

ミツバチ群における内勤蜂と外勤蜂の識別手法の検討

独立行政法人農林水産消費安全技術センター

大石 桂輔 (おおいし けいすけ)

石原 悟 (いしはら さとる)

はじめに

人類は古くからミツバチの恩恵を受けている。ミツバチが生産する蜂蜜、蜜蝋、ローヤルゼリー等は、我々に豊かな生活をもたらしており、またミツバチはポリネーターとしても農業生産に大きく貢献している。一方、農薬も同じく農業生産において効率よく病害虫や雑草を防除できるため、農産物の安定生産に欠かせない生産資材となっている。ミツバチと農薬はいずれも人間の生活において重要な役割を担っているといえる。

ミツバチの活動範囲は広く、巣箱を中心に半径2～6.5 km程度といわれている(坂上, 1983; 佐々木, 2003)。そのため、農薬が使用される農地とミツバチの活動範囲を完全に分けることは容易ではない。このことは農薬の使用に伴いミツバチが農薬に曝露する可能性を完全になくすることができないことを意味する。農薬がミツバチへ及ぼす影響については、古くから議論されている。農薬の中でも特に殺虫剤には、防除対象害虫だけでなく、ミツバチに対する毒性が高いものも多く(JOHANSEN, 1981)、そのような農薬の使用にあたっては、農薬のラベルに記載されたミツバチに関する注意事項の遵守などに留意する必要がある。

近年、農薬の使用がミツバチ群へ及ぼす影響について危惧する声が高まっている。このため、農薬とミツバチが減少する事例との関連を把握することなどを目的として、農林水産省は平成25年度から3年間、農薬による被害の全国的な発生状況の調査を実施した(農林水産省,

2013)。調査の結果、近年、我が国のミツバチ被害事例のうち、農薬の関与が考えられる被害の多くで、巣門前に1,000頭以上の死蜂が観察されており、水稻のカメムシ防除に使用される殺虫剤への直接曝露により当該被害が生じている可能性があることが示唆されている(農林水産省, 2015)。しかしながら、現時点においてミツバチへの農薬の詳細な曝露経路については解明がなされていない(農研機構, 2014)。

ミツバチは仕事を分業しており、内勤蜂と外勤蜂とで異なる仕事をしている。農薬の曝露経路は従事する仕事により異なると考えられるため、曝露経路の全容を解明するためには、内勤蜂と外勤蜂それぞれについての農薬の曝露量を解析する必要があると考えられる。

本稿では、家畜として飼育されているミツバチの農薬使用による被害に関する事例、農薬の曝露経路解明に役立つミツバチの社会性について概観するとともに、現在我々が検討しているミツバチの死蜂における内勤蜂と外勤蜂との識別方法について紹介したい。

I ミツバチと農薬

ミツバチ群は寄生ダニ、病気、異常気象、農薬等様々な要因で不調になることがある。農薬によるミツバチの被害は古くから知られており、岡田(1955)の総説によると米国でミツバチの被害が最初に問題となったのは1870年のことであり、果樹の害虫駆除で用いられた砒素剤によるものであった。その後、使用される農薬の傾向の変化に伴い、被害の原因とされる化合物は異なるものの、これまでに農薬によるミツバチの被害は多数報告されている(KNOWLTON et al., 1950; 岡田, 1963; THOMPSON and THORBACH, 2009; JOHNSON et al., 2010; 農林水産省, 2015)。

殺虫剤によるミツバチの被害の兆候は、速効性の殺虫

A Method for the Identification House Bee and Forager in a Colony of Honeybee. By Keisuke OISHI and Satoru ISHIHARA
(キーワード: ミツバチの分業, 農薬被害, 殺虫剤, 曝露経路)

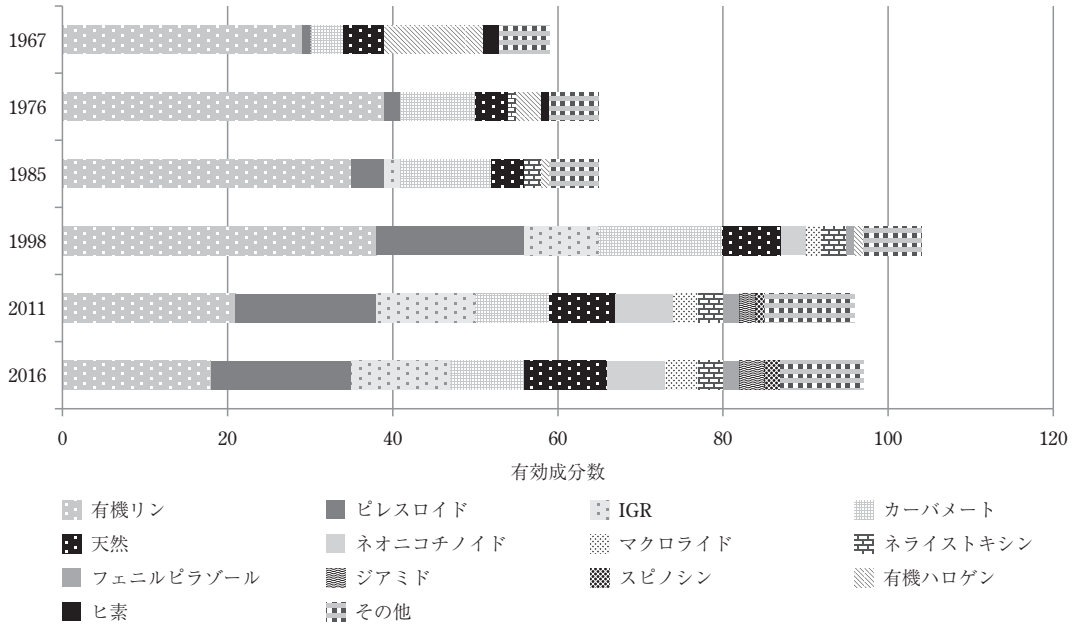


図-1 国内で登録されている殺虫剤の系統別有効成分数の推移*

*：引用文献4)～9)の情報をもとに作図。なお、殺ダニ剤、殺線虫剤、生物農薬、昆虫性フェロモン剤・誘引剤、倉庫くん蒸剤は除いて集計。

剤の場合を除き、巣門入口における苦悶中のミツバチの存在と死蜂の堆積とされている (JOHANSEN, 1981)。近年、我が国において農薬の関与が考えられる被害は、その多くの事例で巣門前に死蜂が堆積していることから、速効性の低い殺虫剤によるものと推測される。

農薬として使用される殺虫剤の種類は年々増加しており、殺虫剤のミツバチへの曝露形態は時代とともに複雑化している (図-1)。ミツバチに対する殺虫剤の毒性の特質は、殺虫剤の種類や使用方法により異なる。より効率的な被害低減対策の策定には、それぞれの特性に準じた曝露実態の検証が重要と考える。

II ミツバチの社会性と農薬の曝露経路

ミツバチといえば一般的に一生懸命に働く姿がイメージされるが、ミツバチの群におけるすべてのカースト(階層)で当てはまるわけではない。社会性昆虫であるミツバチは、群単位で行動する生物であることがよく知られており、カーストによりそれぞれの役割が定められている。群におけるカーストは1頭の女王蜂、少数の雄蜂、多くの雌蜂の3種類に分化しており、いわゆる“働き蜂”と呼ばれるのは雌蜂のことである。ミツバチの社会では①産卵②生殖③育児という三つの機能がそれぞれ①女王蜂②雄蜂③雌蜂によって分担されている。女王蜂

は交尾後、卵を一生涯み続け、雄蜂は交尾を唯一の仕事とし、交尾以外の仕事は全くせず、巣内で雌蜂に世話をしてもらい過ごしている。その他採餌活動や幼虫の育児などほぼすべての仕事は雌蜂が担っている(渡辺・渡辺, 1974)。

雌蜂においてはさらに分業体制が細分化されており、巣箱内で掃除、育児等を担う内勤蜂と巣箱外で花粉、花蜜を集める外勤蜂に大別される。雌蜂は羽化後巣内で内勤蜂として働き、その後日齢に伴い外勤蜂として採餌活動をする(図-2)。この分業の順序は、群の状態や群が置かれた周辺環境、季節等によって流動的に変化するため、固定的なものではないが、群の勢いが強く、周辺の花蜜・花粉源が豊富で活発に採餌活動が行われている場合、日齢と分業の順序は対応することが知られている(渡辺・渡辺, 1974)。

農薬によるミツバチの被害の実態を把握するうえで、雌蜂の分業体制について理解を深めることは重要である。分業体制から曝露経路を推察すると、外勤蜂の場合、農薬散布液の直接曝露、花蜜、花粉からの直接曝露等が考えられる。一方、内勤蜂は、農薬に直接曝露することではなく、外勤蜂が集めた花粉や花蜜、または体表に付着した農薬等、外勤蜂が巣箱に持ち込んだ農薬に二次的に曝露すると考えられる。このように農薬の曝露経路は外

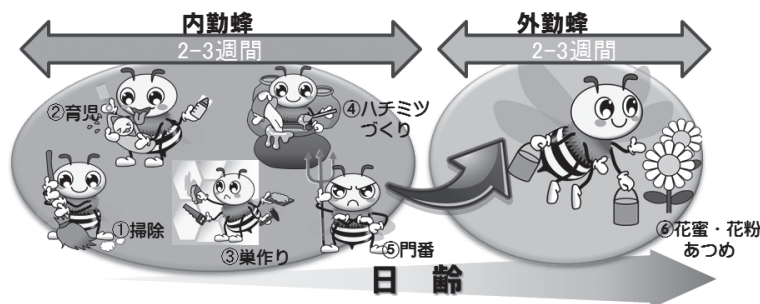


図-2 雌蜂の日齢に伴う分業体制

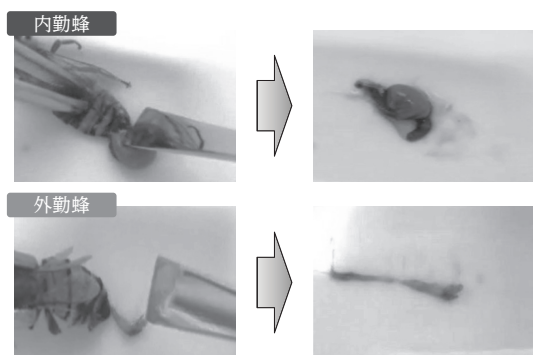


図-3 内勤蜂（上）と外勤蜂（下）の腸管

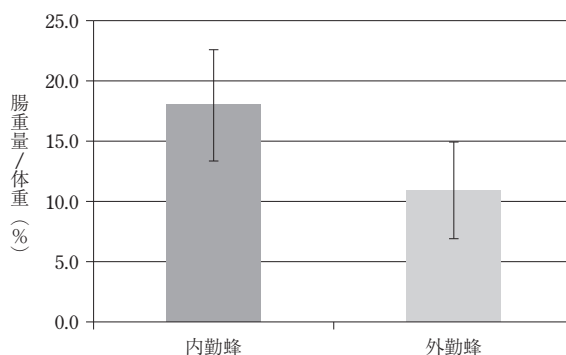


図-4 内勤蜂（左）と外勤蜂（右）の体重に対する腸重量の比率

勤蜂と内勤蜂とで異なると考えられるため、ミツバチ群への農薬の曝露経路をより詳細に解析するには、外勤蜂と内勤蜂それぞれの曝露量を明らかにする必要があると考える。

そこで我々は、ミツバチの被害試料を内勤蜂および外勤蜂を識別したうえで一頭ごとに残留農薬を分析することが曝露経路解明に有効と考え、ミツバチ一頭を試料とした残留農薬の分析方法の開発および分析に供した試料の内勤蜂と外勤蜂の識別方法について検討を行っている(大石・石原, 2015)。次項ではこのうち内勤蜂と外勤蜂との識別手法について解説したい。

III 働き蜂の識別手法の検証

内勤蜂と外勤蜂の分業の順序は日齢に対応するため、それぞれを外見の違いから識別することは困難である。そこで、内勤蜂と外勤蜂との仕事の違いおよび生理的变化に着目し、識別手法を検討した。

前述の通り、雌蜂は羽化後、内勤蜂として巣箱内で働く。内勤蜂の体は未発達であることから、花粉を摂取することでタンパク源を補給し、体を生理的に完成させる必要がある。また、巣内の蜂児や女王蜂の餌となる蜂乳やローヤルゼリーを体内で生産するためにも、花粉を摂

取する必要がある。一方、外勤蜂は雌蜂の分業の最終段階であり、体は完成しており、また、蜂児や女王蜂への給餌作業を行わない。そのため、タンパク源を摂取する必要性がなく、エネルギー源である糖蜜のみを消費する(坂上, 1983)。このように、内勤蜂と外勤蜂とは従事する仕事や生理状態の違いから摂取する餌が異なっている。さらにミツバチは排泄物を巣箱外に排泄するまで腸内に蓄える性質を持っている(吐山, 1997)ことから、腸管の内容物を比較することで識別ができると考え、体重に対する腸重量の比率を比較する識別手法を検証した。

図-3に示す写真は、内勤蜂と外勤蜂の腸管を比較したものである。内勤蜂の腸管は排泄物で満たされているのに対して、外勤蜂の腸管は縮んでおり、内部に固形物がないことが確認できる。取り出した腸の重さを計測し、体重に対する腸重量の比率を比較したところ、内勤蜂の平均の腸重量の比率は、外勤蜂の1.65倍であり、 t 検定の結果、両者の間には有意差($p < 0.01$)が認められた(図-4)。この結果から、腸管の内容物の比較は内勤蜂と外勤蜂との識別に有効であることが示唆された。

IV 識別手法の分析前処理過程への活用

腸重量の比較は内勤蜂と外勤蜂の識別に有効であると

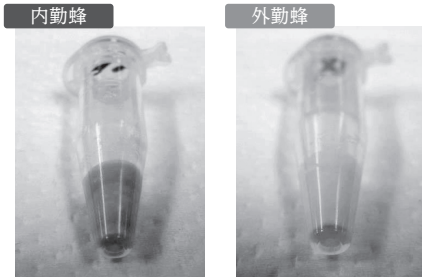


図-5 内勤蜂(左)と外勤蜂(右)の分析前処理終了時における精製塩の色調

考えられたが、腸管を取り出す作業は煩雑であるため、残留農薬分析の前処理作業と併行して実施することは困難であった。そのため、より簡易に識別可能な方法がなかいか検討を行った。

これまで確認した内勤蜂の腸管の内容物はすべて黄色～褐色を呈していた。ミツバチ一頭を試料とした残留農薬の分析では、精製過程で色素などの除去効果を有する白色の精製塩を用いている(大石・石原, 2015)。腸管の内容物の色が前処理終了時における精製塩の色調に影響を及ぼすことが確認されたことから、精製塩の色調の相違による識別手法を検証した。

検証の結果、内勤蜂を処理した際には、すべての個体において精製塩に腸内の排泄物由来と思われる黄色の着色が確認された。一方、外勤蜂の場合においては着色が認められず精製塩は前処理終了時に白色のままであった(図-5)。精製塩の写真を画像解析し、彩度を指標として色の鮮やかさを比較したところ、内勤蜂を処理した際の精製塩の彩度は外勤蜂を処理した際の約3倍であり、重量比による比較と比べ、より有意な差が認められた($p < 0.01$)。

したがって、本手法を用いることで、残留農薬分析の前処理過程で容易に内勤蜂と外勤蜂との識別ができることと考えられた。

おわりに

ミツバチの活動範囲は広く、このことは農薬の使用に

伴いミツバチが農薬に曝露する可能性があることを意味する。農薬への曝露によるミツバチの被害の軽減のためには、外勤蜂への直接的な曝露のみならず、巣内の内勤蜂への二次的な曝露等も考慮した、詳細な曝露経路の解明が、今後必要となると考える。本稿で紹介した内勤蜂と外勤蜂との識別手法の知見が、近年発生している被害における曝露経路解明の一助となり、より効率的なリスク削減対策の策定に役立てば幸いである。

謝辞 本研究を進めるにあたり、ミツバチ試料の採取にご協力いただくとともにご提供いただいた(一社)日本植物防疫協会、長岡広行氏、及川雅彦氏に、この場を借りて深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) JOHANSEN, C. A. (1981): Honeybee science 2: 127 ~ 136.
- 2) JOHNSON, R. M. et al. (2010): Apidologie 41: 312 ~ 331.
- 3) KNOWLTON, G. F. et al. (1950): Adult Honey Bee Losses in Utah as Related to Arsenic Poisoning. http://digitalcommons.usu.edu/uaes_bulletins/301/ (2016年6月時点)
- 4) 日本植物防疫協会 (1967): 農薬ハンドブック, 373 pp.
- 5) _____ (1976): 同上, 504 pp.
- 6) _____ (1985): 同上, 682 pp.
- 7) _____ (1998): 同上, 925 pp.
- 8) _____ (2011): 同上, 689 pp.
- 9) _____ (2016): 同上, 1089 pp.
- 10) 農研機構 (2014): 夏季に北日本水田地帯で発生が見られる巣箱周辺でのミツバチへの死の原因について <http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/140718/> (2016年6月時点)
- 11) 農林水産省 (2013): 蜜蜂の被害事例に関する調査・報告について http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_mitubati/pdf/130530_mitubati.pdf (2016年6月時点)
- 12) _____ (2015): 平成26年度蜜蜂被害事例調査結果 <http://www.maff.go.jp/j/press/syoutan/nouyaku/pdf/150623-01.pdf> (2016年6月時点)
- 13) 岡田一次 (1955): 植物防疫 9: 22 ~ 24.
- 14) _____ (1963): 日本応用動物昆虫学会誌 7: 259 ~ 260.
- 15) 大石桂輔・石原 悟 (2015): 農薬環境科学研究会要旨集 23: 139 ~ 141.
- 16) 坂上昭一 (1983): ミツバチの世界, 岩波新書, 東京, 221 pp.
- 17) 佐々木正己 (2003): 養蜂の科学, サイエンスハウス, 東京, 159 pp.
- 18) THOMPSON, H. M. and D. THORBAHN (2009): Review of honeybee pesticide poisoning incidents in Europe - evaluation of the hazard quotient approach for risk assessment <http://pub.jki.bund.de/index.php/JKA/article/viewArticle/140> (2016年6月時点)
- 19) 吐山豊秋 (1997): 日薬理誌 110: 183 ~ 193.
- 20) 渡辺 寛・渡辺 孝 (1974): 近代養蜂, 日本養蜂振興会, 岐阜, 726 pp.