

ミツバチの田面水を介した農薬暴露実態の解明

－実態調査および調査手法の確立－

市原直登*, 加藤貴央*, 木村 穰*, 石原 悟**

*独)農林水産消費安全技術センター 農薬検査部

**農林水産省 消費・安全局

水田におけるミツバチの水利用実態について野外調査を行った結果、巣箱近傍（半径 200 m 以内）でのみ水田から採水するミツバチが観察された。水田で採水しているミツバチは、土壌表面から染み出た水を好み、湛水状態の田面水から直接採水している個体は観察されなかった。また、水を介した蜂群への農薬の持ち込みや蜂群内での農薬の動態を調査する簡易的な手法の検討を行い、ミツバチへの給水方法としてメディウム瓶をテント内に吊り下げる手法が適していることを確認し、2 ヶ月程度閉鎖空間内で採水量をモニタリングしつつ蜂群を適切に維持できる飼育法を確立した。

Keywords：ミツバチ，蜜蜂，ポリネーター，リスク評価，田面水，半野外試験

緒 言

ミツバチが農薬に暴露する経路は、虫体に直接付着する接触暴露と農薬を含んだ食物などを摂取する経口暴露の 2 つの経路がある。農薬のミツバチに対するリスク評価では両方の暴露経路を考慮した評価が行われている。ミツバチにとって花粉はタンパク源、花蜜はエネルギー源であり蜂群の維持に必須である。そのため、経口暴露の主な暴露源は花粉・花蜜とされている。ミツバチの摂取量と花粉・花蜜の残留農薬濃度から科学的根拠に基づく経口暴露量の推定が可能であり、リスク評価が行われている。

水も花粉・花蜜と同様にミツバチの蜂群の維持に必要であり¹⁾、蜂蜜を幼虫に給餌するための希釈、ローヤルゼリーの生産、気化熱による巣箱内の温度調節など多様な目的で使用されている。外勤蜂の主な仕事は餌となる花粉や花蜜の採取であるが、一部の外勤蜂が、水集めを専門の仕事としていることが知られている²⁾。ミツバチの水利用に関しては一定の知見があるが、水を介した農薬暴露実態を定量的に示した知見は少ない。

評価の先行している欧米においても水を介した農薬のミツバチに対するリスク評価手法は完全には確立していない^{3),4)}。しかしながら、日本の農地はおおよそ半分が水田であり、農薬を施用した水田の水をミツバチが利用する可能性が高いため、田面水を介したミツバチに対する農薬暴露実態を把握・解明することは意義深い。また、暴露実態を反映した

水経由の農薬暴露についてリスク評価導入の可否を今後検討する必要がある。

本調査では、ミツバチの田面水を介した農薬暴露実態の解明を目的に、ミツバチの田面水利用実態の野外調査を行うとともに、蜂群内における水を介した農薬動態を調査する手法を検討した。

材料および方法

1. 野外での採水状況調査

ミツバチの田面水利用実態を確認するため、埼玉県内の養蜂が行われている 3 地点で、巣箱から半径 2 km の範囲内にある水田でミツバチの採水状況を調査した。調査日等を表 1 に示す。

表 1. 各地点の野外調査日、水稻移植時期および調査時の気象条件

調査地点	調査日	水稻移植時期	調査時の気象条件 (上段：天候、 下段：最高/最低 気温 (°C))
A	2019 年 5 月 24 日	2019 年 5 月 18 日頃	晴 31.8/23.3
B	2019 年 5 月 27 日	2019 年 5 月 18 日頃	晴 36.2/18.3
C	2019 年 6 月 11 日	2019 年 5 月 28 日頃	曇/晴 24.3/15.3

それぞれの調査地点の半径 2 km 圏内における水田が占める割合は、A および B で約 50%、C で約 5%だった。A および B では巣箱設置場所周辺は水田に囲まれており、C では巣箱の北西側約 50 m お

よび南側約 30 m に水田が位置していた。調査はいずれもミツバチの活動が活発な午前 9 時から午後 4 時に、水田の周囲を歩いて実施した。田面水の利用調査が目的であるため、調査は水田が湛水状態である水稲移植直後の 5 月から 6 月に実施した。

2. 蜂群内の水を介した農薬動態調査方法の検討

蜂群内での水を介した農薬動態の調査には、蜂群に持ち込まれる水量のモニタリングが必要である。しかし、ミツバチの行動範囲は巣箱を中心に半径 2.0 km から、場合によっては 6.5 km に及び⁵⁾⁶⁾、野外では様々な場所で採水していることが想定されるため、開放空間での調査は困難である。そこで、閉鎖空間での蜂群の飼育方法および給水方法について検討した。

なお、一般にミツバチは閉鎖空間を好まず、長期間閉鎖空間で飼育することは困難であるとされており⁴⁾、OECD が定める蜂群を用いた半野外試験⁷⁾においても、ミツバチに対するストレスから閉鎖空間内での試験期間は 10 日間以内に限定されている。

2.1. 閉鎖空間での飼育法の検討

供試生物は、花粉交配用のセイヨウミツバチ (*Apis mellifera* L.) 群 (巣板 4 枚群 (約 8000 頭)) を、2019 年 7 月 11 日に秋田屋本店 (岐阜県岐阜市) から購入し用いた。巣箱は購入後すぐに農薬検査部内敷地内に設置した簡易テント (FIELDOR 社製、製品名: スクリーンテント, 3.0 m×3.0 m×2.2 m (W×D×H)) 内に設置し、翌日巣門を開け飼育を開始した。餌として果糖ブドウ糖液糖 (Brix 糖度約 70 %, 製品名: はちまんま) および代用花粉 (製品名: ローヤルビー) を与えた。飼育は 2019 年 7 月 12 日から 9 月 10 日にかけて行った。飼育期間中は休日を除く毎朝巣箱外で確認された死虫数を計測した。また、定期的に巣箱内部を確認 (内検) し、巣板両面を写真撮影 (図 1) して生存成虫数を推定した巣板片面をミツバチが覆っている状態を 1000 頭と仮定



図 1. 生存成虫数推定に用いた写真の一例

して蜂群あたりの生存成虫総数を推定した。推定生存成虫数と死虫数から日ごとの死虫率を算出した。

2.2. 給水方法の検討

ミツバチが水場として好む給水方法の検討として 4 つの給水方法 (野外での採水状況を模した①足場として珪砂を敷き詰めたステンレス容器の地面への設置, ②足場として珪砂を敷き詰めたガラス容器の地面への設置, ③足場としてスポンジを浮かべたプラスチック容器の地面への設置, の 3 つの方法および玉川大学中村教授の助言による④脱脂綿で蓋をしたメディウム瓶を逆さにしてテント内に吊り下げる方法) を比較した (図 2)。

2.3. 採水量の調査

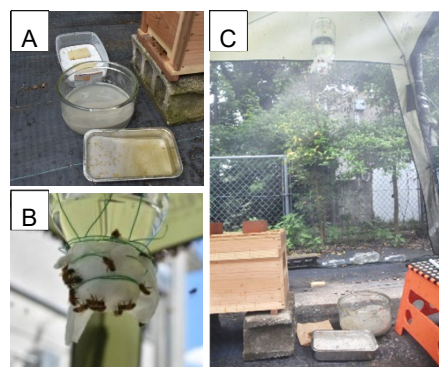


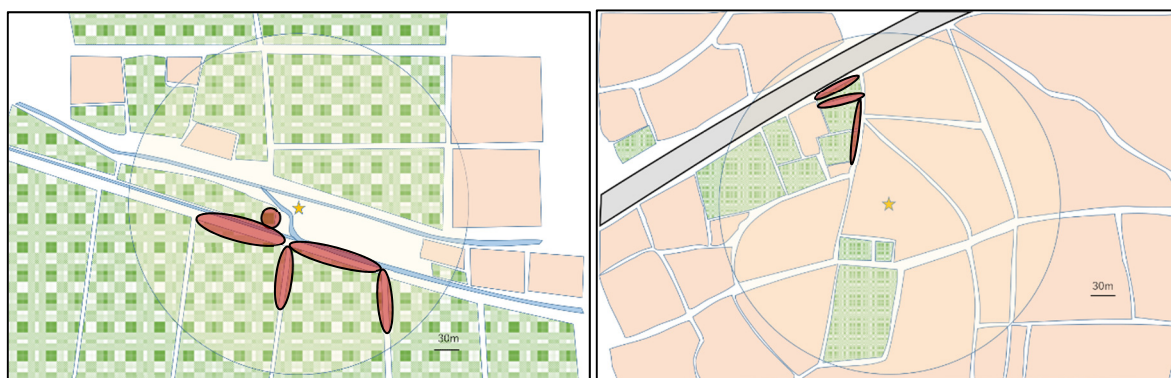
図 2. 検討に用いた給水器 (A: 手法①～③), B: 手法④, C: 全体

閉鎖空間内でミツバチが野外と同様に採水活動を行うことを確認するため、ミツバチが 1 回の採水行動で集める水の量を調査し、文献値と比較した。給水器の設置前後の蒸発量で補正した重量差から総採水量を求め、総採水量をミツバチが給水器に訪れる回数で除してミツバチが 1 回の採水行動で集める水の量を求めた。給水器からの蒸発量はミツバチが採水できないよう吸水口を網で覆った蒸発量測定用の容器を簡易テント内に設置して求めた。ミツバチが給水器に訪れる回数の総数は、午前・午後各 3 回給水器に訪れるミツバチ数を 15 分間観察し、15 分間の平均採水回数を給水器の設置時間で換算して推定した。給水器は毎日午前 9 時から午後 3 時の 6 時間設置した。調査は 2019 年 8 月 6 日から 8 月 12 日に行った。

結果および考察

1. 野外での採水状況調査

いずれの調査地点においても巣箱近傍 (半径 200



★：巣箱 緑格子：水田 オレンジ：水田以外 赤楕円：採水しているミツバチが確認できた場所

図 3. 調査地点周辺の簡略図*（左：調査地点 B, 右：調査地点 C）円は半径 200 m

(*調査地点 A 周辺の土地利用は B と同様であり、ミツバチを確認した場所も類似していたため省略)



図 4. 水田での採水行動の様子

m 以内)の水田でのみ採水活動が観察された(図 3)。エネルギー源とならない水を運ぶ働き蜂は、採水活動中に蜜の補給ができないことから、巣外で長い時間の活動ができず、巣箱近辺で採水することが知られている。本調査で巣箱近傍の水田でのみ採水活動が観察されたことは、これまでの知見を裏付ける結果であった。なお、水田で採水しているミツバチは、いずれも土壌表面から染み出た水を好んで採水しており、湛水状態の田面水から直接採水している

個体は確認されなかった(図 4)。

2. 蜂群内の水を介した農薬動態調査方法の検討

2.1. 閉鎖空間内での蜂群の維持

巣箱内の農薬動態の調査を行うには、閉鎖空間内で一定期間蜂群を適切に維持する必要がある。一般的に飼養されているミツバチの日ごとの死虫率の中央値は 13%程度⁸⁾とされていることから、本検討

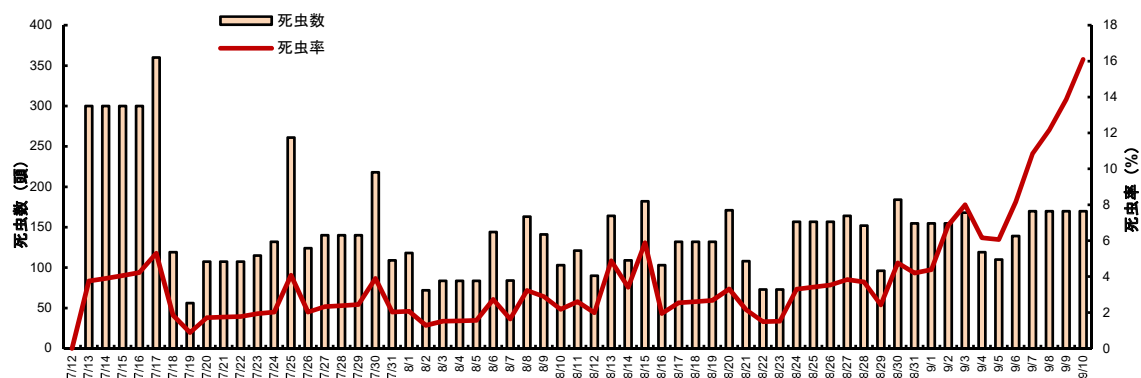


図 5. 飼育期間中の死虫数と死虫率

では日ごとの死虫率が 10%を超えないことを適切な維持と判断する基準とし、閉鎖空間内での蜂群維持手法を検討した。

飼育期間中の日ごとの死虫率を図 5 に示す。飼育開始後数日間の死虫率は 10%より低かったが、死虫数が多く蜂群の状態は安定していなかった。試験開始時に死虫数が多くなる要因として、試験導入前の輸送中のストレスや環境の変化が考えられた。その後、2ヶ月程度は安定した飼育が可能であったが、9月に入り死虫率が上昇する傾向が認められ、死虫率が 10%を超えた。この原因としてミツバチヘギイタダニによる影響が考えられた。ミツバチヘギイタダニは雄蜂を好み、春から夏にかけては雄蜂に寄生しているが、秋になると雄蜂の生産が終わるため働き蜂へ寄生することが知られている⁹⁾。実際に、飼育終了時の働き蜂にミツバチヘギイタダニに寄生された成虫が多数確認された(図 6)。

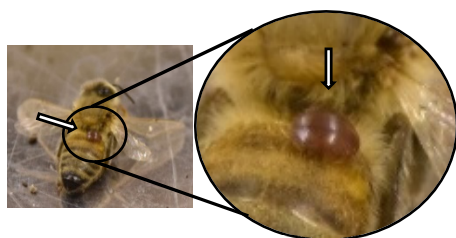


図 6. 働き蜂に寄生するミツバチヘギイタダニ (右は拡大写真)

飼育開始直後や飼育終了前を除いた期間では死虫率は 10%を超えず安定しており、今回の検討では 2ヶ月程度は閉鎖空間内でも蜂群の維持が可能であった。

2.2. 給水方法の検討

地面に給水器を配置する①～③の手法を、7月18日からの14日間、テント内に吊す④の手法を7月24日からの4日間検討した。その結果、①～③の手法では14日間で採水に訪れたミツバチは観察されなかった。一方、④の手法では設置翌日からミツバチの活発な採水行動が観察された。脱脂綿で蓋をしたメディウム瓶をテント内に吊り下げる手法が今回試した手法のなかで最も適していると考えられた。

2.3. 採水量の調査

2.2. で検討した給水器を吊り下げる手法でミツバチの採水量の調査を行った(図 7)。

7日間の総採水量、採水回数および1回当たりの採水量を図 8 に示す。晴天時に総採水量および採水



図 7. 採水量調査の様子 (左の容器は蒸発量測定用)

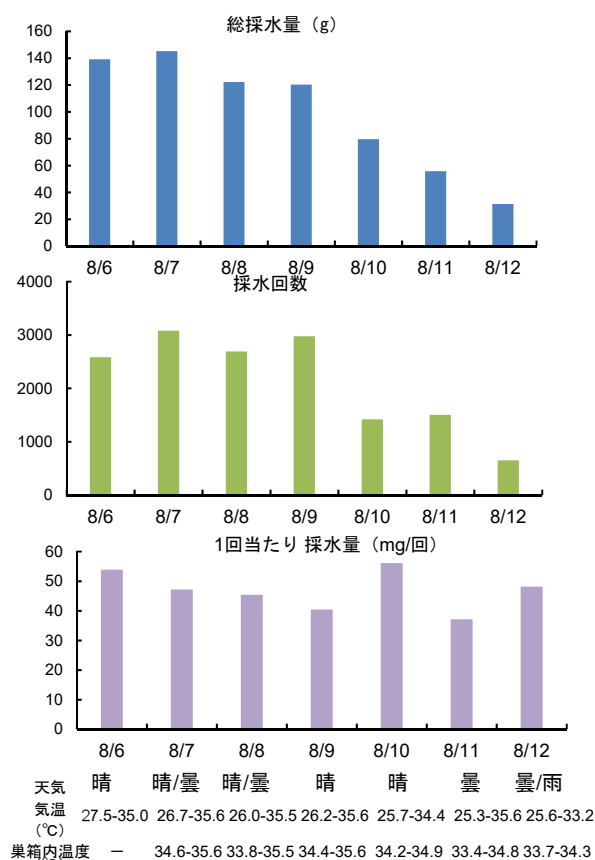


図 8. 総採水量 (上), 採水回数 (中), 1 回当たりの採水量 (下)

回数が上昇する傾向は見られなかった。一般にミツバチは巣箱内、特に幼虫を育てる領域 (蜂児域) の温度を 35℃前後に保つことが知られている。本調査でも、巣箱内温度が 35℃を超えると採水回数が上昇する傾向が認められており、蜂児域の温度が採水のトリガーになっている可能性が考えられた(図 9)。1 回当たりの採水量は 37-56 mg (平均値±SD: 47 ±6.3 mg) と日による変動は小さかった。本結果

は文献値¹⁰⁾ (30–58 mg) と同等の結果であり、本飼育条件下において野外と同様に採水していることを確認した。

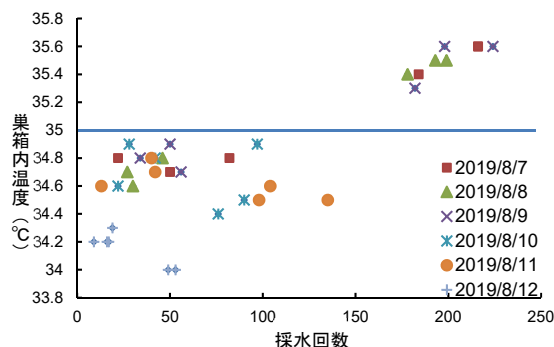


図9. 巣箱内温度と採水回数 (8月6日の巣箱内温度は未測定)

まとめ

ミツバチの田面水利用状況を調査した結果、水田で採水する個体が巣箱にごく近い水田でのみ観察された。また、田面水を直接採水する個体は観察されず、土壌から染み出た水を好む傾向が認められた。

簡易テントを用いた閉鎖空間内でのミツバチ蜂群の飼育方法を検討した結果、2ヶ月程度蜂群を適切に維持することができた。閉鎖空間内において、ミツバチは地面に配置した給水器より巣箱上部に吊した給水器から好んで採水した。一般にミツバチを長期間閉鎖空間で飼育することは困難であるとされているが、本検討では、蜂群への給餌及び給水を適切に行えたことから、比較的長期間閉鎖空間内でのミツバチ蜂群を維持できたと考えられた。また、安定した蜂群の維持には、蜂群導入後に順化期間を設けること、ダニの発生を抑制することが重要と考えられた。

本結果を踏まえ、吊した給水器 (メディウム瓶) の重量測定をすることでミツバチの採水量をモニタリングしつつ、蜂群を適切に維持できる飼育法が確立できた。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、野外調査にご協力いただいた埼玉県畜産会 金子氏、埼玉県養蜂協会 鈴木氏、間室氏、神田氏、埼玉県農業研究センター成田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) Seeley, T.D.(1995): THE WISDOM OF THE HIVE. The Social Physiology of Honey Bee Colonies, HARVARD UNIVERSITY PRESS,
- 2) Robinson, G.E., et al.(1984): A highly specialized water-collecting honey bee, *Apidologie* 15:355-358
- 3) EFSA(2013): EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees).p60
- 4) U.S.EPA(2014): Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees.
- 5) 坂上昭一(1983): ミツバチの世界, 岩波新書, p.221
- 6) 佐々木正己(2003): 養蜂の科学, サイエンスハウス, p159
- 7) OECD(2007): GUIDANCE DOCUMENT ON THE HONEY BEE (*APIS MELLIFERA* L.) BROOD TEST UNDER SEMI-FIELD CONDITIONS.
- 8) EFSA(2013): EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees).p84
- 9) 木村 澄, 松山 茂, 中村 純, 浅田研一, 荻原麻理(2019): 養蜂技術指導手引書V 養蜂における衛生管理ダニ防除技術, 一般社団法人日本養蜂協会, p.10
- 10) Visscher, P.K. et al.(1996): How do honey bees (*Apis mellifera*) fuel their water foraging flights?, *Journal of Insect Physiology* 42:1089 - 1094