

平成 30 年 4 月 18 日

報道機関 各位

## シロアリの兵隊分化の鍵遺伝子を発見

### 【研究の概要】

富山大学大学院理工学研究部（理学）の前川 清人 准教授と大学院理工学教育部の増岡 裕大 氏（現 日本学術振興会 博士後研究員）らの研究グループは、基礎生物学研究所の重信 秀治 特任准教授らと共同で、シロアリの兵隊分化を調節する因子の特定に成功しました。本研究では、次世代 DNA シーケンサー（大規模塩基配列解読装置）とよばれる技術を用いて、原始的なシロアリ（ネバダオオシロアリ）の兵隊が分化する際に働く遺伝子を網羅的に解析しました。その結果、動物で保存されている細胞増殖経路（TGF $\beta$  シグナル）に関係する遺伝子が、兵隊への脱皮と武器の形成に重要な働きをもつことが明らかになりました。得られた知見に基づいて、シロアリが兵隊を進化させた背景に関する新たな仮説を提唱しました。

本成果は、米国の国際科学雑誌「PLoS Genetics（オンライン版）」に掲載されました。

### 【発表論文】

“TGF $\beta$  signaling related genes are involved in hormonal mediation during termite soldier differentiation”

*PLoS Genetics* 14(4): e1007338.

増岡裕大<sup>1,2</sup>, 矢口甫<sup>1,3</sup>, 梶浩平<sup>4</sup>, 重信秀治<sup>5</sup>, 前川清人<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>富山大学大学院理工学研究部, <sup>2</sup>農業・食品産業技術総合研究機構, <sup>3</sup>琉球大学熱帯生物圏研究センター, <sup>4</sup>日本大学文理学部, <sup>5</sup>基礎生物学研究所

\*責任著者

### 【本件に関する問い合わせ先】

富山大学大学院理工学研究部(理学)  
准教授 前川清人 TEL: 076-445-6629  
E-mail: kmaekawa@sci.u-toyama.ac.jp



## 【研究の背景】

シロアリは、高度に組織化された社会を築く昆虫です。系統的にはゴキブリに含まれるため、社会性を持ったゴキブリであると言われていました。しかし、ゴキブリ様の祖先群が、どのようにして社会性を獲得したのかは、未だに良くわかっていません。昆虫の社会性の進化において、最も重要なステップとなるのが、自らは生殖をしない不妊個体の獲得です。シロアリでは、巣の防衛を担う兵隊が、進化の過程で最初に獲得された不妊個体であると考えられています。そのため、兵隊の分化のしくみは、シロアリの社会性の進化を理解する上で必須の情報です。兵隊分化のしくみは古くから興味をもたれ、昆虫の変態や休眠にかかわる幼若ホルモンが重要であることは60年以上も前から知られていたものの、武器の形成を伴う脱皮を調節する分子的な実体は不明でした。

## 【研究の内容】

シロアリの兵隊分化は、働き蟻（ワーカー）から前兵隊とよばれる段階を経る、2回の脱皮によって完了します（図1）。前兵隊は、基本的な兵隊の形態はもつものの、表皮は薄く柔らかいため、巣の防衛には従事できません。前兵隊は、兵隊をもつ全ての種で確認されるため、兵隊への劇的な形態改変のための必須の発生段階であると考えられています。本研究では、兵隊分化のしくみを明らかにするために、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、ワーカーから前兵隊、前兵隊から兵隊への脱皮過程と、ワーカーから次の齢のワーカーへの脱皮過程で発現する遺伝子群を網羅的に比較しました。その結果、ワーカーから前兵隊への脱皮時に、特異的に高発現する複数の遺伝子が特定されました。それぞれの遺伝子の働きを抑制して機能を解析したところ、動物で広く保存されている細胞増殖経路（TGF $\beta$ シグナル）に関係する2つの遺伝子が注目されました。これらの遺伝子の働きを抑制したワーカーから脱皮した個体は、前兵隊であるにもかかわらず、堅固な表皮を持ちながら攻撃性も高く、まるでふつうの兵隊のように行動しました（図2）。これらの遺伝子は、幼若ホルモンによって発現が促され、脱皮ホルモン（エクダイソン）の下流のシグナル遺伝子の発現を促進することで、兵隊分化に影響することが分かりました。

本研究により、幼若ホルモンと脱皮ホルモンによる兵隊分化の制御メカニズムが初めて明らかになりました。さらにシロアリには、1回の脱皮で兵隊に類似した個体に分化できる能力が、潜在的に保持されていることも示されました。進化の過程で

は、攻撃性のある前兵隊様の個体がまず獲得され、その後 TGF $\beta$  シグナルを介した幼若ホルモンと脱皮ホルモンによる制御メカニズムにより、2 回の脱皮を経る現在の兵隊分化システムが獲得されたのかもしれない。

## 【今後の展望】

本研究により、兵隊分化時には、幼若ホルモンの下流で TGF $\beta$  シグナルが働き、脱皮ホルモンの作用を調節する可能性が明らかになりました。今後、これらの遺伝子群を起点にした詳細な解析を進めることにより、兵隊分化のしくみの全容が解明されることが期待できます。また、系統的に近縁なグループ、特に兵隊を持たないゴキブリ類との比較解析が、シロアリの社会性の進化を総合的に理解することに繋がると考えられます。

## 図のキャプション

図 1. ネバダオオシロアリのワーカーから兵隊への分化過程と、ワーカーから次の齢のワーカーへの脱皮過程。兵隊分化には、前兵隊を経る 2 回の脱皮が必要である。

図 2. TGF $\beta$  シグナルに関する 2 つの遺伝子（遺伝子 A と B）の発現を抑制したワーカーから分化した前兵隊。これらの個体は、外敵に対して激しく攻撃することが観察された（本論文の Fig. 2B を参照）。左右の個体は、通常の前兵隊と兵隊。スケールバーは 5 mm。



ワーカー



前兵隊



ワーカー (次齡)



兵隊

前兵隊（ワーカーから1回だけ脱皮した個体）



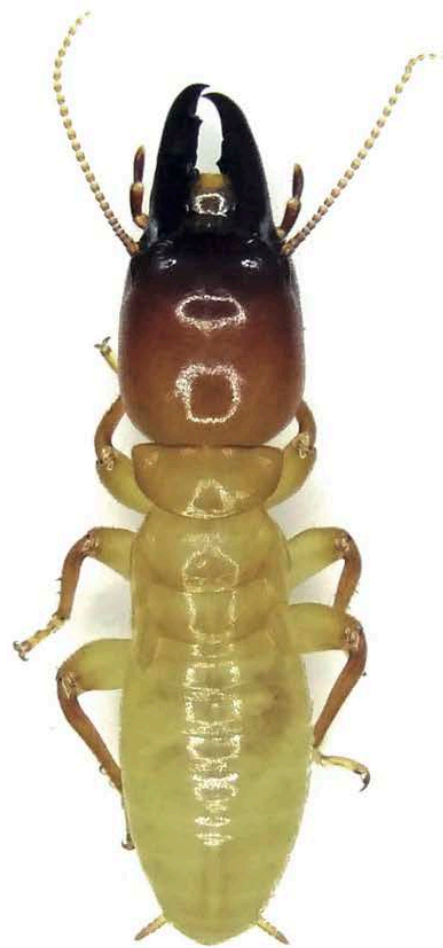
通常の前兵隊



遺伝子Aの  
発現を抑制



遺伝子Bの  
発現を抑制



通常の前兵隊