

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24405010

研究課題名(和文)社会構造の地理変異から究明するアリ類におけるカスト特殊化の進化と意義

研究課題名(英文)Significance of caste specialization in ants: lesson from geographic variation of social organization

研究代表者

伊藤 文紀(Ito, Fuminori)

香川大学・農学部・教授

研究者番号：50260683

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,300,000円

研究成果の概要(和文)：東南アジア産マガリアリ属15種の社会構造を、フタイロマガリアリ種群(メナドとフタイロ)を中心に調査した。13種は脱翅女王だけが受精産卵し、働きアリの受精嚢は欠如するか、著しく縮小していた。メナドでは、働きアリと脱翅女王が受精産卵し、女王繁殖コロニーは単女王、働きアリ繁殖コロニーは多女王であった。フタイロでは、働きアリ、脱翅女王、大型無翅女王のいずれか1個体が受精産卵する単女王制であった。個体群によってその頻度が異なり、大型無翅女王は東ジャワでのみみられ、受精働きアリが繁殖するコロニーもあった。他の調査地では、脱翅女王が受精働きアリが繁殖していた。有翅女王の体サイズに地理変異があった。

研究成果の概要(英文)：Colony composition of 15 species of genus *Gnamptogenys* was studied in Southeast Asia. 13 of 15 species were reproduced by dealated queens without worker sexual reproduction. In *G. menadensis*, both dealated queens and mated workers laid eggs. Former colonies showed monogyny while the later colonies were polygyny. In *G. bicolor*, large ergatoid queens, dealated queens or mated workers reproduced. The colonies were always monogyny. Large ergatoid queens had been found only in East Java, where no alate queens were collected. Mated workers also reproduced in East Java. In the other populations, mated workers and dealated queens laid eggs. Body size of alate/dealate queens varied among populations.

研究分野：昆虫生態学

キーワード：アリ 社会構造 地理変異

1. 研究開始当初の背景

アリ類はいずれの地域でも種数・個体数がきわめて豊富で、陸上生態系におけるもっとも重要な生物群である。アリ類がこのような大繁栄している大きな理由のひとつに、繁殖個体と労働個体の形態的・機能的特殊化(カースト分化)が多様であり、その結果さまざまな環境に適応したことがあげられる。一般に、特殊化が著しく進んだ種ではコロニーサイズが大きくなるとともに社会組織や個体間コミュニケーションが複雑化し、特殊化が乏しい種ではコロニーサイズが小さく比較的単純な社会構造をしめす。前者の多くは、生態的優位者となって陸上生態系の他生物に甚大な影響を及ぼす一方で、後者は生態的隙間に特殊化した生活様式を示すことが多い。このような形態と機能の特殊化とそれに伴う社会構造や行動が、生態的・系統的制約を受けて、どのような分子生物学的基盤のもとで進化したのかを明らかにすることは、生物における個体間の協力関係や社会組織の進化を考えるうえで非常に重要である。にもかかわらず、いまだに十分な解釈は得られていない。その大きな原因のひとつは比較研究に好適な種群が見出されてなかったからである。

我々は1990年からアジア熱帯におけるアリ類の生態調査を続け、最近マガリアリ属のメナドクボミハリ種群内において、きわめて近縁な種間でカーストの特殊化やコロニーサイズが多様であるとともに、著しい地理的変異を示すことを発見し、上記の問題を考える上で最適な材料であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、予備的な調査から明らかにされていたフタイロマガリアリ種群の社会構造の地理的変異に着目し、調査範囲を広げて地理変異の詳細を明らかにし、その変異の意義を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

香港からインドネシアまで、各地を訪問しフタイロマガリアリ種群を中心としたマガリアリ属各種のコロニーを採集して、コロニーの構成を調査した。この3年間で得られたデータとともに、これまでの記録もまとめて、東南アジア産本属の社会構造に関する知見を総括した。

採集したコロニーの一部は99%エタノールに固定し、分子系統解析の実験に供した。

一部のコロニーは飼育し、詳細な行動観察を実施するとともに、特に繁殖雌の生産条件を明らかにする実験をおこなった。

4. 研究成果

(1) 東南アジア産マガリアリ属の社会構造の概要：合計15種のマガリアリ属アリを香港、ベトナム、タイ、マレーシア、インドネシアで採集した。そのうち13種は有翅女王だけが受精産卵し、働きアリの受精のうは欠

如するか、あるいは著しく縮小していた。これら13種のコロニーはいずれも単女王制で、働きアリ個体数の平均は10~50個体程度と小さかった。13種の女王の卵巣小管数は4本(片側2本)の種が9種、2本(片側1本)の種が1種(*G. cribrata*)、4~6本(片側2~3本)が1種(*G. laevior*)で、アリ科女王の卵巣小管数としてはきわめて特異的に少なかった。働きアリでは大部分が2本であった。これに対して、マレーシアで調査したメナドマガリアリでは、働きアリと有翅女王が受精産卵し、女王繁殖コロニーは単女王、働きアリ繁殖コロニーは多女王で、コロニーサイズは平均180(+232)、卵巣小管数は女王では8本、働きアリでは5~12本であった。フタイロマガリアリでは、個体群によって社会構造がことなり、働きアリ、有翅女王、無翅女王が受精産卵していた。卵巣小管数、コロニーサイズともにメナドマガリアリと同様に他のマガリアリよりもはるかに多かった。

(2) フタイロマガリアリとメナドマガリアリの分布、およびマガリアリ属内の分子系統解析：これまでの調査結果と既報の論文などからフタイロとメナドの分布状況をまとめた。メナドは、インドネシアのスマトラ島、ボルネオ島、スラベシ島、フィリピン南部、マレー半島に分布していた。フタイロは、中国南部、香港、マカオからベトナム、ミャンマー、タイ南部までと、ジャワ島東部からロンボク島まで記録があった。フタイロは、クアラルンプールのマラヤ大学構内でも2010年にきわめて狭い地域で採集されたが、12年以降は発見されず、人為的な分布である可能性が考えられた。2種は、湿潤熱帯地域にメナドが、季節熱帯から亜熱帯にフタイロが分布し、フタイロのなかでも東ジャワからインドネシア東部に隔離分布していることになる。

分子系統樹に関しては、まだ十分な種類をみつかえてはいないが、フタイロマガリアリは、メナドマガリアリと姉妹群を形成し、香港から東ジャワに至るフタイロマガリアリは同一種とみなして良いと結論された。

(3) メナドマガリアリのマレー半島における社会構造と周年経過：過去のサンプルやデータも含めて本種の社会構造の特性や周年経過を明らかにした。本種についてはスラベシ島での調査結果がGobin et al (1996)によって報告されている。2か所で採集されたコロニー数を繁殖雌の形態毎に示す。

表1 メナドマガリアリの採集コロニー数

	女王繁殖	働きアリ繁殖
スラベシ	2	34
マレー半島	2	29

2か所ともに、2コロニーで脱翅女王1個体

が受精産卵し、その他のコロニーでは働きアリが受精産卵していた。女王繁殖コロニーではいずれも単女王制であったが、働きアリ繁殖コロニーでは複数の働きアリが繁殖している例が多く、受精産卵働きアリのコロニー当たりの個体数はマレー半島 (2.9 ± 1.6) よりもスラベシで多かった (5.1 ± 4.1)。一方で、コロニーサイズはマレー半島 (193 ± 254) の方がスラベシ (96 ± 65) よりも多かった。

マレー半島で採集されたコロニーを採集後直ちに解剖して繁殖状況を調査するとともに働きアリの頭幅を測定したところ、以下のような興味深い結果が得られた。女王繁殖コロニーではコロニー当たりの働きアリ数が少なく、働きアリの体サイズが小さい。

コロニーサイズが小さい働きアリ繁殖コロニーでは、働きアリの体サイズがやや小さく、多くの場合最大サイズの働きアリが受精産卵している。コロニーサイズが大きい働きアリ繁殖コロニーでは、働きアリの体サイズが大型化し、平均的なサイズの働きアリが受精産卵していた (図1)。

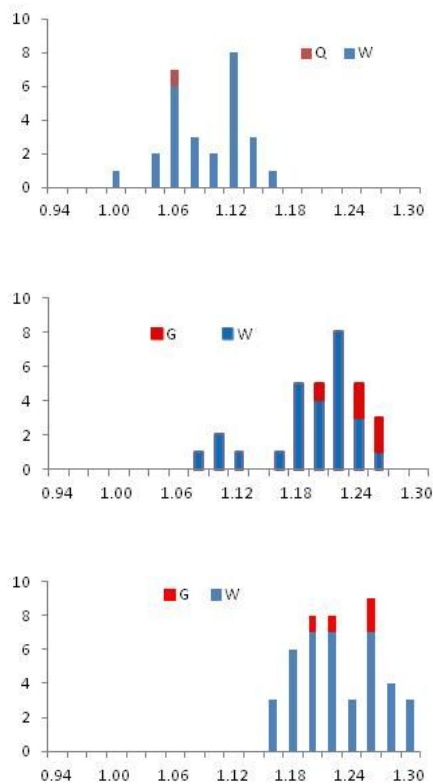


図1 女王繁殖コロニー(上) 働きアリ繁殖コロニー(中、働きアリ数 30 個体、下、働きアリ数 1000 個体)の繁殖雌 (G)、働きアリ (W) の頭幅分布。横軸は頭幅 (mm)

働きアリの頭幅と腹幅の相対成長を調べたところ、腹部は頭部の成長よりもより大きな割合で大型化しており、つまり大型働きアリはより大きな腹部を持っている事が明らかになった (図2)。

複数の働きアリが受精産卵しているコロニーでは、多くの場合全ての受精働きアリが

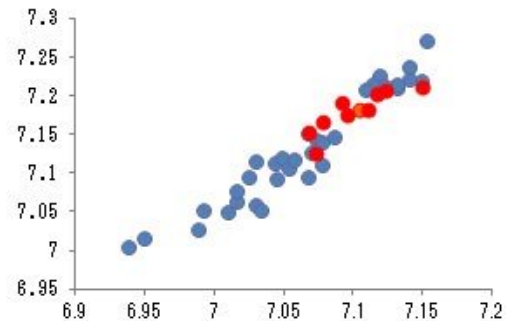


図2 メナドマガリアリにおける頭幅 横軸、自然対数 と腹幅 縦軸、自然対数 の相対成長関係 ($y = 1.22x + 1.52$)

同様に産卵していたが、なかには、1 個体だけが卵巣を良く発達させていたり、いくつかの個体の卵巣に黄体が無い場合があった。

以上の結果から本種のコロニーの生活史を描くと次のように予想された。女王アリが単独でコロニーを創設する。働きアリ数が 100 個体未満で女王は死亡し、働きアリの中で大型個体が受精産卵個体になる。働きアリ数が増加する過程で稀に有翅女王を生産する。ときおり巣別れが生じる。受精産卵個体の置き換わりが希に生じるらしい。

(4) フタイロマガリアリの社会構造の地理的変異

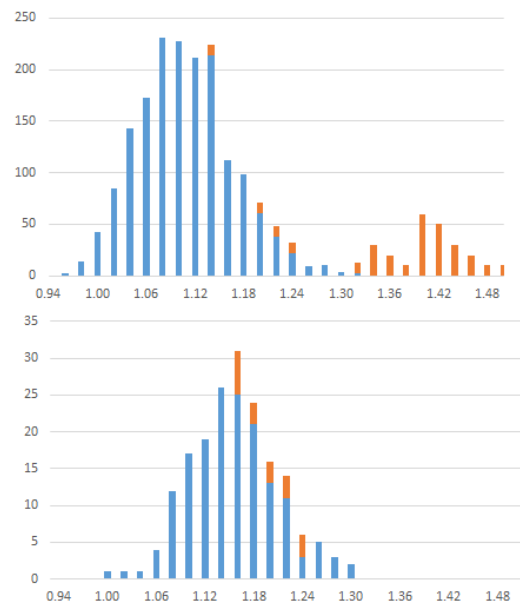


図3 フタイロマガリアリ無翅繁殖 オレンジ と働きアリ 水色 の頭幅分布。上が東ジャワ、下が香港。

本種のコロニー構成を、香港、ベトナム、

タイ北部、タイ西部、タイ南部、マレーシア、インドネシア東部で調査した。現時点ではベトナムの結果を解析していないので、以下にベトナムの結果は一部にしか含めていない表2。

インドネシア東部では、通常の働きアリよりもはるかに体サイズが大きく、しばしば単眼ももつ一個体の無翅個体が多くのコロニーで繁殖していた 図3。これらの個体は、通常の働きアリよりも相対的に腹部サイズがはるかに大きい事から、無翅女王とみなす事ができた。また大型働きアリと同程度の個体が受精産卵しているコロニーも見られた。有翅女王が繁殖しているコロニーはインドネシアではこれまでに採集されていない。

インドネシア以外の6か所では、無翅女王を見いだすことはできず、かわって、大部分のコロニーでは1個体のやや大型の働きアリが受精産卵しており、わずかなコロニーでのみ脱翅女王が受精産卵していた。

脱翅女王および有翅女王の体サイズには明瞭な地理変異が見いだされ、タイ南部の個体群の女王は、香港やタイ北部の女王と比べてはるかに体サイズが小さかった。

繁殖雌の形態は様々であったが、コロニーの構成はよく似ており、タイ北部の女王繁殖コロニー2個と働きアリ繁殖コロニー1個をのぞくとすべて受精繁殖個体はただ1個体であった。またコロニーあたりの働きアリ数にも明瞭な相違はなかった。

以上の結果をまとめると、本種の繁殖雌のタイプには、通常サイズの有翅女王(AQ)、小型有翅女王(sAQ)、無翅女王(EQ)、働きアリ(G)の4タイプがあり、その組み合わせから、東ジャワでのみ見られるEQ+G、タイ南部でのみ見られるsAQ+G、その他の全ての場所で見られるAQ+Gの3タイプが認められた。

表2 繁殖メスの形態に応じて区分したコロニータイプごとの採集コロニー数。

	AQ	EQ	G
香港	1	0	12
タイ北部	2	0	11
タイ西部	0	0	5
タイ南部	2	0	12
クアラルンプール	0	0	2
東ジャワ	0	31	7

各地のコロニーから働きアリと幼虫を隔離して飼育したところ、働きアリの中でも最も大型の個体が卵巣をよく発達させる傾向があった。東ジャワのコロニーでは、繁殖雌不在下で無翅女王を作る場合もあったが、安定的に無翅女王を生産させるには至らなかった。他の個体群では、やや大型の働きアリを生産することはあっても、無翅女王を生産することはなかった。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

1. Billen J, Mandonx T, Hashim R, Ito F. (2015) Exocrine glands of the ant *Myrmoteras iriodum*. Entomological Science 18: 167-173. 【査読有り】
2. Peeters C, Ito F (2015) Wingless and dwarf workers underlie the ecological success of ants (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecological News, in press. 【査読有り】
3. Eguchi K, Bui TV, Yamane Sk (2014) Generic Synopsis of the Formicidae of Vietnam (Insecta: Hymenoptera), Part II -Cerapachyinae, Aenictinae, Dorylinae, Leptanillinae, Amblyoponinae, Ponerinae, Ectatomminae and Proceratiinae. Zootaxa, 3860(1):1-46. 【査読有り】

〔学会発表〕(計9件)

1. 伊藤文紀, 谷川夏樹, Erniwati, Wara Asfiya, Woro N. Noerdjito, 小島純一 (2015) フタイロマガリアリの東ジャワにおける生活史. 第25回日本熱帯生態学会年次大会, 2015年6月, 京都大学(京都府・京都市)
2. 伊藤文紀 江口克之, Weeyawat Jaitrong, Rosli Hashim (2014) フタイロマガリアリにおけるコロニー構成の地理変異. 日本昆虫学会第74回大会, 2014年9月, 広島大学(広島県・東広島市)
3. 伊藤文紀, Rosli Hashim (2014) 東南アジア産クビレハリアリ属の生態. 日本昆虫学会四国支部 第53回大会, 2014年6月28-29日, 石鎚ふれあいの里(愛媛県・西条市)
4. 伊藤文紀, Weeyawat Jaitrong, Rosli Hashim, Bruno Gobin (2014) メナドマガリアリ種群の社会構造. 第24回日本熱帯生態学会年次大会, 2014年6月, 宇都宮大学(栃木県・宇都宮市)
5. Shimoji H, Aonuma H, Abe MS, Tsuji K, Miura T, Okada Y (2014) Gamergate controls dopamine levels of workers in *Diacamma* sp. 17th Congress of the International Union for the Study of Social Insects (IUSI), 2014年8月, (ケアンズ, オーストラリア)
6. Sugime Y, Kota Ogawa, Dai Watanabe, Hiroyuki Shimoji, Shigeyuki Koshikawa, Toru Miur (2014) Presoldier Cuticle Contributes to the Morphogenesis in Termites 17th Congress of the International Union for the Study of Social Insects (IUSI), 2014年8月, (ケアンズ, オーストラリア)
7. Watanabe Dai, Matsunami Masatoshi, Hayashi Yoshinobu, Yaguchi Hajime, Shigenobu Shuji, Miura Toru, Maekawa

Kiyoto (2014) Transcriptomics on social interactions in termites: Effects of soldier presence 17th Congress of the International Union for the Study of Social Insects (IUSSI), 2014年8月, (ケアンズ, オーストラリア)

8. 伊藤文紀・Rosli Hashim・Bruno GOBIN (2013) マレー半島におけるメナドマガリアリの社会構造 昆虫学会第73回大会, 2013年9月, 北海道大学(北海道・札幌市)

9. 伊藤文紀・Rosli Hashim・Johan Billen (2013) 東南アジア産ハンミョウアリ属 Myrmoteras のコロニー構成と行動. 昆虫学会四国支部会第52回大会, 2013年7月, ラフォーレつるぎ山(徳島県・つるぎ町)

10. 伊藤文紀, Bruno Gobin: 東南アジア産マガリアリ属の社会構造. 第72回日本昆虫学会, 2012年9月, 玉川大学(東京都・町田市)

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 文紀 (ITO, Fuminori)

香川大学・農学部・教授

研究者番号: 50260683

(2) 研究分担者

三浦徹 (MIURA, Toru)

北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号: 00332594

江口克之 (EGUCHI, Katuyuki)

首都大学東京・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 30523419

(3) 連携研究者

()

研究者番号: