

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 20 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22570013

研究課題名（和文） 社会寄生種ヤドリウメマツアリの寄生行動と進化機構の解明

研究課題名（英文） Mechanism of evolution in social parasitism of myrmicine ant *Vollenhovia nipponica*

研究代表者

大河原 恭祐 (OHKAWARA KYOHSUKE)

金沢大学・自然システム学系・助教

研究者番号：70283091

研究成果の概要（和文）：

ヤドリウメマツアリの社会寄生行動の至近的機構と進化機構について、以下の2つの見解が得られた。

（1）ホスト種の同巢メンバー認識機構に対する化学的擬態

ヤドリウメマツアリの女王個体は、ホストであるウメマツアリのコロニーのワーカーと類似した体表炭化水素組成を示し、女王はこの認識物質をワーカーから高頻度でグルーミングを受けることによって獲得しており、またこのグルーミングを誘導する成分を持っていることが示唆された。しかし、卵や幼虫では、寄生種とホストの間でこうした成分自体があまり検出されなかった。

（2）ホスト種の寄生対抗性質

操作実験の結果、ウメマツアリ長翅型女王コロニーでは、ヤドリウメマツアリの女王の導入成功率が低く、寄生種の侵入に対して抵抗性があると考えられる。一方、短翅型女王個体群のコロニーでは、導入成功率は高いものの、新成虫の羽化個体数は低かったため、養育による操作があると考えられる。化学分析の結果から、幼虫や卵では識別が困難であることが予測されるため、恐らくヤドリウメマツアリの女王の産卵自体を卵食などによって操作していると思われる。

研究成果の概要（英文）：

In the present study, we observed social parasitic behavior in myrmicine ant, *Vollenhovia emeryi*, that parasiting in the congeneric species *V. emeryi*. Mainly the two topics of the social parasitic behavior in this ant were shown by our research and experiments

First, the composition of hydrocarbon on body surface in *V. nipponica* queens was similar to that of workers, suggesting that they chemically mimic host workers. Furthermore, social grooming to parasite queens by workers was observed very frequently. Probably parasite queens acquire hydrocarbon substances for nestmate recognition by the grooming. However, both broods of *V. nipponica* and host had little hydrocarbon substances, and there may be no mimicry among broods of parasite and host. It means that workers cannot discriminate broods between parasite and host.

Second, the resistance to parasitism in any host populations was investigated by experiments of inducing parasite queens. In groups of long-winged queen colonies where parasitism by *V. nipponica* is very rare in field, the frequency of invasion by parasite queens to nests was very low, and many queens were killed or removed from colonies by workers. Whereas, in groups of short-winged queens colonies without parasitism, most parasite queens could invade the colonies. However, the number of enclosed new sexuals of *V. nipponica* was less. They suggest that populations of long-winged queen colonies prevent invasion to colonies by parasite queens, while any populations of short-winged queen colonies may control brood rearing of parasite species. They seem to be abilities to resist social parasitism.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：生態学

科研費の分科・細目：生態・環境

キーワード：アリ、社会寄生、ホスト、化学擬態、軍拡競争

1. 研究開始当初の背景

社会寄生（労働寄生）は最も特異な生活史戦略の1つである。寄生種はホスト（宿主）となる同種あるいは他種の労働力を一方的に搾取、利用し、繁殖活動を行なう。これまでに社会寄生については、特に托卵性鳥類で多くの観察と研究例が報告され、その進化要因についても仮説とモデルが提出、検証されてきている。膜翅目のアリ類にも多様な社会寄生が報告されており、特に永続的社会寄生では、それら寄生種は、労働を行うワーカーカーストを欠失し、女王はホストとなる他種コロニーへ侵入、巣内でホスト女王と共存しながら繁殖虫卵を生産し、ホストのワーカーにそれを養育させる。托卵性鳥類等と比べてアリは飼育も行動観察も容易であり、寄生行動についてより詳細な観察や操作実験が可能である。

申請者は、永続的社会寄生種であるヤドリウメマツアリとそのホストであるウメマツアリを材料に、その社会寄生行動のメカニズムとその進化機構について次の2点を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の目的

(1) 寄生種の化学擬態機構の解明

永続的社会寄生種の場合、女王はホスト巣に侵入し、住み続けなければならない。アリには本来、体表の炭化水素成分によって同巢メンバーを識別する化学的認識機構が存在するため、寄生種にはこの認識機構を欺くための化学的戦略があると考えられる。そこでヤドリウメマツアリ女王の化学物質を介した寄生戦略、特に、(1)コロニー侵入時のホストワーカーの敵対行動の回避と、(2)コロニー内寄生生活維持のための化学擬態、の2つの機構について室内観察や操作・分析実験を行なった。

(2) 寄生に対するホスト種の抵抗性の観察

社会寄生進化の問題の1つとして、ホスト側になぜ寄生に対する対抗戦略が進化しな

いかという点がある。本研究ではヤドリウメマツアリの社会寄生の進化機構について、以下の2つの仮説を打ち立て、その検証を試みた。

仮説Ⅰ：ホスト個体群に抵抗性質が発達すると他の個体群へのホスト転換が起こり、社会寄生が維持される。（ホストには抵抗性質のある個体群が存在すると予測される。）

仮説Ⅱ：ホストの転換が困難であることも考えられるので、寄生種はむしろホストへの損失をできるだけ軽減し、対抗性質の進化を遅らせるような特徴が発達する（対抗性質の発達したホスト個体群は非常に少ないと予測される）。

3. 研究の方法

(1) 寄生種の化学擬態機構について

野外から採集した寄生コロニーを使用して、寄生生活時のヤドリウメマツアリ女王とホストワーカーの体表炭化水素成分をヘキササン等の有機溶媒で抽出し、GC分析によってその組成を比較した。またヤドリウメマツアリ女王を人為的にホストコロニーに導入し、ホストワーカーの反応を観察し、さらにその後、導入した女王とワーカーの体表成分を同様にGC分析で比較した。また、飼育しながら寄生種とホストのブルード、卵や幼虫の体表成分もまた比較した。

(2) ホスト種の抵抗性について

野外からホストであるウメマツアリの非寄生・寄生個体群の分布とその関係性を調べた。さらにそれらコロニーを採集、飼育して寄生女王を人為的に導入し、導入の成功率や新成虫の羽化個体数を調べた。この実験は、ホスト種のうち、野外で寄生頻度の低かった長翅型女王コロニー集団（5地点）、同様に寄生頻度の低かった短翅型女王コロニー集団（5地点）、さらにコントロールとして、寄生されている短翅型女王コロニー集団の

3つのグループを対象に行なった。

4. 研究成果

(1) ヤドリウメマツアリ女王の化学擬態機構

寄生生活時のヤドリウメマツアリ女王の体表炭化水素成分をGC-MS分析によって分析し、ホストであるウメマツアリのワーカーと女王と比較したところ、44種類の炭化水素成分が検出され、その組成は女王よりもワーカーに近かった。また寄生女王に特有の成分(C₂₅, C₂₇)も検出され、また行動観察から、ヤドリウメマツアリの女王は高頻度でワーカーからグルーミングを受けており、これによってワーカーから同巢メンバーとして認識される体表成分を獲得し、化学的にワーカーに擬態していると考えられる。

(2) ホストコロニー侵入時のヤドリウメマツアリ女王の化学擬態と侵入行動

ヤドリウメマツアリ女王を人為的にウメマツアリの非寄生コロニーに導入し、導入前と導入後に体表炭化水素成分組成を比較したところ、導入後に、女王の組成はワーカーに類似し、さらに女王に特有であった成分(C₂₅, C₂₇)が増加していた。さらに行動観察の結果、導入した直後にはヤドリウメマツアリの女王はワーカーから高頻度で、噛み付くなどの攻撃を受けていたが、1-2時間後にはグルーミングされ始め、攻撃頻度は下がっていった。これらのことから女王はコロニー侵入時に、ワーカーから攻撃を受けるが、特有成分(C₂₅, C₂₇)を出すことによって、ワーカーからグルーミングを誘導し、同巢メンバー認識物質を獲得し、さらの攻撃を回避していることが示唆された。

(3) ヤドリウメマツアリのブルードの化学擬態

ヤドリウメマツアリの卵や幼虫、蛹などのブルードもまた養育を受けるために、化学擬態をしている可能性がある。寄生コロニーを操作し、ヤドリウメマツアリとホストのブルードを成長段階ごとに採取し、その表面の炭化水素組成を比較した。その結果、寄生種とホスト種のブルード間に明確な差はみられず、特に卵ではほとんど差はなかった。一部の幼虫や蛹にはコロニーごとに特有の組成がみられたが、養育しているワーカーの成分が付着した可能性がある。こうしたブルード間で炭化水素組成の差がなかったことは、ホストワーカーにはブルードの識別が困難である事を示唆している。

(4) ウメマツアリの長翅型女王コロニーの寄生に対する抵抗性について

ウメマツアリの長翅型女王コロニーでは、ヤドリウメマツアリの女王の導入成功率が

低く、80%以上が導入直後にワーカーに殺されていた。さらに継続して導入を試みても30%のコロニーでは最終的に侵入はできなかった。さらにある実験個体群では、侵入に成功しても、その後全てにコロニーで寄生女王が排除されていた。これらの事は長翅型女王集団では、ヤドリウメマツアリ女王の侵入自体に抵抗的な性質が備わっていることを示唆している。しかし、強制的に導入させたコロニーでは、少ないがヤドリウメマツアリの新成虫の羽化が確認され、コロニー内で産卵された場合、排除されずに養育されることが示唆された。

(5) ウメマツアリの短翅型女王コロニーの寄生に対する抵抗性について

一方、野外で非寄生のウメマツアリ短翅型女王コロニーでは、ヤドリウメマツアリの女王の導入成功率は高く、80%以上が初回での侵入に成功した、さらに継続して導入を試み場合、全コロニーで寄生女王は侵入、定着した。しかし、飼育の結果、ヤドリウメマツアリの新成虫の羽化が確認されたが、羽化個体数は寄生個体群よりも少なかった。この事は、養育中に寄生種のブルードは何らかの操作を受けていることが示唆される。化学分析の結果から、幼虫や卵では識別が困難であることが予測されるため、恐らくヤドリウメマツアリの女王の産卵自体を卵食などによって、抑制していると思われる。

(6) ヤドリウメマツアリの社会寄生の進化機構について

ウメマツアリの長翅型女王個体群と非寄生の短翅型女王個体群にはそれぞれ異なる寄生への抵抗的な行動がみられた。主なホストである短翅型女王個体群にも抵抗的な性質があったことから、先に挙げた仮説Iが支持される。そのため、ヤドリウメマツアリの社会寄生の進化にはホストの転換があることが予測される。恐らくヤドリウメマツアリでは寄生している短翅型女王の個体群あるいはコロニーでホストに抵抗的な性質が発達してくると、非寄生の個体群やコロニーにホストを転換することによって、社会寄生の性質が維持されていると考えられる。一部の地域の長翅型女王個体群にはヤドリウメマツアリによる寄生が確認されているので、このホスト転換には長翅型女王個体群も対象にあることも予想される。さらに仮説IIについても、ヤドリウメマツアリの繁殖にかかるコストは一定に抑えられているデータが得られており、抵抗性の進化を遅延させ、ホスト転換の頻度を減らす機構の存在も予測される。

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 3 件)

1, Kobayashi, K., K. Tamura, E. Hasegawa, and K. Ohkawara (2012) Phylogenetic relationships among populations of *Vollenhovia* ants, with particular focus on the evolution of wing morphology. *Annals of the Entomological Society of America* 105(2): 1-8.

2, Kobayashi, K., E. Hasegawa and K. Ohkawara. (2011) No gene flow between wing forms and clonal reproduction by males in the long-winged form of the ant *Vollenhovia emeryi*. *Insectes Sociaux* 58(2) 163-168

3, Umehara, N. and K. Ohkawara (2011) Primary and Secondary sex ratios in the inquiline parasitic ant *Vollenhovia nipponica*: Effects of local mate competition, timing of oviposition, and host worker control. *Trends in Entomology* vol. 7: 19-26.

研究組織

(1) 研究代表者

大河原 恭祐 (OHKAWARA KYOHSUKE)
金沢大学・自然システム学系・助教
研究者番号：70283091

(2) 研究分担者

秋野 順治 (AKINO TOSHIHARU)
京都工芸繊維大学・生物科学・準教授
研究者番号：40414875