

## マルハナバチの利用 —その現状と将来—

小野 正人

昆虫のもつ様々な機能が注目され、その利用の可能性が論議されている。その中において、送粉昆虫の受粉能力は農作物の生産性に多大な影響を及ぼす重要な行動形質として位置づけられている (Free, 1993)。農作物の花粉媒介用に実用化されている送粉昆虫には、セイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) を初めとするミツバチ類、マメコバチ (*Osmia cornifrons*) の属するツツハナバチ類、そしてシマハナアブ (*Eristalis cerealis*) などが知られ、大きな経済効果を生み出している。真社会性昆虫であり大きなコロニーを基本単位として生活しているセイヨウミツバチは、飼育管理技術も確立されており、従来より、養蜂業の一環として様々な農作物の花粉媒介に利用されている (Jay, 1986)。日本でも、ハウスイチゴの生産にはなくてはならない存在となっている (Matsuka and Sakai, 1989)。しかしながら、ミツバチはトマト (*Lycopersicon esculentum*) のように花蜜を分泌しないナス科 (Solanaceae) 植物には訪花せず、また紫外線を除去するフィルムで被覆されたハウス内では十分な受粉効果が期待できないなどの使用上の限界も指摘されている。それらの施設園芸上の問題点を解決したのが、ミツバチとは異なる生活様式をもつマルハナバチ類である。ヨーロッパでは既にダーウィンの時代から、マルハナバチのもつ高い花粉媒介能力が注目され、1800年代後半にイギリスからニュージーランドに船で運ばれた女王蜂の子孫たちがレッドクローバーなどの牧草の種子生産に大活躍しており、同国の主要な経済基盤としての酪農を支える縁の下の力持ちとしてきわめて大切にされ、人々の生活においても身近なも

のとして位置づけられている。筆者は日本産マルハナバチを室内周年飼育し、受粉能力に関する研究を進めているが、本稿ではマルハナバチ利用技術の現状と問題点などについて概略を述べたい。

### マルハナバチの分類と生態

マルハナバチ (英名; bumblebee) は、昆虫綱、ハチ目 (Hymenoptera)、ミツバチ科 (Apidae)、マルハナバチ属 (*Bombus*) に含まれる真社会性ハチ類である。北半球の温帯と亜寒帯地域を中心に分布するが、南米の熱帯圏にも生息している。世界中で約 300 種が知られる (Prŷs-Jones and Corbet, 1991)。性質は一般的に温和であるが、熱帯地域に分布する種にはきわめて攻撃的なものがある (坂上, 1970)。日本には、5 亜属 14 種が知られる (平嶋, 1989; 伊藤, 1993)。ヨーロッパからの導入種、セイヨウオオマルハナバチ (別名ツチマルハナバチ, *Bombus terrestris*; 図 1) はオオマルハナバチ亜属に入り、日本にも分類学的に近縁な種が 3 種いる。特にオオマルハナバチ *Bombus* (*Bombus*) *hypocrita* とクロマルハナバチ *B.*

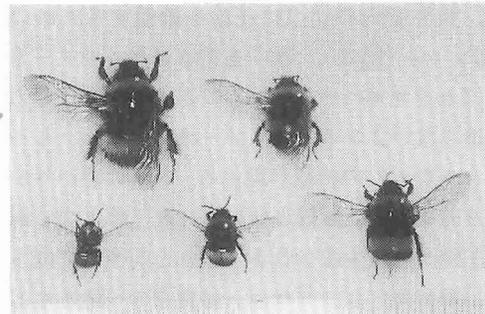


図 1 セイヨウオオマルハナバチ 上段左: 女王蜂, 右: 雄蜂, 下段: 様々な大きさの働き蜂

(B.) *ignitus* の2種は、コロニーサイズが大きい上に飼いやすく、在来種の中では実用可能な花粉媒介者として最有力候補と考えている。また、長舌型と短舌型という分け方をする場合もあり、前者の好例としてナガマルハナバチ亜属やトラマルハナバチ亜属、後者ではコマルハナバチ亜属やオオマルハナバチ亜属が挙げられる(図2)。トラマルハナバチは蜜腺が花の奥深いところにあるツリフネソウなどによく訪花する。また、早朝にカボチャの花に多数の働き蜂が吸蜜に来ているのをみかけることがある。

温帯産マルハナバチの生活史は、少数の例外はあるが原則的に1年性である。春に越冬を終えた1頭の女王蜂により営巣が開始される。女王蜂はノネズミの廃巣や地下の間隙に入り込み、体から分泌したロウと花粉で巣を造り、働き蜂になる受精卵を数個産んで蓋をする。それと前後して小さな蜜ポットをそのすぐ近くに造りそこに蜜を貯蔵する。女王蜂はあたかも鳥が抱卵するように上から育児室に覆い被さり保温する(図3-D)。卵から孵った幼虫は育児室内で集団養育され、やがて繭を紡ぎ蛹になる。女王蜂は幼虫の生育にあわせて育児室のロウの壁を自在に広げていく。この育児様式には、ハチ目の中でもこのグループに特異的に進化したものである。産卵から約1か月後に羽化する最初の働き蜂は小型であるが、今まで単独で営巣活動を行ってきた母親の女王蜂を助け、巣の拡張、餌集め、巣の防衛などを担当する。このため女王蜂は産卵とそれに関連する仕事に専念できるようになる。働き蜂達はさらに多くの働き蜂を育て、巣は急激に大きくなっていく。この時、育児室内の幼虫に花粉を給餌するための“ポケット(図4-C, D)”を造るポケットメーカー(トラマルハナバチなど)とそのようなものを造らないノンポケットメーカー(オオマルハナバチなど)の特徴が現れる。8月の終わりから9月頃には、雄蜂と次の年に女王蜂となる新女王蜂が多数生産される。それと前後して創設女王蜂は死亡し、コロニーは衰退の一途をたどる。新女王蜂は巣を離れ野外で別の巣から巣立った雄蜂と交尾する。交尾を終えると土中や朽

ち木にもぐり込み長い休眠期を経て、翌年の春に1頭で巣を創設する。

### ミツバチとの違い

ハチミツ、ローヤルゼリーそして最近注目を集めているプロポリスなど様々な生産物を提供してくれる最大級の益虫であるミツバチは、また送粉昆虫としても不動の実績を誇っている(佐々木, 1994)。オールラウンドプレーヤーともいえるミツバチと比較してマルハナバチはどのような特徴をもっているのだろうか。この点については、松浦(1993)の明快な解説がある。両種の主な相違点を表1に示した。応用的な観点からみたマルハナバチの最大の特徴は、振動採餌行動(buzz foraging)である。彼等は、葯に噛みつきそれを抱え込むようにしてぶら下がり、胸部の筋肉を振動させ花粉を懐の体毛で受け止めて集めることができるのである(Michener, 1962; Buchmann, 1978; King, 1993)。そして、後脚の花粉かごに大きな団子状にまとめて巣に運ぶ。トマトの授粉には、この振動採餌行動が不可欠なのである。また、狭い空間内への適応性もミツバチより高い。他にも紫外線除去フィルムの影響を受けにくい、採餌範囲が狭い、コロニーサイズが小さい、攻撃性が弱いなどの諸点は、施設園芸作物の送粉者として使用する上での大きなメリットといえよう。

### セイヨウオオマルハナバチの導入と問題点

ヨーロッパにおけるマルハナバチの商品化の端緒は、1987年にベルギーのRoland de Jonghe博士が、セイヨウオオマルハナバチの温室トマトへの授粉に卓越した効果を認め、これを大量増殖したBiobest社を設立し販売を開始したことにある。その後、オランダ、イギリス、フランスなどヨーロッパ各国を中心にニュージーランドを含めて生産販売を行う会社は十数社に増えた(Donovan, 1993)。特に、北ヨーロッパにおいてはトマト栽培農家の90%(約3,500ha)で使用されているという(和田・栗

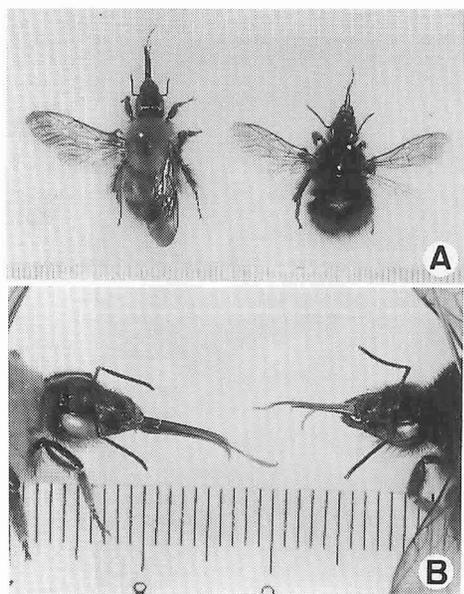


図2 長舌型のトラマルハナバチ（左）と短舌型のコマルハナバチ（右）

原, 1992). 日本へはヨーロッパの施設園芸技術を視察したグループの目に最初にとまって紹介された。その後 1991 年 12 月 4 日に Bio-best 社製（商品名ハニートーン）の 16 群が東海物産株式会社により、また引き続いて翌年 1 月にはオランダの Koppert 社製（商品名ナチュポール; 図 5）の数群が株式会社トーメンを

通じて輸入された（岩崎, 私信）。従来, 人力でホルモン剤(4-CPA: トマトーンなど)を処理することで単為結果させるというトマトの生産様式が日本の主流であったが, ヨーロッパから導入されたマルハナバチ利用技術は, 労働力の大幅な削減と自然交配による果実の品質向上をもたらしている（池田・忠内, 1992; 和田・栗原, 1992）。トマト側からの検討事項もあるがその技術は急速に浸透しつつあり, 導入後 3 年目で日本の全トマトハウスの 3~5% に普及しているともいわれ, 現在までの総輸入量は 15,000 群をこえていると推定されている（和田, 私信）。その後, 日本では数社が海外のマルハナバチ生産会社と販売契約, あるいは技術提携を結び様々なルートから輸入が開始されている。

農産物の生産向上という見地に立てば, セイヨウオオマルハナバチとその利用技術の導入は花粉媒介という昆虫と植物の共生システムの一形態を人間の造った枠組みとしての農業に取り入れるという点で, 重要な意味をもつものと考えられる。しかしながら, もし利用中のコロニーが大きく発達して生殖個体を生産するに至り, 新女王蜂が野外に逃げ出して帰化するようなことが起きた場合の生態系に対する影響をも

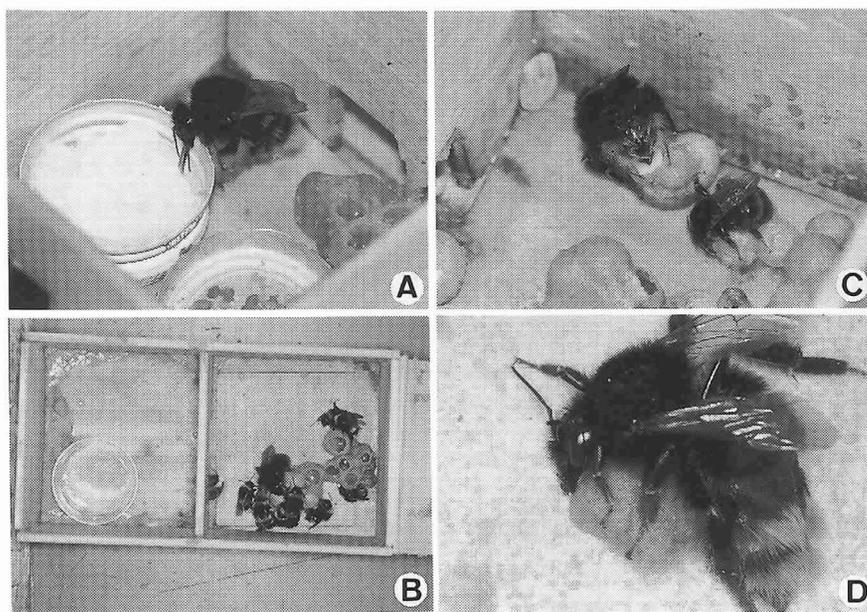


図3 コマルハナバチの営巣状況 A. ショ糖水を飲む女王蜂, B. 営巣初期のコロニーの状態, C. 女王蜂の産卵（複数の卵をまとめて産む）, D. 育児室を温める女王蜂

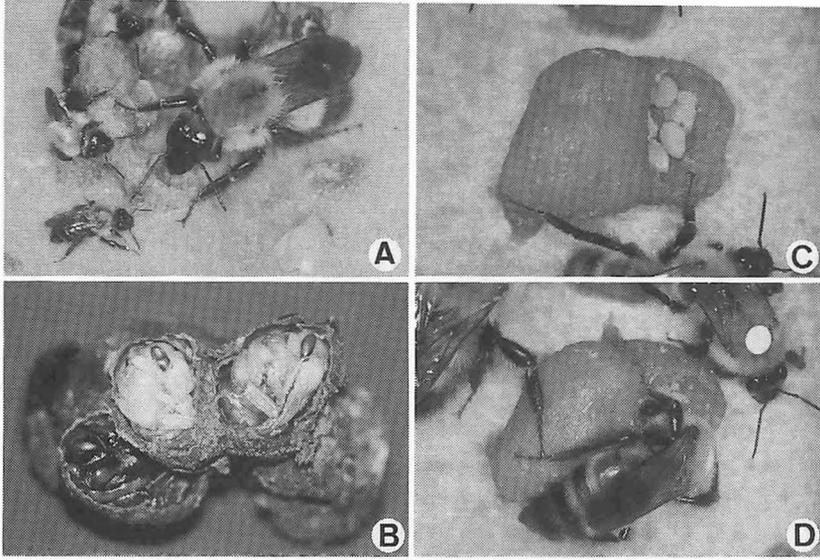


図4 トラマルハナバチの巣の内部 A. 女王蜂と小型の働き蜂, B. 繭の中の蛹, C. 育児室に造られた“ポケット”(花粉だんごが入っている), D. 花粉だんごを内部に押し込む働き蜂

熟慮する必要がある。セイヨウオオマルハナバチはマルハナバチの中でも生活力が強く、他種の巣に入り込み女王蜂を殺して巣をのっってしまうという習性もあり (Sladen, 1912; Velthuis and Cobb, 1991), 日本在来のマルハナバチに様々な形で影響を及ぼすことは明白であろう。さらに、これまで形成されてきた日本産のハナバチと花とのパートナーシップの崩壊も懸念され、動物相だけでなく植物相にも与える影響が危惧されるのである (加藤, 1993)。参考までにセイヨウオオマルハナバチが日本に帰化するとしたら次のような道程を通ることになるであろう。

①ハウス内に長期的に放置された巣箱の中でコロニーが発達し、新女王蜂と雄蜂の生産が行われる。

②それらの新女王蜂と雄蜂がハウスの外へ逃げ出し交尾する (ハウス内部でも交尾が起こりうる)。

③新女王蜂は交尾後に土中で越冬する。

④春に営巣場所を探して巣づくりを開始 (他種巣をのっ取る場合もある)。

⑤恵まれた環境では巣を大きく発達させ、新女王蜂と雄蜂を生産し、世代が繰り返される。

ハウス内の花粉量が少ない場合は、新女王蜂

が生産される前にコロニーが衰退してしまうことも多く、現状の使い方が守られていれば帰化までには幾つかのハードルがある。ただし、交尾済みの女王蜂の大量輸入は、それを野外に逃がしてしまった時が即④の段階であり、帰化する可能性が格段に高まるので避けなければならない。また、導入種の天敵が日本にいるか確認されておらず、野外での使用は絶対に避けなければならない。日本の養蜂業を支えているセイヨウミツバチも導入種であるが、オオスズメバチとミツバチヘギイタダニという強力な天敵が野生化を許していない。この2種の天敵のいない小笠原諸島では、セイヨウミツバチの定着が在来のハナバチ相はもとより植物相にも影響を及ぼしているという (Kato, 1992)。オーストラリアでもセイヨウミツバチが、土着の植物の種子生産に悪い影響を及ぼしているらしい (Paton, 1993)。さらに筆者らの予備的研究では、同じ亜属内において新女王蜂の分泌する性フェロモンに種間交差活性があることが確かめられており、例えば日本産のクロマルハナバチやコムルハナバチの新女王蜂に導入種の雄蜂が交尾行動を起こしてしまうことも観察されている。最終的な交尾の成立は確認されていないが、交雑が起きてしまう可能性もないとはいえ

ない。

導入種が帰化すれば様々な障害をもたらすことは必至であろう。具体的に対応策として考えられるのは有力な在来種の利用開発である。外来種の導入が法的に規制されているアメリカ合衆国では在来種の利用が進められ、カナダでも同様の観点から試験が実施されている (Kevan et al., 1991)。

### マルハナバチの室内飼育法

春に野外を飛び回っている女王蜂を捕らえて室内に持ち込み飼育箱内で営巣させる試みは、欧米、カナダの研究者によって熱心に取り組みられてきた (Horber, 1961; Plowright and Jay, 1966)。Heinrich (1979) は室内飼育の方法を紹介している。1980年に入ってオランダとドイツの研究者によって公表されているセイヨウオオマルハナバチの室内飼育法も比較しながら述べる。まず春に花で吸蜜している女王蜂を捕

らえて飼育箱に入れる。様々な飼育箱が考案されているが、筆者らは最初 150(縦)×80(横)×65(高さ)mm の木箱を用い、コロニーの成長にともなって大型の箱に移すようにしている。女王蜂を巣箱に入れる際、van Honk et al. (1980) と Duchateau and Velthuis (1988) は2頭の女王蜂を一緒にいれることを薦め、van den Eijnde et al. (1991) は1頭の女王蜂に3~4頭のセイヨウミツバチの働き蜂をつけると営巣開始率が高まるとしている。餌として新鮮な花粉と30~50%のシヨ糖水を与え、温度を28~30℃、相対湿度を約60%に保った部屋に飼育箱を配置する。部屋の照明に赤色ランプ(波長約660μm)を用いると蜂が飛び回らずに落ち着く。シヨ糖水是自動給餌方式とし、花粉は毎日新しいものと交換するか適宜追加する。このような条件のもとで女王蜂は1週間前後で産卵を開始する。その後、働き蜂が羽化するとコロニーは急速に成長する。働き蜂の生産

表1 マルハナバチとミツバチの主な相違点\*

	マルハナバチ	ミツバチ
分布の中心	北半球の温帯、亜寒帯	アジア、欧州、アフリカ
種類	約300	7
生活様式	1年性	多年性
生活の最小単位	女王蜂(営巣初期)	常に集団
コロニーサイズ	数十~数百	数千~数万
巣の構造	不定形	垂直巣板
巣の材料	蜂ろうと花粉	蜂ろう
繁殖様式	生殖個体の多数生産	分蜂
交尾	地上で普通1回	空中で多回
交尾時間	長い(約1時間)	瞬間(雄蜂は即死)
栄養交換	無	頻繁
収穫ダンス	無	有
働き蜂のサイズ	バラツキが大きい	一定
働き蜂の脱針性	無	有
攻撃性	弱(温帯産種)	状況による
採粉行動	振動採粉(能動的)	体毛に付着させる
ナス科植物への訪花性	高い	無
採餌距離	数百m以内	数km
活動限界温度	6℃前後	10℃以上
悪天候時活動性	高い	低い
UV除去フィルムの影響	弱(除去波長による)	強い
増殖管理	特別な施設が必要	技術は確立
狭い空間への適応性	極めて高い	低い

\* 松浦(1993)を参考

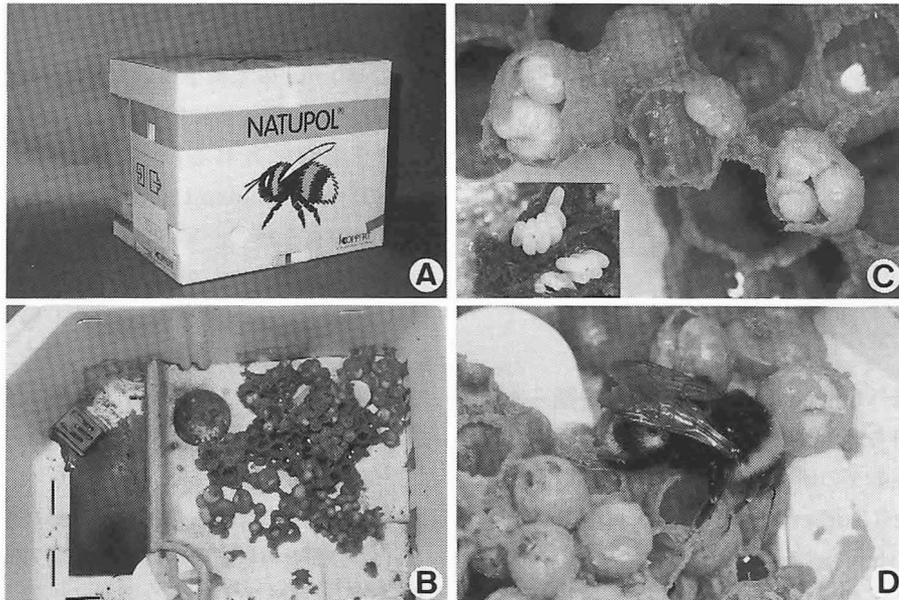


図5 商品化されているセイヨウオオマルハナバチの巣箱とその内部 A. 巣箱の外装, B. 内部には多くの卵, 幼虫, 蛹を含む巣が入っている (成蜂と巣を覆う綿は除いてある), C. 卵塊と若齢幼虫, D. 女王蜂と老熟幼虫, 繭

から雄蜂と新女王蜂の生産への切り換え点はコロニーによって一定していない。切り換えの誘発要因はまだよく分かっていない。最初の産卵から3~4か月が経過した大きなコロニーからは数十頭の雄蜂と新女王蜂がそれぞれ生産される。交尾は羽化後2~3日で離巢した雄蜂を放飼している大型ケージ(約1m<sup>3</sup>)内に6日齢以上を経過した新女王蜂を早朝に放すことで誘起できる(小野・柿沼, 1991; 図6)。雄蜂の交尾適齢は5~20日である。交尾用のケージ内には予め湿らせた水苔を入れておくと交尾後の新女王蜂は数日中に水苔の中に潜ってしまう。これを掘り出して、水苔を入れた小型のガラスビンに移して5°C下で貯蔵する。数か月後に取り出して飼育箱に入れ、同様の処理をすれば造巣させることが可能である。Röseler (1985) は交尾後の新女王蜂に二酸化炭素ガス処理をすることで、休眠をスキップさせることに成功している。造巣や産卵には女王蜂の体内における幼若ホルモンの動態が関係していよう(Röseler, 1977)。

筆者らはこれまで11種の日本産マルハナバチの室内飼育を試み9種については生殖カス

トを生産させることに成功している(松林ら, 1991; 小野ら, 1994; 光畑・小野, 1994)。最近になってオオマルハナバチの女王蜂に導入種の働き蜂をヘルパーとして機能させる飼育方法を開発した(Ono et al., 1994; 図7-A, B)。ヘルパーをつけると営巣率、産卵率が高まり、最初の働き蜂の羽化が早まる傾向がある。さらに、コロニーの発達にとって重要な営巣初期の働き蜂数の増加速度も早まるという結果が得られている。少数例ではあるが実験室内で交尾させた新女王蜂にヘルパーをつけることによって、休眠期を経ることなく産卵させることも確認できている。導入種のヘルパー効果は日本産のマルハナバチの種によって異なり、その対合の可能性について現在検討中である。日本産マルハナバチの周年飼育が軌道にのれば、在来種の働き蜂をヘルパーとして有効に利用できよう。日本産マルハナバチの飼育技術については、テレビ、新聞などを通じても報道され、マルハナバチに関心をもつ多くの関係者から連絡を受け、研究室を御訪問頂き、その意義などについて様々な角度から論議ができたのは収穫であった。

## 日本産マルハナバチ利用の展望

マルハナバチの利用技術は、自然のシステムを生産農業に取り入れた素晴らしいものと考えられる。「なぜ、ヨーロッパ産のマルハナバチなのですか。日本にも在来種がいるというのに」とお尋ねになる方も多いのであるが、日本では昆虫の機能利用という応用面から、この蜂が注目を浴びたということはほとんどなかったようである。確かに利用するマルハナバチを日本在来種に置き換えることに成功すればこの問題点を解決でき、使用範囲も広がると考えられる。日本にはセイヨウオオマルハナバチと分類学的に近い種で実用化の可能性のある種としてクロマルハナバチとオオマルハナバチが生息しており、実験室レベルでは飼育増殖技術はほぼ成功した段階にある。筆者らは、彼等が優れた花粉媒介能力を示すかという点に関して温室内で比較検討し、行動形質で選択育種することを行っている。そして、トマトを中心とする作物における受粉能力を検証し、企業レベルにのせる段階へ発展させたいと考えている。

このマルハナバチ利用技術を巡る問題の解決に関して最も重要と思われることは、関係者全員が一丸となって総合的に協力することであ

る。現在、既に日本に導入され急速に普及しているセイヨウオオマルハナバチを野外に逃げ出さないようにするためにはどうすべきかを真剣に検討することが必要であろう。同時に日本産マルハナバチの実用化にむけての試験研究を大至急進め、将来的には在来種に置き換えて行くという考え方を念頭に置くことが大切といえよう。そのためには大規模化に備えた共同研究の支援体制が是非とも必要である。

末筆ながら原稿を校閲して頂いた玉川大学ミツバチ科学研究施設の松香光夫教授、同大学農学部昆虫学研究室の佐々木正己教授に感謝の意を表す。さらに、数々の貴重な御意見を賜った島根大学農学部の前田泰生教授に厚く御礼申し上げる。情報や資料を提供して頂いた、農林水産省、神奈川県農業総合研究所、マルハナバチ研究会、(株)トーメン、JA全農、アピ(株)、東海物産(株)、片倉工業(株)、協和種苗(株)、三井物産アグロケミカル(株)、Koppert社、BBB社の関係諸氏にも御礼申し上げるとともに御理解と御協力をお願いしたい。

(〒194 町田市玉川学園6-1-1 玉川大学)

### 主な引用文献

Donovan, B.J. 1993. ミツバチ科学 14: 145-152.  
Free, J.B. 1993. Insect Pollination of Crops (2nd

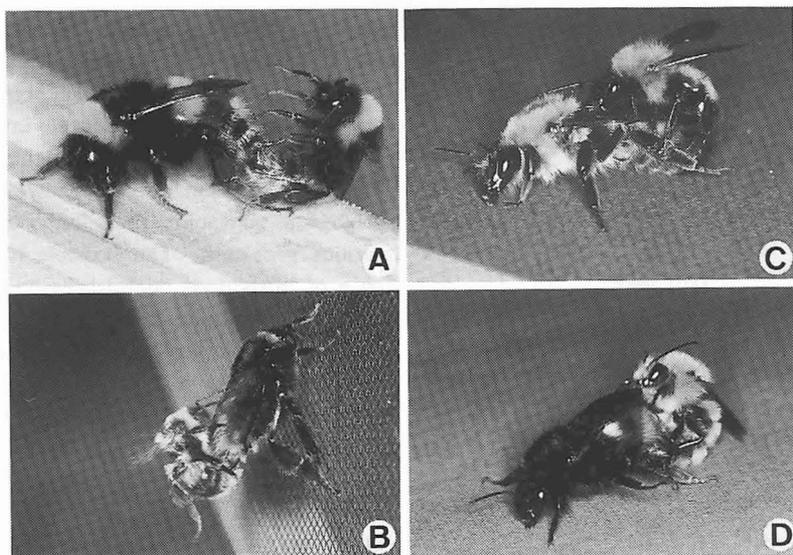


図6 マルハナバチの実験室内における交尾 A. セイヨウオオマルハナバチ, B. オオマルハナバチ, C. トラマルハナバチ, D. コマルハナバチ

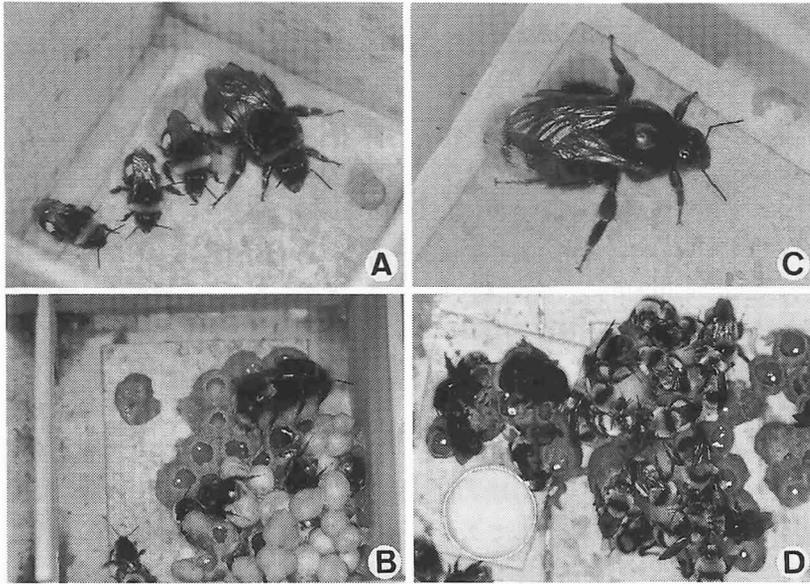


図7 日本産マルハナバチ2種の室内飼育状況 A. オオマルハナバチ女王蜂と導入種のヘルパー, B. 発達したコロニー, C. 育児室を温めるクロマルハナバチの女王蜂, D. 生殖カスト産出期のコロニー

- ed.). Academic Press, London pp. 684.
- Heinrich, B. (井上民二監訳. 1991. マルハナバチの経済学. 文一総合出版, 東京 pp. 291.)
- 池田二三高・忠内雄次. 1992. 農業および園芸 67 : 1213-1216.
- Kato, M. 1992. Jpn. Entomol. 60 : 487-494.
- Kevan, P. G. et al. 1991. Proc. Entomol. Soc. Ontario 122 : 15-19.
- 松浦誠. 1993. マルハナバチの生態的特性. 第2回マルハナバチ利用技術研究会発表資料. p. 1-8.
- 小野正人・柿沼友紀子. 1991. 昆虫・応動昆虫大会.
- 小野正人ら. 1992. 日本動物行動学会大会.
- Ono, M. et al. 1994. Appl. Entomol. Zool. 29 : 印刷中.
- Plowright, R. C. and S. C. Jay 1966. J. Apic. Res. 5 : 155-167.
- Prÿs-Jones, O.E. and S. A. Corbet 1991. Bumblebees. Richmond Publishing Co. Ltd., England pp. 92.
- Röseler, P-F. 1985. Apidologie 16 : 165-170.
- 佐々木正己. 1994. 養蜂の科学. サイエンスハウス, 東京 pp. 159.
- van den Eijnde, J. et al. 1991. Acta Horticulturae 288 : 154-158.
- van Heemert, C. et al. 1990. Bee World 71 : 54-56.
- Velthuis, H.H.W. and L. Cobb 1991. Acta Horticulturae 288 : 199-203.
- 和田哲夫・栗原純. 1992. ミツバチ科学 13 : 133-136.

ONO, MASATO. Crop pollination with the bumblebees in Japan -its present and future-. *Honeybee Science* (1994) 15 (3):107-114. Fac. Agric., Tamagawa Univ., Machida-shi, Tokyo, 194 Japan.

Bumblebee (*Bombus terrestris*) is an effective pollinator of the flower like tomato (*Lycopersicon esculentum*) that does not produce nectar. Imports of colonies of laboratory-cultured *B. terrestris* from Europe to Japan began in 1991. Use of this pollinator saves in labour costs and produces higher-quality fruit. Large number of colonies of such commercial *B. terrestris* have been introduced into Japan for greenhouse pollination. From the agricultural viewpoint, it seems fruitful, however from the ecological viewpoint, these imports may cause serious problems. The possible harmful influence of introduced bumblebees on both indigenous bee fauna and flora should be considered. Because of the problems, pollination of crops with Japanese bumblebee species instead of introduced one is recommended. The author have succeeded in laboratory rearing of 9 out of 14 native Japanese *Bombus*. He describes taxonomy and ecology, biological feature, laboratory-rearing technique, and discusses current status and future of bumblebee-industry in Japan.