



クワガタムシにおいて初めて網羅的遺伝子カタログを作成し、 雌雄差の形成に関わる遺伝子群を特定

研究成果のポイント

- ・クワガタムシの遺伝子（転写産物）の塩基配列を網羅的に解読した。
- ・およそ1万個の遺伝子（クワガタムシが持つ総遺伝子数の50~70%に相当すると予測）の配列を同定した。
- ・この遺伝子カタログを利用して研究を進め、クワガタムシの雌雄差の形成に関わる遺伝子を特定した。
- ・本研究で作られた遺伝子カタログは、クワガタムシの発達した大顎の形成メカニズムを明らかにする上でも有用である。

研究成果の概要

クワガタムシの大きな特徴の一つは、俗に「ハサミ」と呼ばれる一対の発達した大顎^(注1)です。発達した大顎を持っているのはオスのみで、メスにも大顎はありますが、オスのように大きく発達したものではありません。この大顎を作るにはどのような遺伝子に関わっているのかを明らかにするために、北海道大学を含む国際研究グループで数年前から研究を行ってきました。

本研究では、これまで本研究グループが研究対象としてきたメタリフェルホソアカクワガタを材料に、網羅的遺伝子カタログ^(注2)の作成を行いました。さらにこのカタログを活用し、雌雄間の違いを生じさせる遺伝子群を同定しました。これに基づく解析により、クワガタムシの性決定様式はこれまでよく知られていたショウジョウバエのものとは異なることが示唆されました。

論文発表の概要

研究論文名：Identification and functional analyses of sex determination genes in the sexually dimorphic stag beetle *Cyclommatus metallifer*. (性的二型を示すメタリフェルホソアカクワガタ *Cyclommatus metallifer* における性決定遺伝子群の同定と機能解析)

著者：後藤 寛貴 (名古屋大学), Robert Zinna (ワシントン州立大学), Ian Warren (ワシントン州立大学), Michael DeNieu (ミシガン州立大学), 新美 輝幸 (基礎生物学研究所), Ian Dworkin (マックマスター大学), Douglas J. Emlen (モンタナ大学), 三浦 徹 (北海道大学), Laura C. Lavine (ワシントン州立大学)

公表雑誌：BMC Genomics (ゲノム科学分野のオープンアクセス国際専門誌)

公表日：英国時間 2016年3月22日(火) (オンライン公開)

研究成果の概要

(背景)

クワガタムシは夏の風物詩として知られ、ペットとしても人気の高い昆虫です。その最大の特徴は、俗に「ハサミ」と呼ばれる一対の発達した大顎ですが、発達した大顎を持っているのはオスのみで、メスにも大顎はありますが、オスのように大きく発達したものではありません。また、同じ種類のオス同士であっても、幼虫時の生育条件によって大顎のサイズや形態は大きく異なります。さらに、種が違えば当然大顎の形態も異なります。このように種内（雌雄間・雄間）でも、種間でも大きな多様性を示すクワガタムシの大顎を作るのにはどのような遺伝子関わっているのかを明らかにするために、北海道大学を含む国際研究グループで数年前から研究を行ってきました。しかしながら、このような研究を進めるにあたって、重要な基礎となる「クワガタムシが持つ遺伝子」についての情報は断片的なものでした。

そこで今回、我々の研究グループはクワガタムシが発現している遺伝子を取得して、その塩基配列を解読し、網羅的な発現遺伝子カタログを作成しました。特に雌雄間での大顎の発達の違いに注目し、このカタログを活用してその雌雄差を生み出すのに関わる遺伝子を探索しました。

(研究手法)

本研究では、これまで研究グループが研究対象としてきたメタリフェルホソアカクワガタ（図 1）を材料に、網羅的な遺伝子カタログの作成を行いました。大顎の形態形成期に発現している遺伝子（具体的には RNA）を抽出し、次世代 DNA シーケンサー（大規模塩基配列解読装置）を用いて網羅的な塩基配列の解読を行いました。さらにカタログ化したクワガタムシの遺伝子のうち、他の昆虫で雌雄の違いを生み出す性決定に関与することが分かっている遺伝子について、RNA 干渉という遺伝子の機能を一時的に失わせることができる手法を用いて解析を行いました。

(研究成果)

次世代シーケンサーによる配列情報取得と、それに続く大型計算機を用いた解析により、およそ 1 万個の遺伝子（クワガタムシが持つ総遺伝子数の 50~70%に相当すると予測）の配列を同定し、網羅的な遺伝子カタログの作成に成功しました。さらに、このカタログを用いて、昆虫の性決定関連遺伝子の多くをクワガタムシにおいても同定しました。うちいくつかの遺伝子について、より詳細な発現解析と機能解析を行ったところ、いくつかの新しい知見が得られました。例えば *intersex* という遺伝子が雌雄の違いを形成するのに関与することが明らかになりました。*intersex* 遺伝子の機能を失わせると、オスでは目に見える影響はありませんでしたが、メスでは本来発達せず小さい大顎が通常より大きく発達しました。また、*intersex* 遺伝子の機能を失わせたメスでは、大顎以外でも本来は雌雄で異なる体色や肢の形態などが、オスに似たものになっていました（図 2）。これは *intersex* 遺伝子がメスの形質を形成するうえで重要な働きを持つことを示しています。*intersex* 遺伝子は、他の昆虫では雌雄間の違いを生み出すのに関与していることが知られていましたが、甲虫類でも雌雄差の形成に関与することが示されたのは初めてのことです。また、これまでクワガタムシを含む多くの昆虫で性決定に関与することが知られていた *doublesex* 遺伝子についても詳細な機能解析を行いました。この遺伝子は一つの遺伝子から複数の異なるタイプのタンパク質ができることが知られていましたが、今回、どのタイプが雌雄の特徴を決めるのに重要かを解明しました。このように、*intersex* 遺伝子や *doublesex* 遺伝子のように他の昆虫でも性決定と雌雄差の形成に関与する遺伝子が、クワガ

タムシでも同じような働きを有していることが示されました。一方で、モデル生物のショウジョウバエで性決定に関わることが知られる *Sex-lethal* 遺伝子については、機能解析の結果、クワガタムシでは雌雄差形成に関与しないことが示唆され、クワガタムシの性決定様式はショウジョウバエとは異なることも新たに分かりました。

(今後への期待)

研究を継続していくことで、クワガタムシのように雌雄で見た目が大きく異なる生物で、どのように雌雄の違いを形作っているのかが明らかになることが期待されます。また、今回作成した網羅的遺伝子カタログには、他の生物で形態形成に関与することが知られる様々な遺伝子も数多く含まれていました。これらの遺伝子について更なる解析を進めることで、クワガタムシの発達した大顎の形成メカニズムが、遺伝子レベルで解明されることが期待されます。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 三浦 徹（みうら とおる）

TEL：011-706-4524 FAX：011-706-4524 E-mail：miu@ees.hokudai.ac.jp

ホームページ：http://noah.ees.hokudai.ac.jp/~miu/miura_lab_japanese.html

【用語解説】

1. 大顎：昆虫の口の一部。クワガタムシのオスでは顕著に発達し、俗に「ハサミ」と呼ばれる。
2. 遺伝子カタログ：遺伝子とその塩基配列をリスト化したもの。



図1 メタリフェルホソアカクワガタ *Cyclommatus metallifer*
メス（左）に比べてオス（右）は非常に発達した大顎を持つ。 スケールバー：20mm。



図2 *intersex* 遺伝子の機能阻害（遺伝子を一時的に働かなくすること）による表現型への影響

左から順に、通常のオス、*intersex* 遺伝子を機能阻害したオス、通常メス、*intersex* 遺伝子を機能阻害したメス。オスでは *intersex* 遺伝子を機能阻害しても大きな影響は見られないが、メスでは *intersex* 遺伝子を機能阻害することにより、本来は小さく未発達な大顎が、通常よりも大きく発達している。 スケールバー：10mm。