特異な社会形態の起源:アジア産トゲオオハリアリの系統進化学

Evolutionary phylogenetics of "queenless" Diacamma ants in Asia-Oceania region

所属機関: 東京都立大学 代表研究者氏名:岡田 泰和

研究期間: 2023 年 9 月 11 日~ 2023 年 11 月 17 日

区分:個人A

滯在研究機関: Thailand National Science Museum, Pathum Thani 12120, Thailand

共同研究者: Dr. Jaitrong Weeyawat (Thailand National Science Museum)

滯在研究機関: Philippine National Museum, T.F. Valencia Circle, T.M. Kalaw, Rizal Park,

Ermita, Manila, 1000 Philippines

共同研究者: Dr. David M General, Dr. Perry Archival C. Buenavente (Philippine National

Museum)

Ant genus *Diacamma* has a unique reproductive behavior; nestmates determine a single reproductive female by the dominance behavior of mutilation of vestigial wings (gemma). This behavior seems to be a trait newly evolved in genus *Diacamma*, however, little information is available on the ecology, phylogeography and evolutionary aspects of this unique genus. Applicant (YO) investigated the ecology, behavior and distribution of *Diacamma* ants in Thailand and the Philippines (potential distribution center of this genus). I, together with the local collaborators, collected 10 *Diacamma* species that likely include undescribed new species. Investigation on colony size and ovariole number revealed that colony size and ovariole number are evolutionary correlated. The molecular phylogeny based on the genomic sequences of collected species are currently under investigation.

海外研究活動概要

アジア熱帯域に分布するトゲオオハリアリ属は形 態的な女王を失った「無女王アリ」とされている. トゲオオハリアリ属のカースト決定は順位行動によ って行われるが、この属に特異的な痕跡翅(ゲマ) を噛みとる順位行動によって行われ、ゲマを保持す る1匹のメスだけが女王となる. ゲマという極めて ユニークなカースト制御器官の起原は進化的に重要 だが、これまでの生態・進化的研究は分布の東北限 に生息し、派生的な種である沖縄産トゲオオハリア リに限定されてきた. 本研究では、ゲマの起源の解 明に向けて、アジア熱帯域に産する約40種のうち、 分布の中心であるタイ,フィリピンに渡航・滞在し 10種程度の野外生態調査を行った. さらに, 現地 の研究機関・共同研究者との共同研究によって,ト ゲオオハリアリ属の15種程度の標本や生態情報を 取得し、ゲノム情報を活用した系統進化学的研究を 進めている.

2023年9月11日から9月24日の間,タイ

国立科学博物館の Weeyawat 博士とともに、バンコ ク周辺, 北西部オムコイ地方(チェンマイの南西約 180km, 次頁写真), および南東部サケラート地 方(バンコクから東に約250km)で、熱帯林や林 縁部の野外調査を行った. トゲオオハリアリは種名 が確定していないものが多く, コロニーサイズ (巣 を構成する個体数) や女王数など基礎生態情報が不 足している. 従って、調査ではトゲオオハリアリの 一種類あたり3コロニー以上を目標に地中や枯れ木 に営巣された巣を掘削し,極力コロニー全体を採集 することを目指した. オムコイ周辺では, トゲオオ ハリアリを4種類(程度)見つけることができた. 中でも印象的だったのは、D. violaceum という巨大種 で, 日本産種が体長 1cm 程度でコロニーサイズが 100-150 匹程度なのに対し, violaceum 種は体長が 1.7cm 程度あり、コロニーサイズも338匹と巨大 であり、巣全体を採集するには地面を 60 cm 以上も 掘り進める必要があった. この作業には1コロニー あたり2時間以上かかり、熱帯気候の中での作業は 大変に体力を要とするものであった。初の熱帯調査の興奮とガイドの方(森林の案内と調査補助のため現地の方を数日間雇用した)の助けもあり無事3コロニーを採集することができた。後述するが、violaceum 種は系統解析からはトゲオオハリアリ属



Omkoi Forest Station in Thailand (left) Huge nest of *Diacamma violaceum* (right). Ants were collected by a handy electric vacuum and deep nests need a couple of hours to be excavated.

の中では原始的な種であり、卵巣小管数(繁殖能力の基準)が左右で 20 本程度という本属中で最大の繁殖力を誇っていた. こうした大きな体サイズや高い繁殖力は原始的な形質であると推測される.

オムコイ地方のあとは南部サケラート地方に移動し、さらに3種ほどを追加で採集した. サケラートは乾季と雨季の植生の変化が明瞭で、今回滞在した9月は雨季の終盤で大雨の日は少なく、比較的快適に調査ができた. 調査地の半分はフタバガキの森林が広がる、乾季には自然森林火災が頻繁に起こる地域であり、多くの木の樹皮が火事で黒焦げになりながらも葉を茂らせているのが印象的であった(火災にある程度耐性があるらしい). フタバガキ林の林床からは D. rugosum に近縁と思われる未同定種(新種?)のコロニーが多数採集出来、周辺の森林の木のウロや枝の中から D. orbiculatum が採集できた.

このあと、タイ国立科学博物館の Weeyawat 氏の研究室に伺い、今回の滞在では採集できなかった種や、氏の所蔵標本のなかでも未同定の種について多数の標本を提供していただいた。滞在中にも有意義なディスカッションができ、採集標本・供与された標本のゲノム配列に基づく種の境界線の決定を岡田





Depterocarp forest in Sakaerat. Tree barks are burned by naturally occurring bush fires (left). The medium sized species *D. orbiculatum* (right). Colony size is approx. 50.

が、アリの形態分類を Weeyawat 氏が主に解析する ことで系統進化の体系づけを行っていく方針が固まった

続く11月のフィリピンでの調査は、フィリピン国立博物館の B. Perry 氏および、D. General 氏の案内のもと、ルソン島、パナイ島、ネグロス島、セブ島、ミンダナオ島の5島を調査し、合計で6種程度を採集することができた。フィリピンは7000以上の島からなる島嶼国で、3週間程度の滞在中、小型のプロペラ機で幾度も島間を移動した(下写真)。フィリピンでは生きた昆虫の持ち出し手続きに長大な事務手続きがかかる(事実上不可能である…)。そのため、現地に小型顕微鏡を持参して、生きたアリの卵巣を解剖し(解剖は生きた虫でしかできない)、卵巣小管数のカウントを現地で行い、持ち帰りは DNA 用の液浸固定サンプルのみとした。

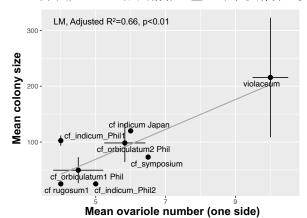


フィリピンでは島間をプロペラ機で移動した.

成果

タリ合種ゲアすでニインが25種オリるきーサスか25トリ集がロズ

や卵巣小管などの生態情報を 8 種程度について得ることができた. 今回の調査ではゲマを持つ繁殖個体はすべての種類で 1 個体, ワーカーカーストを持つ種は見つからなかった. 一方, 生態情報の整理と比較から, トゲオオハリアリ属のコロニーサイズは卵巣小管数と相関して進化していることが明らかになった(下図). DNA 配列情報に基づく系統解析は現



Ovariole number and colony size exhibit correlated evolution dot: species mean, bar: standard deviation

在進行中(下図)であるが、これまでの結果は卵巣小管数、コロニーサイズ、体サイズともに最大である D. violaceum が系統的に原始的な種であることが明らかになった。ゲマの進化が、女王の翅由来である、という仮説は、原始的な種が体サイズや繁殖力において女王に類似することを予測しており、予測を裏付ける傾向が得られていることになる。

今後の展望

今後は、ゲノム配列の解読に基づく系統樹を集めた標本全体について構築し、トゲオオハリアリ属およびその近縁種を用いて、属内・属間の正確な系統関係を解明する。その上で、コロニーサイズや卵巣小管などの生態的形質を系統樹上に乗せ、属内の進化・多様化のパターンを解明する。

今回の調査で大型,中型,小型の様々なサイズのトゲオオハリアリを得ることができ,発生学的実験のため研究室で飼育を続けている.アリは種類が異な

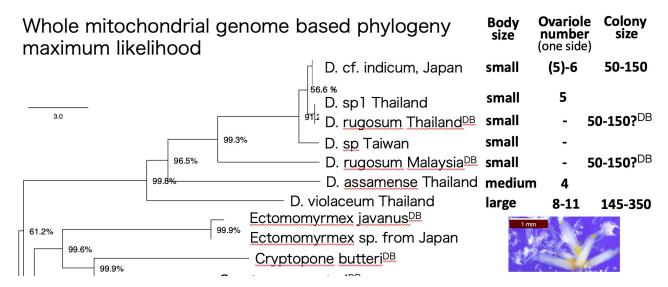
っても "養子" として導入した他種や他コロニーの 幼虫を成虫まで養育してくれることがある. 今後, 大型種の幼虫を小型種のコロニーに導入し, 小型の 成虫として (本来いないはずの) ワーカーを羽化さ せる, あるいは, 女王分化遺伝子のノックダウンに より羽化個体の発生運命を改変する, 発生過程を操 作する実験を行い, 本種のカースト分化の仕組みと その進化プロセスを解明する.

研究の発表

口頭発表

1. Phylogeography of *Diacamma* ants: an evolutionary perspective

Yasukazu Okada, Riou Mizuno, Feng-Chuan Hsu, Weeyawat Jaitrong, Takeshi Wakamiya, ANeT 2023 (International **Net**work for the Study of **A**sian Ants). 2023.11.15, Kota Kinabaru, Malaysia.



Molecular phylogeny based on whole mitochondrial genome of *Diacamma* spp. and closely related species (Ectomomyrmex and Cryptopone) distributed in Thailand, Japan, Taiwan. *D. violaceum* is the most basal *Diacamma* species.