

マルハナバチ商品化をめぐる生態学的問題の これまでとこれから

国立環境研究所 **ご** **か** **こう** **いち**
五 **箇** **公** **一**

マルハナバチ普及会 (アリスライフサイエンス, アピ, 石原産業, キャッツアグリシステムズ, シンジェンタジャパン, 東海物産)

ヨーロッパ原産のセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* は1980年代後半にベルギーやオランダで大量増殖法が確立されて以来、農作物の花粉媒介昆虫として世界中に愛用され、我が国でも多くの農家はその恩恵を受けている。まさに昆虫産業資材としてセイヨウミツバチと並ぶ大きな成功を収めた種とっていい。しかし、その一方で、本種の野生化による在来生態系への影響を懸念する声もあがっている。本種は競争力の強いハナバチであり、野生化した場合、在来のハナバチ類を駆逐し、在来植物の送粉生態系にも悪影響を及ぼすおそれがあると生態学者は主張するのである。このように、マルハナバチの我が国への導入の是非をめぐってはたびたび議論されてきたが、その生態リスクについては、科学的データに基づく検証が必要とされる。輸入が始まって12年を迎えた今、これまでに本種の導入に関わる問題で何が起り、何がわかったか？そしてこれからどうするべきかを整理してみる必要がある。

I 我が国のセイヨウオオマルハナバチの 輸入実態と野生化の実態

我が国にセイヨウオオマルハナバチの商品コロニーが導入されたのは1991年12月のことで、バイオベスト社のコロニーの輸入が初めてであった(池田, 2001)。その目的はハウストマトの授粉用であった。トマトは風媒花であり、ハウス内では花粉が飛ばないため農家はトマトーンという結実促進ホルモンを一つひとつの花に散布して着果させていた。この散布作業は重労働である上に、収穫された果実は種子の形成が不十分なため空洞果が発生し、食味も著しく低下した。しかし「一年中トマトが食べたい」という市場のニーズに応えるため、トマト生産は長らくホルモン剤使用に頼ってきた。マルハナ

バチの導入はこのホルモン剤散布という農作業から農家を解放し、さらにハチ授粉による種子の形成をとおして糖度の高いトマトの収穫を可能とするものであり、省力化と品質向上というメリットをもたらした。

導入以来、マルハナバチの利用は急速に普及し、年々輸入量は増加した。国立環境研究所と、マルハナバチ輸入を行っている企業からなる「マルハナバチ普及会」が各社の販売コロニー数を過去10年間にわたり、年別に集計したところ(図-1)、当初2,500箱だった年間流通数量は、2002年度には60,000箱を超えており、マルハナバチ産業の急速な成長ぶりがうかがえる。また、月別の出荷数量を見た場合、いずれの年も全国で3月と10月にピークを迎えており、ハウストマトの栽培時期と一致している。ただし、北海道ではハウストマトの栽培時

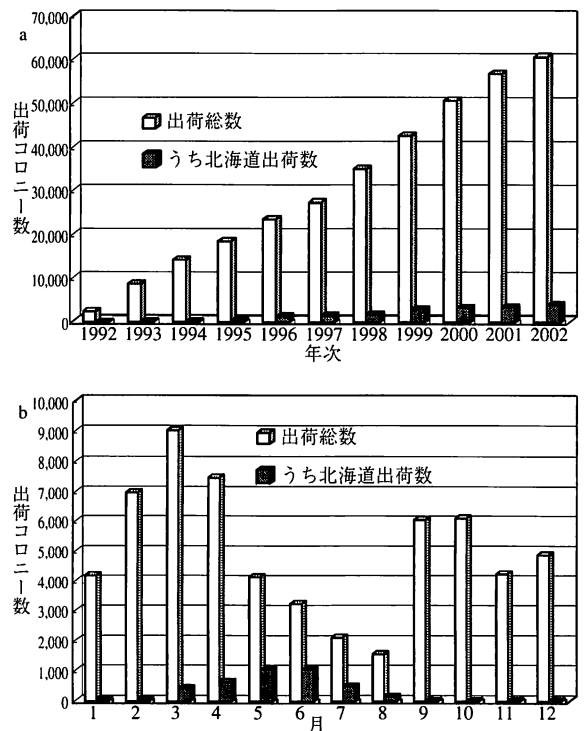


図-1 セイヨウオオマルハナバチ商品コロニーの(a)年別出荷数および(b)2002年度の月別出荷数

The Ecological Problem Caused by Commercialization of Bumblebees—The Past and the Future. By Kouichi GOKA and Japanese Bumblebee Companies Association

(キーワード: セイヨウオオマルハナバチ, *Bombus terrestris*, 生物学的侵入, 侵入種, 移入種, 野生化, ハウストマト, 施設トマト, 花粉媒介(昆虫))

期が夏に限られており、マルハナバチの出荷のピークは6月を中心とした一山型で本州とは異なる。

これだけの数のマルハナバチが日本各地で使用されれば、当然多くの個体が外に逃げ出してしまいうことも容易に想像できる。特に日本のハウス栽培は、ほとんどが開放型であり、ハチが外に逃げて飛び回るのは無理からぬ話である。また、使用済みの巣箱の処理も農家に任せられており、放置された巣箱より新女王や雄バチが逃げ出す機会も多いと考えられ、これらの逃亡個体による定着・分布拡大の可能性は決して低くはない。1996年より保全生態学研究会では本種の野生化の実態を捉えるべく、野外での本種の捕獲例や目撃情報の集計を続けている(保全生態学研究会, 2002)(図-2)。この集計によれば、北海道における目撃・捕獲件数が本州に比べて非常に多いことがわかるが、これは北海道がヨーロッパ・オランダと気候が類似していること、土地柄、マルハナバチが観察しやすいこと、北海道をフィールドとする生態学者が多いことなどが原因として考えられる。後で述べるニュージーランドやタスマニアとは異なり、日本では本種は商品コロニーとして毎年輸入されており、トマトの栽培時期になれば必然的に栽培地域を中心に働きバチが飛び回る状況となる。したがって、それらの働きバチ個体の捕獲や目撃情報も含まれるため、これらの数字をもってセイヨウオオマルハナバチの野生化の具体的な数量を推定することは難しい。しかし、2002年から2003年にかけて東北大学の横山博士と東京大学の鷲谷教授の研究グループが北海道の日高地方で調査した結果によれば、農耕地周辺では確かに商品コロニーの出荷数量の変動にあわせて野外の捕獲個体数も変動しているが、農耕地から遠く離れた平原においては捕獲個体数が明らかに自然発生していると思われる季節変動を示すことが明らかにされている。また、同研究グループは同じ調査地域におい

て2003年だけで2コロニーのセイヨウオオマルハナバチ野生巣を発見しており、1996年に初めて北海道で野生巣が発見されて以来、合計5例の野生巣が見つかったことになる。ちなみに、2003年に野生巣が発見された地域では同年春に500匹以上の女王バチが捕獲されている(東北大学・横山, 私信)。これらの調査結果はセイヨウオオマルハナバチの野生化が始まっていることを強く裏付けるものといわざるを得ない。

II マルハナバチ野生化がもたらす生態リスク？ —諸外国での事例—

セイヨウオオマルハナバチの野生化が進行した場合、どのような影響がもたらされるのか？ 日本での生態リスクを議論する前に、本種の導入が古くから行われていた諸外国での事例から見てみることにする。

セイヨウオオマルハナバチの導入の歴史で最も古いものはニュージーランドへの導入とされる。最初の導入は1875年で、イギリスよりレッドクローバーの花粉媒介用に導入された(FARR, 1889)。以来、導入が繰り返され、1885年 Christchurch に導入したものが定着に成功したと考えられている(MACFARLANE and GRIFFIN, 1990)。その際、放虫されたのはセイヨウオオマルハナバチを含む2種の女王93匹であったとされる。その後、1906年に143匹の複数種のマルハナバチ女王が Lincoln と Taitapu に放虫されている(HOPKINS, 1914)。現在ニュージーランドに定着しているのはセイヨウオオマルハナバチ、*B. ruderatus*、*B. hortrum* および *B. subterraneus* の4種類と考えられる(MACFARLANE and GURR, 1995)。外来のマルハナバチが定着した顕著な事例であるが、その生態影響評価はほとんどされていない。ただ、離島における侵入雑草の種子生産にマルハナバチが影響している可能性について議論がなされている(MACFARLANE and GURR, 1995)。

タスマニアでもセイヨウオオマルハナバチの定着が認められており、その起源はニュージーランドから偶発的に侵入したものと考えられているが(SEMMENS et al., 1993)、詳しい経緯は知られていない。ここでも本種の定着によって侵入雑草の分布拡大の助長や在来マルハナバチとの競合、寄生生物の持ち込みが懸念されている。一方、農作物のポリネーターとしての役割も大きく、農業従事者達はさらなる導入を望んでいる。特にタスマニアのセイヨウオオマルハナバチは起源がほんのわずかな侵入個体から始まったと考えられ、そのため近交弱勢が強く働いており、コロニー内の倍数体雄(diploid male)の比率が非常に高いとされる(BUTTERMORE et al.,

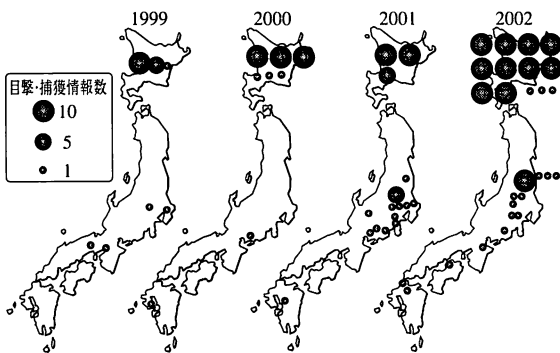


図-2 セイヨウオオマルハナバチの野外における目撃・捕獲情報数(保全生態学研究会 web ページより改変)

1998)。したがってコロニーの生産性を上げるためにも新しい系統の再導入が強く望まれている。

中東イスラエルでも本種の定着が生態学者の間で問題視されている。イスラエルでは1990年代からセイヨウオオマルハナバチの商品コロニーの導入が始まり、その後、Carmel山での森林火災を境に本種の野生化が急速に進んだとされる (DAFNI and SHIMIDA, 1996)。DAFNIらが現地調査した結果、本種の分布が優勢になるにつれて在来ハナバチの訪花数が減少したことから、競合によって在来種が駆逐されたと推察している。しかしながら、セイヨウオオマルハナバチはもともとイスラエルの一部地域では在来種として棲息しており (DAFNI, 1998)、Carmel山におけるセイヨウオオマルハナバチの分布拡大が商品導入によるものか否かは詳細な調査が必要と思われる。また、山火事という生息地の攪乱もハナバチ相の遷移に大きく関与している可能性も否定できない。

以上のように、セイヨウオオマルハナバチをはじめとするヨーロッパのマルハナバチが導入先で定着を果たしたという事例は国外において確かにあるが、それによる生態影響を正確に捉えた事例はほとんどない。

III 日本におけるセイヨウオオマルハナバチの生態影響評価

先にも述べたとおり、我が国においてもセイヨウオオマルハナバチの導入当初より、その野生化による生態影響が盛んに議論された。特に我が国の場合、ニュージーランドやタスマニアとは異なり、在来のマルハナバチが22種も存在し、生態ニッチェが類似した導入種と在来種の間には様々な生物間相互作用が生じて結果的に在来種の駆逐をもたらす可能性が指摘された。問題となる生物間相互作用は次の3点に整理される。①餌資源や営巣場所を巡る競合が生じて在来種が駆逐される、②在来種と種間交雑を行うことで在来種個体群の遺伝子組成を攪乱する、③外来寄生生物を持ち込み、在来種を病害によって衰退させる。

上記の三つの生態リスクについてこれまで様々な角度から調査が進められている。①の競合の問題について、東京大学・鷺谷教授の研究グループが北海道において7年間にわたるモニタリング調査を行っている。これまでの調査より野外におけるセイヨウオオマルハナバチの捕獲数が年々増加していること、本種が野外で餌資源として利用している植物種は26科86種にのぼり、野生の在来植物種11種も含まれていることが判明しており、野生化の進行にともない在来植物種の利用範囲がさらに広がれば在来のマルハナバチとの間に競合が生じる可能性

が高いことが指摘されている (松村・鷺谷, 2002)。

②の種間交雑の問題については、まず玉川大学・小野教授グループの光畑氏が室内交雑実験によって在来種エゾオオマルハナバチ (オオマルハナバチ1亜種) 女王とセイヨウオオマルハナバチのオスの間に雑種ワーカーが生じたことを報告している。これを受けて国立環境研究所・侵入生物研究チームは5年間にわたり北海道および東北地方のオオマルハナバチにおける遺伝子組成をアロザイムおよびマイクロサテライトDNAをマーカーとして調査し、野外で種間交雑が生じているかをモニタリング調査しているが (五箇, 1998)、雑種の検出例はこれまでのところない。一方、岐阜大学・土田博士グループの神戸氏とアピ(株)の米田氏が共同で室内交雑実験を繰り返した結果、セイヨウオオマルハナバチのオスはオオマルハナバチのみならず、在来種クロマルハナバチの女王とも交尾が可能であることが示された (図-3)。すべての種間交雑実験において雑種ワーカーのふ化は認められず、導入種と在来種の間には強い生殖隔離が働いていることが判明したが、交尾後の女王の解剖調査および得られた未ふ化卵の遺伝子分析の結果、種間交雑によってセイヨウオオマルハナバチの精子は女王の受精嚢に到達しており、卵の授精も完了していることが明らかになった (GOKA et al., in preparation)。すなわち、種間交雑には交尾後隔離が働いており、セイヨウオオマルハナバチのオスは在来種女王の生殖攪乱をもたらす可能性があることが示された。問題はこうした種間交雑が野外でどの程度起こっているかということで、現在、我々は野生女王の受精嚢内の精子DNA分析によって、セイヨウオオマルハナバチの精子が混じっていないか検証を進めている。

③の寄生生物の持ち込みについては、輸入商品コロニ

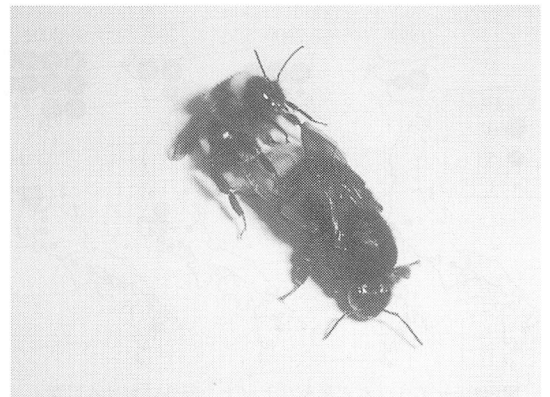


図-3 クロマルハナバチ女王と交尾するセイヨウオオマルハナバチ雄



図-4 セイヨウオオマルハナバチ商品個体の体内に寄生するマルハナバチポリプダニ *Locustacalus Buchneri* の雌成虫、卵、および幼体雌

一から体内寄生性ダニ・マルハナバチポリプダニや（五箇ら，2000；GOKA et al., 2001）（図-4），マルハナバチ類に特異的な病原体である *Nosema* 病原虫の *Nosema bombi* が検出されている（丹羽ら，投稿中）。これらの外来寄生生物は在来マルハナバチにも水平感染することが実験的に示されており，現在，在来種への病原性について調査が進められている。

以上のように，セイヨウオオマルハナバチの生態リスクについては実験的検証が進められているが，実際に野外の在来マルハナバチがどの程度の影響を受けているか，あるいは受ける可能性があるかについての具体的データはまだ得られていない。マルハナバチ類の巣は通常土中に作られるため野外で発見することは難しく，在来種の個体群密度という基礎データがそろっていない段階でセイヨウオオマルハナバチによる在来種の衰退を評価することは不可能である。開発によって生息地そのものが改変されていることも大きく影響していると考えられ，導入種の生態影響評価にはさらなる長期的調査が必要となる。

IV マルハナバチ普及会の取り組み

一連の「外来種利用による生態リスク」の議論を受けて，マルハナバチ商品を供給している民間会社各社は積極的に対策に取り組んでいる。外来種利用の代替案として在来マルハナバチの商品化が研究者から提案され，1997年度から3か年計画で，玉川大学・小野教授の指導のもと，民間会社数社が，農林水産新産業技術開発事業の助成を受けて，「日本産ポリネーターの大量増殖技術の確立」を試みた。その結果，クロマルハナバチの商品コロニーの大量生産が成功し，1999年に販売が開始

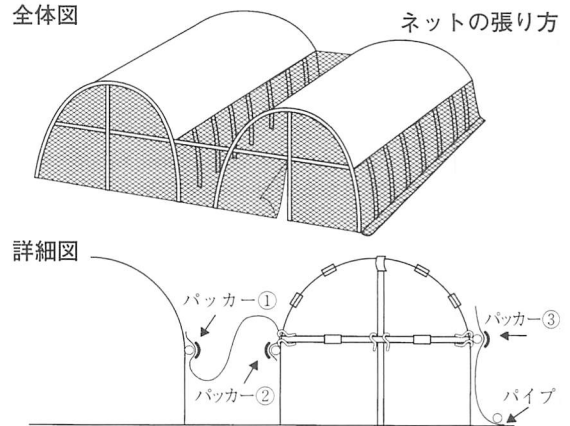


図-5 マルハナバチ普及会より配布されているネット展張の説明図

され，現在，北海道を除く全国で利用が進められている。在来種商品化の実現は企業努力のたまものであり，大いに評価すべき成果であるが，一方で，「種」という概念で在来マルハナバチを区別し商品化することが果たして本当に日本の「生物多様性保全」につながる行為といえるか慎重に議論する必要がある。

例えば，クロマルハナバチが棲息していない地域に商品コロニーを導入することは生物相の地域固有性の攪乱を招くおそれがあり，また遺伝的に異なった集団を移送することは地域固有の遺伝子組成の攪乱をもたらす可能性がある（五箇，2002）。さらに在来種の商品コロニーもオランダの工場で生産されているため，外来寄生生物の持ち込みのリスクも回避できない（GOKA et al., 2001；五箇，2002）。特に在来マルハナバチの商品個体が野生化した場合，形態が全く異なる外来種と異なり，それがもともと生息していた「在来個体」なのか「侵入個体」なのか区別が付かなくなってしまう。「同じ日本に住むハチなのだから少々分布が変わってもかまわない」という意見がまかり通るのであれば，「同じ地球に住むハチなのだから，セイヨウオオマルハナバチが日本で増えて何が悪い」という意見も通ることになる。「遺伝距離が違いすぎるだろう」という反論もあるかもしれないが分子遺伝学的にはセイヨウオオマルハナバチとオオマルハナバチの遺伝距離は，クロマルハナバチとオオマルハナバチの間のそれよりかなり短い（丹羽・五箇，未発表）。人間の恣意的な境界線である「国境線」と生物の自然分布からなる「生物境界線」を同一視して議論を進めてはならない。

結局，外来種であれ在来種であれ，人為的に作られたコロニーを利用する場合にはハチの野外への漏出を極力

避けることが生態リスクを低減させる上で重要なことに変わりはない。特にマルハナバチは年1化性の社会性昆虫であり、コロニー崩壊前に生まれる新女王とオスバチを野外に逃がさなければ野生化は起こり得ない。すなわち、使用が終了したコロニーを適正に処分すればいい。その意味では化学農薬を含む他の農業資材と同じく、生物資材も適正使用および適正処理が使用の基本原則といえる。この観点に立ち、現在国立環境研究所とマルハナバチ普及会では共同で北海道平取町をモデルケースとして使用済みコロニーの回収事業を2002年より開始している。また、マルハナバチ普及会ではさらにハチの逃亡を防ぐためにハウスのネット(網)展張の普及にも努めている(図-5)。

V マルハナバチ問題と侵入種問題

現在、全世界でのセイヨウオオマルハナバチの流通数は年間40万コロニーともいわれるなか、毎年6万コロニーが流通している日本はマルハナバチ産業にとって重要な市場といえる。また輸入開始以来、使用量が増え続けている事実からも我が国におけるマルハナバチのニーズが極めて高いことがうかがえる。マルハナバチ商品コロニー利用による経済効果を農業従事者の労働コスト(人件費×時間)や農作物の商品価値から試算した結果、500億円以上にもものぼると計算された(マルハナバチ普及会)。既に産業として成立しているマルハナバチ利用を止めることは大きな困難をとまなうことになる。受粉作業を再び農業従事者が自ら行うことには当然抵抗があるであろうし、ホルモン剤使用のトマトでは安価な外国産トマトに商品価値の点で対抗することは難しいであろう。経済性・生産性、そして食の安全性という人間生活に直接リンクした問題と、生態系の保全という一見、人間生活には直接リンクしていない問題の接点としてマルハナバチの問題は存在する。

「マルハナバチの侵入以前に議論すべきことはいくらでもあるであろう」という意見もよく耳にする。侵入生物問題は実際のところ、もっと広範で困難な問題である。タンカーのバラスト水に紛れて海洋から海洋へと運ばれる無数の海産生物、全世界に流通する物資、食品に紛れて入る無数の昆虫や微生物、観光客が持ち帰る正体不明の病原体…数え上げればきりがなく、すべてを止める手だてはない。しかし、問題が大きいからといって、また経済活動に貢献しているからといって、さらに一地域一種の問題だからといって、マルハナバチの問題を無視していいというロジックは成り立たない。それは例えば、自動車もたらす巨大な公害問題と巨額の経済効果

から比較すれば人間が少々はねられて死ぬという交通事故のリスクなど実に些細な問題であり、無視してもいいといっているのに等しい。10のリスクを9に減らすことで生態系破壊の速度を少しでも鈍らせることができるかもしれない。商品マルハナバチ野生化のような「小さな」問題も含め一つ一つの問題解決の積み重ねが最終的には地域レベルから全国レベル、そして地球レベルの多様性保全へとつながる。一番まずいのは問題の大きさを言い訳にして、あるいは人間全体の連帯責任だけ声高に論じて、何も行動を起こさないことである。また逆に、人間生活や経済活動を無視した単なる「自然保護主義」では何の具体的解決策も見いだせないであろう。生物多様性の価値や地域固有性の意義というものを明確かつ定量的に説明し、それらを保全しながら末永く利用する「持続可能型」の経済発展の道を開くことが生態学者の使命なのではないだろうか。

リスク評価は商品開発を潰すためにあるのではなく、商品をより広くより長くより安全に使用するためにある。マルハナバチという素晴らしい自然の恵みを今後も大切に利用していくためには、具体的なリスク回避策を目指して産・官・学が共同で調査・研究を進め、行動に移す必要がある。

謝辞 本稿をまとめるに当たり東北大学横山潤博士より有益な助言と貴重な資料の提供をいただいた。ここに感謝の意を表す。本稿で紹介した研究の一部は環境省地球環境研究総合推進費課題「侵入種による生物多様性影響機構に関する研究」による助成の基で行われた。

引用文献

- 1) BUTTERMORE, R. E. et al. (1998): *Journal of Apicultural Research* 37: 23~25.
- 2) DAFNI, A. and A. SHMIDA (1996): *The Conservation of Bees. IBRA and Academic Press, London, UK.* p. 183~200.
- 3) DAFNI, A. (1998): *Bee World* 79: 113~114.
- 4) FARR, S. C. (1989): *New Zealand Country Journal* 13: 284~287.
- 5) 五箇公一 (1998): *日本生物地理学会会報* 53: 91~101.
- 6) ——— (2000): *日本応用動物昆虫学会* 44: 47~50.
- 7) GOKA, K. et al. (2001): *Molecular Ecology* 10: 2095~2099.
- 8) 五箇公一 (2002): *昆虫と自然* 37: 8~11.
- 9) HOPKINS, I. (1914): *New Zealand Department of Agriculture Publication* 2: 28.
- 10) 保全生態学研究会 (2002): 保全生態学研究会 web ページ (<http://www.003.upp.so-net.ne.jp/consecol/>).
- 11) 池田二三高 (2001): 第7回マルハナバチ利用技術研究会要旨集, p. 1~6.
- 12) MACFARLANE, R. P. and L. GURR (1995): *New Zealand Entomologist* 18: 29~36.
- 13) MACFARLANE, R. P. and R. P. GRIFFIN (1990): *New Zealand Journal of Zoology* 17: 191~199.
- 14) 松村千鶴・鷲谷いづみ (2002): *保全生態学研究* 7: 39~50.
- 15) SEMMENS, T. D. et al. (1993): *Journal of the Australian Entomological Society* 32: 346.