

農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究  
革新的環境研究  
農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の開発  
令和3年度 最終年度報告書

課題番号	17935500
研究実施期間	平成29年度～令和3年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門
研究開発責任者	芝池 博幸
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-8251
	FAX : 029-838-8199
	E-mail : shibaik@affrc.go.jp
共同研究機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 （農業情報研究センター、野菜花き研究部門、植物防疫研究部門）
	国立大学法人 帯広畜産大学農学部
	国立大学法人 宇都宮大学農学部
	国立大学法人 筑波大学生命環境系
	学校法人 京都産業大学
	秋田県果樹試験場
	福島県農業総合センター果樹研究所
	和歌山県果樹試験所うめ研究所
	鳥取県園芸試験場
	島根県農業技術センター
	熊本県農業研究センター
	鹿児島県農業開発総合センター
	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
	株式会社アグリ総研

<別紙様式3>最終年度報告書

I-1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室		研究担当者 (注1)
	29	30	R1	R2	R3	機関	研究室	
研究開発責任者						農研機構 農業環境 研究センター (~2021.3) 農研機構 農業環境 研究部門(2021.4~)	生物多様性研究領域 (~2021.3) 農業生態系管理研究 領域(2021.4~)	前任者 與語靖洋 (~2018.3) 前任者 小林浩幸 (~2020.3) ◎ 後任者 芝池博幸 (2020.4~)
1 花粉媒介ポテンシ ヤルを評価する指標と 調査手法の開発	○	○	○	○	○	農研機構 果樹茶業 研究部門(~2021.3) 農研機構 植物防疫 研究部門(2021.4~)	生産流通研究領域 (~2021.3) 果樹茶病害虫防除研 究領域(2021.4~)	○ 外山晶敏
1-1 果樹における 花粉媒介昆虫調査手法 の開発						農研機構 果樹茶業 研究部門(~2021.3) 農研機構 植物防疫 研究部門(2021.4~)	生産流通研究領域 (~2021.3) 果樹茶病害虫防除研 究領域(2021.4~)	△ 外山晶敏 三代浩二 上地奈美 中野亮 (~2021.3) 土田聡 (~2020.9) 降幡駿介 (2021.4~)
標準的モニタリング手 法の開発	○	○	○					
送粉効率調査手法の開 発			○	○	○			
普及版モニタリング手 法の開発			○	○	○		リンゴ研究領域 (~2021.3) 果樹茶病害虫防除研 究領域(2021.4~)  ブドウ・カキ研究領 域(~2021.3) 果樹茶病害虫防除研	岸本英成 柳沼勝彦 (~2019.3) 降幡駿介 (2019.4~ 2021.3) 屋良佳緒 利 (2020.4~)  井上広光 新井朋徳 (~2019.3)



指標種の検証				○	○	熊本県農業研究センター果樹研究所	果樹研究室	田中篤 (～2019.3) 古井佑樹 (2019.4～)
							病虫化学研究室	池田隆政 (～2019.3) 山本匡将 (2019.4～)
							落葉果樹研究室	戸田世嗣 (～2020.3) 杉浦直幸 (2020.4～) 神山光子  北村光康 (～2021.3) 岩谷章生 (～2019.3) 中村健吾 (2019.4～) 藤丸治 (2021.4～)
1-4 ウメの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価						和歌山県果樹試験場 うめ研究所		前任者 貴志学 (～2018.3)
花粉媒介昆虫指標種の選出	○	○	○					前任者 江畑真美 (2018.4～ 2020.3)
送粉効率の解明				○	○			△ 後任者 下村友季子 (2020.4～)
指標種の検証				○	○			仲慶晃 (～2018.3) 土田靖久 (2018.4～)

									2019. 3) 大江孝明 (2019. 4～) 柏本知晟 (2019. 4～)
1-5 カキの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価						島根県農業技術センター	資源環境研究部	△	澤村信生 山本隼佑
花粉媒介昆虫指標種の選出	○	○	○				果樹技術普及課 (～2021. 3) 産地支援技術普及課 (2021. 4～)		安田雄治 (～2021. 3) 平佐聡尚 (2021. 4～)
送粉効率の解明				○	○				
指標種の検証				○	○				
1-6 果菜類における花粉媒介昆虫調査手法の開発						筑波大学	生命環境系	△	横井智之 戒能洋一 (～2021. 3) 池本美都
標準的モニタリング手法の開発	○	○	○						
送粉効率調査手法の開発				○	○	農研機構植物防疫研究部門	基盤防除技術研究領域		釘宮聡一 (2021. 4～)
普及版モニタリング手法の開発				○	○				
1-7 ウリ科果菜類の花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価						鹿児島県農業開発総合センター	園芸作物部野菜研究室		前任者 田中義弘 (～2020. 3)
花粉媒介昆虫指標種の選出	○	○	○					△	後任者 俵積田智也 (2020. 4～)
送粉効率の解明				○	○				別府誠二 (2020. 4～)
指標種の検証				○	○				加治俊幸 (～2020. 3) 上之園健一 (2020. 4～ 2021. 3) 重久弘喜 (2021. 4～) 大久保賢一 (2019. 4～)

						農研機構野菜花き研 究部門	企画調整部  野菜病虫害・機能解 析研究領域 (～2021. 3) 野菜花き育種基盤研 究領域(2022. 4～)	福山年広 (～2019. 3) 松本徹 (2019. 4～)  河野勝行 太田泉 (～2020. 3) 飯田博之 豊島真吾 (2020. 4～ 2021. 3) 浦入千宗 (2021. 4～)
1 - 8 花粉媒介昆虫 の同定手法および花粉 媒介昆虫が利用する植 物の同定手法の開発						森林総合研究所	森林昆虫研究領域 (～2021. 3) 生物多様性・気候変 動研究拠点 (2021. 4～)	△ 滝久智 中村祥子 (～2021. 9)
花粉媒介昆虫と植物の 同定手法の開発	○	○	○					
新規モニタリング手法 に対応して同定手法の 開発			○	○	○		森林昆虫研究領域  北海道支所 (～2019. 9) 樹木分子遺伝研究領 域(2019. 10～)	加賀谷悦子  永光輝義
							九州支所 (～2018. 12) 生物多様性拠点 (2019. 1～2021. 3) 生物多様性・気候変 動研究拠点 (2021. 4～)	末吉昌宏 (2018. 4～)
							多摩森林学園	中村祥子 (2021. 10～)
						農研機構農業環境変 動研究センター	生物多様性研究領域 (～2021. 3)	小沼明弘 (～2019. 10)

					(~2021. 3) 農研機構農業環境研 究部門 (2021. 4~)	農業生態系管理研究 領域 (2021. 4~)	加茂綱嗣 楠本良延 (~2018. 3) 徳岡良則 (~2019. 3) 日下石碧 (2018. 4~) 前田太郎 (2021. 4~) 平岩将良 (2021. 4~)
					農研機構高度解析セ ンター	ゲノム情報大規模解 析チーム	伊藤剛 (2018. 4 ~2020. 3) 熊谷真彦 (2019. 4 ~2020. 3)
					農研機構植物防疫研 究部門	基盤防除技術研究領 域	中谷至伸 (2021. 4~) 山迫淳介 (2021. 4~)
2 花粉媒介サービス 有効活用技術の開発					農研機構農業環境変 動研究センター (~2021. 3) 農研機構農業環境研 究部門 (2021. 4~)	生物多様性研究領域 (~2021. 3) 農業生態系管理研究 領域 (2021. 4~)	前任者 小沼明弘 (~2019. 9) ○ 後任者 加茂綱嗣 (2019. 10~)
2-1 花粉媒介昆虫 大量増殖技術および授 粉利用技術の開発					京都産業大学	総合生命科学部	△ 高橋純一 竹内剛 奥山永
花粉媒介者の候補種選 定	○	○			株式会社アグリ総研	研究開発部 営業業務部 生産部	手塚俊行 森修二郎 広川諭 石田善彦 (2021. 4~) 日ノ澤祥吾
選定種の累代飼育によ る選抜育種	○	○	○				
効率的な生産方法の確 立				○ ○			

								(2021.4～) 板橋聖大 (2021.4～)
2-2 植生管理による花粉媒介サービスの強化技術の開発						農研機構生物機能利用研究部門 (～2019.3)	昆虫制御研究領域 (～2019.3)	△ 前田太郎 (～2021.3) 平岩将良
花粉媒介サービス強化植物の選定と景観解析の必要評価	○	○				農研機構農業環境変動研究センター (～2021.3)	生物多様性研究領域 (～2021.3)	(2019.4～ 2021.3)
花粉媒介昆虫の行動解析			○	○		農研機中央農業研究センター	虫鳥獣害研究領域	釘宮聡一 (2019.4～ 2021.3)
害虫などへの影響評価		○	○					
強化植物の実証実験および景観評価			○	○	○	農研機構農業情報研究センター (～2021.3) 農研機構基盤技術研究本部(2021.4～)	農業AI研究推進室 (～2021.3) 農業情報研究センター(2021.4～)	岸茂樹 (△2021.4～)
小冊子作成					○	農研機構生物機能利用研究部門	昆虫制御研究領域	上原拓也 (～2021.3) 霜田政美 (～2021.3)
						農研機構西日本農業研究センター	生産環境研究領域	安部順一郎 (～2021.3) 大鷲友多 (2020.4～ 2021.3)
						帯広畜産大学	環境農学研究部門	秋本正博 (2018.4～) 熊野了州 (2018.4～) 佐藤禎稔 (2018.4～) 紺野康夫 (2019.4～)



								2021. 3)
2 - 3 既存花粉媒介昆虫の低温条件下での利用技術の開発						農研機構畜産研究部門	家畜育種繁殖研究領域	△ 芳山三喜雄 (~2021. 3) 森本信生 (~2021. 3) 萩原麻理 (2019. 4~ 2021. 3)
低温下での訪花技術の開発	○	○	○					
誘引剤の最適散布法の検討	○	○	○					
実証実験およびリーフレット作成				○				

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付してください。

## I-2. 研究目的

世界的に花粉媒介生物が農業生産に果たす役割の重要性の認識が高まる一方で、生態系の劣化や気候変動等により国内外で花粉媒介昆虫の減少が指摘されている。農業生産の持続化・安定化を図るためには、その実態の把握が急務となっている。そのために代表的な作物における花粉媒介昆虫を明らかにし、それらをモニタリングする手法及びこれらの花粉媒介昆虫による農作物の花粉媒介への貢献度を測るための手法を確立する（公募要領の小課題①）。その上で研究期間終了後にそれらの内容をマニュアルとしてとりまとめる。また、新たな花粉媒介昆虫の増殖技術の開発、植生管理による花粉媒介サービス強化手法の開発に取り組むとともに既存の花粉媒介昆虫の低温における利用技術の開発を行う。これらを通して農業生産の安定化に寄与する生態系サービス利活用のための技術基盤を確立する（公募要領の小課題②）。

このため、本研究では、

1. 花粉媒介昆虫調査手法の開発と実態解明
2. 花粉媒介サービス有効活用技術の開発

により、代表的な果樹や果菜の花粉媒介昆虫の種構成や訪花頻度を調査する手法を確立し、新たな花粉媒介昆虫の利用・増殖技術基盤の開発を目標とする。

その結果、

1. 人工授粉に要する労働時間の削減への貢献
2. 結果・結実が不安定な農作物における収量の極端な落ち込み防止への寄与
3. 施設栽培における新たな花粉媒介昆虫の供給

が期待される。

### I-3. 研究方法

#### (1) 小課題1：花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発

受粉を必要とする代表的な果樹及び果菜について、訪花昆虫をモニタリングする手法及びそれら作目で送粉効率を調査する手法を最適化し、広く花粉媒介サービスの実態を明らかにすることにより、花粉媒介サービスの強化技術開発に資するとともに、生産現場での使用を念頭に簡易な評価手法を開発する。

#### 実行課題1-（1）果樹における花粉媒介昆虫調査手法の開発

下記に示した果樹において、限られた期間で指標種の有効性を広く現地で検証するため、簡便に花粉媒介昆虫をモニタリングする科学的手法を開発する。現在、世界標準として用いられている従来型パントラップの改良と、より簡便な手法である粘着板トラップの利用について、訪花昆虫捕獲結果を捕虫網での調査と比較することにより、その捕獲特性を明らかにするとともに調査設計を検討する。さらに、生産現場でも利用できるよう、指標種をモニタリングすることで野生訪花昆虫の花粉媒介ポテンシャルを簡易に把握できる「普及版モニタリング手法」を開発する。

一方、訪花昆虫の送粉効率は種により大きく異なるため、候補種の中から指標種を選定するためには、訪花頻度だけではなく、送粉効率を加味する必要がある。しかし現在、果樹における送粉効率を調査するための標準化された科学的手法は存在しない。そこで本課題では、訪花頻度を把握する手法のみならず各作目で送粉効率を評価する手法を最適化する。

#### 実行課題1-（2）リンゴの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価

リンゴにおける野生訪花昆虫相と主要な種を明らかにするため、リンゴの開花期における訪花昆虫を網羅的に採集・調査する。採集した訪花昆虫は花粉媒介において同等の効率であると見なせるグループ（機能群）に分類し、リンゴにおける訪花昆虫相と主要な機能群を明らかにする。次に、リンゴの主要訪花昆虫について送粉効率を調査し、特に開花初期の低温期から開花盛期における送粉効率の高い昆虫種を明らかにする。

調査にあたっては、1-（1）で開発した手法を用い、調査手法に対する評価を開発課題である1-（1）にフィードバックすることにより、1-（1）の研究機関と協力してリンゴにおける花粉媒介昆虫調査手法を開発する。また、指標種としての評価を同時に行うことにより、「普及版モニタリング手法」の改良に協力する。花粉媒介に貢献する指標種候補の選定にあたっては、1-（1）および（8）の協力の下、DNAバーコーディング等の方法を活用して、効率的に花粉媒介昆虫種の同定及び付着花粉の同定を進める（本段落は、ナシ、ウメ、カキおよびウリ科果菜類を対象とした各実行課題も同様、以下省略）。

#### 実行課題1-（3）ナシの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価

ナシの開花期における訪花昆虫を網羅的に採集・調査する。採集した訪花昆虫は機能群に分類し、ナシにおける訪花昆虫相と主要な機能群を明らかにする。次に、ナシの主要訪花昆虫について送粉効率を調査し、送粉効率の高い機能群を明らかにする。

#### 実行課題1-（4）ウメの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価

ウメの開花期における訪花昆虫を網羅的に採集・調査する。採集した訪花昆虫は機能群に分類し、ウメにおける訪花昆虫相と主要な機能群を明らかにする。次に、ウメの主要訪花昆虫に

ついて送粉効率を調査し、送粉効率の高い機能群を明らかにする。

#### 実行課題 1－(5) カキの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価

カキの開花期における訪花昆虫を網羅的に採集・調査する。採集した訪花昆虫は機能群に分類し、カキにおける訪花昆虫相と主要な機能群を明らかにする。次に、カキの主要訪花昆虫について送粉効率を調査し、送粉効率の高い機能群を明らかにする。

#### 実行課題 1－(6) 果菜類における花粉媒介昆虫調査手法の開発

果樹の場合と同様に、指標訪花昆虫種のモニタリング手法を開発する。その際には、パントラップの改良及び、より簡便な粘着板トラップ手法の利用を検討する。下記の各地域で実施するウリ科果菜類の花粉媒介指標昆虫の現地検証と連携し、その有効性を検証しながらモニタリング手法の改良を進める。なお、昆虫種同定にあたっては、後述するDNAバーコーディング等の方法も活用して効率的に進める。また果樹と同様に各研究機関等と連携し、ウリ科果菜類における主要な訪花昆虫相を明らかにし、その中から花粉媒介効率の高い指標種を選定する。訪花昆虫の送粉効率は昆虫種により大きく異なるため、指標候補種の中から指標種を選定するためには、訪花頻度だけではなく、送粉効率を加味する必要がある。現在、果菜類において送粉効率を調査するために標準化された科学的手法は存在しないことから、各作目で送粉効率を評価する手法を最適化する。

#### 実行課題 1－(7) ウリ科果菜類の花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価

カボチャとニガウリの開花期における訪花昆虫を網羅的に採集・調査する。採集した訪花昆虫は機能群に分類し、ウリ科果菜類における訪花昆虫相と主要な種を明らかにする。次に、カボチャとニガウリの主要訪花昆虫について送粉効率を調査し、送粉効率の高い機能群を明らかにする。

#### 実行課題 1－(8) 花粉媒介昆虫の同定手法および花粉媒介昆虫が利用する植物の同定手法の開発

遺伝子情報を利用したDNAバーコーディング等による昆虫の同定手法を確立し、また、その情報基盤を整備する。その際、前述の実行課題と協力して、対象作目の花から直接採集された訪花昆虫等について種を迅速に同定できるよう技術を最適化する等により、花粉媒介昆虫の調査や送粉効率の評価を効率的に進める。

捕獲した同じ訪花昆虫がどの作物の花粉を運んでいるのかを調査するため、昆虫に付着した花粉の顕微鏡観察による形態的同定とDNAバーコーディングによる分子生物学的同定を併用することで、由来植物種を効率よく同定する。昆虫の体表付着花粉だけでなく、訪花昆虫が作物の柱頭にどの植物の花粉をどのくらい付着させたかを把握することも送粉効率の評価の際には必須であるため、着果を妨害することなく柱頭付着花粉を正確に調査する方法を確立する。

### (2) 小課題 2：花粉媒介サービス有効活用技術の開発

農業生産の持続化・安定化を図るための、新たな花粉媒介昆虫の増殖技術の開発、植生管理による花粉媒介サービス強化手法の開発および既存の花粉媒介昆虫の低温における利用技術の開発を行う。

## 実行課題 2 - (1) 花粉媒介昆虫大量増殖技術および授粉利用技術の開発

北海道の露地栽培および施設栽培トマトをモデルケースとして、訪花昆虫の行動観察および授粉状況等のデータに基づき、授粉能力を評価する方法を開発する。露地栽培トマトで訪花が確認された在来訪花昆虫種の中からトマトの授粉能力が高いと考えられる新規花粉媒介者候補種を行動観察調査により選定する。トマトハウス内でも同様の行動観察調査を行うことで、授粉能力に関係する形質についてデータを収集する。これらの調査結果から、トマト授粉能力の高い候補種（以下優良種）を選定し、優良種の基本的な飼育方法および大量増殖方法を確立する。

大量増殖方法を確立した優良種について、圃場試験規模での量産を行うことで系統の確立を進めるとともに、販売に準じた周年飼育体制を構築する。また、可能な限り早く商品サンプルとして生産者へ配布し、年間利用を通して実証的に技術開発を進めるなか、単箱サイズ、単箱内働きバチ数、単箱に添付する蜜量などの製品形態を確立する。それらをトマトハウスでの訪花試験に供試し、授粉能力の向上を評価することで授粉利用技術としての高度化を図る。その際、既存のセイヨウオオマルハナバチを比較対照とし、同一条件下での温度・湿度・日照度などの各種環境要因と授粉能力について調査・評価し、その結果に基づいて使用方法を確立することで、まずは北海道域における「新たな代替種」を開発する。

## 実行課題 2 - (2) 植生管理による花粉媒介サービスの強化技術の開発

対象作物を栽培する農地あるいはその周辺に蜜源となる花などを植えることで、野生の花粉媒介昆虫を誘引し、作物の受粉効率を高める技術の開発を目的とする。

まず、小課題 1 で開発されるモニタリング・送粉効率調査手法などを利用し、上記の候補種から花粉媒介強化対象の訪花昆虫を選定する。選定された訪花昆虫の花粉媒介の有効性もそれらの手法を用いて検証する。また、天敵昆虫利用において研究開発が先行し、生産現場での利用も始まっているインセクタリアープランツ（天敵涵養植物）が花粉媒介昆虫も誘引する可能性も想定し、それらに関する知見と蜜源植物に関する文献情報等から、強化植物の候補種を選定する。選定した植物を利用して、小課題 1 の協力の下でウリ科果菜類を含む 3 作目以上で実証試験を実施する。

次に、景観構造が花粉媒介サービスに及ぼす影響を解析する。有効な花粉媒介昆虫の供給源としてのポテンシャルを景観分析で評価し、その地域に適した花粉媒介サービスの強化手法を選択する指標とする。なお、景観分析の有効性については、例えば対象栽培地周囲の景観構造と訪花昆虫の間で、農地周辺の自然度が高くなれば訪花昆虫の数が多し等の関係が明らかとなり、花粉媒介強化植物を導入する基準としてスコア化できるかを中間検討時までには判断し、景観データの活用方法を再検討する。

最後に、本研究の成果を他の作目へ迅速に展開するために、各地域・各作目において強化植物を選定するためのマニュアルを作成する。マニュアルの骨子は訪花昆虫を選択するとそれに対応した複数の強化植物候補が選定できることである。そのため、強化植物候補と各作目について、草丈、花の構造、色、花香成分、主な訪花昆虫、花期などの類似性について、当該作物の栽培情報（作期、栽培方法）を加味しながらリスト化する。開花期や花の色などの情報については既に研究の蓄積があるが、花の香り成分の構成やどのような香り成分が昆虫を誘引するのは多くの場合明らかになっていない。そこで、野生花粉媒介昆虫を誘引可能な花香成分の特徴等を明らかにする。

## 実行課題 2 - (3) 既存花粉媒介昆虫の低温条件下での利用技術の開発

巣箱の温度管理技術や蜂児フェロモン剤の導入、給餌管理技術といった、複数の飼養管理技術を改善し、それらの最適な組み合わせを検討することで、低温（概ね12℃）下においても、外勤蜂が出巣する条件を検討し、ウメ・リンゴなどの果樹の受粉にセイヨウミツバチを訪花させるための技術を開発する。また、果樹栽培において訪花促進の有効性が知られている既知の誘引剤（女王下顎線フェロモン等）などを用いて、低温下でのミツバチの訪花頻度を向上させ、対象作物の花へミツバチを誘引する技術を開発する。それらの個別技術を組み合わせ、実証試験を通じて総合的な低温下花粉媒介技術として体系化する。

## I - 4. 研究結果

### (1) 花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発

果樹の生産現場で花粉媒介昆虫を簡便にモニタリングする手法として、小型ハナバチ類やハナバエ類の捕獲性が高く、これら種群の畑への飛来状況を推定するのに有効な、白色の粘着板トラップを開発した。粘着板トラップで捕獲効率が劣るミツバチ類やマルハナバチ類など中・大型のハナバチ類のモニタリングについては、目視調査が有効であった。重要種群の受粉貢献を評価する手法では、花に目合サイズの異なる網をかけることにより訪花昆虫をサイズで制限する袋掛け試験について基本デザインを提案した。これらの手法を基に、重要種候補群を対象に生産現場で簡易に実施できる花粉媒介昆虫調査手法を各作物で確立し、基礎知見なども加えたマニュアルを令和2年度末に公開した。その調査手法を改良し、調査事例も追加した増補改訂版を令和3年度末に公開予定である。

果樹（リンゴ、ニホンナシ、ウメとカキ）における主な結果は以下の通りである。①リンゴにおける訪花昆虫の重要種群はヒメハナバチ・コハナバチ類といった野生小型ハナバチ類、ハナアブ類、マメコバチ、ミツバチ類であった。粘着トラップでの小型ハナバチの捕獲状況が多い年に、これらを含む体サイズ2～3.5mmの小型の野生訪花昆虫が通過可能な3.5mmメッシュの袋掛け試験での結果率が高くなる傾向にあり、受粉への貢献度が大きいことが示唆された。②ニホンナシほ場における主要な訪花昆虫種群の候補としてミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、オドリバエ類、ハナバエ類が選抜された。体表付着花粉数はミツバチ類が最も多く、小型ハナバチ類、ハナアブ類と続き、オドリバエ類やハナバエ類の体表花粉数は少なかった。③ウメの主要品種「南高」に訪花する昆虫種はセイヨウミツバチ、ニホンミツバチ、ハナアブおよびその他ハエ類が主だったが、その比率には年次変動がみられた。訪花数と気温との関係を見ると、セイヨウミツバチ、ハナアブおよびその他ハエ類は気温の低下とともに訪花数が減少したが、ニホンミツバチは変化しなかった。網目の異なるメッシュ資材で着蕾枝を覆った結果、体長の小さなハナアブおよびその他ハエ類は受粉への貢献が小さく、セイヨウミツバチおよびニホンミツバチが主に受粉に貢献していると考えられた。ニホンミツバチおよびセイヨウミツバチの種間で送粉効率に差はなかった。④カキ雌花の主要な訪花昆虫はコマルハナバチとセイヨウミツバチであることを明らかにした。着果率と種子数の調査結果も併せて検討した結果、30分間の園内目視調査でハナバチ類の訪花が数回観察される程度でも、十分な受粉が期待できることが分かった。主要訪花昆虫の1回訪花による柱頭への付着花粉数と着果率、種子数の相関を解明した。

果菜（カボチャとニガウリ）においても、それぞれの特性や訪花昆虫に対応し、目視によるモニタリング方法を確立した。カボチャについては生産農家にも調査の試行を依頼し、問題な

く実践できることを確認した。鹿児島県の抑制カボチャの主要花粉媒介昆虫はミツバチ類とマルハナバチ類であり、1回訪花による柱頭付着花粉数はミツバチ類よりもマルハナバチで多く、送粉効率が高いことが明らかになった。しかし、ミツバチ類は1回あたりに送粉する花粉数は少ないものの、マルハナバチよりも訪花数が非常に多いため、十分に送粉に貢献していることが示された。鹿児島県南薩地区の抑制カボチャ生産ほ場では、着果に必要な花粉数を大きく超えており、人工授粉なしで十分な送粉サービスが得られていた。ニガウリの花粉媒介昆虫は、ミツバチ類とトラマルハナバチに加え、単独性の中小型ハナバチ類、ツチバチ類などであった。ビデオ解析の結果から、ハチ目とチョウ目で柱頭・葯接触率が高いことが明らかになった。一方、標準調査法としては採用されなかったが、果菜類における効率的な訪花昆虫モニタリング手法としてファネルトラップの活用を検討した結果、訪花昆虫採集によく用いられているパントラップ等よりも多くのトラマルハナバチを捕獲できることが明らかになった。さらに、ファネルトラップにいくつかの誘引剤を添加し、訪花昆虫の捕獲性を検証した結果、ミツバチと単独性ハナバチ類も併せて捕獲することができた。加えて、マルハナバチ類に対して有効なトラップへの誘引剤の試験を行い、効果的な複数の化学物質を特定した。

採集される訪花昆虫やそれらに付着している花粉をもとに、昆虫と花粉の同定に有効な遺伝子領域や観察法を検討するとともに、分離方法や保存方法等、同定に適した方法を開発した。DNAバーコーディングを用いた訪花昆虫の同定はコハナバチやヒメハナバチ、ハナアブ等について塩基配列情報が少なかったことから、形態分類と組み合わせで種同定を行い、400個体以上のCO1領域の塩基配列をDDBJに登録した。エタノール保存とほぼ同等あるいはそれ以上にプロピレングリコール保存は常温保存サンプルのDNAの保護に有効であることが示唆された。各作目における訪花昆虫種あるいは種群の同定検索表を作成し、各作目あるいは各モニタリング手法に応じた分離法や保存方法および観察方法についてマニュアル内にまとめた。花粉については、リンゴ、ニホンナシ、カキの3作物の専用プライマーの設計を行い、訪花昆虫の体表からの花粉の検出が可能になった。作目や気温等で異なるが、受粉から24～48時間後に柱頭を採取することで着果に影響を与えずに柱頭付着花粉を計数することが可能であった。スライドガラスで押し潰してから柱頭付着花粉を計数する方法の他、直接柱頭をスライドガラスに置いて顕微鏡下でピントをずらしながら計数する方法も有効であることがわかった。

## (2) 花粉媒介サービス有効活用技術の開発

北海道露地栽培トマトに訪花した在来ハナバチ種の調査から、セイヨウオオマルハナバチの代替種としてエゾオオマルハナバチを最有力種として選定した。本種の大量増殖には新女王バチ生産能力の高い個体のみで選抜累代飼育を行う必要があることが明らかとなった。野外採集を行い、大量増殖に適した形質を持つ女王バチを選抜、それをもとに選抜累代飼育による系統作出を開始した。飼育世代が進むごとに女王バチの品質向上が確認され、最も選抜育種が進んだ時点での新女王バチ生産能力は野外個体の2倍まで強化された。本種は低温処理による女王バチの休眠覚醒が困難であることから、最終年度までに周年生産への移行することは難しいと判断された。令和2年に人工増殖させた15コロニーを試験サンプルとしてトマト生産者に提供し、コロニーの評価を行った。飛翔・訪花能力、収穫したトマトの品質ともセイヨウオオマルハナバチと遜色ない結果が確認できた。試行した生産者からも、使用感は変わらないという意見が多数得られた。またUVカット、散乱光フィルム下でも顕著な活動性低下が見られず、授粉用資材として高い潜在能力を有することが明らかとなった。夏季試験において一部コロニーに高温障害が確認され、ハウス内が高温となる時期での実用には保冷処理が必須であることがわかつ

た。

作物36種を含む245種の植物について、花色、花香成分、花蜜量、花粉量、形態、訪花昆虫種などを調査した花リストを作成した。カボチャ、ニガウリ、ウメでの強化植物候補を選定し、圃場試験を行った結果、カボチャではゴマ、ウメではナバナが有効であることが示された。カボチャでは、強化植物によってマルハナバチの訪花数と柱頭付着花粉数が増加し、ウメではウメの花数が少ない時期に強化植物によって訪花が強化されることが明らかになった。一方、ニガウリは強化植物の植栽によって訪花昆虫相や訪花数に違いが認められなかった。また、周囲の植生状況が異なる圃場で訪花昆虫調査を行い、景観解析を行った結果、周囲の森林率などによって訪花昆虫数が異なることから、訪花昆虫の豊富さの推定に景観解析は有効であると考えられた。しかし、地域による違いがあることなどから、地図情報だけを元にその地域の訪花昆虫を推定するためには、さらに基礎的なデータの蓄積が必要であると考えられた。植物の各種特徴と訪花昆虫調査を元にした訪花メカニズム解析では、訪花を決定づける重要要因は昆虫種（種群）によって異なることが明らかになった。

既存花粉媒介昆虫の低温条件下での利用技術の開発において、ウメ園でのセイヨウミツバチの訪花は12℃以下でも観察されたが、8℃以下ではほとんど観察されなかった。砂糖液への給餌行動も同様の結果であった。砂糖液を日陰に設置した場合、日向に設置した場合と比較して統計的に有意に給餌働き蜂数が減少した。これらのことから、予想された通り、訪花行動には風と気温が大きく影響することが明らかになった。巣箱の設置場所の違いによる影響を調査したところ、巣箱を日向に設置した場合の方が日陰に設置した場合より出巣個体数が有意に多かった。また、カフェイン、蜂児フェロモン剤や誘引剤（女王下顎線フェロモン・ナサノフ腺フェロモン等 商品名：ビーセントなど）を用いた出巣強化や誘引試験では、いずれも期待した顕著な結果は得られなかったことから、本課題で明らかにされた巣箱の低温対策管理技術をまとめ、花粉媒介昆虫調査マニュアルに記載した。

## I-5. 今後の課題

本課題で確立した花粉媒介昆虫調査法を広く活用してもらうためには、調査結果と自然受粉による結果状況をセットとするデータを集積し、調査結果から自然受粉ポテンシャルを推測する方法を確立していく必要がある。特に、自然受粉が成功している事例についての結果を蓄積する。このことにより、生産者等がミツバチ巣箱導入の必要性を判断する意思決定支援技術として、短時間の簡易な目視調査によって着果率予測が可能となり、普及に大きく役立つと考えられる。本課題では目視調査を基本としたが、将来的にはAIによる画像解析技術等を用いることで、訪花昆虫調査のさらなる簡易化も望まれる。また、自然受粉による省力着果技術の理解促進、普及組織等と連携した幅広い地域での実証活動も普及には必須と考えられる。

セイヨウオオマルハナバチの代替種の開発においては、令和元年度に管理上の問題から選抜累代飼育数が減少した。現在は計画の遅れを取り戻すべくエゾオオマルハナバチの増殖を進めており、今後はアグリ総研の開発計画に従い早期の商品化を目指す。



課題番号	1—(1)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	果樹における花粉媒介昆虫調査手法の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構・植物防疫研究部門・外山晶敏		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

果樹生産現場において、簡便に花粉媒介昆虫をモニタリングする手法として、粘着板トラップの利用を検討した。トラップによる捕獲結果を捕虫網での調査結果と比較することにより訪花昆虫類に対する捕獲特性を明らかにした。同時に、その適用性、特に各作目の重要花粉媒介昆虫種群に対する捕獲性を評価しながら、標準型トラップを完成した。また、その他の簡便な調査手法として重要種群の目視調査を検討した。

訪花昆虫の送粉効率は種群や種により大きく異なるため、それら昆虫類の中から重要種/種群を選定するためには受粉に対する貢献を加味する必要がある。そこで、受粉貢献を評価する手法として、飛来昆虫のサイズを制限する袋掛け調査を検討した。

これらの調査手法を適宜活用し、樹種ごとに、重要花粉媒介昆虫類を対象に生産現場で簡易に飛来状況を推定できる標準調査法を小課題1の他課題と連携して確立した。

### 3) 研究結果

果樹の生産現場で花粉媒介昆虫を簡便にモニタリングする手法として、白色の粘着板トラップを開発した（図1）。同手法は、小型ハナバチ類（ヒメハナバチ類、コハナバチ類）やハナバエ類の捕獲性が高く、これらの種群の畑への飛来状況を推定するのに有効であった。設置にあたっての作業性なども加えた総合的な検討により、立木栽培のリンゴにはトラップを垂直に設置する方法を、棚栽培のナシには水平に設置する方法を提案した。また、農業害虫用に使用されている黄色粘着板トラップも小型ハナバチ類やハナバエ類の捕獲に有効であった。うち一部製品については、標準型では捕獲が難しいハナアブ類について捕獲性の向上がみられた。

粘着板トラップで捕獲効率が劣るミツバチ類やマルハナバチ類など中・大型のハナバチ

類のモニタリングについては、簡易でも目視調査が有効であった。

重要種群の受粉貢献を評価する手法では、花に目合サイズの異なる網をかけることにより訪花昆虫をサイズで制限する袋掛け試験（図2）について基本デザインを提案した。

小課題1の他課題と連携し、これらの手法を基に、重要種候補群を対象に生産現場でも簡易に実施できる花粉媒介昆虫調査手法を各作目で確立した。

他機関と連携し、これらの成果とともに基礎知見なども加えたマニュアルを作成し公開した。

#### 4) 成果活用における留意点

各作目で標準調査法を用いることにより、畑に飛来する重要花粉媒介昆虫の訪花量を推定することができる。ただし、同一の畑であっても訪花量は年により変動することには留意が必要である。また、農業害虫用黄色粘着板トラップの使用については、それぞれの製品により捕獲力や捕獲特性が異なることに留意が必要であり、白色の標準型の代用として標準調査に用いることはできない。

#### 5) 今後の課題

各作目において、標準調査結果と自然受粉による結果状況をセットとするデータを集積し、標準調査結果から自然受粉ポテンシャルを推測する方法を確立する。特に、自然受粉が成功している事例について標準調査の結果を蓄積する。調査手法では、粘着板トラップによりハナアブ類を調査する手法を確立する。

#### <引用文献>

なし



図1. 標準型粘着板トラップ. 左図：ナシでの設置、中図：リンゴでの設置、右図：虫の捕獲状況



図2. 訪花昆虫サイズを制限する袋掛け試験（リンゴ）

課題番号	1—(2)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	リンゴの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	秋田県果樹試験場・生産技術部・舟山 健		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

リンゴの授粉にとって重要な昆虫種群を明らかにするために、岩手県、秋田県、福島県のリンゴ園において、開花期間中に見つけ取りにより訪花昆虫相を調査した。重要種群について、モニタリング手法を確立するために、実行課題1—(1)と連携して各種トラップ調査と目視調査を行い、調査効率を比較した。重要種群の受粉への貢献度を明らかにするために、開花期に内部に侵入できる昆虫種を制限したサイズの異なるメッシュの網袋を花そうに被せて、オープン区や人工授粉区との結実状況を比較し、野生の訪花昆虫のリンゴ授粉への貢献度を評価した。以上の成果をマニュアル内で訪花昆虫調査法として取りまとめた。

### 3) 研究結果

リンゴにおける訪花昆虫の重要種群はヒメハナバチ・コハナバチ類といった野生小型ハナバチ類、ハナアブ類、マメコバチ、ミツバチ類であった（図1）。これらの調査法として、枝に垂直に吊り下げた白色粘着板トラップと目視が有用であり、標準調査法として確立した（図2）。白色粘着板トラップは、小型ハナバチ類が多く捕獲され、開花期間を通じての飛来状況の評価が可能であった。一方、目視調査は、花にどんな種類の虫が飛来しているかの概要把握の目的で、特に、粘着板トラップでの捕獲が困難なハナアブ類やミツバチ類や、粘着板トラップに捕獲されやすいことで虫数の減少が懸念されるマメコバチの花への飛来状況の評価するのに適していた（図3）。粘着トラップでの小型ハナバチの捕獲状況が多い年に、これらを含む小型の野生訪花昆虫が通過可能な3.5mmメッシュの袋掛け試験での結果率が高くなる傾向にあり、受粉への貢献度が大きいことが示唆された（表1）。以上の成果をマニュアル内でリンゴの訪花昆虫の標準調査法として取りまとめた。



図1 リンゴにおける訪花昆虫の重要種群。1. 小型ハナバチ類、2. ハナアブ類、3. マメコバチ、4. ミツバチ類



図2 リンゴにおける訪花昆虫の標準調査法  
左：白色粘着板トラップ、右：目視

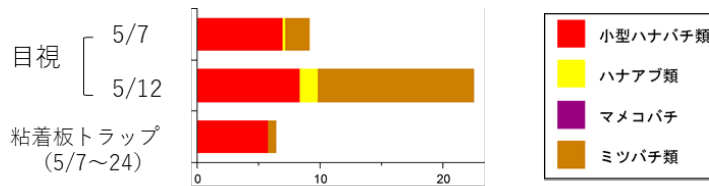


図3 標準調査法における訪花昆虫の観察状況（2021年盛岡市：満開日5月10日）  
目視：1人15分あたりの観察個体数、  
粘着板トラップ：1枚1週間あたりの捕獲個体数

表1 粘着板トラップ調査による小型ハナバチ類の捕獲状況と結果率  
（岩手県盛岡市）

	小型ハナバチ捕獲数 (1トラップ1週間あたり)	小型ハナバチ類 による結果率 (%)*
2019年	2.8	58.4
2020年	4.8	70.2

\*：3.5mmメッシュによる網掛け試験の結果率を人工授粉による結果率で補正

#### 4) 成果活用における留意点

本調査法の実施により、各地域のリンゴ産地における訪花昆虫相を明らかにすることができる。なお、目視調査では、調査日の気温や天候で各重要種群の観察量が異なる可能性があるため、開花期間中に複数回の調査を実施することが望ましい。また、園ごと、調査年ごとに各重要種群の発生量や重要度は異なる可能性があるため、訪花昆虫相や受粉への貢献度の解明には複数年の調査が望ましい。

#### 5) 今後の課題

各重要種群の受粉における貢献度を定量化して、訪花昆虫の発生状況がリンゴの結果状況に及ぼす影響を明らかにする。また、訪花昆虫強化に向けた園内外の環境整備方法を開発する。

#### <引用文献>

なし

課題番号	1—(3)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	ナシの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	宇都宮大学・園田昌司		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

- a. ニホンナシにおける主要な訪花昆虫種群を明らかにするために、栃木県、鳥取県、熊本県のほ場においてプラスチックチューブ（50 mL）を用いた訪花昆虫の見つけ採り調査を行った。
- b. 訪花昆虫の送粉効率を体サイズに基づいて評価するために、目合いの異なるメッシュで花房を覆うことで訪花昆虫のアクセスを制限し（不織布区、2 mmメッシュ区、3.5 mmメッシュ区、開放区、開放+人工授粉区を設置）、結果率と結実率を調べた。
- c. 各種訪花昆虫が通過できるメッシュサイズを推定するために、調査ほ場で採集された昆虫種の頭幅と胸幅を調べた。
- d. 見つけ採り調査で採集された昆虫種の潜在的な送粉効率を推定するために、体表付着花粉数を調べた。
- e. 見つけ採り調査や目視では十分に評価できない訪花昆虫種群を明らかにするために、粘着板トラップ（140×340 mm）を用いた訪花昆虫の調査を行った。
- f. 得られた成果を訪花昆虫の花への飛来状況を推定するための調査法（マニュアル）として取りまとめた。

### 3) 研究結果

- a. 訪花昆虫の見つけ採り調査により、ニホンナシほ場における主要な訪花昆虫種群の候補としてミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、オドリバエ類、ハナバエ類が選抜された。
- b. 不織布区や2 mmメッシュ区ではほとんど結果と結実が見られなかった。3.5 mmメッシュ区の結果率と結実率は、不織布区や2 mmメッシュ区に比べて有意に高くなった。また、

開放区の結果率は3.5 mmメッシュ区よりも高くなった。このため、3.5 mmメッシュを通過できる昆虫種だけでなく、それよりも大きな昆虫種の送粉における重要性も明らかとなった。

- c. 小型ハナバチ類、ハナアブ類、オドリバエ類、ハナバエ類はいずれも頭幅もしくは胸幅が3.5 mm未満の昆虫種を含んでいた。小型ハナバチ類やハナアブ類には頭幅もしくは胸幅が3.5 mmを超える種も含まれていた。セイヨウミツバチは頭幅、胸幅ともに3.5 mmを超えていた。
- d. 体表付着花粉数はミツバチ類が最も多く、小型ハナバチ類、ハナアブ類と続いた。これらに比べるとオドリバエ類やハナバエ類の体表花粉数は少なかった。主要昆虫種群候補以外では、イエバエ類、クロバエ類、ケバエ類の体表花粉数が多いことが明らかとなった。ハナバエ類、イエバエ類、クロバエ類は目視による識別は難しいため、3種群をまとめてハエ類として調査対象とした。
- e. 粘着板トラップでは主に小型ハナバチ類やハエ類が採集された。一方で、ミツバチ類やハナアブ類はほとんど採集されなかった。
- f. 上記成果を、マニュアルとしてとりまとめた。

#### 4) 成果活用における留意点

マニュアルにおいて目視は、花にどのような訪花昆虫が飛来しているかを把握するために実施する。調査はミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、ハエ類に分けて行う。粘着板トラップでは小型ハナバチ類、ハエ類の調査を行う。ハナアブ類やミツバチ類は粘着板トラップでは捕獲が困難なため、目視で調査する。

#### 5) 今後の課題

ミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、ハエ類の送粉効率をさらに詳細に調べるために、訪花1回あたりの柱頭への投下花粉数、訪花回数と結果率の関係を調べる必要がある。また、各訪花昆虫種群の活動特性を明らかにするために、開花期間を通じて目視による調査を行う必要がある。

#### <引用文献>

Sonoda S, Kagawa K, Furui Y, Nakada K, Koyama M, Toda S, Sugiura N, Nakamura S, Sueyoshi, M, Mita T, Toyama M (2022) Mutual complementarity among diverse pollinators as a mechanism underlying open insect pollination in Japanese pear orchards. *Journal of Applied Entomology* (in press).

課題番号	1—(4)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	ウメの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索 および評価		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	和歌山県果樹試験場うめ研究所・下村友季子		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

#### (1) 低温下でウメ受粉に貢献する昆虫種の探索

ウメは自家不和合性の品種が多く、セイヨウミツバチ等の訪花昆虫を利用した授粉により結実を促している。しかし、開花期が早春のため約11℃以下の低温が続く年では訪花昆虫の活動が鈍り、収量の低下を招いている。そこで、ウメ「南高」に訪花する昆虫種を調査し、時間帯における訪花数の違いおよび気温との関係を調査するとともに、「南高」着蕾枝を網目の大きさが異なるメッシュ資材で覆い、着果率をもとに受粉に貢献する昆虫種の大きさを絞った。これらの結果を総合的に判断し、低温下でもウメ受粉に貢献する昆虫種を明らかにした。また、生産農家等が利用しやすいウメの花粉媒介昆虫種の標準調査法を検討した。

#### (2) 花粉媒介昆虫種の送粉効率の解明

(1)により有望な花粉媒介昆虫種として期待されるニホンミツバチの送粉効率について、1回訪花による「南高」の柱頭への花粉付着数に授粉用品種「小粒南高」の発芽率を乗じて算出し、セイヨウミツバチと比較した。また1回訪花による「南高」の実際の着果率を自然訪花と比較した。

### 3) 研究結果

#### (1) 低温下でウメ受粉に貢献する昆虫種の探索

「南高」に訪花する昆虫種はセイヨウミツバチ、ニホンミツバチ、ハナアブおよびその他ハエ類が主だったが、その比率には年次変動がみられた。各昆虫種の訪花数を時間帯別に調べたところ、セイヨウミツバチは10時から15時の間に最も訪花数が多かった。一方、ニホンミツバチはセイヨウミツバチの訪花数が減少した時間帯でも安定して訪花しており、

長い時間訪花することが確認された。

訪花数と気温との関係を見ると、セイヨウミツバチ、ハナアブおよびその他ハエ類は気温の上昇とともに訪花数が増加したが、ニホンミツバチは増加しなかった。これらのことから、ニホンミツバチの訪花数は気温の影響を受けにくい可能性が示唆され、低温下での活動が期待された。

次に、網目の異なるメッシュ資材で着蕾枝を覆った結果、6mm以上の網目で着果が確認された。このことから、体長の小さなハナアブおよびその他ハエ類は受粉への貢献が小さく、セイヨウミツバチおよびニホンミツバチが主に受粉に貢献していると考えられた。

以上のことから、低温下でもウメ受粉に貢献する昆虫種としてニホンミツバチが挙げられた。ただし、ニホンミツバチの出帰巣数は気温との上昇とともに増加する傾向にあり、セイヨウミツバチとの競合によりウメに訪花できていない可能性が考えられたため、今後低温下におけるニホンミツバチの実際の活動を調査する必要がある。

これらの結果をもとにウメの重要な花粉媒介昆虫をニホンミツバチおよびセイヨウミツバチと決定し、標準調査法を作成した。初心者でも調査可能な方法であることを確認し、花粉媒介昆虫調査マニュアルに掲載した。

#### (2) 花粉媒介昆虫種の送粉効率の解明

送粉効率はニホンミツバチおよびセイヨウミツバチの間で差がなく、どちらも1回の訪花で十分着果することが期待された。ただし、付着した花粉が全て授粉用品種であると仮定して算出した結果のため、実際のほ場における送粉効率を求めたところ、自然訪花に若干劣るものの、セイヨウミツバチの1回の訪花で着果することが確認された。なお、ニホンミツバチについては訪花数が少なかったため評価できなかった。

#### 4) 成果活用における留意点

本成果は和歌山県内のセイヨウミツバチおよびニホンミツバチの巣箱を設置しているほ場における結果である。

#### 5) 今後の課題

- ・ニホンミツバチの実際の低温下における訪花活動の評価
- ・ニホンミツバチのほ場における実際の送粉効率の解明

#### <引用文献>

なし



課題番号	1—(5)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	カキの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索 および評価		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	島根県農業技術センター・澤村信生		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

カキにおける花粉媒介サービスの実態解明を目指し、広島県東広島市、島根県出雲市等をモデル地域として、訪花昆虫のサンプリングおよびモニタリング（目視）調査によってカキの訪花昆虫相と機能群ごとの訪花頻度を明らかにした。あわせて、野生送粉昆虫を強化する植物の選定を行った。訪花昆虫の訪花頻度と体表花粉数から、送粉効率の高い重要種を選定するとともに、それらの標準的調査手法を策定し、複数年、複数箇所について訪花頻度、着果率・種子数等の調査事例を積み上げた。成果を取りまとめ、全国のカキ生産地で利用可能なカキの訪花昆虫の調査・利用マニュアルを作成した。

### 3) 研究結果

カキ雌花の主要な訪花昆虫はハナバチ類であり、中でもコマルハナバチとセイヨウミツバチ（巣箱が設置されている場合）が最も重要な訪花昆虫であることを明らかにした。簡易モニタリング手法として水盤、粘着板、ファネル等の各種トラップを試行し、目視調査結果と比較した結果、トラップ類ではコマルハナバチ等のハナバチ類を効果的に捕獲できないことから、カキでは目視調査を標準的調査手法とした。広島県の調査地で、カキに訪花していたコマルハナバチにはシロツメクサの花粉も多く付着していたことから、シロツメクサはコマルハナバチにとって、カキの花が開花するまでの蜜源植物として有効であることが示唆された。標準的調査手法の条件検討を行い、雌花の開花期間中（できれば開花率8割以上の盛期）の2日間、日中（6:00～16:00）に2回/日、2～3名程度でカキ園をランダムに歩きながら30分間巡回して、雌花で採餌行動を行っている昆虫を記録し、観察个体数/30分間/人に換算することとした。3箇所、2品種で調査を試行し、着果率と種子数の調査結果もあわせて検討した結果、30分間の園内目視調査でハナバチ類の訪花が数回観

察される程度でも、受粉は十分に行われることが期待できた。主要訪花昆虫の訪花回数から着果率を予測するために、1回訪花による柱頭への付着花粉数と着果率、種子数の相関を解明した。

#### 4) 成果活用における留意点

カキの主要な訪花昆虫はコマルハナバチとセイヨウミツバチであるが、送粉効率や着果率は、地域、品種、受粉樹の植栽割合や配置、気象等の要因によって変動することに留意する必要がある。

#### 5) 今後の課題

生産者等がミツバチ巣箱導入の必要性を判断する意思決定支援技術として、短時間の簡易な目視調査によって柱頭付着花粉数を推定し、着果率予測を可能にするための技術開発が必要である。また、AIによる画像解析技術等を用いることで、訪花昆虫調査のさらなる簡易化が望まれる。

#### <引用文献>

Nikkeshi A, Inoue H, Arai T, Kishi S, Kamo T (2019) The bumblebee *Bombus ardens ardens* (Hymenoptera: Apidae) is the most important pollinator of Oriental persimmon, *Diospyros kaki* (Ericales: Ebenaceae), in Hiroshima, Japan. *Applied Entomology and Zoology* 54: 409–419.

Nakamura S, Yamamoto S, Sawamura N, Nikkeshi A, Kishi S, Kamo T (2020) Pollination effectiveness of European honeybee, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), in an Oriental persimmon, *Diospyros kaki* (Ericales: Ebenaceae), orchard. *Applied Entomology and Zoology* 55: 405–412.

Nikkeshi A, Inoue H, Arai T, Kishi S, Kamo T (2021) The bumblebee *Bombus ardens ardens* (Hymenoptera: Apidae) visits white clover in orchards before Oriental persimmon blooms. *Entomological Science* 24: 12–17.



図1 カキの重要花粉媒介昆虫

課題番号	1—(6)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	果菜類における花粉媒介昆虫調査手法の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	筑波大学・生命環境系・横井智之		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

効果的なモニタリング用トラップの検討を行うために、茨城県において、2種の果菜（カボチャ及びニガウリ）を対象に、パントラップ法・見取り法・粘着トラップ法、ファネルトラップ法を実施し、それぞれの手法で採集された昆虫類を分類群ごとにリスト化した。さらに、送粉効率を評価するための調査手法を検討するため、茨城県において、カボチャの訪花頻度調査、体表花粉調査、花にメッシュサイズの異なる網をかける袋掛け実験を行った。併せて野外において、ミツバチおよび在来ハナバチに効果的な誘引剤の検証を行うとともに、ビニルハウスにおいて、クロマルハナバチに有効な誘引剤を検証した。上記の結果を踏まえ、標準調査法の確立にむけて、カボチャとニガウリの訪花昆虫と着果率の調査を実施した。畑内で観察される昆虫個体数が、（1）採集者の習熟度レベル（2）時間帯（3）調査場所（4）調査日によってどの程度影響を受けるかを検証した。この結果を反映し、訪花昆虫のモニタリングとして適当な手順を決定し、マニュアルを作成した。

### 3) 研究結果

本課題では、果菜類における効率的な訪花昆虫モニタリング手法として、ファネルトラップの活用を試みた。その結果、一般に訪花昆虫採集によく用いられているパントラップよりも多くのトラマルハナバチを捕獲できることが明らかになった。さらに、ファネルトラップにいくつかの誘引剤（ビーセント、アカネコールBA）を加えて、訪花昆虫の捕獲性を検証した結果、ミツバチや単独性ハナバチ類も捕獲することができた。これらの結果より、ファネルトラップには、果菜類における訪花昆虫モニタリングへ応用利用できる可能性があることが示唆された。加えて、トラップによるモニタリング手法開発の一環として、有用な花粉媒介昆虫であるマルハナバチ類に対して有効な誘引剤の試験を行い、効果的な

複数の化学物質の特定に至った。また、標準的調査法を確立させるために、カボチャおよびニガウリを対象果菜類として、1－(7)と連携して3地域でそれぞれ主要な訪花昆虫種の特定、日周及び年次変動を調査した。また、送粉効率調査を実施した結果から、各果菜において、効果的な花粉媒介を行う昆虫種を推測することができた。それらの結果を踏まえて、カボチャおよびニガウリにおいて、各果菜の特性や訪花昆虫に対応したモニタリング方法を確立し、さらに調査法を実践することによって、より簡便かつ簡易な方法へと改善した。

#### 4) 成果活用における留意点

今回開発したモニタリングの手法は、カボチャおよびニガウリにおいて利用できるものであり、他の果菜類に対しては、そのまま流用できないことに留意する必要がある。ただし、今回開発した手法を基盤として、モニタリングを行う果菜に対して応用的に活用することは可能である。

#### 5) 今後の課題

全期間の結果を踏まえ、令和2年度版で提示した標準調査法を、より効率的でわかりやすい方法に改善できたが、モニタリング法をさらに省力化・簡便化できるかを精査する必要がある。また、ファネルトラップのような新たな訪花昆虫用トラップの捕獲効率等を改善し、モニタリングでの利便性を高めていく必要がある。

#### <引用文献>

Ikemoto M, Kuramitsu K, Sueyoshi M, Seguchi S, Yokoi T (2021) Relative trapping efficiencies of different types of attraction traps for three insect orders in an agricultural field, *Applied Entomology and Zoology* 56: 393–405.

Ikemoto M, Yokoi T (2021) A test of new trapping methods for honey bees using odor attractants and a dry trap. *Journal of Apicultural Research*. doi.org/10.1080/00218839.2021.1944569

課題番号	1—(7)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	ウリ科果菜類の花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	鹿児島県農業開発総合センター・俵積田智也		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

ウリ科の代表的な作物であるカボチャ・ニガウリを対象作目とし、調査地を三重県および鹿児島県で複数年複数地点の調査を行った。鹿児島県のカボチャ栽培は4月に開花し5月末に収穫する早熟カボチャ、9月末に開花し11月に収穫する抑制カボチャの栽培体系があり、より花粉媒介昆虫の利活用が望める抑制カボチャを中心に調査を行った。両作物における訪花昆虫相の実態解明に向け、開花期間中に採集調査（見取り調査・粘着トラップ・水盤トラップ・ファネルトラップの設置）、ビデオカメラによる訪花昆虫の撮影、訪花昆虫相やそれらの訪花行動（柱頭接触回数等）の違いの解明に取り組んだ。人工授粉や放任受粉、袋掛けによる訪花昆虫の排除などにより、着果に必要な柱頭付着花粉数、種子数、果実重量を明らかにした。さらに主要訪花昆虫相の送粉効率を1回訪花による柱頭付着花粉数などを用いて評価し、着果に必要な訪花回数を明らかにした。花粉媒介昆虫調査マニュアルについては生産農家にも利用可能な簡易的なモニタリング手法（標準調査手法）を検討してまとめた。

### 3) 研究結果

抑制カボチャの主要花粉媒介昆虫はミツバチ類とマルハナバチ類であり、1回訪花による柱頭付着花粉数はミツバチ類よりもマルハナバチで多く、送粉効率が高いことが明らかになった。しかし、ミツバチ類は1回あたりに送粉する花粉数は少ないものの、マルハナバチよりも訪花数が非常に多いため、十分に送粉に貢献していることが示された。主要訪花昆虫である大型のハナバチは、粘着トラップ、水盤トラップやファネルトラップによる捕獲効率が低く、これらの手法は適さなかった。抑制カボチャにおいて着果に必要な柱頭付着花粉は、100～200粒であることが明らかになった。セイヨウミツバチは1回の訪花で30粒

程度花粉を移動させることから、5～6回訪花することで着果することが示された。ビデオ解析の結果から、カボチャ1花にはセイヨウミツバチの訪花が平均して合計60回以上確認されたことから、鹿児島県南薩地区の抑制カボチャ生産ほ場では、着果に必要な花粉数を大きく超えており、人工授粉なしで十分な送粉サービスが得られていた。

ニガウリの花粉媒介昆虫は、ミツバチ類とトラマルハナバチに加え、単独性の中小型ハナバチ類などであることが明らかになった。ニガウリの訪花昆虫相は時間帯によって大きく異なり、早朝はミツバチ類、9時以降にツチバチ類などが訪花していた。

両作目について、専門家以外の人でも調査可能な標準調査法を作成した。カボチャについては生産農家にも調査を依頼し、問題なく調査可能であることを確認した。

#### 4) 成果活用における留意点

- ①鹿児島県南薩地域においては、野生花粉媒介昆虫を活用した放任授粉によるカボチャ生産の可能性が示された。放任受粉を活用する際は、花粉媒介昆虫調査マニュアルに記載された方法を参考に目視調査や着果率調査を行い、当該ほ場における放任受粉の有効性を確認しながら、放任受粉に段階的に移行することが望ましい。
- ②カボチャ、ニガウリの開花前・開花期間中において、ミツバチ類に影響のある農薬の使用は控える。

#### 5) 今後の課題

- ①放任受粉による省力着果技術の理解促進
- ②普及組織等と連携した幅広い地域での実証活動
- ③早熟カボチャにおける省力着果技術の検討
- ④ニガウリの放任受粉における商品率向上のための栽培方法の確立

#### <引用文献>

Kamo T, Nikkeshi A, Tawaratsumida T, Tanaka Y, Nakamura S, Kishi S  
(2022) Pollination efficiency of bumblebee, honeybee, and hawkmoth in kabocha squash, *Cucurbita maxima*, production in Kagoshima, Japan.  
*Applied Entomology and Zoology* 57: 119-129.

課題番号	1—(8)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介ポテンシャルを評価する指標と調査手法の開発		
実行課題名	花粉媒介昆虫の同定手法および花粉媒介昆虫が利用する植物の同定手法の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	森林研究・整備機構・森林総合研究所・滝久智		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

訪花昆虫調査手法の開発および訪花昆虫相の実態解明については、有効な花粉媒介昆虫の選択と花粉媒介サービス強化植物の有効性評価に活用し、植生管理により人工授粉に要する労働時間の削減に貢献することを目指す。訪花昆虫モニタリング手法および花粉媒介昆虫の送粉効率調査手法を確立し、地域間差や年次変動を考慮した訪花昆虫相の種構成や訪花頻度について作目ごとに明らかにする。また、主要な訪花昆虫種の送粉効率を調査し、植生管理技術等とあわせて強化すべき効率的な花粉媒介昆虫種を明らかにする。その成果をマニュアルとして取りまとめる（以上、小課題1共通）。

### 2) 研究方法

国内広域かつ複数作目を対象として、有効な花粉媒介昆虫相を明らかにした事例は存在しないため、各共同研究機関において開発されたモニタリング手法によってサンプリングされる多様な花粉媒介昆虫の種を同定する必要がある。また、花粉媒介昆虫が対象作物を利用していることを昆虫が運ぶ花粉に着目してそれらを明らかにする必要がある。昆虫については、小課題1の他参画機関によって採取される訪花昆虫の種同定を形態観察とDNAバーコーディングにて試みた。次に、見取り採取やファネルトラップによって得られたサンプルの保存に用いられるエタノールとプロピレングリコールについて、どちらのDNA保存性が良いかを明らかにするために、訪花昆虫種の保存液にエタノールあるいはプロピレングリコールを使用した際のPCRによるDNA増幅効率を、2時期を対象に常温保存後に比較した。DNAの抽出には市販キットを使用し、PCRにはミトコンドリアDNAのCO1領域のプライマーを用いた。加えて、粘着トラップからのサンプルの剥離性とその後のDNA抽出の可否を検討した。粘着トラップによって採集されたサンプルは、詳細な形態同定や遺伝子抽出のため、剥離が必要であるが、一般に剥離に用いられるアセトンやクロロホルムは有害性が高い。そこで、安全性の高いD-リモネンの使用について検討した。花粉については、花粉媒介昆虫に付着した花粉および柱頭に付着した花粉の計数方法について検討し、柱頭付着花粉については、各作目の着果を阻害せずに柱頭を採取する時間、花粉の観察方法について検討を行った。

### 3) 研究結果

小課題1の他参画機関によって採集される訪花昆虫やそれらに付着している花粉をもとに、昆虫と花粉の同定に有効な遺伝子領域や観察法を検討するとともに、分離方法や保存

方法等、同定に適した方法を開発に寄与した。

昆虫については、DNAバーコーディングを用いた訪花昆虫の同定はコハナバチやヒメハナバチ、ハナアブ等について塩基配列情報が少なく、分類群によっては同定が困難であることが明らかになった。この問題については、形態分類を組み合わせることで種同定を行い、400個体以上のCO1領域の塩基配列をDDBJに登録し、今後バーコーディングで種同定を行う際のデータとして広く利用されることが見込まれる。見取り採取やファネルトラップによって得られた昆虫個体の常温保存後のサンプルを比較すると、エタノール保存とほぼ同等あるいはそれ以上にプロピレングリコール保存はDNAの保護に有効であることが示唆された。粘着トラップからのサンプルの剥離性とその後のDNA抽出の可否を検討した結果、野外に一定期間設置した粘着トラップを用いても、昆虫の形態および遺伝子を用いた同定が可能な状態で、サンプルの剥離が可能なことが明らかとなった。他実行課題にて利用および開発されたモニタリング手法に基づき、各作目における訪花昆虫種あるいは種群の同定検索表を作成し、各作目あるいは各モニタリング手法に応じた分離法や保存方法および観察方法についてもマニュアル内にまとめた。

花粉については、リンゴ、ナシ、カキの3作物の専用プライマーの設計を行い、訪花昆虫の体表から各作目の花粉の検出が可能になった。これにより、花粉の形態による同定が困難な作目（バラ科）における、体表付着花粉の有無が容易に判断できるようになった。花粉形態による同定は、カボチャ・ニガウリにおいては花粉粒が大きく、顕微鏡下で容易に判別することができるため、専用プライマーの設計を行っていない。柱頭の採取方法の検討については、作目や気温等で異なるが受粉から24～48時間後に採取することで可能になった（例えば、カキは24時間、カボチャ・ニガウリでは48時間など）。柱頭付着花粉の計数では、従来の方法であるスライドガラスで押しつぶす方法に加え、直接柱頭をスライドガラスに置き、顕微鏡下でピントをずらしながら計数する方法も有効であることが分かった。

#### 4) 成果活用における留意点

画一的な方法ではなく、訪花昆虫の各モニタリング手法に応じて、サンプルの分離方法や保存方法等、同定に適した方法を適用する必要がある。

#### 5) 今後の課題

生産者などが利用できるより簡便なサンプルの分離方法や保存方法等の開発が望まれる。

#### <引用文献>

Nakamura S, Tamura S, Taki H, Shoda-Kagaya E (2020) Propylene glycol: A promising preservative comparable to ethanol for insects from trapping to DNA analysis. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168: 158–165.



課題番号	2—(1)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介サービス有効活用技術の開発		
実行課題名	花粉媒介昆虫大量増殖技術および授粉利用技術の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	京都産業大学生命科学部・高橋純一		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

花粉媒介昆虫の大量増殖技術開発については、トマトハウスでの人工授粉またはセイヨウオオマルハナバチに匹敵する授粉能力を目指し、優良種の選抜と飼育方法を確立し、最終年度にトマト花粉媒介昆虫の優良種選抜系統の周年での大量生産体制を確立し商品規格を決定する。その系統を利用してトマトハウスでの品質および生産性の実証利用試験に基づき使用方法を確立する。

### 2) 研究方法

北海道の露地栽培トマトハウス圃場でトマトや類似の植物に訪花活動が確認できたハナバチ類の中から、訪花能力に優れている種を複数選定する。それらの中から「採集の容易さ」、「飼育のしやすさ」、「累代飼育の可能性」、「大量増殖の可能性」などを考慮し、トマトの授粉に有効な種を選抜した。最優良種の室内累代大量増殖を試み、その過程の中で商品化する際の課題の抽出と対策方法の検討を進めた。飼育規模の拡大に合わせて効率的な生産方法の検討と、周年生産体制への移行を図る。最終的に商品化を想定した大量生産体制の構築を行った。北海道のトマトハウスにおいて累代増殖させた候補種を用いて訪花試験を行い、訪花能力および受粉したトマトの品質から授粉用資材としての有効性を検証した。訪花試験を通じて効率的な利用方法の検討、必要に応じて関連資材の開発を行った。最終年度にはセイヨウオオマルハナバチと同等の授粉能力を有する北海道在来種による授粉用資材のサンプル提供を行った。

### 3) 研究結果

北海道露地栽培トマトに訪花した在来ハナバチ種の調査から、振動授粉を行うマルハナバチ類がトマトのポリネーターとして有効だと推定し、トマトに訪花したマルハナバチ種の中で、唯一室内人工累代飼育が可能だったエゾオオマルハナバチを最有力種として選定した。既存のマルハナバチ飼育技術を適用し累代飼育を行った結果、エゾオオマルハナバチの大量増殖には新女王バチ生産能力の高い個体のみで選抜累代飼育を行う必要があることが明らかとなった。平成29年度には北海道道東エリアを中心に野外採集を行い、大量増殖に適した形質を持つ女王バチを選抜、それをもとに選抜累代飼育による系統作出を開始した。安定した生産を行うには複数の優良系統の保持が不可欠なため、平成29年度以降も毎年野外採集個体から系統作出を継続し、令和2年度には4系統の保有に至った。選抜累代飼育によって飼育世代が進むごとに女王バチの品質向上が確認され、最も選抜育種が進ん

だ平成29年度系統の新女王バチ生産能力は野外個体の2倍に相当する16.9匹まで強化された。また同系統から商用生産に使用している資材に順応する個体が見られ、効率的な飼育方法への移行の可能性が示唆された。本種は低温処理による女王バチの休眠覚醒が容易ではないことから、最終年度までに周年生産への移行は難しいと判断された。令和2年に人工増殖させた15コロニーを試験サンプルとして北海道平取町のトマト生産者に提供した。セイヨウオオマルハナバチの使用方法に則した現場試験を行い、提供コロニーの評価を行った。飛翔・訪花能力、収穫したトマトの品質ともセイヨウオオマルハナバチと遜色ない結果が確認できた。実際に使用した生産者からも、使用感はセイヨウオオマルハナバチと変わらないという意見が多数得られた。またUVカット、散乱光フィルム下でも在来種クロマルハナバチで報告されているような顕著な活動性低下が見られず、授粉用資材として高い潜在能力を有することが明らかとなった。夏季試験において一部コロニーに高温障害が確認された。室内実験からも温度35℃以上、相対湿度70度ではコロニーが維持できない可能性が示唆されており、ハウス内が高温となる時期での実用には保冷処理が必須であることがわかった。令和2年度に管理上の問題から選抜累代飼育数が減少した。現在は計画の遅れを取り戻すべくエゾオオマルハナバチの増殖を進めている。

#### 4) 成果活用における留意点

契約期間内でエゾオオマルハナバチ商品化が困難な状況となったことを受け、令和3年以降の開発計画を新たに設定した。本プロジェクト終了後も商品化を目指して株式会社アグリ総研が継続して開発を行う。

#### 5) 今後の課題

累代選抜飼育の継続で今後作出していく優良系統群とこれまで蓄積した飼育技術をもって生産体制を構築する。北海道内でも地域によりマルハナバチ資材の使用方法が異なることが知られていることから、アグリ総研が保有するハウスを使って様々な条件下で放飼試験を行い、効率的な使用方法の検討を行う。今後はアグリ総研の開発計画に従い商品化を目指す。

#### <引用文献>

Takeuchi T, Takahashi M, Nishimoto M, Kiyoshi T, Tsuchida K, Nomura T, Takahashi J (2018) Genetic structure of the bumble bee *Bombus hypocrita sapporensis*, a potential domestic pollinator for crops in Japan. *Journal of Apicultural Research* 57: 203–212.

Nishimoto M, Umezawa M, Okuyama H, Kumano N, Nomura T, Takahashi J (2018) The complete mitochondrial genome of the bumblebee, *Bombus hypocrita sapporensis* (Insecta: Hymenoptera: Apidae) from Hokkaido Island, Japan. *Mitochondrial DNA Part B* 3: 354–356.

課題番号	2—(2)	小課題 研究期間	平成29～令和3年 度
小課題名	花粉媒介サービス有効活用技術の開発		
実行課題名	植生管理による花粉媒介サービスの強化技術の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構・農業情報研究センター・岸茂樹		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

植生管理による花粉媒介サービス強化技術の開発については、受粉作業に要する労働時間の削減や生産の安定への貢献を目指し、小課題1の結果も参考にして圃場における花粉媒介昆虫の訪花頻度を高める花粉媒介サービス強化植物候補を選定するとともに、土地利用（景観構造）と訪花昆虫の頻度との関係の有無により景観分析の有効性を判断する。小課題1の成果を活用して、最終年度に栽培圃場内における植栽管理と圃場周辺の景観が送粉効率に与える影響、また訪花昆虫を誘引する花香成分を明らかにし、それらに基づいてウリ科果菜類を含む3作目以上で花粉媒介サービス強化植物による野生の花粉媒介昆虫の有効活用技術を開発する。プロジェクト終了後に、開発した技術は小冊子として取りまとめる。

### 2) 研究方法

作物、園芸品種、野生植物において網羅的に訪花昆虫調査を行い、小課題1で明らかにされた各作物の重要花粉媒介昆虫種を参考に、花粉媒介サービス強化に資する植物候補リストを作成した。ウリ科作物を中心に、周囲の環境が異なる調査地における訪花昆虫の調査を行い、景観解析によって周囲の土地利用状況と昆虫の種数や個体数との関係を明らかにした。カボチャをモデルケースとして、ゴマ、バジル、ヒマワリ、ハゼリソウなどを花粉媒介サービス強化植物候補として用いて、強化植物がカボチャへの訪花頻度や花粉媒介に及ぼす効果を評価した。他植物への展開として、ニガウリへの訪花頻度強化を目的に、ソバ、ホーリーバジル、ゴマ、ヘアリーベッチなど8種などを植栽し、その効果を調査した。また果樹ではウメを対象とし、アブラナ属数種を強化植物として植栽することによるウメへの訪花、花粉媒介の影響を調査した。強化植物候補リストの花から香り成分を捕集し、ガスクロマトグラフィー質量分析装置で揮発成分分析を行った。検出された花香成分のうち訪花昆虫を誘引する成分を明らかにするため、花の色、花粉量、花蜜量、花の物理的特性と訪花昆虫のデータを合わせてネットワーク解析や機械学習モデルなどを用いた解析を行った。強化植物の各種特性をまとめたカタログを作成するとともに、その利用法などについての概説、本プロジェクトの成果を紹介する小冊子の作成に着手した。

### 3) 研究結果

作物36種、園芸品種51種、木本30種、野草128種、合計245種に関する花色、花香成分、花蜜量、花粉量、形態、訪花昆虫種などを調査した花リストを作成した。小課題1の結果

を参考に、カボチャ、ニガウリ、ウメでの強化植物候補を選定し、圃場試験を行った結果、カボチャではゴマ、ウメではアブラナ（ナバナ）が有効であることが示された。カボチャでは、強化植物によってマルハナバチの訪花数と柱頭付着花粉数が増加し、ウメではウメの花数が少ない時期に強化植物によって訪花が強化されることが明らかになった。一方、ニガウリは強化植物の植栽によって訪花昆虫相や訪花数に違いが認められなかった。また、帯広、つくば、三重、鹿児島で、周囲の植生状況が異なる圃場で訪花昆虫調査を行い、景観解析を行った結果、周囲の森林率などによって訪花昆虫数が異なることから、訪花昆虫の豊富さの推定に景観解析は有効であると考えられた。しかし、地域による違いがあることなどから、地図情報だけを元にその地域の訪花昆虫を推定するためには、さらに基礎的なデータの蓄積が必要であると考えられた。植物の各種特徴と訪花昆虫調査を元にした訪花メカニズム解析では、訪花を決定づける重要要因は昆虫種（種群）によって異なることが明らかになった。プロジェクト終了後に完成させる小冊子として、3部構成のプロトタイプを作成した。

#### 4) 成果活用における留意点

- ①強化植物の効果は花と送粉者密度によって変動することが明らかになっており、常に安定した効果が得られるとは限らないことに留意する必要がある。
- ②送粉者の訪花メカニズムは関東北部での調査データをもとにしており、気候や植物種、昆虫種が異なる地域では結果が異なる可能性がある。

#### 5) 今後の課題

- ①強化植物の訪花頻度向上効果の安定化
- ②強化植物が収量へおよぼす影響の評価
- ③他作物への適用拡大
- ④地域の植生や昆虫種、栽培歴の違いへの対応

#### <引用文献>

なし

課題番号	2—(3)	小課題 研究期間	平成29～令和2年 度
小課題名	花粉媒介サービス有効活用技術の開発		
実行課題名	既存花粉媒介昆虫の低温条件下での利用技術の開発		
実行課題 代表研究機関・研究室・研究者 名	農研機構・畜産研究部門・芳山三喜雄		

## II. 実行課題ごとの研究目的等

### 1) 研究目的

ミツバチの低温下での利用技術については、天候要因による結果率の落ち込みの緩和、生産の安定化、授粉確保による品質の維持への貢献を目指し、低温下での結果率を10%向上させることを目標に、平成30年度に低温（概ね12℃）下においても、外勤蜂の10%が出巣する条件およびミツバチの訪花頻度の40%向上を達成し、最終年度にミツバチの巣箱の温度管理、蜂児フェロモン剤や誘引剤（女王下顎線フェロモン・ナサノフ腺フェロモン等 商品名：ビーセントなど）の利用、カフェインなどの利用技術を組み合わせることで、低温下でミツバチを訪花させる技術について実証試験を通じて体系化し、花粉媒介昆虫調査マニュアルに記載する。

### 2) 研究方法

- (1) つくば市農研機構の蜂場に給餌場所（砂糖液）を設置し、セイヨウミツバチ働き蜂の給餌状況を観察することで、諸条件（ビーセントの有無、気温、日照等）の給餌活動への影響を調査した。
- (2) つくば市農研機構の蜂場、和歌山県みなべ町のウメ園、茨城県水戸市のウメ園において、巣箱から出巣する働き蜂をビデオで記録しカウントすることで、諸条件（ビーセントの有無、気温、日照、カフェイン投与等）の出巣への影響を調査した。
- (3) 和歌山県みなべ町および茨城県水戸市のウメ園において開花期に働き蜂のウメ花への訪花数をカウントし、訪花に影響する諸条件を明らかにした。

### 3) 研究結果

#### (1) 砂糖液への給餌行動：

8℃以下では給餌行動が抑制されることが明らかになった。一方12℃以下（訪花しない温度と考えられている）の気温においても、給餌することが明らかになった。砂糖液を日陰に設置した場合、日向に設置した場合と比較して有意に給餌働き蜂数が減少した。給餌場所にビーセントを設置（ビーセント原液60ml、30ml、0mlを超吸収スポンジに浸漬）した際、ビーセント処理量が増加するにしたがって、砂糖水への初期の飛来数とその後の飛来数が増加した。ビーセントの効果は、砂糖液を日陰に設置した場合に日向に設置した場合より大きかった。

#### (2) 出巣数：

市販の保温カバー（商品名：ハチ頭巾）の設置では出巣数を向上させる効果は認められ

なかった。試験前日に巣箱内に蜂児フェロモン（商品名；Super Boost）を与えると、晴天時は有意な差が認められなかったが、曇天低温時は出巢促進効果が認められた。試験前日に巣箱内にカフェイン水溶液を与えると、同様に晴天時には有意な差が認められなかったが、曇天低温時は出巢促進効果が認められた。日向に設置した巣箱が、日陰に設置した巣箱よりも出巢個体数が有意に多かった。

### （3）訪花行動

ウメ園における花への訪花は、12℃以下でも観察されたが、おおよそ8℃以下ではほとんど観察されなかった。ウメへの訪花には、予想された通り、風と気温が大きく影響することが明らかになった。気象条件を加味した統計解析の結果、ビーセント投与による正の効果が認められ、低温時でもウメへの訪花促進効果を示すことが明らかになった。ビーセントの訪花行動活性化の効果は和歌山みなべ町の調査では顕著であったが、茨城県水戸市の調査では有意ではなかった。気象条件やウメ品種など、開花時期の条件が大きく異なっていたことが影響したと考えられる。

### 4）成果活用における留意点

セイヨウミツバチの訪花活動が不活発であると考えられている12℃以下でも、各種手法によってミツバチの訪花行動の促進が可能であることが明らかになった。しかし、訪花行動は温度以外の諸条件にも大きく影響を受けるため、マニュアルなどを通じて、巣箱設置場所などの改善方法をウメ農家に普及することが重要である。この技術をさらに活用するためには、異なった条件のウメ園におけるデータの蓄積が重要である。

### 5）今後の課題

- ・外勤蜂の10%が出巢する条件の確立およびミツバチの訪花頻度の40%向上は本研究期間内では達成できなかったため、今後の検討課題として残された。
- ・ビーセントなど誘引剤を果樹園に散布するためには、資材利用としてのルール作成が必要である。
- ・誘引剤および巣への添加物を利用する際は、ハチミツ等への残留試験を行う必要がある。
- ・今回の試験では訪花数・出巢数をミツバチ行動のパラメータとしたが、受粉率や結果率などのデータも取得する必要がある。
- ・今回の試験はセイヨウミツバチのみを対象としたが、セイヨウミツバチより低温で訪花するニホンミツバチを対象とした同様の試験も行うことが望ましい。

### <引用文献>

なし

### Ⅲ 研究成果一覧【公表可】

課題番号 17935500

中課題名 農業における花粉媒介昆虫等の積極的利活用技術の

#### 成果等の集計数

課題番号	学術論文		学会等発表(口頭またはポスター)		出版図書	国内特許権等		国際特許権等		PCT	報道件数	普及しうる成果	発表会の主催(シンポジウム・セミナー)	アウトリーチ活動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得					
17935500	5	22	89	0	14	0	0	0	0	0	13	0	5	19

#### (1)学術論文

区分:①原著論文、②その他論文

整理番号	区分	タイトル	著者	機関名	掲載誌	掲載論文のDOI	発行年	発行月	巻(号)	掲載ページ
1	②	オオマルハナバチの系統と遺伝構造と系統解析	西本ら	京都産業大学	昆虫と自然	なし	2018	4	53(6)	22-26
2	①	北海道・ユリ島からのシュレンクマルハナバチの初分布記録	梅澤実鈴ら	京都産業大学	昆虫	なし	2019	3	22(1)	6-8
3	②	花を訪れる昆虫たち	岸茂樹	農研機構農情研	昆虫(ニューシリーズ)		2020	12	23(4)	156-159
4	②	絶滅が危惧されているノサップマルハナバチ	藤本絵里奈ら	京都産業大学	昆虫と自然	なし	2021	3	56(12)	38-41
5	①	根室半島で見つかったノサップマルハナバチの成熟期の巣について	藤本絵里奈ら	京都産業大学	昆虫	<a href="https://www.jstage.jst.go.jp/article/kontyu/25/1/25_21-035/article/-char/ja/">https://www.jstage.jst.go.jp/article/kontyu/25/1/25_21-035/article/-char/ja/</a>	2021	3	25(1)	9-13
6	①	Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services	滝久智ら	森林研究・整備機構 森林総合研究所	Biodiversity and Conservation	<a href="https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2">https://doi.org/10.1007/s10531-017-1453-2</a>	2017	12	26(13)	3005-3035
7	①	The species richness/abundance-area relationship of bees in an early successional tree plantation	滝久智ら	森林研究・整備機構 森林総合研究所	Basic and Applied Ecology	<a href="https://doi.org/10.1016/j.baee.2017.09.002">https://doi.org/10.1016/j.baee.2017.09.002</a>	2018	2	26	64-70

8	①	Genetic structure of the bumblebee <i>Bombus hypocrita sapporensis</i> , a potential domestic pollinator for crops in Japan	Takeuchi Tら	京都産業大学	Jorunal of Apicltural Resaerch	<a href="https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1412879">https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1412879</a>	2018	3	57 (2)	203- 212
9	①	The complete mitochondrial genome of the bumblebee, <i>Bombus hypocrita sapporensis</i> (Insecta: Hymenoptera: Apidae) from Hokkaido Island, Japan	高橋純一	京都産業大学	Mitochondrial DNA Part B resources	10.1080/23802359.2018.1450673	2018	3	3(1)	354- 356
10	①	Importance of national or regional specificity in the relationship between pollinator dependence and production stability	小黒芳生ら	森林総合研究所 農研機構 農環研 東北大学 総合地球環境学研究所	Sustainability Science	<a href="https://doi.org/10.1007/s11625-018-0637-3">https://doi.org/10.1007/s11625-018-0637-3</a>	2019	1	14 (1)	139 -146
11	①	Asian honey bee <i>Apis cerana</i> foraging on mushrooms	Takahashi et al.	京都産業大学	Bee world	<a href="https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1556964">https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1556964</a>	2019	1	96 (1)	10- 11
12	①	Low mitochondrial DNA variation in the endangered bumble bee <i>Bombus cryptarum florilegus</i>	Takeuchi Tら	京都産業大学	Jorunal of Apicltural Resaerch	<a href="https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1614735">https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1614735</a>	2019	5	58	519- 596
13	①	Pest species of a fungus gnat genus <i>Bradysia</i> Winnertz (Diptera: Sciaridae) injuring agricultural and forestry products in Japan, with a review on taxonomy of allied species	Sueyoshi Masahiro、 Yoshimatsu Shin-ichi	森林総合研究所	Entomological Science	<a href="https://doi.org/10.1111/ens.12373">https://doi.org/10.1111/ens.12373</a>	2019	7	22	317- 322
14	①	The bumblebee <i>Bombus ardens ardens</i> (Hymenoptera: Apidae) is the most important pollinator of Oriental persimmon, <i>Diospyros kaki</i> (Ericales: Ebenaceae), in Hiroshima, Japan	Nikkeshi A ら	農研機構農業環境 変動研究センター	Applied Entomology and Zoology	<a href="https://doi.org/10.1007/s13355-019-00637-x">https://doi.org/10.1007/s13355-019-00637-x</a>	2019	11	54	409- 419
15	①	Bees and their floral visits in Sapporo in 1979 and 1989	Matsumura Tら	森林総合研究所	Ecological Research	<a href="https://doi.org/10.1111/1440-1703.12091">https://doi.org/10.1111/1440-1703.12091</a>	2020	1	35	713- 716
16	①	Propylene glycol: a promising preservative for insects, comparable to ethanol, from trapping to DNA analysis	Nakamura Sら	森林総合研究所	Entomologia Experimentalis et Applicata	<a href="https://doi.org/10.1111/eea.12876">https://doi.org/10.1111/eea.12876</a>	2020	2	168 (2)	158- 165
17	①	New method of injecting solution into the abdomen to overcome fixation delay of the midgut on making the histological specimens for honeybee worker	Inamotoら	京都産業大学	Applied Entomology and Zoology	<a href="https://doi.org/10.1007/s13355-020-00688-5">https://doi.org/10.1007/s13355-020-00688-5</a>	2020	5	55	351- 354
18	①	Male visitors may decrease modularity in flower-visitor networks	Kishi Sら	農研機構 農情研, 京都大学博物館	Frontiers in Ecology and Evolution	<a href="https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00124">https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00124</a>	2020	5	8	124



19	①	Complete mitochondrial DNA sequence of the yeast <i>Zygosaccharomyces siamensis</i> (Saccharomycetes: Saccharomycetales) from fermented honey of the <i>Apis cerana japonica</i> in Japan	Chikano Mら	京都産業大学	Mitochondrial DNA PartB	<a href="https://doi.org/10.1080/23802359.2020.1785961">https://doi.org/10.1080/23802359.2020.1785961</a>	2020	7	5 (3)	2645 - 2647
20	①	Pollination effectiveness of European honeybee, <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae), in an Oriental persimmon, <i>Diospyros kaki</i> (Ericales: Ebenaceae), orchard	Nakamura Sら	農研機構農環研, 森林総研, 島根県農業技術センター, 農研機構農情研	Applied Entomology and Zoology	<a href="https://doi.org/10.1007/s13355-020-00696-5">https://doi.org/10.1007/s13355-020-00696-5</a>	2020	9	55	405- 412
21	①	The bumblebee <i>Bombus ardens ardens</i> (Hymenoptera: Apidae) visits white clover in orchards before Oriental persimmon blooms	Nikkeshi Aら	農研機構農環研, 野茶研, 農情研	Entomological Science	<a href="https://doi.org/10.1111/ens.12449">https://doi.org/10.1111/ens.12449</a>	2020	10	24	12- 17
22	①	Relative trapping efficiencies of different types of attraction traps for three insect orders in an agricultural field	Ikemoto Mら	筑波大学、森林総合研究所、近畿大学	Applied Entomology and Zoology	10.1007/s13355-021-00748-4	2021	4	56(3)	393- 405
23	①	A test of new trapping methods for honey bees using odor attractants and a dry trap	Ikemoto M, Yokoi T	筑波大学	Journal of Apicultural Research	<a href="https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1944569">https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1944569</a>	2021	7		
24	①	Diurnal dynamics of nectar secretion in <i>Cucurbita maxima</i> Duch: implications for effective pollen transfer by Japanese wild pollinators	Nakamura Sら	森林総研	Japan Agricultural Research Quarterly	10.6090/jarq.55.323	2021	10	55 (4)	323- 331
25	①	Mutual complementarity among diverse pollinators as a mechanism underlying open insect pollination in Japanese pear orchards	Sonoda Sら	宇都宮大学ほか	Journal of Applied Entomology	<a href="https://doi.org/10.1111/jen.12967">https://doi.org/10.1111/jen.12967</a>	2022	1		
26	①	Pollination efficiency of bumblebee, honeybee, and hawkmoth in kabocha squash, <i>Cucurbita maxima</i> , production in Kagoshima, Japan.	Kamo T, Nikkeshi A, Tawaratsumida T, Tanaka Y, Nakamura S, Kishi S	農環研ほか	Applied Entomology and Zoology	<a href="https://doi.org/10.1007/s13355-021-00766-2">https://doi.org/10.1007/s13355-021-00766-2</a>	2022	2	57	119- 129
27	①	Nested structure is dependent on visitor sex in the flower-visitor networks in Kyoto, Japan	Shigeki KISHI	農研機構 農業情報研究センター	Ecology and Evolution	<a href="https://doi.org/10.1002/ece3.8743">https://doi.org/10.1002/ece3.8743</a>	2022	3	12 (3)	

## (2)学会等発表(口頭またはポスター)

整理番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行月
1	日本の農業に対する送粉サービスの価値評価	小沼明弘	農業環境変動研究センター	NARO国際シンポジウム・送粉者をとりまく話題	2017	11
2	オオマルハナバチ亜種間の分子系統関係とトマトの訪花行動の観察調査	西本愛ら	京都産業大学	日本昆虫学会近畿支部会(関西昆虫研究会)	2017	12
3	ミトコンドリアDNAによるノサップマルハナバチの遺伝構造と分子系統	奥山永ら	京都産業大学	日本昆虫学会近畿支部会(関西昆虫研究会)	2017	12
4	果菜類における花粉媒介昆虫の実態解明にむけて—モニタリングシステムの開発—	横井智之ら	筑波大学・鹿児島県農業開発総合センター・農研機構野菜花き研	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
5	エタノール vs プロピレングリコール —昆虫DNAの保存・抽出に適するのはどちら?— 第62回日本応用動物昆虫学会大会要旨.	中村祥子ら	森林研究・整備機構 森林総合研究所	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
6	食料生産から考える花粉媒介昆虫:はじめに	滝久智ら	森林研究・整備機構 森林総合研究所	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
7	オオマルハナバチ亜種間の分子系統とトマトへの訪花行動の観察調査	高橋純一ら	京都産業大学	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
8	ウリ科果菜類(カボチャ・ニガウリ・スイカ)の訪花昆虫の網羅的調査	河野勝行ら	農研機構野菜花き研究部門	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
9	日本の作物生産における送粉研究	小沼明弘	農業環境変動研究センター	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
10	施設ニガウリにおけるミツバチ利用	田中義弘	鹿児島県農業開発総合センター	第62回日本応用動物昆虫学会大会	2018	3
11	混植によるニホンナシの自然受粉栽培について	池田隆政・中田健	鳥取県園芸試験場	園芸学会秋季大会 小集会	2018	9

12	北海道・ユリ島で発見されたシュレンクマルハナバチの遺伝的固有性	梅澤実鈴ら	京都産業大学	関西昆虫研究会	2019	1
13	北海道在来マルハナバチ類のトマト授粉能力とミトコンドリアDNAの全長比較	高橋純一	京都産業大学	関西昆虫研究会	2019	1
14	ニホンミツバチにおける重要生息地域の遺伝的多様度評価	松尾裕弥ら	京都産業大学	関西昆虫研究会	2019	1
15	カボチャの送粉昆虫と農地周辺の訪花昆虫相の比較	岸茂樹・前田太郎	農研機構生物機能利用研究部門	日本生態学会	2019	3
16	カボチャ・ニガウリの訪花昆虫相の作目間・場所間・雌雄花間・年次間の比較	河野勝行、田中義弘、横井智之、池本美都、飯田博之、太田泉	農研機構野菜花き、鹿児島県農総セ、筑波大学	第63回日本応用動物昆虫学会大会	2019	3
17	ミツバチにおける全身組織標本作成変法の開発とニホンミツバチワーカーの全身臓器の把握	稲元哲郎ら	京都産業大学	日本応用動物昆虫学会	2019	3
18	日本産果樹生産に貢献する野生訪花昆虫～産地・年度間変動と安定性について～	中村祥子	森林総合研究所	応用動物昆虫学会	2019	3
19	トラップから遺伝解析までープロピレングリコールは昆虫のAll in One保存液となるか	中村祥子	森林総合研究所	日本生態学会	2019	3
20	紫外線カットフィルムがマルハナバチ類に及ぼす影響 II エゾオオマルハナバチとオオマルハナバチに及ぼす影響	廣川諭	株式会社アグリ総研	第63回日本応用動物昆虫学会大会	2019	3
21	低温下でのセイヨウミツバチ訪花行動促進の試み	森本信生、木村澄、芳山三喜雄	農研機構畜産研究部門	第63回日本応用動物昆虫学会大会	2019	3
22	和歌山県におけるウメの花粉媒介昆虫相の解明	江畑真美	和歌山県うめ研究所	園芸学会	2019	3
23	ネギネクロバネキノコバエの分類学的位置	末吉昌宏・吉松慎一・中谷至伸	森林総合研究所	日本昆虫学会	2019	9

24	カボチャ・ニガウリの訪花昆虫相と訪花時間帯の分類群間の比較	河野勝行、飯田博之、太田泉	農研機構野花研	日本昆虫学会第79回大会	2019	9
25	カボチャ・ニガウリにおける訪花昆虫相およびその着果への影響	田中義弘、河野勝行、横井智之、池本美都	鹿児島県農総セ、農研機構野花研、筑波大学	園芸学会 令和元年度(2019年度)秋季大会	2019	9
26	カキノキの訪花昆虫と体表付着花粉からみた下草との送粉ネットワーク	日下石碧、井上広光、新井朋徳、加茂綱嗣	農研機構	日本花粉学会第60回大会	2019	10
27	森のハナバチの花探し: 森林景観がハナバチの採餌と樹木の受粉に与える影響	永光輝義	森林総合研究所	ミツバチサミット2019	2019	12
28	ナシ、リンゴ、カキの野生訪花昆虫の多様性と共通性	中村祥子	森林総合研究所	ミツバチサミット2019	2019	12
29	対馬のコマルハナバチの体色変異とボトルネック効果の関係について	溝端丞之介ら	京都産業大学	ミツバチサミット2019	2019	12
30	ニホンミツバチのハチミツを発酵させる微生物について	近野真央ら	京都産業大学	ミツバチサミット2019	2019	12
31	ナシの花粉媒介昆虫相の解明と送粉効率の高い昆虫の探索および評価	向後優太・園田昌司	宇都宮大学	第31回栃木県病害虫研究会	2019	12
32	花を植えて蜂を呼ぶ！一花の混植による送粉者誘引実験一	平岩将良・岸茂樹・前田太郎	農研機構	ミツバチサミット2019	2019	12
33	ツシマコマルハナバチの遺伝的多様性と固有性について	溝端丞之介ら	京都産業大学	対馬学フォーラム	2019	12
34	発酵した生ハチミツに含まれる酵母の分子系統解析	近野真央ら	京都産業大学	日本食品微生物学会	2019	12
35	マルハナバチ類のカボチャへの訪花行動と花粉媒介に関する研究	岡田珠緒、熊野了州	帯広畜産大学	北海道応用動物・昆虫研究発表会	2020	1

36	十勝周辺におけるマルハナバチ寄生虫の感染状況	荒木滉介、熊野了州	帯広畜産大学	北海道応用動物・昆虫研究発表会	2020	1
37	野生マルハナバチ類における寄生生物の感染	荒木滉介・熊野了州	帯広畜産大学	北海道応用動物・昆虫研究発表会	2020	1
38	島根県におけるカキの訪花昆虫の種類と訪花時間	山本隼祐・澤村信生	島根県農業技術センター	日本応用動物昆虫学会	2020	3
39	福島市の市街地と山間地に存在するリンゴ園における訪花昆虫相の変遷	吉田昂樹	福島県農業総合センター果樹研究所	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
40	札幌において約40年前と約30年前に採集されたハナバチ	滝久智, 中村祥子	森林総合研究所	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
41	野生訪花昆虫群集の作目間、年度間変動—ニホンナシ、リンゴ、カキの送粉者候補のモニタリングに向けて—	中村祥子ら	森林総合研究所など	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
42	同一地域内のウリ科果菜類と他の植物の間の訪花昆虫相の比較	河野勝行、飯田博之、豊島真吾	農研機構野花研	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
43	訪花昆虫のオスとメスにみられるネットワーク構造の違い	岸茂樹	農研機構農業情報研究センター、農研機構生物機能利用研究部門	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
44	鹿児島県のカボチャ抑制栽培におけるミツバチとマルハナバチの送粉効率	加茂綱嗣、日下石碧、田中義弘、岸茂樹	農研機構／鹿児島県農総セ	第64回日本応用動物昆虫学会大会	2020	3
45	1979年と1989年の札幌におけるハナバチと訪花植物	滝久智, 中村祥子	森林総合研究所	第67回日本生態学会大会	2020	3
46	マルハナバチ類の訪花に影響する要因—北海道十勝のカボチャ栽培の場合	中村祥子ら	森林総合研究所など	第67回日本生態学会大会	2020	3
47	農地周辺の訪花昆虫ネットワークの構造と評価	岸茂樹	農研機構・農情研	第67回日本生態学会大会	2020	3

48	花の混植による送粉者誘引効果の検証	平岩将良・岸茂樹・前田太郎	農研機構	第67回日本生態学会大会	2020	3
49	ウメ園におけるニホンミツバチとセイヨウミツバチの訪花行動の比較	前田太郎・江畑真美	農研機構・和歌山県うめ研究所	第67回日本生態学会大会	2020	3
50	生態ネットワークにみられる入れ子構造とネットワークサイズとの関係	岸茂樹、平岩将良	農研機構農業情報研究センター、農研機構生物機能利用研究部門	第67回日本生態学会大会	2020	3
51	農地周辺の訪花昆虫ネットワークの構造と評価	岸茂樹	農研機構農業情報研究センター、農研機構生物機能利用研究部門	第67回日本生態学会大会	2020	3
52	リンゴ園の訪花昆虫相は山間地で保全され、市街地ではハチ目が増加している	吉田昂樹	福島県農業総合センター果樹研究所	令和元年度研究成果(春夏作)参考となる成果	2020	3
53	マルハナバチ類のカボチャへの訪花と花粉の媒介	熊野了州・岡田玉緒	帯広畜産大学	日本応用動物昆虫学会	2020	3
54	花の混植による作物への送粉者誘引効果の検証	平岩将良・岸茂樹・前田太郎	農研機構	日本応用動物昆虫学会	2020	3
55	エゾオオマルハナバチの遺伝構造解析とトマトハウス内における活動個体数調査	奥山永ら	京都産業大学・アグリ総研(株)	日本応用動物昆虫学会	2020	3
56	チョーク病に感染したセイヨウミツバチワーカー蜂児の病理組織化学的観察	稲元哲郎ら	京都産業大学	日本応用動物昆虫学会	2020	3
57	ニホンミツバチはセイヨウミツバチより低温で働くか？	前田太郎・江畑真美	農研機構・和歌山県うめ研究所	日本応用動物昆虫学会	2020	3
58	ニホンミツバチと酵母における共生関係の可能性について	高橋純一ら	京都産業大学	日本応用動物昆虫学会	2020	3
59	マルハナバチ類のカボチャへの訪花行動と花粉の媒介	熊野了州、岡田珠緒	帯広畜産大学	日本応用動物昆虫学会	2020	3

60	カキノキ( <i>Diospyros kaki</i> )の送粉者とその果樹園下草(シロツメクサ: <i>Trifolium repens</i> )との関係	日下石碧、井上広光、新井朋徳、岸茂樹、加茂綱嗣	農研機構	日本生態学会第67回大会自由集会	2020	3
61	飛翔性昆虫に対する各種誘引トラップの捕獲効率の評価	池本 美都、藏満 司夢、末吉昌宏、瀬口 翔太、横井 智之	筑波大学、森林総合研究所、近畿大学	日本応用動物昆虫学会	2020	3
62	鳥取県におけるニホンナシの自然受粉栽培への取り組み	中田健・古井佑樹・山本匡将・池田隆政・園田昌司・香川清彦・杉浦直幸・神山光子・戸田世嗣・外山晶敏	鳥取園試、鳥取農大、宇都宮大、熊本農研セ、農研機構・果樹茶	西日本応用動物昆虫研究会・中国地方昆虫学会令和2年度合同例会	2020	9
63	鹿児島県のカボチャ抑制栽培における訪花昆虫の同定と送粉効率	俵積田智也、田中義弘、加茂綱嗣、日下石碧、岸茂樹	鹿児島県農業総合開発センター、農研機構・農業環境変動研究センター、農研機構・農業情報研究センター	令和2年度九州農業研究発表会	2020	10
64	複数種の昆虫による異時的な訪花がニガウリの果実生産に与える影響	池本美都、河野勝行、横井智之	筑波大学	応用動物昆虫学会	2021	3
65	ネットワークのサイズが構造指標に与える影響	岸茂樹・平岩将良	農研機構農情研、農環研	第68回日本生態学会大会	2021	3
66	マルハナバチ類のカボチャへの訪花行動と花粉媒介に関する研究	岡田玉緒・熊野了州	帯広畜産大学	第68回日本生態学会大会	2021	3
67	マルハナバチ類のカボチャへの訪花行動	岡田玉緒・熊野了州	帯広畜産大学	第65回日本応用動物昆虫学会	2021	3
68	花の混植による送粉者誘引実験:カボチャとウメの送粉者を増やす	平岩将良、江畑真美、前田太郎	農研機構農環研、和歌山県うめ研究所	第68回日本生態学会大会	2021	3
69	ニホンミツバチとセイヨウミツバチのウメへの訪花活動の比較	前田太郎、平岩将良、江畑真美	農研機構農環研、和歌山県うめ研究所	第68回日本生態学会大会	2021	3
70	花を混植してハナバチを誘引するーカボチャとウメの事例ー	平岩将良、江畑真美、前田太郎	農研機構農環研、和歌山県うめ研究所	第65回日本応用動物昆虫学会	2021	3

71	2種ミツバチの低温下における訪花活動の比較	前田太郎、平岩将良、江畑真美	農研機構農環研, 和歌山県うめ研究所	第65回日本応用動物昆虫学会	2021	3
72	トラマルハナバチのカボチャ訪花行動に及ぼす花蜜の影響	釘宮総一、平岩将良、前田太郎	農研機構中央農研, 農研機構農環研	第65回日本応用動物昆虫学会	2021	3
73	送粉サービスにおける生態学的集約化: 農地景観のもつ潜在的な生息地機能を引き出す	滝久智	森林総合研究所	第68回日本生態学会大会	2021	3
74	日本各地の果樹の訪花昆虫群集を比較する	中村祥子	森林総合研究所	第68回日本生態学会大会	2021	3
75	Temporal and visitor derived changes in the fungal community assemblages in bitter melon flowers	Nakamura Sら	森林総研	Plant Microbiota Research Network 第一回オンラインシンポジウム	2021	10
76	花から送粉者の環境 DNA は検出できるか?	池本美都	筑波大学, 森林総合研究所, 農研機構農業環境研究部門	環境DNA学会	2021	11
77	「鹿児島県南薩地域における抑制カボチャの自然受粉の可能性」	俵積田智也・田中義弘・加茂綱嗣・日下石碧・中村祥子・岸茂樹	鹿児島県農業総合開発センター、農研機構・農業環境変動研究センター、森林研究整備機構・森林総合研究所、農研機構・農業情報研究センター	令和3年度九州農業研究発表会	2021	12
78	環境DNAで検出される見えない訪花者相	池本美都	筑波大学, 森林総合研究所, 農研機構農業環境研究部門	日本生態学会	2022	3
79	野生送粉昆虫の保全と活用に向けた取り組み	横井智之	筑波大学	日本応用動物昆虫学会	2022	3
80	自然受粉のニホンナシ園でみられる訪花昆虫間の相互補完関係について	園田昌司ら	宇都宮大学ほか	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3
81	昆虫の訪花に影響する花の色、香り、形	岸茂樹ら	農研機構 農業情報研究センター	第69回 日本生態学会大会	2022	3
82	ゴマでカボチャの受粉を促進—花の混植による送粉機能促進効果—	平岩将良ら	農研機構 農業環境研究部門	第69回 日本生態学会大会	2022	3



83	島根県におけるカキの受粉に貢献する花粉媒介昆虫	山本隼佑, 澤村信生	島根県農業技術センター	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3
84	Changes in the fungal community assemblages on bitter melon flowers associated with anthesis and insect visits 開花と昆虫の訪問に関連したゴーヤの花の真菌群集の変化	Nakamura Sら	森林総研	第69回日本生態学会大会	2022	3
85	ゴーヤ訪花昆虫の体表真菌群集組成を比較する	Nakamura S	森林総研	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3
86	果樹・果菜で明らかになった野生送粉昆虫のはたらき	加茂綱嗣	農研機構	第66回日本応用動物昆虫学会大会公開シンポジウム	2022	3
87	ウメの開花期の気象条件が着果率と収量に及ぼす影響を、ミツバチの訪花活動性の観点から考える	前田太郎ら	農研機構	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3
88	花の混植による送粉機能促進効果の検証—送粉者密度が促進効果に与える影響—	平岩将良ら	農研機構	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3
89	「昆虫の吸蜜がカボチャ花蜜分泌量に及ぼす影響の解析」	釘宮聡一	農研機構	第66回日本応用動物昆虫学会大会	2022	3

(3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名(タイトル)	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	⑤	クロマルハナバチの使い方2018	高橋純一	京都産業大学	八代在来種マルハナバチ利用拡大協議会	2018	3
2	⑤	京都産業大学総合生命科学部年報2017	高橋純一	京都産業大学	京都産業大学	2018	3
3	⑤	ミツバチ用保温箱の使い方	高橋純一	京都産業大学	豊橋花粉交配用蜜蜂安定調達協議会	2019	3

4	⑤	マルハナバチ用保温箱の使い方	高橋純一	京都産業大学	八代在来種マルハナバチ利用拡大協議会	2019	3
5	⑤	京都産業大学総合生命科学部年報2018	高橋純一ら	京都産業大学	京都産業大学	2019	3
6	①	身近なところで花粉を運ぶ昆虫とその役割(「ミツバチサミットスペシャルブック」)	岸茂樹	農研機構農業情報研究センター	ミツバチサミット実行委員会	2019	12
7	②	針葉樹人工林と広葉樹自然林の森林景観がスミザラの口繁殖とマメコバチの口採餌に与える影響(「昆虫と自然」54巻)	永光輝義	森林総合研究所	北隆館	2019	12
8	⑤	森のハナバチの花探し:森林景観がハナバチの採餌と樹木の受粉に与える影響(「ミツバチサミットスペシャルブック」)	永光輝義	森林総合研究所	ミツバチサミット実行委員会	2019	12
9	⑤	ナシ、リンゴ、カキの野生訪花昆虫の多様性と共通性(「ミツバチサミットスペシャルブック」)	中村祥子	森林総合研究所	ミツバチサミット実行委員会	2019	12
10	⑤	ウリ科果菜の送粉昆虫をモニタリングする(「ミツバチサミットスペシャルブック」)	池本美都	筑波大学	ミツバチサミット実行委員会	2019	12
11	⑤	ハナバチとヒトビトのつながりー意外だけど重要な関係性(「ミツバチサミットスペシャルブック」)	横井智之	筑波大学	ミツバチサミット実行委員会	2019	12
12	④	実用化に向けて準備進むエゾオオマルハナバチ外来種から道産子へ	高橋純一	京都産業大学	ニューカントリー	2021	6
13	②	絶滅が危惧されているノサップマルハナバチ	高橋純一	京都産業大学	昆虫と自然	2021	12
14	②	根室半島で見つかったノサップマルハナバチの成熟期の巣について	高橋純一	京都産業大学	昆虫	2022	2

(4)国内特許権等

区分:①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番	区分	特許権等の名称	発明者	権利者	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月
1		該当無し						

## (5) 国際特許権等

区分:①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番	区分	特許権等の名称	発明者	権利者	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月	出願国
1		該当無し							

## (6) 報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

整理番号	区分	記事等の名称	機関名	掲載紙・放送社名等	掲載年月日	備考
1	②	「授粉昆虫解き明かされる効果:訪花昆虫の重要性」	農研機構 農業環境変動研究センター	農業共済新聞	2018/3/21	
2	②	「授粉昆虫 解き明かされる効果 マルハナバチ(1)」	京都産業大学	農業共済新聞	2018/3/28	
3	②	「授粉昆虫 解き明かされる効果 マルハナバチ(2)」	京都産業大学	農業共済新聞	2018/4/2	
4	②	「受粉昆虫解き明かされる効果:野生の花粉媒介者(1)」	筑波大学	農業共済新聞	2018/4/11	
5	②	「受粉昆虫解き明かされる効果:野生の花粉媒介者(2)」	筑波大学	農業共済新聞	2018/4/18	
6	④	あなたの知らない〇〇ワールド 第6回 花粉の世界 ~花粉症から観察方法まで	農研機構 農業環境変動研究センター	文一総合出版	2019/2/4	<a href="https://buna.info/runningstory/2078/">https://buna.info/runningstory/2078/</a>
7	④	農林業害虫クロバネキノコバエ類の学名を整理し、互いの区別点を明らかにしました	森林総合研究所	森林総合研究所ホームページ	2019/8/5	<a href="https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2019/20190805-03.html">https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2019/20190805-03.html</a>
8	④	リンゴ園の訪花昆虫相は山間地で保全され、市街地ではハチ目が増加している	福島県農業総合センター果樹研究所	令和元年度研究成果(春夏作)参考となる成果	2020年3月	
9	②	希少ハチの営巣確認 京産大グループ 納沙布岬、保全・増殖に道	京都産業大学	北海道新聞	2020/3/25	<a href="https://www.hokkaido-np.co.jp/article/660843?rct=n_science">https://www.hokkaido-np.co.jp/article/660843?rct=n_science</a>
10	①	(研究成果)農地で花粉を運ぶ昆虫を簡単に調査-「花粉媒介昆虫調査マニュアル」増補改訂版を公開-	農研機構	農研機構ホームページ	2022/3/28	<a href="https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/niaes/139079.html">https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/niaes/139079.html</a>
11	②	「花粉媒介昆虫調査マニュアル」増補改訂版を公開 農研機構	農研機構	農業協同組合新聞	2022/3/29	<a href="https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2022/03/20329-57820.php">https://www.jacom.or.jp/saibai/news/2022/03/20329-57820.php</a>

12	④	(農研機構)「花粉媒介昆虫調査マニュアル」増補改訂版を公開	農研機構	みんなの農業広場	2022/3/30	<a href="https://www.jeinou.com/topics/2022/03/30/100000.html">https://www.jeinou.com/topics/2022/03/30/100000.html</a>
13	④	「花粉媒介昆虫調査マニュアル」増補改訂版を公開 農研機構	農研機構	農業ビジネスveggie	2022/3/30	<a href="https://nou-biz.com/news/survey-pollination-naro/">https://nou-biz.com/news/survey-pollination-naro/</a>

(7) 普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの(複数選択可)

整理番号	区分	成果の名称	機関名	普及(製品化)	主な利用場面	普及状況
1		該当無し				

(8) 発表会の主催(シンポジウム・セミナー等)の状況

整理番号	発表会の名称	機関名	開催場所	年月日	参加者数	備考
1	第62回日本応用動物昆虫学会大会小集会「食料生産から考える花粉媒介昆虫」	宇都宮大学・熊本県・鳥取県・果樹研究部門	鹿児島大学	2018/3/27	30	
2	虫の日セミナー「訪花昆虫群集ネットワークに共通してみられるパターン」	農研機構農業情報研究センター	農研機構農業環境変動研究センター	2019/6/7	50	
3	第67回日本生態学会大会自由集会「農地景観における送粉サービス向上への生態学徒の挑戦」	森林総研、筑波大学、農環研	名城大学	2020/3/7	(中止)	第67回日本生態学会大会自由集会 <a href="https://esj.ne.jp/meeting/abst/67/W19.html">https://esj.ne.jp/meeting/abst/67/W19.html</a>
4	「送粉」研究が拓く新境地	森林総研、筑波大学	オンライン	2021/3/17-21	150	
5	公開シンポジウム「私たちの食を支える野生送粉昆虫のイマとミライ」	農研機構 農業環境研究部門	第65回 日本応用動物昆虫学会大会	2022/3/20	500	

(9) アウトリーチ活動の状況

区分:①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他(子供向け)

整理番号	区分	アウトリーチ活動	機関名	開催場所	年月日	参加者数	主な参加者	備考
1	①	ニホンミツバチ飼養者集会「在来訪花昆虫と蜜源植物」	8ちゃんねる	淡路海上ホテル	2018/9/16	100	ニホンミツバチ飼養者	
2	①	ニホンミツバチ飼養者集会「在来訪花昆虫と蜜源植物」	第12回九州日本蜜蜂会	山田緑地	2018/10/6	120	ニホンミツバチ飼養者	

3	①	公開講座「世界農業遺産」	京都産業大学	和歌山県立情報交流センターBig・U	2018/12/15	50	会社員、主婦、学生、行政等	
4	①	公開講座「京都・土庄むずびわざ大学」	京都産業大学	土庄夢むずび館	2019/2/11	70	会社員、主婦、学生、行政等	
5	①	「在来マルハナバチの使い方講習会(八代市)」	京都産業大学	JA八代	2019/3/16	50	生産者、会社員、行政等	
6	①	「在来マルハナバチの使い方講習会(豊橋市)」	京都産業大学	JA豊橋	2019/3/23	50	生産者、会社員、行政等	
7	①	フォーラム「世界農業遺産」	京都産業大学	田辺市役所	2019/3/27	100	会社員、主婦、学生、行政等	
8	①	「在来マルハナバチの使い方講習会(八代市)」	京都産業大学	JA平取町	2019/3/29	30	生産者、会社員、行政等	
9	①	「在来マルハナバチの使い方講習会(平取町)」	京都産業大学	JA平取町	2019/6/25	30	生産者、会社員、行政等	
10	①	ミツバチ勉強会「身近に咲く花と、花を訪れる昆虫のつながり」(トウヨウミツバチ協会)	農研機構農業情報研究センター	東京スクエアガーデン 中央区環境情報センター	2019/7/9	20	会社員、主婦、学生等	
11	①	よさこいセミナー「花と昆虫の関係をさぐる」	農研機構農業情報研究センター	高知大学	2019/10/18	50	大学教員、学生、会社員等	
12	①	公開講座「世界農業遺産」	京都産業大学	和歌山県立情報交流センターBig・U	2019/12/7	100	会社員、主婦、学生、行政等	
13	①	ミツバチサミット「庭に広がる虫と花の世界」	農研機構農業情報研究センター	つくば国際会議場	2019/12/13	50	会社員、主婦、学生等	
14	①	ミツバチサミット「身近なところで花粉を運ぶ昆虫たちとその役割」	農研機構農業情報研究センター	つくば国際会議場	2019/12/15	100	会社員、主婦、学生等	
15	①	ミツバチサミット「カキノキの訪花昆虫は何か?～体表付着花粉から分かること～」	農研機構農業環境変動研究センター	つくば国際会議場	2019/12/15	100	会社員、主婦、学生等	<a href="https://bee-summit.jp/">https://bee-summit.jp/</a>
16	②	オープンキャンパス	京都産業大学	京都産業大学	2021/7/31	100	学生	
17	②	オープンキャンパス	京都産業大学	京都産業大学	2021/8/1	100	学生	
18	①	公開講座	京都産業大学	和歌山大学	2021/12/11	50	市民	
19	①	4Hクラブ向け研修会	みなべ梅郷クラブ	和歌山県うめ研究所	2021/8/18	20	農業者	