

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K06421

研究課題名(和文)アリ類コロニーにおける働きアリ卵巣の機能とその意義

研究課題名(英文)Ovaries of ant workers: function and significance in colonial life

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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：生きたアリ類の解剖と文献調査により、海外のアリを含む13亜科145属550種について、女王アリと働きアリの卵巣小管数を調査した。ハリアリ群の多くの種は有刺類の基本数である6本か8本であったが、ヤマアリ群女王アリでは多くの種がそれ以上の卵巣小管をもっていた。一方で中には2本や4本などに縮小した種もいた。ハリアリ群働きアリでは6本か8本が多かったが、ヤマアリ群では2本の種が大多数であった。多くの種類を飼育して行動を観察し、栄養卵産卵の有無やその利用の仕方を調査し、その多様性の実態を明らかにした。また、働きアリによるオス卵生産能力についても検討し、栄養卵生産能力との関係を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アリ類の生活史特性を理解する上で重要な形質である卵巣小管数について、広範な種群を対象に多種を調査対象とし、女王アリと働きアリそれぞれの進化的傾向を明らかにした。また、一般に不妊である働きアリが卵巣を保持することの意義のひとつとして栄養卵生産の重要性を指摘した。餌の利用様式とともに、コロニー内での栄養配分様式の多様性が、アリ類が陸上生態系の様々な場所で成功した要因の一つである可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Based on the dissection of live ants and a literature survey, the number of ovarioles in queens and workers was studied for 550 species of 145 genera in 13 subfamilies. Queens of most species of the poneroid had either six or eight ovarioles as in Auleata wasps and bees, while many species of the queen ants of the formicoid had more than eight ovarioles. On the other hand, some species were reduced to two or four ovarioles. Workers of the poneroid ants had six or eight ovarioles, whereas the majority of species of the formicoid had two ovarioles. Many species were reared and their behaviour was observed, and the presence or absence of trophic eggs and its use was investigated. The ability of male egg production by worker ants was also studied and its relationship with trophic egg production capacity was examined.

研究分野：昆虫生態学

キーワード：卵巣 栄養卵

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

昆虫類の卵巣小管数は、一般に種ごとにほぼ決まった値を示し、雌個体の産卵数の指標となるとされている。そのため、その種の繁殖能力をしめすとともに、生活史の特性とも深く関わりがある重要な形質である。これまで多くの種で卵巣小管数が調査され、ハチ目では、岩田久二雄博士による先駆的な研究報告があるが、アリ類に関しては断片的な報告があるだけで、その概要や進化的傾向などについては全く未知であった。

2. 研究の目的

本研究では、まず、文献調査と実際の生きたアリ類の解剖により、広範な種群のアリ類を解剖し、女王アリと働きアリの卵巣小管数を算定し、その多様性と進化的傾向を明らかにすることを目的とした。さらに、室内でコロニーを飼育し、働きアリの卵巣機能に注目し、栄養卵の有無や雄卵生産の有無を明らかにしようとした。

3. 研究の方法

各地でアリ類のコロニーを採集し、実体顕微鏡下で女王と働きアリの卵巣小管数を算定した。その結果に文献調査で得られた知見を加え、系統群ごとにまとめ、その多様性を明らかにした。コロニーごと採集した種については、可能な限り飼育し、おもに働きアリの産卵と女王の摂餌行動を中心に観察した。一部の種については女王アリを取り除いて飼育し、雄卵の生産能力を調査した。

4. 研究成果

女王アリの卵巣小管数

ハリアリ群の多くの種が6本か8本で、最大数はハリハリアリ属の軍隊アリ生活をする種群の72本だった。ヤマアリ群のヤマアリ亜科とカタアリ亜科では20本以上の種が多く、最大はアカヤマアリ類の約500本であった。フタフシアリ亜科とサスライアリ亜科ではきわめて変異が大きく、ヨコズナアリ類やヒメサスライアリ類では800本以上であった。両群とも有翅類の基本数である6本よりも縮小した種もみられた。女王アリの卵巣小管数はコロニーサイズと高い相関があり、同属内で見ると、女王アリの卵巣小管数が多いほどコロニーサイズが大きい傾向があった。特に、属内で特異的に本数が多い種は、つねにコロニーサイズも特異的に多い種であった。女王が2本や4本しか持たない種の多くは、コロニー内の働きアリ数が多くて数十程度で、また体サイズが小さい傾向があった。

アリ類の女王には、有翅型と無翅型があり、卵巣小管数が極めて多いことが知られているサスライアリ亜科の軍隊アリ生活をする種がいずれも無翅であることから、翅型と卵巣小管数になんらかの関係があると予想されるが、ハリアリ亜科やフタフシアリ亜科で種内に無翅型と有翅型を含む種でも、属内に2型を含む属でも、翅型と卵巣小管数に明瞭な関係は見られなかった。

働きアリの卵巣小管数

ハリアリ群の働きアリは多くの種が6本か8本であったが、女王が2本や4本しか持たない種では働きアリも同様に2本や4本であった。ヤマアリ群の働きアリでは2本の種が多かったが、亜科によって異なり、カタアリ亜科では体サイズが著しく小さいコヌカアリ属でも4本あり、他の属も4本以上の種が多かった。また調査種数は少ないが、クシフタフシアリ亜科とキバハリアリ亜科でも4本以上の種が多かった。

卵巣小管がまったくない種が14属で見られ、そのうち12属では属内の全ての種の働きアリが卵巣を持っていなかった。これら14属はムカシアリ亜科、ハリアリ亜科、フタフシアリ亜科に含まれ、カタアリ亜科とヤマアリ亜科では働きアリに卵巣がない種は見られなかった。働きアリの卵巣が消失した属の多くは、属内に数百種を含む種多様性が極めて高い属で(オオズアリ属、シワアリ属、ヒメアリ属、トフシアリ属、ニセハリアリ属など)、また、体サイズが著しく小さい種を含む属であった。同属内で働きアリが卵巣を持つ種と持たない種が含まれている場合、卵巣がない種の多くは属内で小型の種であった。

働きアリの体サイズが多型的な種では、体サイズの大型化とともに卵巣小管数が増加する種と、体サイズに関わらず常に卵巣小管数が2本の種がみられた。ウワメアリ属群で働きアリ多型が顕著なムネクビレアリとニセケアリはともに後者であったが、オオアリ属では、両タイプの種が含まれていた。一方で、クシフタフシアリ属では、大サイズの変異はわずかであるが働きアリの卵巣小管数が種内で2~14本と変異が大きい種も見られた。

働きアリによる栄養卵の生産

ハリアリ群では、カタツノハリアリ、クワガタハリアリ、アギトアリについて詳細な観察

を実施した。これら3種では、働きアリが低頻度ながら繁殖卵とは形態が異なる栄養卵を生産した。栄養卵は通常まず繁殖雌(女王か、受精産卵働きアリ)に与えられ、繁殖雌がその卵を受け付けなかった場合のみ、幼虫や働きアリが摂食した。女王アリの摂餌源はコロニーサイズによって異なり、働きアリ数が小さい時は固形昆虫餌を摂餌したが、コロニーサイズが大きい場合、もっぱら栄養卵だけを摂餌した。この3種のほか、ヤマトカギバラアリ、ケブカハリアリ、ハナナガアリなどでも行動を観察したが、栄養卵を産卵する場面は見る事ができなかった。これらの種の女王アリは固形餌を摂餌していた。

ヤマアリ群では、フタフシアリ亜科アシナガアリ属、カワリゲアリ属、シリアゲアリ属、カタアリ亜科4属、ヤマアリ亜科8属を観察対象とした。
フタフシアリ亜科:アシナガアリ属では、ヨナグニアシナガアリを中心に行動を調査した。本種では女王存在下では働きアリが栄養卵を産み、その多くが幼虫に与えられた。女王は直接餌を食べるか栄養卵を食べたが、栄養卵生産頻度と女王による摂食頻度は餌条件で変化し、餌がない条件では栄養卵の生産頻度が有意に高くなり、女王による栄養卵の摂食頻度も高くなる傾向があった。また、個体間の吐き戻しによる栄養交換は一切観察できなかった。このような栄養卵の利用様式や女王の摂餌行動は、クロミアシナガアリ、サワアシナガアリ、クメアシナガアリでも同様で、アシナガアリ属に共通する行動であった。カワリゲアリ属の一種では、女王存在下で働きアリは栄養卵を産卵し、それが女王アリによって摂食されることを明らかにした。本属では、栄養卵とともに吐き戻しによる栄養交換が頻繁に見られた。テラニシシリアゲアリ、キイロシリアゲアリおよびスエヒロシリアゲアリでは、吐き戻しによる栄養交換が3種ともに頻繁に見られた。テラニシとスエシリは頻繁に栄養卵を産卵したが、キイシリは一切栄養卵を産まなかった。テラニシでは、下記のカタアリ亜科のように、産卵する働きアリが女王アリと頻繁にアンテナーションしあい、それから産卵して女王アリに与えられた。

ヤマアリ亜科:ウワメアリ属群のサクラアリでは、栄養卵を産んだ働きアリが卵を啜って女王にむかって歩行し女王に与えるか、あるいは幼虫に与えていた。同属群のヒゲナガアメイロアリ、リュウキュウアメイロアリ、ケブカアメイロアリ、ヤエヤマアメイロアリでは、栄養卵を産んだ働きアリは女王にはむかわず、幼虫や小型幼虫を含む卵塊に与えていた。その過程で女王に攻撃的に卵を奪われることがしばしば見られた。また、これらの種の女王は幼虫や卵塊から栄養卵を取り上げて摂食する場面が度々観察されたが、サクラアリの女王はこのような行動を一切示さなかった。クロヤマアリでは、ヒゲナガアメイロアリ等と同様にほとんどの栄養卵が幼虫と卵塊に与えられ、女王がこれらから奪い取るようにして摂食した。これらのことから、ヤマアリ亜科での栄養卵は、もっぱら幼虫の餌で女王がそれを奪い取るタイプと、幼虫と女王の両方に与えるタイプがあることが判明した。クロオオアリの行動を女王の行動を中心に周辺の働きアリも含めて20時間観察したが、栄養卵の産卵場面は一切観察できなかった。同様に時間数は少ないもののアメイロオオアリ、ミカドオオアリ、ツヤミカオオオアリ、ムネアカオオアリも観察したが、栄養卵の産卵場面は一切観察できなかった。

カタアリ亜科:調査した全ての種で働きアリによる栄養卵の生産が確認された。また、栄養卵を産卵する際に、働きアリが他個体に対してアンテナーション(アンテナで相手を何度も叩く行動)し、それに反応した個体の前で産卵姿勢をとり、産まれた卵は即座に相手に与えられた。いずれの種でも栄養卵の卵殻はきわめて脆弱であった。ヒラフシアリ属2種とシベリアカタアリでは、個体間の栄養交換はなく、巣に持ち込まれた固形餌は働きアリだけが摂食し、女王と幼虫は働きアリが生産する栄養卵だけを摂食した。ルリアリ、コヌカアリ、アワテコヌカアリ、アルゼンチンアリでは、個体間の吐き戻しによる栄養交換と働きアリが生産する栄養卵が女王と幼虫に与えられ、4種のうちアルゼンチンアリのみ幼虫が固形餌を摂食した。

栄養卵の消費速度

女王アリによる1個の栄養卵の消費速度は種間で多様であった。カタアリ亜科では、全ての種でほんの一瞬で栄養卵が飲み込まれた。ヤマアリ亜科では、20~40秒程度で食べきり、アシナガアリ属では約5分、ハリアリ亜科では、6~10分程度で1個の栄養卵を食べきっていた。

働きアリに卵巣がない種での摂餌様式

フタモンヒメアリ、オキナワトフシアリ、シワアリ属3種を対象に、餌の利用様式を調査した。いずれの種でも、女王アリはもっぱら働きアリからの吐き戻しを餌源とし、固形餌を食べることは稀だった。

働きアリによるオス卵生産

女王不在下で働きアリのみを飼育した場合、ある程度長期間維持できた場合は、ほぼすべての種でオスの生産が確認されたが、アルゼンチンアリとヒゲナガアメイロアリでは確認できなかった。オス生産実験はまだ中途段階の種が多く、ここではこれ以上言及しない。

まとめ

女王アリと働きアリの卵巣小管数は種間で極めて多様で、ハリアリ亜科では有剣類の基本数である6本と8本の種が大部分であったが、ヤマアリ群では、女王アリの卵巣小管数の著しい増加と働きアリの縮小という傾向が認められた。女王アリの卵巣小管数の増加は、コロニー内働きアリ数の増加と関係していたが、働きアリにおける卵巣小管数の縮小にはさまざまな要因が関係していると考えられる。通常、女王アリ存在下で働きアリは繁殖卵を生産することは稀であるが、それでも大部分の種で働きアリが卵巣を保持している理由の一つに、女王不在下でのオス卵生産があげられてきた。しかし、女王不在下で存在する働きアリは、全働きアリのごく一部に過ぎず、また、働きアリの卵巣が消失した属があることも考えると、オス卵生産の影響は限定的であると考えられる。一方で、ハリアリ群とヤマアリ群を比較した時、ハリアリ群の女王アリの寿命は一般に短いことから、ハリアリ群ではヤマアリ群よりもオス卵生産という機能が重要なかもしれない。まだ調査種数が少なく断定できないが、ハリアリ群では卵巣を保持していても栄養卵を産まない種が少なくないことも、これと関係しているかもしれない。

ヤマアリ群でも働きアリの卵巣の機能は、種間で極めて多様であった。卵巣を保持していても、栄養卵の生産が全く観察されない種から、低頻度で産卵する種、頻繁に産卵が観察される種がみられた。同属内であっても、シリアゲアリ属のように、全く生産しないキイロシリアゲアリと、同じ亜属で頻繁に栄養卵が観察されるスエヒロシリアゲアリがみられ、系統の制約だけではなく要因が栄養卵生産に影響しているらしいことがうかがえる。生産される栄養卵の形状もことなり、より繁殖卵に近いものは、それを消費するのに時間を要した。栄養卵の餌としての特殊化の程度は、ハリアリ群の消費時間が長い祖先的なものから、カタアリ亜科のようなほぼ軟弱ゼリー状のように特殊化が進んだものまでみられた。栄養卵の主たる消費者にも多様性があり、ハリアリ亜科ではもっぱら繁殖雌が摂食するが、ヤマアリ群では幼虫が主たる消費者であり、積極的に女王に与えられていたのはサクラアリとテラニシシリアゲアリだけであった。今後は、このような栄養卵生産に関わる現象の多様性を、それぞれのアリの生活史特性と関連させてその意義を検討していく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 7件／うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Fuminori Ito, Phung Thi Hong Luong, Seiki Yamane	4. 巻 32
2. 論文標題 Specialized predation on arthropod eggs in the myrmicine ant <i>Calyptomyrmex rectopilosus</i> collected in northern Vietnam, with a description of new species of <i>Calyptomyrmex</i> from Bogor, West Java, Indonesia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tropics	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3759/tropics.MS22-08	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Aupanum S, Jaitrong W, Ito, F.	4. 巻 30
2. 論文標題 Colony composition and behavioral characteristics of the myrmicine ant, <i>Aphaenogaster rugulosa</i> , an endemic species to Yonagunijima Island, the westernmost point of Japan (Hymenoptera: Formicidae).	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tropics	6. 最初と最後の頁 63-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3759/tropics.MS21-11	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Aupanum S, Obika M, Mizuno R, Jaitrong W, Suttiprapan P, Hashim R, Ito, F.	4. 巻 15
2. 論文標題 Trophic eggs in three ponerine ant species: <i>Harpegnathos venator</i> , <i>Odontoponera denticulata</i> and <i>Odontomachus simillimus</i> .	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Myrmecology	6. 最初と最後の頁 e015001 (1-10)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.015001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ito F, Hashim R, Mizuno R, Billen J	4. 巻 69
2. 論文標題 Notes on the biology of <i>Protanilla</i> sp. (Hymenoptera Formicidae) collected in Ulu Gombak, Peninsular Malaysia.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Insectes Sociaux	6. 最初と最後の頁 13-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00040-021-00839-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ito F, Makita S, Nakao H, Hosokawa R, Kikuch T, Yamane Sk,	4. 巻 14
2. 論文標題 Thelytokous parthenogenesis by dealate queens in the myrmicine ant <i>Monomorium hiten</i> in Nansei Islands, western Japan, with description of the male.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian myrmecology	6. 最初と最後の頁 e014001 (1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.014001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito F, Yamane Sk,	4. 巻 12
2. 論文標題 Behavior of the queen of <i>Leptanilla clypeata</i> Yamane et Ito collected in the Bogor Botanical Gardens, West Java, Indonesia (Hymenoptera; Formicidae), with a note on colony composition and a description of the ergatoid queen.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian myrmecology	6. 最初と最後の頁 e012004 (1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.012004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito F, Hosokawa R,	4. 巻 12
2. 論文標題 Biological notes of <i>Probolomyrmex okinawaensis</i> Terayama & Ogata collected in Yonagunijima Island, and five species of <i>Probolomyrmex</i> collected in Japan and Southeast Asia.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian myrmecology	6. 最初と最後の頁 e012003 (1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.012003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fuminori Ito, Duc Anh Nguyen, Katsuyuki Eguchi, Ayu Toyota, Johan Billen	4. 巻 23
2. 論文標題 Colony composition, queen behavior, specialized predation on millipedes, and exocrine glands in the ponerine ant <i>Myopias conicara</i> Xu, 1998 (Hymenoptera: Formicidae)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Entomological Science	6. 最初と最後の頁 142-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ens.12406	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yamada A, Ito F, Hashim R, Eguchi K	4. 巻 10
2. 論文標題 Queen polymorphism in <i>Acanthomyrmex careoscribis</i> Moffett, 1986 in Peninsular Malaysia (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with descriptions of hitherto unknown female castes and male	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Myrmecology	6. 最初と最後の頁 e010009 (1-14)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.010009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ito F, Jaitrong W, Hashim R, Mizuno R	4. 巻 10
2. 論文標題 Colony composition, brood production and caste dimorphism in two species of the doryline genus <i>Lioponera</i> in the Oriental tropics (Formicidae: Dorylinae)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Myrmecology	6. 最初と最後の頁 e010007(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20362/am.010007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Ito Fuminori
2. 発表標題 Biology of the Oriental amblyoponine ant, <i>Myopopone castanea</i> .
3. 学会等名 The 12th A-net meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤文紀・V. Witte・R. Hashim
2. 発表標題 マレーシア産ムネクピレアリ <i>Euprenolepis procera</i> のカスト差と働きアリの多型
3. 学会等名 日本昆虫学会第79回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤文紀・江口克之・An Dang
2. 発表標題 ベトナムで採集した稀有なアリ、カワリゲアリ属の一種 <i>Calyptomyrmex rectopilosus</i> の生態的知見
3. 学会等名 第29回日本熱帯生態学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤文紀 Christian Peeters
2. 発表標題 女王アリと働きアリの卵巣小管数
3. 学会等名 日本昆虫学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中武和也 伊藤文紀
2. 発表標題 ヒラフシアリの分布傾向と巣内の栄養循環
3. 学会等名 日本昆虫学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤文紀 Aupanun S, Jaitrong W
2. 発表標題 与那国島固有種ヨナグニアシナガアリの生態と行動
3. 学会等名 熱帯生態学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤文紀 山根正気 Hashim R. Ashikin,N.
2. 発表標題 マレー半島ウルゴンバックのハリアリ群.
3. 学会等名 熱帯生態学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤文紀 中尾碩孝
2. 発表標題 ウメアリ属群における餌利用様式と栄養卵生産
3. 学会等名 日本昆虫学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Khalife A, Ogawa M, Ito F
2. 発表標題 Nutritional value and adaptive roles of trophic eggs in ant colonies
3. 学会等名 The 13th A-net meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ito F
2. 発表標題 Ant queens and workers show striking adaptations in ovariole numbers unlike in social wasps and bees
3. 学会等名 The 13th A-net meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------