

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24年5月15日現在

機関番号：15201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21657010

研究課題名（和文） 「働きバチ」の起源～人為的操作で育成した繁殖劣位個体による検証～

研究課題名（英文） The origin of the worker behavior in the bees -The investigation by the individuals of less reproductive capacity produced from the artificial rearing-

研究代表者

宮永 龍一 (MIYANAGA Ryoichi)

島根大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：40335550

研究成果の概要（和文）：単独性コハナバチ類において、体サイズが小さい「働きバチ」を人為的に育成し、カースト性成立の初期条件を明らかにしようと試みた。フタモンカタコハナバチを材料とし、本種を閉鎖的なケージ内で周年飼養することに成功した。また、小型メスを育成するための「人工巣」を開発し、ハチの体サイズを操作することに成功した。また、小型メスでは作製育房数が少なくなる傾向が認められた。

研究成果の概要（英文）：Females of a bivoltine, basically solitary bee, *Lasioglossum scitulum* were reared in the greenhouse at the campus of Shimane University. The artificial nests were also used to manipulate the amount of larval food to produce “smaller” females artificially. The annual life cycle occurred at the small cage normally in the greenhouse. By using the newly developed artificial nest in this study, smaller females were obtained. The smaller females produced relatively low number of cells during the brood rearing period.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	0	800,000
2010年度	600,000	0	600,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	150,000	2,050,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：働きバチ・カースト・ワーカー・コハナバチ科

1. 研究開始当初の背景

これまで応募者は年2化性の単独性コハナバチ、フタモンカタコハナバチおよびサイビロカタコハナバチにおいて、まれに萌芽的な母娘共存カースト社会が出現することを報告してきた (Miyana et al., 1998; 1999; 宮永ら, 2002)。とくにフタモンでは特殊な人工巣を用いて (コハナバチの大半は地中営巣性)、2個体からなる母娘共存コロニーの巣内行動を詳細に観察し、各個体の全産卵過

程を明らかにした (宮永ら, 2002)。その結果、フタモンの母娘共存社会は真社会性の原型とでも言うべき社会であるとの結論を得た。応募者はこれらの研究を遂行する過程で、産卵前の育房に幼虫餌 (花粉と花蜜の混合物) を一括貯食するというコハナバチ類の貯食習性を利用し、貯食餌の量を調整することで小型メス (=繁殖能力の劣るハンディキャップを負った個体) を人為的に育成し、上記した働きバチの起源に関する仮説を実証す

ることができるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

社会性昆虫にはカストシステム、すなわち形態・機能の異なる個体が相補的に育子作業を分担する多型現象が存在する。本研究は、単独性コハナバチ（ハナバチ上科）において「働きバチ」を人為的に育成することにより、このカストシステムの起源を明らかにすることを目的としている。研究材料として、年2化性で萌芽的なカスト社会を形成するフタモンカタコハナバチを用い、特殊な人工巣において幼虫の餌の分量を調整することにより、人為的に小型メスを育成する。この小型メスが働きバチ的に振舞いやすいのか否かを明らかにし、従来から議論されている社会性ハチ類における働きバチが、繁殖能力の劣るハンディキャップ個体に由来するという仮説を検証する。

3. 研究の方法

地中営巣性のフタモンカタコハナバチを用いて人為的に「小型メス」を育成し、これらを母バチと共存させることにより、社会性有剣類で普遍的な母娘共存型カスト社会（＝真社会性）の誘起を試みた。これにより、繁殖能力に劣るとされる小型メスがワーカー化するかどうかを明らかにした。

実験は以下のプロセスに基づいて行った。

- (1) フタモンカタコハナバチの実験個体群の形成（ビニルハウス内での大量増殖）
- (2) 「体サイズ操作人工巣」を用いた小型メスの育成および小型メスの繁殖能力の評価

以上のプロセスを実行するため、以下の方法で実験を行った。なお、実験はビニルハウス内に設営したビーベッド（後述）とガラス温室に設置した大型ケージを利用して行った。

(1) 実験個体群の形成と維持

島根大学構内の圃場に建設した大型ビニルハウス内に地中営巣性ハナバチ飼育用の土床（ビーベッド）を設営した（図1）。ビーベッドとは、コハナバチ類が好んで営巣する土壌を木枠内に充填した「人工営巣地」である。宮城県仙台市および島根県松江市近郊の多産地域で花上採集したフタモンカタ



図1. 設営中のビーベッド

コハナバチをビニルハウス内のケージ（縦5m×横6m×高さ1.8m）で増殖し、次年度以降の実験材料とした。なお、ハチの飼養にあたっては、花粉・花蜜源植物として10数種類の開花植物を準備した。

(2) 小型メスの育成

小型メスの育成を行うためには、育房内に貯蔵された花粉団子のサイズを人為的に調整する必要がある。このため、開閉可能な2枚のガラスプレートの間に営巣用土壌を充填した「体サイズ操作人工巣」（図2）をビーベッドに埋設し、そこにハチを営巣させて操作作用の巣とした。埋設は2010年7月と2011年の4月に行った。人工巣はそれぞれ合計10巣作製した。作製された育房から花粉団子を取り出し、滅菌した器具を用いてその一部を切除した。切除は卵が産下されていた場合、重量比で全体の10%、15%、20%減の3段階に分けて行った。幼態の場合は、切除した重量のみ測定した。



図2. 作製中の人工巣

(3) 小型メスの繁殖能力の評価

ビーベッド上の巣を対象に小型メスが働きバチ的行動をとるのかどうかを検証するため、母巣から羽化した第1世代の娘バチを対象に、体サイズと分散率、生産子孫数の比較を試みた。調査は2011年に行った。

4. 研究成果

(1) 実験個体群の形成と維持

2010年5月下旬に仙台市近郊で採集したフタモンカタコハナバチは計10個体であった。これらをビーベッドに放飼し、実験個体群の創出を試みたものの、初期放飼数少なかったため十分なサイズの個体群を得ることはできなかった。そこで2010年7月上旬に松江市近郊で発見した新たな多産地において本種を採集し、15個体を追加放飼した。夏季の猛暑により第1世代の育子活動期は比較的早期に終了したため、個体群は比較的小規模にとどまった。利用する花資源植物種や飼養施設の改良を行ったうえで、2011年の春季に松江市近郊から得た15個体の追加放飼を

行ったところ、2011年の夏季には第1世代の巣数でおよそ50巣からなる大規模集団営巣地を人為的に創出することに成功した(図3)。以上により、本研究において改良した飼養プログラムが閉鎖的な環境下において野生ハナバチ類を大量飼育するうえで有用であることが改めて確認された。比較的小規模なケージ内で活動期の長い年2化性の野生ハナバチ類を周年飼養する技術は世界的にもまれである。今後、この技術を応用することによって、これまで調査が困難とされてきた初期社会性・地中営巣性ハナバチ類を人工環境下で実験材料として用いることが可能となった。当該分野の研究の発展に寄与できるものと期待される。



図3. ビーベッドに営巣された巣
(白い旗状マークが巣口の位置を示す)

(2) 小型メスの育成

2010年には第1世代の育子活動期(7月上旬~8月中旬)に人工巣を10巣埋設した。実験個体群のサイズが小さく、羽化した第1世代の新成虫数が少なかったため、人工巣の利用はわずか2巣にとどまった。これらに作製された計9個の育房中4個(いずれも発育ステージは摂食中の幼虫)を対象に、花粉団子(育房内に貯食された幼虫餌)の一部切除を行ったところ、操作後の全ての育房においてカビが発生し、幼態は羽化に至らなかった。原因として巣の開閉時に母バチが塗布したデュフォール腺分泌物由来の抗菌・防水被膜が破壊されたためと考えられた。

2011年にも第1世代の育子活動期に人工巣を10巣埋設した。このうちハチが利用したのは4巣であった。これらに作製された育房18個中、10個を対象に(発育ステージ;卵:6個,摂食中の幼虫:4個),花粉団子の一部切除を行った。切除後の花粉団子と幼態は滅菌したガラス管に配置し、恒温器内で飼養した。このうち3個の育房(いずれも発育ステージが幼虫だったもの)で成虫の羽化に至ったが、羽化したメスは第2世代(次の越冬世代)であったため、年内に生産子孫数などを明らかにすることはできなかった。これら3個体の頭幅の平均は 2.14 ± 0.06 mmで、同世

代のメス(2.24 ± 0.09 mm, $N=10$)よりもやや小型であったが、統計的には有意差は認められなかった。人工巣による「小型メス」の育成には、技術的課題が残るものの、地中営巣性ハナバチ類において貯食完了後の幼虫餌の量を人為的に調整する試みはこれまで例が無く、操作的実験が困難であった初期社会性・地中営巣性ハナバチ類における新たな研究手法として、その応用が期待される。

(3) 小型メスの繁殖能力の評価

2011年ビーベッド上に営巣された越冬世代の6巣を対象に、娘バチ(第1世代)の体サイズを測定した結果、頭幅のCV(変動係数)は4.46%($N=22$)で、単独性コハナバチ類としては、とくに大きな種内変異は認められなかった。娘バチ世代の性比を羽化した個体数に占めるオスの割合(オス比)で示すと0.47($N=60$)であった。オス比は巣ごとに大きくばらついた。娘バチは羽化後3-10日で分散し、新巣を創設した。一部は母巣を継承利用した。新巣を創設したメス(分散メス)と母巣を継承したメス(継承メス)の頭幅の平均は、それぞれ 2.30 ± 0.09 mm($N=9$)と 2.26 ± 0.12 mm($N=6$)で、前者がやや大きい傾向にあったものの、有意差は認められなかった。生産子孫数を作製した育房数で示すと、分散メスは平均 10.8 ± 2.2 個($N=9$)で、継承メスのそれ(10.3 ± 3.5 個, $N=6$)とほぼ同じであった。日当たりの産卵数も共に約0.5卵/日で、両者とも産卵ペースは2日に1卵であった。体サイズが同世代の平均よりも大きく下回る2個体(いずれも継承メス;頭幅は2.11 mmと2.13 mm)の生産子孫数(=育房数)はともに6個であった。本実験では、極端な小型メスを育成することができなかったが、体サイズはメスの繁殖能力に影響があることが示唆された。

継承利用された6巣中1巣では越冬世代の母バチが生存していたことから、母娘共存が成立した。母バチは娘バチが採餌活動を開始したのちは、自己摂食以外の出巣を行うことなく、巣口での待機を断続的に行った。一方で娘バチは単独巣のメスと同様の頻度で採餌飛翔を行った。この母娘共存巣における生産子孫数(=育房数)は11個であった。

まとめ

研究目標のうち、「実験個体群の人為的形成と維持」については、周年飼養プログラムの改良により、わずか30 m²のケージ内で営巣集団を形成・維持することに成功した。本種はコハナバチ類の社会発生を探るうえで優れた研究材料ではあるが、野外で営巣集団を形成することは稀であることから、多産地を発見することは困難であった。本研究の成果により、安定的に実験材料を供給することが

可能となった。「小型メスの育成」については、体サイズの人為的操作そのものは、開発した人工巣を利用することにより可能であることが明らかとなった。実用化のためには、操作後の幼態の死亡率の改善など、技術的な改良が必要である。「小型メスの繁殖能力の評価」については、人為操作で育成した「小型メス」の個体数が少なかったため、ビーベッドに営巣された自然巣の小型メスを用いて検証したところ、繁殖能力（作製育房数）に若干の違いが認められた。本研究の成果をもとに、小型で繁殖能力においてハンディキャップを持つ個体が、複メス巣の形成にどのように関わっているのかを明らかにすることによって、真社会性昆虫で普遍的なカーストシステム出現の初期条件を解明できるものと期待される。

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)

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮永 龍一 (MIYANAGA Ryoichi)

島根大学・生物資源科学部・准教授

研究者番号：40335550