

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：63801

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K16198

研究課題名（和文）性的対立の解消をもたらす遺伝的変化の解明

研究課題名（英文）Genetic basis underlying sexual conflict resolution

研究代表者

後藤 寛貴（Gotoh, Hiroki）

国立遺伝学研究所・ゲノム・進化研究系・博士研究員

研究者番号：60737899

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：生物のオスとメスでは最も適応的な表現型が異なることがある。これは性的対立と呼ばれ、性的に対立する形質は、いずれの性でも最も適応的な状態にはなれない。オスとメスの表現型が異なる「性的二型」と呼ばれる現象は、この性的対立の解消のために、ほぼ同一のゲノムを持ちながら、オスとメスで異なる表現型を発現するようになった進化の結果と考えられている。本研究課題では、性的二型が顕著なクワガタムシを材料に、性的対立を解消に寄与した遺伝的要因を検討した。結果、クワガタムシにおいては雌雄で異なる遺伝子発現制御が進化することで、性的二型を進化させたと示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

雌雄の表現型の違いは多くの生物で見られる普遍的な現象である。その発現および進化には、性染色体上の遺伝子セットの寄与および、それらが誘導する性特異的な遺伝子発現制御の寄与がある。本研究では、特定の遺伝子のノックダウンにより、「Y染色体をもたないオス」を比較的容易に誘導できるというユニークな系を用いて、Y染色体が特定の形質の発現に寄与するかどうかを解析した。結果、Y染色体の寄与は限定的であるという明確な結果を得た。

本研究は、多くの国民になじみがある「クワガタムシ」という材料で、雌雄の違いという一般的な問題に取り組んだものであり、アウトリーチ的な意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：Males and females share most of the genome, but the optimal phenotype can differ between the sexes. This mismatch can cause the sexual conflict. Sexual dimorphism, referred as sexual difference of phenotype between sexes, is thought to be evolutionary consequence for resolving sexual conflict. Some predictions on evolution of genetic underpinnings for sexual dimorphism expression were proposed. The first one is gain of sexual dimorphic expression pattern of sexually conflicting gene and the second one is gain of tight link to sex chromosome.

In this study, I investigated contribution of Y chromosome on sexual dimorphic trait expression using stag beetles. By using knockdown of transformer gene, "XX-male" can be induced from female. According to the phenotypes of "XX male", contribution of Y chromosome on sexual dimorphic trait expression is limited. This result indicates sex-specific gene expression plays more important roles in expression of sexual dimorphism in stag beetles.

研究分野：進化発生学

キーワード：性的二型 性的対立 クワガタムシ 性転換

1. 研究開始当初の背景

生物のオスとメスの間ではしばしば適応度を最大化するための戦略が異なる。そのため、ある形質に関して表現型の最適状態が雌雄間で異なり、性的対立が生じることがある(Parker 1979, Chapman et al. 2003)。この最たる例が、片方の性(多くの場合オス)でのみ適応度を上昇させる性選択形質である。例えば異性を惹きつける派手な装飾形質は、被食率を上昇させ(Houde 1997, Endler 1980, Walter & Clayton 2005)、異性を巡る闘争を有利に導く武器形質は、その形成と維持に多大な代謝コストを要する(Simmons & Emlen 2006, Moen & Pastor 1998)。そのためオスは性選択形質を持つ方が有利だがメスでは持たない方が有利である。このような性的に対立する形質の形成に関わる遺伝子は性的対立遺伝子と呼ばれる。性的対立遺伝子は雌雄で異なる選択圧を受けるため、雌雄のいずれにおいても最も適応的な状態に到達せず、適応進化の妨げになる(Rice 1984, 1992)。一方、これまでの理論研究から、進化の過程でこの性的対立遺伝子が性染色体へ転位したり、性特異的な発現パターンを獲得すれば、当該形質発現の性特異性(性的二型)が獲得され、性的対立は解消されると考えられてきた(Parsch & ELEGREN 2013)。

現在、私たちが観察できる性選択形質の性的二型は、このように進化の過程で性的二型が獲得され性的対立が(少なくとも部分的には)解消された結果と考えられている(Lande 1980, Bonduriansky & Chenoweth 2009)。これまで、理論的に予想されていた性染色体への転位と性特異的な発現パターンの獲得のうち、後者については、近年、性分化に関わるマスター因子(脊椎動物では性ホルモン、昆虫では性決定転写因子)の性特異的な発現制御が重要な役割を果たすことが明らかになってきた(Reviewed in Williams & Carroll 2009, Zinna et al. 2018)。一方、性染色体への転位が、性的二型形成やその進化に果たす役割はあまりわかっていない。

2. 研究の目的

本研究では、顕著な性的二型を示すことで知られるクワガタムシを材料に、性染色体(および座乗する遺伝子)の、性的二型形成への寄与の有無およびその様式を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

研究対象には、顕著な性的二型を有するクワガタムシの中から主に入手や研究室での維持・管理が容易なコクワガタ *Dorcus rectus* を選んだ。本種はオス XY 型の性染色体型を有することが既に知られている。本種のメスにおいて、メスへの分化に必須である transformer 遺伝子をノックダウンすればオスへの性転換を起こせる(つまり Y 染色体をもたないオスを得られる)と考えた。この"XX オス"の性的二型形質(すなわち大顎)を通常の XY オスと比較することで、Y

染色体の有無が性的二型形質の発現に与える影響を評価できると考えた。

4. 研究成果

材料のコクワガタで全ゲノム解読を行い、そのデータベースから transformer 遺伝子を同定した。全長配列のクローニング及び発現解析より、コクワガタでは他の昆虫種と同じようにメスのみで機能的な transformer タンパクが発現するという発現パターンが明らかになった。RNAi 法による transformer のノックダウンの結果、メスをオスへと性転換させられることを確認した(つまり、XX オスの誘導に成功した)。XX オスの形態を通常のオスと比較したところ、XX オスは羽化に至るまでの死亡率が高く、また羽化にも高頻度で失敗するものの、形成される大顎自体は通常のオスと変わらないサイズおよび形態であることが明らかになった。これは大顎の発達には Y 染色体(および Y に座乗する遺伝子)は直接は必要ないことを示唆している。

この結果より、クワガタムシにおける性的二型は、オス特異的に使用される遺伝子が、Y 染色体上に集積したことにより進化したというよりは、性特異的な遺伝子発現制御が進化したことで(雌雄で同じ遺伝子をゲノム中に持ちながら)雌雄で異なる遺伝子が発現できるようになることで進化したと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------