

氏 名	はべ しゅんや 波部 峻也
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 1 1 5 3 号
学位授与の日付	令和 7 年 3 月 21 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	工芸科学研究科 バイオテクノロジー専攻
学 位 論 文 題 目	結婚飛行におけるクロオオアリ <i>Camponotus japonicus</i> の 雄大顎腺由来の性特異的物質の神経生理・行動学的機能
審 査 委 員	(主査)教授 秋野 順治 教授 宮田 清司 准教授 長岡 純治 神戸大学名誉教授 尾崎まみこ

論文内容の要旨

アリ類の交配で、一年の決まった時期のみに行われる有翅雌雄の結婚飛行は、地表面近くで雌が雄を誘引して交尾する雌誘引型と、空中で雄がレックを形成し雌を誘引する雄集合型に分かれる。アリ類の結婚飛行に関する研究例そのものが少なく、特に雄集合型に関しては雌雄の集合場所や集合要因等、ほとんど解明されていない。本論文は、日本で普通種のクロオオアリを対象とし、雄集合型の結婚飛行に寄与する化学交信とその副次的機能の解明、その認識に関わる神経生理学的な理解を目的とした。本論文は、緒言・総合考察の他 4 章から構成され、各章の要旨は次の通りである。

緒言では、アリの生態・生活史とその高度な化学交信能力、繁殖・結婚飛行に関して概説し、オオアリ属に着目する意義、雄集合型結婚飛行の解明に向けた着目点、および本論文の意義が述べられている。

第 1 章では、日本最大種クロオオアリで不妊カストのワーカーと繁殖カストの有翅雌雄との間で頭部由来成分の比較から、有翅雄に特異的な成分分析について報告している。その結果、雄特異的成分はサリチル酸メチル、6-メチルサリチル酸メチル、アントラニル酸メチルであると同定された。

第 2 章では、触角電図法 (EAG) やガスクロマトグラフ直結昆虫触角電位検出法 (GC-EAD)、および抗 PERK 抗体を用いたホールマウント染色法によって、雄特異的物質に対する各カスト個体の触角の応答並びに脳触角葉内における嗅覚情報投射について報告している。その結果、全カストが雄特異的物質に触角レベルで応答を示すが、その嗅覚情報による触角葉への投射は雄雌間で異なることが示された。有翅雌と不妊雌では応答行動が異なることから、上位脳での情報処理による差異である可能性が示された。

第 3 章では、野外自然条件下で雄特異的成分に対する有翅雌雄の行動反応を報告している。前例がないため適切な検証法は不明だったが、試行錯誤して行った粘着版トラップ試験により、雄特異的物質が雄誘引に機能することを示す結果が得られた。

第 4 章では、雄特異的物質による捕食者：鳥類への効果を報告している。雄特異的物質により、ニワトリで味覚的忌避に寄与する TRPA1 が応答すること、ヒヨコの飲水忌避を促すこと、野鳥

のスズメの摂食行動を抑制することを示し、結婚飛行時に鳥類による捕食対策として機能することを示唆した。

総合考察では、本研究を総括し、今後の展開と課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、アリ類の生態研究において難易度が高く世界的にもあまり研究が進んでいない現象である配偶行動に焦点をあて、日本普通種のクロオオアリを研究対象として、その雄集合型結婚飛行(Male Aggregation Syndrome)について基礎的な知見を明らかにしたものである。

研究では、クロオオアリでの雄特有物質の存在証明とその化学的同定、コロニー内の繁殖カスト・不妊カストのすべてを対象とした触角応答と触角葉糸球体への情報伝達の特徴、室内と野外での行動試験による雄特有物質の変動と集合効果、さらに捕食者である鳥類に対する有効性について、それぞれ神経生理学的・化学生態学的観点から科学的根拠に基づいて論じられていた。

研究の手法に関して、GC 分析や MS 分析を組み合わせた化学分析と構造決定（第 1 章）、GC-EAD 法や EAG 法、アリ類で初となる抗 PERK 抗体によるホルマウント染色法で全カストでの神経応答と脳内触角葉での神経伝達の比較（第 2 章）、フェロモン研究手法に沿った野外生態系における有翅雌雄誘引効果の検証（第 3 章）、細胞レベルでのニワトリ TRPA1 チャンネル応答の検証と個体レベルでの飲水・摂食行動試験による忌避応答の検証（第 4 章）と、結婚飛行における雄フェロモン候補物質の多機能性解明のため、多角的なアプローチが適切になされていた。

研究の新規性について、アリ類で初めて抗 PERK 抗体によるホルマウント染色法に成功し、糸球体レベルでの神経投射を可能にしたことは重要な研究成果と言える。ほぼ未解明であった雄集合型結婚飛行でのフェロモン交信の一端を明らかにしたことや雄性フェロモンの副次的効果を示したことは、行動生態学的にも非常に重要な研究成果と言える。

研究の有用性に関して、高度な社会性と学習能力を持つアリ類で神経情報伝達の可視化に成功したことは、協調的行動に伴う学習等社会性に関するニューロネットワークの解明や人工知能開発などにも応用可能な研究と評価できる。また、近年問題化している侵略的外来アリ種の新規防除技術の開発にもつながると期待される点で社会的意義の高い研究といえる。

これらの研究は、申請者が筆頭著者、あるいは共著者として、査読制度のある海外学術誌に掲載されている。本論文において、二重投稿など研究者倫理に反する事象は認められなかった。

1. Shunya Habe, Shigeru Matsuyama, Natsumi Kanzaki, Keiko Hamaguchi, Mamiko Ozaki, Toshiharu Akino. 2024. Male-Specific Substances Possibly Contributing to Nuptial Flight of the Japanese Carpenter Ant *Camponotus japonicus* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Chemical Ecology* 50: 884-893. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10886-024-01548-0>.
2. Tatsuya Uebi, Tomoya Sakita, Ryo Ikeda, Keita Sakanishi, Tomoaki Tsutumi, Zijian Zhang, Huiying Ma, Ryosuke Matsubara, Shigeru Matsuyama, Satoko Nakajima, Rong-Nan Huang, Shunya Habe, Anraham Hefetz, Mamiko Ozaki. 2022. Chemical identification of an active component and putative neural mechanism for repellent effect of a native ant's odor on invasive species. *Frontiers in Physiology* 13: 8444084. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.844084>