

## 島嶼における昆虫媒植物と訪花昆虫の相互関係

前田 泰生<sup>1)</sup>・ハンナン Md. A.<sup>2)</sup>・宮永 龍一<sup>3)</sup>・郷右近勝夫<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>〒690-0011 島根県松江市東津田町 2168-218

<sup>2)</sup>ゲルフ大学環境生物学学科, ゲルフ, オンタリオ, カナダ N1G 2W1

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

<sup>4)</sup>東北学院大学工学部, 〒985-8537 宮城県多賀城市中央 1-3-1

## Relationship between Entomophilous Plants and Their Flower Visitors in an Island of Japan

Yasuo MAETA<sup>1)</sup>, Md. A. HANNAN<sup>2)</sup>, Ryoichi MIYANAGA<sup>3)</sup>  
and Katsuo GÔUKON<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>2168-218 Higashitsuda-cho, Matsue, Shimane Pref., 690-0011 Japan

<sup>2)</sup>Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario,  
Canada N1G 2W1

<sup>3)</sup>Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University, Matsue, Shimane  
Pref., 690-8504 Japan

<sup>4)</sup>Biological Laboratory, Tohoku Gakuin University, Tagajo, Miyagai Pref.,  
985-8537 Japan

**Abstract** Sampling of the flower-visiting insects was carried out in a closing environment, Iriomote Island (N 24° 15′ -25′), subtropical Japan, in the purpose of study the relationship between entomophilous plants and their pollinators. A total of 96 species of flower visitors were obtained from 91 floral plants, belonging to 43 families and 83 genera, spending one hour for each sampling from the year 2002 to 2007. Twenty two (65%) of 34 bee species occurred in this island were multivoltine or perennial. Thirty one percent of entomophilous plant species bloomed for long periods of time throughout the year. A clear phenological synchronization was recognized between long flying periods of bee species and prolonged flowering periods of plant species, reflecting subtropical climate. Bees exceeded in numbers among all of the flower visitors (95%, 13852/14537), indicating that bees are the principal pollinators in this island. The total number of short-tongued bees occupied 72% of all bees collected (84%, if excluded honey bees). They visited the flowers which were having more or less concealed nectariferous areas. These flowers occupied 59% of total plant species. In whole study a single oligolectic bee species, *Andrena okinawana*, was found, and rest all were polylectic. Two types of partnerships between floral plants and bees were recognized, *i.e.*, 1) a plant has one or more definite specialists and other generalists and 2) a plant has only generalists, but species composition in each plant is variable. The former case plants were 16 species (18%)

and the latter ones were 73 (82%). Honey bee, *Apis mellifera*, is feral in this island. There are the most dominant pollinators for 11 plants species, where 6 species are either introduced or invaded. Among them two species, *Melilotus offinalis* (99% of total visitors) and *Bidens pilosa* var. *radiata* (78%) have been spreading in this island presumably because of high pollination efficiency and intensive visitation by honey bee.

**Key words** : Closing environment, fauna of pollinators, partnership, blossom classes, position of nectariferous area, flowering types, subtropical region, Iriomote Is.

**キーワード** : 閉鎖的環境, 送粉者相, パートナーシップ, 花型, 蜜腺部位, 開花タイプ, 亜熱帯圏, 西表島

### はじめに

西表島は南西諸島の八重山諸島に所属する大陸島で、周囲が129.99 km、面積が288.15 km<sup>2</sup>、亜熱帯域に位置する(北緯24度15分~25分)。島の周辺を走る道路とその周囲にある農耕地や集落を除けば、亜熱帯林で覆われている。閉鎖的環境にある小さい島嶼であるが、植物相やこれに依存する昆虫相はきわめて豊富である(島袋(編著), 1997; 山根, 1999; 東, 2002)。温帯圏と異なり、花植物には年複数回開花する種や1回開花でもその期間が長い種が多い。また、これに対応して送粉の主役であるハナバチ類にも多化性種が多い。しかし、ハナバチ相について見ると豊富とは言い難い。同島における昆虫媒花は限られた種数のハナバチ類との間で、どのようなパートナーシップを成立させているのか興味深い。筆者らは「西表プロジェクト」(総合地球環境学研究所, 京都)に参画する機会に恵まれ、長期間にわたり花植物と訪花昆虫の相互関係について調査を行ったので、その結果を以下に報告する。また、西表島とは気候的にも異なる温帯圏の山陰地方も含む日本内地でこれまで37カ所で実施されたハナバチ類とそれらの訪花植物の相互関係を取り扱った論文がある(前田ほか(2003)中で総覧)。これらも適宜引用して、西表島における結果との比較を試みた。

### 材料および方法

#### 1. サンプルングと訪花昆虫相

西表プロジェクトの実施期間は2003年~2008年

の6年間で、筆者の一人前田は計20回訪島した。西表島での滞在期間(各回とも約1週間)が限定されるため、年別に訪島する月旬を違えて、できるだけサンプルングが全シーズンに行きわたるよう配慮した。ほかにも、筆者の一人ハンナンは外国人特別研究員として、2004年(琉球大学熱帯生物圏研究センター, 西表実験所)と2005年(総合地球環境学研究所, 京都)に西表島滞在中にサンプルングを分担した。以下、両者がサンプルングを実施した43科91種の花植物の和名と実施年月日は括弧内に示した。

タデ科: アサヒカズラ\* (07/vii/26)

ヒユ科: ノゲイトウ\* (03/xi/6; 04/iv/25; 04/vii/11; 04/x/7; 05/i/29)

ハスノハギリ科: ハスノハギリ (03/vi/23; 03/vii/11)

ツバキ科: イジュ (05/v/18; 05/v/22)

オトギリソウ科: テリハボク (03/vi/21; 04/vi/10)

アブラナ科: ハマダイコン\* (04/iii/20; 05/iii/17)

バラ科: シャリンバイ (05/iv/17)

マメ科: ササハギ (05/v/21); ハマナタマメ (02/vii/12; 02/vii/13; 05/v/22; 06/vii/17); アフリカタヌキマメ\* (04/vii/9); デリス\* (04/iv/21); リュウキュウコマツナギ (04/iv/24; 04/v/3; 05/v/18); クロバナツルアズキ\* (07/vii/25); スイートクロバー\* (04/iii/20); オジキソウ\* (06/vii/18); クロヨナ (04/ix/8); タイワンクズ (04/x/4; 04/x/10; 05/x/10; 05/x/13); ツノクサネム\* (04/ix/7; 04/ix/16); フジボグサ (05/v/20; 05/v/21); ハマアズ

- キ (03/iv/6; 04/iv/15; 04/iv/22; 04/v/12; 04/vii/12; 04/iv/22); コバノセンナ\* (03/xi/7; 04/x/6)
- カタバミ科**: カタバミ (04/iv/18)
- トウダイグサ科**: スナジタイゲキ (03/iv/6); オオバギ (04/iv/11); アカメガシワ (02/vii/13; 02/vii/14; 04/v/1; 04/v/7; 04/vi/10; 04/vi/17; 04/vii/10; 04/ix/8; 04/x/9); ヤンバルアカメガシワ (04/v/1; 04/v/8; 04/v/10)
- ミカン科**: ハマセンダン (03/xi/7); アワダン (03/vi/21); ゲッキツ (02/vii/15; 07/vii/24; 07/vii/24); カラスザンショウ (02/vii/14; 02/vii/15; 03/ix/14; 04/x/9)
- センダン科**: センダン (04/iii/20)
- ムクロジ科**: アカギモドキ (04/vii/26; 04/vii/27; 04/viii/8); レイシ\* (04/iii/10)
- アワブキ科**: ヤンバルアワブキ (04/iv/25; 04/v/7; 04/v/13)
- モチノキ科**: クロガネモチ (04/iv/7; 04/iv/12; 05/v/21; 05/v/22)
- ニシキギ科**: マサキ (04/vii/12)
- ミツバウツギ科**: ショウベンノキ (03/iv/5; 04/iv/13; 05/iv/16; 05/iv/17)
- ホルトノキ科**: ホルトノキ (04/vi/17; 04/vi/25)
- アオイ科**: サキシマフヨウ (03/xi/7; 04/x/6); オオハマボウ (03/vi/23); キンコジカ (05/x/10; 06/vii/17)
- イイギリ科**: イイギリ (04/iv/12)
- ミソハギ科**: ミズガンピ (04/v/10; 05/v/21; 06/vii/18)
- ノボタン科**: ノボタン (04/vi/7; 04/v/2; 04/vi/1)
- シクンシ科**: モモタマナ (04/iv/21)
- セリ科**: ハマウド (04/iii/25; 04/iv/5; 04/iv/23); ボタンポーフ\* (03/vi/21)
- イワウメ科**: シマイワウチワ (05/x/12)
- ツツジ科**: ギイマ (04/iii/28; 04/iv/5; 04/iv/15; 05/iii/16)
- サクラソウ科**: ルリハコベ\* (05/ii/7; 05/iii/16); ハマボッサ (03/iv/6; 05/iii/17)
- イソマツ科**: イソマツ (04/x/7)
- エグナキ科**: エゴノキ (05/ii/7)
- モクセイ科**: シマトネリコ (05/iv/14)
- アカネ科**: ヤエヤマアオキ (04/v/16; 05/x/12); リエウキウイナモリ (07/vii/23); アカミズキ (03/vi/24)
- ヒルガオ科**: ゲンバイヒルガオ (02/vii/13; 03/vi/24; 03/xi/9; 04/iii/20; 04/iv/29; 04/v/9; 04/vi/7; 04/vii/10; 04/ix/8); アサガオの一種\* (03/v/6); ヤツデアサガオ\* (04/x/6)
- ムラサキ科**: モンパノキ (03/iv/6; 03/xi/9; 04/iv/23; 04/vi/11)
- クマツヅラ科**: オオムラサキシキブ (02/vii/13; 05/x/12); フトボナガボソウ\* (03/vi/22; 03/ix/16; 03/xi/6; 04/iii/19; 04/iv/23; 04/iv/23); タイワンウオクサギ (02/vii/15; 03/vi/24; 04/v/8; 04/vii/13; 04/vii/13); ハマクマツヅラ\* (04/vii/9); ハマゴウ (02/vii/12; 04/v/9; 04/v/15; 04/v/30; 04/vii/13); ミツバハマゴウ (02/vii/13; 03/ix/17; 04/v/3; 04/v/10; 04/vi/10; 05/x/11); ヤエヤマハマゴウ (04/iv/21; 04/v/12; 04/v/16; 04/v/30; 05/v/21; 05/x/10)
- シソ科**: ハーブバジル (03/vi/21); ヒメキランソウ (05/iv/17)
- ナス科**: センナリホウズキ\* (03/ix/18)
- ノウゼンカズラ科**: ピンクテコマ\* (03/ix/24; 04/v/18; 04/v/30; 04/vi/25; 04/vi/29; 04/vii/28); タイワンソクズ (06/vii/17)
- クサトベラ科**: クサトベラ (03/iv/6; 03/vi/24; 03/ix/9; 04/iv/24; 04/vi/11)
- キク科**: カッコウアザミ\* (05/i/29); タチアワユキセンダングサ\* (03/iv/6; 03/ix/16; 04/iii/19; 04/iii/20; 04/ix/7; 05/i/29); イリオモテアザミ (03/iv/6; 04/iii/28; 04/iv/12; 04/iv/21; 05/ii/7; 05/iv/14); ホソバワダン (04/x/7); タイワンヒヨドリ (04/x/30); オオジシバリ (04/iii/20; 05/i/28; 05/iii/17); ハマニガナ (03/iv/6); オオハマグルマ (03/iv/6; 04/iii/20; 05/i/28); アメリカアカハマグルマ\* (02/vii/12; 02/vii/14; 03/vi/22; 03/ix/16; 03/xi/6); オニタピラコ (04/iii/9; 04/iii/20; 05/ii/7; 05/iii/16; 05/iv/14); ヒマワリの一種\* (04/vii/12)
- ユリ科**: キキョウラン (04/iv/21); ヤブラン (05/x/13)
- ヒガンバナ科**: ハマユウ (04/vi/7)
- シヨウガ科**: イリオモテクマタケラン (05/v/18; 06

/v/20); アオノクマタケラン (05/v/18; 06/v/20);  
 ゲットウ (04/iv/17; 04/iv/21; 04/v/2; 04/v/10;  
 04/v/15; 05/v/18; 06/v/20)

サンプリングには捕虫網を用い、国道、町道、農道などの一般道路の両脇、林道の林端部や海浜などを中心に、これらの環境で生育している上述の昆虫媒花を対象とした。ただし、典型的な「チョウ・ガ花」と目されるものは除外した。森林内の植物の樹冠でのサンプリングは困難なため、今回は行っていない。サンプリングは対象とした訪花昆虫の種類や訪花個体数に応じて、「スイーピング」あるいは「見つけ取り」とした。小型で個体数の多いものは前者で、大型で個体数の少ないものは後者によった。また、サンプリングは1) できるだけ開花最盛期に、開花量が多い場所を選んで行った。また、2) 天候に恵まれ日を選び、基本的に午前中に限定し、遅い場合でも14:00までとした。サンプリングの所要時間は各対象花植物とも各回1時間行った。島内における全調査箇所数は29で、対象とした花植物は43科83属91種であった(付表1)。同一花植物における反復箇所数と反復調査回数の最大はそれぞれ5と9であった。全体的には、1カ所1回が多かった(47.3%, 43/91, 表4)。

採集の対象とした訪花昆虫は、有剣類(ハナバチ上科とスズメバチ上科)とハナアブ科に限定し、訪花個体数が少なく送粉昆虫としてはマイナーな分類群(カメムシ類, コウチュウ類, ハナアブ科以外のハエ類など)は除外した。各花植物における訪花昆虫は、個体数の優占順位が3位までの種に限定して表4に示した。占有比率(%)は種別の全個体数/全種全個体数で求めた。

ハナバチ類については、訪れた花から花粉や花蜜を採集しているかどうかを採餌行動から確認した。観察によって確認ができなかった種については、採集後に花粉荷を分析するとで判定した。

## 2. フェノロジーと花型

ハナバチ類については、化性と休眠性の有無を推定のため種別に年内における最初と最後の採集時期を求め、活動期を明らかにしようとした。ま

た、社会性の判定については、筆者らのこれまでの未発表の知見と既存の文献によった。

花植物については、1) 相対開花量、2) 相対開花状況、3) 開花期間と開花回数、4) 花型と蜜腺の隠蔽度を明らかにした。1) は1~10段階に区分した。10段階では、全体にわたりサンプリングができないほど多量の開花があるものとし、1段階としたものでは開花量が少なく、見つけ取りを何度も行う必要があった。ほかは目測で該当する中間段階を判定した。2) も同様に目測で1~10段階に区分し、開花初期から満開期(10)に向かうものは↑とし、逆に満開期(10)から落花末期に向かうものは↓として表示した。+1は開花初期、-1は落花末期とした。3) は訪島の都度、過去にサンプリングを行った全場所を訪問し、そこで生育している植物の開花状況から判断した。その際、種子の着生状況も参考とした。花植物の学名は鳥袋(編著, 1997)に従った。

花型の分類は、Faegri and Pijl (1966) と Knuth (1906-1909) に従って区分した。名称は以下に記述した。

## 結果および考察

以下の花植物と訪花昆虫はともに和名だけを、和名のないものは学名を記述した。学名は表1~4と付表1に記述した。命名者は省略した。昆虫媒花の構造は写真で付図1~84に示した。これらの付図の本文中での逐次引用は、盗花と盗花粉を記述した箇所を除きすべて省略した。導入または侵入花植物には、\*を付した。

### 1. ハナバチ類の分布、化性と活動期

亜熱帯に位置する南西諸島におけるハナバチ類の分布状況をこれまでの論文と今回の調査結果をもとに表1にまとめた。日本列島と南西諸島のほか台湾からも分布記録があるものは本表に含めた。西表島を含む八重山諸島において記録されているハナバチ類は5科14属40種である(表1)。これらのうち、34種における化性、活動期、休眠の有無、休眠態、社会性を表2にまとめた。ハナバチ類の越冬態は、成虫あるいは前蛹の2つで、例外的に蛹が1種だけで報告されている(前田, 2000)。

Table 1. A list of Japanese subtropical bee species and their distributional ranges.<sup>1)</sup>

Family/Species	Group of islands						
	Tokara Is.	Anami Is.	Okinawa Is.	Miyako Is.	Yaeyama Is.	Daito Is.	Taiwan Is.
<b>Colletidae ムカシハナバチ科</b>							
<i>Colletes</i> ( <i>Colletes</i> ) <i>esakii</i> * エサキムカシハナバチ		x					
<i>C.</i> ( <i>C.</i> ) <i>perforator</i> * オオムカシハナバチ		x	x				
<i>Hylaeus</i> ( <i>Nesoprosopis</i> ) <i>insularum insularum</i> * クロシオメンハナバチ	x	x	x	x			
<i>H.</i> ( <i>N.</i> ) <i>i. iriomotensis</i> イリモテメンハナバチ			x		x		
<i>H.</i> ( <i>N.</i> ) <i>maetai</i> マエタメンハナバチ			x		x		
<i>H.</i> ( <i>Nesohylaeus</i> ) <i>niger</i> * ヅグロメンハナバチ					x		
<i>H.</i> ( <i>Noteopsis</i> ) <i>nanseiensis</i> ナンセイメンハナバチ		x	x	x			
<i>H.</i> ( <i>Paraprosopis</i> ) <i>hirashimai</i> ヒラシマメンハナバチ	x						
<i>H.</i> ( <i>P.</i> ) <i>meridianus</i> テマリメンハナバチ		x	x				
<b>Halictidae コハナバチ科</b>							
<i>Halictus</i> ( <i>Seladonia</i> ) <i>aerarius</i> * アカガネコハナバチ		x	x				x
<i>Lasioglossum</i> ( <i>Ctenonomia</i> ) <i>kumejimense</i> クメジマコハナバチ		x	x	x	x		x
<i>L.</i> ( <i>C.</i> ) <i>vagans</i>			x			x	x
<i>L.</i> ( <i>Lasioglossum</i> ) <i>occidens</i> * シロスジカタコハナバチ							x**
<i>L.</i> ( <i>L.</i> ) <i>okinawa</i> オキナワカタコハナバチ			x				
<i>L.</i> ( <i>L.</i> ) <i>sakishima</i> サキシマカタコハナバチ					x		
<i>L.</i> ( <i>L.</i> ) <i>subopacum</i> アマミカタコハナバチ		x					x
<i>L.</i> ( <i>Evylaeus</i> -t) <i>affine</i> * ヅマルコハナバチ							x**
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -t) <i>naitoi</i> ナイトウコハナバチ		x	x		x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -t) <i>solisortus</i> アカツキコハナバチ					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -t) <i>subtropicum</i> アネッタイチビコハナバチ					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>amamiense</i> アマミコハナバチ		x					
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>hirashimae shirakii</i>		x	x				
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>iriomotense</i>					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>sexstrigatum</i> *							x**
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>similodon</i> トゲホオチビハナバチ	x						
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>villosulum trichopse</i> * ケナガチビコハナハ			x		x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) <i>zipangu</i> ジバングコハナバチ			x		x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) sp. Y-1 コハナバチの一種					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) sp. Y-2 コハナバチの一種					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) sp. Y-3 コハナバチの一種					x		
<i>L.</i> ( <i>E.</i> -l) sp. O-1 コハナバチの一種			x				
<i>Nomia</i> ( <i>Acronomia</i> ) <i>pavonula</i> ミナミアオスジハナバチ		x	x		x		x
<i>N.</i> ( <i>Hoplonomia</i> ) <i>punctulata</i> * アオスジハナバチ							x**
<i>Lipotriches</i> ( <i>Lipotriches</i> ) <i>esakii</i> * エサキフシダカコンボウハナバチ							x
<b>Andrenidae ヒメハナバチ科</b>							
<i>Andrena</i> ( <i>Chlorandrena</i> ) <i>okinawana</i> ミナミキバナヒメハナバチ		x	x		x		
<i>A.</i> ( <i>Gymnandrena</i> ) <i>edashigei</i> エダシゲヒメハナバチ		x	x				
<i>A.</i> ( <i>Notandrena</i> ) <i>amamiensis</i> アマミヒメハナバチ		x					
<i>A.</i> ( <i>Holandrena</i> ) <i>ishikawai</i> イシカワヒメハナバチ		x	x				
<i>A.</i> ( <i>H.</i> ) <i>taniguchiae</i> タニグチヒメハナバチ		x					
<i>A.</i> ( <i>Micrandrena</i> ) <i>hirashimai</i> ヒラシママメヒメハナバチ		x	x				
<i>A.</i> ( <i>Simandrena</i> ) <i>austrinsularis</i> ミナミナカヒラアシヒメハナバチ		x	x				

Table 1. Continued.

Family/Species	Group of islands						
	Tokara Is.	Amami Is.	Okinawa Is.	Miyako Is.	Yaeyama Is.	Daito Is.	Taiwan Is.
<b>Megachilidae</b> ハキリバチ科							
<i>Lithurgus (Lithurgus) collaris</i> * キホリハナバチ		x	x	x	x		x
<i>Euasps basal</i> * ハラアカハキリバチヤドリ							x**
<i>E. polynesia</i> コハラアカハキリバチヤドリ					x		x
<i>Coelioxys (Torridapis) ducalis</i> アカズオオトガリハナバ					x		x
<i>Heriades (Michenerella) sakishimanus sakishimanus</i> サキシマコハキリバチ					x		
<i>Megachile (?) disjunctiformis</i> * ネジロハキリバチ	x	x	x		x		x
<i>M. (Callomegachile) monticola</i> ヅグロハキリバ		x	x		x		x
<i>M. (C.) sculpturalis</i> * オオハキリバチ		x**	x**		x**		x**
<i>M. (Chelostomoda) esakii</i> エサキヒメハキリバチ		x		x	x		x
<i>M. (Eutricharaea) rixator sakishimana</i> サキシマキヌゲハキリバ				x	x		x
<i>M. (E.) sudai</i> スダキヌゲハキリバチ			x				
<i>M. (Megachile) igniscopata</i> タイワンツヤハキリバチ			x	x	x	x	x
<i>M. (M.) nipponica amamiensis</i> アマミバラハキリバチ		x	x				
<i>M. (?) angustrigata</i> ヤエヤマハキリバチ					x		x
<i>M. (?) okinawana</i> * オキナワキバラハキリバチ		x	x				
<i>M. (?) remotissima</i> サキシマハキリバチ					x		x
<i>M. (?) yaeyamaensis</i> ヤエヤマキバラハキリバチ					x	x	
<b>Apidae</b> ミツバチ科							
<i>Nomada amamiensis</i> アマミキマダラハナバチ		x					
<i>N. sp.</i> キマダラハナバチの一種			x				
<i>Eucera (Eucera) spulcatipes</i> * シロスジヒゲナガハナバチ				x**			
<i>E. (Synhalonia) chinensis nigricaudata</i> シナヒゲナガハナバチ					x		
<i>E. (S.) okinawae okinawae</i> オキナワヒゲナガハナバチ		x	x				
<i>E. (S.) o. sakishimana</i> サキシマヒゲナガハナバチ					x		
<i>Amegilla florea urens</i> スジボソフトハナバチ			x		x		x
<i>A. senahai senahai</i> アオスジフトハナバチ				x	x		x
<i>A. s. subflavescens</i> アマミアオスジフトハナバチ		x	x				
<i>Thyreus decorus</i> * ナミルリモンハナバチ							x**
<i>T. centrimacula</i> * ウスルリモンハナバチ					x		
<i>T. takaonis</i> タカオルリモンハナバチ		x	x	x	x		x
<i>Ceratina (Ceratina) iwatai</i> * イワタツヤハナバチ			x				
<i>C. (C.) satoi</i> * サトウツヤハナバチ			x				
<i>C. (Neoceratina) spinipes</i> トゲアシツヤハナバチ	x	x	x		x	x	
<i>C. (Ceratinidia) okinawana okinawana</i> オキナワツヤハナバ		x	x				
<i>C. (C.) o. sakishimensis</i> サキシマツヤハナバチ				x	x		
<i>C. (C.) silvicola</i> サキシマツヤハナバチ					x		
<i>C. (Pithitis) smaragdula</i> ミドリシッポウハナバチ				x	x		x
<i>Xylocopa (Alloxylocopa) albinotus</i> アカアシセジロクマバチ					x		
<i>X. (A.) amamiensis</i> アマミクマバチ	x	x					
<i>X. (A.) flavifrons</i> オキナワクマバチ			x	x			
<i>Apis mellifer</i> * セイヨウミツバチ	x	x	x	x	x		x

<sup>1)</sup>Compiled basing on Azuma (ed., 2002), Ebmer & Maeta (1999), Ebmer *et al.* (1994), Hirashima (ed., 1989), Ikudome (1994, 1998, 1999a, b), Maeta & Ikudome (2009), Maeta & Hiasa (1994), Maeta & Miyanaga (1998), Maeta *et al.* (1998, 2004), Murao (2009), Murao & Tadauchi (2009), Shiokawa (1999, 2008, 2009) and the present study. \* Occurring also from main Japan Islands. \*\* Doubtful record by presumably erroneous identification of the species.

Table 2. A list of bee species, occurring in Iriomote Island, and their bionomical notes.<sup>1)</sup>

Family / Species	Voltinism	Flying period	Diapause	Overwintering stage	Sociality	References
<b>Colletidae ムカシハナバチ科</b>						
<i>Hylaeus insularum iriomotensis</i> イリオモテメンハナバチ	Multivoltine	Late Jan. -Early Nov.	Absent	Adult	Solitary	
<i>H. maetai</i> マエタメンハナバチ	Multivoltine	Late Jan. -Early Nov.	Absent	Adult	Solitary	
<i>H. niger</i> ツゲロメンハナバチ	?	Mid. July	?	?	Solitary	
<b>Halicitidae コハナバチ科</b>						
<i>Lasioglossum kumejimense</i> クメジマコハナバチ	Multivoltine	Whole year	Absent	Adult	Solitary, Semisocial & Eusocial	Miyana (unpubl.)
<i>L. sakishima</i> サキシマカタコハナバチ	Multivoltine	Whole year	Absent	Adult	Solitary, Semisocial & Eusocial	
<i>L. iriomotense</i>	Univoltine	March-May	?	Adult	?	Mura & Tadauchi (2009)
<i>L. naitoi</i> ナイトウコハナバチ	Univoltine	Mid. Mar. -Early May	?	Adult	?	Maeta <i>et al.</i> (1998)
<i>L. solisortus</i> アカツキコハナバチ	Univoltine	Mid. Mar. -Mid June	?	Adult	?	
<i>L. subtropicum</i> アネツイイチビコハナバチ	Univoltine	Whole year	Absent	Adult	Eusocial	Sakagami <i>et al.</i> (1994), Miyana (unpubl.)
<i>L. villosulum trichopse</i> ケナガチビコハナバチ	Multivoltine	Mid. Mar. -Late Dec.	?	Adult	Solitary	Goukon (unpubl.)
<i>L. zipangu</i> ジパンゴコハナバチ	Multivoltine	Early Feb. -Late July	?	Adult	?	
<i>L. sp. Y-1</i> コハナバチの一種	Multivoltine	Mid. March-Early Nov.	?	Adult	?	
<i>L. sp. Y-2</i> コハナバチの一種	Multivoltine	Mid. March-Early Nov.	?	Adult	?	
<i>L. sp. Y-3</i> コハナバチの一種	Multivoltine	Mid. March-Late Oct.	?	Adult	?	
<i>Nomia pavonula</i> ミナミアオスジハナバチ	Multivoltine & Univoltine	Late Apr. -Mid. Sept.	Present	Prepupa	Solitary & Communal	Hannan <i>et al.</i> (unpubl.)
<b>Andrenidae ヒメハナバチ科</b>						
<i>Andrena okinawana</i> ミナミキバナヒメハナバチ	Univoltine	Early Feb. -Early Apr.	Present	Prepupa	Solitary	
<b>Megachilidae ハキリバチ科</b>						
<i>Lithurgus collaris</i> キホリハナバチ	Multivoltine	Late Apr. -Mid Jan.	Absent	Prepupa	Solitary & Communal	Kitamura <i>et al.</i> (2001a), Hannan & Maeta (2007)
<i>Coelioxys ducalis</i> アカズオオトガリハナバチ	Univoltine	Mid. Sept.	Present	Prepupa	Cleptoparasite	Maeta & Hiasa (1994)
<i>Heriades sakishimanus sakishimanus</i> サキシマコハキリバチ	Multivoltine	Late Apr. -End Oct.	Present	Prepupa	Solitary	Goukon <i>et al.</i> (1999)
<i>Megachile disjunctiformis</i> ネジロハキリバチ	Univoltine	Mid. Sept.	Present	Prepupa	Solitary	
<i>M. monticola</i> ツゲロハキリバチ	Univoltine	Early June-Late Oct.	Present	Prepupa	Solitary	
<i>M. esakii</i> エサキヒメハキリバチ	Univoltine	Late Apr. -Mid. July	Present	Prepupa	Solitary	Maeta <i>et al.</i> (2009)
<i>M. rixator sakishimana</i> サキシマクスゲハキリバチ	Bivoltine & Univoltine	Early May-Mid. Oct.	Present	Prepupa	Solitary	Kitamura <i>et al.</i> (2001b), Miyana & Maeta (2008)
<i>M. iginiscopata</i> タイウンツヤハキリバチ	Multivoltine	Late Apr. -Early Nov.	Present	Prepupa	Solitary	Maeta <i>et al.</i> (1997), Maeta (1999)
<i>M. yaeyamaensis</i> ヤエヤマキバラハキリバチ	Multivoltine	Late Apr. -Late Dec.	Present	Prepupa	Solitary	Maeta <i>et al.</i> (2004, 2006)
<b>Apidae ミツバチ科</b>						
<i>Eucera chinensis nigricaudata</i> シナヒゲナガハナバチ	Univoltine	Early Feb. -Late Apr.	Present	Prepupa	Solitary	
<i>E. okinawae sakishimana</i> サキシマヒゲナガハナバチ	Univoltine	Early Feb. -Late Apr.	Present	Prepupa	Solitary	
<i>Amegilla florea urens</i> スジボソフトハナバチ	Univoltine	Mid. May-End June	Present	Prepupa	Solitary	Miyana & Maeta (unpubl.)
<i>A. senahai senahai</i> アオスジフトハナバチ	Multivoltine	Mid. Apr. -Early Nov.	Present	Prepupa	Solitary	Maeta <i>et al.</i> (2001)
<i>Thyleus takaonis</i> タカオレルリモンハナバチ	Multivoltine	Late Apr. -Early Nov.	Present	Prepupa	Cleptoparasite	Maeta <i>et al.</i> (2001)
<i>Ceratina spinipes</i> トゲアシツヤハナバチ	Multivoltine	Whole year	Absent	Adult	Solitary, Semisocial & Eusocial	Maeta (unpubl.)
<i>C. okinawana sakishimaensis</i> サキシマツヤハナバチ	Trivoltine	Whole year	Absent	Adult	Solitary, Semisocial & Eusocial	Okazaki (1987), Sakagami & Maeta (1989), Maeta <i>et al.</i> (2009)
<i>C. silvicola</i> イリオモテツヤハナバチ	Multivoltine	Whole year	Absent	Adult	?	
<i>Xylocopa albinoctus</i> アカアシセジロクマバチ	Bivoltine	Late Mar. -Mid. Nov.	Absent	Adult	Solitary	Maeta & Hiasa (1994)
<i>Apis mellifera</i> セイウミツバチ	Perennial	Whole year	Absent	-	Eusocial	

<sup>1)</sup>Mostly based on our unpublished present study, but cited publications, describing voltinism, life cycle, diapause and sociality.

化性と越冬態が実験的（飼育と巣の発掘や解体）に証明されている種に、クメジマコハナバチ (Miaynaga, unpubl.), アネッタイチビコハナバチ (Sakagami *et al.* 1994; Miyanaga, unpubl.), ミナミアオスジハナバチ (Hannan, unpubl.), キホリハナバチ (北村ほか, 2001a; Hannan and Maeta, 2007), サキシマコハキリバチ (郷右近ら, 1999), エサキヒメハキリバチ (Maeta *et al.*, 2009), サキシマキヌゲハキリバチ (北村ほか, 2001b; Miyanaga and Maeta, 2008), タイワンツヤハキリバチ (Maeta *et al.*, 1997; 前田, 1999), スジボソフトハナバチ (Miyanaga and Maeta, unpubl.), アオスジソフトハナバチ (前田ほか, 2001), タカオリモンハナバチ (同), トゲアシツヤハナバチ (Maeta, unpubl.), オキナワツヤハナバチ (同亜種サキシマツヤハナバチも同じ) (Okazaki, 1987; Sakagami and Maeta, 1989; 前田ほか, 未発表) がある。越冬態の休眠性の実験的解明はミナミアオスジハナバチ, エサキヒメハキリバチとサキシマツヤハナバチで行われている。前2種には越冬態に休眠性があり, 低温（成虫の活動温度より低い温度）処理で覚醒される (Hannan, unpubl.; Maeta *et al.*, 2009)。これらに対して, 最後種には休眠性がない (前田ほか, 未発表)。エサキヒメハキリバチでは同胞種で温帯産のヒメハキリバチ *Megachile (Chelostomoda) spissula* に比べてきわめて短い期間の低温処理で覚醒できるとされ, 低温期間の短い亜熱帯への気候適応が指摘されている (Maeta *et al.*, 2009)。さらに, ミナミアオスジハナバチでは同一巣内で1化性と多化性の両系統の子孫が生産されるという (Hannan *et al.*, unpubl.)。

ほかの種の化性と休眠性の有無は活動期間に基づく推定で, また越冬態は同属種のそれらから類推した。社会性についても, 単独性のもは同属種のそれらから推定した。しかし, 社会性種については今回の調査結果と文献から求めて表2中に示した。

送粉と直接に関わる活動期についてまとめると, 1化性で短期間活動型が12種 (35.3%, 12/34), 多化性で長期間活動型が22種 (64.7%, 22/34) である。採集個体数がきわめて少なかったがヅグロメンハナバチと多年性のセイヨウミツバチ

は後者に含めた。亜熱帯の気候適応から見て, 長期間活動型の種が多いのは当然であろう。これらに対して, 温帯圏の日本内地では1化性種が大半を占めている。メンハナバチ亜科では2化性種あるいは3化性種が多く見られる。また, 部分的2化性種がハキリバチ科で, 完全2化性種がコハナバチ科, ヒメハナバチ科とクマバチ亜科の一部で知られている (前田ほか, 2003)。

## 2. 訪花昆虫相とそれらの構成比率

今回のサンプリングで西表島から記録できた訪花昆虫とそれらの種別の総採集個体数は表3に示した。これによると, ハチ目が3上科14科71種とハエ目が2科25種となる。うち, ハナバチ類は5科14属30種であった。これまで八重山諸島から分布記録 (表1) のある次の10種, ナイトウコハナバチ, ケナガチビコハナバチ, *Lasioglossum iriomotense*, コハラアカハキリバチヤドリ, ネジロハキリバチ, オオハキリバチ, ヤエヤマハキリバチ, サキシマハキリバチ, ウスリリモンハナバチ, トゲアシツヤハナバチ, ミドリシッポウハナバチは採集できなかった。ほかにも, ヅグロメンハナバチとアカズオオトガリハナバチの2種はそれぞれ1個体だけが採集された。これらの12種は, 西表島では生息密度がきわめて低いか, あるいは生息していないと考えられる。

図1には, 採集された訪花昆虫の全個体数 (14,537) の内訳を示した。個体数で占有比率を見ると, 訪花昆虫の大半はハナバチ類で (95.3%), ほかの訪花昆虫 (アナバチ類, スズメバチ上科, ハナアブ科) わずか4.7%であった。本島の花植物はハナバチ類に送粉をもっぱら依存しているといえる。また, ハナバチ類のうち, 短舌バチ (ムカシハナバチ科, コハナバチ科とヒメハナバチ科) が71.8%, 長舌バチ (ハキリバチ科とミツバチ科) が28.2%であった。短舌バチが圧倒的に優占していた。西表島と同じ亜熱帯に位置する海洋島の小笠原諸島ではわずか3科11種が産し, うち9種が固有種である (郷原, 2002)。小笠原諸島の花植物における訪花昆虫の85%がハナバチ類であるとされている (Kato, 1992)。

一方, 温帯圏で広がりをもつ開放的環境におけ



Table 3. A list of flower-visiting insects and their numbers collected on flowers of the 91 species of entomophilous plants in Iriomote Island.<sup>1)</sup>

Order/Family/Species	Total numbers (%) <sup>2)</sup>
INSECTA 昆虫綱	14537 (100)
HYMENOPTERA ハチ目	14394 (99.02)
Apoidea ハナバチ上科	13946 (95.93)
Apiformes ハナバチ群	13852 (95.29)
Colletidae ムカシハナバチ科	56 (3.90)
<i>Hylaeus insularum iriomotensis</i> イリオモテメンハナバチ	440
<i>H. maetai</i> マエタメンハナバチ	126
<i>H. niger</i> ヅグロメンハナバチ	1
Halicitidae コハナバチ科	9325 (64.14)
<i>Lasioglossum kumejimense</i> クメジマコハナバチ	1015
<i>L. sakishima</i> サキシマカタコハナバチ	502
<i>L. solisortus</i> アカツキコハナバチ	73
<i>L. subtropicum</i> アネッタイチビコハナバチ	6690
<i>L. zipangu</i> ジバングコハナバチ	34
<i>L. sp. Y-1</i> コハナバチの一種	14
<i>L. sp. Y-2</i> コハナバチの一種	4
<i>L. sp. Y-3</i> コハナバチの一種	4
<i>Nomia pavonula</i> ミナミアオスジハナバチ	989
Andrenidae ヒメハナバチ科	52 (0.35)
<i>Andrena okinawana</i> ミナミキバナヒメハナバチ	52
Megachilidae ハキリバチ科	717 (4.93)
<i>Lithurgus collaris</i> キホリハナバチ	79
<i>Coelioxys ducalis</i> アカズオオトガリハナバチ	1
<i>Heriades sakishimanus sakishimanus</i> サキシマコハキリバチ	63
<i>Megachile esakii</i> エサキヒメハキリバチ	22
<i>M. monticola</i> ヅグロハキリバチ	11
<i>M. iginiscopata</i> タイワンツヤハキリバチ	162
<i>M. rixator sakishimana</i> サキシマキネヌゲハキリバチ	87
<i>M. yaeyamaensis</i> ヤエヤマキバラハキリバチ	292
Apidae ミツバチ科	3191 (21.95)
<i>Eucera chinensis nigricaudata</i> シナヒゲナガハナバチ	59
<i>E. okinawae sakishimana</i> サキシマヒゲナガハナバチ	13
<i>Amegilla florea urens</i> スジボソフトハナバチ	100
<i>A. senahai senahai</i> アオスジフトハナバチ	332
<i>Thyleus takaonis</i> タカオルリモンハナバチ	107
<i>Ceratina okinawana sakishimaensis</i> サキシマツヤハナバチ	491
<i>C. silvicola</i> イリオモテツヤハナバチ	15
<i>Xylocopa alibinotus</i> アカアシセジロクマバチ	32
<i>Apis mellifera</i> セイヨウミツバチ	2042
Sphéciformes アナバチ群	94 (0.65)
Sphécidae アナバチ科	67 (0.46)
<i>Sphex argentatus argentatus</i> クロアナバチ	35
<i>S. diabolicus</i> キンモウアナバチ	8
<i>Isodontia nigella</i> コクロアナバチ	11
<i>Ammophila atripes formosana</i> タイワンフジジガバチ	6
<i>Sceliphron deforme</i> モンキジガバチ	1
<i>S. madraspatanum</i> キゴシジガバチ	1
<i>Chalybion japonicum</i> ルリジガバチ	5

Table 3. Continued.

	Order/Family/Species	Total numbers (%) <sup>2)</sup>
	Crabronidae ギングチバチ科	15 (0.10)
	<i>Ectemnius</i> sp. ギングチバチの一種	1
	<i>Larra luzonensis</i> ルソンケラトリバチ	1
	<i>Liris aurulentus</i> キンイロコウロギバ	1
	<i>L. difficilis</i>	1
	<i>L. rohweri</i> タイワンコウロギバチ	3
	<i>L. subtesselatus</i> ナミコウロギバチ	7
	<i>Tachysphex</i> sp. スカダカバチの一種	1
	Nyssonidae ドロバチモドキ科	12 (0.08)
	<i>Bembecinus bimaculata</i> リュウキュウスナハキバチ	11
	<i>Bembix formosana</i> タイワンハナダカバチ	1
Vespoidea	スズメバチ上科	446 (3.07)
	Vespidae スズメバチ科	25 (0.17)
	<i>Polistes japonicus formosanus</i> ヤマトアシナガバチ	10
	<i>P.</i> sp. アシナガバチの一種	1
	<i>Vespa analis</i> コガタスズメバチ	2
	<i>V. affinis</i> ツマグロスズメバチ	12
	Eumenidae ドロバチ科	81 (0.55)
	<i>Euodynerus nipanicus ryukyuensis</i> ミカドドロバチ	5
	<i>Rhynchium quinquecinctum</i> フカイドロバチ	1
	<i>Anterhynchium flavomarginatum umenoi</i> オオフトオビドロバチ	25
	<i>Apodynerus yaeyamaensis</i> ヒメトックリバチモドキ	2
	<i>Phimenes flavopictus</i> ハラナガスズバチ	21
	<i>Pseumenes depressus</i> カギモントックリバチ	25
	<i>Pseudozumia indosinesis</i> コシプトスズバチ	1
	Tiphiidae コツチバチ科	1 (0.001)
	<i>Tiphia</i> sp. コツチバチの一種	1
	Scolidae ツチバチ科	328 (2.25)
	<i>Liacos erythrosoma</i> ツマキツチバチ	7
	<i>Scolia melanosoma</i> オキナワルリツチバチ	2
	<i>S. quadripustulata</i> ヨツボシツチバチ	242
	<i>Campsomeriella annulata</i> subsp. ヒメハラナガツチバチ	38
	<i>C. quadrifasciata</i> ネウスハラナガツチバチ	15
	<i>Megacampsomeris mojiensis</i> subsp. アカアシハラナガツチバチ	22
	<i>M. stoetzeri</i> キヌゲハラナガツチバチ	2
	Pompilidae ベッコウバチ科	11 (0.07)
	<i>Hemipepsis hanedai</i> ダイダイキバネベッコウ	6
	<i>H. sinensis</i> シナハグロベッコウ	1
	<i>Cyphononyx iridipennis</i> シランオオベッコウ	1
	<i>Tachypompilus analis</i> ツマアカベッコウ	1
	Gen. sp. ベッコウバチの一種	2
Chalcidoidea	コバチ上科	2 (0.01)
	Leucospidae アシプトコバチ科	2 (0.01)
	<i>Leucospis sinensis</i> オキナワシリアゲコバチ	2

Table 3. Continued.

Order/Family/Species	Total numbers (%) <sup>2)</sup>
DIPTERA ハエ目	143 (0.98)
Syrphidae ハナアブ科	135 (0.92)
<i>Allograpta iavana</i> オオヒラタアブ	4
<i>Asarkina erictorum formosae</i> ホソジマヒラタアブ	3
<i>Betasyrphus nipponensis</i> ニッポンクロヒラタアブ	2
<i>Dideoopsis aegrota</i> ナガクロヒラタアブ	7
<i>Ichiodon scutellaris</i> トゲヒメヒラタアブ	4
<i>Paragus crenulatus</i> タイワンマメヒラタアブ	7
<i>Eumerus figurans</i> ツマキハイジマハナアブ	1
<i>E. okinawellus</i> オキナワマドヒラタアブ	2
<i>Episyrphus balteatus</i> ホソヒラタアブ	1
Gen. sp. 1 ヒラタアブの一種	1
Gen. sp. 2 ヒラタアブの一種	1
<i>Baccha nubilipennis</i> ナカグロコシボソハナアブ	2
<i>Eristalinus arvorum</i> ミナミキゴシハナアブ	4
<i>E. ishigakiensis</i> イシガキハナアブ	18
<i>E. quiquestriatus</i> キゴシハナアブ	16
<i>Phytomia errans</i> ミナミオオハナアブ	14
<i>P. zonata</i> オオハナアブ	14
<i>Mallota curvigaster</i>	5
<i>Mesembrius okinawaensis</i> オキナワアシブトハナアブ	7
<i>Myolepta</i> sp.	1
<i>Syrirta thompsoni</i>	16
Gen. sp. 1 ハナアブの一種	1
Gen. sp. 2 ハナアブの一種	1
Gen. sp. 3 ハナアブの一種	3
Gen. sp. 4 ハナアブの一種	1
-----	
Conopidae メバエ科	8 (0.06)
<i>Conops santaroi</i> サンタロメバエ	8

<sup>1)</sup> Excluded those insect species, belonging to the following groups such as Pentatomidae, Cerambycidae and other dipteran families, because they are less effective pollinators and fewer numbers.

<sup>2)</sup> Total individuals collected between 2002 and 2007 were shown by combining both sexes.

る日本内地の18カ所でのハナバチ類の定期調査の結果を総覧すると、各調査地における全種数のうち短舌バチの占有率は50-75%、同じく全個体数における短舌バチの占有率は21-75%である(前田ほか, 2003)。これらの変異は各調査地のハナバチ相よりも下述のようにむしろ花植物相に深く起因していると考えられる。山陰地方に位置する三瓶山での調査地を例にすると、ここでは5科19属80種のハナバチ類が採集され、短舌バチの種数と個体数の占有率は60%と45%である(前田ほか, 2003)。西表島における短舌バチの種数の占有率(38%)と個体数の占有率(72%)と比べると、三瓶山では前者が高いにもかかわらず後者がきわ

めて低いことが分かる。

西表島におけるハナバチ類における科別の個体数の占有比率を高低順に1位から3位までの種を並べると(図2)、次の通りである。短舌ハナバチの次の3科、ムカシハナバチ科ではイリオモテメンハナバチ、マエタメンハナバチとツグロメンハナバチ、コハナバチ科ではアネツタイチビコハナバチ、クメジマコハナバチとミナミアオスジハナバチ、ヒメハナバチ科ではミナミキバナヒメハナバチだけ。長舌ハナバチの次の2科、ハキリバチ科ではヤエヤマキバラハキリバチ、タイワンツヤハキリバチとサキシマキヌゲハキリバチ、ミツバチ科ではセイヨウミツバチ、サキシマツヤハナバ

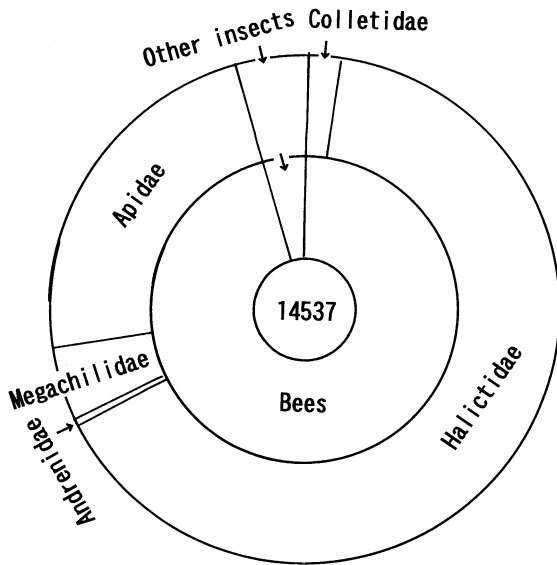


Fig. 1. Percent ratio of the number of individuals in flower visitors collected on 89 species of entomophilous flowers in Iriomote Island. The numerals in the center of the figure show the total number of individuals collected.

Colletidae (567)					<i>H. niger</i>
<i>Hylaeus insularum insularum</i>				<i>H. maetai</i>	
Halictidae (9325)					Other halictine bees
<i>Lasioglossum subtropicum</i>			<i>L. kumejimense</i>	<i>Nomia pavonula</i>	
Andrenidae (52)					
<i>Andrena okinawana</i>					
Megachilidae (717)					Other megachilid bees
<i>Megachile yaeyamaensis</i>	<i>M. igniscopata</i>	<i>M. rixator</i>	<i>Lithurgus collaris</i>		
Apidae (3191)					Other apid bees
<i>Apis mellifera</i>			<i>Ceratina okinawana</i>	<i>Amegilla senahai</i>	

Fig. 2. Percent ratio of the number of individuals in bee species, belonging to the five different bee taxa. The numerals in the parentheses of each family show the total number of individuals collected.

チとアオスジフトハナバチであった。

訪花昆虫の種類と花型との間には深い関係がある。Faegri and Pijl (1966) は次の6タイプに区分している。A: 皿状あるいはわん状花; B: つりがね状花あるいは漏斗状花; C: 頭状またはブラシ状

花; D: のど状花; E: 旗状花; F: 管状花。一方, Knuth (1906-1909) の区分には次のタイプがある。A': 花粉花 (無蜜); B': 蜜が露出している花; C': 蜜が部分的に隠蔽されている花; D': 蜜が隠蔽されている花; E: 蜜が完全に隠蔽されている頭状

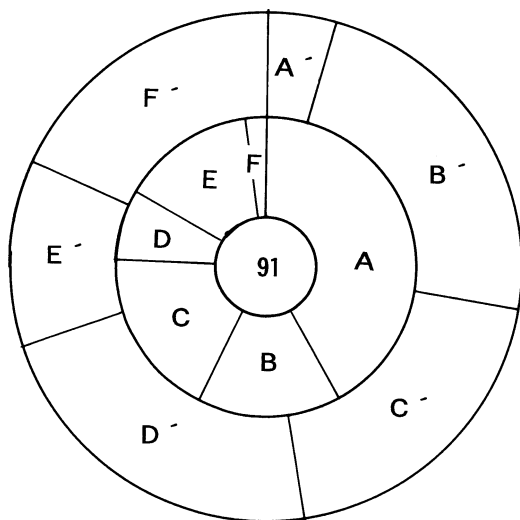


Fig. 3. Percent ratio of the number of species in blossom classes (A-F in the inner circle, Faegri and Pijl, 1966) and flower types (A'-E' in the outer circle, Knuth, 1906-1909) on which flower visitors collected in Iriomote Island. The numerals in the center show the total number of floral species examined. A: Dish-to bowl-shaped blossoms; B: Bell- or funnel-shaped blossoms; C: Head- or brush-shaped blossoms; D: Gullet-shaped blossoms; E: Flag-shaped blossoms; F: Tube-shaped blossoms. A': Pollen flowers (no nectar); B': Flowers with exposed nectar; C': Flowers with partially concealed nectar; D': Flowers with concealed nectar; E': Social flowers with completely concealed nectar; F': Hymenopterid flowers.

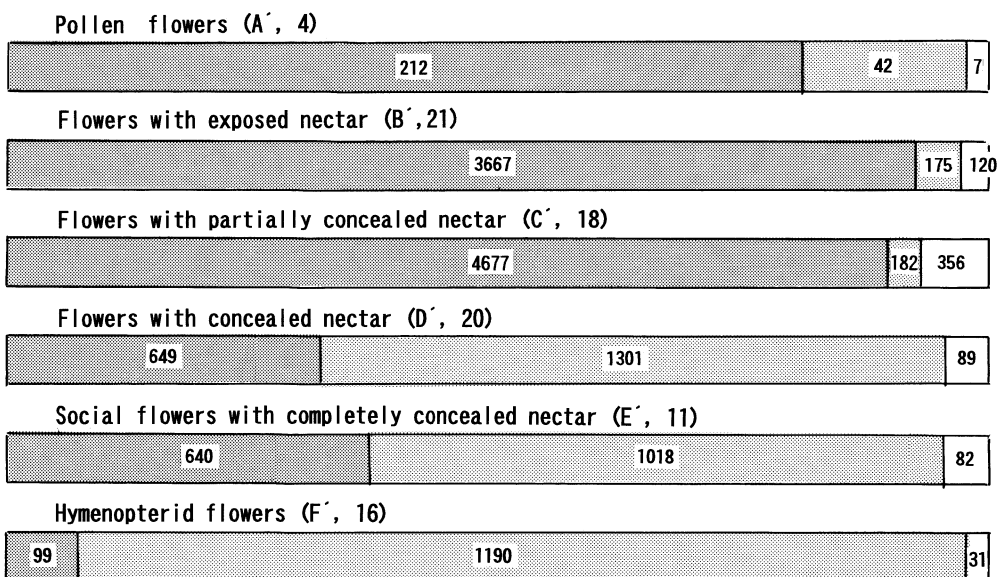


Fig. 4. Percent ratio of the number of individuals in short-tongued bees (■), long-tongued bees (□) and other insects (□) visited flowers, belonging to the six different flower types (A'-F'). The numerals in the parentheses in each flower type indicate the total number of flower plants examined, and those in each histogram the total number of bees and other insects collected.

花；F'：ハチ花；G'：チョウ・ガ花。Faegri and Pijl (1966) の花型の分類は花の外形を理解するには便利であるが、この花型からは訪花者を推測することは難しい。一方、Knuth (1906-1909) のそれは花型の外形を推測するのは難しいが、蜜の隠蔽具合が重視されているので、これに応じた長・短舌別のハナバチ類の訪花者が推測できる。花型の完璧な分類は望めないが、両者は花型と訪花者の関係を概括的に知るのには便利である。両著者の花型のうち、Aの一部はB'に、Bの一部がC'とD'に、Cの一部がE'に、DとEはF'に、FはG'にほぼ符合する。

今回のサンプリングでは、島内で目についた43科91種の昆虫媒花植物を無作為に選んだ。うち、一年性の草本が14.3%、多年性草本が37.4%、木本が48.4%であった(付表1)。これらの植物における花型の占有率を図3に示した。短舌バチがもっぱら利用すると見なされる花型にはA'、B'とC'がある。また、D'とE'(キク科で代表される花で、蜜は完全に隠蔽されているが花冠が短い種が多い)も利用すると考えられる。これらに対して花型が立体的に特化しているマメ科の花で代表されるF'は短舌バチは一般的に利用できない。A'、B'とC'の全花型における占有率は47%、D'とE'を加えると81%となる。この数値は全ハナバチ類における短舌ハナバチ類の占有個体比率(71.8%)と符合が見られる。図4に上述の6つの花型における短舌バチと長舌バチの占有(訪花)率を示した。A'、B'、C'では大半が短舌バチによって利用され、D'とE'でも半分には達しないが短舌バチによる利用が見られた。これに対して、F'の大半は長舌バチであった。ハナバチ類における花選択のメカニズムの1つとして(前田, 2000)、花型が大きく関わっていることがわかる。

花植物の開花回数や開花期間について見ると(付表1)、年1回開花するもの(A'')が69.2%も占めた。年2回の開花期をもつ花植物(B'')と冬期を除き開花が見られるものあるいはほぼ年中開花している花植物(C'', D''とE'')が合わせて30.8%もあった。A''を除くB'', C'', D''とE''は温帯圏では一般的に存在しないタイプである。また、西表島において年1回開花する花植物にもその期間が

比較的長いものが多い。これらの開花状況は送粉者においても多化性種が多い事実とよく符合する。

### 3. 訪花性と花植物の選択

ハナバチ類の訪花性は、広食性(polylectic)と狭食性(oligolectic)とに区分される。前者は分類群の制限が少なく、幅広くさまざまな植物を花資源として利用する。これに対して、後者は分類群の同一科内の複数属の植物、または同一科内の同一属の複数種の花植物を利用する。狭食性は生得的で、共進化を通じてもたらされたものである。これに該当する種の大半は短舌バチである(前田, 2000)。狭食性種では、その花資源植物種との間にさまざまな形質の対応関係がある(Linsley, 1958)。西表島では狭食性種はミナミキバナヒメハナバチだけで、キク科のタンポポ族に所属するオオジシバリ、ハマニガナ、オニタビラコの重要な送粉昆虫であった(表4)。ほかには、今回の調査では採集されなかったが、以前に同島で採集したケナガチビコハナバチもキク科のイリモテアザミ、オニタビラコ、ハマニガナ、ホソバワダンで採集している。Goubara and Takasaki (2003)も北日本の仙台においてレタス *Lactuca sativa* (キク科タンポポ族)において訪花頻度が高いとしている。本種は確かにキク科植物においてたくさん採集される事実はあるが、多化性でかつキク科以外の花植物からの採集記録もあるので(前田ほか, 2003)、狭食性とは断言できない。ミナミキバナヒメハナバチ以外のハナバチ類はすべて広食性種であった。日本内地ではコハナバチ科、ヒメハナバチ科とケアシハナバチ科の短舌バチで少なくとも20種が狭食性とされている(前田, 2000)。

上述した訪花性の定義のほかにも、スペシャリスト(specialist)とゼネラリスト(generalist)という用語がある。前者には狭食性種が、後者には広食性種が該当する。広食性種でも主採餌(majoring, Heinrich, 1978)を通じて恒常的に同一花資源植物種からきわめて効率よく採餌を行うことができる送粉昆虫には、この用語が適用できる。スペシャリストとなりうる条件として、前田ほか(2004)は、山陰地方の大社砂丘の調査でハマゴウとその主要な送粉昆虫のキヌゲハキリバチ *Megachile*

*kobensis* を例にして、次のものをあげている。1) 営巣場所と生育場所が同一または近接していること、2) 活動期と開花期が一致していること、3) 花粉の放出・花蜜の分泌様式と訪花様式との間に対応があり、訪花頻度が開花期間を通じて恒常的に高いこと、4) 両者がもつそれぞれの形態形質間にマッチングが見られること、5) 柱頭に接触する体の部位に多数の花粉粒の付着があること、6) 採餌効率がスペシャリストでは、そうでないゼネラリストに比べて優れていることなどをあげている。今回の西表島での調査で、花植物別に上述の諸条件のすべてについての検証を行っていないが、これらの諸条件を満たしうる以下の広食性種をスペシャリスト見なすことができる。/の後に該当する花植物を記した。マエタメンハナバチ/モンパノキ・ハマウド；サキシマクヌゲハキリバチ/ハマゴウ；ヤエヤマキバラハキリバチ/ハマナタマメ・アフリカタヌキマメ\*・リュウキュウコマツナギ・クロバナツルアズキ\*・クロヨナ・タイワンクズ；キホリハナバチ/オオハマボウ・グンバイヒルガオ；スジボソフトハナバチ/イリオモテクマタケラン・アオノクマタケラン・ゲットウ；アオスジフトハナバチ/フトボナガボソウ\*・ゲットウ；アカアシセジロクマバチ/ノボタンをあげることができる。アカアシセジロクマバチは孔開葯をもつノボタンでは振動送粉 (buzz-pollination) を行うのが観察された。

北村ほか (2001) による世界産のキホリハナバチ属の訪花性の総覧によると、狭食性あるいは狭食性を示唆した種が多い。しかし、日本産のキホリハナバチは明らかに広食性で、採餌した花はいずれも大型の花粉粒をもつ花植物に限定されている (北村ほか, 2001)。オオハマボウ (アオイ科) とグンバイヒルガオ (ヒルガオ科) がこれに該当する。

西表島において、花植物と送粉昆虫の間でみられるパートナーシップをまとめると、次の3つのタイプがあった。1) 単一固有種対応型 (1: 1) : 単一種の花植物が固有の単一種の送粉昆虫もつ。2) 固有種対応型 (1: N+n) : 単一種の花植物が複数種の送粉昆虫 (n) をもつ。そのうちの1またはそれ以上が固有種 (N) である。3) 非固有種

対応型 (1: n) : 単一種の花植物種が不特定多数種の送粉昆虫をもつ。固有種とは上述のスペシャリストである (3. 参照)。1) はハナバチ類では存在しない。胚子食昆虫 (例えばイチジク類 *Ficus* とそれぞれの種に見られる固有の送粉者のイチジクコバチ類の種) だけで知られている。2) は16種 (18.0%, 16/89)、ほかの73種 (82.0%, 73/89) は3) であった。西表島では3) が圧倒的に多かった。

#### 4. 花植物と訪花昆虫の個体数

花植物の種別で訪花個体数が異なった (表4)。その要因として、1) 花植物の種類、2) 開花期とその生育 (開花) 量、3) 花植物の生育環境、4) 花植物のもつ資源価 (花粉の放出量や花蜜の分泌量など)、5) 昆虫媒でない植物が含まれているなどが考えられる。今回のサンプリングでは、花植物によってはタイミングよく満開期に行うことができなかつたものがある。また、生育量の少ない花植物でのサンプリングも余儀なくされた。

サンプリングの対象とした91種の花植物のうち、まったく訪花昆虫が採集できなかったものに、スナジタイゲキ、シマイワウチワとイソマツの3種があった (表4)。これらはいずれも海浜性で、スナジタイゲキを除くほかの2種は生育量がきわめて少なく、珊瑚岩礁上の限られた場所で生育していた。きわめて少ない訪花昆虫 (5個体以下/回) しか採集できなかった花植物に、フジボグサ、コバノセンナ\*、カタバミ、マサキ、アサガホの一種\*、ヤツデアサガホ\*、ホソバワダンがあった (表4)。これら前6種は、資源価の貧弱な花植物のように見えた。将来は確認する必要がある。最後種のホソバワダンも海浜性で、珊瑚岩礁上で生育量が少なかった。これらに対して、きわめて多かった訪花昆虫 (200個体以上/回) をもつ花植物にアサヒカズラ\*、ハマダイコン\*、スイートクローバー\*、アカメガシワ、アワダン、ホルトノキ、ボタンボーフ\*の7種があった (表4)。これらには、最優占種が全個体数の大半を占めた。アサヒカズラ\*ではミナミアオスジハナバチ、ハマダイコン\*とスイートクローバー\*ではセイヨウミツバチであった。ほかの4種ではネットイチビコハナバチであった。アワダン、ホルトノキとボタンボーフ\*

Table 4. Summary of flower-visitors of various entomophilous plants in Iriomote Island.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
Polygonaceae タデ科 <i>Antigonon leptopus</i> * アサヒカズラ	6/13*	624	<i>Nomia pavonula</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (91.3%, PN) (3.4%, PN) (1.6%, PN)	1/1
Amaranthaceae ヒユ科 <i>Celosia argentea</i> ノゲイトウ	10/26	130.2	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Scolia quadripustulata</i> / <i>Apis mellifera</i> (44.7%, PN) (27.0%, N) (6.1%, N)	5/2
Hernandiaceae ハスノハギリ科 <i>Hernandia nymphaeaefolia</i> ハスノハギリ	3/5*	28.5	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Nomia pavonula</i> / <i>Lasioglossum kumejimense</i> (82.1%, PN) (10.7%, N) (3.5%, N)	2/1
Theaceae ツバキ科 <i>Schima Wallichii</i> イジユ	2/4*	43.0	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Nomia pavonula</i> (46.5%, PN) (36.0%, PN) (16.3%, N)	2/2
Guttiferae オトギリソウ科 <i>Calophyllum inophyllum</i> テリハボク	5/8	119.0	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Nomia pavonula</i> (81.1%, PN) (15.1%, PN) (1.3%, N)	2/1
Curciferaceae アブラナ科 <i>Raphanus sativus</i> var. <i>raphanistroides</i> *ハマダイコン	4/9	304	<i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (78.5%, PN) (9.9%, PN) (5.0%, PN)	1/1
Rosaceae バラ科 <i>Raphiolepis indica</i> var. <i>umbellata</i> シャリンバイ	2/6	53	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Ceratina okinawana</i> / <i>Ceratina silvicola</i> (39.6%, PN) (34.0%, PN) (9.4%, PN)	1/1
Leguminosae マメ科 <i>Alysicarpus vaginalis</i> ササハギ	1/1*	1	<i>Megachile rixator</i> (100%, PN)	1/1
<i>Canavalia lineata</i> var. <i>lineata</i> ハマナタマメ	2/5	17.0	<i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Megachile monticola</i> (57.4%, PN) (19.1%, PN) (13.2%, PN)	4/1
<i>Crotalaria zanzibarica</i> * アフリカタヌキマメ	1/1*	23	<i>Megachile yaeyamaensis</i> (100%, PN)	1/1
<i>Derris elliptica</i> * デリス	2/4	19	<i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Eucera chinensis</i> (78.9%, N) (10.5%, N) (5.3%, N)	1/1
<i>Indigofera Zollingeriana</i> リュウキュウコマツナギ	6/8	26.7	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Megachile igniscopata</i> (52.5%, PN) (35.0%, PN) (3.8%, PN)	3/1
<i>Macroptilium atropurpureum</i> * クロバナツルアズキ	2/3*	30	<i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Megachile igniscopata</i> / <i>Amegilla senahai</i> (83.3%, PN) (13.3%, PN) (3.3%, N)	1/1
<i>Melilotus officinalis</i> * スイートクロバー	2/2	468	<i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum kumejimense</i> (98.7%, PN) (1.3%, PN)	1/1
<i>Mimosa pudica</i> * オジキソウ	6/8*	15	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Phytomia errans</i> (20.0%, P) (20.0%, P) (20.0%, P)	1/1
<i>Pongamia pinnata</i> クロヨナ	4/9	43	<i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Apis mellifera</i> (39.5%, PN) (16.3%, PN) (11.6%, N)	1/1
<i>Pueraria montana</i> タイワungskズ	5/6*	20.5	<i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Megachile igniscopata</i> / <i>Amegilla senahai</i> (87.9%, PN) (6.1%, PN) (2.4%, N)	4/4
<i>Sesbania cannabina</i> * ツノクサネム	3/5*	44.0	<i>Megachile igniscopata</i> / <i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Amegilla senahai</i> (71.6%, PN) (20.5%, PN) (5.7%, N)	2/1



Table 4. Continued.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
<b>Leguminosae マメ科</b>				
<i>Uraria crinita</i> フジボグサ	2/2*	3.0	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Megachile rixator</i> (66.7%, PN) (33.3%, PN)	2/1
<i>Vigna marina</i> ハマアズキ	5/9	8.8	<i>Megachile yaeyamaensis</i> / <i>Megachile igniscripta</i> / <i>Apis mellifera</i> (36.4%, PN) (13.6%, PN) (13.6%, N)	5/1
<i>Cassia culteoides</i> コバノセンナ	3/3*	2.0	<i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Episyrrhus batelatus</i> (50.0%, PN) (25.0%, N) (25.0%, N)	2/1
<b>Oxalidaceae カタバミ科</b>				
<i>Oxalis corniculata</i> カタバミ	1/2*	8	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (75.0%, P) (25.0%, P)	1/1
<b>Euphorbiaceae トウダイグサ科</b>				
<i>Euphorbia Chamissonis</i> スナジタイゲキ	0/0	0		1/1
<i>Macaranga Tanarius</i> オオバキ	2/2*	28	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Hylaeus maetai</i> (92.9%, PN) (7.1%, N)	1/1
<i>Mallotus japonicus</i> アカメガシワ	9/24	226.3	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Hylaeus insularum</i> / <i>Lasioglossum kumejimense</i> (81.3%, PN) (9.4%, N) (1.9%, PN)	9/5
<i>Melanolepis multiglandulosa</i> ヤンバルアカメガシワ	2/4*	149.7	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Lasioglossum solisortus</i> / <i>Megachile igniscripta</i> (97.1%, PN) (1.3%, PN) (1.3%, PN)	3/2
<b>Rutaceae ミカン科</b>				
<i>Eudodia meliifolia</i> ハマセンダン	6/9	103	<i>Hylaeus insularum</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Megacampsomeris mojiensis</i> (76.7%, N) (9.7%, PN) (6.8%, N)	1/1
<i>Melicope triphylla</i> アワダン	1/1*	1476	<i>Lasioglossum subtropicum</i> (100%, PN)	1/1
<i>Murraya paniculata</i> ゲッキツ	8/16	42.0	<i>Ceratina okinawana</i> / <i>Nomia pavonula</i> / <i>Lasioglossum kumejimense</i> (50.0%, PN) (16.7%, PN) (11.9%, N)	3/3
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> カラスザンショウ	10/19*	53.3	<i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Hylaeus insularum</i> / <i>Megacampsomeris mojiensis</i> (54.5%, PN) (19.7%, N) (4.2%, N)	4/3
<b>Meliaceae センダン科</b>				
<i>Melia Azedarach</i> センダン	3/9	23	<i>Eucera okinawana</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Eucera chinensis</i> (26.1%, PN) (27.1%, PN) (13.0%, PN)	1/1
<b>Sapindaceae ムクロジ科</b>				
<i>Allophylus Cobbe</i> アカギモドキ	1/1*	3.3	<i>Lasioglossum zipangu</i> (100%, PN)	3/1
<i>Litchi chinensis</i> * レイシ	2/3	110	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Apis mellifera</i> (70.9%, ?) (21.8%, ?) (7.3%, ?)	1/1
<b>Sabiaceae アワブキ科</b>				
<i>Meliosma Oldhamii</i> ヤンバルアワブキ	4/5*	87.7	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Nomia pavonula</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (97.7%, PN) (1.1%, N) (0.4%, N)	3/2
<b>Aquifoliaceae モチノキ科</b>				
<i>Ilex rotunda</i> クロガネモチ	6/14	63.3	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Hylaeus insularum</i> / <i>Lasioglossum solisortus</i> (66.0%, PN) (11.5%, N) (7.9%, PN)	4/2
<b>Celastraceae ニシキギ科</b>				
<i>Euonymus japonicus</i> マサキ	1/3*	6	<i>Dideopsis aegrota</i> / <i>Eristalinus quinquestrigatus</i> / <i>Mallota curuvigaster</i> (33.3%, N) (33.3%, N) (33.3%, N)	1/1

Table 4. Continued.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
Staphyleaceae ミツバウツギ科 <i>Turpinia ternata</i> シヨウベンノキ	2/6	7.8	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> (54.8%, N) (19.4%, N) (12.9%, N)	4/3
Elaeocarpaceae ホルトノキ科 <i>Elaeocarpus sylvestris</i> ホルトノキ	1/1*	512.0	<i>Lasioglossum subtropicum</i> (100%, PN)	2/1
Malvaceae アオイ科 <i>Hibiscus Makinoi</i> サキシマフヨウ	2/5	11.0	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> (63.6%, N) (18.2%, N) (9.1%, N)	2/1
<i>Hibiscus tiliaceus</i> オオハマボウ	2/3*	14	<i>Lithurgus collaris</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Thyleus takaonis</i> (57.1%, PN) (35.7%, N) (7.1%, N)	1/1
<i>Sida rhombifolia</i> キンコジカ	1/2*	13.5	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Nomia pavonula</i> (96.3%, PN) (3.7%, N)	2/1
Flacourtiaceae イイギリ科 <i>Idesia polycarpa</i> イイギリ	4/6	84	<i>Lasioglossum solisortus</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (40.5%, PN) (21.4%, PN) (16.7%, PN)	1/1
Lythraceae ミソハギ科 <i>Pemphis acidula</i> ミズガンビ	6/11	22.3	<i>Apis mellifera</i> / <i>Megachile rixator</i> / <i>Nomia pavonula</i> (49.3%, N) (13.4%, PN) (13.4%, PN)	3/2
Melastomataceae ノボタン科 <i>Melastoma candidum</i> ノボタン	2/6*	32.3	<i>Nomia pavonula</i> / <i>Xylocopa albnotus</i> / <i>Amegilla senahai</i> (86.6%, PN) (4.1%, PN) (4.1%, PN)	3/1
Combretaceae シクンシ科 <i>Terminalia Catappa</i> モモタマナ	2/3	164	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Apis mellifera</i> (95.1%, PN) (3.7%, PN) (1.2%, N)	1/1
Umbelliferae セリ科 <i>Angelica japonica</i> ハマウド	4/6	66.3	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Hylaeus maetai</i> / <i>Hylaeus insularum</i> (56.8%, PN) (24.6%, N) (16.6%, N)	3/2
<i>Peucedanum japonica</i> * ボタンポーフ	6/9*	260	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Hylaeus insularum</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> (73.8%, N) (10.8%, N) (4.6%, N)	1/1
Sympetalae イワウメ科 <i>Shortia rotundifolia</i> シマイワウチワ	0/0	0		1/1
Ericaceae ツツジ科 <i>Vaccinium Wrightii</i> ギイマ	4/7	15.0	<i>Apis mellifera</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Amegilla senahai</i> (73.3%, PN) (13.3%, N) (3.3%, N)	4/2
Primulaceae サクラソウ科 <i>Anagallis arvensis</i> * ルリハコベ	1/2*	30.5	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (75.4%, PN) (24.6%, PN)	2/1
<i>Lysimachia mauritiana</i> ハマボッス	2/6	4.0	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Lasioglossum zipangu</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> (25.0%, PN) (25.0%, PN) (12.5%, PN)	2/1
Plumbaginaceae イソマツ科 <i>Lomonium Wrightii</i> var. <i>arbusculum</i> イソマツ	0/0	0		1/1

島嶼における昆虫媒植物と訪花昆虫の相互関係

Table 4. Continued.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
Styracaceae エゴノキ科 <i>Styrax japonicus</i> エゴノキ	3/5	38	<i>Apis mellifera</i> / <i>Eucera chinensis</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (60.5%, N) (28.9%, N) (5.3%, PN)	1/1
Oleaceae モクセイ科 <i>Fraxinus Griffithii</i> シマトネリコ	3/3*	9	<i>Hylaesus insularum</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Allograpta iavana</i> (55.6%, N) (22.2%, PN) (22.2%, N)	1/1
Rubiaceae アカネ科 <i>Morinda citrifolia</i> ヤエヤマアオキ	4/6*	11.5	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Xylocopa albinotus</i> / <i>Megachile yaeyamaensis</i> (60.9%, N) (13.0%, N) (8.7%, N)	2/2
<i>Ophiorrhiza kurouiae</i> リュウキウイナモリ	3/6*	8	<i>Lasioglossum</i> sp. Y-1/ <i>Amegilla senahai</i> / <i>Ceratina silvicola</i> (25.0%, PN) (25.0%, N) (12.5%, PN)	1/1
<i>Wendlandia formosana</i> アカミズキ	5/7	130	<i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Nomia pavonula</i> (52.3%, PN) (30.8%, PN) (12.3%, N)	1/1
Convolvulaceae ヒルガオ科 <i>Impomea Pes-caprae</i> グンバイヒルガオ	5/10	16.5	<i>Lithurgus collaris</i> / <i>Thyleus takaonis</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (50.0%, PN) (21.2%, N) (12.9%, PN)	8/5
<i>Impomea</i> sp.* アサガオの一種	1/1*	1	<i>Eucera chinensis</i> (100%, N)	1/1
<i>Impomea digitata</i> * ヤツデアサガオ	2/2*	4	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Asarkina erictorum</i> (50.0%, N) (50.0%, N)	1/1
Boraginaceae ムラサキ科 <i>Argusia argentea</i> モンバノキ	8/16	32.3	<i>Hylaesus maetai</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Syrta thompsoni</i> (50.4%, N) (14.0%, N) (10.9%, N)	4/2
Verbenaceae クマツヅラ科 <i>Callicarpa japonica</i> オオムラサキシキブ	2/5	5.5	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Thyleus takaonis</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> (45.5%, PN) (18.2%, N) (18.2%, PN)	2/2
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> * フトボナガボソウ	3/10	37.0	<i>Amegilla senahai</i> / <i>Apis mellifera</i> / <i>Thyleus takaonis</i> (47.6%, N) (43.8%, N) (2.7%, N)	5/1
<i>Premna serratifolia</i> タイワンウオクサギ	8/17*	101.8	<i>Lasioglossum subtropicum</i> / <i>Scolia quadripustulata</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (83.5%, PN) (4.3%, N) (3.5%, PN)	5/3
<i>Verbena litoralis</i> * ハマクマツヅラ	2/2*	96	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Megachile esakii</i> (97.9%, PN) (2.1%, N)	1/1
<i>Vitex bicolor</i> ヤエヤマハマゴウ	6/17	28.5	<i>Apis mellifera</i> / <i>Ceratina okinawana</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (29.8%, N) (18.1%, PN) (17.0%, PN)	6/3
<i>Vitex rotundifolia</i> ハマゴウ	4/10	33.8	<i>Megachile rixator</i> / <i>Nomia pavonula</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (30.8%, PN) (27.8%, PN) (23.1%, PN)	5/2
<i>Vitex trifolia</i> ミツバハマゴウ	6/16	44.5	<i>Nomia pavonula</i> / <i>Ceratina okinawana</i> / <i>Amegilla senahai</i> (31.5%, PN) (21.3%, PN) (18.4%, PN)	6/3
Libiatae シソ科 <i>Peucedanum japonica</i> ハーブバジル	4/9	140	<i>Nomia pavonula</i> / <i>Lasioglossum sakishima</i> / <i>Heriades sakishimanus</i> (47.1%, N) (28.6%, N) (5.7%, N)	1/1
<i>Ajuga pygmaea</i> ヒメキランソウ	2/2*	15	<i>Lasioglossum kumejimense</i> / <i>Eumerus okinawellus</i> (93.3%, PN) (7.1%, N)	1/1

Table 4. Continued.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
Solanaceae ナス科 <i>Physalis angulata</i> * センナリホウズキ	1/2*	28	<i>Lasioglossum kumejimensense/Lasioglossum sakishima</i> (60.7%, PN) (39.3%, PN)	1/1
Bignoniaceae ノウゼンカズラ科 <i>Tabebuia rosae</i> * ピンクテコマ	6/13*	11.8	<i>Pseumenes depressus/Megachile igniscopata/Megachile yaeyamaensis</i> (25.4%, Nt) (18.6%, N) (16.9%, N)	6/1
Caprifoliaceae スイカズラ科 <i>Sambucus chinensis</i> var. <i>formosana</i> タイワンソクズ	11/23*	57	<i>Scolia quadriputulata/Lasioglossum kumejimensense/Chalibion japonicum</i> (21.0%, N) (8.8%, PN) (8.8%, N)	1/1
Goodeniaceae クサトベラ科 <i>Scaevola sericea</i> クサトベラ	7/13	28.6	<i>Apis mellifera/Megachile yaeyamaensis/Amegilla senahai</i> (65.7%, N) (7.0%, N) (6.3%, N)	5/1
Compositae キク科 <i>Ageratum conyzoides</i> * カッコウアザミ	3/5*	58	<i>Lasioglossum kumejimensense/Lasioglossum subtropicum/Campsomeriella annulata</i> (89.7%, PN) (5.2%, PN) (1.7%, N)	1/1
<i>Bidens pilosa</i> var. <i>radiata</i> * タチアワユキセンダングサ	6/24	81.0	<i>Apis mellifera/Lasioglossum kumejimensense/Ceratina okinawana</i> (77.8%, PN) (7.0%, PN) (2.5%, PN)	6/3
<i>Cricium brevicaulis</i> イリモテアザミ	4/10	41.7	<i>Apis mellifera/Ceratina okinawana/Eucera chinensis</i> (53.2%, PN) (16.8%, PN) (15.6%, PN)	6/3
<i>Crepidistrum lanceolatum</i> ホソバワダン	1/1*	1	<i>Ischiondon scutellaris</i> (100%, N)	1/1
<i>Eupatoprium formosanum</i> タイワンヒヨドリ	7/11*	29	<i>Lasioglossum sakishima/Lasioglossum kumejimensense/Scolia quadriputulata</i> (27.6%, PN) (17.2%, PN) (13.8%, N)	1/1
<i>Ixeris debilis</i> オオジシバリ	5/9	33.3	<i>Lasioglossum kumejimensense/Andrena okinawana/Lasioglossum sakishima</i> (33.0%, PN) (23.0%, PN) (16.0%, PN)	3/1
<i>Ixeris repens</i> ハマニガナ	4/5*	13	<i>Hylaeus maetai/Andrena okinawana/Lasioglossum kumejimensense</i> (53.8%, PN) (15.4%, PN) (15.4%, PN)	1/1
<i>Wedelia prostrata</i> var. <i>robusta</i> オオハマグルマ	5/8	12.3	<i>Ceratina okinawana/Apis mellifera/Lasioglossum sakishima</i> (43.2%, PN) (13.5%, PN) (10.8%, PN)	3/1
<i>Wedelia trilobata</i> * アメリカハマグルマ	5/15	70.8	<i>Apis mellifera/Ceratina okinawana/Thyleus takaonis</i> (52.3%, PN) (10.9%, PN) (11.6%, N)	5/1
<i>Youngia japonica</i> オニタビラコ	5/8	66.8	<i>Lasioglossum kumejimensense/Lasioglossum subtropicum/Andrena okinawana</i> (66.7%, PN) (22.2%, PN) (8.1%, PN)	5/3
<i>Helianthus</i> sp.* ヒマワリ的一种	4/7	79	<i>Apis mellifera/Megachile igniscopata/Lasioglossum subtropicum</i> (67.1%, PN) (10.1%, PN) (10.1%, PN)	1/1
Liliaceae ユリ科 <i>Dianella ensifolia</i> キキョウラン	2/3*	12	<i>Ceratina okinawana/Amegilla senahai/Ischiondon scutellaris</i> (66.7%, PN) (16.7%, N) (16.7%, N)	1/1
<i>Liriope Muscari</i> ヤブラン	2/3*	5	<i>Amegilla senahai/Ceratina okinawana/Silphidae</i> sp. (60.0%, PN) (20.0%, PN) (20.0%, N)	1/1
Amaryllidaceae ヒガンバナ科 <i>Crinum asiaticum</i> ハマユウ	4/4*	28	<i>Ceratina okinawana/Campsomeriella annulata/Isodontia nigella</i> (89.3%, Pt) (3.6%, Nt) (3.6%, Nt)	1/1

Table 4. Continued.

Family/Species <sup>1)</sup>	Total no. of families/species <sup>2)</sup>	Mean total no. of individuals collected/hr <sup>3)</sup>	Three dominant species (% , PN, P, N, Nt, Pt) <sup>4)</sup>	No. of sampling times/ places
Zingiberaceae ショウガ科 <i>Alpinia flabellata</i> イリオモテクマタケラン	2/3*	21.0	<i>Amegilla florea</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (88.1%, PN) (9.5%, PN) (2.4%, PN)	2/1
<i>Alpinia intermedia</i> アオノクマタケラン	2/3*	6.5	<i>Amegilla florea</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Lasioglossum subtropicum</i> (84.6%, N) (7.7%, N) (7.7%, N)	2/1
<i>Alpinia Zerumbet</i> ゲットウ	5/13	23.7	<i>Amegilla florea</i> / <i>Amegilla senahai</i> / <i>Ceratina okinawana</i> (30.7%, PN) (21.7%, PN) (10.1%, PN)	7/3

<sup>1)</sup>Plants indicated with an asterisk are introduced or invaded from different geographical regions.

<sup>2)</sup>Plants with an asterisk indicate that they were not visited by *Apis mellifera*.

<sup>3)</sup>Expressed by total number of individuals of all flower-visitors collected/total number of sampling times.

<sup>4)</sup>Bee species, which principally collected both pollen and nectar, only pollen, only nectar from the flowering plants, pollen thief and nectar thief, are shown with PN ,P, N, Pt and Nt, respectively. Those species of the genus *Hylaeus* and cleptoparasite and males, irrespective of species, are regarded as N. When several third dominant species were occurred, one of the promising pollinators among them was selected.

ではネットイチビコハナバチのオスがレックを形成していた。

ほかに、ハナバチ類だけが優占種ではなかった花植物が見られた。ノゲイトウ、タイワンソクズとマサキがそれである(表4)。ノゲイトウでは10科26種もの訪花昆虫があった。このうち、10種はハナバチ類で、ほかの10種はアナバチ類、スズメバチ科、ドロバチ科とツチバチ科にそれぞれ所属し、ヨツボシツチバチが第2優占種であった。また、タイワンソクズでは9科23種の訪花昆虫が採集された。ハナバチ類は4種だけで、ほかの15種はアナバチ類、ツチバチ科、ベッコウバチ科とアシトコバチ科にそれぞれ所属し、最優占種はヨツボシツチバチであった。ノゲイトウとタイワンソクズはカリバチ花(wasp flowers)といえそうである。マサキでは十分な調査を行っていないが訪花者はすべてハナアブ科の昆虫であった。本種はハナアブ花(silphid fly flowers)かも知れない。

## 5. 花植物の生育地と訪花昆虫の種類

サンプリングを行った91種の花植物(付表1)のなかには、典型的な海浜性植物あるいは海浜に隣接した環境で普遍的に生育しているもの(\*\*を付した)として、ハスノハギリ、テリハボク、ハマナタメ\*\*、クロヨナ、ハマアズキ\*\*、スナジ

タイゲキ、オオハマボウ、ミズガンピ、ハマウド、シマイワウチワ、ハマボス、イソマツ、ゲンバイヒルガオ、モンパノキ、ハマゴウ、ミツバハマゴウ\*\*、ヤエヤマハマゴウ\*\*、クサトバラ、ホソバワダン、オオジシバリ、ハマニガナ、オオハマグルマ、ハマユウの23種がある。一方、海浜とそれに隣接する環境で営巣し、この環境で生育する花植物にもっぱら依存する海浜性のハナバチ類として、マエタメンハナバチ、サキシマキヌゲハキリバチとトゲアシツヤハナバチの3種がある(北村ほか, 2001b; 前田, 未発表)。マエタメンハナバチは海浜性種のハマウドにおいて第2優占種、同じくモンパノキとハマニガナにおいて最優占種であった。また、サキシマキヌゲハキリバチも海浜性種のハマゴウで最優占種であった(表4)。トゲアシツヤハナバチは今回の調査では採集できなかった。ほかに、海浜性のアナバチ類に所属するリュウキュウスナハキバチとタイワンハナダカバチがあるが(郷右近・前田, 2005)、両種とも顕著な訪花性をもっていなかった。山陰地方の大社砂丘において、海浜性あるいは準海浜性と目されるハナバチ類として、ノウメンハナバチ、ホソメンハナバチ、シモフリメンハナバチ(以上メンハナバチ亜科)、ホシトガリハナバチ、キヌゲハキリバチ、ネジロハキリバチ(以上ハキリバチ科)、シロ

スジゴシフトハナバチ（ミツバチ科）などがある（皆木ら，2000）．訪花性から見て，前3種のメンハナバチ類（主にセリ科）は西表島のマエタメンハナバチと，キヌゲハキリバチ（主にハマゴウ）は西表島のサキシマキヌゲハキリバチとそれぞれ対比できる．

真の夜行性ハナバチ類はインド産のクマバチの一種 *Xylocopa* sp. で知られている．ムカシハナバチ科，ヒメハナバチ科，コハナバチ科とミツバチ科の少数種で見られるそれらは薄明薄暮性である（Warrant, 2007）．大半のハナバチ類は昼光性で一般に日当たりのよい場所で生育している植物，しかも日当たりのよい時間帯にこれらを訪花する傾向がきわめて強い．薄暗い林端部や林床で生育する植物を花資源として利用する種は少ない．西表島でも大半はこのような訪花性をもつ種ばかりであった．例外的に，スジボソフトハナバチだけは林端部やこれに近い位置の林床性のイリオモテクマタケラン，アオノクマタケランにおいて最優占種であった．ちなみに，スジボソフトハナバチの営巣場所は同胞種であるアオスジフトハナバチと同様に粘土質の裸斜面であるが，後種に比べると，やや薄暗い疎林内を好む傾向が強い（前田ほか，2001；Miyanağa and Maeta, unpubl.）．

## 6. 盗蜜と盗粉

ハナバチ類では，花植物の選択にあたり花と送粉昆虫がそれぞれがもつ形質どうしに対応があり，両昆虫に都合のよいパートナーシップが成立している．花の側では存在を広告する誘引形質（花型，花色，芳香など），送粉を代行してくれる謝礼の報酬形質（花粉，花蜜，リピドなど），開花生理などがある．一方，ハナバチ類の側では形態形質（特に，中舌，頭幅など）や生活型などが，互いのパートナーの選択にあたり機能する（Heinrich, 1976；井上，1933；Inoue and Kato, 1992）．機能しなければ，訪花昆虫は送粉をすることなく，盗蜜（nectar thief）や盗粉（pollen thief）を行って花資源を利用する（Inouye, 1980；Tezuka and Maeta, 1995）．なかには，クマバチ類 *Xylocopa* のように恒常的に盗蜜を行う種もある．盗蜜にもさまざまなタイプがある．Inouye (1980) と加藤

(1993) は盗蜜者を，1) 花冠の基部近くに口器で穴を開けて盗蜜する穿孔盗蜜者（primary nectar robber），2) 前者の開けた穴を利用して盗蜜する（secondary nectar robber），3) 花冠を傷つけることなく長い口吻で盗蜜盗蜜する（nectar thief）の3つに区分している．

今回の調査では，ハナバチ類，アナバチ類とドロバチ類において以下の2種の花植物で盗蜜または盗粉が観察できた．

ミンクテコマ\*（付図67,表4）：Hannan *et al.* (2005) によって本花における盗蜜昆虫がすでに報告されている．今回の調査で5科13種の訪花昆虫を記録できた．ドロバチ科のフカイドロバチとカギモントックリバチ（最優占種）は，硬い萼の基部に大顎で穴を開けて盗蜜を恒常的に行う．一方，小・中型のハナバチ類は集合した4本の花糸と1本の花柱がバリケードとなって盗蜜は阻止される．これらの一部の種では花粉採集だけを行うが，このとき正常な送粉が行われるという．本花は花蜜の分泌量が多く（平均で16.6 $\mu$ l/花），かつ糖度もきわめて高い（平均で44.3%）．本花のもつ花蜜の質と量は，ドロバチ類の盗蜜に要するコストに対して十分な見返りとなろう（Hannan *et al.* 2005）．盗蜜のタイプは上述の1) に該当する．

ハマユウ（付図81,表4）：3科4種の訪花昆虫があった．優占種のサキシマツヤハナバチが盗粉を，またコクロアナバチ，リュウキュウスナハキバチとヒメハラナガツチバチの3種がいずれも盗蜜を恒常的に行った（盗蜜のタイプは口吻は短いが3)に該当）．本花は本来「チョウ・ガ花」らしい．2種のアナバチ類の訪花は偶発的かも知れない．

ほかにも，花蜜だけを求めて訪花した場合には盗蜜が観察されたものがある．ゲットウ（付図84,表4）：5科13種の訪花昆虫あり，頭頂や胸背が花柱に接触するほどのサイズがない中・小型ハナバチ類では花蜜だけを採餌したときには送粉をしない（Miyanağa *et al.*, unpubl.）．盗蜜のタイプはハマユウにおけるそれと同じである．

## 7. セイヨウミツバチのインパクト

導入あるいは侵入生物による生態系の攪乱については，鷺谷（1999），村上・鷺谷（監修，2002），

ブリマック (2008) などによる解説がある。西表島では養蜂業のため導入されたセイヨウミツバチが定着している。かつての養蜂場からの散逸で野生化したものである。現在は養蜂業は行われていない。導入種であるセイヨウミツバチによる生態系の攪乱が危惧されるケースには、1) 在来の花資源をめぐり、在来野生ハナバチ類 (在来種) との間で競合が起こり、これらを排除することで固有のパートナーシップを崩壊させる (Sugden *et al.*, 1996; Kato, 1992; Kato *et al.*, 1999; 加藤, 1994; 郷原, 2002)。2) 導入あるいは侵入した花植物において、優占的訪花昆虫となり、在来種より送粉能力が高ければ、これらの繁殖を助長する (Kato *et al.*, 1999)。3) 採餌範囲が大きいので、在来の花植物の交配様式を変化させることで雑種形成を誘起する可能性 (Messing, 1991) がある。上述の3つのケースが考えられるが、いずれも定性・定量的に実証されていない。

西表島において訪花昆虫が採集できた89種の花植物のうち、セイヨウミツバチが採集されなかったものが26科45種 (50.6%, 表4) あった。一方、本種が最優占種であった花植物には次の11種があった (表4)。ハマダイコン\* (優占比率は78.5%), デリス\* (78.9%), スイートクローバー\* (98.7%), ミズガンピ (49.3%), ギイマ (73.3%), エゴノキ (60.5%), クサトベラ (65.7%), タチアワユキセンダングサ\* (77.8%), イリオモテアザミ (53.2%), アメリカハマグルマ\* (52.3%), ヒマワリの一種\* (67.1%)。\*を付した上述の6種は導入あるいは侵入種である。小笠原諸島での調査でも、帰化植物はセイヨウミツバチによってほぼ独占的に利用されているという (Kato *et al.*, 1999; 郷原, 2002)。

筆者らもセイヨウミツバチの上述の花植物における送粉能力をほかの在来種とそれとの比較は実験的に行っていない。しかし、採餌行動の観察からセイヨウミツバチはいずれの花植物においても十分な送粉効果をもたらしていると考えられる。なかでも、スイートクローバー\*とタチアワユキセンダングサ\*の2種は、島内の道路脇や空き地などの至る所で繁茂している。両種の蔓延にほかの在来種よりもセイヨウミツバチが強く関与している

ことが推測できる。この事例は上述の2) に該当する。しかし、在来の花植物と在来の送粉昆虫との間で成立している固有パートナーシップの崩壊と明らかに見なされる上述の1) の事例はなさそうである。今回の調査で採集個体数が皆無かきわめて少なかった12種の花植物のうち (2. 参照), セイヨウミツバチと花資源をめぐって競合しそうな種には労働寄生蜂を除き、類似した口吻長をもつネジロハキリバチ, ヤエヤマハキリバチとサキシマハキリバチが考えられる。ネジロハキリバチは海浜性らしく、沖縄本島ではハマゴウで (前田, 未発表), また島根県の大社砂丘ではハマゴウのほかに砂丘近辺のハギ類でたくさん採集されている (前田, 2004; 前田ほか, 2004)。西表島では、ハマゴウにおけるセイヨウミツバチの占有率は4.7%に過ぎなかった。後2種のハキリバチ類は西表島での生息は疑問視される。これら3種を含む12種は、いずれもセイヨウミツバチとの競合で排斥されたものではないと考えられる。小笠原諸島のような不調和な生物相で特徴づけられる海洋島では固有種が絶滅しやすい脆弱な環境である (小野, 1994)。セイヨウミツバチと花資源植物が競合する固有種では深刻な問題である。郷原 (2002) の小笠原諸島の調査で、固有ハナバチ種の衰退要因として花資源をめぐり競合するセイヨウミツバチのほかに、森林植生の急激な変化や農薬の使用なども大いに可能性があるのではないかとしている。

導入または侵入花植物が特定の在来種との間でパートナーシップを成立させて、島内で繁茂している事例は、クロバナツルアズキ (最優占送粉昆虫はヤエヤマキバラハキリバチ; 優占率は83.3%), ツノクサネム (タイワンクロツヤハキリバチ; 71.6%), フトボナガボソウ (アオスジフトハナバチ; 47.6%) で見られた。ほかの導入あるいは侵入花植物においも、小型のコハナバチ類 (クメジマコハナバチ, サキシマカタコハナバチとアネッタイチビコハナバチ) が優占種で、それらの種構成は不安定であるが、非固定種対応型パートナーシップが成立しているように見える。

## 謝 辞

本研究の実施に当たり、さまざまな便宜をお借りいただいた研究代表者の高相徳四郎教授（西表プロジェクト研究室、竹富町）に厚くお礼を申しあげる。西表島産の植物種の同定は安田恵子氏（同）によった。昆虫種のアナバト科の同定は大石久志氏（京都市）によった。村尾竜起氏（九州大学大学院農学研究院、福岡市）には未記載のコハナバチ類の出現期についてご教示をいただいた。これらの方々には深謝の意を表したい。

## 文 献

- 東 精二（監修）（2002）「琉球列島産昆虫目録」xxv+570 pp. 沖縄生物学会，西原。
- Ember, A. W. and Y. Maeta (1999) Asiatische Halictidae—8. Zwei neue *Lasioglossum* s. str. — Arten von den südlichsten Inseln (Nansei-Shoto) Japan (Insecta: Hymenoptera: Apoidea: Halictidae: Halictinae). *Linzer biol. Beitr.* **31**: 229–248.
- Ember, A. W., Y. Maeta and S. F. Sakagami (1994) Six new halictine bee species from southernmost archipelago, Japan (Hymenoptera, Halictidae). *Bull. Fac. Agric. Shimane Univ.*, (28): 23–36.
- Faegri, K. and L. van der Pijl (1966) *The Principle of Pollination Ecology*. Pergamon Press, Toronto *et al.*, ix+248 pp.
- 郷右近勝夫・前田泰生（2005）西表島産リュウキュウスナハキバチの営巣生態。中国昆虫，(19): 73–83.
- 郷原匡史（2002）小笠原諸島のハナバチ相とその保全。杉浦直人ほか編「ハチとアリの自然史」: 229–245. 北大図書刊行会，札幌。
- Goubara, M. and T. Takasaki (2003) Flower visitors of lettuce under field and enclosure conditions. *Appl. Entomol. Zool.*, **38**: 571–581.
- 郷右近勝夫・宮永龍一・前田泰生（1999）西表島産サキシマコハキリバチ *Heriades sakishimanus* Yasumatsu *et* Hirashima の営巣生態。中国昆虫，(13): 15–22.
- Hannan, Md. A. and Y. Maeta (2007) Nesting biology and nest architecture of *Lithurgus* (*Lithurgus*) *collaris* Smith (Hymenoptera: Megachilidae) on Iriomote Island, southwestern subtropical archipelago, Japan. *J. Kansas Ent. Soc.*, **80**: 213–222.
- Hannan, Md. A., Y. Maeta and R. Miyanaga (2005) Nectar robbing behavior of the wasps visited *Tabebuia rosea* (Bertol.) Dc (Bignoniaceae) in Iriomote Island (Hymenoptera, Vespidae, Eumenidae). *Chugoku Kontyu* (18): 55–60.
- Heinrich, 1976. Flowering phenologies: Bog, woodland, and disturbed habits. *Ecology*, **57**: 890–899.
- 平嶋義宏（監修）（1989）「日本産昆虫総目録 II」: 541–1088. 九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター，福岡。
- 幾留秀一（1994）日本産花蜂類の分類群と和名。鹿兒島女子短大紀要，(29): 1–23.
- 幾留秀一（1999）ミツバチ（ハナバチ）群 Apiforms. 山根正気・幾留秀一・寺山 守「南西諸島産有剣ハチ・アリ類検索図鑑」: 549–679. 北大図書刊行会，札幌。
- Ikudome, S. (1998) The bees genus *Hylaeus* of the Ryukyu islands, Japan, with description of a new species (Hymenoptera: Collectidae). *Ent. Sci.*, **1**: 589–595.
- Ikudome, S. (1999) Notes on megachilid bees from the Ryukyu Islands, Japan, with description of a new species (Hymenoptera, Megachilidae). *Jpn. J. syst. Ent.*, **5**: 1–7.
- 井上民二（1993）送粉生態系における形質置換と共進化。井上民二・加藤 真編「花に引き寄せられる動物」: 173–173. 平凡社，東京。
- Inoue, T. and M. Kato (1992) Inter- and interspecific morphological variation in bumble bee species, and comparison in flower utilization. In Hunter, M. T., T. Ohgushi and P. W. Pierce (eds.), *Effects of Resources Distribution on Animal-Plants Interactions*. pp. 393–427. Academic Press Inc., San Diego *et al.*
- Inouye, D. W. 1980. The terminology of floral larceny. *Ecol.*, **61**: 1251–1253.



- 北村憲二・前田泰生・皆木宏明 (2001a) サキシマキヌゲハキリバチの営巣生態に関する知見. *New Entomol.*, **50**: 43-50.
- 北村憲二・前田泰生・高橋公貴・宮永龍一 (2001b) キホリハナバチ (ハチ目: ハキリバチ科) の巣の構造およびハナバチ類における坑道の直径と胸厚の関係. *Jpn. J. Ent.*, **4**: 49-61.
- 加藤 真 (1993) 送粉者の出現とハナバチの進化. 井上民二・加藤 真編「花に引き寄せられる動物」: 33-78. 平凡社, 東京.
- 加藤 真 (1994) 植物をめぐるパートナーシップの成立と崩壊. *科学*, **64**: 633-640.
- Kato, M. (1992) Endangered bee fauna and its floral hosts in the Ogasawara Islands. *Jpn. J. Ent.*, **60**: 487-494.
- Kato, M., A. Shibata, T. Yasui and H. Nagamasu (1999) Impact of introduced honey bee, *Apis mellifera*, upon native bee communities in the Bonin (Ogasawara) Islands. *Res. Popul. Ecol.*, **41**: 217-228.
- Knuth, P. (1906-1909) Handbook of Flower Pollination. Vols. I and II (Trans. by Ainsworth-Davis, J. R.). xix+211 pp; viii+703 pp. Clarendon Press, Oxford.
- Linsley, E. G. (1958) The ecology of solitary bees. *Hilgardia*, **27**: 543-597.
- 前田泰生 (1999) タイワンツツヤハキリバチ *Megachile iginiscopata* Cockerell の営巣習性の補遺. *中国昆虫*, (13): 43-46.
- 前田泰生 (2000) 但馬・楽音寺のウツギヒメハナバチ その生態と保護. 200 pp. 海游舎, 東京.
- 前田泰生 (2004) ハキリバチ科 ネジロハキリバチ *Megachile disjunctiformis* Cockerell, 1911. 島根県編「改訂しまねレッドデータブック」: 145. 島根県, 松江.
- 前田泰生・日浅雅也 (1994) アカアシセジロクマバチの放棄巣の受継営巣. *中国昆虫*, (8): 53-55.
- 前田泰生・宮永龍一 (1998) オオムカシハナバチの新分布地. *中国昆虫*, (12): 13-15.
- 前田泰生・宮永龍一・北村憲二 (2003) 三瓶山における野生ハナバチ相の生態的研究. *New Entomol.*, **52**: 19-47.
- 前田泰生・羽田義任・宮永龍一・杉浦直人 (1998) 南西日本亜熱帯産ハナバチ類の分布記録, 付 亜熱帯産ハナバチ上科目録. *中国昆虫*, (12): 7-12.
- 前田泰生・杉浦直人・清水秀美・宮永龍一 (2001) アオスジコシブトハナバチ八重山亜種の巣の構造と天敵. *中国昆虫*, (14): 21-26.
- 前田泰生・北村憲二・松本圭司・宮永龍一 (2004) 海浜における送粉生態系の保全に関する研究 2. 山陰地方の海浜性植物ハマゴウ (クマヅラ科) における有刺類の送粉様式. ホシザキグリーン財団研究報告, (7): 275-303.
- Maeta, Y. and S. Ikudome (2009) A newly found colletid bee, *Hyaesus (Nesohylaeus) niger* Bridwell from Iriomote Is., southernmost archipelago of Japan (Hymenoptera, Colletidae). *Chugoku Kontyu*, (23): 22.
- Maeta, Y., Md. A. Hannan and R. Miyanaga (2004) Nest architecture of *Megachile yaeyamaensis* Yasumatsu et Hirashima (Hymenoptera, Megachilidae). *Chugoku Kontyu*, (17): 35-38.
- Maeta, Y., Md. A. Hannan and R. Miyanaga (2006) Additional notes on the nesting habits of *Megachile yaeyamaensis* Yasumatsu et Hirashima (Hymenoptera, Megachilidae) in Iriomote Island. *New Entomol.*, **55**: 1-8.
- Maeta, Y., T. Yamaguchi, M. Goubara and K. Gôukon (1997) The unusual nest of a leaf-cutting bee, *Megachile igniscopata* Cockerell from the Iriomote Island, southernmost Japan (Hymenoptera, Megachilidae). *Jpn. J. Ent.*, **65**: 1-6.
- Maeta, Y., R. Miyanaga and Md. A. Hannan (2004) Discovery of nine species of bees from the southernmost islands, Japan (Hymenoptera, Apoidea). *Chugoku Kontyu*, (17): 27-30.
- Maeta, Y., R. Miyanaga, Y. Ishii and Md. A. Hannan (2009) Comparison of the prepupal diapause in two sibling megachilid species, *Megachile (Chelostomoda) spissula* Cockerell and *Megachile (Chelostomoda) esakii* Yasumatsu, occurring in different climatic zones (Hy-

- menoptera, Megachilidae). *Chugoku Kontyu*, (23): 7-21.
- Messing, R. H. (1991) Status of beekeeping in the Hawaiian Islands. *Bee World*, **72**: 147-160.
- 皆木宏明・前田泰生・北村憲二 (2000) 海浜における送粉生態系の保全に関する研究 1. 大社砂丘における訪花昆虫の種類とそれらの季節消長. ホシザキグリーン財団研究報告, (4): 139-160.
- Miyanaga, R. and Y. Maeta (2008) A newly found nesting site of *Megachile rixator sakishimana* Yasumatsu et Hirashima in Iriomote Island, southernmost archipelago, Japan (Hymenoptera, Megachilidae). *New Entomol.*, **57**: 1-4.
- 村上興正・鷺谷いずみ 監修 (2002) 「外来種ハンドブック」xvi+390 pp. 地人書館, 東京.
- 村尾竜起 (2009) 琉球列島におけるアカガネコハナバチの新分布地. 中国昆虫, (23): 59.
- Murao, R. and O. Tadauchi (2009) Two new taxa of the *leiosoma* species-group of the genus *Lasioglossum* from the Ryūkyū islands, Japan (Hymenoptera, Halictidae). *Jpn. J. syst. Ent.*, **15**: 389-399.
- Okazaki, M. (1987) Life cycle of a subtropical xylocopine bee, *Ceratina okinawana*, with some related problems. *Kontyū, Tokyo*, **55**: 1-8.
- 小野幹雄 (1994) 孤島の生物たち: ガラパゴスと小笠原. 239 pp. 岩波書店, 東京.
- プリマック, R. B. (小堀洋美訳, 2008) 「保全生態学のすすめ (改訂版)」396 pp. 文一総合出版, 東京.
- Sakagami, S. F. and Y. Maeta (1989) Compatability and incompatibility of solitary life with eusociality in two normally solitary bee *Ceratina japonica* and *Ceratina okinawana* (Hymenoptera, Apoidea), with notes on the incipient phase of eusociality. *Jpn. J. Ent.*, **57**: 417-439.
- Sakagami, S. F., R. Miyanaga and Y. Maeta (1994) Discovery of eusocial halictine bee, *Lasioglossum (Evyllaes) subtropicum* sp. nov. from Iriomote Is., southernmost Japan, with a morphometric comparison of castes in some social halictines (Hymenoptera, Halictidae). *Bull. Fac. Agr., Shimane Univ.*, (28): 5-21.
- 島袋敬一 (編著, 1997) 「琉球列島維管束植物集覧」iv+855 pp. 九州大学出版会, 福岡.
- Shiokawa, M. (1999) Two new subspecies of a small carpenter bee, *Ceratina okinawana* from East Asia (Hymenoptera, Anthophoridae). *Jpn. J. syst. Ent.*, **5**: 259-266.
- Shiokawa, M. (2008) A new species of the genus *Ceratina* from Iriomote Island of the Ryukyus, Japan (Hymenoptera, Apidae). *Jpn. J. syst. Ent.*, **14**: 183-188.
- Shiokawa, M. (2009) Taxonomic notes on the *dentipes* species group of the genus *Ceratina* in the Oriental region, with a new species and new subspecies (Hymenoptera, Apidae). *Jpn. J. syst. Ent.*, **15**: 319-332.
- Sugden, E., R. Thorp and S. Buchmann (1996) Honey bee-native bee competition: focal point for environmental change and apicultural response in Australia. *Bee World*, **77**: 26-44.
- Tezuka, T. and Y. Maeta (1995) Pollen robbing behaviors observed in two species of introduced stingless bees (Hymenoptera, Apidae). *Jpn. J. Ent.*, **63**: 759-762.
- Warrant, E. J. (2007) Nocturnal bees. *Current Biology*, **17**: 991-992.
- 鷺谷いずみ (1999) 「新・生態学への招待 生物保全の生態学」181 pp. 共立出版, 東京.

Attached table 1. A list of entomophilous plants and their phonological notes of which flower-visitors were examined in Iriomote Island.<sup>1)</sup>

Family/Species	Herbaceous plants		Tree	Blossom classes <sup>2)</sup>						Flower types <sup>3)</sup>					Flowering types <sup>4)</sup>					Attached figure no.				
	Annual	Perennial		A	B	C	D	E	F	A'	B'	C'	D'	E'	F'	A''	B''	C''	D''		E''			
Polygonaceae タデ科 <i>Antigonon leptopus</i> * アサヒカズラ		○	○																		1			
Amarathaceae ヒユ科 <i>Celosia argentea</i> ノゲイトウ	○				○																○	2		
Hernandiaceae ハスノハギリ科 <i>Hernadia nymphaeaefolia</i> ハスノハギリ			○	○																		○	3	
Theaceae ツバキ科 <i>Schima Wallichii</i> イジュ			○	○																			○	4
Guttiferae オトギリソウ科 <i>Calophyllum Inopyllum</i> テリハボク			○	○																			○	5
Curciferaceae アブラナ科 <i>Raphanus sativus</i> var. <i>raphanistroides</i> * ハマダイコン	○																						○	6
Rosaceae バラ科 <i>Raphiolepis indica</i> var. <i>umbella</i> シャリンバイ			○	○																			○	7
Leguminosae マメ科																								
<i>Alysicarpus vaginalis</i> ササハギ		○																					○	8
<i>Canavalia lineata</i> ハマナタマメ		○																					○	9
<i>Crotalaria zanzibarica</i> * アフリカタヌキマメ	○																						○	10
<i>Derris elliptica</i> * デリス			○																				○	11
<i>Indigofera Zollingeriana</i> リュウキュウコマツナギ		○																					○	12
<i>Macroptilium atropurpureum</i> * クロバナツルアズキ		○																					○	13
<i>Melilotus officinalis</i> * スイートクロバー	○																						○	14
<i>Mimosa pudica</i> * オジキソウ		○																					○	15
<i>Pongamia pinnata</i> クロヨナ			○																				○	16
<i>Pueraria montana</i> タイワンクズ		○																					○	17
<i>Sesbania cannabina</i> * ツノクサネム		○																					○	18
<i>Uria crinita</i> フジボクサ		○																					○	19
<i>Vigna marina</i> ハマアズキ		○																					○	20
<i>Cassia cluleoides</i> * コバノセンナ		○																					○	21
Oxalidaceae カタバミ科 <i>Oxalis corniculata</i> カタバミ		○																					○	22
Euphorbiaceae トウダイグサ科																								
<i>Euphorbia Chamissonis</i> スナジタイゲキ		○																					○	23
<i>Macaranga Tanarius</i> オオバキ			○	○																			○	24
<i>Mallotus japonicus</i> アカメガシワ			○																				○	25
<i>Melanolepis multiglandulosa</i> ヤンバルアカメガシワ			○																				○	25
Rutaceae ミカン科																								
<i>Euodia meliifolia</i> ハマセンダン			○			○																	○?	26
<i>Melicope triphylla</i> アワダン			○			○																	○	26
<i>Murraya paniculata</i> ゲッキツ			○			○																	○	27
<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> カラスザンショウ			○			○																	○	28
Meliaceae センダン科 <i>Melia Azedarach</i> センダン			○	○																			○	29
Sapindaceae ムクロジ科																								
<i>Allophylus Cobbe</i> アカギモドキ			○	○																			○	30
<i>Litchi chinensis</i> * レイシ			○	○?																			○	30
Sabiaceae アワブキ科 <i>Meliosma Oldhamii</i> ヤンバルアワブキ			○	○																			○	31







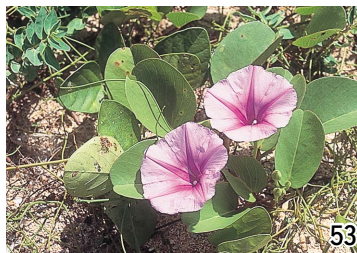
Attached figs. 1-18. Floral species of which visitors were examined in Iriomote Island.





Attached figs. 19-36. Floral species of which visitors were examined in Iriomote Island.





Attached figs. 37-54. Floral species of which visitors were examined in Iriomote Island.





Attached figs. 55-72. Floral species of which visitors were examined in Iriomote Island.





Attached figs. 73-84. Floral species of which visitors were examined in Iriomote Island.

1: *Antigonon leptopus* アサヒカズラ; 2: *Celosia argentea* ノゲイトウ; 3: *Hernandia nymphaeaeifolia* ハスノハギリ; 4: *Schima Wallichii* イジュ; 5: *Calophyllum Inophyllum* テリハボク; 6: *Raphanus sativus* var. *raphanistroides* ハマダイコン; 7: *Raphiolepis indica* var. *umbellata* シャリンバイ; 8: *Alysicarpus vaginalis* ササハギ; 9: *Canavalia lineata* var. *lineata* ハマナタマメ; 10: *Crotalaria zangibarica* アフリアカタスキマメ; 11: *Derris elliptica* テリス; 12: *Indigofera Zollingeriana* リュウキュウコマツナギ; 13: *Macropitium atropurpureum* クロバナツルアズキ; 14: *Melilotus officinalis* スイートクローバー; 15: *Mimosa pudica* オジキソウ; 16: *Pongamia pinnata* クロヨナ; 17: *Pueraria montana* タイワンクズ; 18: *Sesbania cannabina* ツノクサネム; 19: *Uraria crinita* フジボグサ; 20: *Vigna marina* ハマアズキ; 21: *Cassia culteoides* コバノセンナ; 22: *Oxalis corniculata* カタバミ; 23: *Euphorbia Chamissonis* スナジタイゲキ; 24: *Macaranga tanarius* オオバギ; 25: *Mallotus japonicus* アカメガンシ; 26: *Euodia meliifolia* ハマセンダン; 27: *Murrya paniculata* ケツキツ; 28: *Zanthoxylum ailanthoides* カラスザンショウ; 29: *Melia Azedarach* センダン; 30: *Litchi chinensis* レイシ; 31: *Meliosma Oldhamii* ヤンバルアワブキ; 32: *Ilex rotunda* クロガネモチ; 33: *Euonymus japonicus* マサキ; 34: *Turpinia ternata* ショウベンノキ; 35: *Elaeocarpus sylvestris* ホルトノキ; 36: *Hibiscus Makinoi* サキシマフヨウ; 37: *Hibiscus tiliaceus* オオハマボウ; 38: *Sida rhombifolia* キンコジカ; 39: *Idesia polycarpa* イイギリ; 40: *Pemphis acidula* ミズガンビ; 41: *Malastoma candidum* ノボタン; 42: *Terminalia Catappa* モモタマナ; 43: *Angelica japonica* ハマウド; 44: *Peucedanum japonica* ボタンポーフ; 45: *Vaccinium Wrightii* ギイマ; 46: *Anagallis arvensis* ルリハコベ; 47: *Lysimachia mauritiana* ハマボッス; 48: *Styrax japonicus* エゴノキ; 49: *Fraxinus Griffithii* シマトネリコ; 50: *Morinda citrifolia* ヤエヤマアオキ; 51: *Ophiorrhiza Kuroviae* リュウキュウイナモリ; 52: *Wendlandia formosana* アカミズキ; 53: *Impomea Pes-caprae* グンバイヒルガオ; 54: *Impomea* sp. アサガオの一種; 55: *Impomea digitata* ヤツデアサガオ; 56: *Argusia argentea* モンパノキ; 57: *Callicarpa japonica* オオムラサキシキブ; 58: *Stachytarpheta jamaicensis* フトボナガボソウ; 59: *Premna serratifolia* タイワンウオクサギ; 60: *Verbena litoralis* ハマクマツヅラ; 61: *Vitex bicolor* ヤエヤマハマゴウ; 62: *Vitex rotundifolia* ハマゴウ; 63: *Vitex trifolia* ミツバハマゴウ; 64: *Peucedanum japonica* ハーブバジル; 65: *Ajuga pygmaea* ヒメキランソウ; 66: *Physalis angulata* センナリホウズキ; 67: *Tabebuia rosea* ビンクテコマ; 68: *Sambucus chinensis* var. *formosana* タイワンソクズ; 69: *Scaevola sericea* クサトベラ; 70: *Bidens pilosa* var. *radiata* タチアウユキセンダングサ; 71: *Cricium brevicaule* イリオモテアザミ; 72: *Crepidiastrum lanceolatum* ホソバワダン; 73: *Eupatoprium formosanum* タイワンヒヨドリ; 74: *Ixeris debilis* オオジシバリ; 75: *Ixeris repens* ハマニガナ; 76: *Wedelia prostrata* var. *robusta* オオハマグルマ; 77: *Wedelia trilobata* アメリカハマグルマ; 78: *Youngia japonica* オニタバコ; 79: *Dianella ensifolia* キキョウラン; 80: *Liriope Muscari* ヤブラン; 81: *Crinum asiaticum* ハマユウ; 82: *Alpinia flabellata* イリオモテクマタケラン; 83: *Alpinia intermedia* アオノクマタケラン; 84: *Alpinia Zerumbet* ゲットウ.