



TITLE:

シロアリ腸内共生微生物の新規機能とカースト特異性に関する研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

稲垣, 辰哉

CITATION:

稲垣, 辰哉. シロアリ腸内共生微生物の新規機能とカースト特異性に関する研究. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22511>

RIGHT:

許諾条件により全文は2023-04-01に公開; 学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	稲垣 辰哉
論文題目	シロアリ腸内共生微生物の新規機能とカースト特異性に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>微生物との共生関係はあらゆる動植物においてみられる。その中でもシロアリは、腸内に生息する十数種の原生生物や数百種の細菌と絶対共生関係にあり、それらを一億数千万年もの間維持している。シロアリのコロニー内にはカースト (社会役割) と呼ばれる、形態的・行動的に大きく異なる個体のグループが存在する。王・女王といった繁殖カーストとワーカー・兵アリといった労働カーストでは保有する微生物やそれらが持つ機能も大きく異なることが予測される。本研究では腸内微生物の新規機能として巢内衛生への寄与を明らかにした。またシロアリの腸内共生微生物群集について空間的・時間的動態を調べた。本論文は以下のように要約される。</p> <p>第1章では、これまでの動物と腸内微生物との共生に関する研究について、特に微生物の機能や宿主に与える影響について概観した。次に、社会性昆虫、特にシロアリにおける腸内共生微生物の機能や宿主との相互作用についての研究の概要を述べた。</p> <p>第2章では、ネバダオオシロアリを用いて、腸内微生物が巢内衛生維持に貢献していることを明らかにした。赤色素を生産するセラチア菌を用いた、日和見感染菌増殖量測定の実験系を確立し、腸内微生物の存在によって巢内でのセラチア菌の増殖が抑制されていることを明らかにした。さらに、シロアリ腸内の酢酸がセラチア菌の増殖抑制に貢献していることを示した。酢酸は腸内微生物によるセルロース分解により生産され、シロアリの栄養源となる。これらのことから、環境中における酢酸生成微生物が他の微生物の生育を抑制するために用いていた酢酸を、腸内での共生が成立した際にシロアリが栄養源として二次的に利用するようになったことが推測された。</p> <p>第3章では、ヤマトシロアリの腸内共生微生物群集をカースト・性間で比較した。その結果、王と女王は原生生物を全く保有していなかった。また、ワーカーにおいては原生生物量のコロニー依存的な性差が存在していた。この結果は、ワーカーにおける雌雄間分業の存在を示唆している。次世代シーケンサーMiSeqを用いた腸内細菌群集の網羅的解析から、ワーカーや兵アリと比較して、王・女王の持つ腸内細菌の多様性は非常に低いことが明らかになった。王・女王特異的な腸内細菌の系統解析の結果、既存のクレードに属さない細菌を見出した。このことから、シロアリにおける腸内細菌の新規機能の存在が示唆された。さらに繁殖虫への分化に伴う原生生物量の変化を調べたところ、繁殖虫分化の際の脱皮において速やかに原生生物を失い、その後再獲得しないことで腸内に原生生物が存在しない状態を保つことが明らかになった。このことは、シロアリは繁殖への特化に伴って腸内微生物を排除することを示唆している。</p>			

第4章では、ヤマトシロアリにおける初期コロニー特異的な腸内原生生物量の変動パターンを明らかにした。ヤマトシロアリは雌雄ペアのみならず雄同士、雌同士のペアでも巣を創設することが知られている。それぞれのペアの初期コロニーを創設し、繁殖スケジュール、タンパク質・脂質量、腸内原生生物量について時系列を追って解析した。その結果、全てのペアにおいて幼虫の孵化タイミングと同調した原生生物量の急激な増加と減少を見出した。この特徴的な増減の直後において、雄同士のペアでは創設虫のタンパク質量・脂質量が共に増加していたが、雌雄・雌同士のペアでは栄養量が減少していた。雄同士のペアでは育児の必要がない一方で、雌雄・雌同士のペアでは幼虫に給餌を行う必要がある。これらのことから、創設虫は原生生物量を増加させた後に消化して栄養を得て、幼虫への給餌に利用していることが示唆された。

第5章では、繁殖虫とワーカーの原生生物量の違いについて複数種のシロアリを用いて種間比較を行った。祖先的な種であり、繁殖虫とワーカーの形態的差異の小さいオオシロアリとネバダオオシロアリでは繁殖虫も原生生物を有しており、その量はワーカーと変わらなかった。その一方で、比較的派生的な種であり、繁殖虫とワーカーの形態的差異の大きいヤマトシロアリとイエシロアリにおいては王・女王共に原生生物を全く持っていなかった。このことは、派生的な種において繁殖虫の腸内からの原生生物の排除機構が獲得されたことを示しており、繁殖虫における繁殖能力の向上と原生生物の保有とのトレードオフ関係が示唆された。

第6章では、本研究の総合考察として、シロアリ共生微生物群集研究の今後の展望を示し、生態学的・分子生物学的アプローチ双方の必要性について論じた。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

微生物との共生関係はあらゆる動植物においてみられる。その中でもシロアリは、腸内に生息する数十種の原生生物や数百種の細菌と絶対共生関係にあり、その群集を一億数千万年もの間維持している。本研究ではシロアリ腸内微生物の新規機能を明らかにし、腸内微生物群集をカースト・性・種間で比較した。本研究の評価できる点は、以下の通りである。

1. シロアリの腸内微生物が日和見感染菌の増殖を抑制することで巣内衛生に寄与することを発見した。さらに腸内微生物の生産する酢酸が日和見感染菌の抑制を担うことを明らかにした。
2. 腸内微生物群集がシロアリのカーストによって異なることを明らかにし、王・女王特異的な細菌を発見した。ワーカーにおける腸内原生生物群集の性差を発見し、ワーカーにおける雌雄間分業の可能性を示した。さらに、女王への分化の際に共生原生生物を失うことを明らかにし、繁殖への特化により原生生物を排除する可能性を示した。
3. 創設コロニーにおける腸内原生生物量について時系列で解析し、幼虫の孵化に合わせた増減パターンを見出した。繁殖スケジュールと栄養量の変動の解析から、シロアリの創設虫は腸内微生物量をコントロールして栄養を得て、幼虫の給餌に利用している可能性を示した。
4. 腸内微生物量のカースト間差をシロアリ種間で比較することにより、繁殖虫における原生生物の排除機構がより派生的な種において獲得されたことを示した。

以上のように、本論文は、シロアリ腸内共生微生物の多機能性を明らかにし、シロアリの社会役割を網羅した腸内微生物群集の時間的・空間的動態を明らかにすることで両者の相互作用の理解に大きく貢献するものであり、昆虫生態学、進化生態学、微生物生態学の発展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、令和2年2月13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。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）