

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 8 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24570021

研究課題名(和文) アシナガバチ亜科における多女王制社会の進化：生態学的視点からの解明

研究課題名(英文) Evolution and maintenance of polygynous societies in polistine wasps

研究代表者

工藤 起来 (Kudo, Kazuyuki)

新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授

研究者番号：70444180

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：多女王制アシナガバチ類では、ワーカーが得られる遺伝的利益は減少する反面、コロニー内では遺伝的多様性が増すため、分業制が発達・促進し、寄生者に対する抵抗に効果的であると期待される。ブラジルに生息する多女王制アシナガバチにおいて、これら2種類の仮説を検討したところ、寄生されていたワーカーと寄生されていなかったワーカーの間だけでなく、異なる種類の労働を行っていたワーカーの間でも遺伝子型が異なっていた。これらの結果から、多女王制社会ではコロニー内に遺伝的に多様なワーカーが存在するため、病気や寄生者に対して抵抗できる個体が存在し、巣外での外役活動に速やかに反応できる個体が出現すると考えられた。

研究成果の概要(英文)：In polygynous wasps, several or many queens reproduce in a colony, thus decreasing the relatedness of workers to brood. Some ecological benefits of polygyny have been suggested, such as increased parasite resistance or increased task performance of workers. In this study, those two hypotheses were examined in the swarm-founding epiponine wasp *Polybia paulista*. Polymorphic microsatellite DNA markers showed strong genotypic differences between parasitized and non-parasitized workers. The markers also showed that statistically significant bias in genotypic frequencies among forager types. The microsatellite marker biases suggest that division of labor and increased parasite resistance among workers includes a genetic component in *Polybia paulista*. Colony-level selection on variation in division of labor and parasite resistance is a possible factor favoring the evolutionary maintenance of high genotypic variability (though low relatedness) in epiponine wasp colonies.

研究分野：生物学

キーワード：多女王制 遺伝的多様性 分業制 寄生 エピポナ族 サンパウロポリビア マイクロサテライトDNAマーカー

1. 研究開始当初の背景

社会性昆虫では、ワーカーは自身が繁殖を行わなくても近縁者の養育に携わることにより、自身の包括適応度を高めることができる。しかし、コロニー内に多数の女王がいる場合、ワーカー間で遺伝的多様性は増すものの、ワーカーが得られる遺伝的利益は減少する。南米で多様に適応放散を遂げたエピポナ族は多女王制の社会システムをもつが、ワーカーが得られる遺伝的利益についての研究は近年の研究で一定進んでいるものの、多女王制社会が進化し、維持されている生態学的な利益についてはほとんど検証されてこなかった。そこで本研究では、エピポナ族においてみられるコロニー内の遺伝的多様性が、分業制の発達や促進、および寄生者に対する抵抗性にとって効果的があるかを検討した。ブラジルで最も一般的に見られる多女王制アシナガバチの一種であるサンパウロポリビア (*Polybia paulista*) を材料にし、野外での行動観察や DNA マイクロサテライトマーカーを使用した分析により、これら 2 種類の仮説を検討した。

2. 研究の目的

(1) コロニー内の遺伝的多様性が分業制の促進に及ぼす影響

エピポナ族のコロニー内では、ミツバチのように齢分業が発達していることが知られており、若い個体が内役を行い、老いた個体が外役を行う。外役の種類としては、大きく 4 種類が知られている：蜜や水、タンパク性のエサ、巣の建築材料。老齢のワーカーはこれら 4 種類を採集するために巣外に出るわけだが、コスタリカに生息する多女王制アシナガバチの一種 *Polybia aequatorialis* では、4 種類の外役を行うワーカーの間で遺伝子

型が異なることが示されている (O'Donnell 1996)。このことは外役を行うワーカーには遺伝的な基盤があり、特定の女王由来のワーカーは特定の労働に特化する可能性がある。しかし、O'Donnell (1996) は増幅する DNA の部位が不明瞭で、再現性の乏しい RAPD マーカーを使用している上、わずか 3 コロニーを使用して検証を行った。本研究では、再現性が確認されている上、遺伝的変異を多く検出できるマイクロサテライトマーカーにより、ブラジルで最も一般的な多女王制アシナガバチの一種であるサンパウロポリビアにおいて、コロニー内の遺伝的多様性が分業制の促進に影響を及ぼすか検討した。

(2) コロニー内の遺伝的多様性が寄生への抵抗性に及ぼす影響

サンパウロポリビアでは、成虫の腹部に 2 種類の寄生者が存在することが知られてきた。ネジレバネ目昆虫 (*Xenos myrapetrus*) と原虫の一種である。これら 2 種類の寄生者に寄生されると、ワーカーであれば巣の外での労働を行わず、巣に滞在する時間が長くなることが報告されており、サンパウロポリビアのコロニーの発達には大きな負の影響を及ぼす。そこで、複数のコロニーからワーカーを多数採集し、腹部を解剖して寄生率を調べるとともに、これら 2 種類の寄生者に寄生されていたワーカーとされていないワーカーの間で遺伝子型を比較した。もし寄生されていたワーカーとされていないワーカーの間で遺伝子型が異なっていれば、寄生を受ける程度、あるいはその効果が遺伝的に決定している可能性を示唆する。

3. 研究の方法

3.1. コロニー内の遺伝的多様性が分業制

の促進に及ぼす影響

(1) 観察と採集

2013年2~3月と12月にサンパウロ州立大
リベランプレト校に滞在し、サンパウロポリ
ビア合計6コロニーを観察した。観察の際に
は、巣の前に立ち、異なる種類の労働を行っ
ていたワーカーを採集した。サンパウロポリ
ビアのワーカーは、巣外で水や蜜、エサ、巣
材の4種類を採集して帰巣する。各コロニー
で各労働について、およそ30個体ずつ採集
し、99%エタノールに保存した。

(2) DNA マイクロサテライト分析

サンパウロポリビアでは、4種類のプライマ
ーで遺伝的変異が検出されることが知られ
ている(Kudô et al. 2005)。しかし、これら
4種類のうち1遺伝子座(Pc68)では、ヌル
アルルが起るため、遺伝子型を正確に特定
できない可能性がある。そこで本研究では、
Pc68を除く3種類の遺伝子座で各個体の遺
伝子型を特定した。サーマルサイクラーによ
る増幅条件については、Kudô et al. (2005)
で述べられているとおりである。

3.2. コロニー内の遺伝的多様性が寄生へ の抵抗性に及ぼす影響

(1) 採集

2012年7~8月(乾期)と2013年2~3月(雨
期)にサンパウロ州立大リベランプレト校に
滞在し、サンパウロポリビアをそれぞれ11
コロニーと12コロニー採集した。

(2) 解剖

採集したコロニーからワーカーの腹部を解
剖し、ネジレバネや原虫にどの程度寄生され
ているかを記録した。

(3) DNA マイクロサテライト分析

3.1. の(2)で述べたとおり、3種類の遺
伝子座で解剖を行ったワーカーについて遺
伝子型を決定した。

4. 研究成果

4.1. コロニー内の遺伝的多様性が分業制 の促進に及ぼす影響

4種類の外役を行っていたワーカーの間で
遺伝子型頻度を比較したところ、有意に異な
った。エピポナ族のアシナガバチ類は、独立
創設型のアシナガバチ類とは異なり、巣を常
に拡張するわけではない。つまり、巣材を採
集するワーカーが常に存在しないことから、
巣材採集の労働を除き、水や蜜、エサの3種
類の労働を行っていたワーカーの間で遺伝
子型を比較する必要があった。これら3種類
の労働を行っていたワーカーの間で遺伝子
型頻度を比較したが、やはり有意に異なった。
これらの結果は、特定の女王由来のワーカー
が特定の労働を行っていた可能性を示唆す
る。

4.2. コロニー内の遺伝的多様性が寄生へ の抵抗性に及ぼす影響

原虫やネジレバネに寄生されていたワー
カーと寄生されていなかったワーカーの間
で遺伝子型頻度を比較した。その結果、ネジ
レバネでは差はなかったが、原虫に寄生され
ていたワーカーと寄生されていなかったワー
カーの間では有意な差がみられた。この結
果は、少なくとも原虫については、寄生の有
無や程度に母系(女王)が影響していたこ
とを示唆する。

原虫やネジレバネによる寄生率が季節に
より変化するかについても検討した。原虫に
ついては、雨期のワーカーの方が乾期と比べ

て寄生率が有意に高かった。ネジレバネについては、寄生率は雨期と乾期の間で差はなかったが、寄生されていたワーカー1個体あたりに存在するネジレバネ数は、雨期の方が乾期より多かった。

4.3. まとめ

多女王制コロニー種では、ワーカーが得られる遺伝的利益は減少するものの、コロニー内で遺伝的多様性が増す。本研究では、多女王制社会が進化し、維持されている生態学的な利益について、コロニー内の遺伝的多様性が、分業制の発達や促進、および寄生者に対する抵抗性にとって効果的であるかをサンパウロポリビアにおいて検討した。異なる種類の労働を行っていたワーカー間、および原虫に寄生されていたワーカーと寄生されていなかったワーカーの間で遺伝子型が有意に異なったことから、労働の種類や寄生の有無に母系（女王）が影響を及ぼすことが示唆された。すなわち、特定の女王由来のワーカーが特定の労働を行うことにより、コロニー内で労働や分業制が促進されるだけでなく、特定の女王由来のワーカーが寄生に対して抵抗性をもつ可能性も示唆する。労働や分業が促進し、寄生に抵抗できるワーカーが存在することはコロニーにとっては大きな利益になると期待されるため、多女王制によりワーカーが遺伝的利益を減少させる不利益を補うことも期待される。本研究は、多女王制による遺伝的多様性がコロニーにとって大きな利益になり得ることをアシナガバチ類において初めて示した。

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0件)

〔学会発表〕(計1件)

柳岡優里・工藤起来 2014年11月1~3日、

多女王制アシナガバチにおける遺伝的分業仮説の検証。日本動物行動学会第33回大会、長崎大学。

〔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：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

工藤 起来 (Kazuyuki Kudo)
新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授
研究者番号：70444180

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：