

西南日本におけるホクダイコハナバチの生態

前田 泰生¹⁾・吉田 亮²⁾・宮永 龍一³⁾・郷右近 勝夫⁴⁾

¹⁾〒690-0011 鳥根県松江市東津田町 2168-218

²⁾鳥取県園芸試験場, 〒689-2221 鳥取県東伯郡北栄町由良宿 2048

³⁾鳥根大学生物資源科学部, 〒690-8504 鳥根県松江市西川津町 1060

⁴⁾東北学院大学工学部, 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1

Bionomics of *Lasioglossum (Evyllaesus) duplex* (Dalla Torre) in Southwestern Japan (Hymenoptera, Halictidae)

Yasuo MAETA¹⁾, Akira YOSHIDA²⁾, Ryoichi MIYANAGA³⁾
and Katsuo GÔUKON⁴⁾

¹⁾ 2168-218, Higashitsuda-cho, Matsue, Shimane Pref., 690-0011 Japan

²⁾ Tottori Horticultural Experiment Station, Hokuei-cho, Tohaku-gun, Tottori Pref.,
689-2221 Japan

³⁾ Laboratory of Insect Management, Faculty of Life and Environmental Science, Shi-
mane University, Matsue, Shimane Pref., 690-8504 Japan

⁴⁾ Laboratory of Environmental Biology, Faculty of Engineering, Tohoku Gakuin Uni-
versity, Tagajyo, Miyagi Pref., 985-8537 Japan

Abstract To compare the phenology and life cycle patterns of a halictine bee, *Lasioglossum (Evyllaesus) duplex* in Matsue (N 35°25', alt. 170 m), southwestern district, with those in Sapporo (N 43°03', alt. 17.2 m, Sakagami *et al.*, 1958-1981) and Rifu-cho, near Sendai (N 38°15', alt. 38.9 m, Gôukon *et al.*, 1986), northern Japan, the rearing of bees was conducted in a bee bed in a roofed cage in Matsue in 1985 and 1986. A slight phenological shift was observed. However, the life cycle pattern did not differ among the 3 populations, 2 brood periods (a spring solitary phase (P₁) and a summer social phase (P₃)), which consists of 7 life cycle phases. P₁ and P₃ began sooner in Matsue than in Sapporo and Sendai in 1985, but this trait was not so clear in 1986. The nest structure was not basically different among the 3 populations; however, the depths of summer cell clusters and hibernacula were the shallowest in Matsue, presumably reflecting a difference of the soil temperatures based on the latitudinal gradient. The number of cell clusters/nest in the summer social phase was the largest in Sendai and followed Matsue. An increase of the head widths of queens and workers occurred, according to the decrease of the latitude. This trait was remarkable in workers. The mean percentage ratio of the head size difference ($100 \times (1 - H_w/H_q)$) between queen (H_q) and workers (H_w) in the same nest was 6.12 in Sapporo, 2.45 Sendai and -0.47 in Matsue, suggesting less differentiation

of the castes in Matsue than those in Sapporo and Sendai, but this assumption was not proved due to insufficient data on the ovarian development of workers in the present study.

Key words : Sociality, Differentiation of caste, life cycle pattern, climate, nest structure, size of adults, halictine bee, *Lasioglossum*

キーワード : 社会性, カースト分化, 生活史相, 巣の構造, 成虫のサイズ, コハナバチ, コハナバチ属

はじめに

ホクダイコハナバチ *Lasioglossum (Evylaeus) duplex* (Dalla Torre) は, 日本産のコハナバチ類のなかでは比較的大型で, 日本全土に分布している普通種である (平嶋, 1989). しかし, 分布域は北日本に偏在している傾向がある. 本種は年1化性の真社会性で, 営巣活動は春に開始され, 休止期を挟んで夏に再開される. 季節推移に対応した営巣活動期とこれを構成する生活史相には, 緯度の高低にともなう地域間差異が当然予測される.

日本産の社会性種について見ると, 以下のような報告例がある. *Lasioglossum (Evylaeus) calceatum* (Scopoli) は, 北海道の平地の個体群ではヨーロッパと同じ真社会性であるが, 標高のある地域では単独性となる (Sakagami and Munakata, 1972). ツマルコハナバチ *L. (E.) affine* (Smith) では, 活動期が西南日本の福岡市では北日本の盛岡市よりも早く開始されるだけでなく, 反復される活動期の回数やそれらの社会性型が多様化することが知られている (Sakagami *et al.*, 1982; 前田ら, 未発表). ニジイロコハナバチ *L. (E.) apris-tum* (Vachal) は, 西南日本の松江市では春期と夏期に2つの活動期をもつ真社会性であるが, 札幌市では単独性であることが示唆されている (Miyana-ga *et al.*, 1999). 外国産の社会性種でも, 次のような報告例がある. *Halictus ligatus* Say は, 北米の寒冷温帯域では真社会性の小さなコロニーを形成するが, 熱帯圏では大きなコロニーを発達させ, 連続的多雌性を発現する (Michener & Bennett, 1977). コスタリカ産の *L. (Dialictus) umbripenne* (Ellis) は, 太平洋側と大西洋側の両個体群間では, 多面で顕著な生態的特性の相異が見られる

(Eickwort and Eickwort, 1971; Wille and Orozco, 1970; Michener, 1974). 上述したこれらの報告例は, 社会性のコハナバチ類の生活史には, 地域的生態変異があることを示唆している.

ホクダイコハナバチ (以下, ホクダイ) の活動期と社会性型については, 北日本の次の2つの地域, 北海道札幌市 (北緯43度03分, 標高17.2m) と宮城県仙台市 (北緯38度15分, 標高38.9m) で詳細な研究がある (Sakagami *et al.*, 1958, 1960, 1961, 1968, 1984; Gôukon *et al.*, 1986), 西南日本での研究は皆無である. 筆者らは, 西南日本と北日本におけるホクダイの生態の比較を行うために, 鳥根県松江市 (北緯35度25分, 標高170m) において本種を人為的に飼養して調査を行った. 以下, その結果を報告する.

材料および方法

松江市におけるホクダイの生態的特性を札幌市と仙台市のそれらと比較し, 地域間差を明らかにするための調査, 計測, 表示の方法等は原則的に Gôukon *et al.* (1986) に従った.

1. 放飼と飼養

飼養は, 1985年と1986年に松江市西川津町にある鳥根大学構内の大型網室内の片隅に密封性をもつ小型網室 (幅: 2.0m; 長さ: 3.0m; 高さ: 2.0m, Fig. 1, 以下, 網室と呼称する) を設定して, そこに四方を木枠で囲んだビーベット (幅: 1.64m; 長さ: 1.60m; 高さ: 0.50m, Fig. 2) を設けて行った. ビーベット内には, 細かく粉砕した粘土質の土壌を均一に固く詰めた. 木枠には6ヵ所に透明なプラスチック板の窓枠を張りつけ, 土壌の

湿り具合が見れるようにした。また、pFメーターも設置した。土壌中に6本のパイプを埋め込んで、必要に応じてここから水を注入して土壌を湿らした。網室内のビーベットの周囲には、花資源として、季節の推移ごとに、ポット植えにしたセイヨウタンポポ、ナタネ、カブ、レンゲ、ハゼリソウ、ハルジオン、スイートクローバー、ヒメジョオン、コスモス、ノコンギク、ヒマワリなどを継続的に十分な量を供給した。

1985年の実験に用いたホクダイの越冬後女王は、宮城県宮城郡利府町で同年の早春に発掘して確保した。初年度の1985年は、越冬後女王を3月22日(放飼個体数は144)と4月3日(55)の2回にわたり、網室内に夜間に放飼した。これらの放飼個体のうち、3月22日の53個体と4月3日の9個体はそれぞれ放飼後間もなく死亡した。したがって、放飼個体数は計137個体となった。1985年に放飼した越冬後女王には、頭楯と胸部背面に第1回目は白マークを(Fig.6)、第2回目はピンクマークをそれぞれ施した。2回の放飼とも、越冬後女王とその子孫であるワーカーと新女王とのサイズ差の比較を行うため、放飼前に無作為に選抜した一部の越冬後女王の頭幅を測定した。

1986年の実験でも、採餌開始前に越冬後女王とその後に出現するワーカーとの識別を容易にするために、4月2日から15日までの間に66個体を逐次捕獲してそれらの頭楯と胸部背面に赤マークを施した。同時に頭幅も測定した。また、両年ともSakagami and Hayashida (1968)に従い翅の破損度(軽重順は1-5)と大顎の磨耗度(同1-5)、さらに解剖した個体の卵巣小管基部における黄体の有無の記録して越冬後女王、ワーカー、新女王の3者の識別に供した。ほかにも、両年とも春期単独性相と夏期真社会性相で生産されたオスの大まかな出現期間を明らかにするために、網室内で出現直後の飛翔中の個体をできるだけ多く捕獲して赤マークを施した。

2. 生活史相の期間と巣の存続率

巣は穿孔で土盛(Fig.3)が形成されるごとに、巣口の脇に通し番号を付したビニタイの札を釘で止めた(Fig.4)。コハナバチ類では、ハチが連日採

餌活動をしない巣が多いため、時間をかけて日周活動の観察を行っても、全巣についてその日の活動有無を採餌蜂の巣からの出入では確認できない。Sakagami (1977)を参照して、巣口とその周辺の盛土の状態をFig.7に示すように記号表示で記録することで、間接的に活動の有無と巣の存続を判定した。盛土の表示説明は図中にある。記号表示のうち、 O_1 、 O_2 と C_1 、 C_2 を活動巣とした。ただし、風雨の影響がない網室では O_3 と C_3 はきわめて少なかった。 O_3 、 O_4 と C_3 、 C_4 、 C_{2-4} が長期間にわたり継続した場合は活動休止巣または放棄巣とした。ほかにも、明らかに活動の兆候を示す巣(新しい土盛の追加がある巣、採餌やガードが見られた巣)には、それぞれの表示記号のほかにも、兆候を確認した印として黒丸を付した。調査は、1985年では、放飼日から観察を終了させた11月18日までの間に、毎日夕刻から日没までの間に1~数回実施した。また、1986年は穿孔開始日から観察終了日の9月21日まで間に同じように行った。ほかにも、両年とも全活動期間中の連日の観察から採餌蜂の活動の有無、越冬後女王と雌雄の新成虫の出現初日と終見日などを記録した。

生活史相は、Goukon *et al.* (1986, 1987)に従い、次の7相に区分した。括弧内には、飼養した個体群全体の活動の始めと終わりを示す兆候を示した。後越冬相(P_0 :越冬巣から越冬後女王の出現から穿孔開始まで)、春期単独性相(P_1 :越冬後女王の穿孔開始から巣外活動の中止まで)、前夏期不活動相(P_2 :越冬後女王の巣外活動の中止からワーカーの巣外活動の開始まで)、夏期真社会性相(P_3 :ワーカーの巣外活動の開始から終了まで)、後夏期不活動相(P_4 :ワーカーの巣外活動の終了から新成虫の出現まで)、秋期交尾相(P_5 :新成虫の出現から消失まで)、越冬相(P_6 :新成虫の消失から翌年の越冬後女王の出現まで)。これらの相の期間の判定は主に巣口の開閉の継続状況によったが、連日の観察による採餌活動のあった巣の記録、発掘した巣内の幼態の発育状況なども補助的に判定に供した。

生活史相の推移と温度との大まかな関連性を明らかにするために、札幌市、仙台市と松江市の有効積算温度を求めた。前2者のそれらはGoukon



Figs. 1-6. Bee bed and foundress of *Lasioglossum duplex*. 1-Cage covered the bee bed. 2-Bee bed placed in a cage, supplied with various flowering plants throughout the nesting period of the bees. 3-Two tumulus formed on the bee bed at summer social phase. 4-Aggregation of nests marked with numbered tags. 5-Trap capsule covered on the entrance of nest to capture adults as they emerged from it. 6-Foundress marked with paint on frons and thorax, foraging on flower of *Erigeron annuus*.

et al. (1986) より引用した。算出方法とその根拠は Fig. 8 中に記述した。

巣あたりのワーカー、オスと新女王の出現個体数、それらの出現時期と性比を明らかにするため、前夏期不活動相と後夏期不活動相に巣口にトラッ

プ (Fig. 5, 天井部にナイロンゴースを張ったボンカップ (高さ: 3.5cm; 底部内径: 4.5cm) を被せて、出巢した個体を捕獲した。ボンカップの底蓋の中央部には外径 4 mm のビニールパイプを貫通させて、その下部を閉鎖中の巣口に挿入した。出

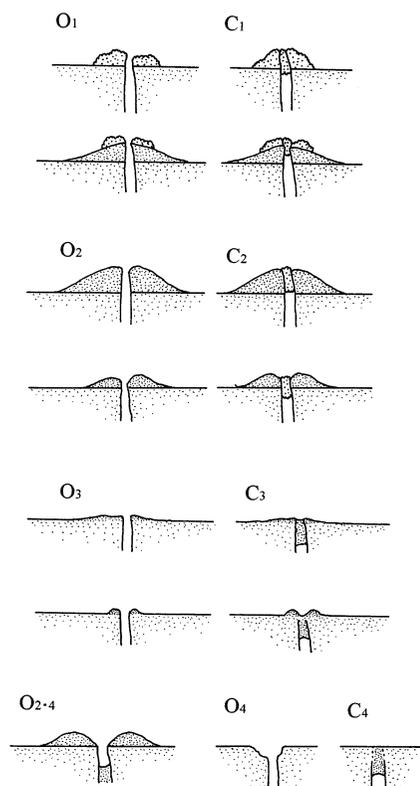


Fig. 7. State of the nest entrance of *Lasioglossum duplex* to determine the activity of bees in nests (referred in Sakagami, 1977). O₁: Entrance is surrounded by fresh loose soil mass (tumulus), and left open; C₁: Ditto, but closed by fresh loose soil; O₂: Entrance is surrounded by conical-shaped soil mass, and left open; C₂: Ditto, but closed by fresh loose soil; O₃: Entrance is surrounded with a slightly heaped hard soil mass, and left open; C₃: Ditto, but closed by hard soil; O₄: Around entrance is flat and the entrance is left open, but irregular shaped; C₄: Ditto, but kept closing. O_{2.4}: Entrance is the same as in O₂, but buried with hard soil beneath the entrance. Those nests with O₁, O₂, C₁, and C₂ show the active phase, whereas those nests with O₃, C₃, O₄, C₄ and O_{2.4} are the inactive phase or abandoned. O₃ and C₃ were rarer in the cage, because of no effect by rain and wind.

口側には出巢したハチが逆進できないように弁を取り付けた。トラップで捕獲できなかった個体は、後で巣を発掘して明らかにした。前述のように、前・後夏期不活動相にトラップを被せたが、巣によっては必ずしも両相に該当しないものもあった。

巣の存続率は、放棄巣をもとに算出した。放棄巣とは全く成虫を生産しなかった巣とした。夏期真社会性相に至っても巣口が解放されず、活動が再開されなかった巣を春期単独性活動相における放棄巣とした。後夏期不活動相を経て秋期交尾相では新成虫が巣口を開けて出現するが、1985年では巣口の開口が明瞭に確認できなかった巣があった(44.3%, 27/61)。これらの巣なかには、夏期真社会性相での活動日数が13日間程度の短い日数でも少ないながらも新成虫の生産が認められた。したがって、夏期真社会性相では活動日数が13日以下の巣に限って、便宜的にこの相で放棄されたものとみなした。一方、1986年は夏期真社会性相

の全巣を発掘したので、巣内の状況から新成虫の出現の有無を確認した。生活史相に関係なく、発掘した巣において新成虫が生産された証がなかったものは放棄巣とした。巣の存続率の算出法では、前夏期不活動相においては全穿孔巣数を母数としたが、夏期真社会性相では春期活動相での放棄巣数と、この相で発掘した巣数を除外したものを母数とした。

3. 成虫のサイズ、巣の構造、巣あたりの育房数、幼態の死亡率と性比

女王、ワーカーとオスのサイズは頭幅で代表させた。ホクダイにおいては、春期単独性相では春の育房塊は1個だけであるが、夏期真社会性相のそれは1個またはそれ以上が作製される(Sakagami and Hayashida, 1960)。巣の測定部位の選定に当たり、地温の変化に対応して変化すると考えられる育房塊と主坑の深さを重視した。ほかにも、育房

(くびれの口径・長さ・高さ)も測定した。育房塊の深さは、巢口からその最底部までとした。分岐した主坑をもつ巢では、最深の坑道で代表させた。主坑が育房塊から離れて盲端を形成していない巢(側孔が欠如)では、その深さは育房塊の最底部までとした。夏期真社会性相では、巢房は複数またはまれに単一育房で構成された。この相ではすべての育房塊の最底部までの深さを測定した。

巢あたりの育房数は、春期単独性相と夏期真社会性相の相別に求めた。ただし、春期単独性相では無母巢は除外した。夏期真社会性相では、母バチ残存の有無に関係なく夏の育房塊が存在する巢はすべて計測の対象とした。したがって、これには営巢途中で放棄された巢も包含されている。しかし、両相とも貯食のなかった空の育房と貯食中で産卵のなかった育房数は計測からは除外した。後夏期不活動相で発掘した巢でも、春期単独性相における育房塊の深さとこれを構成する育房数が明瞭に確認できた巢は計測の対象とした。

幼態の死亡率は、母バチの存在の有無を問わず発掘したすべての巢を対象として、春期単独性相と夏期真社会性相別に求めた。育房塊内の育房を切開し、その内容物を検視した。生存した幼・成態はすべて健全なものとみなした。また、空の育房でも、排泄物が育房の後壁に残されているものは成虫が存在しなくとも、健全な個体が羽化したものとみなした。

性比は、春期単独性相と夏期真社会性相において発掘した巢房から前蛹と蛹を羽化させて、それらの性別を明らかにしてオス比で表示した。同時に、これらの性別の羽化時期も記録した。蛹態で死亡していた個体は性が判別できたので、性比調査に加えた。

4. 無母巢率とワーカーの産卵

発掘した巢では、母バチの存在の有無を調査した。母バチが不在の場合は無母巢とした。巢内で発見された女王、ワーカーと新女王は受精の有無を明らかにした。貯精のうをスライドグラスに乗せてカバーグラスで押し潰して精子の有無を検鏡した。ワーカーの産卵の有無は、卵巣を染色して3対の卵巣小管内の基部卵母細胞の状態から推測し

た(Kurihara *et al.*, 1980)。6本の卵巣小管内の最基部卵母細胞の発達・退化度合の次のように区分して、それらの該当する数を計測した。I：前卵黄形成卵、II：卵黄形成卵、III：成熟卵、IV：完成卵、I'：Iからの退化卵、II'：IIからの退化卵、III'：IIIからの退化卵。これらの卵母細胞のうち、III、III'、IV、のいずれかを抱卵している個体を産可能個体とみなした。

結果と考察

松江におけるホクダイの生態比較に用いた札幌市と仙台市での資料は、すべて Gōukon *et al.* (1986) による。これに基づくものはこれで代表させ、個別の原典を引用しなかった。

1. 生活史相の期間

1985年と1986年における7つの生活史相の期間はTable 1に示した。また札幌市および仙台市におけるそれらとの比較は、Fig. 8に示した。ここでは、両年の各相の開始時期は平均月旬で、またその期間は平均日数で記述する。

1.1. 1985年の結果

春期単独性相：本相の開始時期は4月上旬であった。3月22日と4月2日に放飼した越冬後女王の穿孔は、ともに放飼した翌日から開始された。両放飼個体群の越冬後女王は、5月4日までの長期間にわたり土盛りを形成した。総巢数は132個に達した。両放飼個体数が137個体であったことから考えると、これらの一部には再穿孔巢が含まれると考えられる。最初の採餌は3月31日に観察されたが、しばらくは大半の個体が網壁上で休息をとるのが目立った。本相の期間は29日間であった。

前夏期不活動相：本相の開始時期は5月上旬で、その期間は41日間であった。6月7日に発掘した5個の巢内では、すでに羽化したワーカーが存在した。育房塊内の未羽化の個体について調査したところ、それらの羽化期間は6月8日～17日(9日間)であった。オスは含まれていなかった。しかし、網室内ではオスを6月12日に初見できた。春期単独性相でもオスが生産されたことになる。

夏期真社会性相：本相の開始時期は6月中旬で、その期間は45日間であった。本相の初期には、女

Table 1. Duration in days of 7 life cycle phases observed in *Lasioglossum duplex* liberated in the cage.

Year	Phase ¹⁾	First and last (Mean±SD) ²⁾	N	Range ²⁾	Mean±SD ²⁾	N
1985	P ₁	23/iii - 4/v (7/iv±11)	132	7-63	29.1±9.5	85*
	P ₂	19/iv - 31/v (6/v±10)	77**	16-71	40.9±8.0	77**
	P ₃	4/vi - 2/vii (15/vi±8)	69***	14-81	45.4±17.6	69***
	P ₄	26/vi - 28/viii (30/vii±16)	69***	5-85	39.3±17.8	33****
	P ₅	28/vii - 13/x (14/ix±17)	33****	1-65	15.9±14.2	33****
	P ₆	9/viii - 24/x (29/ix±18)	33****	—	ca 190	—
1986	P ₀	26/iii - 15/iv (7/iv±5)	66	—	ca 17	—
	P ₁	7/iv - 11/v (24/iv±7)	83	2-35	14.6±5.9	65*
	P ₂	3/v - 18/v (8/v±4)	24**	31-50	44.7±3.6	24**
	P ₃	18/vi - 27/vi (22/vi±2)	24***	5-44	32.2±9.1	24***
	P ₄	23/vi - 4/viii (23/vii±10)	24****	6-51	22.3±12.3	11****
	P ₅	27/vii - 4/ix (21/viii±13)	12****	—	—	—

¹⁾ Referred Goukon *et al.* (1986). P₀: Post-overwintering phase; P₁: Spring solitary phase; P₂: Pre-summer inactive phase; P₃: Summer social phase; P₄: Post-summer inactive phase; P₅: Autumn mating phase; P₆: Overwintering phase.

²⁾ The first and last date of the beginning of each phase are shown. Abandoned nests mean that they produced no offspring. *Excluded those nests which were abandoned at P₁. **Excluded those nests which were abandoned at P₁ and excavated at P₂. ***Excluded those nests which were abandoned at P₁ and P₃, and excavated at P₂. ****Those nest for which relevant data were available to examine.

王の出巢も頻繁に観察された。採餌ではなく、自己摂食であった。ワーカーの採餌開始は7月2日に確認された。夏期真社会性相において、ワーカーの分散によると思われる1巣(巣番号133)があった。この巣は6月16日から18日までの3日間ハチの出入りが確認されたが、その後は巣口は閉鎖されたままで、営巣は放棄された。

後夏期不活動相：本相の開始時期は7月末で、その期間は39日間であった。夏期真社会性相と後夏期不活動相にトラップをかけて調査した計8巣における新女王(18個体)の出現日は、7月24日から9月14日(52日間)、オス(5個体)のそれは7月10日から9月9日(61日間)であった。後夏期不活動相では、後述の1986年においても巣内にはもはやワーカーは残存していなかった。

秋期交尾期：本相の開始時期は9月中旬で、その期間は16日間であった。期間は巣口の解放から自然閉鎖までの期間で求めているので、きわめて短い期間であった。この方法よりも、網室内でのオスと新女王の観察された期間で求める方が正確である。それによると、オスのそれは7月24日～9月17日(55日間)、新女王のそれは7月22日～9月26日(66日間)であった。両性ともきわめて長期間にわたって活動が観察された。

越冬相：本相の開始時期は9月末で、翌年の越冬後女王の出現までの期間は約190日間であった。

しかし、越冬孔中ですでに越冬に入った新女王は、1985年では8月1日と3日に発掘した計8巣のうちの4巣で計11個体が発見された。これらの巣で発見された新女王のうち、越冬孔中に存在した個体はすべて既受精であった。また、これらを含めた全新女王の56%(14/25)がこれらの発掘日の時点ですでに受精を完了させていた。したがって、実際の秋期交尾期は早々と終了し、新女王は長期間にわたり旧巣から出入りを繰り返して、越冬にそなえて摂食活動をしていると考えられる。

1.2. 1986年の結果

後越冬相：本相の開始時期は4月初旬で、その期間は約17日間であった。越冬後女王は、越冬巣から出現後に日数を置かず新巣を穿孔開始するといえる。新巣の穿孔は、4月7日から5月11日(34日間)まで続いた。この間に土盛りのある巣数は82個に達した。

春期単独性相と前夏期不活動相：春期単独性相の開始時期は4月下旬で、その期間は15日間であった。1985年は利府町産の越冬後女王を3月下旬に放飼した。1986年では越冬後女王は3月下旬以降に出現している。ほぼ同時期にあったにもかかわ

らず1985年に比べて、穿孔開始時期が1旬遅く、かつ期間も半分であった。1985年が早かった原因は、発掘した越冬後女王を強制的に放飼したことにあるらしい。春期単独性相の終息時期は、1985年とほぼ同時期の5月上旬であったことから考えると、1986年の春期単独性相の期間短縮は開始時期の遅れと連携していると考えられる。前夏期不活動相の開始時期は5月上旬で、その期間は45日間であった。前年のそれらとほぼ同時期で、かつ同期間であった。前夏期不活動相中の5月30日と31日に計47巣を発掘した。そのうち39巣では育房塊が存在した。これらからワーカー（64個体）が6月7日から6月22日（15日間）までに、またオス（3個体）が同月の12日から18日（6日間）までに羽化した。ちなみに、網室内ではオスは6月21日に1個体が初見された。この後、7月4日までに計5個体を捕獲してマークを施した。これらのオスは、真社会性相で生産されたオスが初見された7月25日までには姿を消した。夏期真社会性相において少数であるがオスが生産されたことになる。

夏期真社会性相と後夏期不活動相：夏期真社会性相の開始時期は6月下旬で、その期間は32日間であった。開始時期は前年のそれと比べて約7日間遅く、期間は約13日間も短かった。一方、後夏期不活動相の開始時期は7月中旬で、前年よりも約7日早く、期間も約17日間も短かった。後夏期不活動相の開始時期の早まりは、夏期真社会性相の短縮にあった推測される。

秋交尾期相と越冬相：秋期交尾相の開始時期は8月下旬で、その期間は約22日間であった。7月27日に7巣にセットしたトラップで捕獲した新女王（26個体）とオス（32個体）は、それぞれ7月28日～9月17日（51日間）と7月29日～9月10日（43日間）にここに出現した。逐次解剖した24個体の新女王のうち6個体は受精していた。7月27日現在で25.0%が受精していたことになる。秋期交尾相の開始は、上述した前年よりも短かった後夏期不活動相と連携して8月下旬であった。この期間は、1985年と同様に巣口の開閉記録から求めたものである。実際の網室内におけるオスと新女王の初見日はそれぞれ7月25日と8月15日で、9

月21日にはオスが約10個体と新女王が1個体の残存が観察された。この頃が秋期交尾相の終息日といえる。その後、9月23日にはすべての巣を発掘して、実験を終了させた。越冬相の開始時期は両年ともほぼ同じ9月末であった。

1986年では、大半が後夏期不活動相に、また一部が秋期交尾相にすでに突入した巣があるなかで、7月29日に採餌活動が継続している真社会性相の巣（5巣）があった。これらの巣では、大半のワーカーの採餌が8月7日には途絶えがちとなり、最後のワーカーの採餌を9月1日に観察した。また、ごく一部であると考えられる新女王の採餌が8月16日から9月18日までの間に散見された。1985年にも、1個体の新女王の採餌を8月27日に観察している。これらの新女王の採餌がどのような意味をもつのかは明らかにできなかった。

松江における各生活史相とそれらの期間について見ると、相の構成自体には北日本の札幌市と仙台市のそれらと何の変化ももたらされなかった。1985年では、3つの活動相（春期単独性相、夏期真社会性相、秋期交尾相）のうち春期単独性相と夏期真社会性相の開始は、地域間における有効積算温度の差異を反映して、緯度の降下に伴い、各相が早く進行した。しかし、1985年と1986年とでは有効積算温度にほとんど差異がなかったにも関わらず、1986年では1985年ほど春期単独性相と夏期真社会性相が早まる傾向は顕著ではなかった。なかでも、両年とも松江市では秋期交尾相の開始時期が北日本のそれらよりもかなり遅れ、かつ前夏期不活動相と後夏期不活動相が北日本のそれらよりも長期化する傾向が明瞭であった（Fig.8）。また、秋期交尾相も西南日本では高い活動温度が長く継続することに起因して、きわめては長期間に及んだ。札幌市と仙台市では、3つの活動相の開始日はそれぞれの相とも巣口が開放された総巣数の50%日で求められている。また、春期単独性相の開始日は大まかに示されている（Gôukon *et al.*, 1986）。筆者らは、活動相の開始日は巣口の外観的特徴を中心とした調査で明らかにし、全巣の開始日の平均で求めている（Table 1）。これらの調査法や算出法の相違も直接比較を難しくしているのかも知れない。

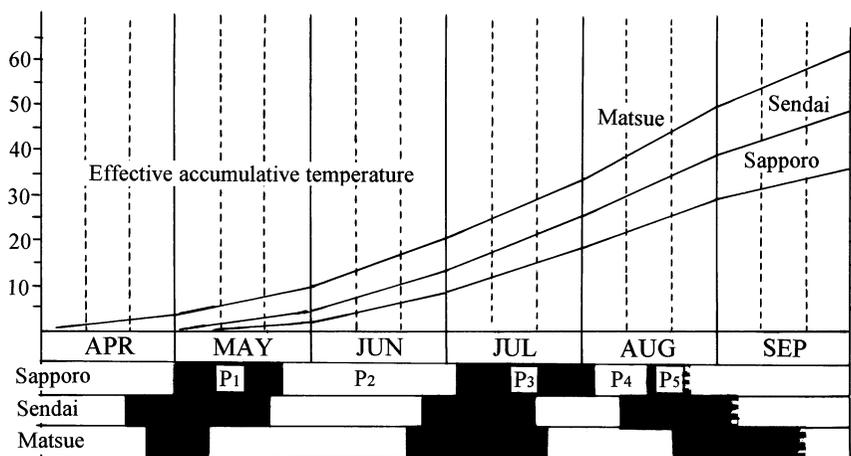


Fig. 8. Comparison of seasonal changes in duration of active periods, according to the thermal conditions in Sapporo, Sendai and Matsue. Three active periods (P₁, P₃ and P₅) in Matsue was adopted, the result of 1986 (Table 1), but those in Sapporo and Sendai were of expressed by adopting 50% level of open nests as an index, mean duration (Gökun *et al.*, 1986). Effective accumulative temperature was conveniently calculated from $T = \sum t_i$ (t_i is mean air temperature in month i , when $t_i > 10$). Subtraction of 10°C was made based upon the concentration of the developmental zero of many insects around this level (Uchida, 1957).

地域間における有効積算温度の差異を反映したて類似した事例がツマルコハナバチでも知られている。西南日本の松江市では、北日本の盛岡市（北緯 39 度 42 分，標高 155m）と比べると，緯度差に応じて活動期が早く開始される。また，活動期の後に不活動期を挟んだ再開される活動期の回数が盛岡市では，ホクダイと同じ 3 回（単独性相－真社会性相－交尾相）であるのに対して，松江市では 5 回（単独性相あるは半社会性相－真社会性相－真社会性相－半社会性相－交尾相）もあるとされている（前田ら，未発表）。

2. 巣の存続率

累計穿孔巣数は，1985 年では 132 個，1986 年では 83 個であった。春期単独相と夏期真社会性相の 2 つの活動相における巣の存続率は，Table 2 にまとめた。網室内では，捕食・寄生性天敵はほとんど存在しなかった。これを反映して，巣の存続率はきわめて高かった。それでも，春期単独性相（1985 年は 64.4%，1986 年は 78.3%）では，夏期真社会性相に比べて存続率が低い傾向が明瞭であっ

た。夏期真社会性相では両年とも 92% もあった。春期単独性相では，再穿孔率を明らかにしていない。この相では，再穿孔した個体が含まれるので，実際の巣の存続率は Table 2 の数値よりもやや高いのではないかと推測される。

Sakagami (1977) は北海道農業試験場構内（札幌市）において，巣口の状態（N₁－N₄ の 4 つで表示）を基にしてホクダイの巣の存続率を調査して

Table 2. Survival rate of nests in *Lasioglossum duplex*.

Year	Phase ¹⁾	Number of nests (%)
1985	P ₁	85 ²⁾ /132 (64.4)
	P ₃	69 ³⁾ /75 ⁴⁾ (92.0)
1986	P ₁	65 ²⁾ /83 (78.3)
	P ₃	24 ³⁾ /26 ⁴⁾ (92.3)

¹⁾ See table note 1) in Table 1.

²⁾ The number of nests excluded those abandoned at P₁/total number of nests found at P₁.

³⁾ The number of nests in which nesting activity were observed at P₃, but excluded those abandoned at P₃.

⁴⁾ Those nests excavated at P₂ and abandoned at P₁ were excluded from the initial number of nests examined, 132 in 1985 and 83 in 1986.

いる。それによると、春期単独性相における25.5%のみが夏期社会性相まで存続し、さらに60.5%が生殖カーストの生産まで存続したとし、春期単独性相が生活史のうちで最も危機の高い時期であるとしている。筆者らの網室の結果とは、営巣環境条件が全く異なるので地域間の比較はできない。

3. 成虫のサイズ、巣の構造、育房数、幼態の生存率と性比

3.1. 成虫のサイズ

1985年と1986年において網室内で得られたカースト別の頭幅はTable 3に、また越冬後女王、ワーカーと新女王の頭幅の頻度分布はFig. 9にそれぞれ示した。1985年に放飼した利府町産の越冬後女王の頭幅(平均±標準偏差)は、 2.46 ± 0.10 mm (Table 3中のローマ数字のIV)であった。この年に網室内で生産された新女王のサイズ(2.43 ± 0.12 mm, V)は、利府町産の越冬後女王のそれとほぼ同値で、有意差は認められなかった($p > 0.05$, t-検

定)。Fig. 9を見ると、1986年における新女王の頭幅の頻度分布状況は1985年のそれらと類似していた。これに対して、ワーカーでは1986年(XI)では1985年(VI)に比べてサイズに有意な増大があった($p < 0.05$, t-検定)。ワーカーの頭幅の頻度分布図にも、この増大傾向が明瞭に表れている。1986年の松江市産のワーカーは、仙台市産(XVII)と札幌市産(XIX)のそれらと比較して有意に大型であった($p < 0.05$, t-検定)。産地別の女王のサイズ大小順は、仙台市(XV) \geq 松江市(X) $>$ 札幌市(XVIII), またワーカーのそれは、松江市(XI) $>$ 仙台市(XVII) $>$ 札幌市(XIX)で、産地間でそれぞれ有意差があった($p < 0.05$, Bonferroniの多重比較)。低緯度域では、女王とワーカーの大型化が見られた。ことに、ワーカーではその傾向が顕著であった。

Table 4には、3地域における同一巣内の女王とワーカーのサイズ差(100・1-ワーカーの頭幅(H_w)/女王の頭幅(H_q))の頻度分布を示した。そ

Table 3. Head width (mm) of adult females in various cohorts of *Lasioglossum duplex*.¹⁾

Cohort			Mean \pm SD	N	CV(%)
Matsue 1985	I	Overwintered queens ²⁾	2.46 ± 0.10	62	4.1
	II	Spring queens	2.50 ± 0.05	5	2.0
	III	Summer queens	2.45 ± 0.08	10	3.3
	IV	Queens (I+II+III)	2.46 ± 0.10	77	4.1
	V	Autumn new queens	2.43 ± 0.12	25	4.9
	VI	Workers	2.45 ± 0.07	50	2.9
Matsue 1986	VII	Spring queens	2.51 ± 0.09	71	3.6
	VIII	Summer queens	2.40 ± 0.08	6	3.3
	IX	Queens (VII+VIII)	2.50 ± 0.10	77	4.0
	X	Autumn new queens	2.46 ± 0.13	66	5.3
	XI	Workers	2.50 ± 0.11	65	4.4
Sendai ³⁾	XII	Spring queens	2.53 ± 0.07	258	2.9
	XIII	Spring old queens ⁴⁾	2.54 ± 0.10	16	3.8
	XIV	Summer queens	2.47 ± 0.08	46	3.3
	XV	Queens (XII+XIII+XIV)	2.52 ± 0.08	304	3.1
	XVI	Autumn new queens	2.52 ± 0.08	137	3.0
	XVII	Workers	2.43 ± 0.08	161	3.5
	XVIII	Queens	2.33 ± 0.12	455	5.0
Sapporo ³⁾	XIX	Workers	2.20 ± 0.10	417	4.4

¹⁾ Significant difference was obtained between VI and XI ($p < 0.05$, t-test), among X/XV/XVIII, and among XI/XVII/XIX ($p < 0.05$, by multiple comparison test, Bonferroni).

²⁾ Born at Rifu-cho, Miyagi Pref. in 1984.

³⁾ Cited from Goukon *et al.* (1986).

⁴⁾ Born the year before last.

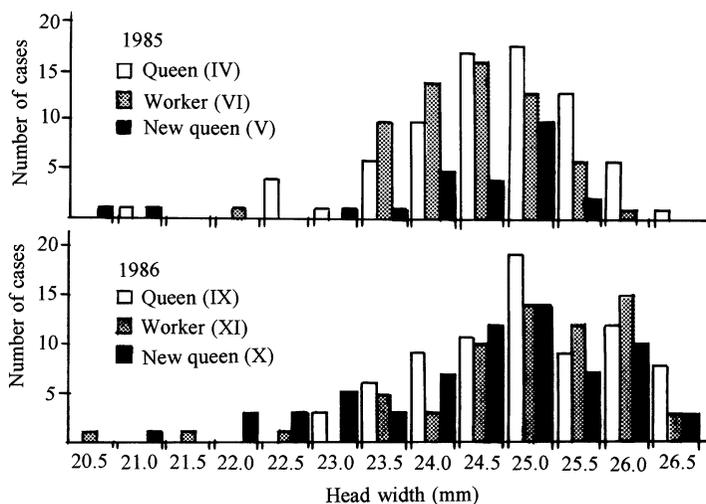


Fig. 9. Frequency distributions of head widths in queens and workers of *Lasioglossum duplex* in Matsue. Roman numerals in the parentheses correspond to those in Table 3.

Table 4. Frequency distribution of percentage head width difference between queen (Hq) and workers (Hw) in the same nest of *Lasioglossum duplex*.

Size difference $100 \cdot (1 - H_w/H_q)$	No. of cases (percentage)			
	1985	Matsue 1986	Sendai ¹⁾	Sapporo ²⁾
30.0-25.1				1 (0.5)
25.0-20.1				1 (0.5)
20.0-15.1			1 (1.0)	8 (4.2)
15.0-10.1	1 (4.3)		1 (1.0)	30 (15.2)
10.0-5.1	1 (4.3)	4 (7.8)	28 (28.6)	74 (39.3)
5.0-0.1	16 (69.6)	12 (23.5)	39 (39.8)	50 (26.4)
-0.0-4.9	5 (21.7)	29 (56.9)	24 (24.5)	20 (10.6)
-5.0-9.9		6 (11.8)	5 (5.1)	5 (2.6)
No. of workers	23	51	98	189
No. of queens	6	19	37	70
Mean % ratio	2.74	-0.47	2.45	6.12

¹⁾Cited from Gôukon *et al.* (1986).

²⁾Cited from Sakagami and Hayashida (1968).

の数値は、1985年、1986年ともワーカーの大型化を反映して松江市では低かった。飼養2年目に当たる1986年では、この傾向が前年の1985年よりも一層明瞭であった。女王とワーカー間のサイズ差の平均百分率比で見ると、札幌市(6.12) > 仙台市(2.45) > 松江市(-0.47)の順であった。

なぜ、低緯度域においてワーカーの大型化が起

こるのか興味深い。巣レベルでのカースト分化は、高緯度域では大きいことを暗示している。

オス成虫の頭幅(秋期交尾相に測定)は、1985年では $2.29 \pm 0.16 \text{ mm}$ ($N=141$), 1986年では $2.48 \pm 0.07 \text{ mm}$ ($N=44$)であった。両者間では有意差が認められた($p < 0.05$, t -検定)。オスにおいても、サイズが1986年では1985年よりも増大がも

たらされた。

仙台市では、前年営巣した女王が越冬し、再度営巣することが報告されている。この女王 (XIII) は、前年のそれ (XV) よりもやや大型である (Table 3)。松江市では、2年目に再営巣した女王は確認できなかった。

年1化性のヤマトツヤハナバチ *Certaina japonica* Cockerell でも、その年に営巣したメスが再越冬することが知られている。これらは、ほかの同齡メスに比べてはるかに大型個体で (Sakagami and Maeta, 1977)、翌年に遅延型真社会性を形成する (Sakagami and Maeta, 1985)。

3.2. 巣の構造と巣あたりの育房数

巣の基本構造は、地域間で基本的には大きな差異はなかった。春期単独性相で作製された春の育房塊と夏期真社会性相で作製された夏の育房塊で構成されていた。松江では1985年と1986年とも、春期単独性相の巣では札幌と仙台と同様に育房塊は1個だけであった。兩年を通じて松江市においては、夏期真社会性相の巣では育房塊数は最大3個で、単一育房塊をもつ巣は全巣のが54.8%であっ

た。また、兩年を通じて夏期真社会性相では、31巣のうち主坑に直結する単一育房をもつものが4巣あった。ほかの地域の夏巣について見ると、育房塊数は札幌市では最大で3個、単一の巣が大半 (87.0%) である。仙台市では最大9個で、単一巣が26.8% である (Gôukon *et al.*, 1986)。巣あたりの育房数と育房塊数の関係から、育房数の増加は小さな育房塊 (1~2個の育房) の増大で図られていることが示唆されている (Gôukon *et al.*, 1986)。

両相における育房塊と主坑の深さは Table 5 に示した。兩年を比較して見ると、春巣と夏巣における主坑と巣房の深さは、両者とも1986年では1985年よりもやや浅く、主坑と春育房の深さとも兩年間において有意差は認められた ($p < 0.05$, t-検定)。この傾向は頻度分布にも表れている (Fig. 10)。松江市では育房塊の深さは、巣口から育房塊の底部までの垂直距離で測定されている。これに対して、札幌市と仙台市においては巣口からの育房塊の深さは、主坑からほぼ水平に派生し育房塊に繋がる側坑までの垂直距離で表示されている。しかし、側孔と育房塊の最底部の深さはほぼ同値

Table 5. Measurement values (mm) of various parts of nests and the number of brood cells in the spring solitary phase and summer social phase in *Lasioglossum duplex*.¹⁾

Part	1985			1986		
	Range	Mean ± SD	N	Range	Mean ± SD	N
Spring solitary phase						
Depth of main burrow ²⁾	110–200	143 ± 33	6	50–155	90 ± 19	28
Depth of spring cell clusters ³⁾	70–115	95 ± 13	13	50–105	81 ± 11	60
Size of spring brood cells						
Diameter of constricted mouth	—	—	—	3.2–3.8	3.47 ± 0.19	46
Height of brood cells	—	—	—	5.6–6.8	6.27 ± 0.26	72
Length of brood cells	—	—	—	10.2–12.8	11.53 ± 0.79	51
Total no. of brood cells ⁴⁾	2–7	5.0 ± 1.7	5	1–6	3.7 ± 1.4	34
Summer social phase						
Depth of main burrow ²⁾	220–440	360 ± 69	8	100–320	213 ± 63	21
Depth of summer cell clusters ³⁾	125–240	173 ± 38	9	90–200	140 ± 35	25
Total no. of brood cells ⁵⁾	2–13	5.6 ± 3.4	9	2–21	9.2 ± 5.0	24

¹⁾ Significant difference was obtained between the depth of main burrows in both spring and summer phases of 1985 and 1986, and the depth of cell clusters in both spring and summer phases of 1985 and 1986 ($p < 0.05$, t-test).

²⁾ When main burrow was ramified, the deepest branch was measured.

³⁾ When more than 2 cell clusters were found, the shallowest one was used.

⁴⁾ Nests with queens were used and only provisioned cells were counted.

⁵⁾ Those nests with summer cell clusters were used, irrespective of presence or absence of queens and size of cell clusters, but included neither pollen balls before oviposition nor empty cells.

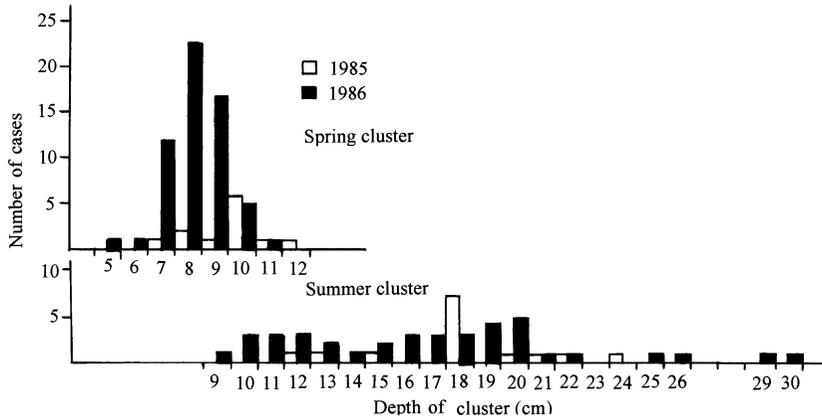


Fig. 10. Frequency distributions of the depths of spring and summer clusters of *Lasioglossum duplex* in Matsue. The distributions of spring clusters are single clusters, but summer ones included all shallow and deep clusters.

とみてよい。札幌市と仙台市における平均値と標準偏差は、春巣ではそれぞれ 8.41 ± 2.54 cm ($N=76$) と 8.52 ± 1.66 cm ($N=175$)、また夏巣（複数の育房塊があれば、最浅のもので代表）ではそれぞれ 14.65 ± 4.26 cm ($N=119$) と 18.07 ± 7.07 cm ($N=58$) とされている。両地域間では有意差は春巣では認められていないが、夏巣では認められている (Gōukon *et al.*, 1986)。松江市では、飼養2年目の1986年では前年よりも春巣と夏巣とも、育房塊の深さは浅くなる傾向が明瞭であった (Table 5)。1986年の育房塊の深さは、春巣では 8.1 ± 1.1 cm ($N=60$)、夏巣では 14.0 ± 3.5 cm ($N=25$)

であった。札幌市と仙台市のそれらと比べて、有意差は春巣において3地域間では認められなかった ($p > 0.05$, Anova)。夏巣について見ると、有意差は札幌市との間では認められなかったが、仙台市との間では認められた ($p < 0.05$, Bonferroniの多重比較)。夏巣において育房塊が仙台市では札幌市よりも深くなるのは、地域間における地温の傾斜を反映した結果であろう。しかし、仙台市よりもはるかに低緯度の松江市において、夏巣の育房塊の深さが浅くなるのは理屈に合わない。育房塊の深さの地域間差が地温の傾斜だけに起因するとはいえない (Gōukon *et al.*, 1986)。育房のサイズは、

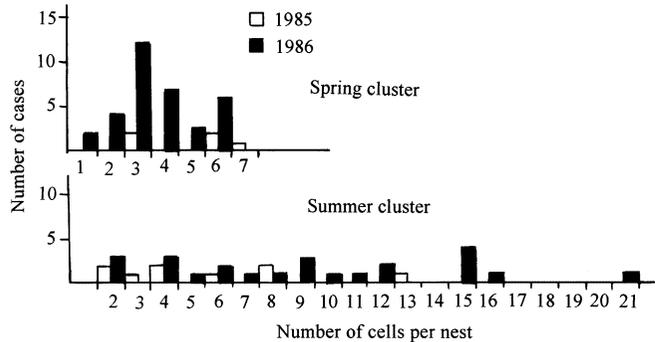


Fig. 11. Frequency distributions of the number of cells in spring and summer nests of *Lasioglossum duplex* in Matsue, both examined at the pre-summer inactive phase and post-summer inactive phase, respectively in Matsue. Only nests with queens were examined in spring clusters, but both nests with queens and those without them were included in summer clusters.

そこで生産される成虫のサイズとは無関係ではない。松江市における春巢の育房の各部の測定値は Table 5 に示した。Gôukon *et al.* (1986) には、札幌市と仙台市における春巢の育房のサイズについては記述がない。札幌市では、大まかな測定値があるだけである (Sakagami and Hayashida, 1960)。3 地域間での比較を行うことができない。

新女王は札幌市と仙台市ではもっぱら越冬孔中で単独で越冬し、越冬後は離巢にそなえて主孔の盲端に到達する (Gôukon *et al.*, 1986)。松江市では、巢を冬期に発掘していないので、すべて個体が越冬孔中で越冬するかどうかは不明である。越冬孔の深さは、1985 年と 1986 年に計 10 巢で計測できた (平均±標準偏差)。前年では 38.1 ± 5.8 mm ($N=7$)、後年は 18.4 ± 6.0 mm ($N=11$) であった。両年間では有意差が認められた ($p < 0.05$, t -検定)。上述した育房塊と同様に、1986 年では 1985 年よりも浅くなる傾向があった。仙台市と札幌市における越冬孔の深さは、それぞれ 28.05 ± 10.82 ($N=36$) と 38.04 ± 7.85 ($N=488$) で、後者では前者よりも有意に深い (Gôukon *et al.*, 1986)。緯度傾斜に伴う地温変化に対応して、西南日本では越冬孔も育房塊の深さと同様に浅くなるのかも知れない。

春巢と夏巢における巢あたりの育房数の平均±標準偏差は、札幌市では 5.08 ± 1.82 個 ($N=113$) と 13.47 ± 7.7 個 ($N=107$)、仙台市では 5.66 ± 1.44 個 ($N=70$) と 15.69 ± 10.00 個 ($N=48$) で、両産地間では有意差がない (Gôukon *et al.*, 1986)。松江市における平均±標準偏差は、1985 年が 5.0 ± 1.7 個 ($N=5$) と 5.6 ± 3.4 個 ($N=9$) で、1986 年が 3.7 ± 1.4 個 ($N=34$) と 9.2 ± 5.0 個 ($N=24$) であった (Table 5)。北日本のそれらと比べると明らかに少なかった。狭い網室が繁殖に影響を及ぼしているらしい。松江市における春巢と夏巢の育房数の頻度分布域は Fig. 11 に示した。夏巢における分布域は 2~21 個であるが、最大分布域は調査巢数が少ないので不明瞭である。札幌市では夏巢における頻度分布域は、3~41 個 (最大頻度分布域では 7 個)、仙台市におけるそれは 4~45 個 (同 8 個) である (Gôukon *et al.*, 1986, Fig. 3)。夏巢では、巢によってワーカー数や活動期間の変異が大

きく、これを反映して育房数の頻度分布域が 3 地域とも、上述のように広範囲に及び、最大分布域が明瞭でない。巢あたりの育房数は、少なくとも春巢においては 3 地域間で差異がない。夏巢でも同じであろう。

3.3. 幼態の死亡率

網室内では、捕食性または寄生性天敵は存在しなかった。未同定のアリの一種の巢への出入りがあった。これらは放棄巢であった。幼態の死亡はすべて寄生菌類であった。幼態の生存率は、1985 年と 1986 年とも春期単独性相、夏期真社会性相とも 85% 以上で、きわめて高かった (Table 6)。しかし、1986 年の春期単独性相ではその限りではなかった。原因は、発掘日が早かったことにある。これらの巢内では、発掘時に一部で蛹態が存在していたが大半はこれよりも若いステージであった。常温下での飼育中に高い死亡率がもたらされたことによる。

Gôukon *et al.* (1986) は、有母巢と無母巢に分けて増殖状況を比較している。それによると、健全な幼態と成虫脱出後の両育房数の全育房数に占める比率 (%) は、仙台市では春巢の有母巢では無母巢よりも高いが、夏巢では同様な顕著な差はない。松江市では発掘巢数がすくないので、このような資料は求めている。初期社会性のツヤハナバチ類では母バチが巢口をガードし、育房に出入りして幼態と育房の両方を清掃をする。ヤマトツヤハナバチ *Ceratina japonica* Cockerell とキオビツヤハナバチ *C. flavipes* Smith の 2 種の無母巢では、有母巢には見られない巢口から侵入する天敵の加害があり、有母巢よりもチョーク病 *Ascospaera* sp. による死亡率が高い (前田, 2002)。

3.4. 性比

1985 年に春期単独性相の 5 巢で生産されたオス比は 0 (0/23) であった。1986 年に発掘した 42 巢におけるそれは 0.0316 (3/95) で、オスが生産された 3 巢はいずれも有母巢であった。このうち、1 巢ではワーカーも同時に生産されていた。ほかの 2 巢では、ともにオス 1 個体だけであった。1985 年の春期単独性相では、上述の発掘した 5 巢ではオスの生産は確認されなかったが、前夏期不活動相にトラップを巢口に被せた調査では、1 巢 (巢番

Table 6. Mortality of immatures in the nests of *Lasioglossum duplex*.

Year	Phase ^{1),2)}	Number of cells (%)				Total	No. of nests examined	Date of excavation of nests
		Normal individuals ³⁾	Dead larvae ⁴⁾	Dead prepupae	Dead pupae			
1985	P ₁	25 (86.2)	4 (13.8)			29 (100)	6	June 7
	P ₃	42 (91.3)	3 (6.5)		1 (2.2)	46 (100)	9	Aug. 1 and 3
1986	P ₁	68 (50.4)	39 (28.9)	6 (4.4)	22 (16.3)	135 (100)	37	May 30 and 31
	P ₃	206 (93.6)	14 (6.4)			220 (100)	24	Aug. 17, Sept. 13, 18 and 23

¹⁾See table note 1) in Table 1.

²⁾Included both nests with queens and those without them.

³⁾Included normal immatures and adults, and those empty cells in which fecal pellets remained on the cell wall.

⁴⁾Those cells in which pollen balls were moldy were regarded as brood killed by fungus.

号 129) から 2 個体のオスの出現が確認された。この巣の母バチは未受精であった。また、6 月 12 日には網室内でオスの存在が観察された。1985 年の春期単独性相でも、きわめて少ないながらオスが生産されたことになる。

1985 年の夏期真社会性相で生産されたオス比は 0.0588 (2/34) であった。しかし、この年の本相の巣は先にトラップで捕獲せずに少数巣 (9 個) 発掘したもので、しかも発掘時期 (8 月 1 日~3 日) も遅かったので、大半のオスはすでに離巢していた。上述のオス比は正確ではない。1986 年では、後夏期不活動相に 7 巣にトラップをかけた後に、これらを発掘した。これらの巣から得られた前蛹と蛹の飼育で得られたオス比は 0.5385 (35/65) で、性比はややオスに傾斜していた。

Gókoun *et al.* (1986) によると、札幌市と仙台市での春巢におけるオス比は、前者では 3.36% (N=803)、後者では 4.79% (N=146) である。一方、夏巢におけるそれは札幌市では 56% (N=368)、仙台市では 66.8% (N=247) である。両者間での相違には有意差がある。その原因は、仙台市では未受精のワーカーの産卵があるのではないかと推測されている。3 地域間において、調査方法に多少の相違があるが、春巢では性比はメスに極端に傾斜し、夏巢ではオスに傾斜した性比が見られる。この事実は 3 地域に共通している。

4. 社会構造、無母巣率とワーカーの産卵

上述のように、生活史相を構成する各相は、少なくとも 1985 年では、松江市においては札幌市と仙

台市よりも早く開始されたが、相構成には変化はなかった。社会構造は、札幌市と仙台市では全く同じであった。自然越冬させた 1986 年の春巢でも複メス巢 (半社会性) は発見できなかった。札幌市では稀で、仙台市でも確認されていないことから春巢において複メス巢が存在しないことは、ホクダイの特徴の 1 つといえる (Gókoun *et al.*, 1986)。

前夏期不活動相と後夏期不活動相 (1986 年では大半は秋期交尾相のもの) で発掘した巣における無母巣の割合 (無母巣/有母巣+無母巣) は、1985 年ではそれぞれ 16.7% (1/6) と 22.2% (2/9) であった。また、1986 年ではそれぞれ 10.5% (4/38) と 83.3% (20/24) であった。なお、1986 年の後夏期不活動相と秋期交尾相に発掘した 24 巣のうち 6 巣では、母バチは死亡後で、これらは主坑の盲端に埋められていた。1986 年の後夏期不活動相と秋期交尾相において、無母巣率が高かった原因は発掘時期が遅かったことにある。前述した巣の存続率は、母バチの有無に関係なく、巣内からの新成虫の生産の有無で判断している。したがって、巣の存続率は有母巣率よりもはるかに高い (Table 2)。

1985 年に夏期真社会性相で 2 つの有母巣 (巣番号 65, 97) にトラップをかけてこれらから出現するワーカーを捕獲した。両巣から得られたワーカーはすべて無受精で、卵巣の発達は悪く、経産個体は存在しなかった。しかし、Gókoun *et al.* (1986) は、無母巣ではワーカーの卵巣が発達し、産卵もありうることを、また夏期真社会性相の経過に伴い有・無母巣に関係なく、受精したワーカーが存在

し、卵巣が発達することが認められることなどを報告している。また、札幌市では夏期真社会性相の後半には、有・無母巣を含めて受精したワーカーの率が40%もあったとしている。これらの発達した卵巣もつワーカーがたとえ数少ない娘バチを生産しても、いわゆる代理女王であると決してみなすべきではないとしている (Sakagami and Hayashida, 1968)。Gôukon *et al.* (1987) の報告のように、後夏期不活動相と秋期交尾相に至ると創設 (越冬後) 女王では卵巣の退化が目立ち、終末には保有している基部卵母細胞の大半は前卵黄形成卵 (ステージ I) で、ごく一部はその退化卵 (ステージ I') だけであった。また、新女王でも大半はステージ I でごく一部でステージ I' だけを抱卵していた。休眠中の個体では卵黄形成は起こらないことを示している (Wigglesworth, 1936; Maeta *et al.*, 1993)。

Gôukon *et al.*, (1986) は、札幌市と仙台市の両地域間の生態および社会性の差異として、仙台市では 1) 夏巣では複数の育房塊が同一巣内で作成される傾向が強い、2) 頭幅を指標にすると、女王、ワーカーとも札幌市よりも大型である、および 3) 女王とワーカーのサイズ差が札幌市よりも小さいの3点をあげている。さらに、3) をカースト分化の低さとみなし、その結果生じた女王のワーカーに対するコントロールの弱さが1) の原因となったと推定をしている。この推測は、両地域間のワーカーの卵巣の発達差がなかったことから肯定されにくいとしている。しかし、1) が外的環境要因よりも社会的要因で生じたとする可能性を残している。

松江市では、複数の育房塊をもつ巣の割合は札幌市よりも高かったが、仙台市ほどではなかった。また、女王とワーカーのサイズ差は仙台市よりもはるかに小さかった。今回の松江市の調査では、真社会性相の初・中期に発掘した巣数がきわめて少なかった。ワーカーのサイズとそれらの受精の有無と産卵との関係は明瞭にできなかった。コハナバチ科で見られる女王とワーカーのサイズ差の決定要因と社会構造との関連については、Gôukon *et al.* (1986) の文献の総括がある。ホクダイにおける女王とワーカーのサイズ差の低緯度域での縮

小化の決定要因とその社会性構造との関わり の説明は将来の課題である。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、懇切なご指導をいただいた故坂上昭一先生 (北海道大学名誉教授) に深謝の意を表す。また、統計処理についてご教示をいただいた北村憲二教授 (島根大学生物資源科学部) にお礼を申しあげる。

文 献

- Eickwort, G. C. and K. R. Eickwort (1971) Aspects of the biology of Costa Rican halictine bees, II. *Dialictus umbripennis* and adaptations of its caste structure to different climate. *J. Kansas Sci. Entomol. Soc.*, **44**: 343-373.
- Gôukon, K., S. F. Sakagami and Y. Maeta, (1986) Bionomic comparison of two populations of a eusocial halictine bee, *Lasioglossum duplex*, in northern Japan. *Jap. J. Ecol.*, **35**: 587-600.
- Gôukon, K., Y. Maeta and S. F. Sakagami (1987) Seasonal changes in ovarian state in a eusocial halictine bee, *Lasioglossum duplex*, based on stages of the oldest oocytes in each ovariole (Hymenoptera: Halictidae). *Res. Popul. Ecol.*, **29**: 255-269.
- 平嶋義宏 (監修, 1989). Hymenoptera ハチ目 (九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター編「日本産昆虫目録 (II) 所収」). pp. 541-692. 福岡.
- Kurihara, M., Y. Maeta, K. Chiba and S. F. Sakagami (1980) The relation between ovarian conditions and life cycle in two small carpenter bees, *Ceratina flavipes* and *C. japonica* (Hymenoptera, Anthophoridae). *J. Fac. Agric., Iwate Univ.*, **15**: 131-153.
- 前田泰生, 2002. 北日本におけるヤマトツヤハナバチとキオビツヤハナバチの天敵. 中国昆虫, (15): 1-13.
- Maeta, Y., K. Saito, K. Hyodo and S. F. Sakagami (1993) Diapause and non-delayed eusociality in a univoltine and basically solitary bees *Ce-*

- ratina flavipes* and *C. japonica* (Hymenoptera, Anthophoridae). I. Diapause termination by cooling and application of hormone analog. *Jpn. J. Ent.*, **61**: 203–211.
- Michener, C. D. (1974) The Social Behavior of Bees. xii+404 pp. Harvard Univ. Press. Cambridge Mass.
- Michener C. D. and F. D. Bennett (1977) Geographical variation in nesting biology and social organization of *Halictus ligatus*. *Univ. Kansas Sci. Bull.*, **51**: 233–260.
- Miyana, R., Y. Maeta and S. F. Sakagami (1999) Geographical variation of sociality and size-linked color patterns in *Lasioglossum (Evy-laeus) apristum* (Vachal) in Japan (Hymenoptera, Halictidae). *Insectes Sociaux*, **46**: 224–232.
- Sakagami, S. F. (1977) Seasonal change of nest survival and related aspects in an aggregation of *Lasioglossum duplex* (Dalla Torre), a eusocial halictine bee (Hymenoptera: Halictidae). *Popul. Ecol.*, **16**: 69–86.
- Sakagami, S. F. and K. Hayashida (1958) Biology of the primitive social bee, *Halictus duplex* Dalla Torre. I. Preliminary report on the general life history. *Annot. Zool. Jap.*, **31**: 151–155.
- Sakagami, S. F. and K. Hayashida (1960) Biology of the primitive social bee, *Halictus duplex* Dalla Torre. II. Nest structure and immature stages. *Insectes Sociaux*, **7**: 57–98.
- Sakagami, S. F. and K. Hayashida (1961) Biology of the primitive social bee, *Halictus duplex* Dalla Torre. III. Activities in spring solitary phase. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Zool.*, **14**: 639–682.
- Sakagami, S. F. and K. Hayashida (1968) Bionomics and sociology of the summer matrifilial phase in the social halictine bee, *Lasioglossum duplex*. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Zool.*, **16**: 413–513.
- Sakagami, S. F. and Y. Maeta (1977) Some presumably presocial habits of Japanese *Ceratina* bees, with notes on various social types in Hymenoptera. *Insectes Sociaux*, **24**: 319–343.
- Sakagami, S. F. and Y. Maeta (1985) Multifemale nests and rudimentary castes in the normally solitary bee *Ceratina japonica* (Hymenoptera: Xylocopidae). *J. Kansas Ent. Soc.*, **57**: 639–656.
- Sakagami, S. F. and M. Munakata (1972) Distribution and bionomics of a transpalaeartic eusocial halictine bee, *Lasioglossum (Evy-laeus) calceatum*, in northern Japan, with reference to its solitary life at high altitude. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Zool.*, **18**: 411–439.
- Sakagami, S. F., K. Hoshikawa and H. Fukuda (1984) Overwintering ecology of two social halictine bees, *Lasioglossum duplex* and *L. problematicum*. *Res. Popul. Ecol.*, **26**: 307–322.
- Sakagami, S. F., Y. Hirashima, Y. Maeta and T. Matsumura (1982) Bionomic notes on the halictine bee *Lasioglossum affine* (Hymenoptera, Halictidae). *ESAKIA*, (19): 161–176.
- 内田 亨, 1957. 昆虫の発育零点. 応動昆, **1**: 46–53.
- Wigglesworth, V. B. (1936) The function of the corpus allatum in the growth and reproduction of *Rhodnius prolixus*. *Quart. J. Micr. Sci.*, **79**: 91–120.
- Wille, A. and E. Orozco (1970) The life cycle and behavior of the social bee *Lasioglossum (Dialictus) umbripenne*. *Rev. Biol. Trop.*, **17**: 199–245.