに応用することを試み、世界で最初にミツバチのゲノム編集に成功しました。

研究体制

私の研究室は2004年に、21世紀COE拠点リーダーの塚田稔教授や、学術フロンティア推進事業代表を務められた佐々木正己教授のご尽力により、玉川大学の遺伝子実験施設的な研究室としてスタートしました。多大なご支援をいただき、DNA塩基配列解析装置、定量PCR装置、共焦点レーザー顕微鏡など、分子生物学に必要な機器類が完備されています。

指導方針としては、自然科学者として基本をしっかりと身につけ、新しい研究分野を開拓できる人材の育成を目指しています。基本という言葉は、初歩的で簡単なこ

と、という意味で使われることもありますが、本来の意味は、物事を築き上げるための基礎となる根本的な土台であって、基本的なことが一番難しいことだったりもします。例えば1つの実験結果が得られたとき、その結果を自分にとって都合の良いように解釈したいという誘惑に駆られるかもしれません。しかし自然科学では、データを解釈するときは、あくまで客観的にもっとも妥当な解釈を採用しなければなりません。理屈としては誰にでも理解できる簡単なことですが、いざ実践しようとするとなかなか難しく、そういうことがごく当たり前にできるようになるためには、ある程度のトレーニングを積みなければなりません。データを客観的に見て、それらを説得力のあるロジックでつなぎ、信頼できるストーリーを構築する。そういう創造的な論理力を磨くためのディスカッションを大切にしています。また、相原研究室、磯村研究室、酒井研究室、鮫島研究室と合同でゼミを行っています。専門分野が少しずつ違った人たちが集まって議論することで、幅広い知識を得て、多角的に物事をとらえる力を鍛える良い機会になっています。



略歴

1988年東京大学理学部卒業、1991年東京大学大学院理学系研究科博士課程中退、同年東京大学理学部助手。1995年東京大学博士（理学）。米国Yale大学医学部で約1年半の在外活動なども経験し、2004年から玉川大学・学術研究所・助教授、2009年より現職。

参考文献

- Ugajin A et al. (2018) *Insect Mol Biol* 27: 154-165
- Kohno H et al. (2016) *Zoolog Sci* 33: 505-512
- Furukawa S et al. (2012) *Applied Entomol Zool* 47: 449-456
- Ikeda T. et al. (2011) *J. Insect Science* 11: Article 74