

ミツバチヘギイタダニの 新学名と最近の防除技術

中村 純, 吉田 忠晴

バロア病の原因生物とされるミツバチヘギイタダニ *Varroa jacobsoni* はトウヨウミツバチを原寄主とする外部寄生性のダニで、インドネシアのジャワ島で採集されたものが Oudemans(1904) によって原記載されている。またアンダーウッドヘギイタダニ *V. underwoodi* はネパールのトウヨウミツバチから (Delfinado-Baker and Aggarwal, 1987), リンデラーヘギイタダニ *V. rindereri* はボルネオ島のサバミツバチから (De Guzman and Delfinado-Baker, 1996), それぞれ発見されている。この3種がバロア属を構成しているが、このうちミツバチヘギイタダニ *V. jacobsoni* だけは、寄生範囲セイヨウミツバチに広げ、人為的なミツバチやダニの移動によって、今日全世界にバロア病を蔓延させている。

2種のミツバチヘギイタダニ

ところが Anderson and Trueman (2000) は、これまで *V. jacobsoni* として扱われてきたダニが実は単一の種ではないことを、アジア各地で採集されたミツバチヘギイタダニのミトコンドリア DNA 解析によって明らかにした。それによれば、集められたダニサンプルは明らかに複数の、最低2種を含む種集団であるという。全18のハプロタイプ (ここではミトコンドリア DNA 内の CO-I 遺伝子領域の塩基配列パターンが全18タイプあったということ) のうち、9タイプは島嶼域(マレーシアからインドネシア)に分布するトウヨウミツバチに寄生していたダニにのみ見られ、残りのうち6タイプは、大陸部アジアでトウヨウミツバチに寄生していたダニに特有であった (残り3タイプはいずれもフ

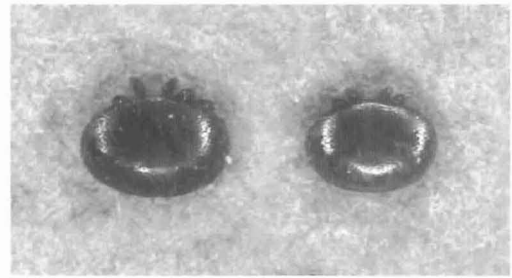


図1 大きさの異なるミツバチヘギイタダニ2種
左: *V. destructor*, 右: *V. jacobsoni*

イリピン産で、現時点では明確なグループではない)。別種であるリンデラーヘギイタダニおよびアンダーウッドヘギイタダニと、島嶼域および大陸部のダニとのそれぞれの遺伝的差異よりも、島嶼域と大陸部のダニ間の差異の方が大きいことから、大陸部のダニは種の扱いとし、*Varroa destructor* として新規に命名された。

世界各地のセイヨウミツバチに寄生しているダニのハプロタイプは、今回アジア産のダニから得られた18ハプロタイプ中、わずか2タイプに限定され、しかもいずれも新種の *V. destructor* に含まれている。主要なものは韓国でトウヨウミツバチにもセイヨウミツバチにも寄生が確認されている Korea タイプであり、これはヨーロッパ~中近東、アフリカ、アジアおよびアメリカ大陸各地から得られたダニのハプロタイプである。もうひとつは Japan/Thailand タイプと呼ばれるもので、日本とタイのトウヨウミツバチ(ニホンミツバチ)からも見つかっているもので、日本とタイおよびアメリカ大陸のセイヨウミツバチから得られたダニで見つかっている (ただし、日本では Japan/Thailand タイプのみが見つかっており、他の地域では Korea タイプとの混在が確認されている)。世界中に広がったダニがアジアの大陸部のものであることは、すでに本誌上 (De Guzman and Rinderer, 1998) でも紹介したが、このような以前の研究との一致から、現状では、新種とされたダニが実際の被害を及ぼしていることには疑いの余地はない。

なお両種は体の大きさに有意な差が見られ (図1), *V. destructor* は体長 $1167.3 \pm 26.8 \mu\text{m}$, 体幅 $1708.9 \pm 41.2 \mu\text{m}$, 一方の *V. jacob-*

soni は体長 $1063.0 \pm 26.4 \mu\text{m}$, 体幅 $1506.8 \pm 36.0 \mu\text{m}$ となっている。大型の前者が外観もやや横に細く、丸みに乏しいという特徴がある。

和名称の提案

このような経緯から、国際獣疫事務局 OIE のダニ診断マニュアル http://www.oie.int/eng/normes/mmanual/A_00108.htm を始め、各国の農政関係の公開情報や web サイト（イギリス農務省「ミツバチの衛生に関する経済評価」<http://statistics.defra.gov.uk/esg/evaluation/beehealth/>、ニュージーランド農務省生物安全局「ミツバチのダニ」<http://www.maf.govt.nz/biosecurity/pests-diseases/animals/varroa/>）などは、すでに新種名を採用している。しかし、公表されている膨大な研究の蓄積はすべて旧学名の *V. jacobsoni* であり、これを置き換えることは不可能である。また特に行政面などで、登録害虫名などを変更するには手続きにも時間がかかり、しばらくは混乱があると思われる。

このため玉川大学ミツバチ科学研究施設としては、本来日本産でもあり、現在日本でセイヨウミツバチからもニホンミツバチからも見つかったダニに新学名 *V. destructor* をあて、和名「ミツバチヘギイタダニ」をそのまま標準和名として残して利用できるよう提唱したい。島嶼域産のダニ *V. jacobsoni* に関しては最初の記載標本の採集地であるジャワ島の名前を冠して、「ジャワミツバチヘギイタダニ」と和名を変更するのが望ましい。これにより、日本語で書かれている多くの資料については学名以外の混乱を来すことはなく、またバロア病の別称であるミツバチヘギイタダニ症などの用語もそのまま利用できることになる。

最近のダニ防除技術

学名は変わっても、ダニの被害は相変わらずである。主成分フルバリネートを含むアピスタンが世界各国で使われているが、誤用などが原因で、すでに耐性のダニがヨーロッパとアメリカで出現している。これに代わる薬剤も多々あり、また新薬の開発も進められているが、化学

製剤では交差耐性も出ており、ダニの耐性獲得と新薬開発の「いたちごっこ」の様相を呈している。具体的防除方法として新規性のあるものは現れていないが、この5年間は全世界的に IPM（総合的害虫管理）によるダニ管理の導入が提唱され続けている。IPM の要点は、診断とそれに応じた多様な防除方法の効果的な組み合わせで、以前、本誌でもドイツの事例を紹介したが (Boecking, 1998), ここで改めて主要な診断方法と防除法をまとめておきたい。

ダニの診断方法

1) 自然落下ダニ検査

日本で普及している巣箱では作業上の困難も伴うが、要は巣箱の底に落下した巣屑中に含まれるダニの死体（自然死による）を見ること全般を指す。巣箱の底部が分離できる巣箱（欧米でよく用いられている）では、通常の底板の代わりに、網を取り付けた専用の底板（一番下が引き出し式に取り出せる）を用いて、ここに落ちたダニを数える。これを定期的に行い、一日当たりのダニ落下数を算出して、変動を記録する。軽度の寄生ではダニが増殖する夏季でも一日当たりのダニ数は1匹以内であるが、重度の寄生ではこれが50匹を超える。イギリス農務省刊行のマニュアル「ダニの管理」http://www.csl.gov.uk/science/organ/enviro/bee/factsheets/managing_varroa.pdf によれば、越冬前までに蜂群が死滅するダニ数（一日当たり匹数）の目安は、越冬明けでは0.5匹、以下5月6匹、6月10匹、7月16匹、8月33匹、9月20匹以上という。つまり、それぞれの時点でそれ以上のダニが落ちていれば経済被害が起こるので、防除が不可欠としている。

上記と同じ方法で、薬剤を併用する、防除を兼ねた検査法もある。

2) 雄巣房検査

雄の有蓋蜂児（眼色ピンクの蛹）のある巣房を選び、蜜蓋フォーク（採蜜時に蜜蓋を切るフォーク状の道具）を用いて蓋の内側を切り、雄蜂の蛹を突き刺して取り出す。約100巣房分の蛹を取りだしてダニを見つける。ダニのつい

ていた蛹が5%程度であれば軽症、25%以上では重症と見て防除計画を立てる。

3) 成蜂検査

蜂群から働き蜂 100～500 匹を容器に取り、アルコールや中性洗剤に浸漬して、よく振盪し、ダニを働き蜂の体表から分離する。同様にエーテルを少量入れた容器に働き蜂を入れて容器を回転させると、ミツバチから離れたダニが器壁に張り付く。これらの方法は約90%の検出率でダニを見つけることができるので診断方法としてよく行われているが、いずれもミツバチの損失を伴う。これに代わる方法として、粉砂糖を用いる方法がある。回収率での遜色もなく(80～90%の検出率)、ミツバチの損失を伴わない点で評価できる方法であろう。必要な道具も広口瓶と網付きの蓋だけであり、作業上も振盪する時間が数分間必要という以外には難しい点はない。方法の詳細と作業風景はネブラスカ大学の以下の URL に掲載されている (<http://www.ianr.unl.edu/pubs/INSECTS/g1430.htm>)。

いずれの場合も、検査に供した蜂の量のある程度そろえておけば、見つかったダニの数を寄生率を反映した指標として扱うことができる。その結果に基づいて、防除方法を選択し、蜂場単位で長期的な防除計画を立てる。数が多ければ早急な薬剤防除、少なければ生物学的な方法を用いるなどといった判断の基準にできる。

各国で用いられる防除法

上記の検査に基づいて、ダニの寄生レベルの診断を行い、その結果に応じた防除方法を用いる必要がある。防除方法には化学薬剤、準化学

薬剤、および生物学的な方法がある。生物学的な方法は養蜂の技術として多くの国で共通の通常管理にも組み込めるが、薬剤を使うものは、各国によってどの薬剤を認可しているかの事情が異なり、海外で行われているものがそのまま日本で応用可能とは限らない。

1) 化学薬剤による防除

現在登録・販売されている化学薬剤は世界的には非常に多様であるが(表1)、日本では、日本農薬(株)製の日農アピスタンだけが動物医薬品として登録認可されている。EU諸国の登録状況は Mutinelli (2003) を参照されたい(以下の URL より全文を入手可能である http://www.apimondia.org/apiacta/articles/2003/multinelli_1.pdf)。全世界的に見ると、現在よく利用されているのはフルバリネートを有効成分(10%含有)とするアピスタン、フルメスリンを有効成分(一枚あたり3.6 mg含有)とするペイパロール(日本未認可)が中心で、これらはいずれも短冊(ストリップ)状のプラスチックに薬剤を含有させた接触型製剤(いずれもピレスロイド系)となっている。このため、巣房内のダニには効果がなく、薬剤を行き渡らせるために施与期間を数週間以上の長期に設定してある。この他、餌に混和して給餌するものや蜂や巣板に散布する剤型のものがあるが、いずれも蜂児量が少ない時期にのみ効果が高い。

これらの製剤を利用する利点は、有効性が科学的に確認されている点、使用方法が確立していて、作業が簡便な点である。一方で、使用条件が整わなかったり、あるいは誤用により、後述するようにダニの薬剤耐性の出現や生産物へ

表1 製品化されている主なダニ防除薬

名称	有効成分	剤型	効果的な防除時期
Apistan	フルバリネート	ストリップ	秋・早春
Apitol	シミアゾール	液体(散布または給餌)	晩秋・越冬期・無蜂児期間
Apivar	アミトラズ	ストリップ	秋・春・夏(採蜜期以降)
Bayvarol	フルメスリン	ストリップ	秋、早春
CheckMite+	クマホス	ストリップ	蜂児の少ない時期
Perizin	クマホス	液体(散布)	晩秋・越冬期・無蜂児期間
Apicure	蟻酸	ゲル化	常時(低温期除く)
Apiguard	チモール	ゲル化	春・晩夏(採蜜期以降)
ApiLife VAR	チモール他	基剤にパーミキュライト	秋
MiteAway	蟻酸	基剤に木材繊維	常時(低温期除く)

の残留などが問題となることもある。

2) 有機酸による防除

乳酸や蟻酸などの有機酸を利用する方法で、巣板に直接スプレーしたり、砂糖水に混ぜて散布したり、巣箱内で蒸散させたりして、ダニを防除する。特に最近では蟻酸の効果が認められ、手軽に利用できる商品の開発も進んでいる。

①乳酸スプレー

巣板の片面あたり 8 mL の 15% 乳酸溶液をスプレーする。使用量が多いので、数 L 容量の噴霧器が必要となる。97.5% の防除効果が知られているが、蜂児には有害なので主に冬季に行われる。

②蓚酸砂糖水散布

3.2 ~ 4.2% の蓚酸を含む砂糖水溶液 (60%) を調整し、巣板あたり約 2.5 mL を蜂がついたままの巣板に注射器などを用いて振りかける。90% 以上の防除率が報告されているが、蜂群が弱体化することがある、また毒性があるので、吸引したり皮膚に付着しないよう作業上は、細心の注意が必要となる。

③蟻酸薫蒸

一般には 60 ~ 80% に希釈した蟻酸 20 mL をペーパータオルに染みこませ、これを巣板の上に置いて蒸散させる方法が用いられている。蒸散によるので巣房内のダニにも有効である点で評価が高い。2 回の処理で 80 ~ 90% の防除率となるが、外気温が低いと効果が出にくい。蟻酸は腐蝕性が強く、皮膚についた場合やけどをする可能性があり、また用量や用法を誤るとミツバチにも損失が出る。このため、取り扱いを安全かつ簡便にした製品も出始めており、アメリカやカナダでは Apicure (蟻酸入りゲル剤) や Mite-Away (蟻酸入りパウチ、木材繊維を基剤にしてある) など、作業者が高濃度の蟻酸に直接接触することがなく、また巣箱内で蟻酸が徐々に放出されるように工夫をした製品が開発されている。

3) その他の天然物による防除

チモール (タイムの香油成分) を用いたものでは ApiLife-VAR (スイスなどで認可) などの製品がある。自家調整では、例えばチモール

74%, ユーカリ油 16%, 樟脳 4% を含む香油混合品を適当な保持体 (ApiLife-VAR ではパーミキュライト) に染みこませて蒸散させるものがあり、これで防除率は 99% に達したと報告されている。チモールはそれだけでも十分な効果を持ち、例えば 0.5 g の粉末を 2 日間隔で 4 回巣箱内に散布するだけで、98% 以上の防除率という報告もある。このほか、種々の香油が試されていて、ウインターグリーン、パチョリ、スペアミント、ティーツリーなどの香油が有効といわれる。

4) 生物学的防除法

生物学的な防除方法として有効性が高いのは、雄蜂巣板によるトラップ法である。ミツバチヘギイタダニは雄の蜂児を好む性質があるため、働き蜂と雄蜂双方の蜂児がある場合、雄蜂の側によく集まる。この性質を利用し、巣箱内に雄蜂用の巣板を導入し、全体が有蓋蜂児となったところで取り出すことで、ダニの大半を取り除くことができる。同様に産卵調節器を用いて、女王蜂の産卵を 3 枚の巣板に限定し、その巣板上の有蓋蜂児にダニが集中したら取り除くという方法もある。ただし、この方法はダニの個体数を減らすことはできるが、薬剤防除と異なり、それだけで高い防除率にはならない。ダニの寄生率を低く抑えるのには有効だが、すでに成蜂の奇形の発生など具体的な症状が認められるような高寄生率の蜂群では、薬剤の使用も不可欠で、常に他の方法を併用する方がよい。

5) 新しいダニ防除対策

①ダニ抵抗性のミツバチ系統の育種

アメリカではミツバチヘギイタダニに対して抵抗性のあるミツバチの育種も行われている。ミツバチのダニ抵抗性というのは、1) グルーミングによってよくダニを落とす、2) ダニの寄生した蛹を捨てる、3) 蜂児期間が短い、4) 生理的にダニの発育を抑えるなど、原寄主のトウヨウミツバチで見られるような性質を有するかどうかによる。アメリカでは 1997 年に極東ロシアからセイヨウミツバチを導入し、3 系統を育種しながら、それぞれのダニへの抵抗性および貯蜜量など養蜂上の一般性質を調べて

いる。一方で交配による女王蜂の作出を行い、2000年には他系統との雑種が、2001年からは純粋ロシア系統（3系統）の女王蜂が順次一般向けに提供されている。同様に、ダニが生理的要因が原因で巣房内で死亡すると考えられるミツバチ系統の育種も進められている。

②植物の葉による燻煙

アメリカ農務省では上記の育種に加えて、40種類以上の植物の葉を燻煙器で燃やしたときの効果を調べている。予備的な試験では、クレオソートブッシュとグレープフルーツの葉の煙でダニの落下が確認されている。ミツバチには影響がなく、普段の内検時の燻煙作業でも一定の効果が出ると期待されている。

ダニ防除の問題点

ダニに対する抵抗性系統のミツバチも実用段階は近いが、実際には多くの地域で薬剤を併用したダニ防除が続けられることになる。しかしこれまでもすでに指摘されてきたことではあるが、薬剤防除には数々の問題が生じている。

ダニの薬剤耐性獲得

化学薬剤は効果が大きいですが、すでにいくつかの薬剤について薬剤抵抗性のダニの系統が出現している。1992年にイタリアで見つかった薬剤耐性ダニは90年代にヨーロッパ各国に拡大し、2002年にはイギリスでも発見された(Thompson et al., 2002)。またアメリカでも1998年に見つかっている(Baxtor et al.,

1998)。薬剤耐性は、フルバリネート、フルメスリン（以上ピレスロイド系）、クマホスおよびアミトラズにまで広がっている。ある薬剤について獲得された耐性は、同系統のダニ剤にも有効であることが多く、フルバリネートで得られた耐性は同じピレスロイド剤であるフルメスリンと交差耐性となることが知られている。

このような耐性は、例えば、代謝系の変化や、薬剤の浸透性が低下するほど体表のクチクラが厚くなるなどといった形態的な変化によっている。アピスタンの場合、使用期間を守らず、効力の落ちたストリップを長期間巣箱内においたり、再使用したりすることで、ダニが致死に至らない濃度の薬剤に接触したり、あるいは逆に短い期間の使用で、多数のダニが薬剤に触れることなく残り、巢板や蜂から低濃度の薬剤だけを受け取ることで出現する。また一部のダニが耐性を得たあと、そのまま同じ薬剤を使い続けると、出現した耐性系統だけが選択的に生き残って増え続け、劇的に薬剤の効果が減少する。

巣箱内にいるダニがアピスタンに対して抵抗性（フルバリネート耐性）の系統かどうかをとりあえず見極めるための手順はアメリカ農務省で考案、公表されている（表2）。

防除薬の残留

ハチミツや蜂ろうなど、ミツバチ生産物中への防除薬の残留は、いずれの薬剤、有機酸類、チモールなどについても確認されている。一般的に接触毒性を示す化学薬剤は親油性で、スト

表2 ダニのアピスタン耐性の簡易評価法

作業手順	
1	アピスタンを9 mm × 25 mm に切り取り、これを75 mm × 125 mm の厚紙にホチキス止める。
2	アピスタンを止めた面を内側にして、厚紙を500 mL のガラス瓶に入れる。
3	ガラス瓶の蓋として2-3 mm メッシュの細かい金属製の網を用意する。
4	巢板1～2枚の蜂を、逆さにおいた巣箱の蓋に払って落とす。1/4カップの分のミツバチ（約150匹）をすくってガラス瓶に入れる。蜂場あたり6群について、それぞれ2サンプルの蜂を用意する。
5	角砂糖をガラス瓶の中に入れ、金網で蓋をして、室温で暗所におく。
6	24時間後に口を上にしたままガラス瓶を手のひらでたたき、ミツバチから落ちたダニを数える。
7	ガラス瓶を冷凍庫内に1～4時間入れ、ミツバチを殺して、体表についているダニを数える。
8	ダニの死亡率（最初に落下したダニ／総ダニ数×100%）を求める。死亡率が50%以下であれば、抵抗性の可能性がある。

用法を守って投薬しても効果が見られない場合に行うが、最終的には実験室内での確認試験で抵抗性を判定する必要がある。なお、ガラス瓶当たりのダニ数が5匹以下の場合には採用しない。

リップの使用ではハチミツへの移行はほとんどみられないが、蜂ろうに移行することは確認されている。また有機酸類やチモールはハチミツ中にも残留し、特にチモールは施与後150日の休業期間が必要とされている。このため、使用基準を遵守し、休業期間設定や生産時期の薬剤使用を避けることが、安全な生産物を得るためには絶対不可欠である。

薬品の取り扱い

アピスタンの取り扱いでの手袋の着用はいうまでもないが、製品化された化学薬剤よりも自家調整する有機酸やチモールの方が、取り扱いに関して十分な知識と注意が必要である。これらの薬品類には、引火性や腐蝕性、毒性、刺激性などの観点から、例えば蟻酸は消防法で危険物第4類第2石油類指定、蔞酸は毒物および劇物取締法で劇物指定など、法適用されているものが含まれる。これらをあくまで自己責任で使用する場合、製品よりも事故や損失の発生率が高くなることは意識しておいた方がよい。また今後、環境への影響、食品の安全性、労働上の安全などへの配慮から、養蜂の現場での使用が規制される可能性もあり得る。

どの薬剤を利用する場合も、生産物への残留を防ぐことだけでなく、ミツバチの安全に加えて、調整、使用する際の養蜂家自身の健康も考慮に入れておかねばならない。そのためにも実用に当たっては複数の情報を調べて、より効果的で、できるだけ安全な方法を選択することも重要である。

総合的ダニ管理の必要性

先にも触れたように、ダニの防除は診断とそれに応じた多様な防除法の組み合わせによって実現されるべきである。ダニ検査による診断は、ダニの増殖が自分の思っているより早いかどうか、防除の効果がきちんと得られたかどうかを知る場合にも重要となる。単一の方法による防除で充分とは考えず、特に生物学的な防除法と化学薬剤を、時期をずらして組み合わせるようにする。これによって防除効果は最大限となる。

いつ、どの方法を選択するかを、きちんと診断結果に基づいて判断するのが望ましい。

バロア病の再発を防ぐためには、発病群は放置せず、弱勢化して盗蜂がつく前に処分する。さらに近隣の養蜂家と防除作業の時期をそろえ、防除が終わった蜂群へのダニの再感染を防ぐ必要がある。具体的な防除技術も含めて、養蜂家間の情報交換が有機的に行われるのであれば、地域からのダニの撲滅も夢ではない。

なお、各国の公式なダニ防除の推奨方法は、認可薬剤と生物学的防除の組み合わせに限定されてしまう。有機酸や香油を利用することへの解釈は意見が分かれるところで、例えばイギリス農務省は、認可薬剤(BayvarolとApistanの2剤が認可されている)以外の使い方について詳細な情報を提供しながらも、基本的には認可中の化学薬剤と生物学的防除を組み合わせるように指導していて、形式上は有機酸の使用を推奨していない。

日本のように、単一薬剤しか認可されていない状況下では、その薬剤への耐性ダニの出現によって養蜂産業が致命的な害を被る可能性がある。この点でもIPMの基本構想にそったダニ防除(診断と多様な方法の組み合わせ)を導入。推進していく必然性は高い。これに関しては養蜂家自身の積極的な取り組みや工夫に委ねられている状況であるといえる。

イギリス農務省のダニ管理マニュアルは、「昨年やったことをそのまま今年もやるのではなく、発生状況に応じて臨機応変に防除法を変えることが肝要である。」と締めくくっている。

(〒194-8610 町田市玉川学園6-1-1

玉川大学ミツバチ科学研究施設)

主な引用文献

- Anderson, D. L. and J. W. H. Trueman. 2000. *Exp. Appl. Acarol.* 24: 165-189.
- Baxter, J., F. Eischen, J. Pettis, W. T. Wilson and H. Shimanuki. 1998. *Am. Bee J.* 138: 291.
- Boecking, O. 1998. *ミツバチ科学* 19(3): 109-114.
- De Guzman, L. I. and T. E. Rinderer. 1998. *ミツバチ科学* 19(3): 115-119.
- Mutinelli, F. 2003. *Apiacta* 38: 156-168.
- Thompson, H. M., M. A. Brown, R. F. Ball and M. H. Bew. 2002. *Apidologie* 33: 357-366.