

学 位 論 文 題 名

Flower constancy and pre-hibernation mating
of a small carpenter bee *Ceratina flavipes*

（キオビツヤハナバチの後天的花選好性と越冬前交尾）

学位論文内容の要旨

Kidokoro ら（2003 年）は石狩海岸の草地において、越冬前に交尾を済ませるキオビツヤハナバチ *Ceratina flavipes* の雌を多数発見した。越冬前交尾は単独性ハナバチでは非常に希とされていることから、本研究では日本の他の地域においても越冬前交尾が生じているか否かを調査した。さらに雄も雌と一緒に越冬を行うことから、主に雌雄の繁殖行動を中心にキオビツヤハナバチの生活史を石狩海岸にて調査した。雄の精子生産の有無を確認するため、また、雄の交尾相手（雌）の数による雌の受け取る精子の数の変動を調査するため、実験室内において、プラスチックケース内に入れたキオビツヤハナバチのペアで交尾実験を行い、その後解剖し、各個体の持つ精子量を計測した。さらに、虫媒花にとって重要な後天的花選好性についてはミツバチやマルハナバチのような社会性ハナバチで研究例が多く、単独性ハナバチでは少ないことから、このハナバチの訪花性についても調査した。主な結果は以下の通りである。1) 石狩海岸における主要顕花植物 10 種の相対的推定花粉量 (Availability) とキオビツヤハナバチの花粉団子に含まれている花粉の分析から推定された利用花粉量 (usage) の比較から、ナワシロイチゴはこのハチに積極的に利用されているのに対し、花粉分析から *C. flavipes* が主に訪花する石狩浜の顕花植物 10 種のうちハマヒルガオ、シナガワハギ、コオゾリナ、メマツヨイグサはむしろ忌避されている可能性が高いと考えられる。最も優先的な顕花植物であるハマナスはその優先性によって利用頻度が高いだけでなく積極的に好まれている可能性が高い。2) 花粉分析の結果、キオビツヤハナバチは 16 種の顕花植物から花粉を採集しているが、各個体の後天的花選好性は非常に高い事が明らかになった。3) 産卵期初期の卵は雌を、後期の卵は雄を産む傾向が見られた。4) 越冬期における日本国内（北海道～島根県。九州、四国を除く）の 17 箇所での越冬巣のサンプリングから、いずれの場所においても *C. flavipes* の雌は越冬期にすでに受精していることが明らかになった。北海道の個体群のみではなく日本全国の個体群で共通した現象であったことから、キオビツヤハナバチの特性と考えられる。5) キオビツヤハナバチのマイクロサテライト DNA (Cera512、Cera308、Cera92、Cera368 の 4 つの Loci) を作成し、これらを用いて、雌の母体とその雌の持つ精子の近郊係数を求めた結果、8 月 25 日で $0.8 \pm SE 0.06$ 、11 月 1 日で 0.6 ± 0.13 、6 月 5 日で 0.3 ± 0.08 、6 月 28 日で 0.4 ± 0.11 となった。この値から越冬前分散の前に母巢内での近親交配が行われている事を示唆している。また越冬後の春には外交配が行われ、産卵期間中の交尾が希であるということも示唆している。6) 近郊係数が高く、近

親交配が起きていると示唆される 8 月中旬では、母巢において兄弟姉妹が同居する期間であった事と、羽化後まもない新成虫の雌は 71-81% の高い確率で受精をしていた事を考えると、兄弟姉妹の近親交配 が裏付けられる。 7) 近親交配 の後に外交配をしていると考えられるにもかかわらず、精子の対立遺伝子はほとんど単一であった。このことは精子置換が起きていることを示唆している。 8) 交尾実験の結果、雄の平均保有精子量は $(10.9 \pm \text{SD } 12.10) \times 10^3$ であり、雌と交尾出来た雄と、交尾出来なかった雄の間にも有意な差は見られず、また交尾する雌の個体数が変化しても雄の持つ精子量に有意な差は認められなかった。これより、雄は交尾後、短期間に精子を生産することが出来ると考えられる。

本種 *C. flavipes* は社会性の萌芽種とされており、以上の結果にある単独性ハナバチとしては希な現象のメカニズムを明らかにすることによって、社会性の発達を促す要因を考察する事が出来ると期待される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 東 正 剛

副 査 教 授 岩 熊 敏 夫

副 査 教 授 木 村 正 人

副 査 教 授 多田内 修 (九州大学農学研究院)

学 位 論 文 題 名

Flower constancy and pre-hibernation mating of a small carpenter bee *Ceratina flavipes*

(キオビツヤハナバチの後天的花選好性と越冬前交尾)

キオビツヤハナバチはミツバチ科・クマバチ亜科・ツヤハナバチ属に属する小型のハナバチで、主に枯れススキの髄を掘って営巣する。野外では真社会性を示さず、単独性であるが、短期間ながら母親と新生成虫の共存期間があること、飼育条件下では労働分業が見られることなどから、真社会性に入りかけている種として注目されてきた。しかし、野外における研究はまだ不十分なことから、申請者は主に北海道石狩海岸の個体群を対象として、6年間に亘り生活史の研究を行った。本論文では、特に交尾習性と訪花習性に関する研究成果をまとめている。

これまで、温帯以北に分布する単独性ハナバチのほとんどは越冬後に交尾して繁殖期を迎えると考えられてきた。キオビツヤハナバチも本州では春に交尾が見られることから、越冬後交尾と信じられてきたが、Kidokoro et al. (2003)は、石狩海岸で越冬中のキオビツヤハナバチの新生雌が既に受精のう内に精子を持っており、越冬前に交尾していることを発見した。本研究では、まず、交尾時期に個体群間で違いが見られるのかどうかを確認するため、北海道と本州の 17 地域から越冬中の成虫個体を採集し、解剖している。その結果、いずれの個体群においても、ほとんどの新生雌が越冬前に既に交尾していることを明らかにしたが、このことは、少なくとも越冬前に新生虫が羽化するハナバチ類については、解剖して受精のう内精子の有無を確認する必要があることを示唆しており、重要な発見である。

また、多くの新生雌は羽化直後で分散前に既に交尾していることから、マイクロサテライト DNA プライマーを開発し、近親交配の可能性を確認している。その結果、雌とその交尾相手(雄)との血縁度の指標となる近交係数は、羽化直後 0.80、越冬中 0.60、越冬直後の分散期 0.31、産卵期 0.38 であり、1) 越冬前交尾の多くが近親交配であること、2) 本州で観察されているように越冬後にも交尾が起こっていること、3) その越冬後交尾の多くは外交配であること、などが示唆された。このように、遺伝マーカーを使って明瞭に交配システムを明らかにした研究例は極めて少なく、ハナバチ研究の中

でも注目すべき成果である。また、多くの雌が多数回交尾をすると考えられるにもかかわらず、越冬後の雌の受精のうには一匹の雄由来の精子しか入っておらず、明らかに精子置換が生じていることを発見した。ハナバチにおける精子置換の報告は初めてであり、行動生態学の分野でも重要な発見の1つと言える。

さらに、子育て中の雌は巣に侵入しようとする外来者に敵対的であり、実際、産卵期の雌を雄と一緒に飼育すると雄を殺してしまう。従って、産卵期には交尾が起こっていないと考えられるにもかかわらず、雄は精子生産能力を維持しながら、最長1年近く生き続ける。この疑問に関し、1) 元来、クマバチ亜科の雄は長寿である傾向が強いこと、2) 精子置換は後で交尾する雄を有利にすること、3) 申請者が既に得ている未発表データによると、熱帯・亜熱帯のツヤハナバチ類は多化性で、長寿の雄は何度も新生雌と交尾する機会があること、などを理由として挙げながら議論を展開しており、熱帯・亜熱帯のツヤハナバチ類を対象とした今後の研究の発展も期待できる。

訪花習性については、まず、主な顕花植物の花粉資源量(availability)とハチによる実際の利用量を比較し、ナワシロイチゴは積極的に好まれ、ハマエンドウはむしろ忌避されていること、ハマナスは資源量も多いが、比較的少なくなる6月下旬にも大量に利用されていることから、積極的に好まれている可能性が高いこと、などを明らかにしている。また、花粉団子の花粉分析結果によると、少なくとも16種の顕花植物が訪花対象となっているが、ハチ1個体あたりの訪花植物種数は極めて少なく、明らかに高い定花性があることを示している。室内実験の難しさから成虫の定花性と幼虫期の餌花粉の関係を明らかにすることは出来なかったが、マルハナバチやミツバチに比べると行動観察の困難な小型ハナバチ類の訪花習性を野外で明らかにした例は少なく、貴重な研究であることは間違いない。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽と取得単位なども併せ、申請者が博士(地球環境科学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。