

【学位論文審査の要旨】

1 研究の目的

アリ類（昆虫綱：膜翅目：アリ科）は、世界の主要な陸上生態系においてバイオマスの約 10%を占める優占的な陸上無脊椎動物群であり、小型無脊椎動物の捕食者、機械的分解者、種子分散者、土壌攪拌者などとして、生態系の中で様々な機能を持っている。一方で、在来生態系、農業や公衆衛生、社会インフラに多大な悪影響を及ぼす侵略的外来種となっている種もいる。したがって、生物多様性研究や保全プログラムにおいて、アリ類は主要なターゲットとなっており、アリ類の分類に対するニーズは高い。

アリ類の分類は働きアリの形態形質に基づき行われてきた。しかし、近年、従来の比較形態学的手法に DNA barcoding などの新しい解析手法を組み合わせた「Integrated Taxonomy（統合的分類学）」というアプローチが提案されて以降、アリ類においても隠蔽種群（形態学的には区別できない複数の生物学的種の集まり）の発見と、新種記載が相次いでいる。一方で、熱帯・亜熱帯地域に生息するアリ類の種多様性の解明に Integrated Taxonomy を用いた事例は未だ少ない。

論文の著者である Rijal Satoria 君は、インドシナ亜区及びインドマレー亜区に産するアギトアリ属（ハリアリ亜科）を対象として、Integrated Taxonomy により種分類体系の再検討を行うことを、本研究の目的とした。この属は、形態学的情報に基づき、Brown (1976) によって包括的に再検討され、その過程で、多くの種名、種内分類群名が新参シノニムとされ、無効名として扱われた。しかし、彼の種認識に対しては否定的な見解も発表されていることから (Yoshimura et al., 2007; Satria et al., 2015)、Integrated Taxonomy の有用性を検討する上でも最適な対象分類群であると考えた。

2 研究の方法と結果

本論文の第 2 章（第 1 章は、General Introduction）では、スマトラに産する 5 種のアギトアリ属、およびアギトアリ属の姉妹群であるヒメアギトアリ属の *Anochetus rugosus* 種群を対象として、光学顕微鏡を用いて雄の交尾器の形態を詳しく観察した。アリ類における種認識は、多くの場合、働きアリの形態に基づく。一方で、雄交尾器の形態は生殖的隔離に関連する可能性があるのにも関わらず、アリ類の大半の分類群において、十分な比較検討が行われてこなかった。本研究により、働きアリの形態が非常に類似する種間でも雄交尾器の形態には顕著な差異が生じることが明らかとなり、少なくともアギトアリ属やヒメアギトアリ属においては、雄交尾器の形態が種識別形質として有用であることが示された。

第 3 章では、インドシナ亜区、インドマレー亜区、および周辺地域から集められたアギトアリ属 97 サンプルを対象として、DNA barcoding、分子系統解析、形態比較、分布様式の検討を組み合わせた Integrated Taxonomy を用いて種の識別を行った。まず、ミトコンドリア CO1 遺伝子（昆虫類を含む広範な動物群で種の識別・同定に用いられる遺伝子マーカー）の塩基配列を PCR とダイレクトシーケンス法で決定し、得られたデータをもとに ABGD 解

析およびPTP解析を行うことで(DNA barcoding)、40のMOTUが識別できた。ついで、最尤法及びベイズ法による分子系統解析を行い、得られた系統樹に基づき、各MOTUの単系統性を評価した。単系統性が支持された場合は、独立したMOTUとして扱い、単系統性が支持されなかった場合は、単系統群となるまで近隣のMOTUと統合した。その結果、35のMOTUに統合できた。最後に、これらのMOTUについて詳細な形態比較を行った結果、形態学的識別形質を有する12の種に統合できた。そのうち、インドシナ亜区、インドマレー亜区からは11種が確認された。Brown (1976) は *O. kuroiwae* を *O. monticola* のシノニムとしたが、Yoshimura et al. (2007) は前者を独立した種として扱った。本研究はYoshimura et al. (2007) の見解を支持した。また、Brown (1976) は *O. procerus* を *O. latidens* のシノニムとしたが、Satria et al. (2015 : 博士論文の一部) は両者を別種とした。本研究の最終的な解析結果もSatria et al. (2015) を支持した。*O. pararixosus* と *O. minangkabau* は、*O. rixosus* の隠蔽種として、Terayama & Ito (2014) と Satria et al. (2015 : 博士論文の一部) によって、それぞれ記載されたが、それらの見解も本研究の最終的な解析結果によって支持された。さらに、*O. sp. 1* は *O. monticola* のシノニムのうちの1つに対応し、独立種であり、*O. sp. 2* は新種であることが明らかとなった。

第4章では、分子情報の取得に適した標本が得られなかった“種”の標本の形態をIntegrated Taxonomyにより確認された種と詳細に比較検討したところ、インドシナ亜区、インドマレー亜区から合計14種が識別できた。その結果に基づき、働きアリの形態形質に基づく検索表の作成、1新種の記載(*O. sp. 1*)、13種の再記載、シノニムの解決(3つの種名を新参シノニムと認定し、無効名とした)を行った。

第5章では、第4章で識別された14種について、採集地点の位置情報を元に、分布様式の類型化を行った。その結果、4種が「広域分布(インドシナ亜区+インドマレー亜区、インドマレー亜区+オーストロマレー亜区、あるいはそれ以上広域)」、2種が「インドマレー亜区内広域分布」、6種が「局所分布」を示した。残りの2種に関しては、中国チベット自治区あるいは貴州省を模式産地として記載されているが、模式産地以外に信頼できる分布記録がない。

3 審査の結果

生物学的種の正確な認識は生物多様性の理解において不可欠である。複数の生物学的種の存在を証明するためのもっとも説得力のある手法は、野外での求愛・配偶行動の観察や飼育条件下での交配実験によって、交配前および交配後生殖隔離の有無を直接確認することである。しかし、動物では交配に際して特定の環境条件を要する場合が多いことから、それは容易ではない。そのため、「次善の策」として、様々な分類群の研究において、Integrated Taxonomyが用いられるようになってきた。しかしながら、熱帯・亜熱帯地域に生息するアリ類の種多様性の解明にIntegrated Taxonomyを用いた事例は未だ少ない。

以上の点を踏まえ、本研究の主要な学術的貢献は以下のように要約できる。第一に、イ

インドシナ亜区及びインドマレー亜区に生息するアギトアリ類の種認識における混乱を解決し、Brown (1976) の種認識に少なからず誤りがあることを明らかにした（彼によって示された個々の種の認識は、しばしば「広義的」すぎる）。Brown は 20 世紀中葉に活躍した著名なアリ分類学者であり、アギトアリ属以外にも多くの属の分類学的再検討を行い、彼の種認識は最新の種分類体系にも色濃く反映されている。しかしながら、本研究の結果は、Integrated Taxonomy に基づいて彼の種分類体系を再検討することが多くの属で必要であることを示している。つまり、Brown の種認識や分類体系が不完全であることを明確に示したことは、本研究の大きな成果である。第二に、これまでアリ類の種分類では検討されることが少なかった雄交尾器の形態が、隠蔽種の種識別形質として非常に有用であることを改めて示した。残念ながら、本研究では一部の種についてしか雄を入手できなかったが、将来的に全ての種について雄を含むコロニー・サンプルを入手し、雄の形態解析を含めた Integrated Taxonomy を行うことにより、さらなる隠蔽種の発見が可能となるはずである。さらに、これらのアリ類についての DNA barcode ライブラリーが整備されれば、ライトトラップやマレーゼトラップにより得られる多数の雄のみの標本群に基づき、繁殖フェノロジーなど種分化に関連する情報を得ることも可能となる。このように、本研究は、熱帯・亜熱帯地域において種の多様性が著しく高い陸上節足動物を対象とした系統分類学的研究のモデルケースとなるものである。

なお、本研究の成果の一部は、学位申請者が第一著者の論文 2 報として、国際的に認知されている学術誌に既に掲載されている。

Satria R, Kurushima H, Herwina H, Yamane Sk, Eguchi K. 2015. The trap-jaw ant genus *Odontomachus* Latreille from Sumatra, with a new species description. *Zootaxa*, 4048, 1-36.

Satria R, Bui TV, Eguchi K. 2017. New synonymy and redescription of *Anochetus mixtus* Radchenko, 1993, and distinction from the other members of the *Anochetus rugosus* group (Hymenoptera: Formicidae: Ponerinae). *Asian Myrmecology*, 9, e009001.

（下線：学位申請者）

以上のことから、本研究は本学の博士（理学）の学位に十分値するものと判断した。

4 最終試験の結果

本学の学位規定に従って、試験および試問を行った。公開の席上で論文発表を行い、生命科学専攻の教員による質疑応答をもって試験にあてた。また、論文審査委員が本論文および関連分野について試問を行った。その結果、専門科目および外国語についても十分な学力があることを認め、合格と判定した。