

氏 名	ぐえん ころん とうあん NGUYEN TRONG TUAN
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 6 4 8 号
学位授与の日付	平成 24 年 9 月 25 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 生命物質科学専攻
学 位 論 文 題 目	Chemical communication in Japanese subterranean termite <i>Reticulitermes speratus</i> (Isoptera: Rhinotermitidae) (ヤマトシロアリ <i>Reticulitermes speratus</i> の化学交信)
審 査 委 員	(主査)教授 伊藤雅信 教授 遠藤泰久 教授 亀井加恵子 教授 秋野順治

論文内容の要旨

熱帯から温帯域に係る地域では、木造家屋などにおけるシロアリの食害による被害は甚大であり、その対応に苦慮している。日本においても、一般家屋や歴史的建造物等を含めた木造家屋に対するシロアリの食害被害年間総額は、火災による被害年間総額に匹敵、あるいは上回るほどであり、その駆除は重要課題とされている。日本におけるシロアリ害の大半は、イエシロアリとヤマトシロアリに起因する。このうち、イエシロアリは主に南西日本(近畿以南)に分布しているのみであるのに対して、ヤマトシロアリは沖縄から北海道稚内周辺にまでその分布を広げており、シロアリ害の深刻さを増大させている。これらのシロアリの防除には、従来、有機塩素系や有機リン系、カーバメイト系、ピレスロイド系、重金属塩等の殺シロアリ剤を材木に注入したり、粒剤・粉剤などの形状で土壌に散布する「ばらまき処理」が行われてきた。これらの剤の中には難分解性で毒性が高いために、環境への負荷や人畜への健康被害などが心配される。そのため近年になって、ベイト剤を仕込んだトラップを設置することによって、シロアリの発生・侵入状況を定期的にモニタリングしつつ、状況に応じて節足動物に対して特異的に作用するキチン合成阻害剤などを発生地のベイト剤にのみ追加処理する防除法（ベイトトラップ法）が広く用いられるようになった。この方法によって、環境への負荷を軽減し、人畜に対する健康被害の可能性を著しく軽減することが可能になった。しかし、実際に施工した結果、同方法は定着性が高いイエシロアリに対しては有効に機能するのだが、定着率が低く生息環境の変化により敏感なヤマトシロアリに対しては十分な効果を上げないことがわかってきた。これは、モニタリング操作による生息環境の攪乱に対してヤマトシロアリが敏感に反応するためと指摘されている。同方法がヤマトシロアリに対しても有効に機能するためには、ベイト剤へのヤマトシロアリの定着性を増大させることが必要である。本研究では、ヤマトシロアリの種内化学交信系の解明をめざし、定着性を増大させる因子の探索とその情報化学物質の生態的役割を明らかにした。

第 1 章 ヤマトシロアリも含めた真社会性昆虫では、生息環境に変化があつてコロニーの生存に危険があるような事態にいたると、コロニーの構成員同士で差し迫った危険に対する情報交信が

行われる。その情報を担うセミオケミカルを警報フェロモンとよぶ。ヤマトシロアリの兵蟻は、職蟻と比べて著しく発達した頭部とよく発達した鋭い大顎をもち、危険の排撃を担っている。兵蟻は危険を知らせるような情報化学物質を有している可能性が高いと考えた。そこで、職蟻と兵蟻の警戒行動を比較するとともに、各カストが保有する化学物質を詳細に比較し、兵蟻がカスト特異的な化学物質を保有することを明らかにした。その兵蟻特異的な化学物質が行動に及ぼす影響を野外および室内実験を通して比較観察し、採餌環境が安定した状態で維持されているときには兵蟻・職蟻のいずれに対しても誘引的效果を示すのに対して、採餌環境が突然に攪乱されたような条件下では、職蟻に対しては忌避的作用を示すが、兵蟻に対しては誘引（＝動員）効果を示すことを見出した。すなわち生息地の局所的環境によっては、兵蟻特異的物質が集合フェロモンのにも警報フェロモンのにも作用することを明らかにした。

さらにその活性物質に関しても、各種クロマトグラフィーにより分画・精製をおこなったのち、ガスクロマトグラフ直結質量分析計や核磁気共鳴装置によって固有のスペクトルを測定した。これらのスペクトルに基づいて、活性成分を β -セリネンと同定した。

第2章 ヤマトシロアリの営巣地には、トビイロケアリなどのケアリ類がわずかな距離を隔てて営巣していることが多い。そこでシロアリとアリ間の相互関係について検証した。共同研究者によってヤマトシロアリの兵蟻特異的な成分は、シロアリの専門的な捕食者とされるオオハリアリに対して強い忌避効果をもたらすことが明らかにされたが、ほぼ同所的に営巣するトビイロケアリに対してはほとんど忌避効果を示さなかった。それどころか、兵蟻特異的物質を提示すると、トビイロケアリの攻撃性は上がり、さらにその物質に対して定位行動を示すことを明らかにした。これは、トビイロケアリがヤマトシロアリの警報フェロモンをカイロモンとして利用していることを示唆する。

第3章 日本の国内に生息するヤマトシロアリ属には亜種も含めて10種が存在するが、そのうち4種：リュウキュウシロアリ、カンモンシロアリ、キュウシュウシロアリ（ヤマトシロアリの亜種）、ヤマトシロアリについて、その兵蟻特異的成分の比較をおこなった。これら4種のうち、リュウキュウシロアリとカンモンシロアリ、キュウシュウシロアリとヤマトシロアリがそれぞれ遺伝的に近縁であるとされていたが、兵蟻特異的成分の組成を比較すると、カンモンシロアリはキュウシュウシロアリやヤマトシロアリと同一の組成を示すのに対して、リュウキュウシロアリのみが異なる組成を示すことを見出した。いずれの種においても、 β -セリネンを保有する点は共通していることが判明した。アメリカやヨーロッパのヤマトシロアリ属はそれぞれの地域に生息する種群で共通する成分を有しており、それが地域性の指標として分類に利用されていることから、日本産ヤマトシロアリを特徴付ける指標物質が β -セリネンである可能性は高い。

兵蟻特異的成分は、誘引効果や忌避効果を示すことから、その活性を利用することで行動制御剤につながる可能性がある。また、それらの成分はシロアリ巣内での兵蟻分化誘導に寄与する可能性が示唆されていることから、今後はその生理的作用の解明をすすめることで、新しいシロアリ防除法の開発が期待される。

論文審査の結果の要旨

本論文では、日本のシロアリ害を抑える為の有効な防除法の候補とされるベイトトラップ法が

抱える問題点を解決するにあたり、同防除法の効果が低いヤマトシロアリの定着性低下をもたらす要因の一つとして、その警戒・警報情報の交信システムに着目し、その警報フェロモンの主要成分の化学構造を推定・同定するとともに、その情報化学物質の生態的役割：フェロモンとしての機能とカイロモンとしての機能を明らかにした。

- (1) ヤマトシロアリの兵蟻のみが頭部の前額腺に由来するであろう特異的な化学物質を有しており、それが β -セリネンであると同定した。 β -セリネンについては、先だつ報告の中で示されていた NMR スペクトルの帰属が不十分であったことを踏まえ、不明瞭であった炭素および水素の帰属を明確に示した。また、採餌環境が安定しているときには、同成分が兵蟻・職蟻のいずれに対しても誘引的效果(おそらくは動員効果)を示すのに対して、採餌環境が攪乱された状況下では、職蟻に対しては忌避的效果、兵蟻に対しては誘引的效果を示すことも明らかにした。
- (2) ヤマトシロアリの営巣樹木上に場所を隔てて同所的に営巣することが多いケアリ類に着目し、これら 2 種の間にある種間相互作用について新知見を得た。ヤマトシロアリ兵蟻は危険を察知すると先の兵蟻特異的な化学物質を分泌するが、これがケアリに対しては動員効果を示し、さらにその攻撃性を増大させることを見いだした。共同研究者はヤマトシロアリの兵蟻特異的な物質がシロアリ専門の捕食者であるハリアリ類に対しては強い忌避活性を持つことを報告していることから、ケアリ類は二次的にシロアリ兵蟻特異的な物質をカイロモンとして利用する可能性が示唆された。
- (3) 日本産ヤマトシロアリ属 4 種間で兵蟻特異的な成分組成を比較することで、(1)で同定した β -セリネンが日本産ヤマトシロアリに共通する指標物質である可能性を示した。また、遺伝子解析からはリュウキュウシロアリとカンモンシロアリ、キュウシュウシロアリとヤマトシロアリがそれぞれ近縁関係にあると推察されていたが、兵蟻特異的な物質組成からみるとキュウシュウシロアリとヤマトシロアリ、カンモンシロアリが同一の組成をもち、リュウキュウシロアリだけが異なる組成を示すことを見出した。各種における主要成分がどのような生理活性(警報フェロモン・集合フェロモン活性、あるいは防御物質としての活性)を持つかを完全に解明することはできなかったが、各種の生息環境におけるアリ類などの捕食者に対する相互作用の重要性を指摘した。

これらの成果を踏まえて、ヤマトシロアリ自身が利用している情報化学物質を操作できる可能性を示した。ベイト剤への定着性を増大、あるいはそれを抑制している要因を取り除く技術開発への発展が期待される。

これらの研究成果は、下記の国際科学雑誌に掲載された 2 編の論文を基礎としている。

- (1) Tuan T. Nguyen, Kenji Kanaori, Masaru K. Hojo, Tatsuro Kawada, Ryohei Yamaoka, and Toshiharu Akino (2011). Chemical identification and ethological function of soldier-specific secretion in Japanese subterranean termite *Reticulitermes speratus* (Rhinotermitidae). *Bioscience, Biochemistry, Biotechnology* 75: 1818-1822
- (2) Tuan T. Nguyen and Toshiharu Akino (2012). Worker aggression of the ant *Lasius japonicus* enhanced by termite soldier specific secretion as an alarm pheromone of *Reticulitermes speratus*. *Entomological Science*. doi:10.1111/j.1479-8298.2012.00534.x (online first)