

カイコの性決定遺伝子の発見がもたらしたもの



生産・環境生物学専攻
昆虫遺伝研究室
かつま すむい
勝間 進
准教授

みなさんご存知のカイコ、実は私たちヒトよりも20年以上前から性染色体で性が決まることが知られていました。

2014年、私たちはついにカイコの性決定遺伝子を見つけました。

その正体とその後の研究展開について紹介します。

みなさんはカイコという昆虫をご存知でしょうか(図1)。カイコは絹を生産するための農業生物としてよく知られていますが、最近では生物学の教材として小学校等で飼育すること多いようです。一方、カイコは遺伝学の研究材料としても重要な役割を果たしてきました。1906年の外山亀太郎博士によるカイコを用いた研究によって、植物で明らかになっていたメンデルの法則が動物においても成立することが示されました。また、1933年には、橋本春雄博士の一連の研究によって、カイコが雌WZ、雄ZZという性染色体構成を持ち、W染色体が1本存在すれば雌になることが分かりました。しかし、研究上の様々な困難があり、カイコのW染色体上にあると予想された仮想メス化遺伝子*Feminizer* (*Fem*)に関しては、80年以上もその実体が分かりませんでした。

私たちは2014年について*Fem*の分子実体を同定することができました。それは従来の性決定遺伝子のようにタンパク質を作り出すものではなく、PIWI-interacting RNA (piRNA)と呼ばれる種類の29塩基からなる小分子RNAを作り出すものでした。このpiRNAはPIWIタンパク質(カイコの場合Siwi)と結合し、Z染色体から作られるオス化遺伝子*Masculinizer* (*Masc*)のmRNAを切断していることもわかりました。つまり、カイコのメス化遺伝子は「オス化を抑制する遺伝子」だったわけです(図2)。

この発見から大きく2つのことが展開しました。一つはカイコの性を人為的に操作できるようになったことです。例えばオスだけが生き残るようなカイコを作ることができました。一方、*Masc*遺伝子の研究から、ボルバキアと呼ばれる共生細菌が引き起こす「オス殺し」という現象が、*Masc*遺伝子の発現量低下によってもたらされていることがわかりました。これらの展開は、遺伝子組換えカイコを用いたものづくりや新しい害虫防除法に貢献すると考えられます。

図2. カイコの性決定カスケードのモデル図。メス(左)においては、W染色体から*Fem* piRNAが作られ、Siwiタンパク質と複合体を形成します。この複合体はZ染色体から作られる*Masc*遺伝子のmRNAを切断することで、オス化が抑制されます。オス(図右)においては、*Masc*遺伝子のmRNAが切断されないため、オスになります。

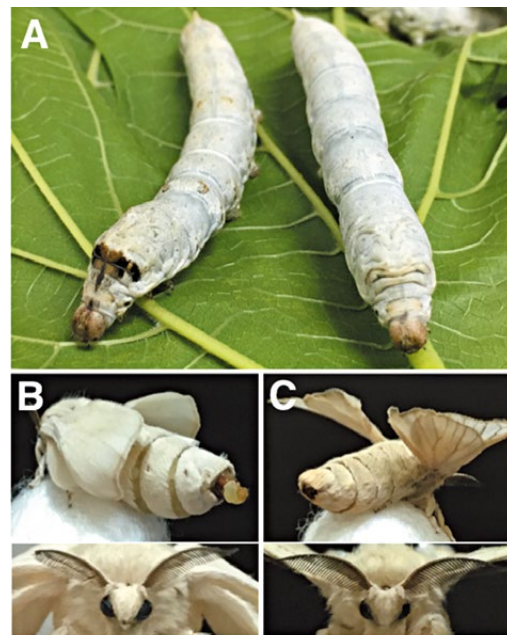
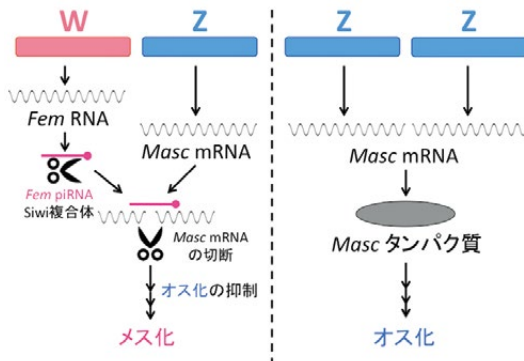
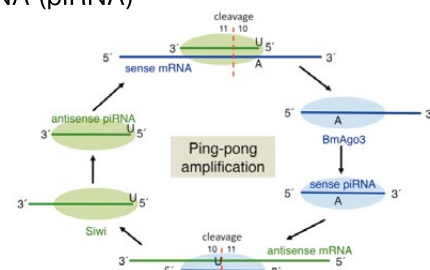


図1. (A)カイコの5齢幼虫。W染色体に斑紋の遺伝子を転座させている系統で、左側(斑紋あり)が雌、右側(斑紋なし)が雄です。(B-C)カイコ成虫の腹部と頭部。雌(B)には腹部末端にフェロモン腺がありますが、雄(C)にはありません。性フェロモンは、1959年にブテナント博士によってカイコから初めて同定されました。雄は触角に存在する受容体で性フェロモン(ボンビコール)を受容します。

教えて! Q&A

PIWI-interacting RNA (piRNA)

小分子RNAの一つで、生殖組織(細胞)に多く存在します。RNAを切断するPIWIタンパク質(カイコの場合はSiwiとBmAgo3の2種類)と結合して、相補的な配列を持つ利己的遺伝子(トランスポゾンなど)由来のRNAを切断します。ピンポンサイクルと呼ばれる増幅サイクルで作られます(右図参照)。



ボルバキア

ボルバキアはリケッチアに近縁な細胞内共生微生物で、昆虫を含む節足動物で広くその感染が認められています。ボルバキアは卵細胞質を通じた母子感染で感染し、宿主の性や生殖システムを様々な方法で巧みに操作します。そのうちの一つが「雄殺し」と呼ばれる現象で、チョウ目昆虫における例が報告されています。

<http://papilio.ab.a.u-tokyo.ac.jp/igb/index.html>