

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14864

研究課題名（和文）社会性昆虫における王物質：シロアリの生殖カスト分化の制御化合物の特定と生態的特徴

研究課題名（英文）Identification of Chemical compounds that control of caste differentiation in male reproductives in termites and their ecological characteristics

研究代表者

宮国 泰史（Miyaguni, Yasushi）

琉球大学・地域連携推進機構 地域共創企画室・特命講師

研究者番号：00869290

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、スギオシロアリのオスワーカーの糞に含まれる化学成分を分析し、社会性昆虫のカーフト分化を制御するKing物質の同定を目指した。高速液体クロマトグラフィーを用いた分析により、候補成分の絞り込みに有用な化学的成分ピークについて、いくつかの候補を得ることに成功した。また、糞には他の植物残渣に比べて2倍以上のリグニンが含まれることがわかり、新たな接着素材開発への可能性が示された。さらに、オスワーカーの生殖虫分化には他個体の存在やCO2濃度など複雑な条件が影響することが判明し、従来の想定を超える多様な要因が関与していることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、社会性昆虫におけるKing物質の同定に取り組み、候補成分の絞り込みに有用な化学的成分ピークについて、いくつかの候補を得ることに成功した。また、ワーカーの生殖虫分化における環境（周辺の無機的環境のほか、自分の周辺に存在する自分以外の他個体を含めた環境を想定）条件が生殖分化に与える影響についても新たな進展が見られた。これにより、昆虫社会におけるカーフト分化のメカニズムに関する理解が深化し、昆虫生理学等の分野や社会性昆虫の適応戦略に関する新たな視点を提供できるものと思われる。また、糞中に含まれる高リグニン量の発見は、新たな接着素材の開発につながる可能性があり、工業分野での応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to identify the chemical compounds present in the feces of male workers of *Neotermes sugioi* that regulate caste differentiation in social insects. Using high-performance liquid chromatography (HPLC) analysis, we successfully narrowed down the candidate compounds, though complete identification was not achieved. Additionally, it was found that the feces contain more than twice the amount of lignin compared to other plant debris, indicating potential for new adhesive material development. Furthermore, it suggested that the differentiation of male workers into reproductive individuals is influenced by the presence of other individuals and CO2 concentration, revealing that a complex interaction of factors is involved. These findings suggest that more diverse factors than previously assumed are involved in the caste differentiation of termites, providing new insights into the ecological and physiological mechanisms of social insects.

研究分野：昆虫科学関連分野

キーワード：社会性昆虫 フェロモン 化学分析 カースト分化

1. 研究開始当初の背景

社会性昆虫において、個体の生殖虫分化を制御する直接の因子は、発達過程において生殖虫分化を制御する物質にどのように接するかによって決定する。この物質の同定についてはミツバチにおいて女王となる幼虫に与えられるロイヤルゼリーやシロアリにおけるメスワーカーの補充女王への分化を抑制する Queen フェロモンなど、メス個体の女王への分化を制御する物質については明らかになっている。しかし、オスの生殖虫分化を直接制御している物質については、半世紀以上前からその存在自体は知られているものの、いまだに特定されていない。

研究代表者のこれまでの取り組みにより、スギオシロアリが一般的なシロアリとは異なる生殖システムを持ち、オスワーカーの補充王への分化にはワーカー同士のインタラクションが必要であることや、他個体からの糞を多く受けた個体が補充王に分化することが示唆されていた。この結果は、オスワーカーの糞にオス個体の補充王への分化を「促進する」成分が含まれている可能性を示すことから、本研究ではスギオシロアリのオスワーカーの糞に含まれる化学成分を明らかにすることで、社会性昆虫における初めての King 物質の同定とその生態的特徴の解明に取り組んだ。

2. 研究の目的

本研究ではスギオシロアリのオスワーカーの糞に含まれる化学成分を明らかにすることで、社会性昆虫における King 物質の同定を行い、その効果や生態的特徴の解明に取り組むとともに、本種におけるオス生殖虫のキャスト分化条件について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 糞に含まれる化合物の分析

既存の生殖虫の在・不在条件の違いとワーカーの糞に含まれる化学成分の違いを明らかにするために、生殖虫条件の異なる雄ワーカーの集団を飼育してそれぞれから糞を回収し、高速液体クロマトグラフィーで分析した。また、餌材の違いが糞の化学的成分にどのような影響を与えるのかを明らかにするため、餌材として、ほぼセルロース成分で構成される濾紙を用いたものと、通常の木材として米松材を用いたもので実験を行い、成分を比較した。また、雌ワーカーの集団についても同様の実験を行い、オスワーカー特異的な化学成分が含まれるかを検証した。また、他の成分分析機器を用いて、シロアリの糞に含まれる化学成分や物質の分析を行った。

(2) オスワーカーの補充王への分化条件の解明

オスワーカーの生殖虫分化条件の一つである他個体とのインタラクションの必要性についてより理解するため、オスワーカーを単独で飼育する場合と、他個体が同所的に存在する場合など、異なる条件下でのシロア리를飼育し、生殖虫への分化傾向を調査した。また、生息する環境条件の違いが生殖虫分化に与える影響を明らかにするため、本研究では CO₂ 濃度の異なる 2 つの条件下でワーカーを飼育し、生殖虫への分化率を調査した。

4. 研究成果

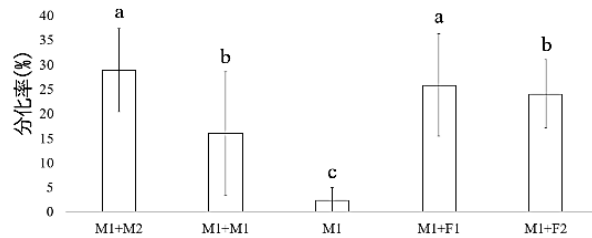
(1) 糞に含まれる化合物の特定と構造解析

生殖虫が存在するオスワーカーグループと存在しないオスワーカーグループからそれぞれワーカーの糞を集め、含まれる成分について HPLC を用いて解析し候補物質の探索を行った。その結果、生殖虫分化を制御する物質の特定には至らなかったものの、候補成分の絞り込みに有用な化学的成分ピークについて、いくつかの候補が得られた。また、当初の見込みとは別に、生殖虫が存在しないワーカーグループと比較して、生殖虫が存在するワーカーグループにおいても特異的な成分の存在を示すピークが見つかり、またその成分は個々のコロニーに依存して変化することが示された。この結果は、生殖虫の存在するワーカーの集団でも特異的な化学成分が複数存在する可能性や、コロニー間の糞の成分差などが示され、本種のネオテニック分化に従来想定されていたよりも多くの化学物質が影響する可能性が示されるなど、社会性昆虫における King 物質の同定とその生態的特徴の解明に向けて新たな知見が得られた。

また、シロアリのワーカーの糞に含まれる成分の分析を進めたところ、シロアリの糞には、他の一般的な植物残渣に含まれるリグニン量と比較して、2 倍以上のリグニンを含有していることがわかった。これまで、植物残渣から抽出したリグニンを活用した素材接着材が存在していたが、本研究の成果は、素材接着強度を増強する新たな接着素材開発等へつながりうるなど、新たな展開の可能性が見られた。

(2) オスワーカーの補充王への分化条件の解明

オスワーカーの生殖虫分化に際して、他個体の存在・不存在の条件が影響するか、また影響がある場合は、その存在が雌雄で異なるかを調査したところ、性別にかかわらず、同所的に存在する他のワーカーの存在が、あるオスワーカーの生殖虫分化に促進的な効果を与えることが認められた (下図)。



本結果から、オスワーカーの生殖虫分化については、糞の成分だけではなく、他個体を介した生殖虫の存在認識等のモデルが考えられた。また、本研究ではCO₂濃度とワーカーの生殖虫分化率について調査を進めたところ、低CO₂条件下と比較して、高CO₂条件下ではワーカーの生殖虫分化が低くなる傾向が見られた。

これらの結果は、本種の生殖虫分化の機構が従来想定されていたものよりも複雑な条件の影響を受ける可能性が示されており、シロアリの生殖虫分化など生態的・生理的な機構の理解について進展がみられた。研究成果の一部については、日本生態学会第69回大会（2022）において成果を発表した（中村龍司・宮國泰史・照屋俊明・杉尾幸司，スギオシロアリにおけるネオテニック分化過程の解明，日本生態学会第69回大会（2022）[ポスター発表]）。

さらに、（1）～（2）までに得られたこれらの知見については、現在新たな理論モデルの構築を行い、査読付き論文として英文学術誌への投稿を予定し、準備を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中村龍司, 宮國泰史, 照屋俊明, 杉尾幸司
2. 発表標題 スギオシロアリにおけるネオテニック分化過程の解明
3. 学会等名 日本生態学会第69回全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------