社会性狩りバチの集合住宅

誌名	ミツバチ科学
ISSN	03882217
著者名	松浦,誠
発行元	玉川大学ミツバチ科学研究所
巻/号	22巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 121-126
発行年月	2001年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

ミツバチ科学 22(3): 121—126
Honeybee Science (2001)

社会性狩りバチの集合住宅

松浦　誠

アシナガバチやスズメバチなど社会性ハチ類の生活の舞台となっている巣は，昆虫がつくる巣のなかでも最高傑作といわれる．それらは都市の郊外に林立する高層アパート群を連想させる．人間の家もハチの巣も，住むものにとって生活の中心であり，子育ての場でもあり，またやすらぎの空間でもある．

社会性狩りバチの巣にはさまざまな形や構造が見られるが，その進化の歴史を，空間構成の点からながめると，「線→面→面の積み重ね」という流れに気がつく．狩りバチでも単独生活をしているドロバチやアナバチなどの巣の多くは，土中や竹筒内につくられ，幼虫が育つ育房は縦一列に並んでいる場合が多い．社会性狩りバチでも，育房数の少ない原始的なチビアシナガバチ属 *Ropalidia* やホソアシナガバチ属 *Parapolybia* の仲間では，線形に細長く育房を並べた巣が見られる（図 1，2）．

その育房の口を同じ方向に向けて束ねると，ハスの実型をした「巣盤」となる．これは六角形の育房を平面的に並べたもので，アシナガバチ属 *Polistes* のように家族の数があまり多くないグループではごく普通に見られる（図 3）．

ところが，スズメバチ亜科のように数百〜数万のハチが同居する大世帯では，1 個の巣盤を横に広げるには限界がある．そこで，巣盤をいくつも積み重ねることによって，利用空間を効率よく広げ，収容力を増やしている．スズメバチの場合，新しい巣盤は下へ下へと増築され，数個〜数十個が重ねられて，それぞれが大小の支柱で支え合いながら吊り下げられている（図 4）．

このように，ハチの巣の構造は，その中の住人，すなわち家族が増えるにつれ，一次元→二次元→三次元的空間利用へと進化の方向がみられる．

そこにはいくつかの幾何学的解決をうかがうことができる．アシナガバチやスズメバチの円

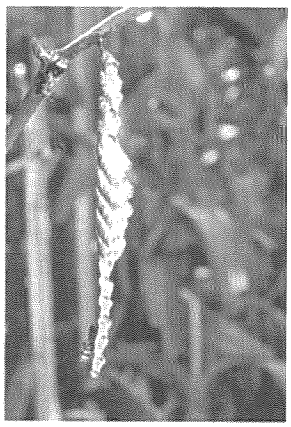


図 1　ジャコブソンチビアシナガバチの営巣初期の細長い巣（インドネシア・スマトラ）

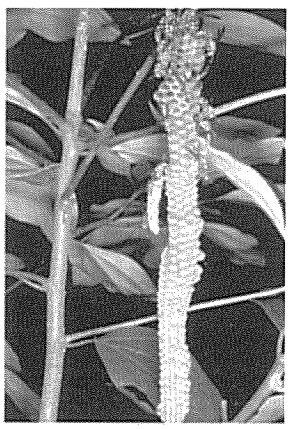


図 2　細い木の枝にぶら下がるヒメホソアシナガバチの営巣後期の巣

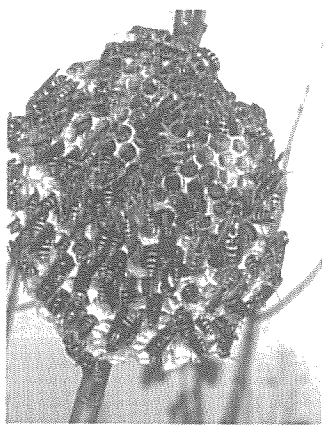


図 3　フタモンアシナガバチの営巣後期の円い巣盤

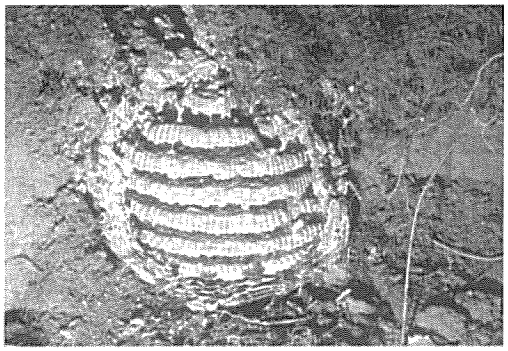


図4　土中のクロスズメバチの営巣末期の巣（外被を剝いだ状態）

形の巣盤は，最短の輪郭線によって最大の面積を包み込む「円」を志向したものであるし，スズメバチの外被に包まれた球状の巣は，最小の体表面積において最大の容積を包み込もうとする「球」への帰結をしめす幾何学的原理である．これは，巣の材料をもっとも効率よく利用するための「ハチの巣の経済学」といえるだろう（松浦，1988a，1995）．

紙製の巣

ハチの巣は種によってさまざまな材料が用いられるが，その耐用年数によっても巣材が決められる．アシナガバチやスズメバチの場合，巣は1年限りの使い捨てであるが，身近に得られる植物の繊維や繊維質をふくんだ木材を齧り取って，唾液と混ぜたものを引き伸ばして巣をつくる．

このやり方は，人間のつくる紙とそっくりなので，アシナガバチを英語で「paper wasp: ペーパーワスプ（紙バチ）」というのもうなずける．紙にも2タイプがあり，植物の靱皮繊維を材料とした「和紙」は水に強く耐久性に優れている．アシナガバチ亜科のすべての種や，スズメバチ亜科でも樹上営巣製のホオナガスズメバチ属 *Dolichovespula* のつくる和紙製の巣（図11）は，風雨や日光にさらされた環境下でも丈夫でびくともしない．

一方，地中営巣性のクロスズメバチ属 *Vespula* や大型種の多いスズメバチ属 *Vespa* の巣は，朽ちた材木の木質部や，生きた樹木の樹皮などを細かく嚙み砕いてチップとし，それに唾液を混ぜてパルプ状にしたものが材料である（図4，6，7）．これは素材や製法からみて「洋紙」といえる．和紙の巣に比べるとややもろく，耐久性も劣るが，風雨を避けた場所に巣をつくったり，厚い外被で全体を覆ったりすることによって，それらをカバーしている．

女王バチの工夫

社会性カリバチにとって，アリは小型ながら油断のならない捕食者で，とくに女王バチが単独で巣をつくっているあいだは，留守中に卵や幼虫が狙われやすい．アシナガバチ亜科のアシナガバチ属，ホソアシナガバチ属，チビアシナガバチ属などの巣は，1本の細い巣柄で支えられた「ハスの実」状をしているが，このタイプの巣は，アリのうろつきまわる空間と巣の本体との接触をできるだけ小さくするように，細い支柱でつなぐことによって，アリに発見される確率を少なくしている．

さらに女王バチは腹端のファンデアフェヒト腺と呼ばれる分泌腺からアリの忌避する物質を分泌する能力をもっている（Jeanne，1970）．とくに外出直前やアリが巣の近くに現れると，女王バチは頻繁にこの分泌物を支柱に塗り付ける（図5）．これによって女王バチが不在中や目の届かないときでも，歩行だけにたよって攻撃をしかけるアリの侵略を防ぐことができる．この化学兵器も，働きバチの羽化後は，用済みとなる．なぜなら巣上に待機する働きバチが，支柱のかたわらから巣へ接近するアリにたえず目

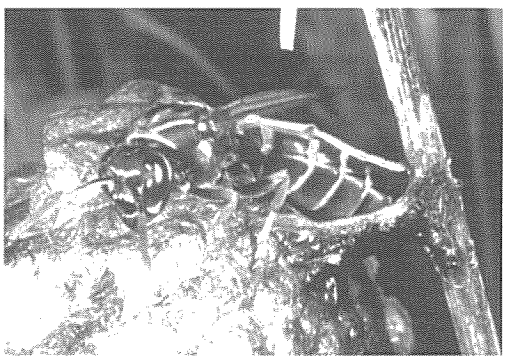


図5　外出前に巣盤の支柱に腹端をこすりつけてアリの忌避物質を塗るトガリフタモンアシナガバチの女王バチ

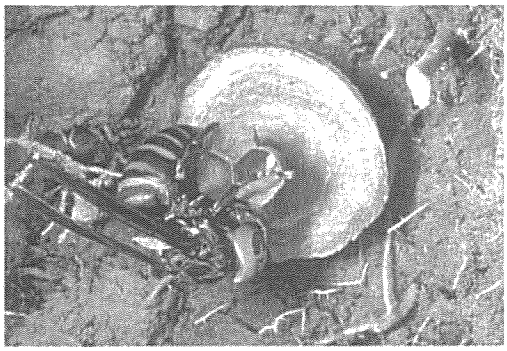


図6　土中の木の根につくられたオオスズメバチの女王バチによる作り始めの巣



図7　地表に近い木の枝のツマグロスズメバチの発達した営巣後期の巣

を光らせ，実力行使で追い払うからである．

スズメバチの巨大な巣も，最初はたった1匹の女王バチによってつくられる（図6）．働きバチが羽化してからの巣というのは，大きくて頑丈で，まさに「ハチの巣城」の名前にふさわしい（図7）．ところが，女王バチのつくる巣は，大きさがせいぜいピンポン玉かテニスボールくらいまでで，手で触れると壊れそうな単純なつくりの工芸品といえる．

ところが，それらの小さな巣にも女王バチの配慮がいたるところに込められている．たとえば，巣全体を支えている吊り手の支柱に注目してみよう．その表面にはスズメバチ属の大型種では女王バチの唾液が厚く塗り付けられ，まるで漆を塗ったように鈍く光っている．一方，小型種のクロスズメバチ属やホオナガスズメバチ属では，女王バチのつくった巣はたった1枚の三角形をした紙状の吊り手に巣の重量のすべてを委ねている（図8）．土中に巣をつくるクロスズメバチ *Vespula lewisii* では，その厚さはわずか0.2mmで，付着部の三角辺の幅は最大で1cmもない．木の枝などに巣をかけるホオナガスズメバチ属はその部分はさらに薄くて小さい．

この三角形の吊り手は長さ1cmほどであるが，よく見ると下のほうに行くにつれてしだいにねじれながら細くなっている．クロスズメバチでは下側から見ると左まわりに90°のねじれをもっているが，ホオナガスズメバチ属ではどの種もさらにねじれた螺旋状をしている．どちらも最後には棒状にのび，幼虫室のある巣盤を支えている（松浦ら，1984；松浦，1988b）．

このねじれの部分に用いられている素材は，外被や幼虫室の壁に比べ，はるかに細かく噛み砕かれて緻密になっている．女王バチがこの吊り手をつくるときは，数十分をかけて念入りな作業をし，たくさんの唾液を混ぜて材料を強化する．とくにホオナガスズメバチ類は，できあがってからも，たえずその表面に多量の粘着性の唾液を塗り付けて，補強を怠らない．こうして，ねじれをもった三角板状の吊り手は，しだいに増していく幼虫室の重量や，巣の振動を巧

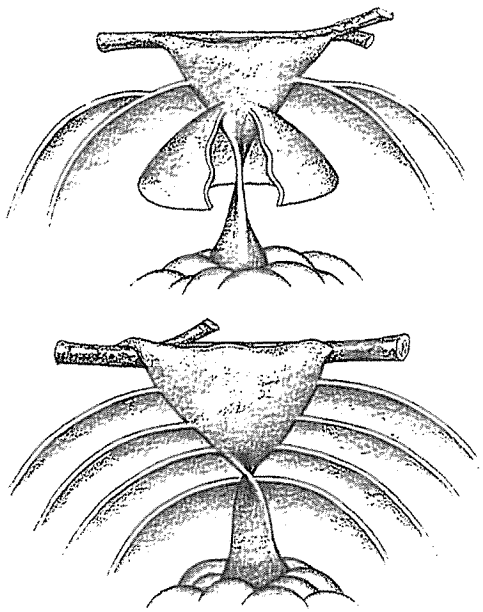


図8　女王バチの初期巣を支える巣柄の三角板は，クロスズメバチ（上）では90°のねじれであるが，ホオナガスズメバチ（下）の吊り手はさらに螺旋状にねじれている（松浦1988bより）

みに吸収し緩和するばかりでない．女王バチが狭い巣内を動き回ると，巣盤は大きく揺れながらも，かなりの弾性でもちこたえている．また，細い木の枝に巣をつくるホオナガスズメバチ類では，風などによる外部からの巣の振動もこの部分で吸収するから，巣全体が激しく振動しても内部の巣盤はちぎれて落下しない．

巣が大きくなるしくみ

スズメバチの巨大な巣を見ていると，「いつのまに，どうやって大きくなっていくのだろうか」という疑問が湧く．というのは，巣は厚い外被で全体ががっちりと覆われているし，外被を剝ぐと内部にはたくさんの巣盤が隙間なくぎっしりと詰まっていて，巣を広げる余地などまったくなさそうである．

巣の前で１日中観察を続けたとしても，外から見ているかぎりでは外被が膨らむわけではないし，変化はほとんど目には見えない．それなのに，夏から秋にかけて，ハチの活動の盛んな時期には３日も間をおいて行ってみると，巣は確実に大きくなって，形も多少変わっている．ハチはどのようにして巣の拡張工事を仕上げていくのだろうか．

スズメバチの巣の出入り口近くに立って，外から戻ってくるハチを見ていると，大顎に何かをしっかりとくわえている．幼虫の餌となる昆虫などの肉団子か，巣の材料となるパルプのいずれかである．後者の場合，ハチは一直線に巣の中へ入っていくが，数十秒後には同じハチがふたたびパルプをくわえて，出入り口から現れる．そして，外被上をせわしく歩き回り，拡張すべき場所に行き当たると，さっそく作業にとりかかる（松浦，1988b）．

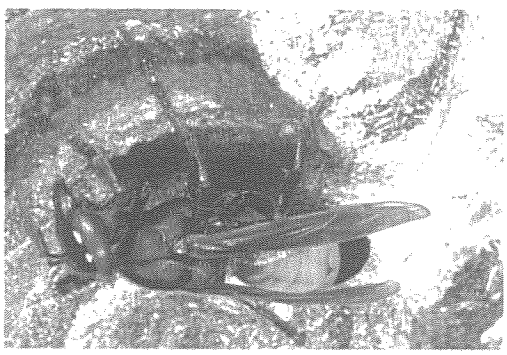


図９　巣材を口にくわえて引き伸ばしながら，外被を作るツマグロスズメバチ

ハチは巣内であらかじめ細かく噛み砕いた直径数ｍｍのパルプ塊を大顎にくわえ，２本の前肢でそれを内側に回転させながら，ゆっくりと後退する．するとパルプの塊は大顎の間から，幅４～6mm，厚さ 0.3～0.5mm の帯状となって薄く引きのばされてゆく（図９）．パルプの材料はたくさんのハチによって，いろいろなところから集められてくる．それらは茶色や白色などの色調の違った材として，次々と細い帯状に継ぎ足され，貝殻状の空気室に仕上げられて，外被の表面をうろこ状に覆っていく．スズメバチの表面に見られる縞模様はこうした労働の積み重ねの結果である．

それでは，巣盤を構成する個々の育房はどのようにしてつくられるのだろうか．六角形の育児室の壁は，外被にくらべて一見して緻密で滑らかな仕上がりになっている．これは外から巣材を集めてきたハチとは別に，巣内で育房づくりを行なうハチがいて，巣の内側から外被を齧り取り，それをさらにていねいに細かく噛み砕いたものを育房の材料として利用しているからである．そのうえ，齧り取った外被と巣盤との間にはたえず新たなスペースができるので，ハチはそのわずかな隙間を利用して，巣盤の外縁に新しい小さな育房を付け足していく．だから，スズメバチの巣の建築法というのは，まず外から巣材を集めてきて，いったんは粗い素材で外被の外側に空気室をつくり，外壁を少しづつ厚くしていく．一方で，外被を内側から削り取って，それを育房の壁の材料としてリサイクルすることを繰り返す．こうした作業は働きバチの分業によって行なわれ，巣という集合住宅を徐々に大きく仕上げる（松浦，1988ｂ；1995）．

エアコン完備

アシナガバチ亜科は熱帯から亜寒帯まで広く分布しているが，夏の熱い時期を活動の盛期としているので，熱帯起源と考えられている．そ

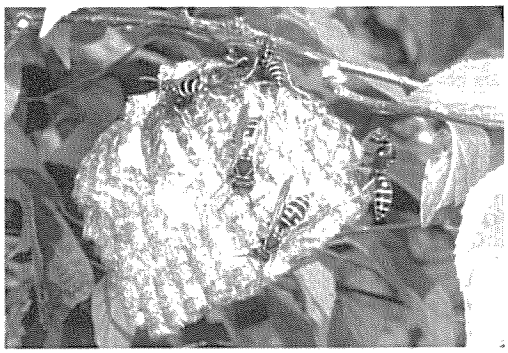


図10　トガリフタモンアシナガバチの発達した巣．他のアシナガバチに比べて育房が深く，巣盤周辺にある育房は子育てに使われない

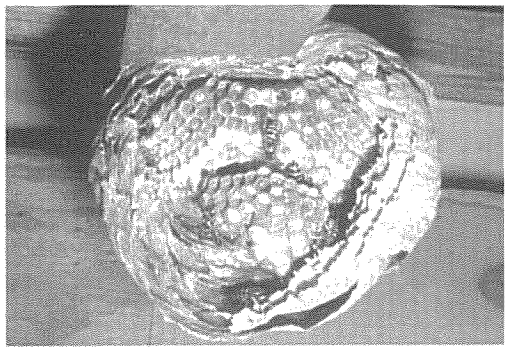


図11　ニッポンホオナガスズメバチの営巣後期の巣の内部．厚い数層の外被は断熱効果が高い

のなかで，わが国では，北海道に産するトガリフタモンアシナガバチ *Polistes riparius* が，世界でもっとも北方にまで分布を広げたアシナガバチとして注目されている．このハチの巣は本州の平野部に産する近縁種のフタモンアシナガバチに比べると，育房の深さが約2倍に達することや，巣盤の周辺の育房には卵を産みつけずに空室のままにしておくこと，さらに繭の蓋が他のアシナガバチと異なり，黒い上塗りがあるなどの特徴をもっている（図10）．

こうした深い育房や空室のスペースは他のアシナガバチ属の巣に比べると，一見無駄なように見える．しかし，このアシナガバチにとっては，北へ進出するに際し，育房の断熱と保温の効果をねらったものと考えられる．寒い地方では，短い夏のあいだにできるだけ早く幼虫が発育を完了するように，少しでも高く安定した温度を必要とする．それには，育房全体を長くすることによって熱の損失を少なくし，巣盤の周辺に空房を設けることによって，中央部に位置する卵や幼虫のいる育房の保温効果を増し，さらには繭を黒く塗って太陽の熱を吸収し，巣温を高めていると考えられる．こうした工夫によって，秋遅くまで活動を続けるスズメバチ類の巣の外被と同じように，巣温を保持する機能をもっている（Yamane and Kawamachi, 1975）．

一方，スズメバチの巣の場合，巣全体は厚い外被で包まれている．この外被は幼虫などをねらうさまざまな外敵の目をそらすだけでなく，断熱材としての効果が高く，巣の保温に役立っている．外被は幾層もの貝殻のような空気室からできているので，暖まった空気を蓄えて，気温の急激な変化に対しても調節力がある（図11）．

スズメバチの巣は秋になってから急速に大きくなり，次世代を引き継ぐ新女王バチや雄バチが育てられる．そのころのスズメバチの巣の内部の温度は，いつも30℃～32℃ほどある（松浦，1988 b）．これはミツバチの育児圏の35.5℃という安定した室温には及ばないが，外の気温が10℃前後のときでは20℃以上も高く保たれている．

こうした高い巣温を保つために必要な熱源は，巣の内部のハチの動きから生ずる運動熱がかかわっている．ハチは変温動物であるから体温は不安定である．しかし，働きバチが巣の中で動き回ったり，幼虫の呼吸や運動などによって熱が生まれるから，それらの運動熱を逃さず有効に利用しているわけだ．実験的には，スズメバチの巣からすべての成虫を取り除いても，幼虫だけである程度までは巣の温度を高めることができる．

さらにアシナガバチやスズメバチの巣を透かしてみると，針で刺したように小さな穴が無数に開いている．それらの穴は巣内でうごめく幼虫や成虫の体から出される炭酸ガスや余分な湿気を巣外へ送り出すとともに，外の新鮮な空気をたえず供給する通気孔の役目を果たしている．しかし，空気の対流を許すほどの隙間では

ないから，一度とらえた熱は外へ逃げずに壁のなかに貯えられるのである．

（〒514-8507 津市上浜町 1515
三重大学生物資源学部）

主な参考文献

Jeanne, R. L. 1970. Science, 168 : 1465-1466.
松浦誠. 1988a. 社会性ハチのふしぎな社会. どうぶつ社, 261 pp.
松浦誠. 1988b. スズメバチはなぜ刺すか. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 291 pp.
松浦誠. 1995. 社会性カリバチの生態と進化. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 353 pp.
松浦誠・山根正気. 1984. スズメバチ類の比較行動学. 北海道大学図書刊行会, 札幌. 428 pp.
Yamane, S. and T. Kawamachi. 1975. Kontyu 3 : 214-232.

追記：本稿は，1998年3月にINAX出版より発行された「蜂は職人・デザイナー」中の拙稿「狩りバチたちの集合住宅」に若干の書き直しを加えたうえで転載したものである．転載を許諾されたINAX出版に厚くお礼を申し上げる．

MAKOTO MATSUURA. Some ecological characteristics of social wasp nest architecture. *Honeybee Science* (2001) 22 (3): 121-126. Faculty of Bioresources, Mie Univ., Kamihama-cho, Tsu-shi, Mie, 514-8507 Japan.

The raw materials from which are made by the social wasp species are mainly vegetable in origin, the principal sources including wood fibers and fibers from the cortex of non-woody plants.

The relatively simple nests of the independent-founding polistine wasp are suspended from a petiole with a glandular secretion that has ant-repellent properties. This type of defense is adapted to solitary founding because it is effective whether the queen is on the nest or off on a foraging trip. The vespine embryo nest consists of the three parts; pedicel, comb and envelope. The *Dolichovespula* pedicel is similar in shape to that of *Vespula*, always with a spiral twist. One important feature peculiar to *Dolichovespula* is the coating of the lower part of the twisting area and of the true pedicel with a blackish brown oral secretion of a rubbery consistency. The spiral twist and rubbery secretion not only absorb the shock produced by the queen moving around on the comb, but also protect against physical disturbance caused mainly by winds. Points in which building activities of the Vespinae differ from the Polistinae are: (1) the nest material collected inside or outside the nest by a queen or worker is always processed by the collector, and (2) cell initiation and enlargement of cell walls are made with nest materials collected by gnawing off the envelope.