

氏名	す 須 賀 文 たけし
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 979 号
学位授与の日付	平 成 10 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 農 林 生 物 学 専 攻
学位論文題目	ハリナシバチの繁殖戦略と血縁認識に関する行動生態学的研究

論文調査委員 (主 査) 教授 久野英二 教授 西岡孝明 教授 高藤晃雄

論 文 内 容 の 要 旨

ハリナシバチ類はミツバチに近縁な真社会性のハナバチで、熱帯地域の植物の送粉者として重要な生態的地位を占めている。本研究では、東南アジア産の *Trigona minangkabau*、新熱帯産の *T. angustula*、*Melipona panamica* 及び *Scapotrigona barrocoloradensis* の4種を用いて行動生態の解析を行い、ハリナシバチのワーカー（働き蜂）の繁殖戦略が血縁認識のパターンとどのような関係にあるかを明らかにした。主な成果は以下の通りである。

1. 観察したハリナシバチのワーカーの繁殖戦略には3つのタイプが含まれていた。*T. minangkabau* と *T. angustula* ではワーカー産卵がまったくみられず、*M. panamica* ではワーカーが生殖卵（正常に発生・孵化する雄卵）を産んだ育房が全体の1%を占めた。*S. barrocoloradensis* の場合、ワーカーは栄養卵（女王の餌となる無精卵）と生殖卵とを産み分け、小型のコロニーでは栄養卵しか産まなかったが大型のコロニーでは両方の卵を産んだ。後者の場合、ワーカーが生殖卵を産んだ育房は全体の10~25%を占めた。*S. barrocoloradensis* のワーカーはコロニーサイズに応じて次世代への投資を切り替えていると推測された。これらのハリナシバチのワーカーには羽化後の日齢に応じた分業があり、卵を産むのは若い内役個体で、他巣からの略奪を行える外役個体は卵を産まなかった。

2. 巣仲間および血縁者の識別行動を4種で比較する実験を行った結果、包括適応度の理論からの予測にほぼ一致する結果を得た。すなわち、まず他巣由来の外役個体に対しては、相手を攻撃して排除する行動がどの種でもみられた。一方、羽化直後の個体に対する巣内での狭義の血縁度の識別は、ワーカーが生殖卵を産む場合にのみみられた。さらに、導入前の個体をさまざまな環境であらかじめ「条件づけ」しておくこと、導入先での受け入れ率が大きく変化した。これは、認識に用いられる個体の標識が羽化後に混ぜ合わされた結果であり、自然条件下では巣仲間認識の効率を高める効果をもつものと考えられた。

3. 血縁認識の標識として使われていると推測された体表化学成分の組成をガスクロマトグラフィー、GC-MSなどを用いて分析した結果、その多くが各種の炭化水素であることがわかった。個体ごとのデータを多変量解析すると、その組成に種間差・種内でのコロニー間差・コロニー内での個体間差がみられた。これらは羽化後の日齢によって変化し、他巣に似た環境で「条件づけ」することによっても部分的に変化した。つまり、これらの成分は血縁認識の標識として十分な表現型レベルの多様性をもっており、またその変化のパターンは識別行動の観察から推測された羽化後の標識の混ぜ合わせという過程の存在を裏づけた。

4. 血縁認識のための標識を決める対立遺伝子の頻度が識別の効率とどのようにかわるのかについて、集団遺伝学的なモデルを使って考察を加えた。血縁者を非血縁者から識別するためには、自分をもつ希少な形質を血縁者だけが高い確率で共有しているという可能性を利用することができる。そのため、この標識を支配する対立遺伝子の頻度が小さいほど血縁者識別の効率は高くなる傾向があり、その結果、集団全体ではこの遺伝子座が多型化すると予想される。一方、識別の基準をきびしくすると血縁者を殺してしまう確率が高くなる。このような予測によって、実験から得られたデータのパターンをよく

説明することができた。

5. 以上の結果をふまえて、ハナバチの社会における狭義の血縁認識と巣仲間認識の関係について考察を加え、社会性の分化が進みコロニーサイズが大きくなるにつれて巣の防衛の重要性が増し巣仲間認識の比重が大きくなると考えられること、ワーカーが生殖卵を産むような種では狭義の血縁認識が維持され巣仲間認識と併存しながら進化してきたと考えられることなどを論じた。

論文審査の結果の要旨

ハリナシバチ類は全世界の熱帯域に広く分布する社会性ハナバチの一群であり、熱帯林における種々の植物の送粉者として重要な役割を果たしている。しかしながら、同じ社会性のミツバチと比べてその生態に関する研究は進んでおらず、社会構造やその維持機構についても未知の点が多い。本論文は、東南アジア及び中南米産の4種のハリナシバチを材料として、観察巣箱を用いた生活活動の継続調査を基礎に、行動生態学的アプローチによって種ごとの繁殖戦略の特徴とそれを成り立たせている血縁認識機構の解明を試みたものであり、成果として評価できる点は以下の通りである。

1. 日本に導入した実験個体群及びパナマでの野生個体群についての詳細な個体行動の解析により、これら4種の繁殖戦略の概略とそこにみられる種間の違いを初めて明らかにした。たとえば、*T. minangkabau* や *T. angustula* ではワーカー産卵がまったくみられないのに対し、*M. panamica* と *S. barrocoloradensis* ではワーカーが生殖卵を産むこと、また、この最後の種では栄養卵と生殖卵とを生み分け、小型のコロニーでは栄養卵のみ、大型のコロニーでは両者を同時に産み、コロニーサイズに応じて次世代への投資を調節していることが分かった。さらに、これらのハリナシバチのワーカーには羽化後の齢に応じた分業があり、卵を産むのは若い内役個体に限られることも明らかになった。

2. 個体の導入実験を行った結果、どの種の場合にも他巣由来の外役個体に対してはこれを攻撃・排除する行動がみられ、巣仲間や血縁者の識別が厳密に行われていることが分かった。また、その厳密性は、ワーカーが生殖卵を産む場合により高くなり、さらに、導入前の個体を別の環境であらかじめ「条件づけ」しておくこと、導入先での受け入れ率が大きく変化することも明らかとなった。これは、認識に用いられる個体の標識が羽化後に混ぜ合わされることを示し、自然条件下では巣仲間認識の効率を高める効果をもつものと考えられた。これらの結果は包括適応度学説に基づく理論的予測ともほぼ合致するものである。

3. 成虫各個体の体表炭化水素の成分をガスクロマトグラフィーなどを用いて分析し、そのデータを統計学的に解析した結果、その組成には種間のみならず種内でのコロニー間、コロニー内での個体間でもそれぞれ明瞭な差がみられること、さらにその組成は羽化後の日齢によって変化し、他巣に似た環境で「条件づけ」することによっても部分的に変化することが分かった。体表物質の組成がこのような十分に大きな表現型レベルの多様性をもっており、またその変化のパターンも識別行動の観察とよく対応していることから、これらの種が体表物質を血縁認識の標識として用いている可能性が高いと考えられた。

4. 最後に、ハリナシバチにおける血縁認識の進化の機構について、集団遺伝学的なモデルを使って考察を加えた。このモデルから、血縁者が共有している標識形質が希少でそれを支配する対立遺伝子の頻度が小さいほど識別効率が高くなる傾向があり、そのために集団全体ではこの遺伝子座が多型化するほど識別には有利であるが、反面、識別の基準をきびくすると血縁者を殺してしまう危険もまた高くなるとの予測を得た。これらは観察された識別力の種間・種内変異のパターンをよく説明するものといつてよい。

以上のように本論文は、これまで不明の点が多かったハリナシバチ類における繁殖戦略と血縁認識機構の実態を、緻密な行動観察と多角的な解析によって明らかにしたものであり、昆虫生態学並びに応用昆虫学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成10年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。