

20年目のマルハナバチ — ポリネーター利用の過去, 現在, 未来 —

光畑 雅宏

わが国において, マルハナバチは, 私たちの実生活の中ではそれほど馴染みのない昆虫であるが, 生息密度の高い欧米諸国では絵本や食器等のデザインとしても描かれ, 古くから親しまれてきた。そのため, 欧米ではマルハナバチの生態等についての研究にも歴史があり, その利用に向けた技術の開発も盛んに行われてきた。マルハナバチの農業への利用技術が日本に導入されてからちょうど20年目にあたり, ミツバチ不足をきっかけにマルハナバチとの併用利用なども見直されている時期にもあることから, この機会に, マルハナバチ利用の普及のこれまでの経緯と今後の展望を述べてみたい。

マルハナバチとミツバチ

マルハナバチは, ミツバチ科 Apidae マルハナバチ属 *Bombus* に属し, 分類学上はミツバチと近縁のハナバチである。雌成虫は女王蜂と働き蜂に分化し, その女王蜂が産卵に専念する。一方, 働き蜂が他の労働を分担すること, 次世代の卵, 幼虫, 蛹が同時期かつ同所に存在し, コロニーを形成して生活する点でもマルハナバチとミツバチは同等である。巣内の大勢を占める働き蜂は, 採餌行動と卵, 幼虫, 蛹に対する育児行動を共同で行う。その真社会性の生活様式を営みも, それを支える資源として花の蜜や花粉を利用する点も共通している。

その一方で, 相違点も多く認められる。例えば, ミツバチの働き蜂では加齢に伴う生理状態に応じた仕事を担当する, いわゆる日齢分業が社会維持の中心にあることが古くから知られているが, マルハナバチではそうした報告はされていない。マルハナバチでは, 体サイズの大小

などによる内勤・外勤の分業が仮定され, 巣内温度維持における分業などで検証されている (Gardner et al., 2007)。

ミツバチ (現在知られている9種) のうち8種は熱帯～温帯アジアに, セイヨウミツバチも大半の亜種はアフリカに分布しており, ヨーロッパにおけるセイヨウミツバチの自然分布は北限がスウェーデン南部まででノルウェーには分布していない (Ruttner, 1988)。これに対し, 世界に約280種を数えるマルハナバチは, そのほとんどが温帯～亜寒帯に分布し, 北極圏内に分布するものまでいる (Heinrich, 1979)。両者の分布域の気候, 環境の違いは, それぞれの生活史, 生態に大きな影響を与え, 生物としての特徴を作り, また同時に農業利用する上での相違点ともなっている。

ミツバチは, 毎年, 分蜂による女王蜂の世代交代はあるものの, 数年間同じ巣を継続して維持する (多年営巣性)。熱帯から亜寒帯までの気候帯に適応できるように, 大量の貯蜜を巣に貯える性質も発達し, これによって一つのコロニーが, 働き蜂の数として数千から数万という大規模なものとなる。一方のマルハナバチは, はっきりとした四季のある温帯域の気候や, 夏の短い冷涼な気候に適応しているものが多い。食糧を提供してくれる花の咲いている時期, つまり, 最大でも春から秋のおよそ半年間のみ集団で生活を営む。その後, 次世代の複数の新女王蜂を残して, 冬前には母女王蜂 (創設女王蜂), 働き蜂, 雄蜂が死に絶え, その巣は終焉を迎え「解散」となる (単年営巣性)。離巢した新女王蜂は野外で他巣の雄蜂と交尾を行い, 土中などで越冬した後, 翌春, 一から巣作りを行なう。

営巣期間が短く、女王蜂 1 匹で始まるという制約もあって、コロニーは働き蜂数で数十から数百という比較的小さなものにとどまる。

マルハナバチの巣は、ミツバチと同様に、腹部にあるろう腺から分泌されるろうを材料に構築されるが、ミツバチのように均一な六角形の巣房が整然と並んだ構造ではなく、「鶉の卵」を想像させるような楕円形（まんじゅう型）の巣室で構成される。この巣室は、蛹や幼虫の成長に合わせて伸縮し、大きさも配置も不規則で、横もしくは縦に連なった構造となる（図 1）。

閉鎖的な空間に巣を作る点では、セイヨウミツバチやトウヨウミツバチ（ニホンミツバチ）と似ているが、マルハナバチが巣を作る空間は、自然界では主にネズミなどのげっ歯類の古巣や地中の空洞などである。完成した巣の大きさは種によっても異なるが、最大でもサッカーボール大にとどまる。

働き蜂の量、巣の大きさなども一つの制限要因と考えられるが、蜜や花粉などの貯食量もそれほど多くない。ミツバチの場合は、長い冬を

越すための貯蔵食料として、大量の蜜を巣に貯える性質があり、この性質は、私たち人間が、コロニーあたり数 kg から数十 kg のハチミツを生産できるほどである。しかし、マルハナバチは、1～2 日分の貯えしか持たず、このため、曇天もしくは小雨程度であれば、訪花して採餌活動を続ける。これが、農作物の花粉交配に利用する場面においては、天候条件やハウスの UV カットフィルムの影響を受けにくく、安定した授粉活動が期待できるというマルハナバチの特徴の基礎となっている。

また、人間による利用を考えた場合、ミツバチとマルハナバチの大きな違いとして挙げられるのが、完全な閉鎖環境での飼育が可能か否かという点である。マルハナバチは、前述の生活史を温度・湿度を人工制御した完全な閉鎖空間の中で全うさせることができる。ミツバチも短期的であれば閉鎖環境で維持することはできるが、女王蜂の生産や、特に交尾を含めた、コロニーの増殖となると、野外でなければ不可能である。この点で、マルハナバチは閉鎖され

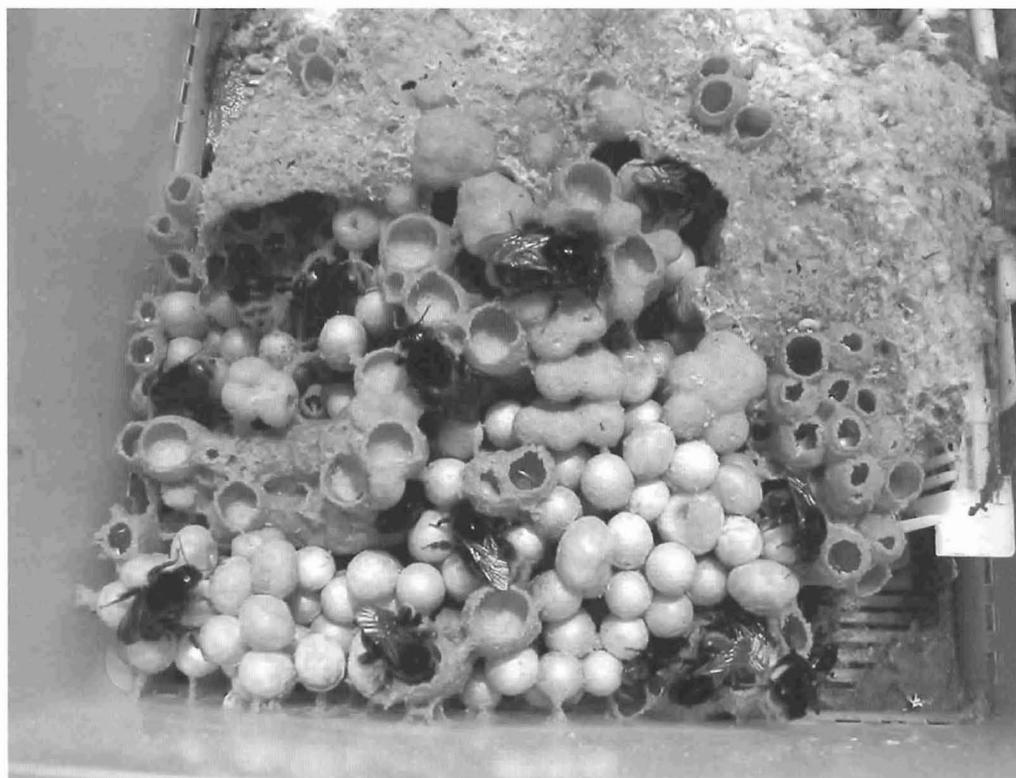


図 1 マルハナバチの巣

た工場の中で、半ば工業製品のように大量増殖することができるという大きな利点を持っている。

特に、1980年代後半に欧米の研究者（例えば Röseler, 1985）により交尾済みの次世代女王蜂の越冬期間を回避、短縮させる技術が確立されたことで、年間を通していつでもマルハナバチのコロニーを生産、利用することが可能になった。もともと果樹や自生のベリー類の花粉媒介者（ポリネーター）として認知されていたマルハナバチは、1985年にトマト授粉においてもその有用性が認められると、たちまち商業的大量生産が始められ、現在のような一大産業となった（Velthuis and Doorn, 2006）。1987年にベルギーの Roland De Jonghe 博士により実用化された技術は、手法は異なるものの日本と同様に人の手（パイプレーター）による花粉交配が行われてきたオランダをはじめとする、ヨーロッパ諸国のトマト生産地に受け入れられていった。

日本での商業的利用

ベルギーで生まれ、施設栽培先進国である隣国オランダで一気に普及したマルハナバチのポリネーターとしての利用技術は、その実用化から4年後の1991年12月に、16コロニーのセイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*) が日本に初めて輸入されたことで伝えられた（岩崎, 1996）。これは1990年9月、日本の養液栽培研究会のヨーロッパ視察団によって報告された技術について、静岡県農業試験場病害虫部の池田二三高研究主幹（当時）、三重大学農学部松浦誠教授（故人）を中心に愛知県、三重県の農業試験場などで導入の検討が進められた結果であった。

翌1992年から本格的な導入が開始されたが、初期の日本におけるマルハナバチの普及は多難を極めた。その理由として、まず、国内販売元となる輸入企業自身のマルハナバチに関する知見の不足が挙げられる。これは、日本国内におけるマルハナバチの研究情報量が欧米諸国に比べて少なかったことが背景にあると考えら

れる。次いで、もともとベルギー、オランダで開発され、ヨーロッパでは一般的なダッチライト式大型ハウスでの栽培方法に適合させた技術であり、これを日本式ビニールハウスでの栽培に適用しようとしたことによる技術上の不適合もあった。一例として、気候条件による管理体制の違いが挙げられる。日本よりも緯度の高いオランダ（樺太北部くらいの緯度）は、夏季は冷涼で、冬季は極端に日照量が不足する。そのため、環境制御の自動化の進んだ平均経営面積3haの大型ハウスで、ロックウール栽培を中心とした周年栽培を営んでいる。日本に伝えられたマルハナバチの利用技術は、このような大規模経営の施設園芸環境を前提に作出されたものであった。

露地でのトマト栽培も可能な日本では、南北に多様な気候にに応じて、促成、半促成、抑制、夏秋など多くの作型に分かれた施設栽培が行われる。マルハナバチを利用するとしても、オランダのトマト栽培での利用方法を基本に作成されたマニュアルで普及することは不可能に近かった。加えて、ハウスの形状も構成素材も千差万別である。高緯度、高標高地域の夏秋作地域に多く見られるパイプ式の簡単な骨組みの屋根部のみ農業用ビニルフィルム（農ビ）や農業用ポリオレフィン系フィルム（農PO）などの農業用フィルムを展張した「雨よけ施設」と呼ばれるものから、鉄骨にガラスの板をはめ込んだ大型のダッチライト式ハウスまで、それぞれのハウス条件に対応したマニュアルが必要であった。

さらに、国内で栽培されている大玉トマトは、多収を目指し、主にホルモン処理による栽培に適合するように改良されてきたその結果、花粉量が非常に少ない品種が普通になっていた。通常でも少ない花粉量は、高温期の夜温25℃以上（つまり熱帯夜）が数日続くと、極端に減少し、あるいは稔性が下がる。また厳寒期には、多くの農家がトマトの節間の徒長防止の目的でハウス内の最低温度を8℃に維持してきたが、夜温が10℃を切るような条件では、やはり花粉量が極端に減少、もしくは稔性が低下する（小

表1 マルハナバチによって受粉可能な園芸植物

作物名	関連文献
トマト	van Ravestijn and Nederpel, 1988; van den Bogaard, 1991; Morandin et al., 2001 ほか
ピーマン, トウガラシ	Shipp et al., 1994; Porporato et al., 1995; Abak et al., 1997; Kwon and Saeed, 2003 ほか
ナス	Abak et al., 1995
メロン	Fisher and Pomeroy, 1989
スイカ	van Ravestijn and Kraemer, 1991; Stanghellini et al., 1997, 1998, 2002
キュウリ	Stanghellini et al., 1997, 1998, 2002
ズッキーニ	
イチゴ	Paydas et al., 2000
ラズベリー	Willmer et al., 1994
ブラックベリー	
スグリ類	
クランベリー	MacFarlane et al., 1994; MacKenzie, 1994
ブルベリー	Whidden, 1996; Stubbs and Drummond, 2001; Sampson and Spiers, 2002; Javorek et al., 2002
リンゴ	Goodell and Thomson, 1997; Thomson and Goodell, 2001
ナシ	
オウトウ (サクランボ)	
キウイフルーツ	Pomeroy and Fisher, 2002
モモ	
アンズ	
プラム	Calzoni and Speranza, 1996

Velthuis and van Doorn (2006) を改変

出, 1997). 幼虫の餌 (タンパク質源) として花粉を集めるマルハナバチが, 状態の良い花粉を出さない花を訪れるはずはない. 普及当初には, 指導機関の担当者が各生産者のハウスを毎夜巡回し, ボイラーの設定温度を2℃ずつ上げて回ったといった苦労話も聞かれた (光畑, 2000).

マルハナバチの恩恵

日本国内外で商業的に増殖されたマルハナバチのコロニーはこの20年の間に, 施設果菜類の花粉媒介技術としてなくてはならないものとして定着したといえる. 2010年現在, 日本国内での年間の利用群数は6~7万群と推定され, その経済的価値は743億円と試算されている (木村・光畑, 2010). 当然のことながら, 農生産物授粉におけるマルハナバチが果たす役割の重要性は国内だけでなく, 世界共通のものであり, 全世界で年間に利用されるマルハナバチのコロニーは推定で100万群 (Velthuis and van Doorn, 2006) を超え, 利用作物も多岐にわたる (表1). 隣国の韓国でも近年, マルハ

ナバチの普及が急速に進み, マルハナバチを増殖する企業は現在10社を数える. 輸入される商品コロニーと併せると年間に推定5万群が利用されている.

栽培面積に対する普及率が一番高い作物はパプリカの60.9%であり, 次いでトマトが39.7%である (Yoon and Park, 2010). 一方, 日本ではトマト, ミニトマトへの利用率が一番高い. 筆者が所属するアリスライフサイエンス社が2008年に独自に実施した調査では, 流通しているコロニーの75.9%がトマト, ミニトマトに利用されており, 次いで20.4%がナスであった (図2). 栽培面積から見た普及率でもトマト, ミニトマトは60~70%と推定されている (光畑ら, 2008).

マルハナバチによる花粉媒介技術が導入されるまで, 施設栽培におけるトマトの結実方法には, 植物生長調整剤 (ホルモン剤) の噴霧による単為結果処理 (以下, ホルモン処理) が一般的な手法として用いられてきた. この方法では1花, もしくは1花房ごとの処理が要求され, 栽培管理の中でも, 大変労力の掛かる作業の一

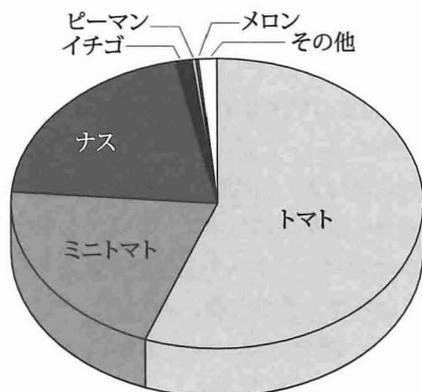


図2 マルハナバチが利用されている作物内訳

つである。現在栽培されている多くの品種では、「段」と呼ばれる1花房ごとに数個の花が順次開花する。大玉（もしくは丸）トマトでは1段でおおよそ5、6花が咲く（ミニトマト、中玉トマトではそれ以上）。1花の寿命は、季節、天候、気温条件で多少異なるが、3～5日程度。開花期間が比較的長くなる冬季でも、1週間に1回以上はホルモン処理を行わなければならない。ホルモン処理作業にかかる労働時間は、栽培期間に行われる作業労働時間の10～20%に相当する（光畑，2000）。

作業の中でも重労働とされるホルモン処理をマルハナバチに任せることにより、大幅な省力化が図られた。また、マルハナバチが花粉を媒介し、受粉（受精）させることで、トマトなどの生産物には、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、秀品率の向上も認められた。加えて、マルハナバチを導入するハウスは、病害虫駆除を目的に散布する化学合成農薬の種類や回数の制限を受けるため、天敵昆虫や微生物農薬などの生物農薬利用が誘導される。こうした結果、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るIPM（総合的病害虫管理）や環境保全型農業の牽引役としての役割も果たしている（光畑・和田，2005）。

マルハナバチのもうひとつの側面

普及段階では数多くの苦勞話が聞かれたマル

ハナバチであるが、20年が経過する現在のトマト施設栽培においては、ごく普通の技術として国内の各生産地に広く定着している。通常、離島などでなければ生産者が注文した翌々日には商品としてのマルハナバチのコロニーが手元に届く。昨今、日本国内に流通しているマルハナバチの多くはヨーロッパ域からアフリカ北部、中東域に広く分布するセイヨウオオマルハナバチである。前述のように、この商業的に生産された外国種マルハナバチは1991年にわが国に導入されて以来、施設果菜類の生産に非常に大きく貢献してきた。

しかし、セイヨウオオマルハナバチは種間競争力の強いマルハナバチであることが知られ、日本在来のマルハナバチの衰退をもたらす実態が報告されている。例えば、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、野外での女王蜂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）。また、環境省の専門家グループ会合において、セイヨウオオマルハナバチが国内に定着することによる環境影響には以下のようなものが報告されている。①日本にも在来のマルハナバチ15種6亜種が生息しており、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在来のマルハナバチの営巣場所（土中の空洞）や餌資源を独占して、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。もしくはすでに地域がある（Inoue et al., 2007）。②実験室内だけではなく、実際に野外でセイヨウオオマルハナバチの雄蜂が近縁な在来マルハナバチの女王蜂と交尾していることが北海道のみならず本州でも確認され、在来マルハナバチの繁殖を妨げている可能性がある（Kanbe et al., 2008; Kondo et al., 2008）。③マルハナバチに寄生しているヨーロッパ起源の遺伝子を持つマルハナポリプダニ（*Locustacari buchneri*）がいつしよに持ち込まれた事例が過去に1例あり、今後も外国産寄生生物の随伴の可能性は残されていること。もし、持ち込まれた場合には在来マルハナバチに病害を蔓延させる恐れが

ある(五箇ら, 2000)。④日本に分布する植物の中には在来マルハナバチに受粉を強く依存しているものがあり、在来マルハナバチが①～③のような要因によりその生息数が減少した場合に、それら植物の繁殖が妨げられる可能性がある。すでに、北海道内の調査では、エゾエンゴサクなど数種の植物で、セイヨウオオマルハナバチと在来種マルハナバチが訪花した後の結実率に有意な差が報告されている(Dohozono et al., 2008)。

これら国内の生態系にセイヨウオオマルハナバチが与える影響の実態が明らかになったことから、これ以上のセイヨウオオマルハナバチの野外への逸出および生態系被害を防止するため、2006年9月1日にセイヨウオオマルハナバチは「特定外来生物」に指定された。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(平成16年法律第78号)(以下、外来生物法)は、近年、環境問題の一つとして蔓延が問題視されている外来生物によって日本在来の生物が衰退することを防ぐためのものである。外来生物とは本来の分布域から持ち出され、今までその動植物が生息していなかった地域に持ち込まれた生き物のことをいう。昨今、世界各地でこの外来生物が増え、競争や捕食により、その地域の在来生物の数を減少させてしまうという悪影響が生じている。このことから、この法律では、外来生物のうち、特に日本の生態系や人間の生活に重大な影響をもたらす恐れがある生物が「特定外来生物」に指定される。

特定外来生物は、その輸入や販売、飼養等が原則として禁止され、飼養等するには許可が必要となる。また、特定外来生物を日本の野外に放すことも禁止される。すでに日本の野外で野生化して被害をもたらしている特定外来生物は駆除の対象となる。本法律に違反した場合には、非常に厳しい罰則も規定されている。

現在では、特定外来生物であるセイヨウオオマルハナバチの利用を継続する場合、①環境省令にて定められている目的のひとつである「生業の維持」を目的とすること、②飼養等施設(ハ

ウス)の基準の細目等に沿った逸出防止措置(ハウス開口部への4mm目合い以下のネットを展張し、出入り口を二重構造にする等)を行うこと、③特定外来生物の飼養等許可を得ること、が求められる。

これに基づき、各地域を管轄する地方環境事務所長から許可を得た法人、個人等以外は、セイヨウオオマルハナバチを利用することができない。よって、出荷依頼、発注時に許可番号の提示がない場合には、販売者からセイヨウオオマルハナバチが発送されることはない。許可の取得には、所定の様式が用意されており、環境省のホームページ <http://www.env.go.jp/nature/intro/> からダウンロードするか、地方環境事務所に問い合わせ、郵送等にて取り寄せることができる。

加えて、重要なのは、外来生物法では、許可を得た後もセイヨウオオマルハナバチを利用する際には、①識別措置の実施、②増減台帳管理と報告、③使用後の殺処分など、対応しなければならぬ事項がある。生産現場では、申請をすれば継続利用ができるものとして、ラノーテープなどの申告制の農薬、資材等と同じ感覚で利用できるものと誤解されているように見受けられる。しかし、ここで大切なことは、セイヨウオオマルハナバチの飼養等においては、国が原則として利用を禁止しているものに対して特別な「許可」を得なければならないと認識を改めることである。我々、本資材を提供するメーカーなどの流通関係者と利用する生産者は、漏れなく外来生物法を遵守する義務がある。そして、それを許可した地方環境事務所には、我々利用者を管理、監督する責任があることを忘れてはならない。

在来種の実用化とその普及

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ことで、生産物流通、消費段階からマルハナバチ利用による農産物がマイナスイメージを持って捉えられるケースも出てきた。マルハナバチはもともと施設果菜類における環境保全型農業、IPMの牽引役と位置づけられ

てきた。今のところ、従来のホルモン処理以外で、マルハナバチに代わる施設果菜類の花粉媒介技術には、まだ決め手となるものがない。授粉作業、花抜き作業の省力化に加え、その生産物に収量や秀品率の上昇をもたらすなど利点も多い技術である。そこでこの利点をそのままに、法的な規制もなく利用できるのが在来種マルハナバチである。セイヨウオオマルハナバチが外来生物法に基づく特定外来生物指定の審議対象となった2004年から農林水産省が配布する農業生産の技術指導書において、「在来種マルハナバチへの切り替えを産地の状況を踏まえながら積極的に検討する」よう、各都道府県に通知している。2010年には写真付の文書も用意し、普及指導機関から生産者にも配布して、在来種マルハナバチへの切り替えを後押ししている。

一方、国外では利用初期より在来種のマルハナバチの商品化が見られた。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は年間約33,000群の*B. canariensis*を利用、北米大陸のカナダ、アメリカ合衆国、メキシコの3か国では年間65,500群の*B. impatiens*を、在来種としてそれぞれ利用している(光畑・和田, 2005)。日本にも15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(Ono et al., 1996; Hannan et al., 1997)。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、在来種の実用化に向けた技術開発事業が実施された。

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



図3 トマト施設に導入された在来種クロマルハナバチの製品コロニー

れ、1998年の7月～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、1996年から1997年にかけて日本国内にて採集されたクロマルハナバチの創設女王蜂は、オランダのコパート社により商業的大量増殖に成功した。同社のブランドネームであるナチュポール®の日本向け商品としてナチュポール®ブラックと名づけられた在来種クロマルハナバチ(図3)は、1999年より(株)トーメン(現アリスライフサイエンス(株))により本格流通が開始され、在来種マルハナバチの商業的な利用が開始され、実用化が成った。

在来種クロマルハナバチは、北海道、沖縄を除く日本国内に広く分布し、国内に生息する15種のマルハナバチの中でも働き蜂の生産量も多く、大きな巣を作ることが知られている。セイヨウオオマルハナバチの近縁種であるクロマルハナバチの働き蜂の平均個体数は、311.3頭(片山(2007)より算出)で、セイヨウオオマルハナバチの207.1頭(Duchateau and Velthuis, 1988)を上回るポテンシャルを持つ。ただし、クロマルハナバチは花粉媒介用資材としての歴史が浅く、その利用ノウハウの蓄積は急務であった。

商業的に生産されたクロマルハナバチの製品としての評価を利用現場から得る必要がある。当社ではこれまでに複数回に亘りアンケートな

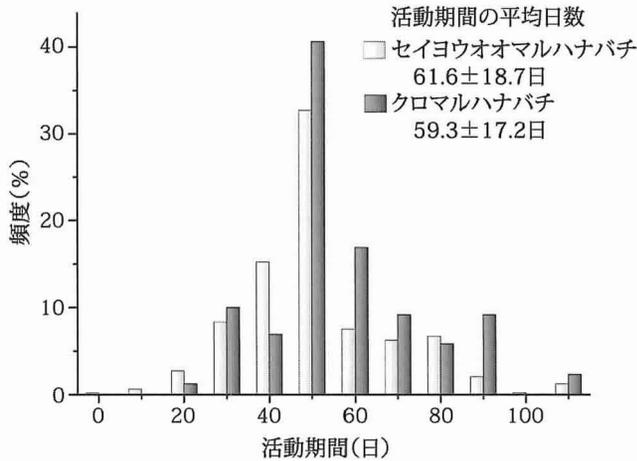


図4 クロマルハナバチとセイヨウオオマルハナバチにおける施設導入後の活動日数比較 (光畑、和田 2005)

どによりクロマルハナバチ製品との利用者が感じる違いなどを調査してきた。その結果、まずクロマルハナバチの利用圃場において導入後の利用期間（コロニーの持続期間）はセイヨウオオマルハナバチ製品のそれとほとんど変わることがなく同等であった（図4）。

しかし、製品コロニー圃場導入直後の外勤個体数を少なく感じる、雄蜂が発生、飛び回り始めるタイミングが早いのではないかと、などセイヨウオオマルハナバチ製品の利用時との違和感も聞こえてきた。セイヨウオオマルハナバチと生態的特性が異なるクロマルハナバチの性質や特性を十分に理解し、その特徴を活かした利用技術を研究指導機関、利用者、私たち提供者が一体となって今後も向上、普及させていく必要がある。

なお、クロマルハナバチを取り扱う各企業が利用方法、注意事項等を説明会などを開催し導入前にその特徴を理解してもらうことで、利用者や導入地域も増加傾向にある。クロマルハナバチ製品は、法的手続きの必要がないことに加え、生産物流通、消費側からの要望なども手伝って、従来の利用作物であるトマトやナスにおいて、外来生物法への対応策の一つとしてのセイヨウオオマルハナバチからの切替資材としての期待が大きい。トマト、ナスの主要産地のひとつである愛知県では、すでに40%の生産

者がクロマルハナバチを導入している（小出、2007）。

ところで、しばしば誤解されていることもあるが、法的規制を受けない在来種であるクロマルハナバチを利用する場合であっても、野外への逸出防止のため、ハウス換気部には目合い4mm以下のネットの展張が必要である。これまでも、マルハナバチの取扱い主要5社で構成するマルハナバチ普及会では、外来生物法施行前よりマルハナバチを利用する際の施設換気部へのネット展張について推進活動を次の3つの理由で続けてきた。

- ① トマトやナスのように花粉量が少ない、もしくは花蜜を分泌しない花の場合、ハウス外のより多くの花粉と花蜜を提供してくれる花への飛散増加、
- ② ハウス外に働き蜂が飛翔することで、モズ、セキレイやムシヒキアブなどの天敵による捕食被害、
- ③ 他圃場で散布された化学合成農薬への接触によるトラブルの発生。

このように、施設換気部にネットを展張し、ハチが施設外への飛散を防止することは、環境保全的側面だけではなく、利用上のメリットが極めて高い。このため、施設内で利用されるマルハナバチがセイヨウオオマルハナバチから在来種のクロマルハナバチに変わったとして



図5 法令上の「標識の掲出」によりセイヨウオオマルハナバチの利用施設ごとに掲示される許可の概要の立て札（左），出入口のネットの二重構造が保守されていない違反行為事例（右）

も、換気部へのネットの展張は必要条件であることには変わらない。クロマルハナバチを環境保全型農業、IPMの牽引役として将来にわたり安心して利用できる花粉媒介用資材とすることが重要である。

マルハナバチ利用のこれから

外来種セイヨウオオマルハナバチから在来種クロマルハナバチへの利用種の切り替えはまだ途上にある。利用現場においては、長年利用されて続けてきたセイヨウオオマルハナバチへの花粉媒介資材としての信頼性が高く、利用継続の要望も根強い。しかし、2010年から2011年にかけて、各生産地ともセイヨウオオマルハナバチの飼養許可の更新時期を迎えている。これに先立ち、各地方環境事務所が全国116か所において現地の利用実態調査を行ったところ、施設出入口、天、側窓等の開口部の一部にネットを展張していない事例や、施設に許可証のコピーなど許可の概要を掲示する措置（識別措置）が講じられていない事例等、法令上守られていなければならない行為の不実施が散見された（図5）。

折しも2010年10月に日本（名古屋）で生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）が開催され、世論の生物多様性に対する関心が高まってきている。この会議の中では外来昆虫類を含む外来生物について国際的な枠組みの中で管理、制御していくことが、会期中に議決された「名古屋ターゲット」においても明示されて

いる。改めて外来種セイヨウオオマルハナバチの利用継続を疑問視する向きもあり、今後、本格化する同法の5年後見直し審議に際し、セイヨウオオマルハナバチの許可制度や利用を継続することの是非について見直される可能性が高い。その場合、すでに在来種クロマルハナバチがセイヨウオオマルハナバチの代替技術として実用化され、一部産地ではすでに切り替わっていることが大きな意義を持つことになるであろう。

2009年の年明けから春にかけて、供給不足が深刻化したミツバチの代役として、イチゴやウリ科野菜の花粉媒介にクロマルハナバチが多用されたことは記憶にも新しい。許可などの手続きが不要である在来種クロマルハナバチ製品がこのときに果たした役割は非常に大きなものであった。イチゴ圃場では厳寒期や天候不順時などミツバチの訪花活性が低下する際に、クロマルハナバチを併用すると奇形果の発生率が減少したり増収につながる（図6）などのデータも得られており、クロマルハナバチが現在もイチゴ圃場にてミツバチと併用されているケースも少なくない（光畑・戸塚，2011）。

わが国において、マルハナバチを導入することで作業労力の軽減や収量の増加などの効果が期待できる施設栽培場面はまだ多い。例えば、キュウリでは栽培初期の花流れや先細り果（尻コケ果）の発生が減少し増収効果がある（光畑，2006）。施設のアウトウやモモなどの核果類でもマルハナバチの導入により毛バタキなど

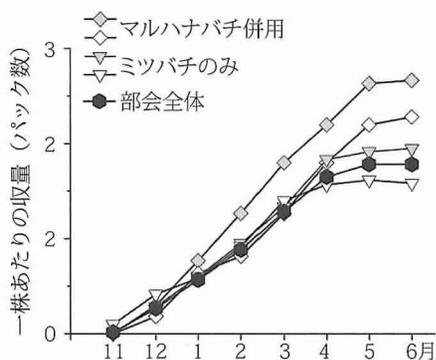


図6 イチゴ栽培におけるミツバチと

クロマルハナバチを併用したことによる効果調査を行ったイチゴ部会全体の平均的な成績よりも、ミツバチとクロマルハナバチを併用したハウスにおいて、最終的には好成績につながっている。

を用いた手作業による人工授粉労力を軽減できることも報告されている(新谷, 2009)。

これまで、マルハナバチはナス科作物での利用がほとんどであった。しかし、今日の施設園芸ではわが国の食文化の多様化や生産物の独自性を持つことによる経営の安定化、あるいは差別化などの目的から、栽培される作物も品種も非常に多様化している。それに伴い、今後、マルハナバチが利用される作物も同様に多様化していくことが予想される。

その際に求められるのは、利用の都度、許可申請手続きが必要であり、新規申請の場合には許可を得られないこともあり得るセイヨウオオマルハナバチではなく、手続きの不要な在来種クロマルハナバチであろう。また、利用作物の多様化に応じて、クロマルハナバチの利用不適や利用技術の確立などの研究も不可欠である。

一方で、在来種だからといって日本国内のあらゆるところでクロマルハナバチを安易に利用できるとは限らない。クロマルハナバチは本州から四国や九州まで広く分布している種であるが、沖縄、北海道には分布していない。特に、北海道は施設トマトの栽培が盛んで、マルハナバチの利用者も多いが、北海道においてセイヨウオオマルハナバチの代替技術としてクロマルハナバチは不適當である。つまり、北海道においてクロマルハナバチはもともと分布していな

い外来種であり、その位置づけはセイヨウオオマルハナバチと変わらない。

日本国外から持ち込まれる生物を取り扱う外来生物法では、日本国内に自然分布している生物はその対象ではない。クロマルハナバチを日本領土内である北海道に持ち込んでも法的な制限はない。しかし、環境保全や生態学者ら専門家により提唱される「国内外来種」問題は、今後、議論の場を広げていくことになる。

これらのことを鑑みて、現在、クロマルハナバチを取り扱う企業では自主規制により北海道へのクロマルハナバチの流通を制限している。加えて、当社では2005年から3年間、農林水産新技術高度化事業による助成を受け、北海道向けの在来種マルハナバチ実用化検討のため、道内に分布するエゾオオマルハナバチ(*Bombus hypocrita sapporoensis*)の増殖およびトマト施設内における実証圃場試験を行ってきた。その結果、エゾオオマルハナバチは数年間の野外創設女王蜂を採取、累代飼育後、商業的に生産することが可能であることが示唆された。また、増殖過程で得られたエゾオオマルハナバチのコロニーを道内のトマト施設内に導入したところ、エゾオオマルハナバチの働き蜂によるトマト花へ訪花が観察され(図7)、実用規模のトマト施設において一定期間ポリネーターとして利用可能であることがわかった(光畑・神戸, 未発表)。

現在、エゾオオマルハナバチの商業規模での生産は行われていないが、わが国において、マルハナバチ利用種を外来種から在来種への移



図7 トマトに訪花して花粉を集めるエゾオオマルハナバチの働き蜂

行を図るのであれば、北海道在来種マルハナバチの実用化は避けては通れない。わが国に限らず、マルハナバチの商業的生産とポリネーターとしての利用が抱える外来種導入問題は、先進地ヨーロッパでは亜種もしくは地域個体群の遺伝的攪乱の問題にまで掘り下げられ、議論され始めている。

まとめ

花粉媒介昆虫マルハナバチの商業的利用は、西欧ベルギーにおいて23年前に発祥し、わが国においてもまもなく20年の歳月が経過しようとしている。欧米では施設果菜類に当たり前に利用され、わが国でもトマトなどでは定着した技術となっている。しかし、ミツバチに比べれば飼育やその利用の歴史も浅く、今後も利用場面での知見、利用ノウハウの蓄積は続く。農業場面においてはマルハナバチなどのポリネーターと同様に害虫防除目的で捕食性あるいは寄生性の多種多様な天敵昆虫が商業的に生産され、積極的に導入されている。

農業という産業そのものが単一作物の大量生産である以上、在来生態系の保全とはかけ離れた側面を持つ。しかし、増加する人口を養うための食料の確保、食の安心、安全が問われる中で、経済活動としての農作物生産の重要度はますます高まっていくことが予想される。

マルハナバチのような昆虫機能の利用は、環境への負荷を少しでも減らしつつ経済活動を維持、拡大できるかを模索するための試金石足りうる技術である。世界で利用されているマルハナバチ種の85%がセイヨウオオマルハナバチであることから、生物多様性の保全という世界規模で議論されるテーマにも深く関与し、各国、地域毎にその利用種の検討、遺伝的多様度への配慮という課題も、利用技術の振興とともに改善または解決していかなければならない。その使命を我々利用者は帯びている。

謝辞

今回の知見の多くは、20年間にわたり、マルハナバチの利用技術の向上に努めてきた生産

者の方々や、それに関わる多くの関係者により積み重ねられたものである。また、平素より多くの助言を下さる独立行政法人国立環境研究所の五箇公一博士、神戸裕哉氏をはじめアリストライフサイエンス株式会社の諸氏には深謝したい。加えて、今回、わが国におけるマルハナバチ利用20年という節目に、本誌への寄稿する機会を与えてくださった、玉川大学の佐々木正己、中村純両教授に心より感謝申し上げたい。

(〒104-0044 東京都中央区明石町8-1

アリストライフサイエンス株式会社 IPM 推進本部)

引用文献

- Duchateau, M. J. and H. H. W. Velthuis. 1988. *Behaviour* 107: 186-207.
- Dohzono, I., Y. K. Kunitake, J. Yokoyama and K. Goka. 2008. *Ecology* 89: 3082-3092.
- 五箇公一, 岡部貴美子, 丹羽里美, 米田昌浩. 2000. *応動昆* 44: 47-50.
- 五箇公一. 2003. *植物防疫* 57: 6-11.
- Hannan A., Maeta Y., Hoshikawa K. 1997. *Jpn. J. Entomol.* 65: 343-354.
- Inoue, N. M., J. Yokoyama and I. Washitani. 2007. *J. Insect Conserv.* 12: 135-146.
- 岩崎正男. 1996. *ミツバチ科学* 16: 17-23.
- Kanbe, Y., I. Okada, M. Yoneda, K. Goka and K. Tsuchida. 2008. *Naturwissenschaften* 95: 1003-1008.
- 片山栄助. 2007. *マルハナバチ*. 北海道大学出版会, 札幌. 189 pp.
- 木村澄, 光畑雅宏. 2010. *昆虫と自然* 45: 20-23.
- 小出哲也. 2007. *機械化農業* 3079: 13-16.
- Kondo, N. I., D. Yamanaka, Y. Kanbe, Y. K. Kunitake, M. Yoneda, K. Tsuchida and K. Goka. 2008. *Naturwissenschaften* 96: 467-475.
- Matsumura, C., J. Yokoyama and I. Washitani. 2004. *Glob. Environ. Res.* 8: 51-66.
- 光畑雅宏. 2000. *ミツバチ科学* 21: 17-25.
- 光畑雅宏, 和田哲夫. 2005. *植物防疫* 59: 305-309.
- 光畑雅宏. 2006. *農耕と園芸* 61: 67-69.
- 光畑雅宏, 横井秀敏, 井上剛. 2008. *今月の農業* 52 (8, 臨増): 80-85.
- 新谷勝広. 2009. *農耕と園芸* 64: 39-42.
- Velthuis, H. H. W. and A. van Doorn. 2006. *Apidologie* 37: 421-451.
- Yoon, H. J. and I. G. Park. 2010. *International Seminar on Enhancement of Functional Biodiversity Relevant to Sustainable Food Production in ASPAC, Japan.* pp. 62-72.

MASAHIRO MITSUHATA. Pollination of crops with bumblebee colonies in Japan. *Honeybee Science* (2010) 28(2): 53-64. IPM Project, Arysta LifeScience Corporation. 8-1, Akashi-cho, Chuo-ku, Tokoyo, 104-6591 Japan.

In Japan, pollination of tomatoes and cherrytomatoes crops in greenhouse with imported "foreign" European bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies started about 20 years ago. The main reasons for using bumblebees were reduction in labor of greenhouse tomato growers, and improvement inequality of tomatoes. For example, tomato fruits set by bumblebee are well shaped and contain more Vitamin C and citric acid than those set by hormone application.

During the past 20 years, *Bombus terrestris* hives which were reared domestically or imported from Europe for commercial use has increased to approximately 65,000 in 2007. On the other hand, introduction of a new species of bumblebee from another country was risky for the Japanese ecosystem. Monitoring between 2003 and 2005, showed *B. hypocrita sapporoensis* decreased while *B. terrestris* increased in Hokkaido. Also, introduced

bumblebees may be accompanied by unknown disease or parasites from their country of origin. In addition, several Japanese species can cross-mate with *B. terrestris* even though those laid eggs did not hatch. Alien bumblebees may influence not only native bumblebees but also Japanese flora. For these reasons, *B. terrestris* was designated as an Invasive Alien Species (IAS) by the Ministry of the Environment (MOE) in 2006. Therefore, their use will be regulated by the "Invasive Alien Species Act" which has been enacted since 2004.

We tried a shift in commercial use from *B. terrestris* to native Japanese bumblebees, *B. ignitus* and *B. hypocrita sapporoensis*. The former species has been successfully commercialized and recently used in some tomato and eggplant cultivation areas. Commercial use of *B. ignitus* has increased to approximately 30% in the Japanese bumblebee market. However, we should push forward replacing alien bumblebees with native bumblebee species more positively with due considerations to regional environment. To that end, it is necessary to make commercialized *B. hypocrita sapporoensis* fit for practical use.