

2011

ニュースレター “おがいこさま”

No.21

*National
Bio-Resources
Project "Silkworm"*

ナショナルバイオリソースプロジェクト「カイコ」情報誌

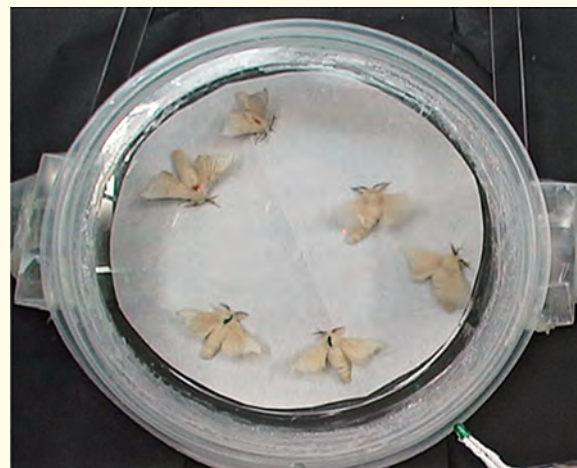
平成23年12月15日発行 第21号

<http://www.nbrp.jp/index.jsp>

コナガフェロモン刺激前



コナガフェロモン刺激後



「コナガ性フェロモン受容体PxOR1発現カイコガ雄（矢印）のコナガフェロモンへの行動反応」

PxOR1を発現するカイコガ雄（矢印）はコナガ性フェロモン成分Z11-16:Aldに羽ばたき行動と歩行行動を起こした。一方で、PxOR1を発現しない個体は刺激前後でほとんど行動していないことがわかる。

●トランスジェニックカイコガを利用した性フェロモン認識機構の研究

櫻井 健志

東京大学先端科学技術研究センター

生命知能システム分野 神崎・高橋研究室

カイコガの雄の成虫の周辺に雌を置くと羽ばたきながら歩いて、雌を探索する行動を始めます (図1A)。この雌探索行動は、雌の放出するボンピコールという性フェロモンの匂いを雄が嗅覚器官である触角で嗅ぐことで起こります。このような性フェロモンを介した同種雌の認識はカイコガだけでなく、多くの昆虫、特に蛾類昆虫で広く利用されており、雄は雌の放出する性フェロモンの匂いを手がかりに同種の雌を見つけ出します。筆者は、このような性フェロモンを介した異性間交信の中で、雄のガが同種の性フェロモンを正しく認識し雌を見つけ出す仕組みに興味を持ち、研究を始めてから現在にいたるまで約14年、カイコガを対象としてフェロモン受容の分子機構とフェロモン情報処理に関する研究を行ってきました。本稿では、まずカイコガのフェロモン受容系を簡単に説明した後、NBRPで進められているトランスジェニックカイコガ資源を利用した嗅覚系研究の成果の一つとして、カイコガの雄がボンピコールだけに雌探索行動と交尾の試みからなる性行動を起こす仕組みを明らかにした研究例を紹介いたします。

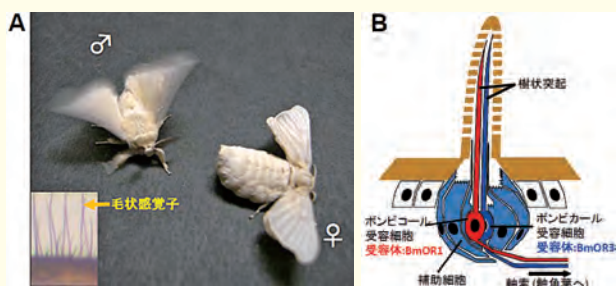


図1. (A) カイコガ雄の雌探索行動
(B) 毛状感覚子の模式図。

カイコガの雌はボンピコール [(E,Z)-10,12-hexadecadienol] とボンピカル [(E,Z)-10,12-hexadecadienal] という2成分の性フェロモンを放出しますが、雄はボンピコールを受容したとき

だけ、性行動を起こします (1, 2)。これらの性フェロモン成分はオスの触角上にある毛状感覚子内部にあるボンピコールとボンピカルにそれぞれ選択的に反応を示す一対のフェロモン受容細胞によって検出されます (図1B) (2)。それぞれの受容細胞にはボンピコールの特異的受容体であるBmOR1とボンピカルの特異的受容体であるBmOR3が相互排他的に発現しており、受容体の特異性により両成分は識別されていると考えられています (図1B) (3,4)。このように性フェロモン受容体が触角における性フェロモンの検出と識別に中心的な役割を果たすことが報告されていましたが、性フェロモン受容体の選択性と性行動発現の選択性 (以下フェロモン選好性) の間の因果関係は示されていませんでした。筆者らは、BmOR1の匂い選択性とフェロモン選好性が1対1で対応することから、BmOR1の匂い選択性が受容細胞における選択性だけでなく、フェロモン選好性まで決定しているとの仮説に基づき研究を進めました。

この仮説を検証するために、農業生物資源研究所の田村俊樹博士のグループの協力を受け遺伝子組換え技術を利用して、ボンピコール受容細胞だけで他種の蛾 (コナガ、*Plutella xylostella*) の性フェロモン受容体PxOR1を発現する遺伝子組換えカイコガを作成しました。PxOR1はコナガの性フェロモン成分の1つである (Z) -11-hexadecenal (Z11-16:Ald) の特異的受容体をコードしています (5)。性フェロモン受容体がフェロモン選好性を決定するのであれば、この組換えカイコガは通常のカイコガが本来全く反応を示さないZ11-16:Aldに対して性行動を起こすはずだと考えたわけです。

まず、PxOR1発現カイコガのボンピコール受容細胞の活動を調べた結果、Z11-16:Ald刺激に対して特異的に神経興奮を起こすことが明らかになりました。つづいて、PxOR1発現カイコガの行動実験から、PxOR1発現カイコガの雄はZ11-16:Aldおよびコナガの雌に対してボンピコール刺激に示す行動と同様の性行動を起こしました (表紙、図2)。PxOR1の発現によるボンピコール受容細胞の脳への投射領域に変化はみられないことから、選好性の変化が脳内の情報処理の変化ではなく、受容細胞の匂い選択性の改変によることが確認されました。



図2. PxxOR1発現カイコガ雄のコナガ雌探索行動。

これらの結果から、カイコガの雄の性行動の発現にはボンビコール受容細胞の神経興奮が十分であり、フェロモン選好性はボンビコール受容細胞で発現する性フェロモン受容体の選択性によって決定することが明らかになりました。すなわち、カイコガの雄が同種の雌だけに性行動を示すのは、BmOR1というボンビコールだけを選択的に検出する受容体が、脳内の性行動を引き起こす情報処理経路に接続した特定の受容細胞群で発現しているためであることがわかりました(図3)(6)。

本研究の結果は、カイコガ雄のフェロモン選好性の仕組みを明らかにしたと同時に、遺伝子組換えによりボンビコール受容細胞に嗅覚受容体を導入することでカイコガの匂い選択性を人為的に操作できることを示しています。カイコガ雄の性フェロモンへ

の感度は、嗅覚が優れている動物の代表である犬に匹敵するといわれています。今後、昆虫のもつ多様な嗅覚受容体を発現するカイコガを作出することで所望の匂いを検出し、発信源に探知する匂いセンサとしてカイコガを利用することが期待されます。

本稿に述べた成果は、ゲノム情報が明らかでありトランスジェニック系統が整備されたカイコガだからこそ実現できたものです。現在、遺伝子操作が可能な蛾類はカイコガだけであり、主に電気生理学的手法により進められてきた神経系の解析に、今後、遺伝子組換え技術を組み合わせることで嗅覚系研究モデルとしてのカイコガの有用性がますます高まることは間違いないと確信しています。

参考文献

- (1) Butenandt A et al., Z Naturforsch 14b: 283-284 (1959).
- (2) Kaissling K-E et al., Naturwissenschaften 65: 382-384 (1978).
- (3) Sakurai T et al., Proc Natl Acad Sci USA 101: 16653-16658 (2004).
- (4) Nakagawa T et al., Science 307: 1638-1642 (2005).
- (5) Mitsuno H et al., Eur J Neurosci 28: 893-902 (2008)
- (6) Sakurai T et al., PLoS Genet 7: e1002115 (2011)

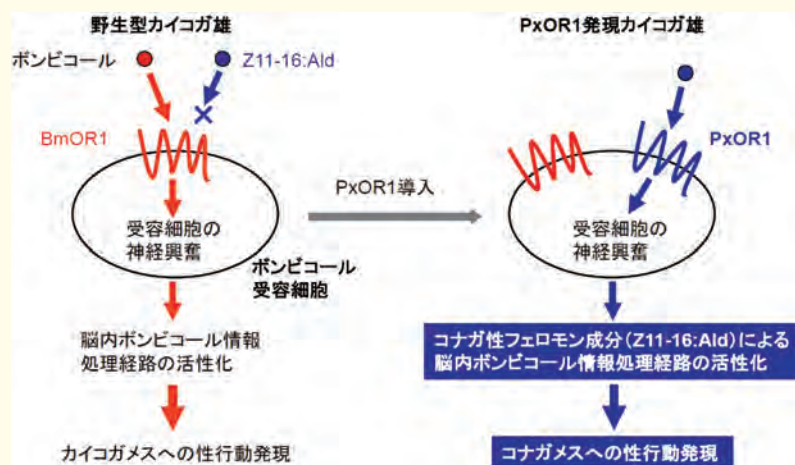


図3. ボンビコール受容細胞の神経興奮が脳内ボンビコール情報処理経路を活性化し性行動が発現する。ボンビコール受容細胞の応答特性は発現する性フェロモン受容体によって決定するため、野生型のカイコガオスでは、ボンビコールのみに性行動が起こる(左)。PxxOR1発現カイコガでは、ボンビコール受容細胞はPxxOR1のリガンドであるZ11-16:Aldに対して神経興奮を起こし、ボンビコール情報処理経路を活性化するため、Z11-16:Ald源やコナガ雌への定位行動が発現する(右)。

分譲可能なリソースの紹介

●九州大学（中核機関）

冬場でもカイコが入手できます。

カイコの系統分譲は春に限定される場合が普通でした。本事業では年間を通しての提供システムを確立しました。基本的には卵で分譲しますが、希望があれば幼虫・蛹・成虫などでの供給も行っています。

6回目のカイコ飼育スケジュール

九州大学には鹿児島県指宿市に試験地があり、冬期も下記のような予定で桑葉でのカイコ飼育を行っていますのでカイコリソースの利用が可能です。

時期	孵化日	幼虫時期	蛹時期
6期	1月6日	1月6～26日	1月26～2月5日

カイコ並びにクワコのDNAを分譲しています。

突然変異系統（約500系統）並びに、クワコ（北海道から鹿児島まで全国40数地点）のDNAレポジトリを整備しました。飼育が困難、変異体の情報が欲しいなどの場合に便利です。個体別に作成していますので遺伝多型を調べる実験にも利用できます。

リソース情報はSilkwormBaseをご利用下さい。

カイコリソースの総合データベースとして、SilkwormBaseを遺伝学研究所と共同で作成して公表しています。系統の持つ特性情報や遺伝子記号、文献に関する情報が検索できます。

<http://www.shigen.nig.ac.jp/silkwormbase/index.jsp>

●農業生物資源研究所（サブ機関）

ゲノム改変カイコ

他生物の遺伝子を導入する事により、新たな遺伝資源の作出と利用を図る目的で収集を行っています。GAL4-UASシステムを用い、GEPを用いた蛍光カルシウムセンサーであるG-CaMPを生体内に発現するカイコの収集を行っています。種々のゲノム改変カイコを保有しているため希望者には必要な手続きの上、分譲が可能となっています。

〈問い合わせ先〉 瀬筒秀樹 hsezutsu@affrc.go.jp

●東京大学（サブ機関）

カイコのBACクローン、fosmidクローン、cDNAクローン、クワコのfosmidクローン、およびエリサンのcDNAクローンを分譲しています。カイコとエリサンのcDNAについては、以下のウェブサイトではBLASTなどにより検索することができます。

<http://morus.ab.a.u-tokyo.ac.jp/> ほかに未整理の情報もあるので、不明な点は下記へお問い合わせください。

〈問い合わせ先〉 嶋田 透 toru@ss.ab.a.u-tokyo.ac.jp

●信州大学（サブ機関）（野蚕関係）

卵100粒以上、幼虫・蛹・成虫のいずれか20頭以上をご希望の場合は予めご相談ください。これらの場合は準備の都合上ご利用予定の一月以上前にご連絡くださいますようお願い申し上げます。管理、質の向上に一層の努力を重ねたい思いを強くしております。お問い合わせは下記までお願いします。

〈問い合わせ先〉 梶浦善太 zkajiur@shinshu-u.ac.jp

種名	ステージ	時期	提供
ヤママユガ	卵（休眠状態）	9月～翌年6月	～100粒
	幼虫	6月	～20頭
	蛹	7月～8月	～20頭
サクサン	成虫	8月	～20頭
	卵（非休眠）	4月～8月	～100粒
	幼虫	6月～8月	～20頭
エリサン	蛹（休眠）	9月～翌年4月	～20頭
	成虫	4月～8月	～20頭
	卵（非休眠）	隔月	～100粒
エリサン	幼虫	隔月	～20頭
	蛹（非休眠）	隔月	～20頭
	成虫	隔月	～20頭

卵は微粒子病検査済みです。

ニュースレター“おかいこさま”について

日本では蚕（かいこ）は国の財政を支える重要な農業生物でした。農家で大切に飼育される蚕は家のお座敷で養われる程で、いつの頃からか、一介の昆虫に過ぎない昆虫であるカイコは「おかいこさま」「お蚕（こ）様」と呼ばれ今日に至っています。おカイコ様は日本人にとって特別な昆虫です。皇居内のご養蚕所では皇后様が毎年、「おかいこさま」を養われているのだそうです。

「おかいこさま」は世界の何処にもない日本独自のバイオリソースです。日本発のライフサイエンス素材からオリジナルな研究を展開する情報誌の名前として用いています。

ニュースレター“おかいこさま”編集・発行

☎812-8581

福岡市東区箱崎6-10-1九州大学大学院農学研究院

遺伝子資源開発研究センター内

ナショナルバイオリソースプロジェクト

「カイコ」中核機関代表 伴野 豊

TEL 092-624-1011 banno@agr.kyushu-u.ac.jp

