

エサキムカシハナバチ（ハチ目：ムカシハナバチ科）の生態学的研究

松野，翔一

九州大学大学院生物資源環境科学府生物資源開発管理学専攻動物昆虫学講座昆虫学研究室

尾田，沙織

九州大学農学部生物資源環境学科生物資源環境科学コース農学分野

村尾，竜起

九州大学大学院生物資源環境科学府生物資源開発管理学専攻動物昆虫学講座昆虫学研究室

多田内，修

九州大学大学院農学研究院生物資源開発管理学部門動物昆虫学講座昆虫学研究室

<https://doi.org/10.15017/13901>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 64 (1), pp.7-18, 2009-02-27. 九州大学大学院農学研究院

バージョン：

権利関係：

エサキムカシハナバチ (ハチ目：ムカシハナバチ科) の生態学的研究

松野翔一¹・尾田沙織²
村尾竜起¹・多田内修^{3*}

³九州大学大学院農学研究院生物資源開発管理学部動物昆虫学講座昆虫学研究室
(2008年11月10日受付, 2008年12月5日受理)

Biological Studies of *Colletes esakii* Hirashima in Kitakyushu City (Hymenoptera: Colletidae)

Shoichi MATSUNO¹, Saori ODA², Ryuki MURAO³
and Osamu TADAUCHI¹

³Entomological Laboratory, Division of Zoology & Entomology,
Department of Applied Genetics & Management, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka, 812-8581 Japan

はじめに

エサキムカシハナバチはムカシハナバチ科 Colletidae のムカシハナバチ属 *Colletes* に属しており、1958年に鹿児島県奄美大島で初めて発見され、その後、神奈川県・石川県・福井県・鳥取県・兵庫県(松永、私信)・島根県・岡山県・福岡県において局地的に分布が確認されている。ムカシハナバチ属はオーストラリア区を除く全世界に存在しており、世界から330種 (Micherer, 2000)、日本からは6種 (Ikudome, 1989) が報告されている。そのうち、生態的知見について報告されているのはわずか10数種である。それらの中で、生態が詳細に解明されている種は、北アメリカに分布している *C. inaequalis* Say, *C. thracicus* Smith, *C. validus* Cresson (Batra, 1980)、および日本産のパバムカシハナバチ *C. babai* Hirashima et Tadauchi (郷右近, 1982) の4種のみである。このように本属ハナバチ類の生態の解明が進んでいない理由としては、他の地中営巣性のハナバチ類と同じく、

巣が容易に発見できないということが挙げられる。本種については、根来 (1986) が巣の観察をし、簡単な生態の報告を行っているにすぎない。本属ハナバチ類の生態的特性として、単独性で地中に営巣を行うこと、育房形成に際し腹部末端にあるデュフル腺から分泌したセロファン状の膜を育房の内壁に塗りつけコーティングすることが挙げられる。

2001年、福岡県北九州市小倉北区足立公園において、本種の大集団営巣地が発見され、その後、同市内の小倉北区青葉台公園・門司区萩ヶ丘公園・八幡東区桃園運動公園・戸畑区高炉台公園においても、同様の集団営巣地が発見された (上田, 私信)。本属が含まれるムカシハナバチ科は、中舌が短いという形態的特徴から最も原始的なハナバチ類と考えられており、このグループに属する種の生態を解明することは、ハナバチ類全体の習性進化を考察する上での基礎的資料になると考えられる。本報告で、2001年以降行ってきた北九州市でのエサキムカシハナバチの基礎的生態調査の結果をまとめる。なお本種の幼生期 (卵, 幼虫, 前蛹、

¹九州大学大学院生物資源環境科学府生物資源開発管理学専攻動物昆虫学講座昆虫学研究室

²九州大学農学部生物資源環境学科生物資源環境科学コース農学分野

¹Entomological Laboratory, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

²Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: tadauchi@agr.kyushu-u.ac.jp)

蛹)の形態については、すでに Muraio and Tadauchi (2005) で報告されている。

調査地および方法

1. 調査地の概要

前述の営巣地のうち、集団の規模が最も大きい福岡県北九州市小倉北区の足立公園で調査を行った。足立公園は足立山の西麓にある森林公園で、標高70mに位置し、周囲は主に住宅地に隣接している。エサキムカシハナバチは、足立公園内のアカマツと常緑樹の混合林内やその中の開けた裸地、および、歩道の斜面沿いに営巣地を形成していた。また、営巣地やその周辺の土壌は主に赤土から成っていた (Fig.1)。

なお、この集団営巣地は、付近の住民からの苦情を受け、2001年に北九州市立自然史・歴史博物館の上田恭一郎博士から九州大学昆虫学研究室に連絡があり確認されたものである。

2. 調査方法

(1) 生活史

生活史を解明するために、育房中の発育ステージを不定期に観察・記録し、冬季に採集した前蛹については、プラスチックタッパーに入れ、室温で簡易な飼育実験を行った。成虫の発生消長の調査は、2004年は発生が確認された7月10日から9月3日まで、約5日ごとに営巣地内にてスウィーピングを行い、雌雄別の個



Fig. 1. Nesting site of *Colletes esakii* at Adachi Park in Kitakyushu City.

体数をカウントした。また2008年には7月22日から9月10日まで、1m×1mのコドラート4区画に営巣する巣穴数をカウントした。

(2) 雌比率

2004年には成虫が初めて確認された7月10日に営巣地において1m×1mの区画で3cmの深さごとに土を掘り返し、得られた育房を解剖して雌雄を確認し、各個体数をカウントした。また、2007年には成虫が発見される前の7月に同様の調査を5cmの深さごとに掘り返し行った。なお、雌比率は雌個体数/(雌個体数+雄個体数)で計算した。なお雌雄は蛹の生殖器によって識別した。

(3) 巣の構造

巣の構造調査は、本種の営巣活動時期に行った。構造を把握するために、まず土盛り・巣口の直径を計測した。その後、巣穴に流動パラフィンを流し込んで型を取り、パラフィンが冷えて固まった頃に注意深く発掘した。なお、巣を発掘しながら、逐次育房の配列と深さを記録した。また、巣穴の掘り方を確認するため、活動期間の日中、営巣行動を行っているメス成虫個体を見つけ、その行動を観察し記録した。

(4) 営巣土壌の選好性

北九州市内の4営巣地4ヶ所5地点から土壌を採取し、成分分析を九州大学農学研究院土壌学研究室の和田信一郎助教授に依頼し、水分保持能力、成分、有機物含有量を調査した。

(5) 日周活動

調査期間中の好天日に、一日につき2~3個の巣穴に着目し、その巣の営巣者であるメス成虫にマーキングを施し、活動の開始から終了までの行動を出巣回数・採餌回数・出巣時間・採餌時間について観察し記録を行い、分析を行った。そして、どのような条件によって日周活動が制御されているかを気温・日照(気象庁資料に基づく)に関して検討した。

さらに、本種の日周活動の特徴を調べるために、既に詳細な生態の報告がある兵庫県のウツギヒメハナバチ *Andrena prostmias* Pérez および、島根県のミツクリフシダカヒメハナバチ *Andrena japonica* (Smith) (前田, 2000; 前田ら, 2004) と、活動時期・活動時間・定位飛行の有無・平均採餌回数・平均採餌時間・活動のピークの時間帯について、それぞれ比較を行った。

(6) 訪花性

訪花性を調査するために、雌の後脚刷毛に附着している花粉、掘り出した育房中の花粉、および活動時期

に営巣地付近での全開花植物の花粉を採取し、自然乾燥させて HITACHI 製 S-3000N 形走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察した。なお、後脚刷毛に付着していた花粉は、管瓶に入れ冷凍庫で凍死させた雌から採集したものをを用いた。九州以外の個体群 (福井県産) の訪花性の調査では、九州大学に保存されていた本種の雌標本の後脚刷毛に付着していた花粉を、同 SEM で観察した。

(7) 天敵と労働寄生者

天敵については2004年の発消長の調査で採集した成虫378個体を、実態顕微鏡 Nikon SMZ-U を用いて体表面を観察し、ダニ、ネジレバネ等の付着の有無を確認した。また、発掘した育房中の天敵の有無を確認した。労働寄生者については巣口の中に侵入する昆虫の有無を確認し、また2006年には掘り出した50個の育房内に労働寄生蜂が産卵していないか確認した。

結果と考察

1. 生活史

北九州市におけるエサキムカシハナバチの生活史を Fig.2 に示した。2004年は、雄は雌よりも5日早く7月10日に初見された。これは、前年の出現時期のデータである8月上旬よりも20日ほど早い出現だった。その後、雌を求めて営巣地でパトロール飛行する雄の数は、7月30日に最高に達し、8月5日には激減し、見かけなくなった。一方、雌は7月15日に初見され、その時には営巣行動も認められた。その後7月25日には最高に達し、9月の初旬には完全に姿を消してしまった。これらのことから、エサキムカシハナバチは雄が

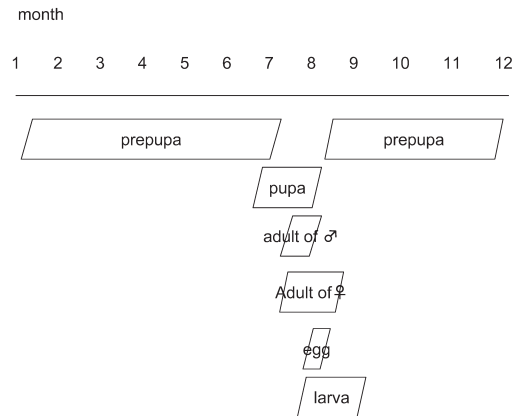


Fig. 2. Life history of *Colletes esakii* in Kitakyushu City.

早く出現し、成虫の活動時期は7月中旬から8月下旬までの約1ヵ月半の期間であることが明らかになった (Fig.3-a)。また、2004年の成虫の発生が前年より早かった原因として、前年に比べて春から気温が高く推移し (Table 1)、有効積算温度を早く消化できたことが考えられる。

一方2008年では出現が確認されたのが7月22日であり (Fig.3-b)、2004年に比べ遅かった。これは春から気温が低く推移したこと (Table 1) が理由と考えられる。

以上、巣の発掘と営巣地での活動調査から、本種は夏に出現する年1化性のハナバチであり、越冬態は前蛹であることが明らかになった。前蛹越冬は近縁種であるババムカシハナバチでも報告されている (郷右近, 1982)。また、本種は奄美大島では6月下旬に (常木, 1962)、神奈川県では8月初旬に採集されている (長瀬, 2004)。神奈川県の月平均気温は北九州市とほぼ同じくらいであるが、奄美大島ではかなり高めのため、成虫の出現時期も早まっていると考えられる。また、

Fig. 3-a

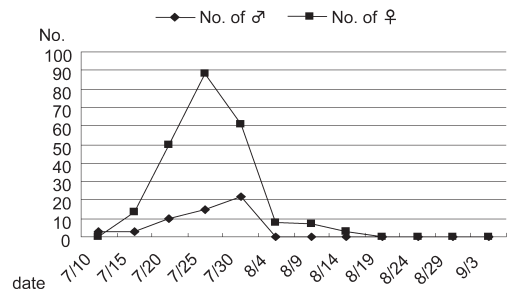


Fig. 3-b

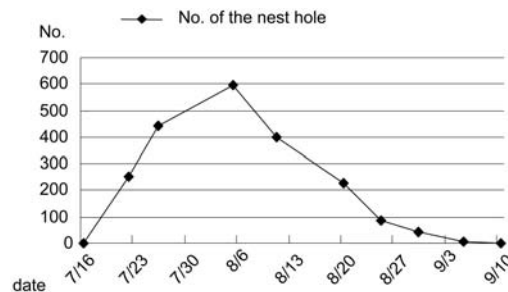


Fig. 3. Seasonal changes of the number of individuals (male and female) and nest holes of *Colletes esakii* in Kitakyushu City in 2002 (Fig.3-a) and 2008 (Fig.3-b).

Table 1. Monthly mean temperature (°C) in Yahata, Kitakyushu City in 2002, 2003 and 2008.

	2002	2003	2004	2008
Jan.	7.3	5.3	5.3	6.7
Feb.	3.6	7.4	8.2	5.3
Mar.	11.7	9.3	10.1	9.8
Apr.	16	15.5	15.7	14.4
May	18.8	19.3	20	18.9
Jun.	23.2	22.6	23.3	21.6
Jul.	27.6	24.6	28.1	
Aug.	27.5	26.6	28	
Sep.	23.9	24.8	24.1	
Oct.	17.9	17.7	18.1	
Nov.	10.4	15.3	14.3	
Dec.	8.3	8.7	9.9	

本種の生息が記録されている石川県、福井県、島根県では北九州市よりも月平均気温が低いため、出現時期は今回の調査結果よりも若干遅いものと思われる。

2. 雌比率

2004年には成虫出現直後の発掘で642個体の前蛹と蛹を採集した。そのうち雌雄の判別が困難である前蛹を除いた577個体中、雌は204個体であり、雌比率は約0.354 (204雌/204雌+373雄)であった。同様に2007年では雌比率が約0.370 (380雌/380雌+635雄)であり同等であった。近縁種であるババムカシハナバチでは雌比率0.346 (36雌/36雌+68雄)という記録があり(郷右近, 1982)、今回の調査結果とほぼ同じ値を示している。また、同じ地中営巣性のハナバチであるウツギヒメハナバチ *Andrena prostmias* では、ほぼ0.3であるという(前田, 2000)。その他のヒメハナバチ類の中でいくつか性が求められている(Miliczky & Osgood, 1995; Paxton & Tengo, 1996; 前田ら, 2004)が、いずれも1:1に近いかに雄に傾斜している。また、ツツハナバチ類ではほぼ共通して0.4前後であるという(前田, 1978)。

前田(2000)によると、同じ単独地中営巣性のハナバチであるウツギヒメハナバチでは、営巣期の後半には花粉資源の減少による花粉団子の軽量化に伴い、雄を多く生産している可能性が高いという。同様に、

Table 2. Various sizes (mm) of each part of the nest of *Colletes esakii* in Kitakyushu City.

parts	min.	max.	mean±SE(N)
hole	5	10	7.0±1.38(11)
main burrow	5.7-8.3	7.6-13.3	6.7±1.0(26) 9.7±1.3(27)
depth	25	279	126.2±64.7(24)
Length of the nest	71	526	249.8±140.6(23)
cell major axis	8.8	19.5	11.5±1.9(36)

Fig. 4-a

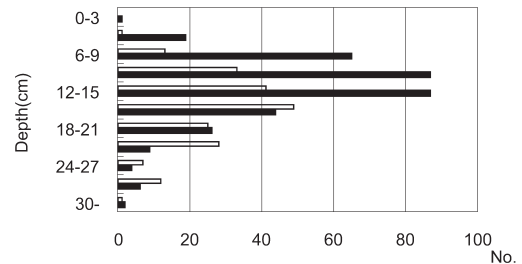


Fig. 4-b

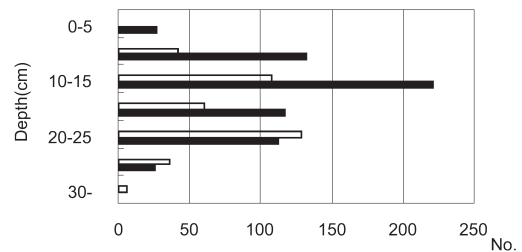


Fig. 4. The number of cells per depth (cm) in 2004 (Fig.4-a) and 2007 (Fig.4-b).

*Calliopsis pugionis*でもオスへの性比の傾斜の理由として餌量の欠乏を挙げている(Visscher, 1993)。今回の結果についても同様の理由が考えられる。ただしこの適応的でない性比になぜなるのか合理的な説明は成されておらず(Alcock *et al.*, 2005)、今後非常に興味深い課題である。

また、今回発掘したエサキムカシハナバチの育房表面からの深さは、3~33cm(平均14.1cm; N=642)であった(Table 2)。雌雄別に見ると、雄の育房の平均の深さは12.7±5.0cm(N=373)、雌は16.6±5.5

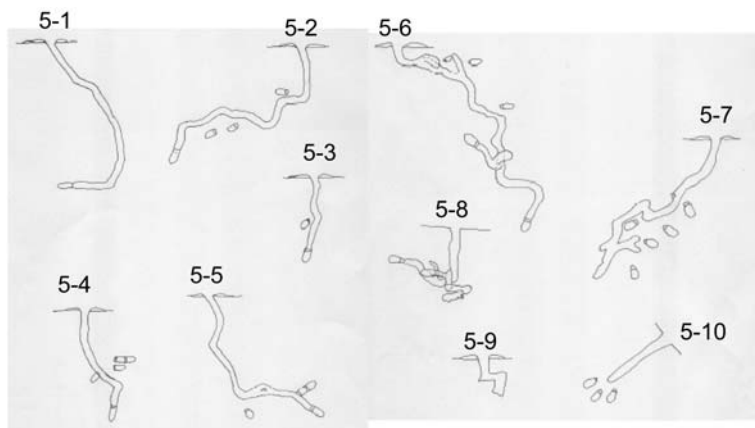


Fig. 5. Nest structure of *Colletes esakii*. 5-1, 5-2, 5-3: Single main burrow; 5-4, 5-5: two cells connected; 5-5, 5-6, 5-8: burrow remained without burial by soil; 5-9, 5-10: buried burrow in the ground after nesting.

cm (N=204) であり、雄のほうが雌よりも浅めのところに産みこまれている傾向が見られた (Fig.4-a). この傾向は2007年でも見られ、こちらでも雄のほうが浅めに産みこまれていた (Fig.4-b). この結果および地中の深いところから産卵する行動を考えると、花粉資源が豊富な初期に雌を多く産卵するという推論を支持できるかもしれない。

3. 巣の構造

ムカシハナバチ属 *Colletes* の巣の構造については、外国産種で比較的多く知られている (Malyshev, 1935, 1968; Stephan *et al.*, 1969; Tsuneki, 1970; Batra, 1980). また、岩田 (1971) はそれまでの習性既知種10数種について、その構造の簡単な比較を行っている。ババムカシハナバチの巣の構造については富樫 (1953) や郷右近 (1982) によって報告されている。しかし、エサキムカシハナバチの巣の構造は根来 (1986) によって簡単な報告がなされたのみである。今回足立公園において25巣を発掘した結果、断片的ではあるがいくつかの新知見が得られた。

(1) 土盛りと巣口

足立公園で観察したエサキムカシハナバチの巣口近くの土盛りの形状に違いは見られなかった。郷右近 (1982) は、ババムカシハナバチでは様々な形の土盛りが見られることを報告している。本種とババムカシハナバチの類似点としては、ババムカシハナバチの土盛りで雌が掘坑する際に明瞭な溝ができるが (郷右近,

1982) 本種でもわずかではあるが同じような溝のある土盛りが見られた。土盛りは非常にもろく、乾燥した細かな土で造られており、営巣終了後数日で風や雨により消失し巣口のみが残る。しかし、この巣口もまた数日経過すると周辺から土砂が流入し、その位置はまったく判別が困難となる (Fig.5-9)。巣口は巣が傾斜地 (Fig.5-10)、平坦地のいずれに掘坑された場合であっても、常に地表面に対して平行に開口していた。また、巣口は正円に近い形 (平均長径7.8mm, 平均短径6.4mm; N=11) であり、土盛りの中心からずれた場所に位置していた。これは入り口からの主坑が傾斜して穿坑されるからである。

(2) 主坑と側坑

主坑の幅は6.0~13.3mmで、25~279mmの深さまで蛇行しながら掘り下げられていた (Table 2)。主坑は平均直径が8.2mm (N=27) で、上部は細く下部は滑らかに掘られていた。側坑はほとんどの巣で埋められていた (Fig.5-1~5-5) が、いくつかの巣では放射状に数本掘り込まれているのが確認できた (Fig.5-6~5-8)。また側坑の一部からさらに別の側坑が掘り込まれたと思われるものが2巣で見つかった (Fig.5-6, 5-8)。

以上の結果から、Batra (1980) が示した *C. inaequalis*, *C. thracicus*, *C. varidus* の主坑の深さとほぼ同じくらいであり、エサキムカシハナバチの主坑は、ババムカシハナバチの主坑の幅5.0~8.0mm, 長さ1.5~4.0cm (郷右近, 1982) に比べかなり太いこ

となる。また、本種の巣の構造は非基点分岐型と思われる。

ババムカシハナバチの成虫の体長（雄8～9mm、雌10～11mm）は、エサキムカシハナバチ（雄9～10mm、雌11.5～13mm）に比べて特に雌が小さい。*C. inaequalis*（雄12mm、雌13mm）、*C. thracicus*（雄12mm、雌14mm）、*C. varidus*（雄12mm、雌13mm）は雌について言えばエサキムカシハナバチとほぼ同じ大きさである。

(3) 育房

ムカシハナバチ属の育房は、透明でしかも耐水性のあるセロファン状の薄膜で作られていることが報告されている。Batra (1980) により、この薄膜は雌のデュフル腺から分泌された液体を、雌自身が育房内壁に中舌で塗りつけ、凝固したものであることが明らかになった。また、その成分は天然のポリエステルであるという (Hefetz *et al.*, 1979; Batra, 1980)。

育房をコーティングしているセロファン状の薄膜の上端は育房入り口から若干はみ出し、坑の一部にまでコーティングが見られた。育房は前述の主坑や側坑の先端、または主坑に沿うように配置されていた。造りかけの育房はもっぱら主坑の先端部にあり、貯食は花粉のみであった。ムカシハナバチ属の1巣中の最高育房数は、岩田 (1971) によれば *C. pateratus* で7個、*C. inaequalis* で11個、*C. daviesanus* で20個、配列は各側坑に単房 (*C. cillatoides* ほか4種)、または2～8房 (*C. araucaria* ほか5種) を直列させるといふ。さらに Batra (1980) は *C. thracicus* で9個、*C. validus* で6個、*C. inaequalis* で7個が最高育房数で、いずれも各側坑に単房を設けると報告している。エサキムカシハナバチの育房数は0～5個であった (平均3.3個; N=20)。ほとんどが単房で、25巣中わずか2巣からのみ2房直列タイプの育房が観察された (Fig.5-4, 5-5)。

以上のことから、坑の先端に育房を造り終えると、また新たな坑を掘りはじめ、古い坑は側坑となり土で埋められ、新たな坑が主坑となって残るのだろうと考えられる。なお、平均育房数については、密集のためにどの巣の育房か判断がつかないものをカウントしていないことと、貯食中の未成熟巣も含まれているため、実際は若干増えるものと思われる。

(5) 日中の営巣行動

観察の結果、日中の営巣行動について以下の行動を行うことが確認できた。

a. 巣口周囲の土を堆積させる場所において、後脚

で溝を作るようにして整地を行う。

b. 土中では土を腹部背面に乗せ、その状態で巣口から後向きに出て来て、その土を地面に落とす。

c. 前脚で落とした土をかき集めながら、広げた後脚の間から後方へかき出す。

このとき、これら a～c を何度も繰り返す様子が観察できた。ただし、ときに a および c を行わず、土から土をかき出す作業に専念する行為も確認できた。また、この営巣活動は昼夜問わず行われている模様で、あまり休息はないように思われる。また本種の営巣行動について、ほぼ同様の観察結果がババムカシハナバチでも報告されている (郷右近, 1982)。今後、飼育方法を確立できれば、巣内での活動の様子なども観察できるようになるだろう。

4. 営巣土壌の選好性

地中営巣性のハナバチ類は、一般的に日当たりがよく土壌表面に丈の低い草が疎らまたは適当に生育する水はけの良好な場所を選択することが知られている (前田, 2000)。これらの条件に加えて、さらに有機物の多い土壌は営巣地として好まれないという報告がある (Osgood, 1972)。ババムカシハナバチでは、よく踏み固められた粘土質の空き地でわずかのイネ科植物とヒメジョオン *Erigeron annuus* などが生育している場所 (富樫, 1953) や、粗い砂と粘土が混じりあった湿った土壌で午前中だけ日が当たる林の中の裸地 (郷右近, 1982) に営巣していたという。

エサキムカシハナバチの今回の調査地について、日当たりに関しては営巣範囲が広いため1日中直射日光にさらされる場所と、高木が生え直射日光がほとんど差し込まない場所とがあった。活動初期にはもっぱら直射日光のよくあたる場所に多く営巣しており、その後徐々に日陰での営巣数が増え、8月初旬には活動の中心は日陰に移っていた。日当たりが悪い場所では成虫の出現が遅れることはウツギヒメハナバチでも示唆されている (前田, 2000)。

本営巣地は土壌表面には丈の低い草が疎らに生育しており、また水分保持率 (降雨直後のように土の間隙が水で飽和された後、重力によって24時間程度自然に排水されたときの土壌1kgあたりの水分含有量) は 200gkg^{-1} 台という一般的な値を示しており、水はけも悪くはなかった (Table 3)。次に土壌中の有機物含量だが、1地点以外は有機体炭素含量が 10gkg^{-1} 前後という表土としては極めて低い値を示していた (Table 4)。あとの1地点では 79gkg^{-1} であり、これ

は国内の森林土や農耕地の表土並みの値を示していた。

日当たりの違いによる活動時期のずれは、先に出現した個体が日当たりのよい場所を選好したために後から出てきた個体は日陰にしか営巣出来なかったからなのか、もしくは単に自分が出て来た場所の近くに営巣する習性があり、日向に比べて有効積算温量を消化できにくい日陰では出現が遅れただけなのか、興味深い問題を含んでいる。

土壌の成分については特にこれといった特徴は見られなかった。今の段階では特に土壌の成分にこだわりを持っているとは断言できず、さらに詳しく調べてみる必要がある。

5. 日周活動

2006年の調査期間のうち、降雨、夕立などの影響を受けずに観察できたのは7日間15個体であった。

今回の調査により Fig.6 のような日周活動の結果が

Table 3. -30kPa moisture contents of soil at five points from four nesting places of *Colletes esakii* in Kitakyushu City. A: clay loam; B: clay loam; C: sandy soil; D: silty soil; E: silty soil.

A	233
B	221
C	46
D	290
E	287

-30kPa moisture content/gkg⁻¹

Table 4. pH of soil, organic carbon and exchangeable cation composition at five points from four nesting places of *Colletes esakii* in Kitakyushu City.

sample	pH	organic carbon	exchangeable cation composition			
			Ca	Mg	K	Na
		gkg ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			
A	5.72	79	2.85	0.66	0.33	0.31
B	5.45	7	1.57	0.27	1.51	0.29
C	8.27	12	47.52	3.07	5.05	1.73
D	5.14	9	0.67	3.52	1.05	0.46
E	5.39	11	1	6.04	1.15	0.36

得られ、本種について、活動時間が8時頃から19時頃までであること、14時頃にはあまり出巢しないこと、9時頃と16時頃の2回にわたり活動のピークがあることが明らかになった。また、最初の出巢の際に自巢を

Fig. 6-a

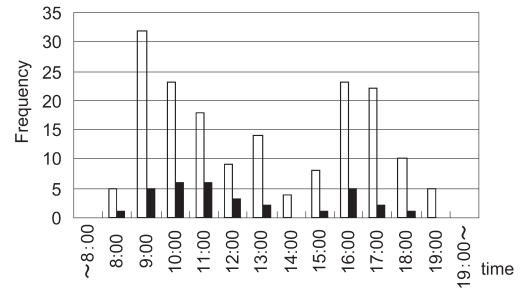


Fig. 6-b

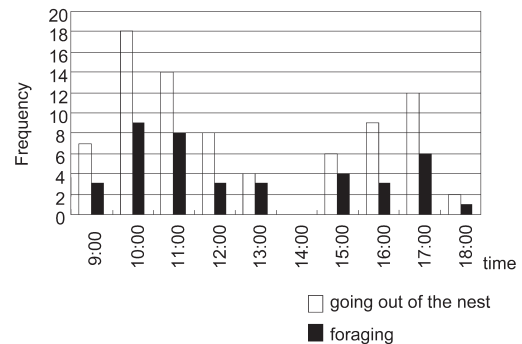


Fig. 6. Daily activity (the frequency of going out of the nest and foraging) of *Colletes esakii* in 2006 (Fig.6-a) and 2007 (Fig. 6-b).

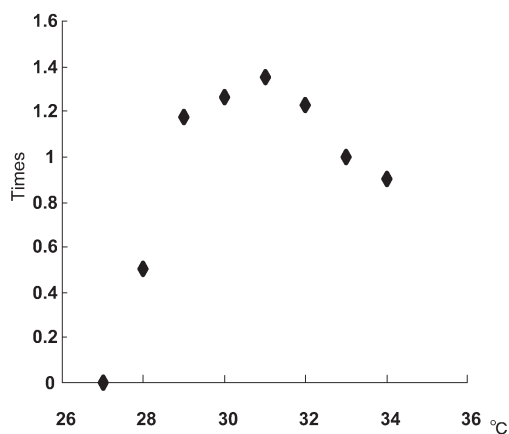


Fig. 7. Relation between temperature every hour (°C) and the frequency of going out of the nest (times) for *Colletes esakii*.

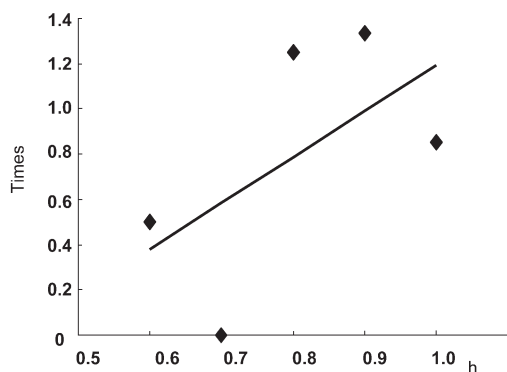


Fig. 8. Relation between mean sunshine time per hour (h) and the frequency of going out of the nest (times) for *Colletes esakii*.

認識するための定位飛行が行われること、および、帰巣時に自巣を間違ふことは稀で、もし間違ふ場合はその巣からすぐに出てくることがそれぞれ観察できた。自巣を間違わないことはムカシハナバチ科の *Crawfordapis luctuosa* についても報告されている (Wuellner *et al.*, 1996)。

さらに、各行動の回数および時間の平均を調べたところ、平均出巣回数は 11.6 ± 3.4 回 (mean \pm SD)/日、平均採餌回数は 2.3 ± 1.2 回/日、採餌時間を除く平均出巣時間は 6.1 ± 5.8 分/回、平均採餌時間は 21.6 ± 8.3 分/回、最初の出巣から最後の帰巣までの時間を表す

Fig. 9-1

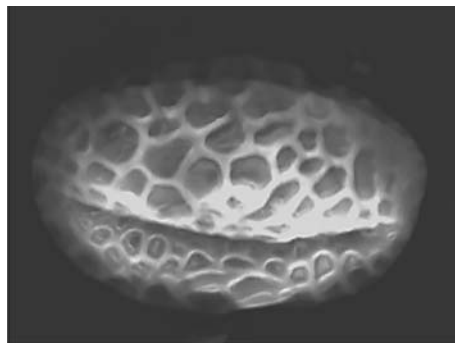


Fig. 9-2

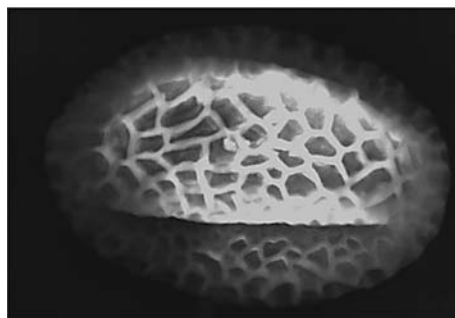


Fig. 9-3

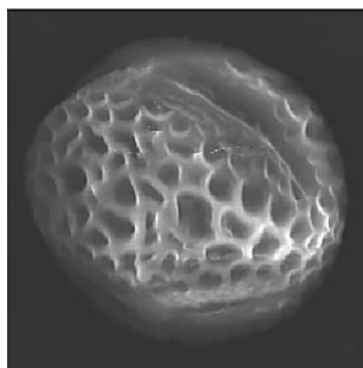


Fig. 9. Shape of pollen grains. 9-1: Shape of pollen grain carried by a female of *Colletes esakii* collected at the Adachi park in Kitakyushu City; 9-2: Shape of pollen grain of *Zanthoxylum ailanthoides*; 9-3: Shape of pollen grain carried by female of *Colletes esakii* collected in Fukui Prefecture.

平均活動時間は 537.9 ± 57.9 分/日であった。また、平均採餌時間にもみ個体間に 5% 水準で有意な差があった。このことから個体ごとに採餌場所が異なる可能性

が示唆された。この可能性はミツクリフシダカヒメハナバチでも示唆されている(前田ら, 2004)。他にも、採餌ではない短時間の出巢が多いこともわかったが、この出巢が何をするためのものかは今回明らかにすることは出来なかった。

2007年の同様の観察(2日9個体)においても活動時間と活動のピークは同等であった(Fig.6)が、平均出巢回数(9.3±2.0回/日)および平均採餌回数(4.4±1.1回/日)に差異があった。これは特に採餌について刷毛に付着する花粉の量が極端に少ないとき見落とす可能性が考えられる。

また、夕立など雨が降ってきた場合、一部その場を飛び続ける個体も見受けられたが、ほとんどは巣に入ってしまった。また、採餌に向かっていた個体はしばらく経っても帰って来ず、中にはそのまま自巢を放棄する個体も観察された。これは、定位飛行によって認識していた巣口付近のランドマークが降雨などにより大幅に変わってしまったことが原因だろう。また、巣の認識としてフェロモンを使っている(Hefetz *et al.*, 1979)とすれば雨によって攪乱されたとも考えられる。

次に、一日の中での活動パターンにおける個体差の有無、時期による活動の個体差の有無を調べるため、それぞれ採餌回数および出巢回数について χ^2 検定を行ったところ、どちらにおいても個体間に5%水準で有意差は認められなかった。つまり、2006年の7日間の15個体はすべて同様の日周活動を行っていると考えることが出来た。よって、個体や時期に関わらず、気温および日照と日周活動との関係を推察することができた。その結果をFig.7およびFig.8に示した。

まず、時間平均気温と出巢回数の関係について、Fig.7のように28℃以下では活動性が低いこと、31℃前後に活動のピークがあること、さらに、気温が高すぎることで活動性が損なわれる傾向が見られることがわかった。つまり、活動に適した気温帯があることが考えられる。これは、気温が最も高くなる14時前後に出巢する個体が非常に少ないことから推察できる。次いで、時間平均日照と出巢回数の関係については有意な相関はないという結果になった(Fig.8)。ただし、これら気温と日照の値は気象庁資料(北九州市八幡)に基づくものであるため、本営巣地の環境を直接的に表すものではなかった。今後は、営巣地の微環境により配慮してデータを収集することで、さらに正確な結果を得ることができると思われる。これらを考慮し、日周活動を制御する要因として考えることが出来る日長や、花粉源とされるカラスザンショウの開花生理お

よび地表温度などについても今後調査を行うと興味深い結果が得られるかもしれない。

次に、本種の日周活動の特徴を考察するために、詳しい生態の報告がなされている兵庫県のウツギヒメハナバチと島根県のミツクリフシダカヒメハナバチ(前田, 2000; 前田ら, 2004)と比較した。本種の特徴として、午前と午後2回活動のピークがあること、8時頃から19時頃までの長時間にわたる活動を行うこと、採餌回数が少ないこと、採餌時間が短いことが比較の結果明らかになった。考えられる理由としては、上述のように花粉源の開花生理などが挙げられる。

本種は前述のとおり日本全国に局所的に分布し、また、夏に活動する珍しいハナバチである。日周活動およびそれを制御する要因をさらに調査することで、このような分布をする理由、および花粉資源が春に比べると乏しい夏に活動している理由を解明することができると思われる。

6. 訪花性

エサキムカシハナバチの訪花性については、富樫(1986)がツクシハギ *Lespedeza homoloba* Nakai (マメ科)への(雌雄は無表記)、また、長瀬(2004)がボタンボウフウ *Peucedanum japonicum* Thunb. (セリ科)への雌の訪花を報告しているだけでほとんど記録がない。一方、パバムカシハナバチでは育房中の花粉は主にクリ *Castanea crenata* Sieb. et Zucc. (ブナ科)であり、また、シロツメクサ *Trifolium repens* L. (マメ科)に訪花していたという記録がある(郷右近, 1982)。また、秋に出現する本属の他の種については、ヨメナ *Kalimeris yomena* Kitam.などのキク科植物の花に主に訪花することが知られている(宮本, 1961; 幾留, 1979; ほか多数)。また、幾留(1979)は本属がキク科への強い選好性を示すことを強調している。

エサキムカシハナバチの出現と同時期に足立公園にて確認することができた主な開花植物は、カラスザンショウ *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc. (ミカン科)、シロツメクサ *Trifolium repens* L. (マメ科)、フヨウ *Hibiscus mutabilis* L. (アオイ科)、アジサイ *Hydrangea macrophylla* f. *macrophylla* Thunb. (ユキノシタ科)、ヒメジョオン *Erigeron annuus* L. (キク科)、ホルトノキ *Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus* Thunb. (ホルトノキ科)であった。

SEMによる観察の結果、花粉荷のほとんどすべて

をカラスザンショウと思われる花粉で占めていた。エサキムカシハナバチの保持していた花粉 (Fig.9-a)、およびカラスザンショウの花粉 (Fig.9-b) の大きさはいずれも25~30 μm で、外壁の模様は網目状であり網目の大きさもほぼ同様であった。また、今回使用した花粉試料は、乾燥により収縮し(岩波, 1980)発芽口部分が陥入して出来たと思われる2本の溝がほぼ同様な形で観察された。さらに、福井県で採取された雌成虫の後脚刷毛に付着していた花粉の形態を観察したところ、こちらも同様にほとんど1種類の花粉で占められており、さらにその花粉の形態がカラスザンショウの花粉に酷似していた (Fig.9-c)。このことからエサキムカシハナバチは、北九州市と福井県の個体においてカラスザンショウを利用していることが明らかになった。

また、本種が営巣初期のカラスザンショウが開花する前の時期には、営巣地付近に開花するホルトノキに訪花していたことが2008年に観察されたことや、上述のように石川県や神奈川県においてマメ科やセリ科に訪花していたという報告から、本種は訪花植物を特定しているわけではなく、開花量が多く採餌効率の高い営巣地付近の適当な植物を利用していると考えられる。

7. 天敵と労働寄生者

ムカシハナバチ属の天敵として、Batra (1980) はバクテリア、カビ、線虫、ダニ、寄生バエ、ツチハンミョウ、ネジレバネ、アリなどを報告しており、郷右近 (1982) は日本産のババムカシハナバチにおいて、寄生菌とツチハンミョウの1種を報告している。そのほか、石川県において、オニヤンマ *Anotogaster sieboldii* Selys やオオシオカラトンボ *Orthetrum triangulare melania* (Selys) がエサキムカシハナバチの営巣地上を飛び回り、帰巣したエサキムカシハナバチを捕獲しようと試みる行動が観察され、捕食者であろうと推測されている (富樫, 1991)。2004年に採集した個体 (N=378) の体表面を顕微鏡で観察したが、それら天敵の付着は1例も確認でなかった。捕食者としては、スズメバチ類が営巣地上を飛翔しているのがよく目に付いた。その他に、集団営巣地内で一緒に営巣しているクロヤマアリ *Formica japonica* Motschulsky がしきりに本種を巣に運んでいる姿を見た。そのため、アリの巣のそばには多数の本種の死体が転がっていた。運ばれていたのは死んだ成虫がほとんどであったが、中には生きてそのままアリに運ばれている個体もいた。

次に、エサキムカシハナバチの労働寄生者は、石川県にある本種の営巣地における調査でヨコジマコバネヤドリニクバエ *Cylindrothecum angustifrons* (Townsend, 1932)、ヒトホシアリバチ *Smicromyrme lewisi* Mickel、シロモンヤドリハナバチ *Epeolus melectiformis* Yasumatsu が本種の巣に侵入しようと試みていたことが報告されている (富樫, 1991)。また、前田はババムカシハナバチに寄生するシロモンムカシハナバチヤドリが本種にも寄生すると推測している。しかし、今回の調査ではこれらの昆虫を営巣地にて採集することではなかった。また、発掘調査により、育房の内壁を観察したが、労働寄生者によると思われる産卵の形跡も確認されなかった。一方で、三田井 (私信) によると、2005年に本営巣地において *Epeolus* sp. が1個体確認されている。ただし、推定約10万個体と考えられる規模のこの大集団営巣地において、確認された労働寄生者がこの1個体だけということは、寄生率は極めて低いと言える。

上述のように大規模な集団営巣地は、労働寄生者や天敵にとって格好の場所であると考えられるが、今回はこれらを見ることが出来なかった。同様に、神奈川県の集団営巣地においても特定の寄生蜂は見つっていない (長瀬, 2004)。どのような理由で今回の調査地である足立公園の近郊に、労働寄生者および天敵があまり生息していないのかを、今回の調査結果からは判断することはできない。しかし、今後も複数の営巣地で引き続き調査を行うことで明らかにしたいと考えている。

要 約

本論文はエサキムカシハナバチ *Colletes esakii* Hirashima の生活史、性比、巣の構造、営巣地と土壌成分、日周活動、訪花性、天敵と労働寄生者について記述した。本種の生態調査は2004、2006、2007年の7月から9月にかけて福岡県北九州市の足立公園内で行った。

1. 巣の発掘と、簡易飼育実験、営巣地での定期的な成虫の活動調査を行った結果、本種は北九州市において盛夏 (7月中旬~8月下旬) に出現する年1化性種であり、前蛹で越冬することが明らかになった。
2. 本種の雌比率は0.354 (2004年) および0.370 (2007年) であった。また、雄は雌より浅い場所に産みつけられていた。
3. 1巣中の平均育房数は3.3個であった。育房は

主坑に沿うように1.5~33cmの深さに単房か、2房直列の形で造られていた。また、巢内の土のかき出し方、整地の仕方など、日中の営巣行動の様式が確認できた。

4. 裸地や林の中に営巣しており、水はけはよく、営巣土壌の有機物含量は低めであった。
5. 日周活動では、長い活動時間、活動のピークの時間帯（午前と午後2回）、採餌時間が短いこと（ 21.6 ± 8.3 分）が特徴的であった。
日周活動に個体間で有意な差はなかった。
日周活動と時期・日照の間に相関はなかった。
巢外での活動に適した気温帯（ $28^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 台半ば）があることが示唆された。
6. 育房中に含まれる花粉粒はほぼすべてがカラスザンショウであった。したがって、北九州市における個体群はカラスザンショウを利用していることが明らかになった。
7. 天敵、労働寄生者については今回の調査ではとくに発見できなかった。

謝 辞

本稿を進めるにあたり、貴重な情報を提供いただき、研究を進めるにあたり御協力をいただいた北九州市立自然史・歴史博物館の上田恭一郎博士、また、試料の分析でご協力いただいた九州大学農学研究院土壌学研究室の和田信一郎准教授、調査にご助言をいただいた九州大学昆虫学教室の紙谷聡志准教授、三田井克志博士に深謝の意を表します。またさまざまな協力をしていただいた九州大学昆虫学教室諸氏に厚くお礼を申し上げます。本論文は九州大学昆虫学教室業績No.63である。

文 献

- Alcock, J. et al. 2005 Seasonal change in offspring sex and size in Dawson's burrowing bees (*Amegilla dawsoni*) (Hymenoptera: Anthophorini). *Ecol. Ent.*, **30**: 247-254
- Batra, S. W. T. 1980 Ecology, behavior, pheromones, parasites and management of the sympatric vernal bees *Colletes inaequalis*, *C. thracicus* and *C. validus*. *J. Kansas Ent. Soc.*, **53**: 509-538
- 郷右近勝夫 1982 ババミツバチモドキ (*Colletes babai* Hirashima et Tadauchi) の生態に関する研究. げんせい, **42**: 19-32
- Hefetz, A. et al. 1979 Linalool, neral and geranial in the mandibular glands of *Colletes*

bees—an aggregation pheromone. *Cell. Mol. Life Sci.*, **35**: 319-320

幾留秀一 1979 高知県土佐郡土佐山村におけるハナバチ類の生態的調査. 昆虫, **47**: 416-428

Ikudome, S. 1989 A revision of the family Colletidae of Japan (Hymenoptera). *Ins. Minami-kyushu Reg. Sci. Kagoshima Women's Junior Coll.*, **5**: 43-314

岩波洋造 1980 花粉学. 講談社. 東京

岩田久二雄 1971 本能の進化—蜂の比較習性学的研究—. 真野書店

前田泰夫 1978 ニッポン産ツツハナバチ類の比較生態学的研究 特に花粉媒介昆虫としての利用とマネージメントについて. 東北農業試験場研究報告, **57**: 1-221

前田泰夫 2000 但馬・楽音寺のウツギヒメハナバチその生態と保護. 海游舎, 東京

前田泰夫・藤原光博・北村憲二 2004 ミツクリフシダカヒメハナバチの生態的知見. 昆虫ニューシリーズ, **7**: 155-172

Malyshev, S.I. 1935 The nesting habitat of solitary bees. A comparative study. *Eos*, **11**: 201-309

Malyshev, S.I. 1968 *Genesis of the Hymenoptera and the Phases of Their Evolution*. Methuen.

Michener, C.D. 2000 *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London

Miliczky, E.R. and E.A. Osgood 1995 Bionomics of *Andrena (Melandrena) vicina* Smith in Maine and Washington, with new parasite record for *A. (M.) regularis* Malloch and review of *Maelandrea* biology. *J. Kansas Ent. Soc.*, **68**: 51-66

宮本セツ 1960 *Colletes*, *Hylaeus*, および *Epeolus* 属花蜂の訪花性について. 昆虫, **28**: 123-130

Murao, R. and O. Tadauchi 2005 Description of immature stages of *Colletes esakii* (Hymenoptera, Colletidae). *Esakia*, **45**: 55-60

長瀬博彦 2004 神奈川県昆虫誌Ⅲ, ハチ目. 神奈川県昆虫談話会, 1241-1326

根来 尚 1986 エサキミツバチモドキの営巣に関する一観察. 蜂友通信, **24**: 1-2

Osgood, E.A., Jr. 1972 Soil characteristics of nesting sites of solitary bees associated with the low-bush blueberry in Maine. *Maine Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, **59**: 1-8

Paxton, M.J. and J. Tengo 1996 Intradinal mating, emergence, and sex ratio in a communal bee *Andrena jacobii* Perkins 1921 (Hymenoptera: Andrenidae). *J. Insect Behav.*, **9**: 421-440

Stephan, W.P., G.E. Bohart and P.E. Torchio 1969 The biology and external morphology of bees. *Oreg. Agr. Exp. Stn.*

- 富樫一次 1953 *C. yankowskyi* Radoszkowski の習性. 新昆虫, **6**: 17-18
- 富樫一次 1986 ツクシハギの訪花昆虫. 石川県農業短期大学報告書, **16**: 1-3
- 富樫一次 1991 石川県産ムカシハナバチ類の分布資料. 福井虫報, **8**: 21-25
- 常木勝次 1962 奄美大島採蜂記 (1). 生物研究(福井), **6**: 13-17
- Tsuneki, K. 1970 Bionomics of some species of *Megachile*, *Dasyroda*, *Colletes*, and *Bombus* (Hym. Apoidea). *Etizenia*, **48**: 1-20
- Visscher, P.K. 1993 Biology of *Calliopsis pugionis* (Hymenoptera: Andrenidae): Nesting, foraging, and investment sex ratio. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **86**: 822-832
- Wuellner, C.T. *et al.* 1996 Floating and fidelity in nest visitation by *Crawfordapis luctuosa* (Hymenoptera: Colletidae). *J. Insect Behav.*, **9**: 493-504

Summary

We investigated the biology of the solitary digger bee, *Colletes esakii* Hirashima at Adachi Park, Kitakyushu City, Fukuoka Prefecture, Japan in 2004, 2006 and 2007. The following results were: (1) This colletid bee is univoltine, being active mainly in the midsummer, and hibernates as prepupa stage. (2) The female ratio was about 0.36. (3) The number of cells per nest was 3.3. Cells were constructed by a single or double connection, and situated at the end of the main burrow or at sloping laterals that radiated spirally from the main burrow, at a depth of 1.5-33 cm. (4) Nests were found at a nearly uncovered place with sparse low bush and an open place. Soils were well drained and the organic matter content was relatively low. (5) In daily activity, the active time (8 a.m. to 7 p.m.) and the peak of activity was 2 times in the morning and afternoon. (6) The pollen grain involved in provisioning was mostly recognized as *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc. In this study area, this species collected and used the pollen of this plant. (7) Natural enemies and cleptoparasites were not found.