

送粉昆虫マイマイツツハナバチの営巣習性

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
著者	香取, 郁夫 田丸, 真弓 横井, 智之
巻/号	54巻2号
掲載ページ	p. 77-84
発行年月	2010年5月

送粉昆虫マイマイツツハナバチの営巣習性

香取 郁夫^{1,*}・田丸 真弓¹・横井 智之²

¹ 近畿大学農学部昆虫生態制御学研究室

² 岡山大学大学院環境学研究科昆虫生態学研究室

Nesting Habits of a Pollinator: *Osmia orientalis* (Hymenoptera: Megachilidae). Ikuo KANDORI,^{1,*} Mayumi TAMARU¹ and Tomoyuki YOKOI² ¹Laboratory of Entomology, Faculty of Agriculture, Kinki University; Naka-machi, Nara 631-8505, Japan. ²Laboratory of Insect Ecology, Graduate School of Environmental Sciences, Okayama University; Okayama 700-8530, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 54: 77-84 (2010)

Abstract: *Osmia orientalis* has potential as a crop pollinator and this study examined its curious nesting habits. They were successfully induced to nest in empty snail shells placed in a field (19.8% nesting rate). The nesting rate was higher for larger shells of *Euhadra amaliae* than for smaller shells of *Satsuma japonica*. The rate was also higher for intact than damaged shells, but was not affected by the freshness of the shells. As a nesting environment, the insects preferred grass fields rather than denuded areas, spaces adjacent to buildings, or a forest edge. The overall sex ratio of *O. orientalis* within the shell nests was male biased (59.2% males). The sex distribution within the shell nests was as follows: when *O. orientalis* nested in *S. japonica* shells, all cells contained males; when they nested in *E. amaliae* shells, the innermost and second innermost cells were highly male biased, while the ratio of females increased gradually toward the outermost cells and was highest in the second outermost cells, while the male ratio recovered in the outermost cells. Finally, we discuss the possibility of using and the methods of managing *O. orientalis* as a crop pollinator.

Key words: Solitary bee; snail shells; sex ratio; sex distribution; preference for shells

緒 言

現在、作物のポリネーター（送粉者）として産業的に利用されている昆虫にはセイヨウミツバチ *Apis mellifera*、マルハナバチ属 *Bombus* spp.、単独性ハナバチの一部などが挙げられる。近年の世界的ミツバチ不足はミツバチ以外のハナバチ類の利用促進を一層推し進めている（例えば、Bosch and Kemp, 2002; Cane, 2005）。

単独性ハナバチの中でも特にマネージメント（飼養管理）が進んでいるグループの一つにツツハナバチ属 *Osmia* spp. が挙げられる。ツツハナバチ属の果樹園における最初の利用は日本のリンゴ園におけるマメコバチ *O. cornifrons* であった（例えば、Maeta and Kitamura, 1964, 1965）。現在、青森、長野の大半のリンゴ園でマメコバチによる送粉が行われ、オウトウや和ナシなどでも利用されている（例えば、Sekita and Yamada, 1993）。また、アオツツハナバチ *O. lignaria* は北アメリカでアーモンド、リンゴ、オウトウ、アプリコットの送粉に利用され（例えば、Torchio, 1985; Bosch

and Kemp, 1999）、*O. cornuta* はヨーロッパでアーモンド、リンゴ、洋ナシの送粉に利用されている（例えば、Bosch, 1994a; Maccagnani et al., 2007）。その他、*O. ribifloris* (Sampson and Cane, 2000)、*O. rufa* (Krunic and Stanisavljevic, 2006)、*O. aglaia* (Cane, 2005) など多くのツツハナバチ属が現在すでに実用化されているか、その利用が検討されている。

ツツハナバチ属のマネージメントが進んでいる理由の一つは、概してこのグループの送粉効率が高いことにある。今まで調査された大部分の作物で、ツツハナバチ属の送粉能力にかかわる諸特性（一訪花当たり送粉効率、一頭体一日当たり訪花数、他家送粉頻度など）はセイヨウミツバチと同等かそれ以上である（前田・北村, 1981; Bosch and Blas, 1994; Sampson and Cane, 2000; Vicens and Bosch, 2000; Cane, 2005）。送粉能力を高める要因としては、雌蜂が腹部下面に花粉採集毛を持ち、しかも集めた花粉を粉末の状態で保持するので、訪花の際に花粉が雌蕊柱頭につきやすいこと、虫体の柱頭接触率がミツバチの採蜜個体よりも非常

* E-mail: kandori@nara.kindai.ac.jp

2009年9月3日受領 (Received 3 September 2009)

2009年12月25日登載決定 (Accepted 25 December 2009)

DOI: 10.1303/jjaez.2010.77

に高いこと (Bosch and Blas, 1994; Vicens and Bosch, 2000; Monzon et al., 2004), 一年のうち一時期だけ出現して繁殖するので短期間に大量の花に訪花することなどが挙げられる。

こうした観点から、農作物のポリネーターとして利用するためにツツハナバチ属の多くの種でその生態が克明に調査されてきた (山田ら, 1971; 前田, 1978; Torchio, 1989; Bosch, 1994b; Bosch and Kemp, 1999)。しかし、調査された種のほとんどすべては木の穴、または筒に営巣する種である。ツツハナバチ属のうち、マイマイ (カタツムリ) の空き殻に営巣する種は北アメリカに3種、ヨーロッパに9~17種、日本に1種知られるが (Cane et al., 2007), これらの営巣習性についてはほとんど分かっていない。

マイマイツツハナバチ *Osmia orientalis* Benoist (ハチ目: ハキリバチ科) は日本産ツツハナバチ属7種のうち唯一マイマイの空き殻に営巣する種であり、マイマイの空き殻のみを営巣資材とする (渋谷, 1939; 前田, 1978, 1980)。本種は他のツツハナバチ属と同様に送粉効率が高いことが期待される。しかし、その生態については未知な点が多い。前田 (1978, 1980) は本種の営巣習性について比較的詳細に調査した。その中で一巣 (殻) 当たり育房数や性比、性の配列についても報告しているがサンプル数が非常に少なく、定性的な記述にとどまっている。また、営巣資材としてのマイマイの空き殻の選好性、営巣の際の周辺環境の選好性については未知である。

そこで本研究では、農作物のポリネーターとして利用できる可能性をもつマイマイツツハナバチの営巣習性を解明することを目的とし、以下の点について調査した。1. 野外に人為的に設置したマイマイの空き殻に本種を営巣させることは可能か。2. 営巣資材としてどの種類や状態のマイマイの空き殻を選好するか。3. 営巣の際、どのような周辺環境を選好するか。4. 一巣当たり育房数はどのようになっているか。5. 巣内の性比はいくらか、また性の配列に規則性はあるか。以上の5点である。

なお本研究を遂行するにあたり、マイマイ類の同定をしていただいた株式会社緑生研究所の中原ゆうじ氏、有益なご助言をいただいた近畿大学農学部昆虫生態制御学研究室の矢野栄二氏に深く御礼を申し上げます。

材料および方法

1. 調査地と実験材料

本研究は奈良県奈良市中町近畿大学農学部キャンパス内で行った。本調査地は奈良市南西部の矢田丘陵地に位置する。約110万m²のキャンパスの敷地の大半は樹木密度の高い二次林で構成され、いわゆる里山的環境にある (馬場・岩坪, 2001)。

マイマイツツハナバチ (Fig. 1) は春季に出現する年1化



Fig. 1. Female *O. orientalis* visiting a strawberry flower.

性のハナバチで、同属の他種が主に竹筒やヨシ筒などに営巣するのに対し、本種はマイマイ類の空き殻に営巣するという特異な習性を持つ (渋谷, 1939; 前田, 1978, 1980)。広訪花性のハナバチ種で、調査地付近ではクサイチゴ *Rubus hirsutus*, カンサイタンポポ *Taraxacum japonicum*, セイヨウタンポポ *T. officinale*, シロツメクサ *Trifolium repens*, ナヨクサフジ *Vicia dasycarpa* などへの訪花が確認された。本種は本州、四国、九州に広く分布しているが、生息地は局所的である。これは唯一の営巣資材であるマイマイ類の生息密度と関係があり、マイマイ類の生息密度が高い場所では本種の生息密度も高いのではないかと考えられる (前田, 1980)。本調査地においてツツハナバチ属では他にツツハナバチ *O. taurus* とイマイツツハナバチ *O. jacoti* が確認されているが、マイマイツツハナバチの個体数が最も多い。また、カンサイタンポポやクサイチゴ上では時期により訪花昆虫の中でも本種が最も訪花頻度が高い (Kandori et al., 2009)。本種への寄生者としてはイワタセイボウ *Chrysura hirsuta* のみが知られている (渋谷, 1939)。

本研究では、マイマイツツハナバチの営巣資材として2種類のマイマイの空き殻を用いた (Fig. 2)。クチベニマイマイ *Euhadra amaliae* Kobelt (以下「クチベニ」と省略) は腹足綱オナジマイマイ科のカタツムリで、殻は中形で殻高20~24mm, 殻径26~37mm。淡い黄白色で光沢があり、やや薄く、螺塔は低い円錐形である。関西地方に広く分布する (東, 1982)。ニッポンマイマイ *Satsuma japonica* Pfeiffer (以下「ニッポン」と省略) は腹足綱ニッポンマイマイ科のカタツムリで、殻はやや小形で殻高17mm, 殻径19mm。うすく半透明で黄褐~濃褐色をしており、螺塔は円味のある円錐形である。本州に広く分布する (東, 1982)。本調査地ではこれら2種が最も普通に見られるカタツムリである。

2. 調査方法

クチベニとニッポンの空き殻を2007年11月から2008年3月にかけて調査地周辺で拾い集め、殻の内部を水洗いした後、1個ずつ殻の表面に黒色油性マジックで番号をつけて識別した。その後、殻の直径 (殻口外縁から180°反対

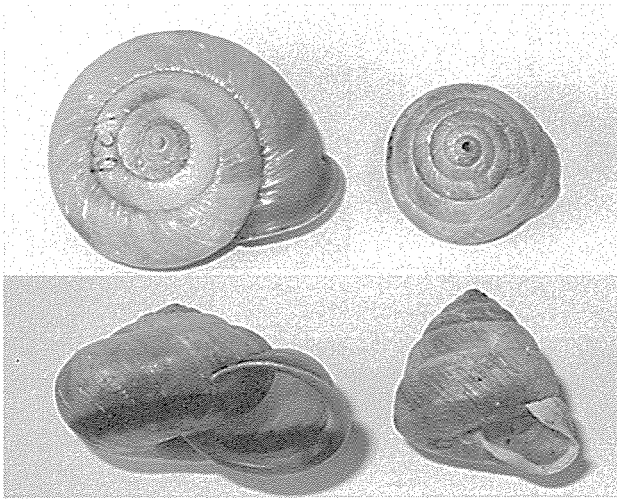


Fig. 2. Shells of two snail species: *E. amaliae* (left) and *S. japonica* (right).

側まで)を測定し以下の基準に従って分類した。

- ・殻の種類：1. クチベニ、2. ニッポン。
- ・殻の穴・欠けの有無：1. 殻の表面に穴や欠けはない、2. 殻の表面に穴や殻口付近に欠けが1か所以上ある。
- ・殻の鮮度：1. 新しい（殻表面の薄膜は半分以上残っており、殻の色は半透明の肌色または褐色）、2. 古い（殻表面の薄膜は半分以上消失し、石灰質が露出する、殻の色は不透明で白色化している）。

これらの殻を各分類基準について出来るだけ偏りが生じないように20等分し、調査地内の20か所に設置した。その際、殻を設置する場所を以下の5つの環境に区分し、各環境区分に4か所設置した。

- ・環境：1. 裸地（半径2m以内に目立つ植物がまったく生えていない、土がむき出しの場所や、もともと比較的草の少ない場所を人為的に除草し、裸地化した場所）。
- 2. 背の高い草地（シダ類やセイタカアワダチソウ *Solidago altissima*、ススキ *Miscanthus sinensis* など、高さ1m以上の草本が密生している場所）。
- 3. 背の低い草地（高さ30cm前後の草本がやや密生している場所）。
- 4. 建物の周辺（作業小屋や校舎など建物の軒下もしくは緑の下など雨のほとんど当たらない場所、草はほとんど生えていない）。
- 5. 林縁（山裾の林縁部の半日陰になった場所、落ち葉が積り、下草はまばらに生えている）。

各設置場所では長さ80cmの園芸用支柱と麻紐で1.5m×1.5mの正方形区画を囲い、その中の地表に殻をできるだけ均一に散らばるように設置した。設置した殻は合計で

クチベニが174個、ニッポンが73個であった。2008年4月9日に設置し、6月末に回収して営巣の有無を確認した。回収した時点で営巣途中の殻は見つからなかった。営巣が確認された殻については、25°C恒温室で保存し10月から10°C恒温室に移した。そして12月に殻の分解を行った。その際ピンセットと解剖バサミを用いて殻を分解し、内部の育房数を記録した。さらに育房内の繭を解剖して内部の次世代羽化成虫を確認し、性別を判定した。育房内の蜂幼虫が羽化に至らず死亡していた場合や寄生蜂イワタセイウの羽化成虫が見つかった場合も併せて記録した。

3. 統計解析

マイマイツツハナバチの営巣率を決める要因を推定するため、ロジスティック回帰分析を行った。この分析においてマイマイの空き殻に本種が営巣したか否かを従属要因とし、殻の種類、殻の欠け・穴の有無、殻の鮮度、殻を設置した環境、の4要因を独立要因とした。また、殻の大きさと営巣率の関係をj知るため、殻の種類別に営巣していた殻としていなかった殻の間で殻の直径に差があるかどうかをMann-Whitney U検定を用いて調べた。

次に、殻の種類による一巣当たり育房数の違いを知るためMann-Whitney U検定を行い、サンプル数の多かったクチベニについてはさらに殻の大きさ（直径）と育房数の関係をj知るため単回帰分析を行った。

最後に、次世代の性比（雌雄の産み分け）に影響を及ぼす要因を推定するため、ロジスティック回帰分析を行った。この分析において従属要因は育房内の個体の性別（雄か雌か）とし、独立要因は殻の種類、殻内の育房の順番の2要因とした。その際、殻内の育房の順番は全部で7区分した。つまり殻の奥から1番目、2番目、3番目、手前（殻口）から1番目、2番目、3番目、さらにこれら6区分にあてはまらない中間位置にある育房をまとめて「その他」とした。どの巣も、ある育房の順番は殻の奥または手前のどちらか早い順番で数えられる方とした。ただし1巣中の育房数が3または5個だった場合、真ん中の育房は奥から数えても手前から数えても同じ順番になるため、便宜的にその他に含めた。クチベニについてはさらに、殻内の育房の順番による性比の違いを詳しくみるため、区分ごとに1グループ χ^2 検定を行った。解析にはSPSS14.0J（SPSS Inc., 2005）を用いた。

結 果

1. 営巣率

設置したマイマイの空き殻のうち、一部は原因不明の破壊や行方不明などにより回収できなかった。全回収率は77.7%（192個/247個）であり、そのうちマイマイツツハナバチによる営巣が確認された殻の割合（営巣率）は19.8%（38/192）であった。営巣率に影響を与える要因に関するロ

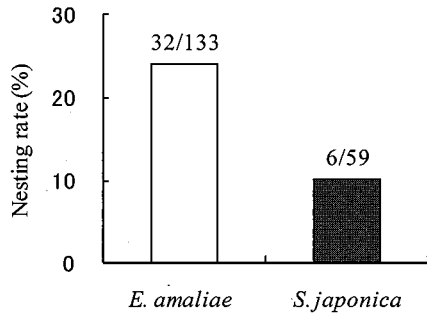


Fig. 3. Nesting rate of *O. orientalis* in the shells of two snail species. Numbers indicate the number of shells with nests of all shells recovered.

Table 1. Summary of the multiple logistic regression for the nesting rate of *O. orientalis*

	χ^2	df	<i>p</i>
Shell species ^a	6.291	1	0.012
Shell damage ^b	12.700	1	<0.001
Shell freshness ^c	0.058	1	0.810
Environment ^d	9.589	4	0.048

N=192 (number of shells), McFadden's $\rho^2=0.138$, $\chi^2=26.39$, *df*=7, $p<0.001$.

^aThe effect of the two snail species (*E. amaliae* or *S. japonica*).

^bThe effect of intact or damaged shells with or without surface holes.

^cThe effect of new or old shells.

^dThe effect of five different environments in which shells were placed (denuded area, tall grass, short grass, adjacent to buildings, or forest edge).

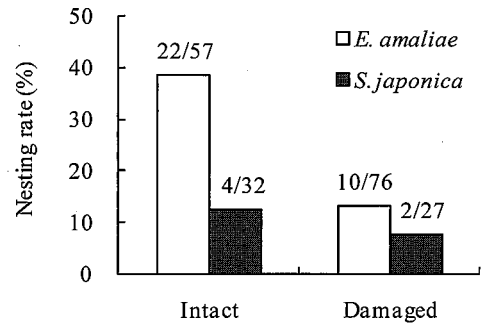


Fig. 4. Nesting rate of *O. orientalis* in intact or damaged shells of two snail species. Numbers indicate the number of shells with nests of all shells recovered.

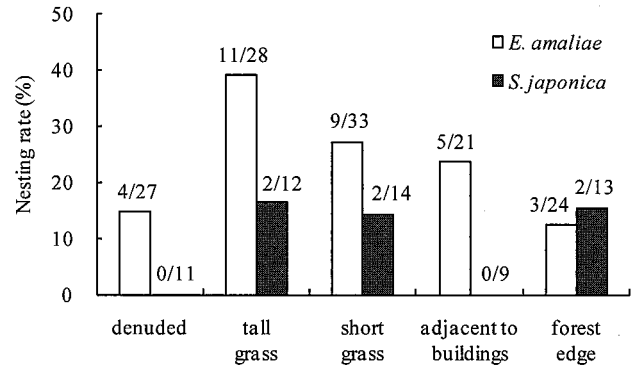


Fig. 5. Nesting rate of *O. orientalis* in the shells of two snail species in five different environments. Numbers indicate the number of shells with nests of all shells recovered.

ジスティック回帰分析の結果、殻の種類、殻の欠け・穴の有無、営巣環境の3要因が有意な影響を与え、殻の鮮度は影響しなかった (Table 1)。営巣率を殻の種類別に見たところ、クチベニ (24.1%) のほうがニッポン (10.2%) よりも営巣率が高かった (Fig. 3)。また、2種類の殻のどちらについても、欠けや穴のない殻のほうがあるものに比べて営巣率が高かった (Fig. 4)。殻を設置した環境別に見ると、裸地、建物周辺、林縁よりも背の高い草地や低い草地で営巣率がやや高かった (Fig. 5)。

回収したクチベニの殻のうち、マイマイツツハナバチが営巣していた殻の直径 (3.11 ± 0.30 [mean \pm SD] cm, $n=32$) は営巣していなかった殻の直径 (2.87 ± 0.47 cm, $n=101$) よりも有意に大きかった (Mann-Whitney *U* 検定: $p=0.026$)。また、回収したニッポンの殻のうち、マイマイツツハナバチが営巣していた殻の直径 (2.02 ± 0.12 cm, $n=6$) は営巣していなかった殻の直径 (1.89 ± 0.14 cm, $n=53$) よりも有意に大きかった (Mann-Whitney *U* 検定: $p=0.034$)。

2. 育房数

1巣当たり育房数はクチベニ (6.72 ± 1.71 個, $n=29$, 最大10個, 最小4個) のほうがニッポン (5.00 ± 1.22 個,

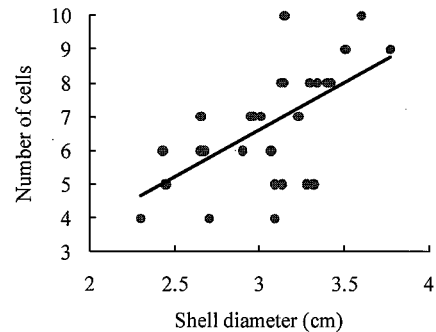


Fig. 6. Cell numbers of *O. orientalis* per *E. amaliae* shell in relation to shell diameter. Regression: $y=-1.772+2.789x$, $r^2=0.353$, $n=29$, $F=14.738$, $p<0.001$.

$n=5$, 最大6個, 最小3個) より有意に多かった (Mann-Whitney *U* 検定: $p<0.001$)。またクチベニについては、殻の大きさ (直径) が大きくなるほど育房数が有意に増加した (Fig. 6)。

3. 性比

営巣が確認できた殻のうち、37個 (クチベニ32個, ニッポン5個) で性比を調査した。イワタセイボウによる寄生、原因不明の幼虫・蛹期の死亡などにより性別を確定

できなかった個体を除くと、2種類の殻を含めた全巢の雄率は59.2% (116個体/196個体)となり、雌より雄のほうがやや多かった。次世代の性比に影響を及ぼす要因に関するロジスティック回帰分析の結果、殻の種類、殻内の育房の順番ともに性比に有意な影響を与えていた (Table 2)。殻の種類別雄率はクチベニで55.1%、ニッポンでは100%であった (Fig. 7)。

クチベニについて詳しく殻内の育房の順番による性比の違いを見ると、雄率は奥から1番目 (80.0%) および2番

目の育房 (82.1%) で最も高く、ともに全体平均 (54.5%) との間に有意差があった (Fig. 8)。奥から3番目の育房 (68.4%) でも雄率は高い傾向にあったが有意差はなかった。そこからさらに、その他 (32.4%)、手前から3番目の育房 (27.8%) へと雄率は徐々に下がり、手前から2番目の育房 (20.8%) で最も低くなった。これら3区分の育房では全体平均より有意に雄率が低かった (Fig. 8)。最後に手前から1番目の育房 (64.0%) で再び雄率が回復する傾向が見られた。また一部ではすべて雄またはすべて雌という巣も確認された (8または6育房すべて雌、6育房すべて雄、それぞれ1例ずつ)。

Table 2. Summary of the multiple logistic regression for the sex ratio of *O. orientalis*

	χ^2	df	p
Shell species ^a	21.272	1	<0.001
Cell order ^b	43.687	6	<0.001

N=196 (number of cells), McFadden's $\rho^2=0.241$, $\chi^2=63.81$, df=7, $p<0.001$.

^aThe effect of the two snail species (*E. amaliae* or *S. japonica*).

^bThe effect of cell order within a shell nest divided into seven categories (see Fig. 8).

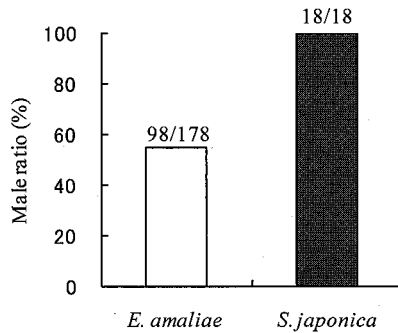


Fig. 7. Sex ratio of *O. orientalis* in the shell nests of two snail species. Numbers are the numbers of males of all individuals for which sex was determined.

考 察

本研究では、野外に人為的に設置したマイマイの空き殻に野生のマイマイツツハナバチを営巣させることに初めて成功した。よって、筒営巣性の他のツツハナバチ類を竹筒などの営巣トラップに営巣させ捕獲できるのと同様、本種も営巣資材を提供することで野外個体を捕獲することができることが確かめられた。

また本種が好む空き殻についてもいくつかの知見が得られた。まずマイマイの種類としてはニッポンよりもクチベニを好んだ (Table 1, Fig. 3)。その理由の一つはクチベニの殻が平均的に大きいためだろう。これは2種のマイマイともに大きい殻のほうが営巣されやすかったという結果からも支持される。野外において、クチベニのような大型の殻がなかなか見つからない場合にのみニッポンのような小型の殻をやむを得ず利用するのかもしれない。一方で、クチベニのような平べったい一般的なマイマイの殻だけでなく、ニッポンのような殻高の高い殻にも営巣したという事実は、本種がマイマイの比較的広範な種類の殻を利用していることを示唆している。また本種は穴や欠けのない殻を好むことが分かった (Table 1, Fig. 4)。これは、穴や欠けからの水分や天敵の侵入を避けるためと推測できる。また、

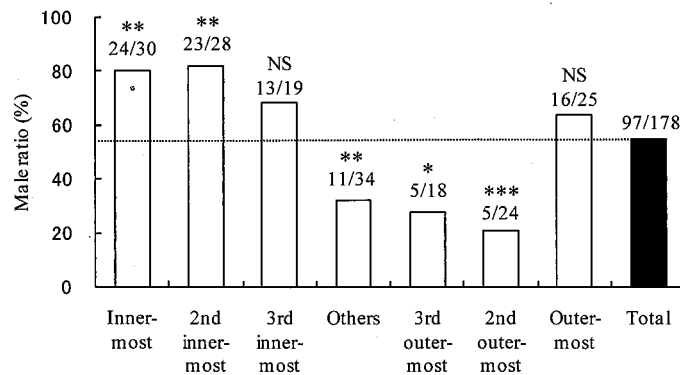


Fig. 8. Sex ratio of *O. orientalis* according to the order of cells in shell nests in *E. amaliae*. Numbers are the numbers of males of all individuals for which sex was determined. Dotted line indicates the overall ratio of males. NS, non-significant; * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ (1-group χ^2 test with overall male ratio as the expected value).

穴や欠けがあることによって、育房を作るのが困難であることも考えられる。ただし、殻の鮮度に対する選好性は見られず、古い殻でも新しい殻と同程度に選好された (Table 1)。これは白色化した古い殻でも比較的丈夫で壊れにくいのためかもしれない。

本種は営巣地として裸地、林縁、建物周辺より草地を好む傾向にあった (Table 1, Fig. 5)。ただし、殻を設置した5つの環境で営巣率0の環境はなかったことから、本種はマイマイの空き殻さえあれば比較的どのような環境にも営巣可能と考えられた。

本種の一巣当たり育房数は、ニッポンよりクチベニに営巣した時のほうが多かった。これはクチベニの殻のほうが平均的に大きいためと考えられる。クチベニの種内でも大きい殻に対して育房数が多かった (Fig. 6)。筒営巣性のツツハナバチでは一般的に筒が長くなるほど育房数が増えるが (前田, 1978)、この傾向を本種も持っていると考えられる。ただし今回得られた一巣当たり最大育房数は10個で近縁のイマイツツハナバチ (最大20個; 前田, 1978) や他の日本のツツハナバチと比べても少なかった。これは営巣資材がマイマイの殻という特殊な材料であることと関係があるかもしれない。この巣材は殻の最奥は狭すぎ、またクチベニのような比較的大型の殻では殻口付近は広すぎて利用に適さないため営巣空間に限られる。そのため、近縁種に比べ最大育房数が少なくなってしまうものと考えられる。

本種の全データを基にした性比は雄率約0.6であり、他の日本産ツツハナバチの性比 (前田, 1978) と変わらず、雄がやや多かった。筒営巣性のハナバチの場合、一般的に筒の入口に雄、奥に雌を配置するが (前田, 1978)、この意味において本種は一般的な性の配置をしない種と考えられる。さらに、本実験から本種に関して以下のような性の配置の規則性が読み取れた。

1. 空間の狭い場所には雄を配置する。これはニッポンに営巣した時にすべて雄だったこと (Fig. 7)、クチベニに営巣した時も、奥の狭いスペースは雄率が非常に高いこと (Fig. 8) から想定される。内径の小さい筒巣では雌より体サイズの小さい雄を産む傾向があることはツツハナバチを含むハナバチ類で広く知られている (例えば, Stephen and Osgood, 1965; Raw, 1972; 前田, 1978)。なぜニッポンに営巣した時に雄率が100%まで高まるかについては、今のところはっきりした原因は分からない。ニッポンは殻道が狭く、比較的空間の広い殻口付近でさえ、雌の育房を作るには狭すぎるのかもしれない。

2. クチベニに営巣した場合、奥から2個の育房は雄率が非常に高いが、殻口に近づくにつれ徐々に雌率が高まり手前から2番目の育房で最も雌率が高まる。そして最も手前の育房で再び雄率が回復する。この傾向は前田 (1980)

の推察には含まれていない、新しい知見である。ただし、最も手前の育房で再び雄率が高まる原因については不明である。

ところで、このような順番で性を配置した時に困ると思われるのが雌に先立つ雄の出現であろう。雌雄型 (巣の奥に雌、手前に雄を配置) の性配列の必要性は雄の脱繭順序が雌のそれよりも早いことに関係があり、雌が出現し確実に交尾できるための適応性の現れと考えられている (前田, 1978)。しかし、本種に近縁 (同じ *Chalcosmia* 亜属) のイマイツツハナバチでは混合型が比較的多く見られ (前田, 1978)、雌雄型がどの程度機能的かは疑問視されている (前田, 1993)。本種でも調査地周辺において雌に先立ち雄が出現する (香取, 未発表)。クチベニの巣からの脱出順序を観察した結果、雄は脱繭後すぐに殻の外に出るが、雌は奥からの雄の脱繭に刺激されるような形で一旦脱繭して殻口近くまで出てきた後、奥から出てきた雄とすれ違って (殻口近くは空間も広く営巣されていないので十分すれ違える) また殻の奥にもぐり込み、しばらく殻内に留まる現象が観察された (香取, 未発表)。

前田 (1993) はポリネーターのマネジメントにあたり単独性のハナバチ類が満たすべき必須条件の一つとして、「人工または人手を加えた環境で容易に営巣させること」を挙げている。本研究では、マイマイツツハナバチが人為的に野外に設置したマイマイの殻に営巣することが確かめられた。また網室内に蜜源となる花と営巣資材となる植物の葉とマイマイの殻を入れてやれば、網室内でも営巣可能なので (前田, 1978)、本種はこの条件を満たしているといえる。

以下に、野外における作物のポリネーターとして本種を利用する際の現時点における最適なマネジメントの条件を検討した。まず営巣資材としてのマイマイの殻は直径3 cm以上の比較的大きめのクチベニかそれと同サイズの他種のマイマイの殻が望ましいだろう。鮮度は問わないが、殻表面に欠けや穴がないものを用いると営巣率が高まる。ただし最適な殻だけをそろえることが難しくければ、やや小型の殻、欠けや穴のある殻でも多少は営巣するので数をそろえた方がよいだろう。次にマイマイの殻を設置する環境としては、対象作物が栽培されている場所のできるだけ近くで、雑草に覆われた地面が好ましい。マイマイの殻や本種の次世代を再利用することを視野に入れると、広い場所に殻を散在させるよりは、あらかじめ枠で囲っておいた1 m²程度の狭い空間に10~数十個の殻を集中的に配置した方が回収率が高まるだろう。最後に、本種を大量にマネジメントするには、マメコバチや他のツツハナバチと同様に人為的に営巣資材を大量に提供することが必要となるだろう。本種は本来マイマイ類の殻という特殊な営巣資材を必要とするが、野外において大量のマイマイの空き殻を拾

い集めるのはかなりの労力を必要とする。したがって、一度営巣された殻を再利用する方法の検討、マイマイの空き殻に代わる代替巣の検討が必要であると考えられる。

摘 要

農作物のポリネーターとして利用できる可能性をもつマイマイツツハナバチ *Osmia orientalis* について、その特異な営巣習性を調査した。野外に人為的に設置したマイマイの空き殻に本種を営巣させることに成功した(営巣率 19.8%)。殻の種類としては、殻の小さいニッポンマイマイより殻の大きいクチベニマイマイのほうが営巣率は高かった。また、欠けや穴のない殻が、あるものに比べて営巣率が高かった。一方、殻の鮮度は営巣率に影響しなかった。周辺環境としては裸地、建物周辺、林縁よりも草地での営巣率が比較的高かった。次世代性比は全体として雄がやや多かった(雄率 59.2%)。巣内の性の配列に関して以下のような規則性が読み取れた。ニッポンマイマイのような小さな殻に営巣した場合すべての育房に雄を産んだ。クチベニマイマイに営巣した場合、奥から1番目と2番目の育房は雄率が非常に高かった。そして殻口に近づくにつれ徐々に雌率が高まり手前から2番目の育房で最も雌率が高まった。手前から1番目の育房では再び雄率が高まった。最後に、本種を農作物のポリネーターとして利用できる可能性、および最適なマネージメントの条件について検討した。

引用文献

- 東 正雄 (1982) 原色日本陸産貝類図鑑。保育社、大阪、333 pp. [Azuma, M. (1982) *Colored Illustrations of the Land Snails of Japan*. Hoikusha, Osaka, Japan. 333 pp.]
- 馬場生織・岩坪五郎 (2001) 近畿大学奈良キャンパスの現存植生に関する生態学的研究。近畿大学農学部紀要 34: 113-149. [Bamba, I. and G. Iwatsubo (2001) An ecological study of actual vegetation at Kinki University's Nara Campus [Japan]. *Mem. Fac. Agric. Kinki Univ.* 34: 113-149.]
- Bosch, J. (1994a) Improvement of field management of *Osmia cornuta* (Latreille) (Hymenoptera, Megachilidae) to pollinate almond. *Apidologie* 25: 71-83.
- Bosch, J. (1994b) The nesting behavior of the mason bee *Osmia cornuta* (Latreille) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie* 25: 84-93.
- Bosch, J. and M. Blas (1994) Foraging behavior and pollinating efficiency of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* on almond (Hymenoptera, Megachilidae and Apidae). *Appl. Entomol. Zool.* 29: 1-9.
- Bosch, J. and W. P. Kemp (1999) Exceptional cherry production in an orchard pollinated with blue orchard bees. *Bee World* 80: 163-173.
- Bosch, J. and W. P. Kemp (2002) Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bull. Entomol. Res.* 92: 3-16.
- Cane, J. H. (2005) Pollination potential of the bee *Osmia aglaia* for cultivated red raspberries and blackberries (Rubus: Rosaceae). *Hortscience* 40: 1705-1708.
- Cane, J. H., T. Griswold and F. D. Parker (2007) Substrates and materials used for nesting by North American *Osmia* bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 100: 350-358.
- Kandori, I., T. Hiraio, S. Matsunaga and T. Kurosaki (2009) An invasive dandelion unilaterally reduces the reproduction of a native congener through competition for pollination. *Oecologia* 159: 559-569.
- Kronic, M. D. and L. Stanisavljevic (2006) Population management in the mason bee species *Osmia cornuta* and *O. rufa* for orchard pollination in Serbia (Hymenoptera: Megachilidae). *Entomol. Gen.* 29: 27-38.
- Maccagnani, B., G. Burgio, L. Z. Stanisavljevic and S. Main (2007) *Osmia cornuta* management in pear orchards. *Bull. Insectology* 60: 77-82.
- 前田泰生 (1978) 日本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。東北農試研報 57: 1-221. [Maeta, Y. (1978) Comparative studies on the biology of bees of the genus *Osmia* of Japan, with special reference to their management for pollinations of crops (Hymenoptera: Megachilidae). *Bull. Tohoku Nat. Agric. Exp. Stn.* 57: 1-221.]
- 前田泰生 (1980) マイマイツツハナバチの巣の構造の補遺。岩手昆虫乃會會報 5: 1-4. [Maeta, Y. (1980) Appendix of the nest structure of *Osmia (Chalcosmia) orientalis* Benoist. *Bull. Iwate Insect Club* 5: 1-4.]
- 前田泰生 (1993) マメコバチを利用したリンゴの受粉。花に引き寄せられる動物 (井上民二・加藤 真 編)。平凡社、東京、pp. 195-232. [Maeta, Y. (1993) Utilization of *Osmia cornifrons* for apple pollination. In *Animals Attracted by Flowers* (T. Inoue and M. Kato, eds.). Heibonsha, Tokyo, pp. 195-232.]
- Maeta, Y. and T. Kitamura (1964) Studies on the apple pollination of *Osmia*. I. Idea and present conditions in utilizing *Osmia* as pollinators of apples in Japan. *Kontyû* 32: 45-52.
- Maeta, Y. and T. Kitamura (1965) Studies on the apple pollination of *Osmia*. II. Characteristics and underlying problems in utilizing *Osmia*. *Kontyû* 33: 17-34.
- 前田泰生・北村泰三 (1981) マメコバチの受粉効果と必要飼養個体数。ミツバチ科学 2: 65-72. [Maeta, Y. and T. Kitamura (1981) Pollination efficiency by *Osmia cornifrons* in relation to required number of nesting bees for economic fruit production. *Honeybee Science* 2: 65-72.]
- Monzon, V. H., J. Bosch and J. Retana (2004) Foraging behavior and pollinating effectiveness of *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on "Comice" pear. *Apidologie* 35: 575-585.
- Raw, A. (1972) The biology of the solitary bee *Osmia rufa* (L.) (Megachilidae). *T. Roy Ent. Soc. London* 124: 213-229.
- Sampson, B. J. and J. H. Cane (2000) Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting rabbiteye blueberry. *J. Econ. Entomol.* 93: 1726-1731.

- Sekita, N. and M. Yamada (1993) Use of *Osmia cornifrons* for pollination of apples in Aomori prefecture. *Jarq-Jpn. Agr. Res. Q.* 26: 264-270.
- 渋谷寿夫 (1939) 蝸牛の空殻中に営巣する *Osmia orientalis* Benoist とその敵虫イワタマルセイボウ *Chrysis (Holochrysis)* sp. との習性. *むし* 12: 41-55. [Shibuya, T. (1939) Habits of *Osmia orientalis* Benoist nesting in snail shells and its natural enemy, *Chrysis (Holochrysis)* sp. *Mushi* 12: 41-55.]
- SPSS (2005) *SPSS Base 14.0 User's Guide*. SPSS Inc., Chicago. 215 pp.
- Stephen, W. P. and C. E. Osgood (1965) Influence of tunnel size and nesting medium on sex ratio in a leaf-cutter bee, *Megachile rotundata*. *J. Econ. Entomol.* 58: 965-968.
- Torchio, P. F. (1985) Field experiments with the pollinator species, *Osmia lignaria propinqua* Cresson, in apple orchards: V, 1979-1980, methods of introducing bees, nesting success, seed counts, fruit yields (Hymenoptera, Megachilidae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 58: 448-464.
- Torchio, P. F. (1989) In-nest biologies and development of immature stages of 3 *Osmia* species (Hymenoptera, Megachilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82: 599-615.
- Vicens, N. and J. Bosch (2000) Pollinating efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on 'red Delicious' apple. *Environ. Entomol.* 29: 235-240.
- 山田雅輝・小山信行・関田徳雄・白崎将暎・津川 力 (1971) リンゴ園における天敵と益虫の保護利用に関する研究. 第3報 マメコバチ *Osmia cornifrons* (Radoszkowski) の生態とリンゴ授粉への利用. *青森りんご試報* 15: 1-80. [Yamada, M., N. Oyama, S. Shirasaki and C. Tsugawa (1971) The ecology of the megachilid bee *Osmia cornifrons* and its utilization for apple pollination. *Bull. Aomori Apple Exp. Stn.* 15: 1-80.]
-