

ミツバチの田面水を介した農薬暴露実態の解明

－実態調査および採水場所の嗜好性調査－

高野優美*, 市原直登**, 加藤貴央*, 横田典明***, 石原 悟****

*独)農林水産消費安全技術センター 農薬検査部

**環境省 水・大気環境局

***独)農林水産消費安全技術センター 福岡センター

****農林水産省 消費・安全局

ミツバチの田面水を介した農薬暴露実態を解明するため、巣箱周辺で水稻を栽培している地域における野外実態調査および水田枠を用いた閉鎖空間における採水場所の嗜好性調査を行った。野外実態調査ではミツバチ試料（ミツバチ成虫および幼虫）を採取し、農薬成分の分析を行った。調査した4地点のうち、2019年度の調査では3地点、2021年度の調査では1地点のミツバチ試料から調査対象とした農薬成分が定量下限値以上で検出された。検出頻度は、2019年度の調査で4.7%（分析した試料計600頭のうち28頭から検出）、2021年度の調査で0.75%（分析した試料計400頭のうち3頭から検出）であった。閉鎖空間における採水場所の嗜好性調査では、ミツバチの採水場所に関する嗜好性は畦を模した盛り土で最も高く、次いで足場の安定する茎などで高い傾向が見られた。また、2019年度の調査で採水場所として好んでいた「巣箱上部に設置する給水器」から採水する個体は認められなかった。2021年度の調査では、水田枠を採水場所として認識して一定期間飼育した後に給水器を設置したため、給水器を採水場所として選択しなかった可能性が示唆された。

Keywords : ミツバチ, 蜜蜂, ポリネーター, リスク評価, 田面水, 野外調査, 採水, 嗜好性

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つの経路があり、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¹⁾。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。ミツバチの摂餌量と花粉・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・花蜜と同様に蜂群の維持に必要であり²⁾、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³⁾。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⁴⁾。しかしながら、日本の農地のおよそ半分は水田であり、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の暴露実態を把握・解明することは、日本におけるミツバチに対する農薬のリスク評価を考える上で重要である。また、暴露実態を反映した田面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。

2019年度の報告⁵⁾では、実際の養蜂現場周辺の水田における採水活動の調査のほか、閉鎖空間における蜂群の飼育方法の検討結果を報告した。2020年度の報告⁶⁾では、2019年度の調査で確立した閉鎖空間における蜂群の飼育方法を用いて、農薬成分および蛍光物質をトレーサーとした蜂群内における水を介した物質の動態調査の結果を報告した。

本報では、2019年度および2021年度に実施した養蜂現場におけるミツバチ成虫および幼虫の田面水経由の農薬暴露実態調査および水田枠を用いた閉鎖空間におけるミツバチの採水場所の嗜好性を調査した結果を報告する。

材料および方法

1 野外実態調査

飼養されているミツバチの田面水経由での農薬暴露実態を調べるため、2019年度および2021年度に埼玉県養蜂協会の協力を得て、埼玉県内の養蜂が行われている4地点で、水田に除草剤が施用される時期（水稻の移植直後の5月下旬～7月上旬）に水田付近に設置された巣箱からセイヨウミツバチ（*Apis mellifera* L.）成虫および幼虫を採取し、虫体中の農薬成分について分析を行った。

2021年度の調査では、ミツバチ成虫および幼虫に加えてミツバチの採水活動が認められた水田および周辺の用水路から採取した水の分析も行った。

また、2019年度の報告と同様に、2021年度に各調査地点において巣箱から半径2 kmの範囲内にある水田でミツバチの採水活動を調査した。

1.1 試料採取地点および採取日等

試料採取地点、採取日、採取日の最高/最低気温および水稻移植開始時期を表1に示す。

1.2 水田における採水活動の観察

採水活動の観察は試料採取と同日に行った。

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地点で約50%、C地点で約5%、D地点で約60%だった。A、BおよびD地点の巣箱設置場所周辺は水田に囲まれて

おり、C地点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稻移植直後の5月から6月に実施した。

1.3 調査対象農薬成分

2019年度の調査では、埼玉県農業技術研究センターから得られた調査地点の周辺水田における使用予定除草剤の情報を参考に選定した。

2021年度の調査では、2019年度の調査対象成分、2019年度および2020年度に閉鎖空間内の試験に用いた成分に加え、巣箱周辺の水田の農家へ使用した除草剤について聞き取りを行い、巣箱周辺で使用されたと考えられる農薬成分を調査対象成分とした。

また、2021年度の調査では、ミツバチの採水活動が確認された巣箱周辺の水田については田面水を採取し、検出された成分を調査対象成分とした。プロモブチドおよびベンゾピシクロンは分解物も調査対象とした。

2019年度の調査対象成分を表2-1に、2021年度の調査対象成分を表2-2に示す。

表1. 試料採取日、採取日の天候および水稻移植時期

	調査地点	試料採取日	天候*	気温 (°C) * (最高/最低)	水稻移植時期
2019年度調査	A地点	2019年5月24日	晴	31.8/23.3	2019年5月18日頃
	B地点	2019年5月27日	晴	36.2/18.3	2019年5月18日頃
	C地点	2019年6月11日	曇後一時晴	24.3/15.3	2019年5月28日頃
	D地点	2019年7月8日	曇	24.9/18.7	2019年6月28日頃
2021年度調査	A地点	2021年5月17日	曇時々雨	22.8/18.5	2021年5月10日頃
	B地点	2021年5月24日	曇一時晴後雨	27.0/15.6	2021年5月18日頃
	C地点	2021年6月23日	曇後雨時々晴	28.1/18.9	2021年6月12日頃
	D地点	2021年7月6日	曇時々雨	29.1/22.1	2021年6月28日頃

* アメダスデータ（観測地点：埼玉県熊谷市）

1.4 成虫および幼虫の採取

試料の採取はミツバチが活動している日中に行った。成虫は採水蜂が活動している可能性が高い外側の巣板をビニール袋内で振り、払い落として採取し、保冷剤をいれたクーラーバッグ中で低温に維持して実験室に持ち帰り、冷凍庫（-80℃）で保管した。幼虫は蜂児域の巣板を実験室に持ち帰り、冷凍庫（-80℃）で保管した。後日、巣房から終齢幼虫と考えられる個体を採取した。なお、2021年度のA地点においては、幼虫試料が採取できなかったことから、幼虫の代わりに蛹を試料とした。

1.5 田面水の採取

ミツバチが採水していた場所から10 mL 容ガラ

スパイラル瓶を用いて田面水を採取し、冷蔵庫（3℃）で保管した。

1.6 内勤蜂/外勤蜂の識別と農薬成分分析

2019年度の調査では、各地点で採取した試料からそれぞれ成虫100頭および幼虫50頭を無作為に選択し、表2-1に示した農薬成分のスクリーニング分析（定量下限値以上での検出を確認）を行った。2021年度の調査では、2019年度と同様に採取した成虫および幼虫50頭ならびに各地点で採取した田面水を用いて、表2-2に示した農薬成分について定量分析を行った。

虫体の分析はミツバチ一頭を分析試料とし、QuEChERS法による前処理を行い、試験溶液を調製した。成虫に関しては、2016年度に報告した手

表2-1. 調査対象成分（2019年度調査）

成分名	調査対象成分			
	A地点	B地点	C地点	D地点
イマゾ スルフロ	○	○	○	
オキサジ クロメホ			○	
シハロップ フチル			○	
ジメタメトリン ^{b)}			○	
シメトリン ^{a) b)}			○	
ダ イムロン			○	
テフリルトリオン			○	
ビラクロニル ^{b)}	○	○	○	
ビラゾ スルフロニエチル			○	
ピリプロチカルブ			○	
プレチラクロール ^{b)}			○	○
プロモフチド ^{a) b)}	○	○	○	
プロモフチド 脱臭素体				
ペンゾピシクロ			○	○
ペンゾピシクロ加水分解体				
ペンタリソナトリウム塩			○	
モリネート			○	

○ 使用予定の除草剤に含まれる有効成分

a) 2019年度の閉鎖空間における調査で用いた成分

b) 2020年度の閉鎖空間における調査で用いた成分

表2-2. 調査対象成分（2021年度調査）

成分名	調査対象成分			
	A地点	B地点	C地点	D地点
イマゾ スルフロ		✓	✓	
オキサジ クロメホ		✓		
シハロップ フチル				
ジメタメトリン ^{b)}		✓	✓	
シメトリン ^{a) b)}				
ダ イムロン	◎	✓	✓	
テフリルトリオン				
トリシラソール ^{a) b)}		✓	✓	
ビラクロニル ^{b)}		✓	✓	✓
ビラゾ スルフロニエチル			✓	
ピリプロチカルブ			✓	
プレチラクロール ^{a) b)}			✓	
プレチラクロール ^{b)}		✓		◎ ✓
プロモフチド ^{a) b)}		✓		✓
プロモフチド 脱臭素体				
ペンゾピシクロ			✓	◎ ✓
ペンゾピシクロ加水分解体				
ペンタリソナトリウム塩				
モリネート				

◎ 農家への聞き取りで使用したことがわかっている成分

✓ 採取した水から検出された成分

a) 2019年度の閉鎖空間における調査で用いた成分

b) 2020年度の閉鎖空間における調査で用いた成分

法⁸⁾を用い、精製塩の色度座標を指標とした内勤蜂と外勤蜂の識別を行った。

田面水は、15,000 rpm で5分間遠心分離し、上清をアセトニトリルで10倍に希釈した後、再度15,000 rpm で5分間遠心分離し上清を試験溶液とした。

農薬成分の分析はLC-MS/MSを用い、表2-1および2-2に示す成分について一斉分析を行った。

2 水田枠を用いた閉鎖空間における採水場所の嗜好性調査

ミツバチの採水場所の嗜好性について要因を明らかにすることは、ミツバチが採水目的で水田へ飛来することを防ぐリスク管理措置の提案にも寄与するものと考えられる。

これまでの野外調査では、ミツバチは水田の湿った土壌が露出している部分から採水している様子が観察されている⁹⁾。一方、閉鎖空間における調査では、地面に設置した給水器ではなく巣箱上部に設置した給水器から採水する行動が確認されており、飼育環境により採水場所の嗜好性が異なることが示唆されている⁹⁾。

今回は、農薬検査部敷地内にある水田枠を用いて、水田が巣箱のすぐそばにある環境で採水場所の嗜好性を調査した。

調査は、2019年度の調査で確立した蜂群を閉鎖空間内（簡易ハウス内）で維持する手法⁶⁾に準じて行った。

2.1 供試生物

2021年6月29日に秋田屋本店（岐阜県）からセイヨウミツバチ（*Apis mellifera* L.）（巣板5枚群）を2群購入した。購入後、閉鎖空間（簡易ハウス内）に導入するまでの間、野外環境で飼育（順化）した。巣箱を簡易ハウス内に導入した日を順化開始日とし、7日間順化させた後、調査を開始した。

2.2 飼育環境および観察期間

田面水採取場所における条件の異なる以下の2つの試験区（試験区①および②）を設けた。各試験区は、水稻を移植した水田枠を簡易ハウスで覆

い、閉鎖空間とした（図1a）。簡易ハウスの側面は網（網目1mm）とし、通気性を確保した。

2021年8月30日から9月7日にかけて、畦への嗜好性調査を行い、9月8日から9月17日にかけて、それぞれの簡易ハウス内の天井から給水器を吊し、水田と給水器のどちらを採水場所として好むか調査した。

なお、播種から調査期間をとおして、水稻には農薬を使用せず栽培した。

2.2.1 試験区①（畦を模した湿った土壌経由）

畦を模して水田枠の端に土を盛った試験区（試験区①）（図1b）。

2.2.2 試験区②（田面水経由）

水田枠の端の株を刈り取り、水面を露出させた試験区（試験区②）（図1c）。

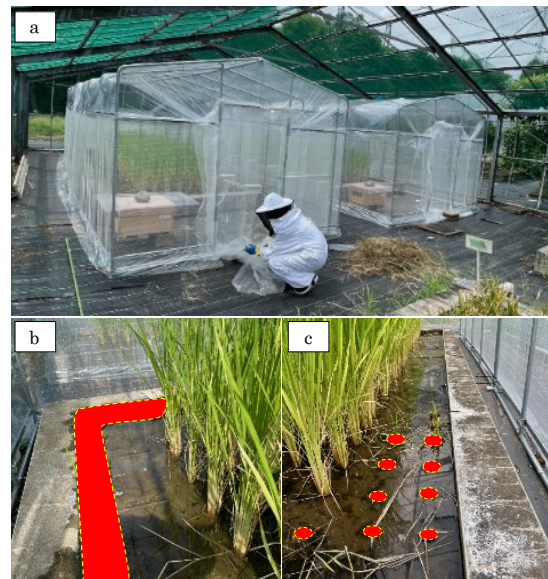


図1. 飼育環境および試験区の設定

- a. 全景（左が試験区①、右が試験区②）
- b. 試験区①（盛り土部分を赤色で図示）
- c. 試験区②（切り株の一部を赤色で図示）

2.3 観察項目

2.3.1 死虫数および蜂群強度

巣箱を簡易ハウス内に導入後、巣箱外で確認された死虫数を計測した。また、順化開始前および試験開始時に巣箱内部を確認（内検）し、巣板両

面を写真撮影（図2）して成虫総数（蜂群強度）を推定した。巣板片側全面をミツバチ成虫が覆っている状態を1,000頭と仮定して推定した。

死亡成虫数および生存成虫総数から、日ごとの死虫率を算出した。蜂群が安定している状態の目安は、死虫率が10%を超えないこととした。



図2. 成虫数推定に用いた写真の一例

2.3.2 気象条件

試験期間中の気象条件を、アメダスデータ（観測地点：東京都府中市）を元に記録した。

2.3.3 採水活動の調査

採水活動は、1日に1回、午前9時から水田枠

を3分程度で1周し観察を行った。採水を行っていた場合、採水場所を記録した。

2.3.4 採水場所の温度

スマートフォン用サーモカメラ（フリーアシステムズ社製、製品名：FLIR ONE PRO）を用いて、採水場所の温度を測定した。

結果および考察

1 野外実態調査

1.1 水田における採水活動の観察

試料採取地点周辺において観察されたミツバチの採水活動の様子を一例を図3に示す。2019年度に実施したD地点の調査結果について、本報告において併せて考察する。

2019年度の調査結果と同様に、2019年度のD地点および2021年度のいずれの地点においても、ミツバチの採水活動は巣箱近傍の水田でのみ観察された。また、2019年度の調査結果と同様に、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。

1.2 田面水中の調査対象成分の濃度

2021年度にミツバチの採水活動が認められた場



図3. 各試料採取地点で観察されたミツバチの採水活動の様子

所から採取した水に含まれる調査対象成分の分析結果を表3に示す。

A地点の田面水から、ジメタメトリン 1.6 ppb、トリシクラゾール 13 ppb、プレチラクロール 2.7 ppb が検出された。B地点の用水路から採取した水から、イマゾスルフロン 5.5 ppb、トリシクラゾール 24 ppb、ピリプチカルブ 0.86 ppb、ブタクロール 3.4 ppb、ベンゾピシクロン 1.5 ppb が検出された。B地点の田面水から、トリシクラゾール 22 ppb が検出された。C地点およびD地点の田面水からは、定量下限値以上で検出された成分はなかった。A地点およびD地点では、農家への聞き取り調査により使用されていることが明らかとなった成分以外の成分も検出されたが、検出濃度は低く、用水路の水に由来するものと考えられた。

1.3 内勤蜂/外勤蜂の識別とミツバチ成虫および幼虫から検出された成分

内勤蜂/外勤蜂の識別結果および虫体中の調査対象成分の分析結果を別表1および別表2に示す。

2019年の調査では、調査対象成分は、A、BおよびC地点の24頭の成虫から、B地点の4頭の幼虫から定量下限値以上で検出された。

2021年度の調査では、調査対象成分は、D地点の成虫2頭から定量下限値以上で検出された（ダイムロン；0.72 ng/bee、ベンタゾンナトリウム塩；0.43 ng/bee）。また、D地点の幼虫1頭からトリシクラゾールが 1.1 ng/bee 検出された。

その他の試料からは、定量下限値以上で検出された成分は認められなかった。

1.4 考察

1.4.1 調査対象成分の水中濃度とミツバチから検出された量

2021年度の調査で、水から最も高濃度で検出された成分は、トリシクラゾールであり、B地点の用水路から 24 ppb で検出された（表3）。2019年度に閉鎖空間で行った調査では、採水蜂は1回の採水行動で平均 47 mg の水を持ち帰っていると推定された⁶⁾。推定採水量から、採水蜂から検出さ

表3. 採取した水に含まれる調査対象成分の分析結果

成分名	定量 下限値 (ppb)	分析値 (ppb)				
		A地点	B地点		C地点	D地点
		田面水	用水路*	田面水	田面水	田面水
イマゾスルフロン	4.0	-	5.5	-	+	-
オキサジクロメホン	0.8	-	-	+	-	-
シハロップフェチル	4.0	-	-	-	-	-
ジメタメトリン	0.8	1.6	+	-	-	-
シメトリン	4.0	-	-	-	-	-
ダイムロン	0.8	+	+	-	-	-
テフリルトリオン	2.0	-	-	-	-	-
トリシクラゾール	2.0	13	24	22	-	-
ピラクロニル	4.0	+	-	-	+	-
ピラゾスルフロンエチル	2.0	-	+	-	-	-
ピリプチカルブ	0.8	-	0.86	-	-	-
ブタクロール	2.0	-	3.4	+	-	-
プレチラクロール	0.8	2.7	-	-	-	+
プロモフチ	0.8	+	-	-	-	+
プロモフチ脱臭素体	0.8	-	-	-	-	-
ベンゾピシクロン	0.8	-	1.5	-	-	+
ベンゾピシクロン加水分解体	2.0	-	-	-	-	-
ベンタゾンナトリウム塩	0.8	-	-	-	-	-
モリネト	4.0	-	-	-	-	-

+ 定量下限値未満でピークが確認された成分 - 未検出

* 水田に隣接する用水路でもミツバチが採水を行っていたことから、用水路の水も採取し分析した。

れると考えられる農薬量を推算すると 1.1 ng/bee となる。一方で、本調査で分析した B 地点のミツバチ試料からトリシクラズールは定量下限値である 1.0 ng/bee を上回る量で検出されなかった。

A 地点では、田面水から複数成分が定量下限値以上検出されたが、虫体から定量下限値以上で検出されることはなかった。また、C 地点では、田面水および虫体から定量下限値以上で検出された調査対象成分はなかった。

野外調査全体では、調査した成分が虫体から定量下限値以上で検出されたのは、D 地点の試料からのみであった。

検出頻度は、2019 年度および 2021 年度でそれぞれ 4.7% および 0.75% であり、巣箱近傍で水稻作が行われている地域での調査であったが、田面水由来の農薬成分がミツバチ虫体から検出される頻度は高くなかった。

1.4.2 2 年間の調査のまとめ

2019 年度および 2021 年度の 2 回にわたり、野外における田面水を経由したミツバチの農薬暴露実態を調査した。巣箱周辺の水田ではミツバチが採水している様子がいずれの年の調査でも観察され、近くに水田があれば、水田を採水場所として利用していることが確認された。一方で、水田周

辺の巣箱からミツバチを採取し虫体中に含まれる農薬成分を分析した結果、田面水に由来する農薬成分が検出される頻度は高くなかった。また、検出された成分量は、田面水中濃度とミツバチの採水量から推定したミツバチ 1 頭あたりの農薬量よりも少なかった。この原因として、ミツバチが水田以外から採水している可能性や、巣箱内に水を持ち入れる前に排泄している可能性⁷⁾が推測された。

2 水田枠を用いた閉鎖空間における採水場所の嗜好性調査

2.1 採水場所の違いによる嗜好性調査

2.1.1 試験期間中の蜂群の状態

試験期間中の死虫率を図 4 に示す。

9 月 10 日までの死虫率は 10% を下回っており、蜂群状態は安定していた。一方で、9 月 10 日以降は試験区①での死虫率が 10% を超える日が続いた。また、試験区②においても 9 月 14 日に死虫率が 10% を超えた。

2.1.2 嗜好性調査結果

水田枠におけるミツバチの採水の様子を図 5 に示す。

試験開始直後は試験区①では畦を模した盛り土

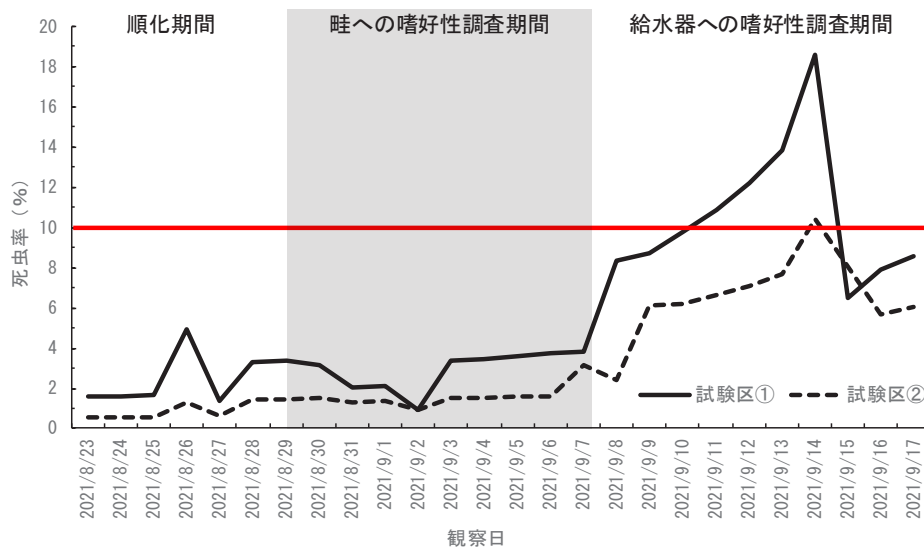


図4. 試験期間中の死虫率

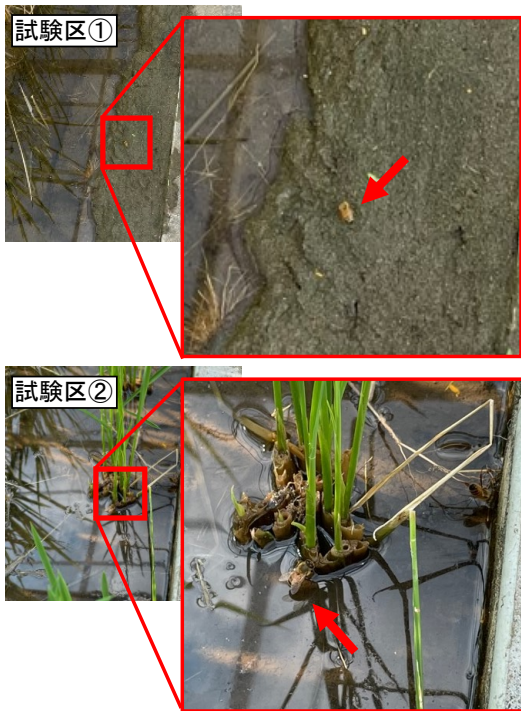


図5. 採水の様子（8月30日撮影）

から採水しており、試験区②では刈り取った水稻の茎にしがみつきの採水している様子が観察された。いずれも水面から直接採水する様子は観察されず、土壌から浸出した水や、毛細管現象で茎の溝に吸い上げられた水を採水している様子が観察された。

表4に試験区①および②における採水活動の観察結果および気象条件を示す。

試験期間中、曇や雨、最高気温が30℃に達しない日が多く、観察を行った時間に採水活動が確認できたのは8月30日、9月8、13、14および15日であった。

採水活動の観察の結果、試験区①のミツバチは畦を模した盛り土からのみ採水しており、水面から直接採水している個体や、茎にしがみついで採水している個体などは確認されなかった。一方、畦を模した盛り土を設けなかった試験区②では、水面上に露出した水稻の切り株から浸出した水や水稻の茎から採水する個体および、コンクリート枠の壁面にしがみつきの濡れた部分から採水する様子が観察された。

給水器への嗜好性調査期間では、試験区①では

表4. 採水場所の嗜好性調査結果

調査日	採水回数				気象条件*			備考	
	試験区①		試験区②		気温(℃)		天候		
	畦から	その他	茎等から	その他	最高	最低			
2021/8/30	15	0	6	0	34.1	24.4	晴		
畦への嗜好性調査期間	2021/8/31	0	0	0	0	31.3	20.7	曇	
2021/9/1	0	0	0	0	22.1	17.6	曇/雨		
2021/9/2	0	0	0	0	19.9	17.8	雨		
2021/9/3	0	0	0	0	20.6	18.3	雨/曇		
2021/9/4	0	0	0	0	21.6	18.5	雨/曇		
2021/9/5	0	0	0	0	24.4	18.1	雨/曇		
2021/9/6	0	0	0	0	20.5	17.8	曇/雨		
2021/9/7	0	0	0	0	23.8	14.9	曇		
給水器への嗜好性調査期間	2021/9/8	2	0	3	0	24.1	15.8	曇/雨	給水器を設置
2021/9/9	0	0	0	0	22.6	17.7	雨/曇		
2021/9/10	0	0	0	0	29.8	19.5	晴		
2021/9/11	0	0	0	0	29.0	21.9	曇/雨	試験区①で死虫率10%超	
2021/9/12	0	0	0	0	25.8	22.3	曇	試験区①で死虫率10%超	
2021/9/13	0	0	1	0	30.5	20.6	曇	試験区①で死虫率10%超	
2021/9/14	0	0	6	0	25.7	19.3	曇	試験区①、②で死虫率10%超	
2021/9/15	0	0	2	0	28.7	19.3	曇/晴		
2021/9/16	0	0	0	0	26.8	18.9	晴/曇		
2021/9/17	0	0	1	0	25.2	18.7	曇		

* アメダスデータ（観測地点：東京都府中市）

9月8日に畦を模した盛り土から採水する個体が確認された。その後、調査が終了するまでの間、午前9時の観察時においては採水する個体は確認されなかった。これは日ごとの死虫率が10%を超えるなど蜂群状態が安定しなかったことや、気象条件などが原因と考えられた。試験区②では9月8、13、14および15日に採水する個体が観察されたが、いずれも給水器を簡易ハウス内に導入する前の状況と変わらず、水稻の切り株や茎、コンクリート枠部分から採水するのみで、給水器から採水する個体は確認されなかった。

今回の調査の結果、ミツバチの採水場所に関する嗜好性は、畦を模した盛り土で最も高く、次いで足場の安定する茎などで高い傾向が見られた。

一方で、給水器に関してはミツバチの採水場所としての嗜好性は低かった。

2.2 考察

2021年度の観察で、給水器や水稻の茎と比較して、畦を模した盛り土への嗜好性が高い傾向が認められた。ミツバチが採水場所として好む場所と温度の関係を解析するため、サーモカメラを用いて採水場所の温度を測定した(図6)。

試験区①でミツバチが採水していた畦を模した盛り土の部分と茎部の温度はそれぞれ28.5℃、27.1℃であり、大きな違いは認められなかった。また、試験区②では茎部から採水していたが、茎部は31.4℃、水面は30.2℃であり、大きな違いは認められなかった。

また、畦を模した盛り土、茎部、給水器の温度も同様に大きな違いは認められなかった(図7)。

以上より、それぞれの採水場所で温度の違いは認められなかった。

2019年度の簡易テントを用いた閉鎖空間における調査では、天井から吊した給水器と地面に置いた給水器のどちらを採水場所として好むか比較した。その結果、天井から吊した給水器からのみ採水することが確認され⁹⁾、本結果より、ミツバチは巣箱上部に吊した給水器を採水場所として好むと考えていたが、今回の調査結果はそれとは異なる結果であった。

2021年度の調査では、順化期間中にミツバチが

水田枠の水を採水する活動を確した上で調査を開始し、その後、簡易ハウスの天井から給水器を吊した。ミツバチは効率よく採餌するために、連続して同じ花に訪花する性質があることが知られている⁹⁾。採水行動においても同様に、最初に採水場所と認識した所から採水し続ける性質がある可能性が考えられた。

人工的な採水場所を設置してミツバチが採水目的で水田へ飛来することを防ぐためには、設置場所の環境だけでなく、水田に水を張る前から設置しミツバチに水田より先に採水場所として認識させるといった、設置のタイミングも重要である可能性が示唆された。

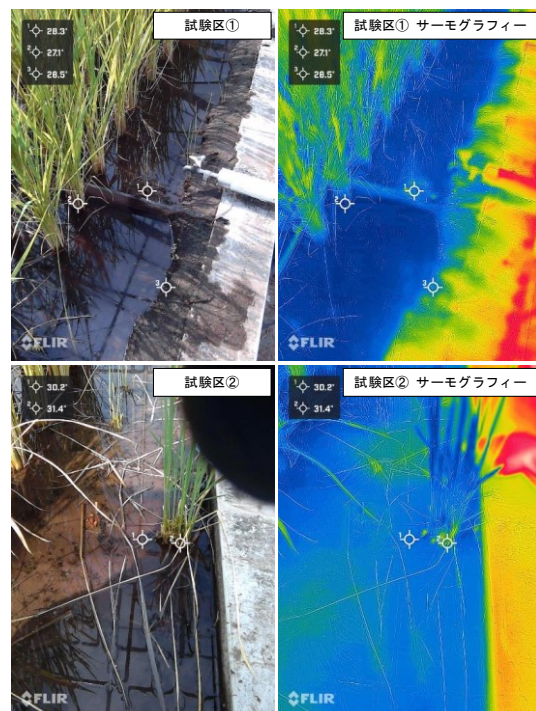


図6. 採水場所の温度(8月30日撮影)

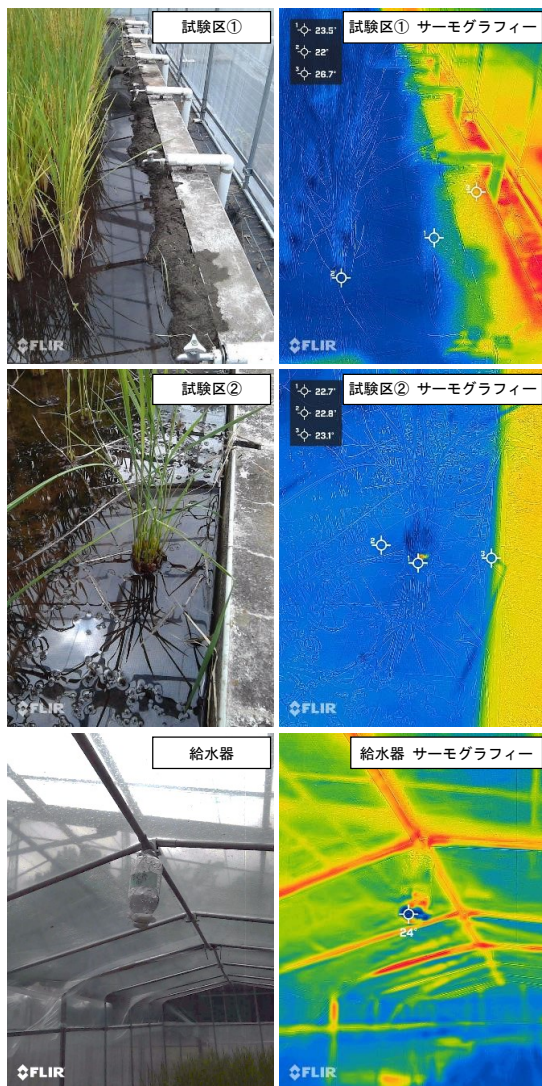


図7. 採水場所の温度（蛙，茎部，給水器の比較. 9月8日撮影）

引用文献

- 1) 農林水産省(2020): 農薬の登録申請において提出すべき資料について (平成 31 年 3 月 29 日付け 30 消安第 6278 号農林水産省消費・安全局長通知) 別紙 2 ミツバチへの影響評価ガイドランス
- 2) Seeley, T.D.(1995):THE WISDOM OF THE HIVE. The Social Physiology of Honey Bee Colonies,HARVARD UNIVERSITY PRESS,
- 3) Robinson,G.E., et al.(1984): A highly specialized water-collecting honey bee, *Apidologie* 15:355-358
- 4) EFSA(2013): EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees),p60
- 5) U.S.EPA(2014): Guidance for Assessing Pesticide Risks to Bees.
- 6) 市原直登, 加藤貴央, 木村穰, 石原悟(2019): 農薬調査研究報告書第 12 号, p.12-16
- 7) 市原直登, 加藤貴央, 高野優美, 木村穰, 石原悟 (2020): 農薬調査研究報告書第 13 号, p.14-23
- 8) 市原直登, 大石桂輔, 石原悟(2016): 農薬調査研究報告書第 9 号, p.1-4
- 9) 石井博(2006): ポリネーターの定花性, 日本生態学会誌 56, p.230-239

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，埼玉県農業技術研究センター 成田氏にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

別表1. 虫体中の調査対象成分の分析結果（2019年度調査）

成分名	定量 下限値 (ng/bee)	定量下限値以上の検出率*												
		A地点			B地点			C地点			D地点			
		成虫 (100)	幼虫 (50)	外勤 (32) 内勤 (68)	成虫 (100)	幼虫 (50)	外勤 (4) 内勤 (96)	成虫 (100)	幼虫 (50)	外勤 (18) 内勤 (82)	成虫 (100)	幼虫 (50)	外勤 (8) 内勤 (92)	
イミダズスルホン	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オキサジノグロモリン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シロホップアブフィル	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3%(1)	-	-	-
ジメタメトリン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シメトリン	2.0	-	-	-	-	-	3.2%(3)	-	-	-	-	-	-	-
ダライムロン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
テアリルトリオン	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ピラクロニル	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ピラジスルフロロエチル	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ピリノチカルブ	0.4	-	-	-	-	-	1.1%(1)	-	-	-	-	-	-	-
プレチチカロール	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
フロロエチド	0.4	-	1.5%(1)	-	-	-	8.3%(8)	8.0%(4)	11%(2)	8.5%(7)	-	-	-	-
フロロエチド脱臭素体	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ペンジピシクロン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ペンジピシクロン加水分解体	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ペンタジノナトリウム塩	0.4	-	-	-	-	-	1.1%(1)	-	-	-	-	-	-	-
モリネート	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 未検出 * 括弧内は頭数

別表2. 虫体中の調査対象成分の分析結果 (2021年度調査)

成分名	定量 下限値 (ng/bee)	分析値* (ng/bee)											
		A地点			B地点			C地点			D地点		
		成虫 (50)	外勤 (7)	内勤 (43)	成虫 (50)	外勤 (19)	内勤 (31)	成虫 (50)	外勤 (8)	内勤 (42)	成虫 (50)	外勤 (9)	内勤 (41)
イマジン・スルフロン	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
オキサジノ・クロタチン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シロホアブ・アチル	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ジ・メタメトリン ^{A)}	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
シメトリン	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ダ・イムロン	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.72 (1)
テアリルトリオン	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
トリンクラーゾール ^{A)} ・ ^{B)}	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1 (1)
ピ・ラコニル	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ピ・ラジノスルフロンエチル	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ピ・ラジノチカルブ ^{B)}	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ブ・タクロール ^{B)}	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ブ・レチカロール ^{A)}	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ブ・ロモジチド*	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ブ・ロモジチド・脱臭素体	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ハ・ンジピ・シカロ ^{B)}	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ハ・ンジピ・シカロ加水分解体	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ハ・ンジゾナトリウム塩	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43 (1)
モリネート	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 未検出 * 括弧内は頭数

^{A)} A地点の田面水から定量下限値以上で検出された成分

^{B)} B地点の田面水または用水路から定量下限値以上で検出された成分