

Jpn. J. Ent. 57(2): 448-458. June 25, 1989

インドオオズアカアリの動員パターン

曲田 公一・山根 正気

鹿児島大学理学部生物学教室 (〒890 鹿児島市郡元1丁目)

Recruitment Pattern in a Japanese Myrmicine Ant, *Pheidole indica* (Hymenoptera, Formicidae)

Koichi MAGATA and Seiki YAMANE

Department of Biology, Faculty of Science,
Kagoshima University, Kagoshima, 890 Japan

Abstract Recruitment pattern of workers was studied with a Japanese myrmicine ant, *Pheidole indica*, by using four types of bait (honey, powder cheese, solid cheese and living insect). Colonies of this ant employ a mass recruitment strategy. Recruitment pattern of minors as indicated by the cumulative number recruited during 1 hour varied among experiments with different sorts of bait, especially between honey and living insect. Ratio of the number of minors recruited during a five-minute period to that recruited during the preceding five minutes was high (in mean) and varied among experiments in early phase, but then approached 1 and became stable. More majors (soldiers) were recruited in experiments with solid cheese, though it is the living insect that caused quick recruitment of majors, especially during first 20 minutes.

はじめに

多数の個体が巣を中心にコロニー単位で生活している多くのアリにとって、ワーカー（ハタラクシアリ）が巣外でいかに効率よく餌を発見し、巣へ運ぶかは重要な問題である。一般にアリの餌の発見はチャンスに依存しがちであるが、発見した餌の搬入にはさまざまな方法が可能であると予想される。発見した餌が多量であったり重すぎたりする場合には、巣に戻って仲間を餌場に導くよう働きかけることが多いが、このことを動員行動 (recruitment behavior) と呼ぶ (WILSON, 1962, 1971)。動員行動には大別して以下の3つのタイプが知られている (HÖLLDOBLER, 1971; HÖLLDOBLER *et al.*, 1974; SUDD & FRANKS, 1987)。1) 連結行進 (tandem running: 原則として1個体のアリの餌場へ連れ帰る)、2) グループ動員 (group recruitment: ときに足跡フェロモンも用いて、数~数十個体を餌場へ動員する)、3) 大量動員 (mass recruitment: 最初の発見者のみでなく、餌場へ動員されたアリも帰巣後次つぎとコロニー・メンバーへ情報を伝達する。足跡フェロモンで動員路を形成)。

オオズアカアリ (*Pheidole*) 属は、世界中の温帯、熱帯に分布し、400以上の種を含む巨大なグループで、日本からは7種が知られている (WILSON, 1976 a; SNELLING, 1981; OGATA, 1982)。本属はワーカーカストにいちじるしい二型 (dimorphism) が存在することで有名で、採餌行動における両者の役割、行動には明確な違いが見られる (CREIGHTON, 1966; ITZKOWITZ & HALEY, 1983;

WILSON, 1984; 矢野, 未発表). この特性が動員行動にどのような影響をおよぼすかは非常に興味深いことである. 本研究では, 南九州に分布するインドオオズアカリ *Pheidole indica* MAYR を用い, 体の大きいメジャーワーカー (以後メジャーと呼ぶ) と小さいマイナーワーカー (以後マイナーと呼ぶ) の動員パターンを, 餌種を変えて調べた.

材料と方法

実験, 観察は, 鹿児島市にある鹿児島大学構内およびその周辺に生息するインドオオズアカリの巣を用い, 1986年と1987年のコロニーの活動が活発な5月から10月初旬の間に行なった. 調査地においては本種のコロニーはすべて土中営巣性であり, 1~3方向に採餌と採餌のためのアリ道を形成していることが多かった. いったん実験を行なうと, コロニーは飽食状態がある期間続くことが十分予想されるので, 1個の巣で連続して何回もの実験を続けることは困難であり, 正常な実験結果を得るうえでも好ましくない. そこで, 常時アリ道の形成が見られかつ活動レベルの高いコロニーを9個(A-I)選び, 観察対象とした. 具体的な方法は個々の実験の項で詳しく述べる.

実験および結果

1. 動員行動のタイプ

コロニーの大きさ, 餌場に動員されるワーカーの個体数から, 本種は大量動員を行なっていると推定されたが, これまでのところ, 動員された個体が帰巣後次つぎに別の個体を動員することは確認されていない. そこで以下の実験を行ない, 本種が大量動員方式をとるのかどうかを調べた. 石壁のほぼ中央に巣口があるコロニー(F)を用い, 餌としては粉チーズを使用した.

実験1. 最初の個体(マイナー)が餌場(巣口から18cm)を発見してから10分間は餌場に通うワーカーを自由にさせておき, 10分から30分までのあいだ帰巣するマイナーを動員路の途中で吸

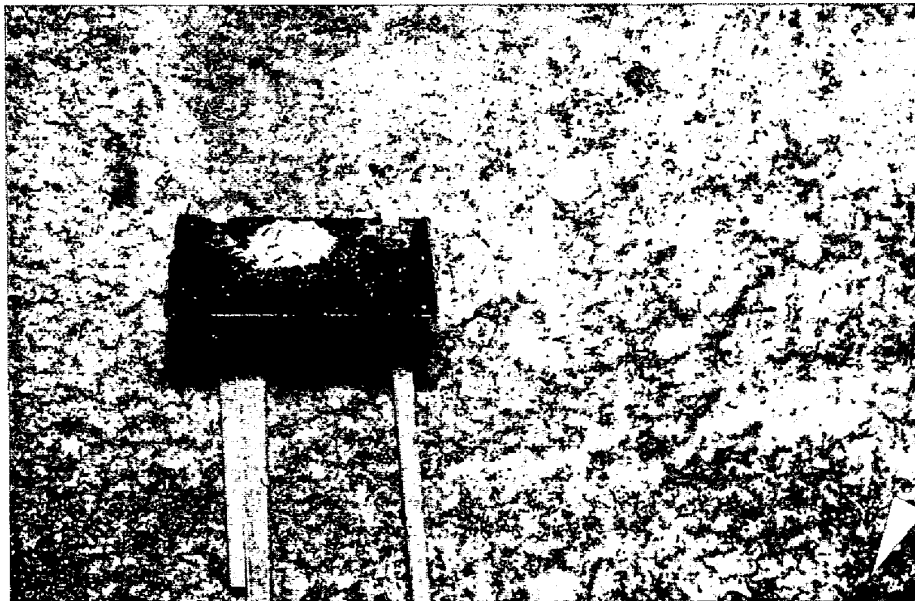


Fig. 1. Bait site set on a wall. Minors laid a recruitment trail between the site and nest entrance (arrow) across the wall surface.

虫管で吸いこみ、帰巣個体による情報が巣に伝わらないようにした。実験を行なう際、吸虫管による吸いこみで土とともに足跡フェロモンが失われぬように、石壁に動員路を形成させて実験を行なった(図1)。この実験は、1986年7月25、28日の2回行なった。いずれも、帰巣個体捕獲後、数分前後で影響が認められ、10分前後で動員される個体がいちじるしく減少した。7月25日の結果を図2Aに示した。同図においてRAC (Returning Ants Captured) と示してある範囲で捕獲作業を行なった。捕獲を中止するとまもなく動員個体は増えはじめた。

実験2. 上の実験では、帰巣個体捕獲の際に動員路が攪乱され、それによって生じたワーカー間の混乱が動員行動を抑制した可能性がある。そこで、動員数の激減が純粋に帰巣個体の情報伝達の妨害によることを示すため、捕獲と“動員路の攪乱のみ”を組み合わせた実験を、同じコロニーを用いて7月29日と8月1日の2回行なった。そのうち8月1日の分を図2Bに示した。この実験では、最初のワーカーが餌場(巣口から32cm)を発見してから5分45秒後から16分後までの間に、吸虫管による帰巣ワーカーの捕獲(動員路の攪乱を伴う)を行ない(RAC)、動員数が減少したのを確認したのち捕獲を止め、動員レベルが正常に復帰した段階(26分11秒後)で約4分間、吸虫管で動員路の攪乱のみ(Disturbance of Recruitment Trail; DRT)*を行なった。その結

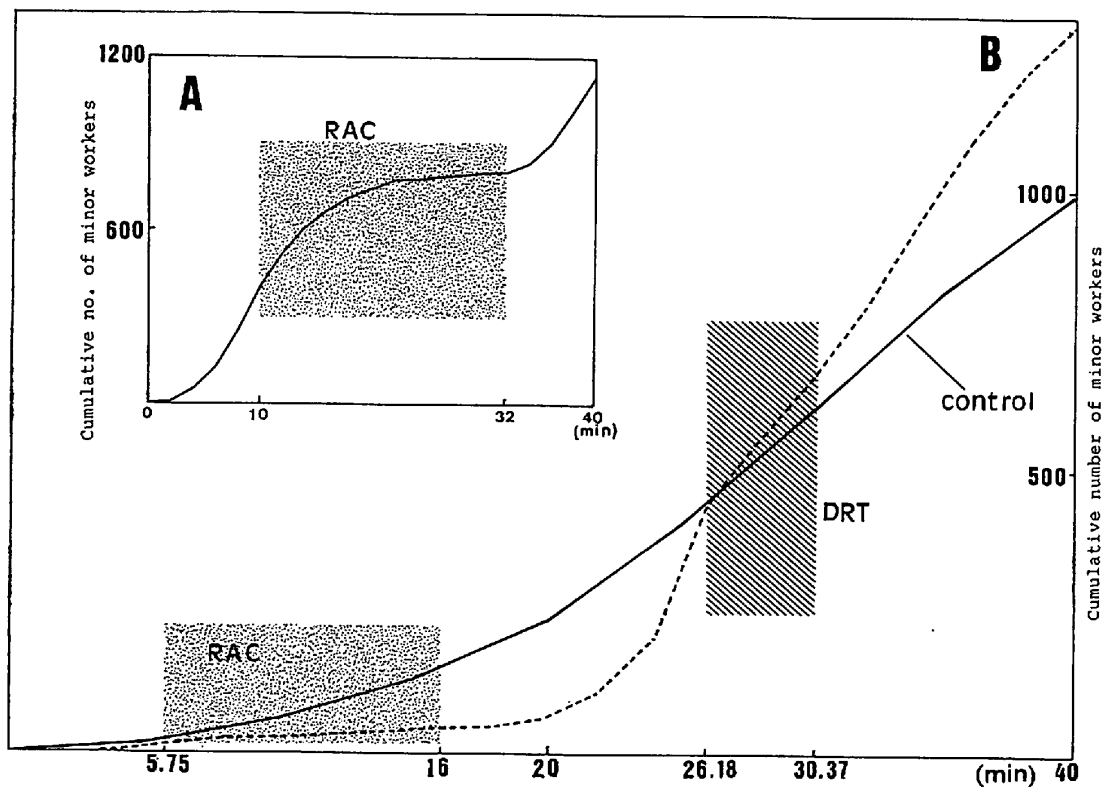


Fig. 2. Effect of capture of returning minors on subsequent recruitment of minors. Returning ants were captured (RAC) by an aspirator. Following this treatment fell the cumulative curve. The mere disturbance of the recruitment trail (DRT) with the tip of aspirator tube did not cause this effect. A: July 25, 1986; B: August 1, 1986 (control experiment was carried out on August 4). For all the experiments, the same colony was used.

* 吸虫管の先端で通行するアリを妨害し、帰巣個体を捕獲したときと類似した刺激を与えた。

果、攪乱をしていた期間だけでなく、その後も動員数の減少はまったくみられなかった。一方、8月4日に同じコロニーを用いて行なった、捕獲や攪乱を一切行わないコントロール実験では、餌場に動員されるマイナーはほぼ直線的に増加した。以上のことから、本種ではあとから動員されたワーカーも帰巢後、餌の情報を次つぎと伝達する、つまり大量動員方式を採用していることが強く示唆された。

2. マイナーの動員パターン

2a. 累積動員曲線のパターン マイナーの餌場への動員パターンを調べるため、巣の出入口から60 cm 前後離れた場所に餌場を設け、餌発見から1時間後までに動員されたマイナーの個体数を経時的に記録した。餌種は、柔らかいものとして蜂蜜と粉チーズ、固いものとして固形チーズと生きた虫、の計4種類を用いた。蜂蜜は適量の水で4倍に希釈して脱脂綿にふくませ、地面にしみ込まないようにアルミホイルを敷いて地面に置き、粉チーズは2.5 cc 程度を与えた。固形チーズは1片5 mm ぐらいの立方体に4個切ってそのまま地面に置いたが、メジャーが切り出し作業に入るべく動員される前にマイナーだけで餌場から運び去ってしまったので、4回目以降は虫ピンで地面に固定した。生きた虫は、実験前に採集したモンシロチョウを虫ピンで固定して与えた。いずれの場合も餌は観察時間(1時間)以内に運び終わらないだけの量を置いた。

出現個体数は、餌場に現われたマイナーをテープレコーダーによる録音で記録し、あとで研究室でテープを再生、5分間ごとの個体数を出し、累積個体数をグラフ用紙にプロットした。

実験は1986, 87 両年の5~7月に計35回行ない、そのうち正常な動員行動の見られた28回の結果を分析対象とした。なお餌種別の実験回数は、蜂蜜9回(コロニーA 5回, B 1回, C 2回, D 1回), 粉チーズ8回(A 3回, B 2回, C, D, E 各1回), 固形チーズ7回(A 4回, D 3回), 生きた虫4回(A 2回, B 2回)であった。

マイナーの累積出現個体数は実験ごとに変動があったので、1時間後の累積出現個体数を100%としてグラフに表わした。計28回の実験の平均値を示したのが図3である。累積カーブは生きた

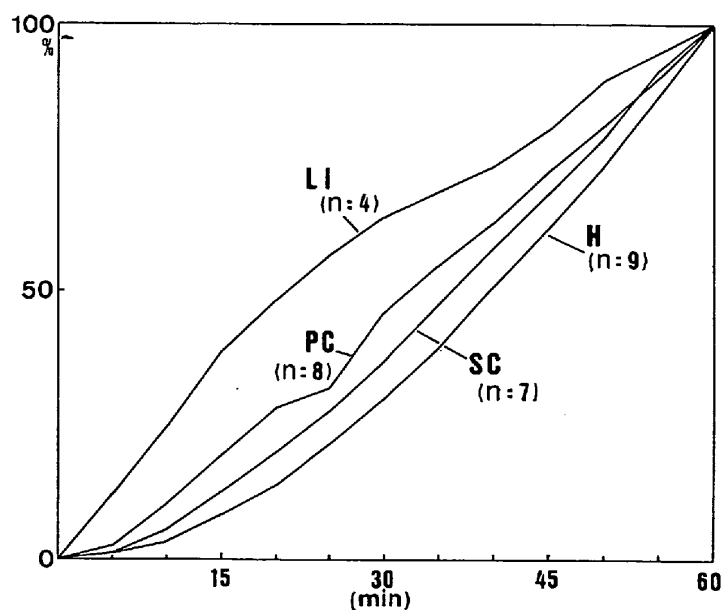


Fig. 3. Recruitment patterns of minors for various types of bait. H: honey; PC: powder cheese; SC: solid cheese; LI: living insect (butterfly).

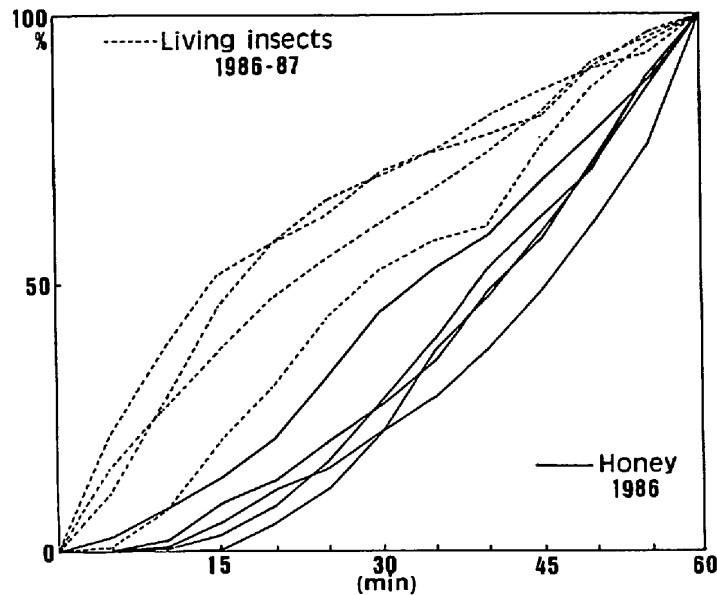


Fig. 4. Recruitment patterns of minors for honey (1986) and living insect (1986, 1987). The results of all the experiments are given to show virtually no overlapping between the two baits (results for honey in 1987 are omitted because of their close similarity to those in 1986).

虫でゆるい凸型、蜂蜜でゆるい凹型を示し、粉チーズ、固形チーズは両者の中間であった。しかし、どの餌種の場合も、実験間で若干のバラつきがあったので、図4には、生きた虫(1986, 87年)と蜂蜜(86年)の全例を示した(87年の蜂蜜は86年のそれと同じパターンであったので省略した)。この図から明らかなように、生きた虫と蜂蜜の間でほとんど重複はみられない。つまり、蜂蜜では初期～中期の動員数がゆっくり増加するのに対し、生きた虫ではこの期間の動員数が多く、後期には動員数が若干減ることがわかる。

2b. 動員率の変化 次に、動員率の変化を見るために、同じデータを用いて相前後する5分間の動員数の比率(5分間動員比)を求めた。図5で、縦軸は動員率、横軸は時間を示す。例えば、餌発見時点から5分～10分の間(X_2)に動員された数を0分～5分の間(X_1)に動員された数で割った値が、横軸の最初の目盛(つまり1)の位置に示されている。この図では、平均値を線で結び、同時に縦線で実験間のバラつき(範囲)を表わしてある。いずれの餌種の場合も、平均値で見ると、初期に顕著な動員比の上昇がみられ、前半1/3では実験間のバラつきが大きいことがわかる。少数ではあるが、異常に高い動員比を示す例があることが、このフェーズの特徴といえる。後2/3では平均値が1付近で安定し、実験間のバラつきもいちじるしく減少する。基本的なパターンは4種類の餌を通じて同じであった。

3. メジャーの動員パターン

3a. マイナー出現数とメジャー出現数の相関

マイナー同様、メジャーの累積出現個体数も実験ごとに変動が見られた。餌種、年別に両者の相関を調べたが、粉チーズ(1986+1987)、生きた虫(1986+1987)および1986年の全体で相関が見られた(それぞれ $r=0.855, 0.959, 0.583$) が、それ以外では有意な相関は見られなかった。このことから、マイナー出現数とメジャー出現数との間にはつねに相関があるとは限らないことがわかる。

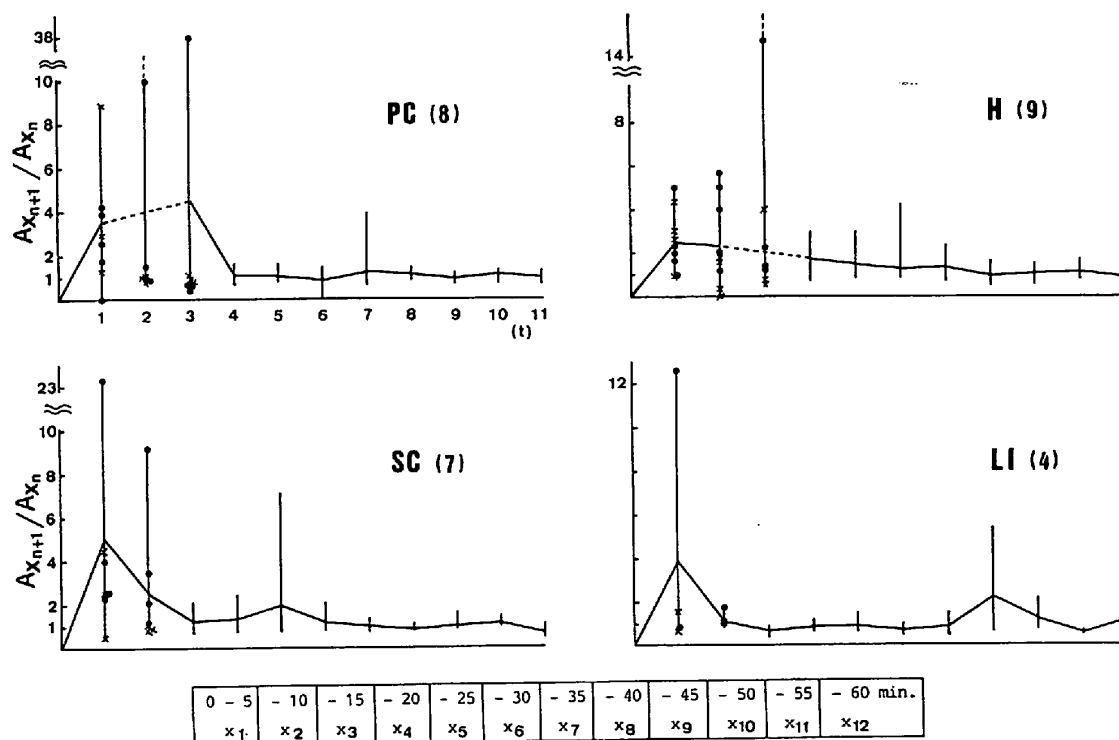


Fig. 5. Ratio of number of minors recruited during a five-minute period ($A_{x_{n+1}}$) to that recruited during the preceding five minutes (A_{x_n}). For example, A_{x_2}/A_{x_1} is plotted at 1 on the horizontal scale. Means are connected by a line to show recruitment patterns. Vertical lines represent observed ranges (●: 1986, ×: 1987).

Table 1. Ratio of majors to total workers recruited.

Food type	No. of experiments	Major workers (A)	Total no. of workers (B)	A/B
		Range (mean)	Range (mean)	Range (mean)
1 Honey	5	2- 9(5.2)	553-1272(923.2)	0.0022-0.0078(0.0054)
9 Powder cheese	5	2- 7(3.6)	448- 918(614.8)	0.0029-0.0089(0.0059)
8 Solid cheese	4	9- 40(18.3)	1514-1764(1609.5)	0.0057-0.0229(0.0110)
6 Living insect	2	7- 12(9.5)	491- 755(623.0)	0.0143-0.0159(0.0151)
1 Honey	4	9- 40(23.5)	136-1462(683.8)	0.0239-0.0662(0.0435)
9 Powder cheese	3	10- 69(43.3)	511-1141(1094.7)	0.0196-0.0447(0.0355)
8 Solid cheese	3	28-119(72.7)	623-1382(1083.7)	0.0225-0.114 (0.0742)
7 Living insect	2	31- 32(31.5)	1165-1302(1233.5)	0.0238-0.0275(0.0256)

3b. メジャーの動員パターン

本属のメジャーの機能としては、植物種子の粉碎、餌場の防衛、巣入口の防衛が重要なものとされてきた(例えば CREIGTON & CREIGTON, 1959; WILSON, 1976 b, 1984). 餌場を防衛する種では、ある程度多量の餌が発見されると、餌種を問わずマイナーのほかにメジャーも動員される。本研究でも、マイナーの大量動員が行なわれたすべての実験でメジャーの動員が見られた。データはすべて、マイナーの動員パターンを調べた際、同時に得たものである。

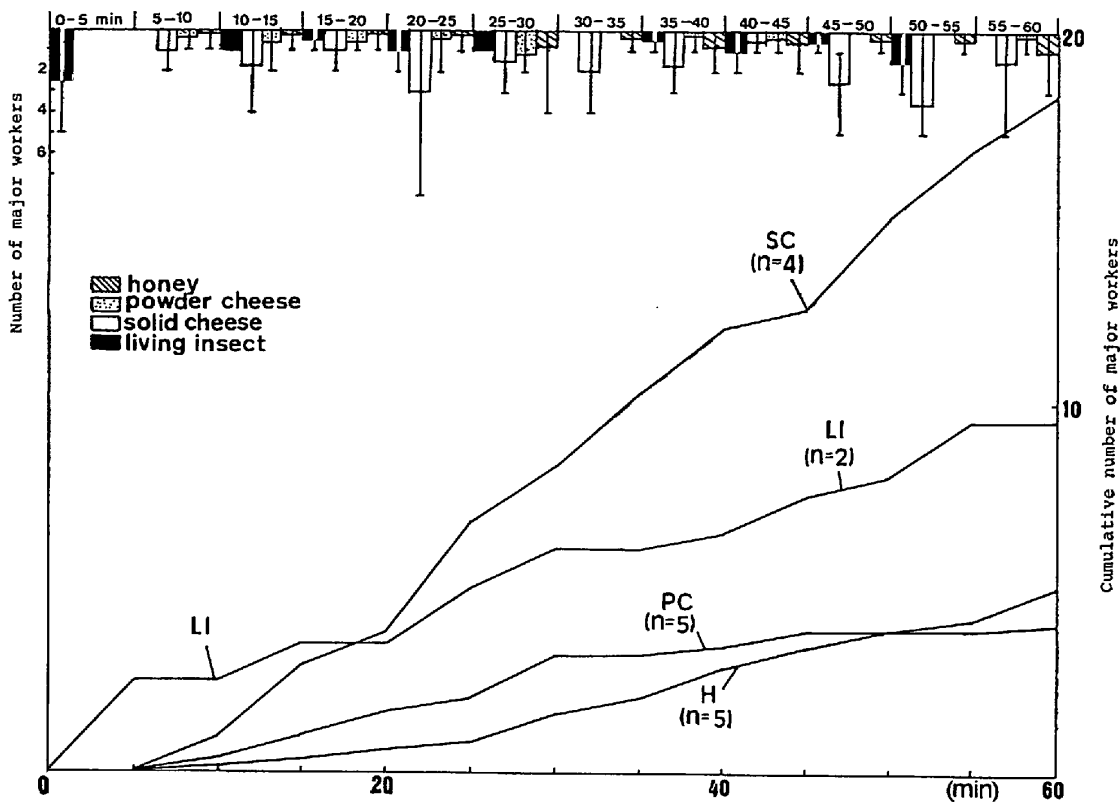


Fig. 6. Recruitment patterns of majors with various sorts of bait (1986). H: honey; PC: powder cheese; SC: solid cheese; LI: living insect. Histograms (top) show the mean numbers of majors recruited in each five minutes to different sorts of bait. Vertical lines represent observed ranges.

巢外を歩き回っているメジャーはしばしば確認されたが、餌の第一発見者になった例はなかった。餌場への最初のメジャーの出現時間の平均値を比較してみると、蜂蜜 16 分 48 秒 ($n=9$)、粉チーズ 10 分 56 秒 ($n=8$)、固形チーズ 12 分 2 秒 ($n=7$)、生きた虫 9 分 36 秒 ($n=6$) であった。統計的な検討の結果、餌の種類間で有意な差を見出すことはできなかった (平均到着時間の算出に当たっては、生きた虫の場合で作業が 1 時間以内に終了した 2 例も、餌に関する初期の情報が正確に巣に伝達されたと判断しデータに加えた)。1986 年 (図 6) と 1987 年 (図 7) を比較すると、メジャーの累積動員数は 3 倍以上の差があった (この理由は不明である) が、パターンの点からみると以下の共通点が見られた。1) 生きた虫の場合、他の 3 つの餌種に比べて初期の動員数が多く、とくに 1987 年の実験ではこの傾向が顕著であった。しかし、間もなく増加率が鈍る傾向が見られた。2) 固形チーズでは、出足は鈍いがその後順調に増加し、累積出現数は最多となった。3) 蜂蜜では初期の動員数が少なく、かつ累積出現数も固形チーズの場合の 1/3 程度にとどまった。

平均値で見ると、1986, 87 両年で似たパターンを示しているが、いずれの年も餌種を問わず実験間のバラつきが大きかった。

4. 帰巣途中での動員

本属は、しばしば全長数 m を越えるアリ道を使い採餌行動を行なっている。巣の出入口から遠く離れた場所で大きい餌を発見した場合、帰巣後の動員開始はきわめて非能率的で、餌場を競争種に

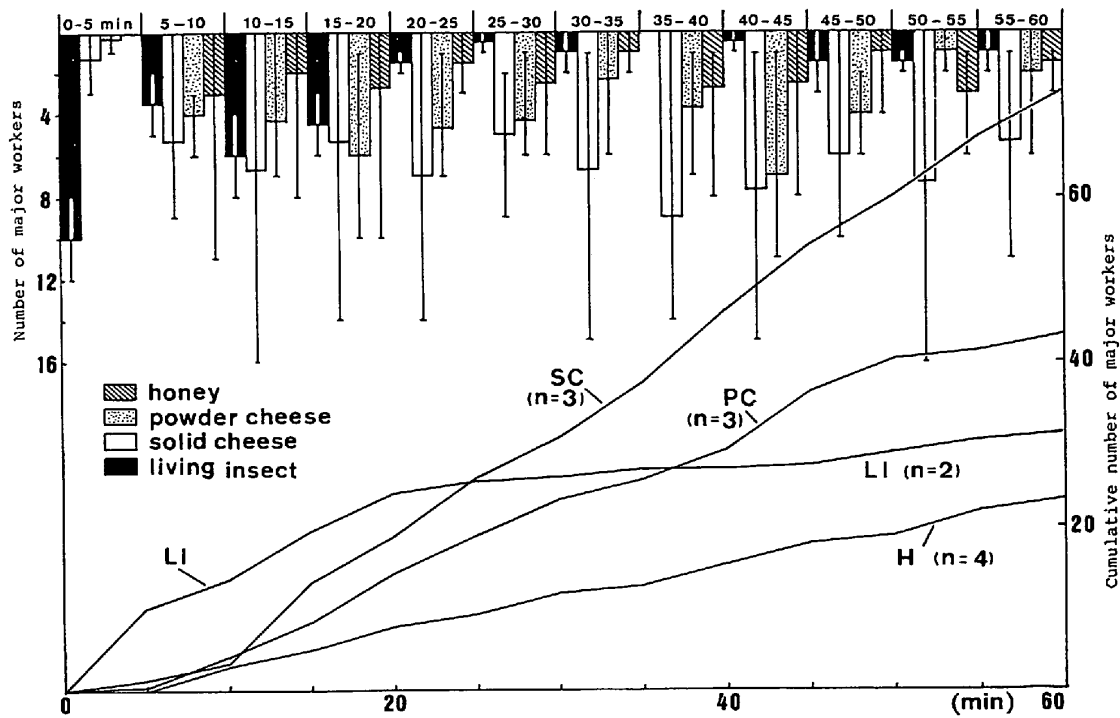


Fig. 7. Recruitment patterns of majors with various sorts of bait (1987). For explanation, see caption to Fig. 6.

占拠されてしまう可能性もある。そのような場合、餌の発見者が、帰巣途中に行きかうコロニー・メンバーに情報を伝達し、餌場へ誘導すれば、採餌効率は上昇するはずである。今回は実験に適した長いアリ道を持つコロニーがなかったため、アリ道に沿って巣の出入口から1 m 前後離れた点から、垂直に10 cm 前後離れた場所に、餌を置いて観察した。コロニー B, E, F, G, H, I を実験対象に選び、餌は蜂蜜を用いた。1986年9月26日と10月1~3日に計12回実験を行なったうち、10月3日の2回の調査で興味深い結果が得られた。

1例目では、16時18分の餌設置とほとんど同時に餌は採餌個体により発見された。発見者は約2分後に餌場を離れ、餌場から13 cm 離れた点でマイナー1個体に出会い、接触し、その個体を餌場に動員した。

2例目では、餌発見者は既設のアリ道に到達できず、別の新しい道を作りながら巣へ戻った。その個体が残したルートに、たまたま餌場の周辺をランダムに動き回っていた数個体のうち1個体が入り込み、それに沿って餌場に到着した。その後、最初の発見者に動員されたマイナーが巣から続々到着した。

以上2つのケースでは、帰巣途中での動員とみなされる現象が観察されたが、それ自体は大量動員には寄与していない。このほか、餌発見者がアリ道に到着後、行きかうマイナーと明らかに触角で接触した例が2度見られたが、動員にはいたらなかった。以上のケースを除けば、餌発見者は行きかう個体にはまったく無関心で、巣へ向かって直行し動員を行なった。

考 察

オオズアカアリ属の動員メカニズムについては、*Ph. pallidula arenarium*, var. *orientalis* EMERY と *Ph. teneriffana* FOREL の2種を使って、SZLEP-FESSEL (1970) が直接観察を含む詳しい研究を行っている。それによれば、これら2種は大量動員方式を採用し、動員には餌場へのリクルート路の形成のほかに、巢内での走行、触角のたたき合い、体の振動など餌の性質に応じた身体的ディスプレイも大きい役割を占めている。今回は、飼育コロニーを用いての室内観察、実験がうまくいかず、*Ph. indica* においては上記のことを確認できなかった。また今回の研究では、動員されるマイナーやメジャーの数も、同一餌種を用いた場合ですら実験ごとに大きいバラつきのあることが明らかになった(表1)。餌の量、同じ時間帯に別の場所で発見された餌の有無、競争者の存在などが動員数やパターンに影響を及ぼすものと考えられる。それ故、従来、本属における動員パターンの量的把握はほとんどなされてこなかったが、例えば競争者を除去するなどして条件を少しでもそろえれば、いろいろな餌種について動員パターンを把握し、ある程度の類型化をすることも可能であると私たちは考えた。

マイナーの動員パターンを餌種別に見ると、少なくとも蜂蜜と生きた虫との間で顕著な相違が見られた。生きた虫の場合、初期の動員数は他に比べて多く、累積動員数のカーブはゆるやかな凸型を示す。これは、初期の巣巣個体がもたらす“生きた虫である”という情報内容を反映したものと考えられる。実際、矢野(未発表)の観察によれば、生きた虫を餌とした場合、あばれる虫を四方からおさえつけるために大量の個体が動員される。

一方、5分間動員比でみると、餌種を問わず、動員の初期において平均値は高い値を示すが、実験間のバラつきが大きい。初期に動員比が高い、つまり1個体当たりの動員数が多いということは、餌場のすみやかな確保を意味している。また、バラつきが大きいのは、餌や餌場に関する情報内容の違いの反映と考えられるが、それについては具体的なことはまったくわかっていない。後2/3では、動員比は1前後で安定する。この時期を動員状態で見ると、動員路に沿って多数のアリが両方向に流れるように通行している状態である。

メジャーの巢内外における行動レパートリーは、種によっていちじるしい違いがある。一般にマイナーとメジャーの形態差が増大するほど、メジャーのレパートリーは減少する。また同一種においても、コロニー成員におけるメジャー数の比率が高まると、マイナーの仕事を埋め合わせるようにレパートリーが広がる(WILSON, 1984)。採餌におけるメジャーの役割は、当然、種によってかなり異なる。新世界の *Ph. militica* WHEELER (CREIGTON & CREIGTON, 1959; FEENER, 1986)、*Ph. fallax* MARY (ITZKOWITZ & HALEY, 1983) や *Ph. dentata* MAYR (WILSON, 1976 b) では、メジャーは餌場の防衛のために動員される(したがってソルジャーと呼ばれることが多い)。しかし旧世界の *Ph. pallidula* や *Ph. teneriffana* では、餌場防衛のほかに、大きい餌の切り出し作業にも従事している(SZLEP-FESSEL, 1970)。また矢野(未発表)は、南九州産の本属において、メジャーによる餌の切り出しが採餌効果に及ぼす影響を量的に示した。本研究の結果は、矢野の結論を支持している。つまり、競争者の存在しない、あるいは除去された条件下でも、固形チーズ、生きた虫を餌とした場合、に蜂蜜、粉チーズを餌とした場合より多くのメジャーが動員されている。また、前2者では累積カーブの立ち上りが早い。このことは、前2者を質の高い餌と認識し、競争者が存在しない場合でもその出現を予想し、餌場防衛のために多くのメジャーが駆り出された結果とも考えられる。しかし、同質の餌である粉チーズと固形チーズの間に明確な動員パターンの差が存在すること、固形チーズの場合、競争者の不在がしばらく続いたのちにもメジャーが次つぎと動員されるこ

とから、防衛が主目的とは考えられない。奥野 (1959) もアズマオオズアカアリ *Ph. fervida* SMITH で、ハエやセミを与えたときの方が砂糖を与えたときよりもメジャーの出現数が多いと報じている。

メジャーの役割や動員パターンは、おのおの種の生態的特性 (コロニー内のメジャー: マイナー比、メジャーとマイナーの間の形態的差異、同所的に生息するアリ種の違いなど) に依存すると考えられる。例えば、強力な競争者 (*Pogonomyrmex*) を持つ *Ph. militica* や、25 cm ものトカゲ (*Ameiva*) でも、マイナーだけで運搬できる *Ph. fallax* の場合、少なくとも巢外におけるメジャーの仕事は餌場の防衛にほぼ限定されているようである。日本ではオオズアカアリ属の競争者としては、トビイロシワアリ *Tetramorium caespitum* (LINNÉ) (奥野, 1959), トビイロケアリ *Lasius niger* (LINNÉ) (矢野, 未発表), ハヤシクロヤマアリ *Formica* sp. (本研究) などが知られるが、北米における *Pogonomyrmex* のように強力ではない。日本産の本属の場合、餌の切り出しはメジャーの重要な任務の1つになっていると考えられる。また WHEELER & NIJHOUT (1984) は *Ph. bicarinata* を用いて研究を行ない、幼虫のソルジャーへの発生的誘導が、成虫のソルジャーによって調節されることを明らかにしている。さらに WILSON (1984) によれば、*Ph. guilelmuelleri*, *Ph. megacephala*, *Ph. pubiventris* の3種においてコロニー内のマイナーの占める割合が低くなった場合、メジャーがマイナーの仕事 (おもに仔の世話) を肩代わりし、その結果メジャーの労働レパトリーが 1.4~4.5 倍に増加する。ただし、この現象は一時的なもので、コロニー内のマイナー: メジャー比が復帰すると、短時間で元に戻る。メジャーの機能の解明は、以上に挙げた点との関連に重点を置くべきである。

探餌行動範囲の広い本属にとって、餌発見個体が帰巢途中に出会うマイナーに次つぎと情報を伝えることは採餌効率を高める上で重要と思われる。今回の実験ではこの点についての明確な結論は得られなかったが、帰巢途中での動員が小規模ながらありうることがわかった。今回の実験では餌場を巣の出入口から 1 m 前後の所に設置したが、このような近くの場合、帰巢途中の大規模な動員は生じないのかもしれない。今後、餌場を数 m 離れた実験を行ない、帰巢途中の動員の有無を確認することが必要であろう。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、オオズアカアリ属の習性についてご教示いただいた矢野正実氏 (鹿児島県指宿市)、並びに原稿を通読しご批判いただいた寺山守 (桐朋女子高等学校, 調布市)、吉本徹 (鹿児島大学理学部生物学教室) 両氏に感謝します。

文 献

- CREIGTON, W. S., 1966. The habits of *Pheidole ridicula* WHEELER with remarks on habit patterns in the genus *Pheidole* (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche*, **73**: 1-7.
- & M. P. CREIGTON, 1959. The habits of *Pheidole militica* WHEELER (Hymenoptera: Formicidae). *Psyche*, **66**: 1-12.
- FEENER, D. H., JR., 1986. Alarm-recruitment behavior in *Pheidole militica* (Hymenoptera: Formicidae). *Ecol. Ent.*, **11**: 67-74.
- HÖLLDOBLER, B., 1971. Recruitment behavior in *Camponotus socius*. *Z. vergl. Physiol.*, **75**: 123-142.
- , M. MÖGLICH & U. MASCHWITZ, 1974. Communication by tandem running in the ant *Camponotus sericeus*. *J. comp. Physiol.*, **90**: 105-127.
- ITZKOWITZ, M., & M. HALEY, 1983. The food retrieval tactics of the ant *Pheidole fallax*

- MAYR. *Ins. soc.*, **30**: 317-322.
- OGATA, K., 1982. Taxonomic study of the ant genus *Pheidole* WESTWOOD of Japan with a description of a new species (Hymenoptera: Formicidae). *Kontyû, Tokyo*, **50**: 189-197.
- 奥野 宏, 1959. アズマオオゾアカアリの観察. 福井生物研究会会誌, **8**: 5-7.
- SNELLING, R. R., 1981. Systematics of social Hymenoptera. In: HERMANN, H. R. (ed.), *Social Insects*, **2**: 369-453.
- SUDD, J. H., & N. R. FRANKS, 1987. *The Behavioural Ecology of Ants*. x+206 pp. Blackie, New York.
- SZLEP-FESSEL, R., 1970. The regulatory mechanism in mass foraging and the recruitment of soldiers in *Pheidole*. *Ins. soc.*, **17**: 233-244.
- WHEELER, D. E., & H. F. NIJHOUT, 1984. Soldier determination in *Pheidole bicarinata*: inhibition by adult soldiers. *J. Ins. Physiol.*, **30**: 127-135.
- WILSON, E. O., 1962. Chemical communication among workers of the fire ant *Solenopsis saevissima* (Fr. SMITH). 1. The organization of mass-foraging. *Anim. Behav.*, **10**: 134-147.
- 1971. *The Insect Societies*. x+548 pp. Belknap Press of Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.
- 1976 a. Which are the most prevalent ant genera? *Stud. Ent.*, **19**: 187-200.
- 1976 b. The organization of colony defence in the ant *Pheidole dentata* MAYR (Hymenoptera: Formicidae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **1**: 63-81.
- 1984. The relation between caste ratios and division of labor in the ant genus *Pheidole*. *Ibid.*, **16**: 89-98.
- 矢野正実, 未発表. オオゾアカアリ属におけるワーカーのサブカースト間の分業. 鹿児島大学理学部生物学科卒業論文 (1986). 76 pp.