送粉性ハチ類に対する害虫としての寄生蜂 *Melittobia*

静岡大学農学部 安部 淳（あべ じゅん）

はじめに

送粉性ハチ類は，農作物の結実のために利用され，従来の人工授粉による重労働を大きく省力化し，大きな成果をあげてきた。マメコバチ（コツノツツハナバチ）などのツツハナバチ類は人為的に増殖され，リンゴなどの送粉昆虫として利用されている。マルハナバチ類は，主にトマトなどの花粉媒介用に，施設工場内で大量に増殖され，多大な経済効果をもたらしてきた（五箇，2003）。また，世界的なミツバチ不足が叫ばれている今日では，代役としてこれらの送粉性ハチ類のさらなる利用が期待されている（神戸・光畑，2009）。

Melittobia（メリトビア）は，単独性の狩りバチやハナバチに対する寄生蜂である。寄主範囲は非常に広く，マメコバチやツツハナバチ類も含まれ，本来の寄主ではないが，人為的に増殖されているマルハナバチ類にも寄生することが知られている。これら送粉性ハチ類に対する最も驚異的な害虫の一つであり，ひとたび飼育集団に侵入すると世代を経るごとに増殖し，その集団を壊滅状態に追い込むこともしばしばである（Maeta, 1978；de Wael et al., 1995；Matthews et al., 2008）。本稿では，*Melittobia* の基礎的な生活史について解説するとともに，花粉媒介昆虫として利用されているハナバチ類に対する被害実態についてまとめ，最後に防除の可能性について検討する。

I *Melittobia* の生態と生活史

Melittobia はヒメコバチ科に属する，体長 1 ～ 2 mm 程度の寄生蜂である。本属は，日本国内に 4 種が分布している。*M. acasta* は北海道から中国地方，*M. australica* は関東地方から南西諸島，*M. clavicornis* は北陸から九州，*M. sosui* は南西諸島において，それぞれ記録がある（前田，1985；安部，未発表）。形態や基本的な生活史は，これら 4 種でほぼ共通する。寄主は，ベッコウバチ（クモバチ），アナバチ，ドロバチ等の単独性の狩りバチや，ハキリバチ，ツツハナバチ，マメコバチ等の単独性のハナバチと広範であり，主にこれらの終齢幼虫や前蛹に寄生する（Dahms, 1984；Matthews et al., 2008）。また，これらに寄生する他種の寄生蜂やヤドリバエの仲間にも 2 次的に寄生することが可能である。自然界ではこれらの中でも，地上部に営巣するハチ類に寄生する。地中に営巣するハチ類には，実験室内では寄生可能であるが，これまで野外からの寄生の記録はない。

本属は，日本では春から秋にかけて出現し，年間 5 ～ 6 世代，寄主などの条件がそろえばそれ以上が出現すると推測される。発育零点は，雌で約 13℃，雄で約 12℃と報告されているが（Maeta, 1978），日長休眠性に関する研究の報告はない。越冬は，寄主の繭や育房内で，終齢幼虫で行う。25℃での飼育条件下では，1 世代の所要日数は最短 15 日程度であり，連続して世代を回すことが可能である。

性的二型が顕著であり，雄成虫は雌成虫に比べ，翅が矮小で，色素の固着が少なくオレンジ色を呈し，複眼を欠き，触覚第 1 節が肥大している（図−1）。雄は羽化した寄主から分散することなく，羽化後 7 日程度で生涯を終える。そのため，本属の交尾は羽化した寄主上でのみ行われ，精子を蓄えた雌のみが新たな寄主を求めて分散する。新成虫の雌は発達した大顎を有し，それを使って寄主の繭や巣材に細孔を開けて巣外に分散する。硬質な巣材に対しても，1 箇所を複数の雌が協力して穴を開ける（Matthews et al., 2008）。プラスチックシャーレ程度であれば，貫通させることが可能なほどである。実験室内で保持する必要がある場合，脱脂綿の繊維は細かくてかみ切ることができないため，ガラス容器に脱脂綿で栓

図−1 *Melittobia australica* の雄（左），短翅雌（中央），長翅雌（右）
スケールバーは，1 mm を示す．

Parasitoid Wasp *Melittobia* : Dangerous Pest Insects to Pollinating Bees. By Jun Abe

（キーワード：寄生バチ，ヒメコバチ科，*Melittobia*，害虫防除，花粉媒介昆虫）

をするのが有効である。

雌内にも二型が見られ，短翅型と長翅型が存在する（図−1）。大型の寄主から初期に羽化する雌は短翅型に成長し，残りの大部分や小型な寄主からは長翅型が羽化する（Dahms, 1984；Matthews et al., 2008）。寄主となるハチ類はパッチ状に集合して巣を形成することが多いが，短翅雌は歩いて近隣の寄主に分散する。短翅雌は羽化の時点から腹部が肥大していて，成熟した卵をもち，寄主発見直後に長翅型よりも早く産卵を開始することができる。一方，長翅雌は飛んで，比較的長距離を分散することが可能である。風に乗ってランダムに分散すると想像されるが，その後どのように寄主の巣に対し定位するのかについては明らかにされていない。寄主の巣を発見した雌が，巣内の寄主に到達する方法には，次の2通りの方法が知られている（Dahms, 1984；Matthews et al., 2008）。一つは，寄主の親が巣を完成させた後に，巣材の間隙をぬったり，自らが通るための細孔を開けて到達する方法である。もう一つは，寄主の親が巣を構築している最中に巣内に侵入し，寄主が適当な発育段階に成長するのを待ってから寄生する方法である。

寄主まで到達した雌は，寄主体表に産卵管を刺し，そこから染み出てくる体液を吸うことにより栄養を摂取する。産卵管を刺すときは，寄主体内に毒液も注入する。ひとたびこの毒液が注入されると，その後産卵が行われなくても，寄主は次の発育ステージに成長することはできないが，しばらくの間は腐ることもない。雌は順次卵を成熟させ，数週間をかけて600～800個の卵を産む。寄主が小さい場合は，複数の寄主に産卵することもある。卵は寄主の体表面に産み付けられ，ふ化した幼虫は体外から寄主の体液を摂取して成長する。

子の性比は極端に雌に偏り，雄率は1～5％である（Dahms, 1984；Matthews et al., 2008）。交尾が分散前に局所的に行われる寄生蜂では，一つの寄主に産卵する母親の数が少ない場合，息子どうしの交配相手をめぐる競争を避けるため，雌に偏った性比で産むことが知られている。しかし，*Melittobia* の場合は，産卵する母親数によらず極端な雌偏向性比を示し，これまでの性比理論だけでは説明することができない（Abe et al., 2003；2005；2009；Innocent et al., 2007）。本属では特徴的に雄間闘争が行われ，この闘争に敗れた一部の雄は死亡するため，実効性比はさらに雌に偏る（Abe et al., 2003；2005；Reece et al., 2007）。生き残った少数の雄だけで，同じ寄主から羽化したすべての雌を授精させることが可能である。しかし，まれに雌は未交尾のまま分散したり，小さな寄主では産み付けられたすべての雄が死亡し，雄が1頭も羽化しないことがある（Abe et al., in press）。しかし，ハチの仲間は一般に単数倍数性の性決定機構をもつため，交尾をしなくても，単為生殖で雄のみを産むことが可能である。*Melittobia* の処女雌は，寄主を発見すると1～数卵の雄を産み，それらの雄が羽化するのを待ち，自らの息子と交尾してから，両方の性を生産する通常の産卵を行うことが知られている（Matthews et al., 2008；Abe et al., in press）。

Melittobia に対する天敵は，ほとんど知られていない（Matthews et al., 2008）。これまでに唯一報告されているのが，寄生性のダニ類である（Dahms, 1984）。その中でも，ヤドリコナダニの仲間はドロバチ類と共生関係にあり，ドロバチの胸部や腹部にあるポケット状の構造に入り，共に分散する。ダニ類は，主にドロバチの幼虫のために狩られた餌の体液を吸うが，*Melittobia* に遭遇すると複数個体で協力して攻撃し，殺すことが知られている（Okabe and Makino, 2008）。

Ⅱ　*Melittobia* による被害

Melittobia がもたらす被害が甚大である理由に，①多産性，②極端に雌に偏った性比，③1世代の所要日数が短いことが挙げられる。このため，送粉性ハチ類の飼育集団に1頭の雌であっても，ひとたび紛れ込んでしまえば（たとえそれが処女雌であっても！），世代を重ねるごとに雪だるま式に増殖し，飼育集団を壊滅状態に陥らせる。実際に自然環境下では，寄主密度が高いパッチや，寄主数が多いパッチで，寄生率が高くなることが報告されている（Freeman and Ittyeipe, 1976；Molumby, 1995）。このため，人為的に高密度で累代飼育される飼育集団にとって，*Melittobia* は脅威になり得る。

Melittobia は非常に小型で目立ちにくく，特に個体数の少ない寄生初期には発見が困難である。しかし，雄成虫は羽化した寄主から分散せず，死体は寄主の繭や育房内に残るため，寄生後であっても被害を特定することができる。これまでに商業的に利用されている送粉性ハチ類で被害が報告されているのは，マルハナバチ類（図−2；MacFarlene and Griffin, 1994；de Wael et al., 1995）とマメコバチ・ツツハナバチ類（前田，1978；Maeta, 1978）である。海外では，牧草などの送粉者として利用されているハキリバチ類からも報告がある（MacFarlene and Griffin, 1994；de Wael et al., 1995）。同様な送粉性ハチ類であっても，ミツバチに対しては，ごくわずかな例外を除いて，野外の飼育集団から被害の報告はない。実験室内では，容易に前蛹に寄生することから，コロニーメンバーによる防御や高温に保たれている巣内環境など

図-2 *Melittobia acasta* に寄生されたクロマルハナバチの前蛹
繭を開けると，1頭の前蛹が，数百頭の *Melittobia* の蛹に置き換えられている．

が，この理由として考えられている（Dahms, 1984；Matthews et al., 2008）。

マルハナバチに対しては，自然環境下での寄生の報告はないが，人為的な増殖施設や農家に出荷されたコロニーから寄生が確認されている。これは，マルハナバチの自然巣は地中に形成されるが，農家の現場ではコロニーが地上部に設置されることが多いため，*Melittobia* の寄主探索行動と関係するものと考えられる。増殖施設からの被害の報告もあるが，分散雌が自力で増殖施設内に侵入するとは考えにくく，一度出荷して寄生されたコロニーを何らかの理由で回収した際，2次的に寄生が広まったのではないかと考えられる。普通，農家に出荷されたコロニーは数か月で更新されるので，寄生が起こったとしてもコロニーを適切に処理さえしていれば，それほど被害が拡大することはない。しかし，寄生されたコロニーを増殖施設に近づけないよう，細心の注意が必要である。連続的に，しかも多量の寄生可能なステージが供給され続けるマルハナバチ工場は，*Melittobia* にとってはまさに“天国”のようなところである。

マメコバチやツツハナバチ類では，産卵された *Melittobia* 幼虫の死亡率が著しく高いため，適当な寄主ではないと考えられている（前田，1978）。また，*Melittobia* の寄生対象となるハチ類の多くは，終齢幼虫や前蛹で越冬するため出現時期以外の多くは寄生可能であるのに対し，ツツハナバチ類は成虫越冬のため，他の寄主に比べて寄生可能時期が限られている。しかし，*Melittobia* の雌成虫は長寿であり，衛生的に保たれていない巣ではそこにとどまり，次の世代に寄生することができる。さらに，同じ巣内や周辺に営巣する他種の存在も考えられる。ツツハナバチ類に寄生できない時期はそれらに寄生して世代を更新し，ツツハナバチ類が適当なステージに達すると寄生することも可能である。実際に，ツツハナバチ類の人為的な増殖が始められた1970年代ころ，*Melittobia* の存在は，増殖を妨げる大きな要因であった（池田，私信）。最近では，コナダニ類やカツオブシムシ類等の他の寄生者による被害に比べると，*Melittobia* の被害はそれほど大きくないようである。しかし，これらの他の寄生者が分布しない地域や，彼らの今後の動態次第では，*Melittobia* が依然として脅威であることは変わらないであろう。

III　防除法の可能性

このように甚大な被害をもたらし得る *Melittobia* であるが，残念ながら，これまでのところ有効な防除法は確立されていないのが現状である。寄生を免れるためには，*Melittobia* をもち込まないことが第一である。マルハナバチ類については，出荷して一度野外にもち出されたコロニーは，増殖施設に近づけていけないのは言うまでもない。さらに，被害の拡大を防ぎ，万一の場合は被害を最小限に抑えるため，マルハナバチの増殖室間の移動は極力避けるべきである（神戸，私信）。一方，野外で増殖・飼育されるツツハナバチ類については，寄生を避けることはできないかもしれない。しかし，巣を衛生的に保つため葦筒を定期的に更新したり，飼育集団内に形成された他種のハチ類の巣を排除することによって，大きな被害は防ぐことができるであろう。葦筒の直径を調整して他種ハチ類の営巣を避け，ツツハナバチ類の営巣後は屋内に保存することも有効であると考えられる（池田，私信）。

一度寄生した集団から *Melittobia* を除去するのは，非常に困難である。これまでに考案されている方法の一つに，寄生蜂のもつ走光性を利用し紫外線ランプに誘引する方法が試みられている（de Wael et al., 1995）。しかし，*Melittobia* の走光性はそれほど強くなく，寄生したすべての *Melittobia* を除去するほど有効な方法でないと考えられる。低温処理を用いた防除法も考案されている（Maeta, 1978）。この方法は，*Melittobia* の蛹や成虫が，低温に対する耐性が弱いことを利用する。寄主が営巣を完了した後，23℃に18日間保存し，*Melittobia* を蛹もしくは成虫へと成長させ，その後0℃に40日間か，5℃に60日間保存し，殺傷するというものである。幼虫は低温に対して耐性が強いため，すべての個体を蛹化させ，成虫が次の寄主に産卵する前に低温処理を施すよう，うまく発育段階を調節する必要がある。海外では，

ハキリバチの飼育集団に寄生した*Melittobia*に対し，殺虫剤の利用が試みられている。ジクロルボスを樹脂に染み込ませて蒸散させる，巣にピレスロイド系の殺虫剤を散布する，繭をカルバリルに浸漬する等の方法が行われ，寄主のハキリバチを維持しながら，*Melittobia*を除去することに成功している（MacFarlene and Griffin, 1994 ; de Wael et al., 1995）。しかし，我が国では農薬取締法による規制のため，実際の現場での使用は難しいかもしれない。

以上のように，重大な害虫になり得る*Melittobia*であるが，有効な防除法は確立されておらず，今後の開発が待たれる。経済的な損失は大きく，膨大な労力を要するが，最も確実に防除する方法は，すべてのコロニーや巣を詳細に調べ，寄生の確認されたものを処分する方法である。このとき，少しでも寄生の疑いがあるコロニーや巣は処分したほうが，最終的な損失は抑えられるかもしれない。今のところ，寄生を極力逃れ，万一の場合は被害を拡大しないように努めるのが最善な方法であるのが現状である。

お わ り に

本稿では，*Melittobia*のもつ害虫としての側面に注目してきた。しかし，*Melittobia*は，生態学や進化学においても非常に興味深い研究対象である。本稿でも触れたように，既存の理論では説明できないほど極端に雌に偏った性比（Abe et al., 2003 ; 2005 ; 2009 ; Innocent et al., 2007）は，進化生物学において解決が待たれる重要な現象である。さらに，処女雌の状況に応じた産卵行動の調節（Abe et al., in press）や，兄弟間で行われる殺し合いの闘争（Abe et al., 2003 ; 2005 ; Reece et al., 2007）等の特異な生活史や行動も興味深いし，野外のハチ類における個体群動態を規定する要因（Freeman and Ittyeipe, 1976 ; Molumby, 1995）としても重要である。また，米国では，実験室内での扱いやすさのため，*Melittobia*を科学教育の実験生物として利用するプロジェクトが最近進められている（Matthews et al., 2008）。今後は，これらの基礎的な研究と害虫防除としての応用的な研究の連携が，お互いの分野の理解につながり，両分野の発展において有効であると期待される。

謝辞　本稿を執筆する機会を与えてくださった三浦一芸博士（近畿中国四国農業研究センター・広島大学）と田上陽介博士（静岡大学），有用な情報を与えてくださった合資会社マメコバチ研究所，原稿を読んで貴重な助言を与えてくださった池田二三高氏，アリスタライフサイエンス株式会社の神戸裕哉氏に，厚くお礼申し上げる。

引 用 文 献

1）Abe, J. et al.（2003）: Behav. Ecol. **14** : 34 ～ 39.
2）———— et al.（2005）: Behav. Ecol. Soc. **57** : 366 ～ 373.
3）———— et al.（2009）: Anim. Behav. **78** : 515 ～ 523.
4）———— et al.（2010）: Behav. Ecol. **21** :（in press）.
5）Dahms, E. C.（1984）: Mem. Queensland. Mus. **21** : 337 ～ 360.
6）de Wael, L. et al.（1995）: Bee World **76** : 72 ～ 76.
7）Freeman, B. E. and K. Ittyeipe（1976）: J. Anim. Ecol. **45** : 415 ～ 423.
8）五箇公一（2003）: 植物防疫 **57** : 452 ～ 456.
9）Innocent, T. M. et al.（2007）: Behav. Ecol. **18** : 709 ～ 715.
10）神戸裕哉・光畑雅宏（2009）: 農耕と園藝 **64**(11) : 18 ～ 22.
11）MacFarlane, R. P. and R. P. Griffin（1994）: Melanderia **50** : 28 ～ 33.
12）Maeta, Y.（1978）: Bull. Tohoku. Natl. Agric. Exp. Stn. **58** : 211 ～ 229.
13）前田泰生（1978）: 東北農試研報 **57** : 1 ～ 221.
14）————（1985）: 東北昆虫 **23** : 4.
15）Matthews, R. W. et al.（2008）: Annu. Rev. Entomol. **54** : 251 ～ 266.
16）Molumby, A.（1995）: Ecol. Entom. **20** : 159 ～ 168.
17）Okabe, K. and S. Makino（2008）: Proc. R. Soc. B. **275** : 2293 ～ 2297.
18）Reece, S. E. et al.（2007）: Anim. Behav. **74** : 1163 ～ 1169.