

## 研究レポート

No. 87

## アシナガバチ社会の成り立ち

— 巣の中の血縁関係をさぐる —

佐山 勝彦

## はじめに

アシナガバチ類はスズメバチ類とともに、巣を中心とした社会生活を営む昆虫（いわゆる社会性昆虫）です。巣の中には、ふつう1個体の女王バチとその娘である複数の働きバチ、そして、卵、幼虫、蛹がみられます。女王バチは繁殖（産卵）に専念しますが、働きバチは巣の建設を行ったり、幼虫を養育するとともに、捕食者や寄生者からの防衛にも従事します。巣に何らかの刺激や振動などが伝わると、巣上の働きバチはまず警戒・威嚇体制をとり、刺激が一定のレベルを超えた場合には、巣を飛び立って、毒針を用いた攻撃を行います。とくに、新しい造林地はアシナガバチ類のよい営巣場所となるため、下刈り作業などの際にしばしば刺傷事故が発生します。

アシナガバチ類が、このような毒針を用いた攻撃行動を発達させてきた背景には、巣を中心とした集団生活が進化してきたことと深い関係があります。また、攻撃行動をとるのは働きバチだけで、これらのハチは基本的に自ら繁殖を行うことはありません。このように繁殖を行わないで、他の個体（ここでは女王バチ）の繁殖を援助する一連の行動は「利他行動」と呼ばれ、攻撃行動もそ

の一部と考えることができます。働きバチが巣にとどまり、母親である女王バチを助けることによって社会生活が成り立つことになるのですが、この社会生活の維持には、巣内の個体どうしの血縁関係が大きな影響を与えると考えられています。そこで、アシナガバチの巣の中にいるメス個体の血縁関係をDNAにみられる変異を用いて調べてみました。

## 利他行動と血縁淘汰説

まず、巣内の血縁関係を調べるのがなぜ大切なのか、もう少し詳しく述べておきます。自分が繁殖する機会を犠牲にして、近縁な他個体の繁殖を手伝うという利他行動は、1859年にダーウィンが「種の起源」で発表した自然淘汰説では説明が困難な現象でした。ところが、1964年にハミルトンが提唱した血縁淘汰説により、ようやく利他行動に対する明解な説明が与えられるようになりました。この説をごく簡単に言うと、他を利する行動によって、この利他行動を発現させる遺伝子をもつ血縁者の生存や繁殖が高められるのであれば、利他的な行動を発現させる遺伝子のコピーは血縁者を通して広まる、というものです。生物

の多くの性質は、行動を含め多少とも遺伝子が関与しています。近縁な血縁者であれば、自分と同じ遺伝子（ここでは、ある条件のときに利他行動を発現させる遺伝子）を持っている確率も高くなるはずですが、近縁者の子を多く育てることができれば、自分の子を育てる場合よりも、自分の遺伝子のコピーをより多く次世代に伝えることが可能になるのです<sup>(1)</sup>。

### アシナガバチ社会の遺伝的特性と血縁度

ハチの卵は受精するとメスに、受精しないとオスになる特性（単数倍数性）をもっています。ここで、アシナガバチの女王バチが1個体のオスバチと交尾し、その精子で卵を受精させるとします。すると、それによって生じるメスバチにとって、自分の姉妹は、自分の子よりも血縁関係が近くなるのです。なぜなら、姉妹どうしの血縁度（遺伝的な類似性の尺度で、ここでは自分の遺伝子が相手の遺伝子と同じである確率をあらわします）は、0.75（兄弟とは0.25）であるのに対して、自分の子とは0.5（両性とも）と計算されるからです（図-1）。したがって、血縁度だけに注目してみると、メスのハチにとっては、子を育てるよりも妹を多く育てた方が、自分の遺伝子のコピーを次世代に伝えるうえで有利になるのです。では、この計算は実際の巣の中で成り立っているのでしょうか。

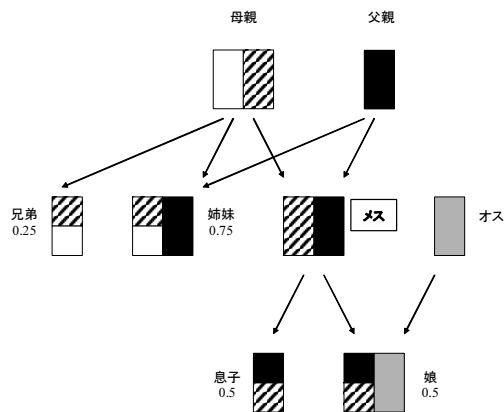


図-1 単数倍数性の生物における家族の系図と血縁度

### コアシナガバチとその生活史

日本では現在3属11種（アシナガバチ属7種、ホソアシナガバチ属2種、チビアシナガバチ属2種）のアシナガバチの仲間が知られています。今回は研究の対象として、アシナガバチ属の1種であるコアシナガバチ（*Polistes snelleni*）を用いました。このハチは体長が11~17mmで、黒色の体には赤褐色と黄色の斑紋があります。日本国内では北海道から九州まで分布しており、低山地の日当たりのよい岩場や低木の細枝のほか、人家の壁や軒下などにも巣を作ります。巣は、その付け根から一方向に伸びて、本種に特有の湾曲した舟形になります（写真-1）。



写真-1 コアシナガバチの営巣後期の巣

コアシナガバチの生活史の概略は次のとおりです。まず、春に越冬から覚めた女王バチが単独で巣作りを開始します。女王バチは、最初に一群のメスのハチ（働きバチ）を育て上げます。初夏になるとこれらの働きバチが成虫として羽化してきますが、それまでは、女王バチはすべての仕事（巣の建設、産卵、育児、採餌、防衛など）を単独で行います。初夏に羽化した働きバチ（札幌近郊では平均10個体前後）は、羽化した巣にとどまり、秋までに自分の弟や妹にあたる繁殖個体（オスバチと新女王バチ）を育てます。そして、交尾を済ませた新女王バチだけが、コロニー（巣で生活しているハチ集団の単位）の解散後に越冬に入ります（図-2）。

表-1 コロニーの女王バチ数とその交尾回数  
およびメスどうしの血縁度

巣番号	女王バチ数	交尾回数	血縁度*
3	1	1	0.855
4	1	1	0.778
6	1	1	0.837
14	1	1	0.712
23	1	1	0.477
26	1	1	0.632
30	1	1	0.670
34	1	1	0.791
40	1	1	0.757
43	1	1	0.728
49	1	1	0.856
54	1	1	0.886
67	1	1	0.684
68	1	1	0.686
69	1	1	0.666
平均	1	1	0.734

\* Queller and Goodnight (1989) の方法による

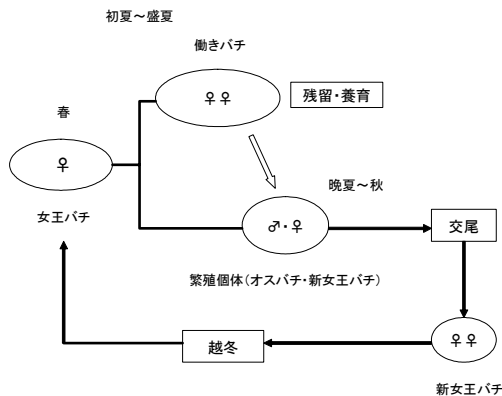


図-2 温帯におけるアシナガバチ類の基本的な生活史

### 分析結果とその解釈

8月上旬に札幌市郊外で、コアシナガバチの15コロニーを採集し、巣の中にあつた繭から羽化してきた各コロニー20個体のメス成虫を分析に用いました。巣から羽化した個体ですから、その巣で生まれ育つた個体であることが確かなはずで、分析は、DNAのマイクロサテライト遺伝子座(たとえば、ATATAT.....ATATなど短い塩基(A, T, G, C)の配列(この場合はAT)が繰り返している部分)の個体間にみられる遺伝子型の違いに着目して行いました。血縁度<sup>(2)</sup>および近交係数( $F$ : 近親交配の程度をあらわす指数)の計算は、コンピュータソフトウェア Relatedness 4.2<sup>(3)</sup>を用いて行いました。

その結果、分析したコロニーのうち、7コロニーにはすでに女王バチがいまいませんでしたが、すべてのコロニーがそれぞれ1個体の女王バチに由来する集団であることが分かりました。また、その女王バチは1回しか交尾しておらず、近交係数( $F$ )が $-0.088 \pm 0.167$ (標準誤差)と低かったため、その交尾相手のオスバチは近縁な個体(たとえば兄弟)ではないことが明らかになりました。今回の分析により、コロニー内のメスどうしの血縁度は平均 $0.734 \pm 0.028$ (標準誤差)と推定され、期待された0.75という血縁度の値と統計学的に差がないという結果でした(表-1)。

したがって、コロニーで早くに生まれたメス個体(働きバチ)にとっては、自分で繁殖して子を残すより、後から生まれる妹にあたるメス個体を多く育てる方が、自分の遺伝子のコピーを次世代に残すうえで有利になります。このような訳で、働きバチは自分の生まれた巣にとどまって、労働や防衛に携わっていると考えられるのです。

### おわりに

以上の結果は、あくまでも「血縁度」という指標にもとづいた一つの見方です。アシナガバチの社会にみられる利他行動の全体像を明らかにするためには、働きバチが血縁度の低いオスバチも同時に育てることや、働きバチ1個体が育て上げる繁殖個体(オスバチや新女王バチ)の数なども考慮に入れる必要があります。最近の研究では、血縁度以外の要因で「適応度(個体の生存率と繁殖率を掛け合わせたもの)」とよばれる要因に注目して、利他行動の進化を探る試みも行われてい

ます<sup>(4,5)</sup>。血縁淘汰説によれば、血縁度が高ければ利他行動は進化しやすくなるのですが、必ずしも血縁度が高くなるとも、利他行動の進化は起こり得るのです<sup>(6)</sup>。

最後になりますが、本研究は玉川大学の高橋純一博士との共同研究<sup>(7)</sup>であり、研究の遂行にあたっては、平成12～14年度文部科学省科学研究費補助金(課題番号12304048 研究代表者九州大学大学院理学研究院 粕谷英一助教授)の援助を受けました。

## 引用文献

- (1) 辻和希 (1998) ダーウィンを悩ませた社会性昆虫. 科学 68 : 959-969.
- (2) Queller, D. C. and Goodnight, K. F. (1989) Estimating relatedness using genetic markers. *Evolution* 43: 258-275.
- (3) Goodnight, K. F. and Queller, D. C. (1994) Relatedness 4.2. Goodnight Software, Houston
- (4) Queller, D. C. (1996) The origin and maintenance of eusociality: the advantage of extended parental care. In: S. Turillazzi and M. J. West-Eberhard (eds.) *Natural history and evolution of paper-wasps*, pp. 218-234. Oxford University Press, Oxford, UK.
- (5) Sayama, K. and Takahashi, J. (2002) Life insurance advantage by staying as workers in the social wasp *Polistes snelleni*. *Proceedings of XIV international congress of IUSSI*, p. 207.
- (6) Queller, D. C. and Strassmann, J. E. (1998) Kin selection and social insects. *Bioscience* 48: 165-175.
- (7) Sayama, K. and Takahashi, J. (2005) Mating structure and genetic relatedness among gynes in the primitively eusocial wasp *Polistes snelleni* (Hymenoptera: Vespidae). *Entomological Science* 8: 27-31.

## 研究レポート NO. 87

発行 平成18(2006)年3月15日  
編集 独立行政法人  
森林総合研究所北海道支所  
〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7  
電話(011) 851 - 4131  
FAX(011) 851 - 4167  
URL <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp/>

R100