

機関番号：10101

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008 ~ 2010

課題番号：20370030

研究課題名 (和文) オスがオスを無性的にクローン生産するウメマツアリの繁殖機構と進化史の解明

研究課題名 (英文) Reproductive system and evolutionary history of the male clonal ant *Vollenhovia emeryi*.

## 研究代表者

長谷川 英祐 (HASEGAWA EISUKE)

北海道大学・大学院農学研究院・准教授

研究者番号：40301874

研究成果の概要 (和文)：ウメマツアリの単翅型、長翅型のそれぞれが雌雄ともに単為生殖を行うことが確認された。それぞれは系統的に別のクレードであり、長翅型が祖先的である。卵の生産数は女王の生産数と相関があったが、オス生産数とはなかった。

研究成果の概要 (英文)：In *Vollenhovia emeryi*, males are produced as the father's clone in both long- and short-wing morphs and new queens are the mother's clone. Each morph is a phylogenetically independent clade and the long-wing is an ancestral trait. Number of produced eggs correlates with that of new queens but not with that of males.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学、生物多様性・分類

キーワード：進化

## 1. 研究開始当初の背景

ウメマツアリはオスが次世代のオスを自分のクローンとして生産する、当時世界で2種類のアリでしか知られていなかった希少な繁殖様式をもつ。これがどのような機構で起こり、どのように進化してきたかは生物多様性の理解に新たな一頁を記すものとなる。

## 2. 研究の目的

オスによるオスのクローン生産という、本

例を含めて過去2例しか報告がない特異な生殖様式を持つウメマツアリを材料にして、1) 繁殖システムの進化史、2) オスのクローン生産の生理的機構、そして3) このシステムでしか起こりえないオスとメスを巡る現象の進化生態、という3つの観点から研究を行い、この特異な繁殖システムにまつわる現象の統合的理解を目指す。

## 3. 研究の方法

#### ・進化史の解明

現在、オスによるオスのクローン生産が確認されているのは石川県金沢市普正寺の個体群だけであり、他個体群がどのようになっているのかは分かっていない。また、上述したミトコンドリアDNAと核ゲノムDNAの分布様態の説明として、1) SオスからLメスに遺伝子流動が存在する、2) S型オスとL型メスの間に交配が起こった結果生じた現象である、という2つの仮説が考えられる。各個体群からのサンプルに基づいた核ゲノムDNAとミトコンドリアDNAの塩基配列による系統解析と、マイクロサテライト遺伝子座による雌雄間の遺伝分化の分析により、上記の仮説を検討する。

#### 4. 研究成果

繁殖機構の地理的分布に関しては、前年に引き続き、ウメマツアリの各地の個体群からサンプルを採集し、雌雄間に遺伝的分化が見られるかどうかを調査した。その結果、短翅型では6つの個体群で、核ゲノム上のオプション遺伝子の配列は雌雄間で異なっていた。この結果から、各個体群で雌雄独立に無性生殖を行っていることが示唆された。しかし、地域により、雌雄特異的な配列が他の地域と逆になっている例が見いだされた。なぜこうなり、ここでも雌雄の無性生殖が起きているのかを知るためには、核ゲノム上の他の遺伝子やワーカーの配列を調べるなど、さらなる調査が必要である。長翅型では、岡山の個体群でオスの中に両タイプの配列が見られた。したがって、この個体群では、有性生殖が行われている可能性がある。通常の有性生殖が行われている場合、ワーカーの中にホモ接合とヘテロ接合の両方の個体が見られると予想されるので、今後、オスのサンプル数を増やすと共に、ワーカーの遺伝子型の解析を進め、

この問題に解答を与えていきたいと考えている。

繁殖機構の生理的メカニズムに関しては、産卵直後の卵を蛍光染色し、欄内の核の挙動を調べる実験を行った。その結果、最初、核は卵端に存在し、極体を放出しながら卵の中央に向かう様子が観察された。父親のクローンがどのように生じるのかを知るため、1) 受精卵からのメスゲノム排除仮説と2) 無核卵内での精子のみによる発生仮説の2つの仮説を作業仮説として識別作業を行っている。オス予定卵内の核にメス由来のゲノムが含まれているかどうか確認するため、チューブリン染色による核由来の同定や、卵核DNAに対する、雌雄ゲノム特異的プライマーによるPCR増幅などの手法を用い、どちらの仮説が支持されるかの検証作業をすすめた。

平成22年度は、前年に引き続き残った課題のデータを収集するとともに、前年までに得られたデータに基づいた成果公表に力を傾注した。その結果、7本の査読付き論文、

8件の学会発表、1冊の書籍を公表することができた。それらの成果では、ウメマツアリやその寄生種ヤドリウメマツアリについて、交尾戦略や、有翅メス、オス、ワーカーになる卵の生産パターン、ウメマツアリ長翅型もオスをクローンとして生産することなど、多くの貴重な新たな知見が得られた。また、11月には日本動物行動学会第29回大会において、本研究費による研究集会としてラウンドテーブルを行い、そこまでに得られた知見を総合し、ウメマツアリの特殊な繁殖様式とその進化について総合的な研究概要を紹介し、多くの観衆を集めた。そこでは、公表された事実に基づく、現在得られている知見の総合的解説に加え、まだ論文として公表されていないアリ類全体における単為生殖の進化パターンの比較とウメマツアリにおけ

る単為生殖の特殊性と一般性に関する概説、ウメマツアリ内における特殊な繁殖様式やその他の形質がどのように進化してきたのかを系統解析に基づいて再構成する試みなどが紹介された。現在、これらの内容は論文投稿中、または準備中となっており、今後1年以内に公表していく予定である。その他、新たに追加したデータに基づく解析および成果の公表も予定している。これらのことを勘案すると、申請した研究の目的、研究実施計画に照らし、そのかなりの部分に沿った形での成果を公表することができたと考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Kobayashi K, Hasegawa E, Ohkawara K., No gene flow between wing forms and clonal reproduction by males in the long-winged form of the ant *Vollenhovia emeryi*., *Insectes Sociaux*, , in press.
- ② Okada Y, Miyazaki S, Koshikawa S, Cornette R, Maekawa K, Tsuji K, Miura T, Identification of a reproductive-specific, putative lipid transport protein gene in a queenless ponerine ant, *Naturwissenschaften*, , Vol. 97, 2011, 971-979.
- ③ Hasegawa E, Kobayashi K, Yagi N, Tsuji K., Complete mitochondrial genomes of normal and cheater morphs in the parthenogenetic ant *Pristomyrmex punctatus* (Hymenoptera: Formicidae), *Myrmecological News*, 査読有, Vol. 15, 2011, 85-90
- ④ Yagi N, Hasegawa E., Both cooperation and nest position improve larval survival in the sweat bee, *Lasioglossum (Evylaeus) baleicum*, *Journal of Ethology*, , Vol. 29, 2011, 63-67.
- ⑤ Ishikawa Y, Okada Y, Ishikawa A, Miyakawa

H, Koshikawa S, Miura T, Gene expression changes during caste-specific neuronal development in the damp-wood termite *Hodotermopsis sjostedti*, *BMC Developmental Biology*, , Vol. 10, 2010, 63-69.

⑥ Okamoto M, Ohkawara K., Egg production and caste allocation in the clonally reproductive ant *Vollenhovia emeryi*, *Behavioral Ecology*, 査読有, Vol. 21, 2010, 1005-1010.

⑦ Okamoto M, Ohkawara K., Conditional mating tactics in the queen of the inquiline ant *Vollenhovia nipponica*, *Ethology Ecology & Evolution*, 査読有, Vol. 21, 2010, 137-141

⑧ Okamoto M, Ohkawara K., Genetic structures in colonies at a new site of *Vollenhovia emeryi* (Hymenoptera: Formicidae) with clonal reproduction., *Sociobiology*, 査読有, Vol. 55, 2010, 191-196.

⑨ Miyazaki S, Murakami T, Kubo T, Azuma N, Higashi S, Miura T., Ergatoid queen development in the ant *Myrmecina nipponica*: Modular and heterochronic regulation of caste differentiation., *Proc R Soc Lond B*, , Vol. 277, 2010, 1953-1961.

⑩ Okada Y, Miyazaki S, Miyakawa H, Ishikawa A, Tsuji K, Miura T., Ovarian development and insulin-signaling pathways during reproductive differentiation in the queenless ponerine ant *Diacamma sp.*, *J Insect Physiol*, , Vol. 56, 2010, 288-295.

⑪ Satoh, A., K. Ohkawara, Dominance hierarchies and aggressive behavior among queens of the inquiline ant *Vollenhovia nipponica*. *Insectes Sociaux*, 査読有, Vol. 55, 2008, 200-206.

⑫ Kobayashi, K., E. Hasegawa, K. Ohkawara, Clonal reproduction by males of the ant *Vollenhovia emeryi* (Wheeler), *Entomological Science*, 査読有, Vol.11, 2008, 167-162.

[学会発表] (計 10 件)

- ①岡本美里・大河原恭祐, 単為生殖を伴うウメマツアリにおける雌雄間コンフリクトと性投資戦略について, 第58回日本生態学会, 2011年3月8日, 北海道・札幌
- ②大河原恭祐・岡本美里, アリ類の単為生殖における繁殖虫生産機構, 日本動物行動学会第29回大会, 2010年11月21日, 沖縄・那覇
- ③岡本美里・大河原恭祐, ウメマツアリにおける特異な性のあり方と維持機構について, 日本動物行動学会第29回大会, 2010年11月21日, 沖縄・那覇
- ④小林和也・長谷川英祐, 何処より来たりて何処へ クローンオスの起源と進化, 日本動物行動学会第29回大会, 2010年11月21日, 沖縄・那覇
- ⑤岡本美里・大河原恭祐, 単為生殖を伴うウメマツアリにおける雌雄間コンフリクトについて, 第71回日本動物学会, 2010年9月23日, 東京・本郷
- ⑥小林和也・長谷川英祐, オスによるクローン増殖と女王の翅多型, 第28回日本動物行動学会, 2009年11月28日, つくば
- ⑦長谷川英祐, 小林和也, 雌雄ともに無性生殖するウメマツアリの繁殖機構と進化史, 第53回日本応用動物昆虫学会大会, 2009.3.30, 札幌
- ⑧大河原恭祐・岡本美里, ウメマツアリ繁殖虫の単為生殖と有性生殖の混合生産について, 第53回応用動物昆虫学会大会, 2009.3.30, 札幌
- ⑨岡本美里・大河原恭祐, 単為生殖下におけるウメマツアリ女王の産卵行動について, 第53回応用動物昆虫学会, 2009.3.28, 札幌
- ⑩岡本美里, 大河原恭祐, 単為生殖を行うウメマツアリにおける女王間相互作用とワーカーによる性比操作, 第27回日本動物行動学会大会, 2008.9.26, 金沢

[図書] (計0件)  
[産業財産権]  
○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長谷川 英祐 (HASEGAWA EISUKE)  
北海道大学・大学院農学研究院・准教授  
研究者番号: 40301874

### (2) 研究分担者

大河原 恭祐 (OHKAWARA KYOHSUKE)  
金沢大学・大学院自然科学研究科・助教  
研究者番号: 70283091

### 三浦 徹 (MIURA TORU)

北海道大学・大学院地球環境科学研究院・准教授  
研究者番号: 00332594

### (3) 連携研究者

なし