

作物受粉における在来種マルハナバチの利用の可能性と課題

アリスタ ライフサイエンス株式会社 ^{みつはた}光畑 ^{まさひろ}雅宏・^{わかだ}和田 ^{てつお}哲夫

はじめに

ほんの10年前まで日本では馴染みのなかったマルハナバチが、今日では施設のトマトやナスなど果菜類の受粉、結実に欠かせない存在となっている。このハチは自然生態系の中でも花粉媒介者（ポリネーター）として重要な位置にあり、特定の植物との共進化の例に挙げられることも少なくない。

世界に約280種、日本国内には16種6亜種が生息するこの社会性ハナバチは、ほとんどの社会性ハチ目とは異なり、温帯の北部域を中心に適応放散したと考えられている。それゆえに、このマルハナバチを特徴づける生理、生態には、冷涼な気候や明瞭な四季に適応するための工夫が随所に見受けられる。その例として挙げられるのが「育児」であろう。マルハナバチはこの育児の過程で蜂児を保温する。これは巣内をおよそ30～32℃の一定の温度に維持し、効率よく蜂児を生産することで、北方の短い夏に適応した生態であると考えられる。巣を保温するための熱は、成虫が飛翔筋を震わせることで作られる。筋肉の運動により発生した熱は体内に蓄積され、成虫は文字通り「湯たんぽ」になる。マルハナバチは航空力学的見地からは飛翔することが困難な昆虫といわれるほど、空を飛ぶには不適切な体の持ち主である。そのため、胸部は異常なまでに大きく、その中にある飛翔筋は非常に発達している。また、エネルギー源であるATPを製造する飛翔筋内のミトコンドリア数は、他の昆虫に類を見ないほど多い（ハインリッチ、1991）。独特の保温行動は、この筋肉の発達が可能にしているといっても過言ではない。さらに、この発達した筋肉は、幼虫の主食となる花粉を集める際にも威力を発揮する。彼らの花粉採餌行動は、飛翔筋を振動させて花を揺らし、花粉を自身の体に落とす「Buzz Foraging」と呼ばれる採餌方法である。この花粉採集能力は、下向きに開花または潜り込むことが困難な花、例えばトマト、ナス等ナス科の果菜類の受粉に大変有効であった。

トマト、ナス等の農作物の授粉は、電気振動器（バイ

ブレーター）やホルモン剤（植物成長調整剤）の噴霧など、人の手によって行われてきた。しかし、これらの人工授粉作業は、1987年、ベルギーのDe Jongheの研究成果によりマルハナバチによる授粉に切り変わることになる。今や、全世界における商業的に生産されたマルハナバチの年間利用コロニー数は90万群と推定され（van Doorn, 私信）、日本は、そのうちの約7～8%に相当するマルハナバチコロニーを施設内で利用する（図-1）。しかし、その利用種であるセイヨウオオマルハナバチ（*Bombus terrestris*）は、ヨーロッパ域に広く分布する外来種である。昨今、このことが、日本の在来生態系に大きな影を落としはじめ、論議を呼んでいる。

I 国内におけるマルハナバチの利用の現状

マルハナバチを利用することで、施設果菜類の栽培は大きく変化した。このことは国内だけではなく、本技術が発祥したヨーロッパ諸国をはじめ、アメリカ合衆国、カナダ、メキシコ、トルコ、イスラエル、韓国、ニュージーランド等世界各国に普及していることと、利用作物もトマト、ナスにとどまらず、パプリカ、トウガラシ、キュウリ、ズッキーニ、メロン、イチゴ、ブルーベリー、ラズベリーや野菜の種子採取など多岐にわたることからも容易に想像できる。マルハナバチが普及する以前の国内におけるトマトやナスの授粉には、十数年前まではホルモン剤（植物成長調整剤）の噴霧により結実させる作業が必須であった。この方法は1果房、もしくは1花ごとの処理が要求され、栽培管理に要する年間労働力のおよそ10～20%に相当する、労力の掛かる作業の一つであった。1991年12月、ベルギーよりもたらされたマルハナバチによる自然授粉技術は、その重労働から生産者を解放するだけでなく、生産物に、①果実重量の増加、②糖度やビタミンCなどの成分含有量の増加、③果実硬度の上昇など収量、秀品率の上昇をもたらした。また、マルハナバチ商品は流通額で見れば十数億円程度の産業であるが、利用する農業従事者の削減された労働コスト（人件費×時間）や農生産物の流通などから試算すると、その経済効果は500億円以上にものぼると推定される（五箇ら、2003）。加えて、マルハナバチの導入は安心野菜のイメージを消費者に与えている。マルハナバチを利用するハウスは、化学合成農薬の散布制限を受けることがその理由であり、またこのことが、天敵昆虫など生物

Possibility and Problems in using Japanese Native Bumblebees for Crop Pollination. By Masahiro MITSUHATA and Tetsuo WADA

（キーワード：在来種マルハナバチ、クロマルハナバチ、*Bombus ignitus*、セイヨウオオマルハナバチ、*Bombus terrestris*、受粉、授粉、外来生物法、施設栽培）

表-1 国内におけるマルハナバチ商品取り扱い企業 (2005年5月現在)

企業名	商品名	生産会社または製造国
アビ株式会社 ^{a)}	はなまるくん	日本
アリスタ ライフサイエンス株式会社 ^{a)}	ナチュポール, ナチュポール・ブラック	コバート社 (オランダ)
石原産業株式会社 ^{a)}	ビーシユアー	BCP社 (イギリス)
株式会社キャッツ・アグリシステムズ ^{a)}	キャッツ・マルハナバチ	日本
シンジェンタ ジャパン株式会社 ^{a)}	ハニートーン	バイオベスト社 (ベルギー)
東海物産株式会社 ^{a)}	ハニートーン	バイオベスト社 (ベルギー)
小泉製麻株式会社	ビュンビュン丸	YAD MORDECHAI社 (イスラエル)
株式会社コーシャ	ファインビー	BBB社 (オランダ)
片倉工業株式会社	ぶんぶん花ヘルパー	日本

a) マルハナバチ普及会加盟企業 (五十音順).

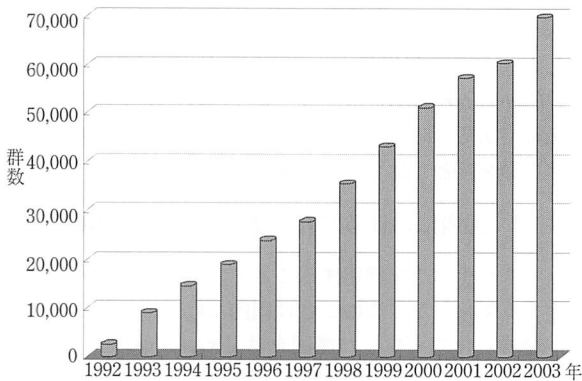


図-1 セイヨウオオマルハナバチ商品コロニーにおける年別出荷数量 (国立環境研究所, マルハナバチ普及会調べ)

農業利用の牽引役としての役割も果たしている。図-1が示す通り年間使用量が増え続けている事実からも、そのニーズは極めて高いことがうかがえる。取り扱い企業も現在では9社を数える (表-1)。

マルハナバチの利用は1992年より本格的な導入が始まり、今日もその需要が拡大している。しかし、その利用方法が誤って理解され、適正に指導または利用されていないケースも少なくない。その代表的な例が施設換気部への逃亡防止用のネットの展張であろう。マルハナバチが日本に導入された当初、マルハナバチの記憶した花に対する専攻 (選好) 性が訪花特性として強調されていた。つまり、数日間完全に閉鎖空間下でトマトやナスの花を記憶させれば、その後はハウス外の別の花には見向きもしないとの解釈である。これはマルハナバチの巣門を開放するときの「癖付け」と呼ばれる方法で実践される。利用現場では、この癖付けを行えば、ハウスの天窓などの換気部開放は可能であると理解されているケースが非常に多く見受けられる。しかし、マルハナバチの働きバチは、1種類の花 (主専攻花) 以外にも、保険として別の副専攻の花をもつことが知られている。主専攻花

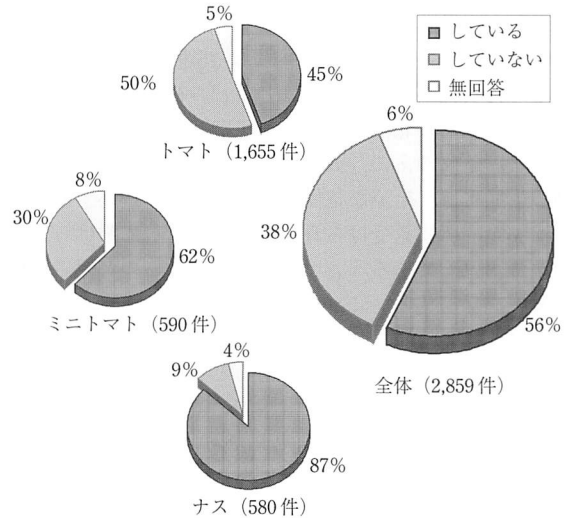


図-2 マルハナバチ利用施設におけるネットの展張率

よりも副専攻花のほうが効率良く花蜜、花粉を採取することができれば、たちまち副専攻花は主専攻の花に入れ替わる (ハインリッチ, 1991)。トマト、ナスのように花蜜を分泌しない花、加えてトマトのように花粉の量が極端に少ない花であれば、ハウス外の花粉と花蜜をより多く提供してくれる花を専攻するのは必然であろう。また、ハウス外にワーカーが出ることで、モズ、セキレイやムシヒキアブなどの天敵による被害や露地作で散布される化学農薬によるトラブルも発生しうる。

このような様々なトラブルは、換気部分にネットを展張することで回避できる。加えて、逃亡防止用のネットの展張は大型鱗翅目害虫の施設内への侵入も予防することができ、利用上のメリットは大きいものと考えられる。しかし、アリスタ ライフサイエンス (株) が2003年に行ったアンケートによる調査によれば、マルハナバチ利用施設におけるネットの展張率は決して高いとは言い難い (図-2)。

II 外来生物法とセイヨウオオマルハナバチ

利用施設の換気部に、ネットが張られていないために発生する弊害がもう一つある。逃げ出したセイヨウオオマルハナバチの野生化による在来生態系への影響である。ヨーロッパ域からアフリカ北部に広く分布するセイヨウオオマルハナバチは競争力の強いハナバチであることが知られ(松村ら, 2004), 日本在来のハナバチの衰退をもたらす可能性があることが示唆されている。1996年に北海道でセイヨウオオマルハナバチの野生巣が発見されて以来, 野外での女王バチや自然巣の捕獲例は増加傾向にあり, 本種の定着が進行しつつあることが示されている(MATSUMURA et al., 2004)。セイヨウオオマルハナバチが国内に定着することにより, 示唆または推測されている環境影響には以下のようなものが挙げられる。①ハウスの外に逃げたセイヨウオオマルハナバチが, これらに在来のマルハナバチの営巣場所もしくは餌資源を独占して, 在来マルハナバチの生息数を減少させてしまう懸念がある。②セイヨウオオマルハナバチのオスが近縁な在来マルハナバチの女王と交尾することで, 在来マルハナバチの繁殖を妨げる可能性がある。③国外から巣箱が輸入されることでマルハナバチに寄生している外国産随伴生物と一緒にもち込まれ, 在来マルハナバチに病害をまん延させるおそれがある。④これらの要因により在来マルハナバチの生息数が減少した場合に, 在来マルハナバチに受粉を強く依存している植物種の繁殖が妨げられる可能性がある。セイヨウオオマルハナバチが在来生態系に与えるこれらの影響の可能性は, 政府が2004年6月2日に公布した「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律(以下外来生物法)」を受けて開催された専門家会合の中でも共通認識として確認され, このハチの輸入や使用を規制, 管理することが検討されている。本法は2005年6月1日より施行されるが, 原則としてその輸入や販売, 飼育が禁止される「特定外来生物」の第1陣指定リストに挙げられた37種の動植物種の中に, セイヨウオオマルハナバチは含まれていない。この特定外来生物は, 特に日本の生物や人間の生活に重大な影響をもたらすおそれがあるものが指定の対象となり, 本法律に違反して「特定外来生物」の輸入や飼育を行うと, 個人の場合最高で300万円の罰金, 法人の場合最高で1億円の罰金が科せられることになる。

セイヨウオオマルハナバチに関しては, 専門家会合の下部会合として位置づけられるセイヨウオオマルハナバチ小グループ会合にて検討され, 「野外における生態系等への影響について十分な知見が得られていない」としながらも「実験結果などを踏まえれば, 被害を及ぼす可能性が強く示唆されている」ことから生態系などへ被害

を及ぼす可能性が高いとして, 1年を目途に指定について検討を継続することが決められた。利用現場では「単なる審議先送り」としか解釈していないとの声も多く聞かれるが, 生態系などへ被害を及ぼす可能性が高い以上, セイヨウオオマルハナバチは特定外来生物として指定されることが前提となっていることを忘れてはならない。ただし, 特定外来生物に指定された場合であっても, 環境省令で定める目的に沿って, 主務大臣の許可を得た場合には特定外来生物の飼養などは認可されることになっている。これまでの経緯から, 換気部のネット展張と巣箱の適正処分を行い, セイヨウオオマルハナバチの野外への逃亡防止策が徹底されている場合には, 使用継続の許可を得ることが可能であると推測される。また, 既にこのような対策を実施している生産者も少なくない。しかし, 前述したように逃亡防止用ネットの展張は, 依然として十分に施されていない。現時点でセイヨウオオマルハナバチが特定外来生物に指定された場合には, トマトやナスの生産に多大なインパクトが生じることは間違いない。セイヨウオオマルハナバチの指定リスト入りについて1年を目途に検討を継続すると結論は, このような現状を鑑み, 我々利用者の準備のための与えられた猶予期間であると理解すべきであろう(マルハナバチ普及会, 2005)。

III 代替技術としての在来種マルハナバチ

このような状況の中で, 農林水産省は2004年度農業生産の技術指導通知における「ネットの展張, 巣箱の適正な処理に係る指導」に加え, 2005年度より「在来種マルハナバチへの切り替えを指導する」こととしている(庭瀬, 2005)。日本にも16種6亜種の在来のマルハナバチが分布している。在来種マルハナバチコロニーの商業的生産の実用化に関する検討は, 1992年のセイヨウオオマルハナバチの国内への本格導入当初から生態影響を危惧する研究者から提案され, 玉川大学や島根大学などで行われてきた。また, 1997年度から3年間, 「日本産ポリネーターの大量増殖技術の確立」という課題名で民間企業3社と玉川大学の協同により農林水産省新産業技術開発事業の助成を受けて実施された。これらの研究は, 特にセイヨウオオマルハナバチと同じオオマルハナバチ亜属(*Bombus*)に分類され, 営巣規模もほぼ同等と考えられるオオマルハナバチ(*B. hypocrita hypocrita*)とクロマルハナバチ(*B. ignitus*)を中心に進められ, 1998年の7~9月の2か月間, アピ(株)がオオマルハナバチを試験的に販売した。また, 1999年からはアリスタライフサイエンス(株)(旧:(株)トーマン 生物産業部)が, 提携先であるオランダ コバート社とクロマルハナバチの商業的な大量増殖に成功し, 北海道を除

く全国のトマト、ナス産地への販売を行っている(図-3)。

さらに、同社では別亜属に分類されるトラマルハナバチ (*B. diversus*) を2001年から2002年にかけて試験的に販売した。しかし、本種はオオマルハナバチ亜属の種と比較すると3倍以上の増殖コストがかかることがわかり、生産を中止している。現在、国内で利用されている在来種マルハナバチ商品はクロマルハナバチだけであるが、国内の年間マルハナバチ利用群数の中で占める割合は、約5%弱である。しかし、施設内における1巣箱当たりの利用可能面積や利用期間は、セイヨウオオマルハナバチのそれと比べても遜色はない(図-4)。このため、クロマルハナバチの出荷群数は年を追うごとに増加している。これは、セイヨウオオマルハナバチとは異なるクロマルハナバチの特長が利用者に受け入れられているものと考えられる。利用者から多く聞かれる意見は、①メス(女王、ワーカー)とオスの識別が容易、②おとなしい、③ワーカーの体サイズが大きく施設内での観察が容易などが挙げられる。営業活動の中後期にはマルハナバチのコロニーではオスの生産が盛んに行われ、解散間際には施設内や巣箱内はほぼオスに切り替わる。クロマルハナバチのオス個体は頭部、胸部、腹部T2域までは鮮

黄色の毛で覆われ、一目でワーカーと異なることがわかる。①はコロニー更新時の判断の一助となっている。つまり、トマト、ナス等の施設においてバイトマークも観察できなくなり、施設内、巣箱内にオスしか確認できなくなれば、その巣箱の利用価値がなくなったことを教えてくれる。②については、科学的にセイヨウオオマルハナバチとの比較をすることは困難であるが、取り扱いが容易であるというメリットにつながる。③に関しては、クロマルハナバチのワーカーの頭幅が4.2~5.2mmで(鷲谷ら, 1997)、国内でも最も大型の種であることがその理由であろう。ただし、その反面ワーカーの個体数の増加が遅く、セイヨウオオマルハナバチと比較すると、施設導入直後は飛翔個体数が少なく感じる、との不安の声も聞かれた。これは、クロマルハナバチワーカーはセイヨウオオマルハナバチに比べ、その体サイズが大きく、幼虫が成長に必要な花粉量が多いため、餌資源が限られた条件下に置かれた場合、生産されるワーカーの増加速度に影響が出やすいからではないかと推測される。しかし、この推測が正しいものである場合には、施設導入当初から、乾燥花粉粒を継続的に給餌することで補うことができると考えられる。加えて、散布された化学農薬の残留影響日数の差や紫外線カットフィルム被覆条件下での活動差などを指摘する意見もあり、実使用場面におけるセイヨウオオマルハナバチとの特性比較は、今後の検討課題といえる。また最近では、農薬会社の化学農薬の影響委託試験にクロマルハナバチが指名されることもあり農業業界がクロマルハナバチに期待を寄せていること



(a)



(b)

図-3 (a) 商業的に生産されたクロマルハナバチのコロニー (撮影: 田井和広), (b) 中玉トマトに訪花したクロマルハナバチの働きバチ

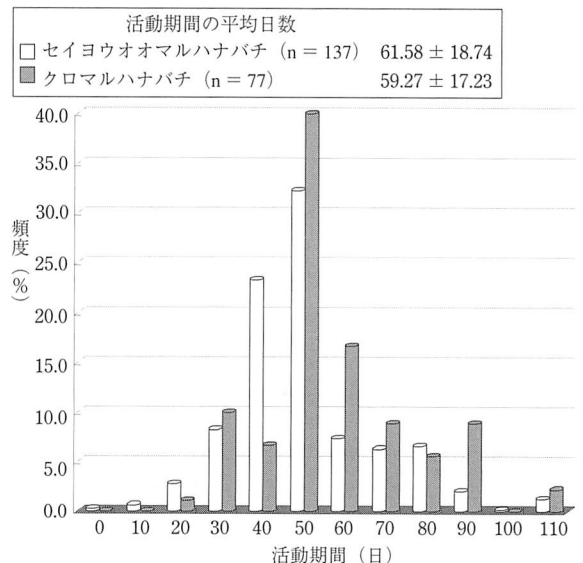


図-4 クロマルハナバチとセイヨウオオマルハナバチにおける施設導入後の活動日数の比較

がうかがえる。加えて、2005年秋からは東海物産(株)もベルギー バイオベスト社で商業的に生産されたクロマルハナバチを販売する予定であり(横井, 私信), 本州以南で利用されるセイヨウオオマルハナバチの在来種クロマルハナバチへの切り替えがより加速されることが予想される。

IV 在来種マルハナバチ利用における生態リスク

昨年からの外来生物法におけるセイヨウオオマルハナバチの取り扱いに関する一連の報道を受け、クロマルハナバチに切り替える生産者や生産団体も少なくない。しかし、安易な切り替えは新たな生態リスクを生み出す危険性を指摘する研究者もいる。つまり、在来種というくくりは、人間の恣意的な境界線である「国境線」が反映されるものであり、生物の自然分布からなる「生物境界線」が定義されているものではないためである(五箇, 2003)。例えば、北海道と本州の間にはブランキストン線という生物境界線が存在する。クロマルハナバチは北海道には分布していない。そのため、クロマルハナバチは北海道では外来種であり、商業的に生産されたクロマルハナバチを北海道に導入すれば、セイヨウオオマルハナバチと同じ生態リスクが生じることになる。また、商業的に生産された遺伝的多様度が減少した個体群が野外に漏出した場合、もともとその地に分布するクロマルハナバチの地域固有の遺伝子をかく乱する可能性がある(五箇, 2002)。これらのことから、法的な規制はなくとも、在来種マルハナバチを利用する場合にも逸出防止のためのネットの展張は必要である。もちろん、利用上の側面からもネットを展張することは有用であり、野外の花への訪花、天敵による被害の防止などは在来種マルハナバチに施設内で安定的に授粉活動をさせるための最低条件といえる。生態リスクをでき得るかぎり低減させるための議論、取り組みをしたうえで、マルハナバチによる授粉技術が維持されてこそ、「持続可能型」、「環境保全型」の農業は世界に誇れるものとなる。国外での在来種利用については、アフリカ大陸の北西沿岸に近い大西洋上に位置するカナリア諸島で、オオマルハナバチ亜属の *B. canariensis* が年間約 33,000 群利用され、北米大陸ではカナダ、アメリカ合衆国、メキシコの 3 か国合わせて年間 65,500 群の *B. impatiens* が利用されている(図-5)。

しかし、これらのどの国々を例にとっても、在来種マルハナバチについて日本のような高い次元での議論はなされていない。加えて、2005年度より3か年の計画で、農林水産研究高度化事業の助成を受け「授粉用マルハナ

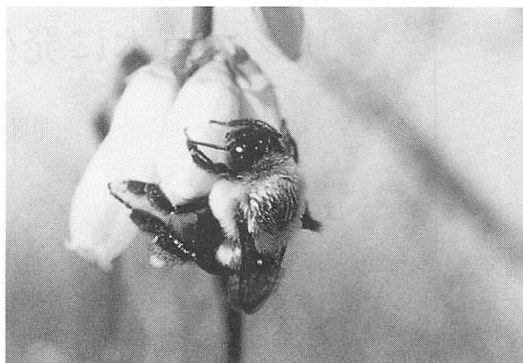


図-5 北米大陸で利用されている在来種マルハナバチ *B. impatiens*

バチの逃亡防止技術と生態リスク管理技術の開発」が国立環境研究所を中心に大学、農業試験場、民間企業の産・官・学の連携で新たにスタートする。その中の研究テーマとして「在来種マルハナバチの商品化開発」も挙げられ、クロマルハナバチが利用できない北海道用にエゾオオマルハナバチ (*B. h. sapporoensis*) の実用化も検討される。同時にセイヨウオオマルハナバチと在来種マルハナバチのリスクとベネフィットの相対評価も行われ、世界のマルハナバチ利用の試金石となるであろうプロジェクトとして注目される。マルハナバチの利用が期待される生産場面は、まだまだ多い。日本では栽培されている受粉を必要としない単為結果性のキュウリでも、クロマルハナバチを導入したところ収量が大幅に増加することが明らかになった(光畑, 未発表)。また、施設のアウトウやモモでも、人工授粉労力の大幅な削減にクロマルハナバチの導入が有効であることもわかりつつある(新谷ら, 未発表)。最近、生鮮野菜の仲介業者のなかには事の本質を理解しようとせず、表面的な解釈のみでセイヨウオオマルハナバチによって生産された生産物の購入を拒否するという事態も発生している。しかし、これほど深い議論、研究がなされたいうで見いだされるマルハナバチの利用技術の将来には、大きな可能性が秘められているものと考えられる。

引用文献

- 1) ベルンド・ハインリッチ (井上民二監訳) (1991): マルハナバチの経済学, 文一総合出版, 291 pp.
- 2) 五箇公一 (2002): 昆虫と自然 37(3): 8~11.
- 3) ——— (2003): 植物防疫 57: 452~456.
- 4) 庭瀬 功 (2005): 施設と園芸 129: 47~50.
- 5) 松村千鶴ら (2004): 保全生態学研究 9: 93~101.
- 6) MATSUMURA, C. et al. (2004): Global Environmental Research 8: 51~66.
- 7) マルハナバチ普及会 (2005): 今月の農業 49(5): 50~54.
- 8) 鷲谷いづみら (1997): マルハナバチハンドブック, 文一総合出版, 49 pp.