

養蜂技術指導手引書 Ⅲ

令和3年度持続的生産強化対策事業
養蜂等振興強化推進事業(全国公募事業)

養蜂における衛生管理 消毒技術

[再改訂版]

一般社団法人 日本養蜂協会

養蜂における衛生管理
消毒技術

[再改訂版]

木村 澄

中村 純

消毒とは 4

感染症対策としての消毒

消毒は多目的

疾病の感染経路としての蜂具類

蜂具の再使用前の消毒の目的・効果

蜂具を介した感染防止消毒法 8

水洗＋火炎消毒

電解次亜塩素酸水

電子線・ガンマ線

酸化エチレン(エチレンオキシド)製剤

次亜塩素酸ナトリウム

各種消毒剤(グルタルアルデヒド等)

日常的な消毒

まとめ

巣板の保管管理(防虫)17

炭酸ガス殺虫処理

高温および低温曝露

エタノール(エチルアルコール)

Bt剤(B401など)

パラジクロールベンゼン

二硫化炭素

まとめ

蜂場の消毒21

作業者と消毒22

ハチミツ瓶詰充填製造と消毒23

ポツリヌス菌の混入

消毒とは

感染症対策としての消毒

感染症対策は、①感染源対策、②感染経路対策、③感受性蜂群対策の三本柱で構成される。消毒は②の感染経路対策に相当し、感染源からの病原菌の拡散を遮断することをいう。つまり、感染者を治療する部分ではなく、感染者から健常者への感染を抑制する部分を指す。

養蜂に限らず畜産現場では、感染症の原因となる細菌類、真菌類、ウイルスなどの伝播の媒体となるもののうち特に留意すべきものは、人(飼養者に限らない)、機器材および飼料であり、こうした経路での病原の伝播を防ぐことが目的となる。

養蜂分野に限定して考えれば、細菌や真菌、あるいはウイルスを病原とする感染症の感染経路を遮断する手法が消毒となる^[図1]。感染経路となるもの、したがって消毒の実施対象となるものは、巣箱にアクセスし、また蜂場に入出入りする人すべてと、ミツバチを飼養する上で使用する蜂具類、さらには飼料の原料

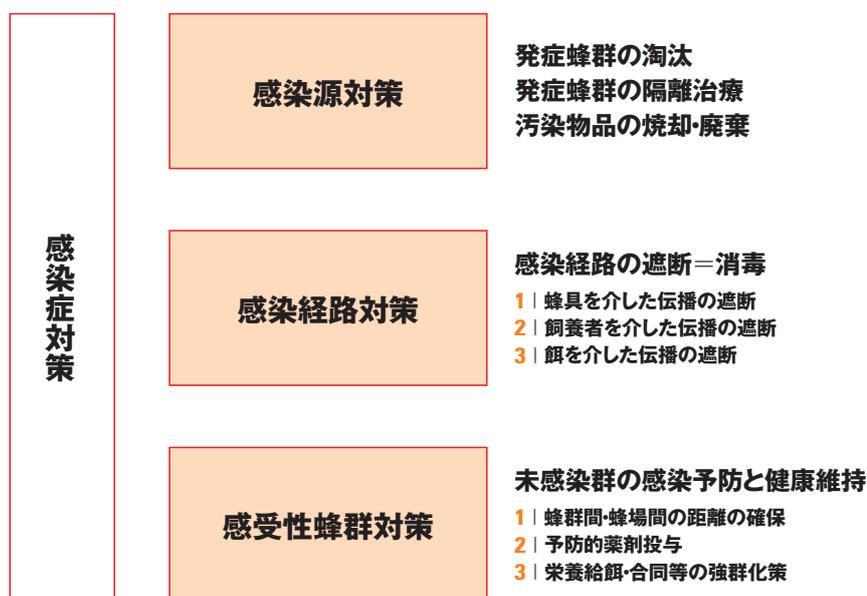


図1 養蜂における感染症対策の3本柱

として利用される花粉(ミツバチ花粉荷)ということになる。このうち蜂具には、ミツバチを飼育する巣箱や巣板および巣箱の内部に入れて使う給餌棒や隔王板、あるいは巣板上部に置く麻布などと、飼養者が内検時に使うハイブツールや蜂ブラシ、あるいは燻煙器などが含まれ、それぞれの特性に応じた消毒方法を講じる必要がある。

なお、養蜂においては、迷い蜂や盗蜂などが疾病の感染経路として極めて重要といえるが、本書で扱う「消毒」手法によって遮断できるものではない。ミツバチ自体による病原体の伝播は、原則として、疾病発生状況下における感染源対策と感受性蜂群対策の合わせ技で、すなわち経路の両端への対策によって防止することになる。特に、養蜂上の影響が極めて大きいバロア病の原因生物であるミツバチヘギタダニにおいては、迷い蜂が到達可能な巣箱間距離が、感染対策上もっとも考慮すべき要因となる。アメリカでも、商業養蜂家が計画的な薬剤利用によるダニの防除を講じても、ダニ剤不使用のままで飼育されている周囲の蜂群からの再感染が生じていることが問題視されている。バロア病については、蜂群間の距離を保った隔離飼育が唯一の経路遮断手段となるが、商業養蜂における一般的な蜂場の飼育密度では感染は避け得ない。本書で扱う「消毒」によってダニの感染を抑制することができないこともあり、バロア病(およびアカリンダニ感染症)の対策については、別の機会に譲ることとしたい。

一方で、本書では、ミツバチの疾病ではないが、養蜂上の害敵として重要な位置づけにあるスミスについて、巣板の食害を防止する方法を、消毒の一環として取り扱う。特に、蜂群から取り出した巣板を保管する方法は、他の病原微生物を対象とする消毒法とも関係しているため、合わせて手法を紹介し、組み合わせなどについても理解していただけるとよいと思う。

消毒は多目的

養蜂における消毒は、ミツバチや養蜂に影響のある病原微生物やスミスなどの生物の侵入を防ぐ目的で実施される。ただし、ここで重要なのは、消毒と殺菌は必ずしも同義ではないということである。消毒には制菌的な段階から滅菌まで、多段的な方法と実施の場面がある。これを、消毒する対象生物、消毒を実施する物品、さらには場所や規模によって、使い分けることが必要になる。

これは、日常生活でも行われる「手洗い」を例に考えて見るとよい。食前などの日常的な手洗いから、食品製造などの場面での衛生的な手洗い、さらには病気の感染予防のための殺菌的な手洗いまでさまざまである。方法も、単に流水で洗うものから、石けんを利用したり、爪ブラシなどを使う場面もあれば、殺菌剤を利用する方法もある。また簡易な方法でも、汚れを認識していれば長くてもいいし洗い、そうでなければ短時間で済ますこともあるように、必要な消毒処置は状況によっても大きく異なってくる。ただ、いずれの場面でも、手洗いの目的は、感染予防であり、したがって行為としての消毒になっているのである。

繰り返しになるが、養蜂の現場で行う消毒は、ミツバチの疾病の予防を目指すもので、病気を治すこととは別次元にある。発症した蜂群への治療ではなく、そこから周囲の健全蜂群への感染を防ぐ手立てが消毒に相当し、「手洗い」のように、必要に応じた多様な方法をその時々判断で適切に行うことが求められる。

疾病の感染経路としての蜂具類

蜂病のもっとも重要な感染経路は蜂具を通じた感染と考えられる。したがって、この感染経路をいかに断つかがミツバチの疾病発生予防の鍵になる。蜂場における疾病の拡大の様相については、研究は少ない。しかし図2にあるように、感染は蜂場内での巣箱の配置にしたがって広がって行く。これは内検作業が、設置した巣箱の端から順に行われていることと一致し、実際にはハイブツールやブラシなどの蜂具が病原体の伝播に関わっているとして、感染において「人間」が最も重要な伝播の介助者であることを示している。このために、蜂具を常に衛生的に管理・維持するとともに、蜂場間で蜂具の再利用・共有をできる限り減らすことが肝要である。

巢板は採蜜の際だけでなく、多くの養蜂場面で巣箱間を移動する。日本の養蜂の現状を鑑みた場合、巢板を特定の巣箱に固定することは難しい。しかし、蜂病が少しでも疑われる巣箱の巢板を他の巣箱に移動して再利用することは控えてはいけぬ。巢板は長く使用するとロウやプロポリスなどがこびりつき、それが病原体の温床となり、消毒作業でも除菌することは難しいので、一定期間で取り替えることが望ましい。我が国で巢板における具体的な菌数の変化を調べた例はないが、欧米諸国では3年をめぐりに交換することが推奨されており、我が国でも同様な期間で交換することが望ましいと考えられる。そのために巢板(例えば上棧部など)に使い始めた日時(年号)を記入しておくことは役に立つ^[図3]。



図3 巢枠に記された使用開始年号
これを巢板の更新の目安にする

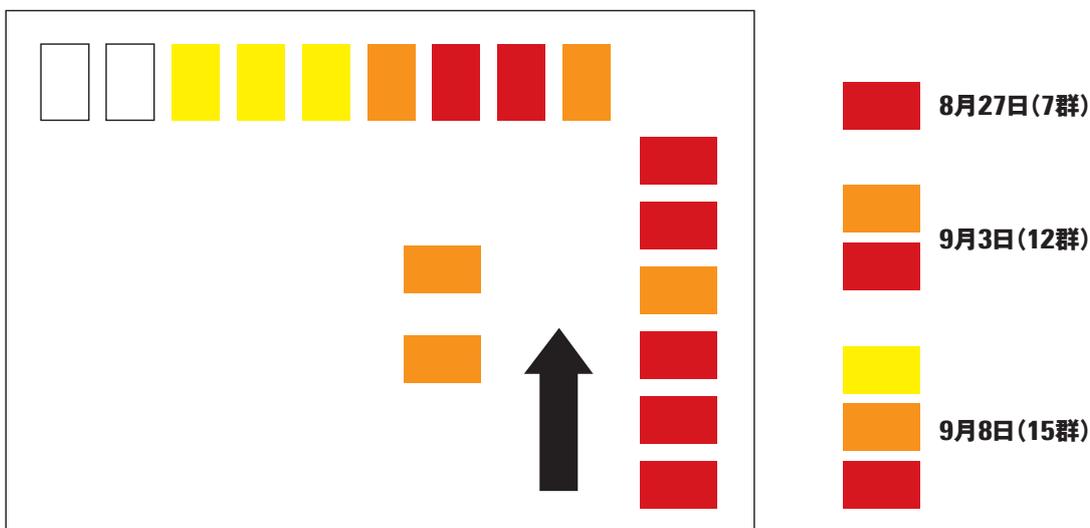


図2 蜂場内の内検順序(矢印方向)と疾病の発生拡大

原図：田中(2006/10)ミツバチ科学27(3/4)：119-122

養蜂現場において、養蜂家の共同作業が広く行われている。しかし蜂病を、他の養蜂家からの感染や他の養蜂家の群に感染させる要因となる。このために、他の養蜂場に入る際には、後記する様に長靴を消毒し、蜂具なども持ち込まず、養蜂着も清潔なものを着用するという最低限のことは心がける必要がある。また蜂場に進入するトラックなどのタイヤも消毒することが望ましい。

蜂具の再使用前の消毒の目的・効果

養蜂で用いた物品は、いずれも接触した蜂群から病原体を受け取った可能性があり、また他の汚染された物品と同時に使われることでも汚染を受ける。したがって、再使用を前提としない場合は、養蜂の現場から隔離し、再接触のない場所に廃棄するか、焼却や埋却処分とするのが感染経路を断絶するもっともよい選択になる。

再使用を前提とし、蜂群と接触する物品は、一時的に保管する前に消毒し、再使用時に再び消毒してから利用するのが望ましい。消毒の目的は、養蜂具、巣箱や巣板などに付着している病原体を排除することであり、これらの物品から、蜂群に病原体が再感染することがない状況を作ることでもある。

実際には、病原体は消毒を施すことが難しいミツバチ自体が体内に保有していることも多く、根絶が基本的には不可能と考えられる。このため、感染レベルを一定以下に抑制しておく必要がある。例えば、アメリカ腐蝕病では無病レベルとして、感染率0.2%といったものが想定されている。1000群規模で2群の感染レベルを維持するためには、不顕感染群での発症を予防することと、発症するレベルでの感染がない蜂群(健常蜂群)への感染拡大を防ぐことが肝要である。前者としては、抗生物質(我が国の現状ではミロサマイシン製剤の「アピテン」)を用いた発症予防措置が相当し、後者としては、本書で紹介する蜂具類の消毒が相当する。

アメリカ腐蝕病の感染経路は多様に考えられるが、もっとも危険度が大きいものは巣板だとされる。養蜂では、巣板は特定の蜂群に固有のものではなく、蜂場単位で、あるいはさらに広い範囲で使い回しされる。したがって巣板の消毒が、アメリカ腐蝕病菌の伝播経路を遮断する上で、もっとも大きな効果を持つ処置といえる。この場合、対象はアメリカ腐蝕病菌(巣板上や蜂具に付着している状況では、ほとんどの場合、薬剤耐性のある芽胞を形成している)であり、巣板を消毒する上で芽胞形成菌に有効な方法を選択する必要がある。このように、用具の消毒においては、対象微生物への効果だけでなく、消毒を実施する物品に適した方法を選択することで、最良の結果を導き出すことができる。

蜂具を介した感染防止消毒法

水洗＋火炎消毒

蜂具の洗浄の基本は水洗である。木製巣箱は、ハイブツールなどを用いて、ミツバチの死体やプロポリス、ロウなどを掻き取りながら水洗する。高圧洗浄機での洗浄も効率がよい。これによって、病原体が潜む、微小な汚物の大半を流し去ることができる。巣板内のハチミツや花粉、絹糸などは、巣板を水に数時間から一晩浸漬することで、流水で流しやすくなる。細管を通して強く水をかけることで、巣を壊すことなく、出房しなかった有蓋蜂児を、蓋の除去から蛹の死体まで行なって流し去ることも可能である。後述する電解次亜塩素酸水や各種消毒薬による消毒を行う際にも、有蓋蜂児は除去するのが原則となることから、こうした水洗方法を実践できるようにしておくといよい。

ただし水での洗浄は、汚物を水で洗い流すだけであり、滅菌効果は期待できない。巣箱を水洗した後、十分に乾燥させたら、引き続き、火炎消毒を行うことが推奨される。大型のガスボンベに取り付けて使用するバーナーから、カセットボンベを取り付けて利用する小型のバーナー（自由な角度で火炎噴射できるものが望ましい）まで各種あり、経営規模に合わせて選択できる。火炎消毒は、カセットボンベを利用するものでも火炎の最高温度が1000℃を超えるものがあり、消毒効果が高い。ただし、国内で販売されている巣箱は内部構造が海外のものに比べて複雑で、火炎の届きにくい場所があることには注意が必要である。また表面が乾燥していること、消毒したい部分が付着物などによって



図4 巣箱の水洗

ハイブツールやたわしなどを使って付着物を落とし、洗い流す。また高圧洗浄機を利用して、できる限り汚れを落とす



図5 火炎消毒

水洗後、よく乾燥させてから、巣箱の内表面を、バーナーでいねいに焼いて消毒する

遮蔽されていないこと、さらには消毒面の温度が十分に上がるのを待つことなどいくつかの条件を満たすことが必要となる。

巣箱は木製のため、あまり時間をかけて火炎を当て続ければ燃えてしまう。ただ、表面を炭化させると、木材は一般的に耐久性が増す。養蜂の現場では、巣箱の外側は耐候性の塗料を塗布したり、多様な処理を施したりしていても、内部はそのまま使用していることが多いように見受けられる。しかし、巣箱内部の温度は30℃を超え、湿度も70%を超えやすく、環境的には木材の腐朽が進みやすい。このことを考えると、巣箱材の耐久性を上げるためにも消毒を兼ねた火炎による表面処理は有用と考えられる。

電解次亜塩素酸水

特定防除資材(特定農薬)は、改正農薬取締法第3条第1項において「その原材料に照らし農作物等、人畜及び生活環境動植物(中略)に害を及ぼすおそれが

表1 電解次亜塩素酸水によるミツバチの病原菌の消毒効果

| | 消毒対象 | 株種 | 殺菌時間 |
|----|---------------------------------------------|-------------|------|
| 細菌 | アメリカ腐蛆病菌 <i>Paenibacillus larvae</i> | 野外分離株および標準株 | 1分未満 |
| | 同芽胞 | 野外分離株 | 1～5分 |
| | ヨーロッパ腐蛆病菌 <i>Melissococcus plutonius</i> | 野外分離株 | 1分未満 |
| 真菌 | ハチノスカビ(チヨーク病原菌) <i>Ascosphaera apis</i> | 野外分離株 | 1分未満 |

いずれも、調整した試験菌液1 mLに対して電解次亜塩素酸水10 mLを加えて感作液とし、経過時間ごとに感作液の一部を培養して、完全に菌の発育が阻止されるまでの時間を求めて「殺菌時間」とした

試験実施：(一財)生物科学安全研究所

表2 電解次亜塩素酸水による巣脾上のミツバチの病原菌の消毒効果

| | 消毒対象 | 株種 | 殺菌時間 |
|----|-----------------|---------|----------------|
| 細菌 | アメリカ腐蛆病菌 | 野外分離株1株 | 15分以上 30分未満 |
| | 同芽胞 | 同上 | 30分以上 60分未満 |
| | ヨーロッパ腐蛆病菌 | 野外分離株2株 | 15分以上 30分未満 |
| 真菌 | ハチノスカビ(チヨーク病原菌) | 野外分離株2株 | 30分以上 60分未満 |

巣脾は約3.5×3.5 cmに裁断して事前消毒しておいて、これに試験菌液1 mLをスプレーした。さらにシャーレ内で電解次亜塩素酸水に浸潤させた。1、5、15、30、60分後に取り出した巣脾片上の菌の生育を確認し、完全に生育が阻止された時間を「殺菌時間」とした

試験実施：(一財)生物科学安全研究所

ないことが明らかなものとして農林水産大臣及び環境大臣が指定する農薬」と定義付けられ、安全性と薬効が認められた物で農作物の防除に使うことができる。2016年9月現在、合計5種類が指定されているが、次亜塩素酸水(塩酸又は塩化カリウム水溶液を電気分解して得られるものに限る)がその1つで、殺菌作用を持つ。

本項で取り上げる電解次亜塩素酸水は、塩酸を電気分解して生成した、pH6.5以下、有効塩素濃度は10～60ppmを示す微酸性の次亜塩素酸水である。電解次亜塩素酸水の殺菌成分は次亜塩素酸(HClO)が主であり、次亜塩素酸イオン(OCl⁻)が補助的な殺菌力を持つ。他の次亜塩素酸水と異なり食塩を使用しないためナトリウムの残留性がない。また、刺激がなく、皮膚に影響がない。実際に急性毒性、反復投与毒性、遺伝毒性、皮膚累積刺激性試験、眼刺激性試験などによって有害性のないことが確認されている。これを受けて、厚生労働省は2002年に食品添加物に指定しその安全性を証明している。

現在では、微酸性電解水を作製する機器が複数メーカーによって市販されており、微酸性電解水自体も市販されている。微酸性電解水は、暗所で、低温下、かつ密閉状態で貯蔵する場合は、1年程度保存が可能である。

これまでにさまざまな場面で消毒目的で使用され、多種の微生物に対する殺菌効果も知られてきているが、枯草菌の芽胞に対しても殺菌効果があることが明らかになっている。養蜂現場での利用に関しては、実験室レベルでの試験が行われている。その結果、培地上のアメリカ腐蛆病菌(芽胞を含む)およびヨーロッパ腐蛆病菌、さらにチョーク病の原因であるハチノスカビにも強い殺菌効果があることが確認された^[表1]。また、より実態に即した試験として、巣脾片を汚染した試験菌の殺菌時間を求めたところ、アメリカ腐蛆病菌およびヨーロッパ腐蛆病菌で15～30分の、アメリカ腐蛆病菌の芽胞およびハチノスカビにおいて30～60分の殺菌時間となった^[表2]。しかし、養蜂の現場で使われている巣板や蜂具は、その構造による消毒の容易さが異なり、また場所や使用経年数によって汚染の程度も大きく差異が生じると予想される。した



図6 次亜塩素酸水による消毒

巣箱(左)は内部全面が濡れるように、巣板(中)は巣房のすべてに霧滴状の電解次亜塩素酸水が入るようにていねいに噴霧する。巣房内に次亜塩素酸水が満たされたときが効果が高いと考えられる(右)。なお、電解次亜塩素酸水による巣板や巣箱等への消毒効果については、今後のデータの蓄積が必要である

がって電解次亜塩素酸水を用いる消毒も、非常に複雑な条件下となる。このため、巣板や巣箱に直接噴霧する方法や、蜂具の消毒のための浸漬法などによる実地での消毒効果については、今後のデータの蓄積が必要である。

なお、電解次亜塩素酸水は、現在(2020年8月)ミツバチ用消毒を含め動物用医薬品として承認されているものはない。

電子線・ガンマ線

電子線およびガンマ線は、いずれも電離放射線の一種で、電子線は電子加速器から、またガンマ線はコバルト60などの線源を露出することで放出される。いずれもミツバチの病気の原因となる微生物の遺伝子(DNA)を損傷することで、高い消毒効果を示す。物理的な手法のため、薬剤耐性菌に対しても均等な効果を持つ。

両者とも常温で処理できるので、養蜂分野においては、巣板のように加熱できない物品の消毒法としてもっとも優れている。また照射による残留物がなく、照射後の後処理が不要な点でも、養蜂における消毒法として利便性が高い。電子線は処理時間が短くできるが、照射方向や、巣板内の貯蜜の有無などが結果に影響を与えやすい^[図7]。内容物が均質であれば殺菌効果が高いので、家畜や実験動物の飼料などでは実績が多く、ミツバチの飼料用の花粉の消毒にも応用可能である。

ガンマ線は、照射にかかる時間は長くなる(数時間)ものの、消毒効果は安定している。アメリカ腐蛆病菌に対する有効線量や処理時間などについて内外の多数の研究によって、効果も明らかとなっている。照射サービスを請け負う企業においても、養蜂巣箱の消毒にはガンマ線を推奨しているようである。

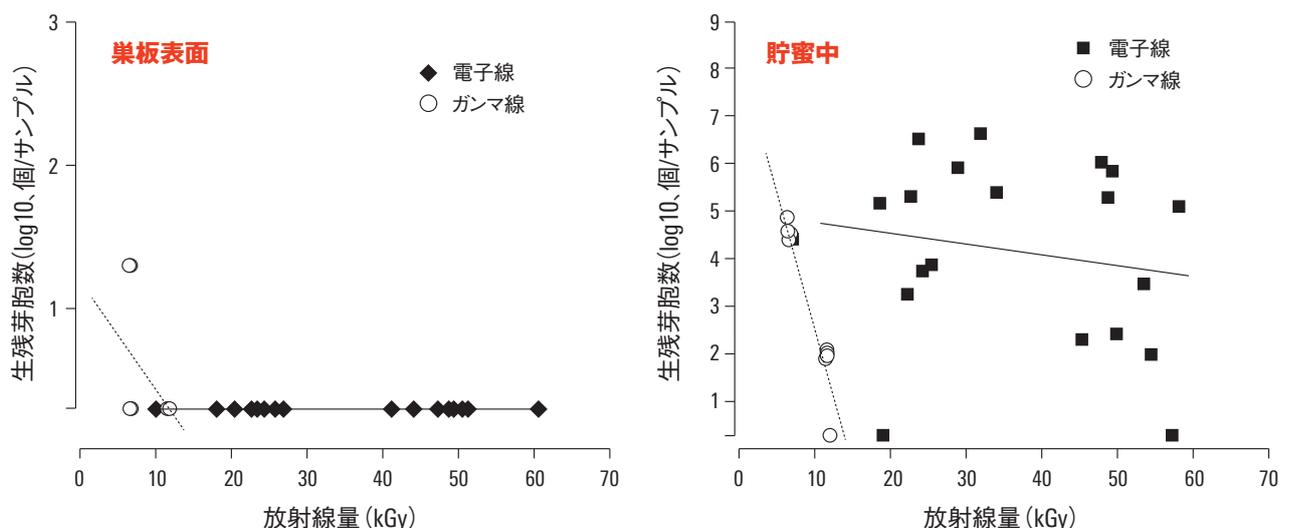


図7 電子線およびガンマ線によるアメリカ腐蛆病菌の殺菌

巣板表面では、電子線およびガンマ線ともに高い殺菌性を示す(左)が、貯蜜中では、ガンマ線が線量に応じた効果を示すのに対して、電子線では殺菌効果が不安定となる。貯蜜を含む場合はガンマ線による殺菌が望ましい

原図: 高橋ほか(2001)ミツバチ科学22(4): 181-187

唯一の問題は、限られた照射施設以外での消毒ができないことである。通常、巣板は照射施設を汚損しないように梱包した上で、施設に持ち込むか、あるいは送付して処理を依頼しなければならない。具体的な対応は施設によっても異なる可能性があり、事前に確認が必要である。このため全国的な普及はまだまだのように見受けられる。また我が国では、放射線利用に抵抗感が強く、その点も養蜂における消毒法としての普及を妨げる要因となっている。

酸化エチレン(エチレンオキシド)製剤

酸化エチレン(以下、EO)は、微生物のタンパク質、核酸、などの生体分子を不活性化することで、すべての微生物を殺滅することができる。浸透性が高く、比較的低温で作用させられるので、金属の腐食や、プラスチック類の変質等を起こさず、長年医療分野では医療機器の滅菌法として幅広く使用されている。養蜂分野では、巣箱、巣脾のような耐熱性に乏しい器具の殺菌に用いられている。

EOは、芽胞を形成する微生物に対しても有効で、アメリカ腐蝕病菌の芽胞に対しても殺菌作用があることが示されている。さらにEOは、チョーク病の原因となるハチノスカビ *Ascosphaera apis* に対しても殺菌効果を持つ。温度が高く作用時間が長いほど殺菌効果が高いことが明らかになっているが、殺菌する物品の素材や形態によっては、高温で変形したり、EOが長く残留したりする可能性もあり、作用時間と処理温度は対象物によって調整する必要がある。

EOは毒性を有する可燃性のガスである。このため専用の設備を用いて殺菌作業を行う必要がある。また、労働安全衛生法の規定により、EOを医療現場等で使用する場合は、以下のような項目を遵守することが義務づけられている。

- ・事業者は、特定化学物質取扱作業主任者を選任する。
- ・作業環境の測定を6か月以内毎に1回おこなうこと。
- ・局所排気装置の設置等、設備の整備・漏えいの防止措置をおこなうこと。
- ・従事する作業者は、一般健康診断を6か月以内毎に1回おこなうこと。
- ・設備の日常点検、定期自主検査を実施すること。
- ・作業環境測定、健康診断記録を保管すること。(30年間)

養蜂現場で使用される場合は、すべての規制を受ける訳ではないが、作業の際は厳格な管理をお願いしたい。また、薬事法の改正により販売先が限定され、医薬品の取扱いが厳格化されたこともあり、販売されているEO製剤(カボックス等)は養蜂分野では使用できない。現在、養蜂分野向けには、「エキガード」がEO製剤として(株)ステリテック(日本液炭(株)より販売移管)より販売されている^[図8]。購入にあたっては、(一社)日本養蜂協会に問い合わせいただきたい。

EO製剤による、巣箱、巣脾の殺菌作業は、専用の燻蒸庫を使って行う。燻蒸庫は各地の養蜂協会が主に所有している。また企業で所有している例もある。



図8 エキガード

30 kgおよび10 kg入り容器で販売されている(画像：日本液炭(株)提供)

EOは、熱をかけることができない巣箱や巣碑の殺菌に有効である。販売されているエキガードは、10%のEOと90%の二酸化炭素の混合ガスで、庫内を30～40℃に加熱し、密閉状態で24時間殺菌処理を行う。殺菌処理後は確実に庫内のガスを排気し、清浄な空気と置換する。

使用時には、EO専用の防毒マスクもしくは有機ガス用防毒マスク、保護眼鏡、保護手袋などの保護具を必ず着用することが義務づけられている。作業者は、有毒なガスを使用することを認識し、配管等の継ぎ目などからガスが漏れていないかなど、作業環境や設備管理に十分な注意を払う必要がある。

EOによる殺菌は、養蜂分野で引き続き使用することができる。しかし現在使用されている燻蒸庫は、老朽化が進んでいるため、設備の更新が今後の課題である。

次亜塩素酸ナトリウム

次亜塩素酸ナトリウムは、水と接触することで次亜塩素酸および塩素を発生し殺菌作用を示す。次亜塩素酸は、細菌の細胞膜や細胞質中の有機物を酸化分解することで、芽胞を除く、細菌、真菌、ウイルスに広く殺菌効果を示す。化学的防除法ではあるが、その作用性から耐性菌はできないとされる。養蜂以外の畜産分野では、食肉施設の消毒を始め、ごく広い範囲で利用されている消毒法である。家庭用にも次亜塩素酸ナトリウムを主成分とする漂白剤が販売されているので、小規模飼育では、こうしたものを利用できる。

大きな洗浄槽に入れた、薄めた次亜塩素酸ナトリウム製剤に、巣箱を浸漬する方法がよく用いられるが、消毒を繰り返すごとに塩素濃度が下がるので、濃度

のモニタが必要になる。噴霧器などで散布する方法もある。ただし、金属部分に対しては高い腐食性を持つことが問題で、巣箱内の金網や釘類は浸漬処理によってかなり腐食し、また衣類やゴム手袋なども劣化しやすい。また処理後の水洗が不十分だと、塩素臭が物品に長く残りやすい。

なお、次亜塩素酸は酸性条件下で殺菌効果が高いが、市販の次亜塩素酸ナトリウム製剤は強アルカリ性に調整して、塩素ガスの放出を抑制して商品化している。このため、塩酸などの酸を混合すると、大量の塩素を放出して危険であり、酸性の洗浄剤などとあわせるような自家調合はしてはならない。

また、消毒に使用したあとの大量の次亜塩素酸ナトリウム溶液は、必ずチオ硫酸ナトリウムで中和してから廃棄する。

各種消毒剤(グルタルアルデヒド等)

グルタルアルデヒドは、核酸タンパク質の合成を阻害することでほぼすべての微生物を殺滅することができる。腐蝕病菌に対する効果も検証されている。抗菌スペクトルを考えた場合、他の蜂病原菌にも効果があると考えられる。畜産現場では、刺激性が強く家畜に直接には使用できないが、器具などの洗浄に用いることはできる。養蜂においても、同様な使用法が考えられる。

消毒に使われるグルタルは、グルタルアルデヒドの2～20%溶液である。蒸気は粘膜を刺激するので、ゴーグルおよびマスクなどの保護具の装着が必須である。使用にあたっては、必ず換気を行うことが必要である。

消毒後は、蜂具などについて十分な水洗を行う。使用後の廃液は排水として下水に流すことはできない。市販の廃液処理剤を使用するか、または紙等に吸わせて焼却処分する。グルタルは、糖液に薄めて与えることで腐蝕病を抑える効果があると書かれた報告もあるが、残留などの検査が十分になされているとは言いがたいので、グルタルの使用は、器具の洗浄としての使用にとどめるべきである。

日常的な消毒

日常の手洗いと同様に、内検時に必ず使うハイブツールや手袋類は、作業後に簡便な消毒をすることを心掛けるとよい。ハイブツールはさっと火炎で消毒するのがよい。また市販の家庭用殺菌剤(エタノールなど)による消毒は、芽胞には効果が限定的であるものも多いが、疾病発生時以外の通常の消毒としては習慣化しておきたい。

また内検用の蜂具は、蜂場単位でそろえ、蜂場間で共有しないことも感染を防ぐ上で重要である。特に他の養蜂家の蜂場への支援に入る場合は、必ず消毒済みの蜂具を携行し、事後は必ず消毒を行ってから保管するようにしたい。疾病の発生している蜂場では、不調蜂群にマークを施し、内検時には最後に状

況確認を行う。未感染群への病原の伝播を避けるための現場での作業ルーチンを確立することが肝要である。

まとめ

蜂具類ごとの適合消毒法について、表3にとりまとめた。蜂具には材質が多様なものもあり、また自身で改良したものなどは、材質や構造に基づいて、最適な方法を選択する必要がある。この表に示す方法が、材質面からは不適切なこともあるので注意が必要である。特に金属を腐食しやすく、ゴムや繊維製品の劣化を招く塩素系の消毒剤は注意が必要となる。またいずれの消毒法を選択する場合も、あらかじめ付着物(ロウやプロポリス)を除去し、また損傷の修復などを行ってから消毒を実施しなければならない。

表4には、主たる消毒法および消毒剤について、効果の範囲を示した。ミツバチの疾病において、腐蝕病2種は細菌が原因で、このうちアメリカ腐蝕病は芽胞を形成する。真菌によるものはチョーク病で、ウイルスによるものはサクブルードや慢性麻痺病などが知られる。ここに挙げた消毒法や消毒薬のすべてについて、ミツバチの疾病の予防効果があることは確認されていないが、日常的に消毒を行うことで、感染症の発生を抑制し、健全な蜂群を維持することが、ミツバチの飼養管理の原点ともいえる。

表3 蜂具類と消毒法の組合せ

| 蜂具類 | 適用可能な消毒方法 | 備考 |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|
| 巣箱(単箱、継箱、蓋) | 水洗+火炎消毒、電解次亜塩素酸水、各種消毒剤、ガンマ線 | 金属を腐食する消毒剤は避ける |
| 巣板(巣脾込み) | 酸化エチレン製剤、電解次亜塩素酸水、各種消毒剤、ガンマ線 | 金属を腐食する消毒剤は避ける |
| 給餌器(枠型)、分割板、隔王板、スズメバチ捕殺器 | 水洗+火炎消毒、電解次亜塩素酸水、各種消毒剤 | 部品の材質によっては不適切なこともある |
| ハイブツール | 水洗+火炎消毒、電解次亜塩素酸水、各種消毒剤 | 金属を腐食する消毒剤は避ける |
| 蜂ブラシ、花粉採集器、王籠 | 電解次亜塩素酸水、各種消毒剤 | 金属を腐食する消毒剤は避ける |
| 燻煙器 | 金属部：火炎消毒、 ふいご部分：各種消毒剤 | |
| 手袋、腕カバー、面布、養蜂着、長靴 | 電解次亜塩素酸水、(家庭用殺菌剤) | 長靴は各種消毒剤に耐性のある素材のものもある |
| 採蜜用分離機、蜜刀、濾過器、濾過布 | 電解次亜塩素酸水、各種消毒剤 | 金属を腐食する消毒剤は避ける |

表4 各種消毒法、消毒薬と効果範囲

| 消毒法 | 消毒対象範囲 | 備考 |
|--------------|--------------------|--------------|
| 火炎消毒 | 細菌(芽胞を含む)、真菌、ウイルス | |
| 電子線・ガンマ線 | 細菌(芽胞を含む)、真菌、ウイルス | 照射施設内での消毒に限定 |
| 酸化エチレン | 細菌(芽胞を含む)、真菌、ウイルス | 燻蒸施設内での消毒に限定 |
| 電解次亜塩素酸水 | 細菌(芽胞を含む)、真菌、ウイルス | |
| グルタルアルデヒド | 細菌(芽胞を含む)、真菌、ウイルス | |
| 次亜塩素酸ナトリウム | 細菌、真菌、ウイルス | |
| ヨードホルム | 細菌、真菌、ウイルス | |
| アルコール(エタノール) | 細菌、真菌(糸状菌を除く)、ウイルス | |
| 塩化ベンザルコニウム | 細菌、真菌(糸状菌を除く) | |
| オキシドール | 細菌、真菌、一部ウイルス | |

参考：横関正直(2014)畜産現場の消毒～これだけは知っておきたい消毒の基礎と実際。緑書房、p.235

巣板の保管管理(防虫)



図9 貯蜜圏部分を歩くスムシ

スムシはハチノスツヅリガ類の幼虫の総称。国内には在来種のハチノスツヅリガ *Galleria mellonella* およびウスグロツヅリガ *Achroia innotata* に加え外来種のコハチノスツヅリガ *Achroia grisella* が生息している

消毒を施した蜂具が、再度ミツバチの病原体などに汚染されるのは、通常は蜂群での再使用のタイミングになる。しかし、巣板は、保管中にスムシ^{図9}の食害および食害時に作る糞や絹糸のできたトンネルなどによる汚損を受けやすい。また、蛹化時に木材に穿孔侵入するため、巣箱や巣枠が陥入を受けて大きく劣化することもある。

本章ではスムシによる保管中の巣板の食害を想定し、それを防止する諸法を解説する。なお、前述の消毒法の一部は、作業時点で巣板上にいるスムシ(卵～蛹)には効果があるものの、その後の保管中に、親蛾が産卵することや孵化幼虫の侵入による再汚染には効果がない。したがって、別途、以下に示すような防虫手段を講じる必要がある。

炭酸ガス殺虫処理

保存中の巣板を食害するスムシは、気温が高い時期に急速に成長するため、巣板保管時に必ず防虫処理を行う必要がある。種々の方法の中でも炭酸ガスによる殺虫法は、ガスの残留や毒性および環境影響の問題がなく、商品となる巣蜜の防虫・殺虫処理にも利用できる方法である。また、巣板の再利用の際もミツバチに対し無害なため有用な一面を持つ。

また、炭酸ガス殺虫処理は、農作物や文化財(木像や書物等)を害する虫を処理する方法として普及している技術である。

実験室レベルでは、温度38℃、相対湿度39%下で、炭酸ガス濃度を97.2vol%に維持した容器内で、スムシの卵から成虫まで、すべてのステージが5時間以内に死滅し、炭酸ガス濃度73.4vol%では、100%致死までの必要時間が、卵で16時間、幼虫で28時間、蛹で8時間、成虫で4時間と報告されている。また炭酸ガス濃度が95.7vol%であれば、温度条件にかかわらず、処理後3～4日で幼虫死亡率がほぼ100%であり、炭酸ガス濃度が46.9vol%の場合は、温度28℃下であれば4日後に24.5%、10℃であれば100%の死亡率が報告されている。最適な温度は38℃とされているが、設定が難しいため、10～15℃程度の環境温度を利用するとよいとされている。今後、巣板・巣蜜への影響を含め、スムシに対する適切な処理条件を定めることが課題となる。



図10 炭酸ガス処理用のバッグシステム(日本液炭)

① 圧力調整器、② 台車、③ 殺虫用二酸化炭素ボンベ、④ ガス濃度測定口、⑤ ガス投入口、⑥ 南京錠、⑦ ファスナー、⑧ バッグ。バッグは縦横高さが1.0m×1.5m×1.0mで、一般的な巣箱で13個ほど入れられる

画像：日本液炭(株)提供

炭酸ガスの殺虫処理を行うには、高濃度の炭酸ガス環境を作ることが重要である。現在、高い濃度が維持できるバッグタイプの専用設備が販売されており【図10】、簡便かつ安全に炭酸ガス殺虫処理を行うことができる。

スミシの場合、後述する低温処理でも殺虫効果が得られることから、両者の組合せ効果を期待するかのように、炭酸ガスの供給源として入手しやすいドライアイスを利用した小規模な処理を行っている養蜂家もいるようである。ただし、開放空間で用いるドライアイスでは、処理する空間全体の炭酸ガスの濃度を高く維持したり、低い温度を持続したりする時間が短く、効果も限定的と思われる。また、ドライアイスを密閉容器で使用すると、炭酸ガスの膨張による容器の破裂から事故を招く恐れもある。このため、専用の設備を用いることを推奨する。

なお、一度炭酸ガスによる殺虫処理をしても、スミシの再侵入の可能性はあるため、特に高温期に巣板を保存する場合、蜂場付近やスミシの生息が見られた場所を避け、密閉状態で保存するか、他の方法を含めて、繰り返し殺虫処理を行う必要がある場合もある。

高温および低温曝露

スミシの被害防止には、スミシの生育温度を外れた温度下に巣板をおく保管処理することで殺虫効果が期待できる。少し古い文献ではあるが、1970年の報告では、華氏115°F (46°C)以上の温度に80分晒すと、各ステージのスミシは100%除去できる。また低温では、華氏20°F (-6.7°C)以下なら、270分で100%除去が期待できる。華氏0°F (-17.9°C)では120分で死滅する。このこ

とから、低温あるいは高温処理は防虫効果が期待できる。

高温の場合はノゼマ病(*Nosema apis*による)への効果も期待できるが、高温処理では、巣板を軟弱にして傷める可能性もあり、また、貯蜜が残っていた場合、たれて流れる可能性もある。

この項で紹介した低温は比較的簡単に得ることができる温度であるので、巣板を保管する前に一定時間冷凍することは簡単かつ、確実なスミシ防除法であると考えられる。また、各種の殺虫処理を施した巣板を長期に保存する場合も、農業用冷蔵庫などで低温保存すると、仮にスミシの再侵入があっても、低温下のためスミシ自身の成長が大幅に抑制され、食害や巣板の汚損が避けられる。

エタノール(エチルアルコール)

効果についての詳細な報告はないが、安全性の観点からは手軽に利用できる。一定量の消毒用エタノール(必ずエタノール製品を選択すること)を巣板に散布器で吹きかけ、あるいは巣板を保管するための密閉容器中に一定量入れて、容器内の空気が高濃度のエタノールを含む状態にすることで、巣板を長期的にスミシの食害を防ぎながら保管できる。エタノールは糸状菌には殺菌効果が低いとされるが、巣板にカビが生えるのを一定期間防ぐこともできる。

Bt剤(B401など)

微生物 *Bacillus thuringiensis* (BT) は、結晶タンパク質を生産し、そのタンパク質を食した昆虫幼虫の腸内で毒素に変わり、殺虫剤として効果を持つ。この結晶タンパク質は脊椎動物には毒性を示さないので、安全な殺虫剤と考えられている。BTの中でも *Bacillus thuringiensis* subsp *aizawai* は鱗翅目昆虫の幼虫にのみ選択的に効果があり、膜翅目昆虫であるミツバチには毒性を示さないことから、スミシの防除に使用することができる。このBTは、スミシ防除剤として市販されており、我が国でもイギリスのメーカーが開発した「B401」が市販されている。B401は貯蜜などに残留しないと考えられている。

B401は希釈して巣板に直接スプレーする。薬効が長く続くとされているが、卵・蛹齢が進んだ幼虫・成虫には効果がないので複数回スプレーする必要がある。散布後はよく乾燥してカビが生えないようにする必要がある。

パラジクロールベンゼン

パラジクロールベンゼンは衣料害虫の防除製品などの原料として利用され、海外ではミツバチの巣板の保管時の防虫剤としても利用されている。効果は高いが、残効によるミツバチへの影響もあり、またハチミツ中の残留も見られることから推奨しない。

二硫化炭素

国内において、スミシ防除に長らく利用されてきた二硫化炭素は、もともとクリ果実の燻蒸剤として販売されていたものの流用であった。現在は殺虫剤としての登録が失効しており、使用することはできない。なお、クリにおいては臭化メチル燻蒸がこれに代わって利用されているが、クリシギゾウムシの防除にその代替としてドライアイスを用いた炭酸ガス燻蒸が殺虫効果があることが示されている。

まとめ

スミシは巣のロウ質を選択的に食べているわけではなく、巣房内の絹糸や花粉、蜂児死体などのタンパク質を含む残存物を餌として成長する。このため、巣礎や貯蜜にしか利用したことのない空巣板では繁殖しない。また、前章で扱った消毒法において、十分な洗浄および消毒が行われていれば、スミシの食害は実際にはかなり防ぐことができる。その上で、本章で紹介した方法によってスミシの再侵入による食害を防止し、巣板を翌シーズンまで長期に保存できる。また、巣蜜の作製時には、二酸化炭素や低温などの食品に影響のない方法でスミシを防除するのが望ましい。

蜂場の消毒

消石灰は、pH12を超える強アルカリ性により、ウイルスを含む多くの病原体に対して、消毒薬として広く利用されている。文献的な裏付けはほとんどないが、ミツバチの疾病の病原体に関しても、一定の効果が期待できると考えられる。

養蜂現場においては、土壤消毒および、踏み込み消毒槽としての利用が考えられる。消石灰は比較的安価であり、また周辺環境への影響も小さいと考えられる。積み込み時の協力など、養蜂においては、別の養蜂家が蜂場に入る機会も多いので、日常作業の中での励行が勧められる。

過去に腐蛆病などの発生歴がある蜂場や、チョーク病が多発するような蜂場では、土壤消毒を行うことが考えられる。土壤消毒では、1㎡あたり1kg程度の消石灰の散布が養鶏において推奨されており、養蜂においても同程度の散布量が考えられる。強アルカリな状態を野外で維持することは困難であることから、2週間間隔で散布することが望ましい。

また、過去に蜂病の発生のない蜂場においても、蜂群導入前の散布を励行することには意味がある。

踏み込み消毒槽として利用する場合は、畜産現場では水10Lあたり1kgの消石灰を溶かすことが家畜衛生保健所で推奨されている。消毒液は、週1回の交換が望ましい。また、有機物が槽に入ると効果が減少するので、長靴などの泥などはよく取り除いてから、槽に入ることが重要である。

除草などに用いられるガスバーナーによる火炎消毒は、巣箱を載せるコンクリートブロックなどには有効であるが、土壤にはほとんど効果がない。巣門前に落ちたチョーク病の罹患死体なども、表面は消毒できても地面側は完全に消毒することは難しい。死体類はできるだけ集めて、完全に焼却することが望ましい。

作業者と消毒

養蜂分野においては、養蜂家同士が、特に巣箱の積み込み、積み降ろし作業において協力することがあり、また指導や研修、その他の目的で他の養蜂家の蜂場に入ったりすることも多い。その際に、通常自分が使用している蜂具類をそのまま携行し、養蜂着などの装身具もそのまま着用して行くことがある。これは他の畜産分野では珍しい光景で、感染症対策の観点からは奇異にも見える。

一般的に畜産分野では、他の経営体の従事者が飼育施設に入るのを嫌い、また必要がある場合は、長靴の消毒のための踏み込み消毒槽や衣服の消毒のための噴霧器を設置したり、入室前に更衣を求めることもある。養蜂においても、作業着や長靴、手袋、面布などの装身具は、自分の蜂場で使用したものを他の蜂場で使用すれば、やはり病原菌等の感染経路となる。したがって自分の蜂場用と他者の蜂場用を分け、他の養蜂家の支援に回る際には、洗濯の終わった作業着等に替え、消毒を施した蜂具のセットを携行して向かうようにしたい。

ハチミツ瓶詰充填製造と消毒



図11 採蜜時の混入防止

巣板や採蜜に使うバケツが直接地面に接しないように、採蜜時にも土壌等による汚染を防ぐ工夫はしたい



図12 充填時の混入防止

ハチミツの充填を、クリーンブースなど、室内の汚染源から隔離された空間で行うことも推奨される

ハチミツは、古くは発酵防止のために、例えば70℃、30分間の加熱処理をして酵母を殺菌することが推奨されていた時代もあるが、現在、国内の養蜂家あるいは小規模のハチミツ充填加工の現場において、こうした加熱工程が実践されているところはない。ハチミツの流動性を改善し、濾過速度や充填効率を上げるための軽度の加温処理(40℃程度)が行われることはあるが、この温度では、微生物の殺菌に足る消毒のレベルにはまったく到達し得ない。本来、瓶詰加工と見なされる場合は、衛生的な設備を整えた加工施設で、管理の行き届いた充填作業を要求されることになるが、ハチミツはこうした充填加工の例外として扱われていて、施設要件などを満たしているかどうかは、必ずしも問題とされていない。

しかしながら、食前加熱を前提としない食品での一般生菌数は食品によって10000～100000個/g以下といった基準が設定されている現状で、一部のハチミツでは10000個/gを超える生菌数が確認されるケースが散見されるようになっている。瓶詰加工において消毒工程がないのであれば、微生物の混入をいかに制限できるかが問題となる。これには、採蜜時に、巣板を地面に直置きしないこと、分離器やバケツなどの用具に土壌が付着しないようにすること、さらには一次運搬用に用いる古い容器からの異物および汚染水の混入を防ぐといったさまざまな配慮も求められる。また、瓶詰加工の作業においては、常に、食品を製造しているという意識を持つことが求められ、充填に必要なタンクや漉し器、秤などの器具類の消毒や、充填容器の洗瓶がきちんと行われていることの確認など、作業員自身が衛生管理の責務を果たす必要がある。もちろん、充填作業時には手袋やマスク、ヘアネットなどの装着はもちろんのこと、作業員を介した食品汚染を防ぐ一般的な予防策を再確認することも重要である。

ボツリヌス菌の混入

しかしながら、一部の微生物は、細心の注意を払っても混入することがある。特にハチミツで問題になるのは、乳児ボツリヌス症の原因となるボツリヌス菌 *Clostridium botulinum* (特にA型およびB型)の芽胞の混入である。土壌細菌であるボツリヌス菌は、芽胞の状態では土壌中に存在し、風で巻き上がって植物体上にも常在する。したがって、訪花の際にミツバチがボツリヌス菌の芽胞を集めることを完全に回避することはできない。

乳児ボツリヌス症については、発生件数の多いアメリカで、ハチミツと土壌が乳児ボツリヌス症をもたらすボツリヌス菌の由来源として特定されている。これは他の食品と異なり、ハチミツは通常食後残分があるため、発症した乳児の糞便中のボツリヌス菌とハチミツ中のボツリヌス菌の型を照合できることで、由来が判明しやすいという事情による。国内でもハチミツの喫食を契機とした発症例があり、2017年には死亡事例も報告されている。

ボツリヌス菌は人の腸内微生物との競合に弱く、腸内細菌叢の整った成人の腸管内で、ボツリヌス菌の芽胞が発芽することはないが、腸内細菌叢の未完成な、離乳完了以前の乳児の腸管内では発芽して栄養生長を始め、これに伴い毒素を分泌する。この毒素によって、乳児がさまざまな神経症状を発症するのが乳児ボツリヌス症で、最悪の場合には死に至る。このため、1歳未満の乳児にハチミツを与えることは厳として慎まなければならない。したがって、消費者に対して蜂蜜を1歳未満のお子さんに与えないよう養蜂家からも注意を促すことが必要である。また、高温や紫外線あるいは多種の薬剤にも耐性のあるボツリヌス菌の芽胞のハチミツ中での消毒殺菌は不可能なため、公的機関でも乳児にハチミツを与えないよう、乳児ボツリヌス症についての啓発を繰り返している。しかし、乳児ボツリヌス症の発症を防ぐ上では、製品のラベル上での注意喚起に加え、ハチミツの製造および販売の関係者による、店頭などでの顧客への個別の啓蒙・指示の方がより効果的と考えられるため、関係者が乳児ボツリヌス症に関する正しい知識を身につけた上で、ハチミツ製品を取り扱うことが望まれる。

養蜂技術指導手引書 III

養蜂における衛生管理 消毒技術

[再改訂版]

令和2年11月初版発行

令和3年11月第2版発行

発行所

一般社団法人 日本養蜂協会

〒104-0033 東京都中央区新川12丁目6-16 馬事畜産会館6階

著者

木村 澄

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門 家畜育種繁殖研究領域

中村 純

玉川大学農学部先端食農学科

協力

株式会社ホクエツ

日本液炭株式会社

本書のスクリーン、デジタル化等の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。

【非売品】

【お問い合わせ】

一般社団法人

日本養蜂協会

〒104-0033

東京都中央区新川二丁目6-16

馬事畜産会館6階

TEL 03-3297-5645

FAX 03-3297-5646

<http://www.beekeeping.or.jp>