

学 位 論 文 題 名

Geographic variation of sociality in facultatively and obligately eusocial sweat bees, *Lasioglossum (Evylaeus) baleicum* and *L. (E.) duplex* in Hokkaido, northern Japan

(シオカワコハナバチとホクダイコハナバチにおける社会性の地理変異)

学位論文内容の要旨

要旨

真社会性の進化は生物学における重要なトピックのひとつであり、特に Hamilton (1964) によって示された真社会性の進化条件 $br - c > 0$ の検証はなぜ社会性昆虫が地球上で繁栄することができたかを解明する重要な鍵となっている。特にコハナバチは環境条件の変化に伴い社会性を単独性から真社会性まで幅広い範囲で変化させることから、Hamilton 説を検証するのに適した材料として多くの研究者が注目してきた。さらに近年の研究より、コハナバチは種間のみならず種内においても多様な社会構造を示すことが明らかになっており、この社会構造を変化させる要因を解明することで真社会性の進化要因を明らかにすることができると期待されている。

社会性コハナバチの種内変異は条件付き社会性(facultative eusociality)か恒常的社会性(obligate eusociality)かによって区分されている。条件付き社会性は環境条件によって単独性-真社会性を切り替えることができ、恒常的社会性は真社会性のレベルを変化させる。そこで、本研究では条件付き真社会性種、*Lasioglossum (Evylaeus) baleicum* と恒常的真社会性種、*L. (E.) duplex* において社会構造の地理的変異を調査した。

L. (E.) baleicum は 2000-01 年は札幌市西岡公園（以下西岡 1）と標津町川北（以下川北）の 2 個体群について生活史及び社会性の比較をおこない、2003-04 年については主に西岡公園の日当たりの良い場所（以下西岡 2）と悪い場所（西岡 1）で社会性に影響を及ぼす環境要因を比較した。*L. (E.) duplex* においては社会構造と真社会性のレベルの時空間変異を明らかにするために 2000-01 年に札幌市北海道大学構内（以下札幌）と檜山管内厚沢部町（以下厚沢部）に調査地を設け、月に 1、2 回の頻度で 30 コロニーずつ採集した。採集にあたっては、巣の深さや構造を記録し、室内にてコロニー構成を調べるとともに、雌個体の頭幅、前翅長、大顎と翅の摩耗度、卵巣の発達度、黄体の有無、受精嚢における精子の有無を記録した。また、この結果を坂上および共同研究者によって得られた結果（Sakagami and Hayashida, 1968; Goukon et al. 1986）と比較した。主な結果は以下の通りである。

1) 2000-01 年の観察より、川北ではほとんど全ての巣が単独性であったが、西岡 1 は

単独性巣と真社会性巣が混在していた。2) 西岡 1 において、約半数のワーカーが交尾をしており 26%が発達した卵巣を所持していた。このワーカーはそれぞれの女王に比べ、平均 6%小さかった。また、第 1 育子期の未成熟個体のうち、12-16%がオスであった。3) 西岡 1 において 2000-01 年は真社会性巣が優占していたが、2003-04 年は単独性巣のみ発見された。一方で、2003-04 年の西岡 2 はほとんどが真社会性巣を示した。4) 実験室内での飼育の結果、卵から成虫までに必要な有効積算温度は 345 日度であると計算され、この値は西岡 1、2 及び川北の全ての未成熟個体の成長段階とよく一致した。5) 西岡 2 における第 1 育子期に生まれた個体の羽化が西岡 1 よりも 13 日早かったことから、少なくとも 13 日間の羽化の遅れが創設雌の産卵とそれに伴うワーカーの飛翔を抑制したということが示唆された。6) 第 2 育子期に生まれた個体の羽化に必要な有効積算温度は 770 日度と計算され、西岡 2 では 8 月中旬までに達したが、西岡 1 と川北では達しなかった。7) 第 2 育子期の西岡 2 で特殊な真社会性巣が発見された：卵巣を発達させ、黄体を持った羽化個体が含まれる孤児巣が 2 巣発見された；1 巣で女王サイズの雌が採餌行動をした証拠のマークを持ち、ワーカーサイズの雌が交尾をして発達した卵巣と黄体を持っていたことから、産卵者の置換が起こったことが示唆された；2 巣でワーカーが母巣を離れ自身で新巣を創設した。8) 育子数、性比、女王-ワーカー間の頭幅差に時空間変異が見られたことから、真社会性のレベルに時空間変異があることが示唆された。9) 精子を持ったワーカーが 1957~68 年の札幌では 7.9%であったにも関わらず、2001 年は札幌、厚沢部ともに約 60%を示した。10) 精子を持ったワーカー中には夏期に独立巣を創設するために母巣をでる個体の存在が考えられる。11) 卵巣を発達させ、黄体を持つワーカーの存在より、ワーカー産卵の可能性が示唆された。

以上の結果から、コハナバチの雌では真社会性における女王カーストとワーカーカーストに類似したカースト分化は認められるものの、カースト分化の強度に種間及び種内変異があることが示された。また、ホクダイコハナバチとシオカワコハナバチの両種ともに社会構造及び社会行動が環境要因と強く結びついていることから、環境要因がカースト分化に影響を与え、社会性に多様な時空間変異を生じさせることが示唆された。

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

Geographic variation of sociality in facultatively and obligately eusocial sweat bees, *Lasioglossum (Evylaeus) baleicum* and *L. (E.) duplex* in Hokkaido, northern Japan

(シオカワコハナバチとホクダイコハナバチにおける社会性の地理変異)

コハナバチ類は主に単独性種と真社会性種に分けられ、後者にも常に真社会性を示す種と生息環境によっては単独性を示す種がいる。従って、真社会性の進化条件を明らかにしたり検証したりするのに最も適したハナバチ群の1つと考えられてきた。本研究では、常に真社会性を示すホクダイコハナバチと生息環境によって異なる社会構造を示すシオカワコハナバチについて社会性の時空間的変異性を明らかにするとともに、札幌西岡公園のシオカワコハナバチ個体群において社会構造と有効積算温量の関係を解析している。

これまで、コハナバチの社会性は緯度や標高によって異なることが欧米における研究で報告されている。そこで、シオカワコハナバチについて、緯度と標高がほぼ同じで、温度条件の異なる札幌・西岡公園と道東・川北の個体群を比較し、川北のコロニーはほとんどが単独性であるのに対し、西岡の多くのコロニーは真社会性であることを見出している。両個体群間では、ハチの活動期における気温が異なるのに加え、雪融けが川北で約1ヶ月遅れることから、活動期の積算温量が社会性に影響していることが示唆された。このように、同じ種、同じ緯度域、同じ標高域の異なるハナバチ個体群を材料として社会性を比較した例はまだ少なく、その研究計画と成果は高く評価できる。

西岡個体群では多くのコロニーが真社会性であったものの、日陰で少数ながら単独性のコロニーも見つかった。そこで、この個体群内の日向巣群と日陰巣群の生活史と社会性を比較し、前者のコロニーが真社会性であるのに対し、後者のコロニーは単独性であることを見出した。同一個体群内における社会性多型が示唆された報告は世界でもこれまでに2例しかなく、しかも、本研究は最も詳細な観察に基づいており、貴重な研究例と言える。また、室内での幼虫飼育結果に基づいて卵から羽化までに必要な有効積算温量 345 日度を求めて野外での調査結果と比較し、1) 第一 brood の羽化がこの有効積算温量到達日とほぼ一致すること、2) その到達日が日陰巣群で日向巣群よりも約2週間

遅いこと、3) 日向巣群では初秋までに第二 brood の羽化に必要な有効積算温量が達成されるのに対し日陰巣群では達成されないこと、などが明らかとなった。つまり、第一 brood の羽化が遅れる日陰巣群で新生雌がワーカーとなっても、第二 brood を羽化させることは難しいことを明瞭に示した。コハナバチの社会性に温度が関わっていることを示唆する研究はこれまでも少なくないが、有効積算温量との関係をこれほど明瞭に示した例はなく、行動生態学や社会生物学の分野で注目される研究成果であることは間違いない。また、同じ単独性コロニー群であっても、道東・川北の個体群では最初から単独性に適した雄：雌 $\approx$ 1:1 の性比が見られるのに対し、西岡・日陰巣群では真社会性に適した雌バイアスの性比が確認されていることも注目に値する。さらに、女王が死んだと思われる孤児コロニー、女王がワーカーに産卵者の地位を奪われたと思われるコロニー、ワーカーによって創設されたと思われるコロニーなど、これまで報告例の少ない社会構造を示すコロニーもいくつか発見しており、この点もハナバチ研究者にとっては興味深いと思われる。

ホクダイコハナバチの研究では、札幌市・北海道大学構内の個体群を北海道南部・厚沢部町の個体群と比較して地理的変異を考察するとともに、坂上らが1960年前後に札幌市・北海道大学附属植物園内で行った調査結果とも比較している。その結果、1) 女王とワーカーの頭幅差は厚沢部で平均8.0%であるのに対し、北大構内では平均4.5%に過ぎないこと、2) 平均ワーカー数は厚沢部でわずか1.3個体に過ぎないのに、北大構内では4.1個体であること、3) 受精のうに精子を貯えている交尾済みワーカーは厚沢部と北大構内で60%近くにも達するのに対し、1960年前後の北大植物園ではわずか8%に過ぎなかったこと、4) 少なくとも厚沢部と北大構内ではワーカーによる産卵や独立営巣があること、などが明らかとなった。ワーカーの解剖方法等は坂上らの方法に基づいており、真社会性コハナバチの社会構造が地理的のみならず時間的にも変化することを示した例として貴重な研究成果と言える。

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。