

## 神奈川県での農業利用のための マルハナバチ研究と今後の展開方向

浅田 真一

1997年に本誌18巻第一号で「日本産マルハナバチの実用化に向けて」を報告させて頂いてから、3年が過ぎようとしている。その後、マルハナバチに関する報道も多くなされてきており、神奈川県農業総合研究所でも、農業者に限らず、一般の県民にも、施設公開やインターネット（神奈川県農業総合研究所ホームページ：<http://www.agri.pref.kanagawa.jp/nosoken/nosoken.asp>）などを通じて、マルハナバチの利用と日本産マルハナバチの実用化への取り組みを紹介し、時にはマルハナバチの巣を直接見ていただく機会も作ってきた。マルハナバチを利用しているトマト生産者にも、通常見ることができない、マルハナバチの巣の中を覗いてもらうことで、マルハナバチを使いこなすためのテクニックに応用してもらったり、日本産マルハナバチを研究する意義を理解していただくことができた。トマトの生産者以外の農業者でも、マルハナバチのことは耳にしているようであるが、残念ながら、一般の方々は、「ハチ」といえばミツバチ・スズメバチ・アシナガ

バチ、「ハチからの恩恵」といえば、ハチミツであり、ハナバチがもつポリネーターとしての機能や、マルハナバチという昆虫自体が、まだまだ、市民権を得ていないように思えた。ただし、「このハチが、温室の中を飛び回って、トマトの受粉をしてくれるので、トマトができるんですよ」といった話は、大人から子供まで非常に理解されやすい。また、そのためにヨーロッパからハチを輸入している話には、賛否両論の反応があり、紹介している私自身、毎回、驚かされていた。ハチを置いておくだけでも、人の目をひきつけることができることから、日本でもマルハナバチをより身近な昆虫にするためにも、関係機関の方々のPR活動に期待するところは非常に大きい。

さて、3年前、著者は、セイヨウオオマルハナバチの輸入問題（小野，1995）に直面し、日本産マルハナバチの利用の可能性を探求し始めるにあたり、実用化までの研究過程（図1：浅田，1997）を描いてみた。そこで本稿では、これまでの研究展開を、前回と同じ1）マルハナ

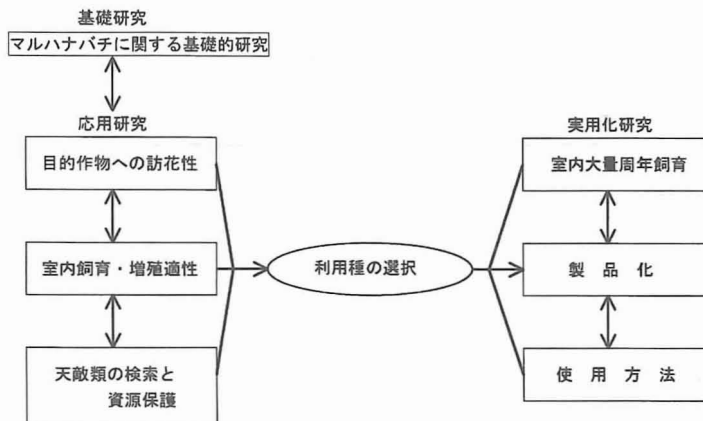


図1 日本産マルハナバチの実用化までの研究過程（浅田，1997）

バチの訪花性, 2) 室内飼育・増殖過程, 3) 天敵類の問題と資源保護の3面からまとめ, さらに, 神奈川県内でのセイヨウオオマルハナバチの利用状況や生産者の方々の声を交えながら, 日本産マルハナバチの研究状況を紹介させていただきたい。

### マルハナバチのトマトへの訪花性

まず14種類の日本在来種マルハナバチのうち, 比較的広い分布域をもつ2種と, 飼育が可能であった2種の, 計4種のマルハナバチについて, トマトへの訪花性を調査したところ, いずれもセイヨウオオマルハナバチと同じ振動採粉行動を示し, その着果率も, 日本在来種とセイヨウオオマルハナバチとの間での差がないことを確認した(Asada and Ono, 1996)。さらに, 4種の内, 室内飼育の研究を進めているオオマルハナバチ, クロマルハナバチについては, 同一のハウスを3部屋に仕切り, セイヨウオオマルハナバチとの比較試験を行った。その結果, 着果率に加え, 果重, 空洞果の発生程度にも差が見られなかった。また, マルハナバチによって受粉をさせたトマトは, ホルモン処理によって着果させたトマトに比べ花跡が大きいとの報告があったことから(池田・忠内, 1995), 花跡の大きさについても比較したが, 種間差は認められなかった(表1)。

日本国内でのマルハナバチ利用は, 現在普及を拡大しつつあるセイヨウオオマルハナバチでさえも, 問題が無いわけではない。まず, 病害虫防除での問題が挙げられるが, ここでは, 栽培上の問題点について, ふれさせていただく。

マルハナバチの導入以前の欧州と日本のトマト栽培を比較すると, 前者では, 花を人為的に振動させて受粉をさせていたのに対して, 後者では, 受粉に関係無く着果する植物ホルモン剤の花への局所散布の技術が普及していた。欧州では, トマトの受粉が正常に行われるような栽培がなされていたことから, 受粉を手伝うためのマルハナバチが比較的スムーズに導入されていたとされているが(岩崎, 1995), 日本では花粉の性状が受粉に適していなくても着果させることができる技術であったことから, マルハナバチを使うためには, トマトの花を受粉に適したように栽培環境を変える必要があった。神奈川県でのマルハナバチ利用は, トマトの作型から1-5月が主体になると考えられる。秋から育苗を始め, 12月に入る頃に施設内に定植し, 苗がある程度の大きさに成長した段階からマルハナバチを設置する例が多いが, マルハナバチの扱いに慣れている生産者では12月中からマルハナバチを使うことも考えているようである。冬期のマルハナバチ利用では, ハチの活動を維持することだけでなく, 前記のとおり, トマトの花粉の状態に注意する必要がある。一例ではあるが, 生産者の施設で, 1月下旬にトマトの花が咲いているのに, マルハナバチが受粉行動を示さなくなったことがあった。当初は, 農薬の影響も考えられたが, 同時期に2箇所と同じ現象がおきたことから, トマトの花を観察したところ, 振動させても花粉は落ちてこなかった。そこで, 筒状の葯を開き, 内部を観察したところ, 葯は開いているものの, その内側には, わずかな花粉が付着しているだけであ

表1 マルハナバチの訪花が果実品質に及ぼす影響

マルハナバチ	段位	果重(g)	1果実当たり種子数	花跡の大きさ(mm)	空洞果率(%)
クロマルハナバチ	4	175(n=35)	99(n=35)	2.3(n=35)	0(n=32)
オオマルハナバチ	4	193(n=65)	129(n=65)	2.7(n=65)	2(n=63)
セイヨウオオマルハナバチ	4	190(n=63)	109(n=63)	2.9(n=63)	3(n=63)
クロマルハナバチ	5	203(n=50)	105(n=50)	2.6(n=50)	6(n=53)
オオマルハナバチ	5	182(n=23)	121(n=23)	2.6(n=23)	4(n=24)
セイヨウオオマルハナバチ	5	189(n=50)	108(n=45)	2.6(n=45)	4(n=51)

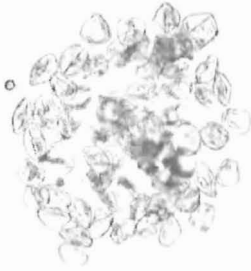


図2 マルハナバチの訪花行動が見られなかった施設でのトマトの花粉粒薬の内部にわずかに付着していた花粉粒を取り出して検鏡した

った。正常なトマトの花粉を0.5Mのショ糖液に入れると、ほぼ完全な球形になるが、この施設から採集した花粉の形状は、不定形であり(図2)、寒天培地においても花粉管の伸張は見られなかった。極端な例ではあるが、ここでは、花粉の生成量及びその活性に影響する環境変化があったことが想定された。そこで、施設内の夜温の設定温度と花粉の活性・生成量の関係を調査することとした。

まず、冬期のトマト花粉の状態を従来のホルモン処理の温度管理(最低夜温8℃)とマルハナバチ利用での温度管理(最低夜温12℃)とで比較した。花粉をそれぞれの施設から採集し、Peterson and Taber (1987)に従い、フルオレセイン-ディー-アセテートによる蛍光染色を施し、活性率を測定した。また、採集した花粉を、界面活性剤を含んだ0.5Mのショ糖液で懸濁させ、その液の濁り具合から1花当たり花粉生成量を推定した。その結果、一定温度であれば、花粉の活性には温度管理の差は影響しないものの、花粉生成量は最低夜温を12℃に設定した施設で多くなることが確認された。また、これらの調査の中で、同じ温度管理をしても、採集時期によって花粉の生成量が変化する傾向が見られたことから、現在、花粉生成量の時期別変化について調査を進めている。トマト花粉の発芽率の低下と栽培温度との関係も明らかにされているが(室井, 1993)、当所での試験では、花粉の活性で判定しており、その結果では、夜温を低めの8℃に設定しても、その管

理が安定していれば、トマトは、花粉活性については影響を受けない傾向が示された。ただし、花当たりの花粉の生成量は、安定した条件でも、8℃と12℃の設定温度の差によって、影響を受ける要因であることが示唆されている。

これらの結果から、現地での事例を振り返ると、一般に、トマト生産者は、施設内の温度管理には特に気を使っており、大きな事故がない限り、急激な温度の低下は起こらないことから、通常の管理では花粉の生成量に注意する必要がある。前記の施設では、温度設定に多少の差があるものの、温度制御機器に大きな事故はなかった。現地施設での温度の記録がないことから、不確実な判断しかできないが、温度管理に特に問題が無くとも、何らかの環境変化が花粉の性状に影響したことが考えられることから、今後は、温度条件以外にも、日射量などもあわせて検討する必要がある。現地では、訪花しなくなったマルハナバチを何とか、もう一度訪花させようと、夜温の設定を上げることも考えられていたが、一度開花したトマトの花では、再び花粉が作られないため、夜温の変更は、その後のトマトの植物体全体の成長に影響してしまい、個々のトマトの成長にバラツキが生じる結果になりかねない。現地でも、その後に開花した花では、正常に花粉が形成されていたことから、このような場合には、施設の温度制御機構に異常が無ければ、特に設定温度を大きく変えずに、花粉が生成されなかったトマトの花房については、ホルモン剤処理を行うなどの対策が良いようであった。

マルハナバチの生活史を、実際にマルハナバチを使うトマト生産者に理解してもらうことも、重要なことと考えられる。マルハナバチの巣には、ミツバチと異なり寿命がある。どんなによい管理をしても、マルハナバチの巣にはいずれ終わりがくる。野性のマルハナバチは、春に越冬から覚めた女王蜂が1頭で営巣し、夏から秋にかけて、働き蜂を増やし、成熟した巣で、翌年巣を作る新女王蜂とオス蜂の生殖虫を生産するといった生活史をもつ。新女王蜂は交尾後、翌春まで越冬し、営巣に入る。春から作ら

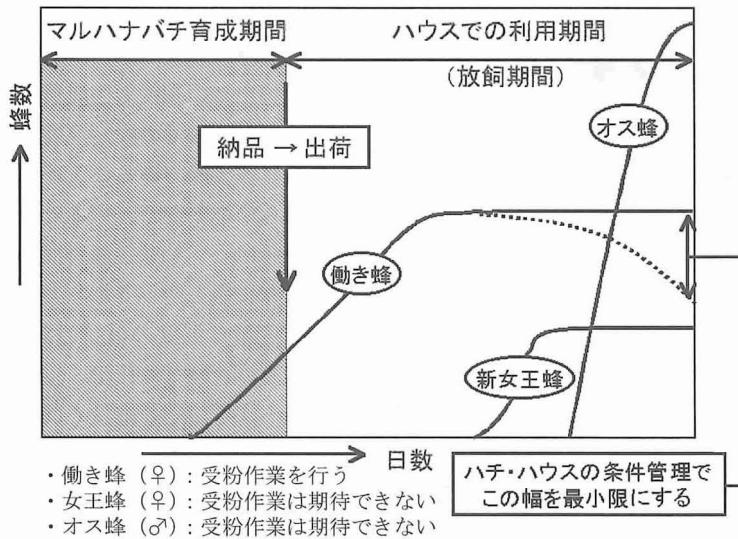


図3 マルハナバチ巣内でのハチの増え方

れていた巣では、冬を迎える前に女王蜂を失い、働き蜂も死に絶えて、巣の寿命を迎える。では、マルハナバチを購入した生産者は、ハチの生活史の、どの部分を見ているのであろうか。商品としてのマルハナバチが工場で生産されてから、温室で利用される期間の巣内での蜂の増減を図3に示した。マルハナバチの巣には、働き蜂・女王蜂・オス蜂の3種類の蜂があり、これらのうちトマトの受粉作業を期待できるのは働き蜂である。マルハナバチの営巣期間の前半で働き蜂が生産され、後半で新女王蜂、オス蜂が生産される。マルハナバチの巣が手元に届いた時には、すでに営巣期間中期を過ぎた頃であり、ハウス内に設置してしばらくの間は、働き蜂の増加が期待できるものの、いずれその生産は頭打ちとなり、その後働き蜂数は徐々に減少する。この減少幅を最小限にすることが、巣の寿命を伸ばすことにつながると考えられる。

### 室内飼育・増殖

日本在来種のマルハナバチをセイヨウオオマルハナバチに置き換えるためには、それと同レベルの増殖技術を開発する必要がある。研究当初、野外から春先の越冬明けの女王蜂を採集し、室内で営巣させるところまでは容易にできたが、室内飼育下で次の世代を得ることができ

なかった。マルハナバチの成熟巣から新女王蜂を取り出し、交尾をさせた後、その女王蜂に営巣させる過程は、ブラックボックスであった。現在では、交尾後の女王蜂を低温処理することで、オオマルハナバチ、クロマルハナバチについては、累代飼育が可能になり、この2種類は室内飼育の適性があると判断できる。ただし、大量生産のラインの中で増殖率を向上させるためには、さらなる経験と研究が必要である。

現在、神奈川農総研では、オオマルハナバチ、クロマルハナバチの2種について、野外での生活史を再現し、さらにその飼育サイクルを短縮させた室内飼育管理システムを構築中である(図4)。現在では、1997年、1998年に野外で採集した女王バチから、数世代を経過した子孫たちのコロニーが飼育されている。世代を経過するごとに、コロニー数を増やす、いわゆる増殖率も徐々に伸びている。大量増殖を目指した飼育技術の確立に向けて、データを蓄積しているところであるが、今までの飼育の経験から、2種の日本在来種間でも、巣の成長パターンや好適条件に差があり、同一の飼育方法では、増殖率の向上は望めないようである。図4に示したフローの各過程の条件を、種別に完成させるための、最終段階にきていると言えよう。

これら2種の飼育方法については、ここでは

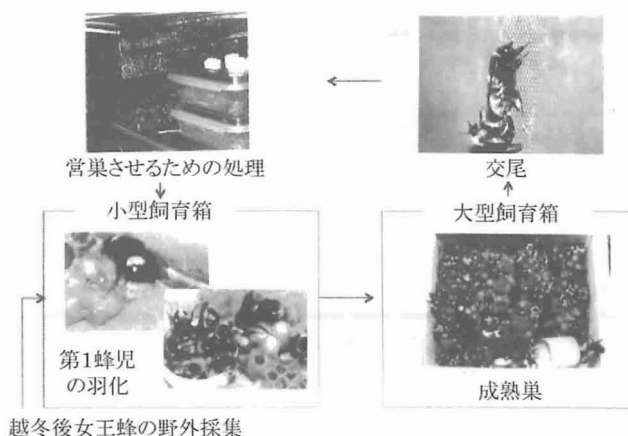


図4 日本産マルハナバチの室内継代飼育の流れ

書ききれないため、室内での継代飼育の一部を紹介したい。

羽化後の新女王蜂を交尾させ、5℃下で4か月の低温処理をさせた後に、常温に戻して営巣させるわけであるが、この過程のなかで、何割かの女王蜂が死んでしまう。その要因を新女王蜂の体サイズと羽化後の日齢の2点について、オオマルハナバチで調査を行い、飼育時の生存率との関係を調べた(浅田ら 1999)。

まず、体サイズについてであるが、表2のとおり、野外で採集した女王蜂と室内飼育で得られた新女王蜂では、頭幅で比較した体サイズには差がない。形態的には野外の女王蜂と差が無いと思われるこれらの新女王蜂について、4か月の低温処理期間を終えた個体と、途中で死亡した個体との比較を行ったが、体サイズとの関係は見られず(表3)、この段階では、新女王蜂の大きさが死亡要因には関係していないと考えられた。

次に、新女王蜂の羽化後の日齢について、調査を行った。交尾させる段階で、複数の女王蜂を1グループとして、飼育を行っている関係か

ら、それぞれのグループに供試した交尾後の新女王蜂のグループ内での平均日齢を計算し(表4)、低温処理、常温にもどす時の覚せい処理、飼育室に移してからのそれぞれの生存率との関係を調べたところ、羽化後の日齢の経過しているグループで、生存率が低い傾向が認められた。特に平均日齢が10日以上を経過している女王蜂のグループでの生存率の低下が大きい傾向が見られた(図5)。さらに、平均日齢の異なる新女王蜂のグループを同じコロニーで2つ作り、各処理時の生存率を比較したところ、供試女王蜂の平均日齢が経過している集団の方が、各処理時の生存率が低い傾向が認められた(図6)。以上のことから、オオマルハナバチについては、継代飼育時の生存率に新女王蜂の羽化後の日齢が関係していることがわかった。この段階では、交尾後の女王蜂の27%に低温処理後、営巣させるにとどまっていたが、その後のデータでは、オオマルハナバチで54%、クロマルハナバチで40%となっており、現在も生存率の向上にむけて、飼育技術の改良に取り組んでいる。

表2 野外採集個体と飼育個体のオオマルハナバチ女王蜂の頭幅の比較(浅田ら, 1999)

	供試虫数	平均頭幅	標準偏差	最低値	最大値
野外採集個体	33	5.46(mm)	0.13	5.21(mm)	5.67(mm)
飼育個体	78	5.42	0.14	4.89	5.70

MANN-WHITNEY U-検定で有意差無し

表3 室内飼育女王蜂の頭幅と低温処理時の生死との関係 (浅田ら, 1999)

低温処理時の生死	女王蜂数	平均頭幅 (mm)	標準偏差	最低値 (mm)	最大値 (mm)
生存供試虫	50	5.42	0.13	4.89	5.69
死亡供試虫	28	5.42	0.15	5.14	5.70

MANN-WHITNEY U-検定で有意差無し

表4 継代処理を始めた時の女王蜂の各供試番号内での平均日齢\* (浅田ら, 1999)

供試番号	供試女王蜂数	平均日齢	標準偏差	最低	最高
1	15(頭)	7.2(日)	2.3(日)	5(日)	11(日)
2	8	16.1	2.3	11	18
3	6	17.3	5.2	13	24
4	17	9.6	5.1	2	17
5	5	9.8	1.6	8	11
6	7	5.7	3.7	2	10
7	18	10.6	2.0	7	14
8	8	10.8	2.9	6	13
9	14	13.8	5.8	2	20

\*平均日齢：供試番号で示したグループ内での女王蜂の羽化後日数の平均

### 天敵類の問題と資源保護

日本では、優れた養蚕技術があり、病理学的な知見の豊富に加え、それらの知見が実際の養蚕技術に見事に応用されている。マルハナバチも工場生産を前提に考えていることから、その天敵類及び病理学的な研究を進める必要がある。欧米では、野性状態でのマルハナバチに関係する天敵生物相の知見が豊富であり (Macfarlane et al., 1995)、マルハナバチと天敵とされる微生物との関係を、社会性昆虫の遺伝的な多様性は寄生者や病原の存在があるからそ

引き出される、といった観点から展開している興味深い研究も進められている (Schmid-Hempel, 1998)。欧米のマルハナバチの生産工場では、実際に病気と寄生者の知見をどのように応用しているのかは、実は大変興味のある。

残念ながら、日本国内ではこれらの知見が乏しく、日本にどのような天敵生物相が存在するのかさえ、十分には調べられていない。さらに困ったことに、商品として輸入されているセイヨウオオマルハナバチから、蜂に寄生するダニ (*Locustacarus buchneri*, 五箇, 1999) と微生物 (ノゼマ型, 丹羽ら, 1998) が確認され

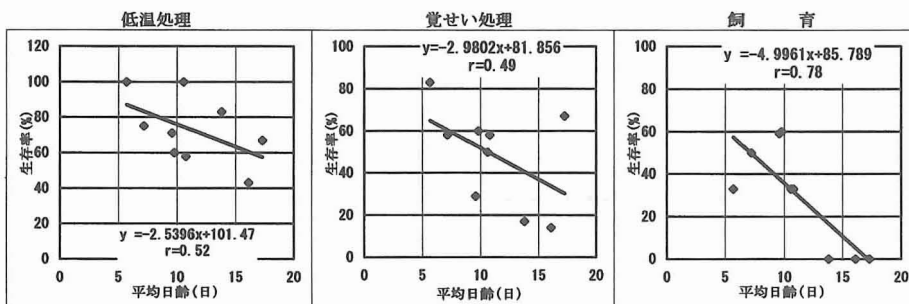


図5 供試女王蜂の平均日齢と各処理終了時及び飼育1ヶ月後の生存率の関係 (浅田ら, 1999)

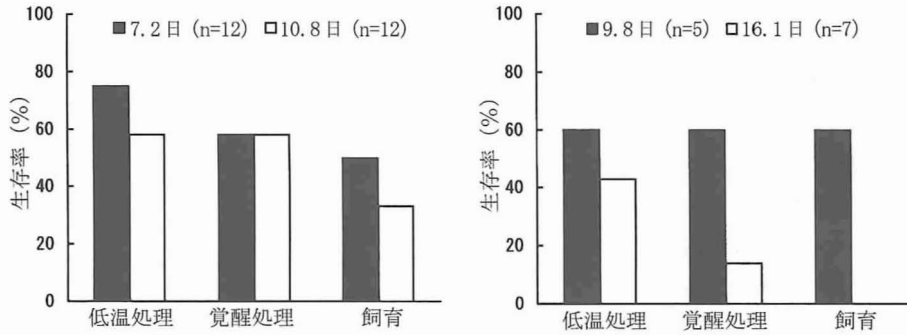


図6 交尾処理開始時の平均日齢の異なる女王蜂の集団間での継代処理時の生存率の比較 (浅田ら 1999)

\*異なる2群を用いて、それぞれの群から平均日齢の異なる女王蜂の集団を2つずつ作り、各処理時の生存率を同一群の供試虫で比較した。

た。微孢子虫に感染したマルハナバチを飼育した経験では、羽化した働き蜂が数日のうちに死んでしまい、コロニーが大きくなれない場合や、まったく関係無く成長している場合など両極端があり、まだ、その病徴を詳しく述べる段階ではない。コロニーの成長段階と感染時期の関係や微孢子虫の増え方と病徴の関係など、これからの仕事の方が多い。ここで、報告された微孢子虫は、農家が購入する場合と同じルートで入手したコロニーから分離した。この孢子の形態的な特徴からセイヨウオオマルハナバチで既に報告されている *Nosema bombi* であると推察している。国内の生物相が不明な状態でこれらの天敵類が、ホストであるマルハナバチと一緒に輸入されていることが明らかになった。これらの天敵生物が日本在来種のマルハナバチに及ぼす影響についても、セイヨウオオマルハナバチが野外に逃げ出すリスクと同様、もしくはそれ以上に懸念されると考えられる。

日本在来種の開発にあたり、国内でも相当量のマルハナバチの女王蜂が採集されることが想像される。採集した女王蜂に営巣させれば、一時的には日本在来種のマルハナバチの巣が、飼育施設内を埋め尽くすが、ここから継代飼育を続け、さらに増殖させる技術を身につける必要がある。年間国内では40,000箱が利用されていると推定されているが、毎年40,000頭の女王蜂を採集するようなことにならないように、小規模での増殖系を確立した後に大量増殖を始めるなどの、野外採集による生態系への負のイ

ンパクトを最小限に抑える必要がある。さらに、国内でもマルハナバチの地理的な変異が混乱するとの懸念がある。ただし、地理的な変異自体が、依然不明瞭なのが現状であり、天敵類の検索同様、前向きな議論をしたくとも、その材料が少ないように思える。

### マルハナバチ研究の今後

3年の研究と、個人的に問題と思われる点を駆け足で紹介してきた。かなり問題点は、絞られてきたと思うが、残った問題ほど、解決が難しいことがわかっていただけだと思う。セイヨウオオマルハナバチの利用状況は、大きく変わらないものの、利用している生産者では神奈川県でも、ますます手放せなくなっているように思える。生態学的な観点から、このような昆虫の利用形態を批判するのは、理解できるが、農業という産業を考えると、問題となる蜂の利用を単純にやめてしまうだけでは、新たな問題を生むことが容易に想像できる。セイヨウオオマルハナバチを利用する問題点は、この蜂が野外に逃げた場合のリスクに加え、マルハナバチの天敵類が、国内に侵入・拡散する新たなリスクがあることが明らかとなり、日本在来種をポリネーターとして、実用化する意義はさらに高まったのではないだろうか。ただし、飼育システムが未完成のオオマルハナバチ、クロマルハナバチをセイヨウオオマルハナバチと比較すれば、後者の方が、コスト安になるのは、当然であり、コスト高になる経費を商品に上乗せして

日本在来種を販売するのも、現実的ではないだろう。ただ、オオマルハナバチ、クロマルハナバチに関して言えば、この3年間で飼育技術はかなり進んでおり、3年前よりも、商品化までの研究開発費も安くなるのではないだろうか。国内企業も日本在来種マルハナバチの試験販売を始めてきており、今後の展開を楽しみにする一方、より堅実な技術開発も並列で展開することを期待したい。

トマト生産者としては、マルハナバチの利用やそのためのトマトの栽培技術に関する情報が欲しいところであろう。マルハナバチを利用することで、省力化にはなっているものの、まだ、花を受粉に適した状態にするための栽培や、高温管理をしても、トマトの誘引や芽かき等の作業労力が従来と変わらないような栽培方法など、難しい問題が現場では生まれている。また、施設栽培自体が、エネルギーをかけないように、低温管理を目指していることから、そこで栽培される作物についても、従来の収量性、品質、食味といった形質に加え、低温伸張性も求められている。ポリネーターを利用するには、花を受粉に適した状態に管理する必要がある。イチゴやトマトなど、施設栽培でポリネーターが必須になる作物では、花の形質も考慮した品種が育成されることを期待する。

末筆ながら、これらの研究を指導していただいた玉川大学昆虫学研究室の佐々木正己教授、小野正人助教授ならびに神奈川県農業総合研究所生物資源部の諸氏に感謝の意を表する。

(〒250-0024 小田原市根府川 574-1

神奈川県農業総合研究所 根府川試験場)

#### 主な引用文献

- 浅田真一. 1997. ミツバチ科学. 18 : 21-28.  
 Asada, S and M. Ono. 1996. Appl. Entomol. Zool. 31: 575-580.  
 浅田真一ら. 1999. 神奈川県農業総合研究所研究報告. 139 : 7-12.  
 小野正人. 1995. インセクトリウム. 32 : 4-9.  
 五箇公一. 1999. 応用動物昆虫学会大会.  
 池田二三高・忠内雄次. 1995. ミツバチ科学. 16 : 49-56.  
 岩崎正男. 1995. ミツバチ科学. 16 : 17-23.  
 Macfarlane, R. P. et al. 1995. Bee World. 76: 130-148.

丹羽里美・浅田真一・岩野秀俊. 1998. 応用動物昆虫学会大会.

Peterson, R. H. and H. G. Taber. 1987. Hort Science. 22: 953.

Schmid-Hempel, P. 1998. Parasites in Social Insects. Princeton Press, Princeton. pp.409.

ASADA, SHINICHI. Study of the bumblebees for crop pollination in Kanagawa Prefecture. Its present and future. *Honeybee Science* (2000) 21 (1): 9-16. Kanagawa Prefectural Agricultural Research Institute, Nebukawa Experimental Station. 571-1, Nebukawa, Odawara, Kanagawa, 250-0024 Japan.

Tomato pollination by *Bombus terrestris* has rapidly spread in Japan. These bumblebees were imported from Europe and some company products *B. terrestris* colonies inside Japan.

But these techniques of using *B. terrestris* may cause the competition 14 native Japanese bumblebee species. Therefore, I attempt the utilization of Japanese native bumblebee for crop pollination instead of *B. terrestris*. And I also study the tomato pollination, which is using bumblebee in Kanagawa Prefecture.

I compared the pollination ability with Japanese two species bumblebees (*B. hypocrita* and *B. ignitus*) and *B. terrestris*. There was no difference in the tomato fruits quality. In Kanagawa, tomato growers mainly use the bumblebees in winter to spring. Especially in cold season, pollen productivity of each flower in low temperature green-house (minimum temperature at 8°C during night) tended to be less than that of high temperature green - house (minimum temperature at 12°C during night).

Effective techniques for artificial induction of nesting by laboratory-reared queens were studied for mass-production of Japanese bumblebees (*B. hypocrita* and *B. ignitus*). Our group confirmed that the high mortality of queen during chilling and acclimatization treatments was related the age of progeny queens of *B. hypocrita*, since the mortality tended to decrease with the passage of days after emergence.

Recently, mite (*Locustacarus buchneri*) and protozoa (Microsporidia, *Nosema* type) were found in commercial bumblebee colonies, which were imported from Europe. These enemies and pathogens were also studied for mass-production in Japanese bumblebees and for prevention of spreading these parasites in Japan.