

SOP22-407bK

禁転載

果樹・果菜の受粉を助ける 花粉媒介昆虫調査 標準作業手順書

公開版
Version 0.8



目次

はじめに	1
免責事項	2
技術の解説と特徴	3
I. 自然受粉と花粉媒介昆虫	4
1.自然受粉	4
(1) 昆虫の働き	4
(2) 自然受粉について	6
2.いろいろな訪花昆虫	11
(1) 昆虫の体	11
(2) 訪花昆虫の見分け方	12
資料 I - 1 八子目	13
資料 I - 2 八工目	13
資料 I - 3 コウチュウ目	14
資料 I - 4 チョウ目	14
資料 I - 5 その他の昆虫やクモ	14
資料 I - 6 ハナバチ類の生態	15
II. 基本となる昆虫の調査手法	16
資料 II - 1 その他の調査手法	20
1.目視	21
(1) 観察対象の確認	21
(2) 観察日時	22
(3) 観察時間	23
(4) 観察方法	23

2.見つけ取り	24
(1) 捕獲方法	25
資料Ⅱ-1 捕虫網でつかまえる手順	25
資料Ⅱ-2 管瓶でつかまえる手順	27
(2) 捕獲した虫の取扱い	27
資料Ⅱ-3 液浸標本	28
資料Ⅱ-4 乾燥標本	28
3.粘着板トラップ	29
(1) 粘着板トラップの作り方	29
資料Ⅱ-5 色による捕獲特性の違い	30
資料Ⅱ-6 ハナアブ類の捕獲	31
資料Ⅱ-7 農業害虫用の黄色粘着トラップ製品	31
(2) 粘着板トラップによる調査方法	32
資料Ⅱ-8 設置角度	33
(3) 捕獲昆虫の見方・調べ方	34
資料Ⅱ-9 剥離方法	35
(4) 調査設計の目安	35
Ⅲ. 作物別の調査方法	37
1.調査の目的	37
2.調査の難易度	37
(1) カボチャの花粉媒介の特徴	37
(2) ニホンナシの花粉媒介の特徴	38
3.その他の果樹・果菜の調査方法	38
4.作物別の調査方法の入手	39

IV. 技術の導入先	40
用語解説	43
付録：顕微鏡やルーペによる昆虫の観察方法	47
1. 顕微鏡やルーペを用いた観察	47
2. 顕微鏡とルーペの使い分け	48
3. 液浸標本の観察方法	48
4. 乾燥標本の観察方法	49
よくあるご質問等	51
参考資料	52
担当窓口、連絡先	52

はじめに

1. 背景と目的

土を耕し、種をまき、やがて花が咲いて実がみのる。そのような農業の営みの中で、多くの野生昆虫がなくてはならない存在として働いています。特に花から花へ花粉を運ぶ役割はとても重要です。しかし、実際にどのような昆虫が花を訪れ、花粉を運ぶのに役立っているのかを知っている人はそれほど多くないかもしれません。本 SOP は、花を訪れる昆虫が豊かな実りに貢献していることを知っていただき、それをきちんと評価することで農業の未来につなげることを目指して作成されました。

本 SOP は、2022 年 3 月に公表された『果樹・果菜類の受粉を助ける花粉媒介昆虫調査マニュアル増補改訂版』をベースに作成されています。

2. 対象読者

本 SOP は農業指導者、研究者を主な対象としていますが、農業生産者、農業や生態学を学ぶ学生、および一般の方にもご活用いただける内容となっています。

3. 本 SOP でできること

- 農作物の受粉（用語解説参照 P.44）がどのような昆虫に助けられているかを知り、見分けられるようになります。各作物について、普及指導員さんや生産者の方など、必ずしも昆虫に詳しくない方々に調査の試行をお願いし、実施可能との評価を受けています（ただし、詳しい同定には専門家の協力が必要です）。
- 標準調査法を用いることで、花粉媒介昆虫（用語解説参照 P.43）の種類と量を他の果樹園や畑と比較したり、同じ場所で年ごとの違いを調べたりすることができるようになります。

免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本 SOP で紹介している観察に取り組む過程で、ハチに刺されるなどの傷病が発生しても農研機構では、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載されている図表および写真は、農林水産省委託プロジェクト「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」研究コンソーシアム（以下「本研究コンソーシアム」といいます。）が取りまとめた「果樹・果菜類の受粉を助ける花粉媒介昆虫調査マニュアル 増補改訂版」より抜粋・加筆修正されたものです。
- 3頁上部の緑枠内に掲載した画像を除き、図や写真（イラストと画像を含む）は、本研究コンソーシアムが著作権を保有しています。
- 本研究コンソーシアム(JPJ006239)参画機関は以下の通りです。
 - 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）
 - 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
 - 秋田県果樹試験場
 - 福島県農業総合センター果樹研究所
 - 和歌山県果樹試験場うめ研究所
 - 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果樹研究所
 - 鹿児島県農業開発総合センター
 - 国立大学法人 帯広畜産大学
 - 国立大学法人 宇都宮大学
 - 国立大学法人 筑波大学
 - 学校法人 京都産業大学
 - 株式会社 アグリ総研

技術の概要と特徴

受粉管理の理想像

野生花粉媒介昆虫の訪花量が生産に十分な農地

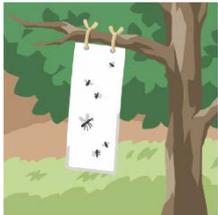


野生花粉媒介昆虫の訪花が生産に十分でない農地



理想的管理を実施するためには農地の花粉媒介昆虫の種類と訪花量を知る必要がありますが、現場で使える簡便な調査方法がなかったため、それぞれの作物に適した調査方法を選んで、改良し、標準化しました。

各作物に適した調査手法

作物名	 目視	 粘着板トラップ
 リンゴ	○	○ (目視と併用)
 ニホンナシ	○	○ (目視と併用)
 ウメ	○	—
 カキ	○	—
 カボチャ	○	—
 ニガウリ	○	—

I. 自然受粉と花粉媒介昆虫

1. 自然受粉

(1) 昆虫の働き

私たちの周りにある草地や森といった自然生態系の中を見渡すと、多くの野生植物が生育しているのが目に入ります。その植物の中には被子植物と呼ばれ、さまざまな形や色の花をもっているものがあります。この被子植物が果実をつくる時には、雄しべ（用語解説参照 P.43）の葯（用語解説参照 P.46）で作られた花粉が雌しべの柱頭につかなくてはなりません。この花粉の移動を助ける媒介者として、さまざまな昆虫類が活躍しています。一般的には、ハナバチ類をはじめとして、カリバチ類やハエ類、ハナアブ類、コウチュウ類（図 I - 1）などが花粉媒介昆虫であると考えられています。



図 I - 1 左から、ハナバチ類、カリバチ類、コウチュウ類

植物の花粉を運んで受粉を手助けする動物のことを、「花粉媒介者」や「送粉者」、あるいは「ポリネーター（用語解説参照 P.46）」といいます。それらの動物が昆虫であれば、「花粉媒介昆虫」あるいは「送粉昆虫（用語解説参照 P.45）」といいます。花粉媒介昆虫は、花粉や花蜜を食べたり集める、隠れ家や休息場所として利用する、あるいは交尾相手を探すなどの目的で花を訪れます。そして、花は見返りとして、訪れる昆虫に花粉の移動を担ってもらいます。一方、これらと似た用語である「訪花昆虫」とは、花を訪れる昆虫のことです。花を訪れても花粉の運搬をしない昆虫も含まれます。したがって、花粉媒介昆虫は訪花昆虫の一部としてとらえることができます。

地球上のいたるところで多種多様な昆虫が訪花しており、これらは被子植物の結実（用語解説参照 P.44）に重要な存在だとされています。農耕地に目を向ければ、露地栽培（用語解説参照 P.46）される多くの果樹や果菜類において野生の花粉媒介昆虫の存在は欠かせません（図 I - 2）。



図 I - 2 昆虫類による花粉媒介が必要な作物たち

世界の主要な農作物の約 75%は、昆虫類に鳥類・哺乳類などを加えた花粉媒介者に依存しています。そして私たちが普段何気なくスーパーや市場で購入する野菜や果物ですが、その形や味などの品質の向上においても彼らの存在が大きく関わっています。一般的には、セイヨウミツバチをはじめとする放飼昆虫（用語解説参照 P.46）の貢献や重要性に着目されがちですが、作物生産に貢献する花粉媒介者の大多数は野生昆虫であると言われています。そのサービス効果を金額に換算すると、全世界で年間約 20 兆円にものぼると試算されています。日本の農業生産においても、花粉媒介昆虫がもたらす経済的価値の総額は約 4,700 億円であり、その 70%は野生昆虫によるものであると推定されています。しかし、日本では、農作物の生産に役立っている野生の花粉媒介昆虫についてはあまり明らかになっていませんでした。

その背景には、日本では野生の花粉媒介昆虫の重要性に関する認知度が低かった点や、多くの作物の花粉媒介をセイヨウミツバチに依存してきた点などが挙げられます。近年、野生の花粉媒介昆虫の貢献度の高さが認識されつつある一方で、それらの種数や個体数が大きく減少しているという指摘がなされています。これは、さまざまな地域における、人間活動による生息地の分断化・破壊、環境汚染、外来の競合する生物や病原体の侵入などが原因と考えられており、農業生産にも悪影響が懸念されています。日本ではその影響はまだ顕在化していませんが、それぞれの農作物でどのような種の野生の花粉媒介昆虫が花粉媒介に役立っているかといった実態すらほとんどわかっていないのが現状です。環境変化や地球温暖化が予想される未来においても安定した農業生産を持続していくためには、野生の花粉媒介昆虫の現在の実態を把握し、継続的にモニタリングしていくことが必要です。

(2) 自然受粉について

1. いろいろな受粉

被子植物の花として、風媒花と虫媒花がよく知られています。風媒花の例としてはトウモロコシなどが挙げられます（図 I - 3）。風媒花は文字通り風によって受粉が行われる花であり、基本的に人間は何もする必要がありません。一方、虫媒花は虫によって受粉が行われる花で、例としてウメなどが挙げられます（図 I - 4）。多くの果樹・果菜は虫媒花です。その受粉は、野生の虫まかせにする自然受粉、セイヨウミツバチなどの放飼昆虫を利用した授粉（用語解説参照 P.45）、または虫の代わりに人間が受粉作業をする人工授粉のいずれかによって行われます。ここでは、自然受粉について考えてみたいと思います。

「自然受粉」という用語は、一般には虫や風が花粉を運ぶことで起こる受粉全般を意味し、ミツバチの巣箱を導入して受粉を促進する場合も含まれることが多いです。しかし、本 SOP では野生昆虫の活用を目指しているため、「自然受粉」は「野生昆虫や風などによって行われる、人の手を介さない受粉」に限定して解説します。



図 I - 3 風媒花のトウモロコシの花



図 I - 4 虫媒花のウメの花

2. 農業生産における自然受粉

果樹や果菜の施設栽培においては、野生の昆虫の往来が遮断された環境での受粉が必要であるため、人工授粉やミツバチの巣箱の導入が欠かせません。しかし、野生の昆虫が周辺に生息している露地栽培においても、我が国では多くの場合、施設栽培と同様に人工授粉やミツバチの巣箱の導入が行われており、例えばカボチャの露地栽培でも、セイヨウミツバチの巣箱が導入されている農地があるなど、露地栽培の果樹や果菜でも、作物によっては自然受粉が一般的ではない場合があります。それは、以下に説明するような自然受粉の短所にもよると考えられます。

3. 自然受粉の長所と短所

自然受粉の長所は、人工授粉やミツバチの巣箱の導入と比較して、コストと労力を大きく低減できることです。花粉媒介昆虫が周辺の自然環境から農地へ飛来し、作物の花から蜜や花粉を集める過程で雌しべに花粉を付着させることで受粉が完了します。そして翌年、作物の花が咲く時期に虫たちは再びやってきて、私たちに恵みをもたらしてくれます。

一方で、悪天候や低温時には花粉媒介昆虫があまり飛来しないため、こうした悪条件が続くと受粉が十分に行われな可能性がります。また、昆虫の発生量は年によって変動があることも知られています。このように、その働きに不安定な面があり、利用における計算が難しいことが自然受粉の短所と言えます。

4. 自然受粉の可能性

自然受粉には以上のような長所と短所がありますが、農業現場ではこれまで、自然受粉の利用の可能性についてはあまり評価されてきませんでした。自然にまかせても問題なく受粉できているにも関わらず、人工授粉やミツバチの巣箱の導入をしている場合は、その分が無駄な経費となります。また、私たちのほんの少しの工夫と努力により、野生昆虫にとって住みよい環境を提供するだけで、花粉媒介昆虫が安定して農地に飛来するのであれば、生態系サービス（食料や水、気候の安定など、多様な生物が関わりあう生態系から得られるさまざまな恵み）の有効活用と言えます。

農業において、どのような昆虫がどのくらい自然受粉を担っているのか、それを正しく知ることが自然受粉を活用するための第一歩です。

5. 自然受粉の貢献を知ることができる例

広島県のカキ園における研究で、自然受粉がどのくらい生産に役立っているかを示す例があるので紹介します。

カキには雄花と雌花があるため、雄花の雄しべから雌花の雌しべに花粉を移動させないと受粉が起こりません。受粉しなくても結果（果実ができること）（用語解説参照 P.43）はするのですが、受粉して種子が入らないと生育途中で生理的落果（用語解説参照 P.45）が起こりやすいなどの理由で、安定して生産するためには、多くの品種で受粉が必要です。

最も一般的な甘柿の品種である‘富有’（種子が入らないと生理的落果が起こりやすい）を用いて、以下の3通りの方法で雌花が結果するかどうかを観察しました。

- ① 開花前から雌花に小袋を掛けた
- ② 人工授粉を行った
- ③ 何もしなかった（自然受粉）

生理的落果が落ち着いた7月下旬、それぞれの方法で処理した各25個の雌花について、果実ができているかを確認しました。その結果はグラフ（図I-5）のとおりです。

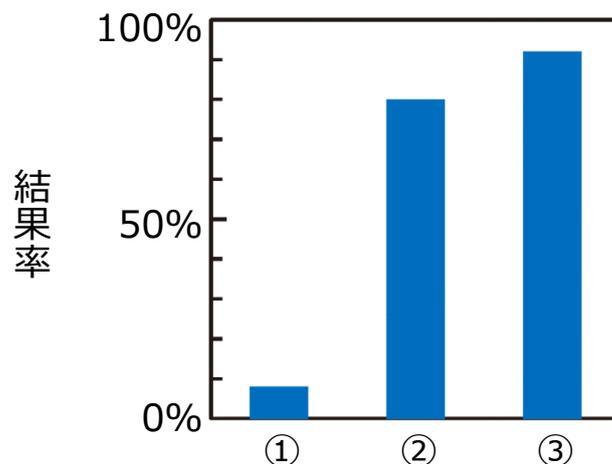


図 I -5 異なる受粉方法による結果率

2018年、農研機構 果樹茶業研究部門 ブドウ・カキ研究拠点（広島県東広島市）において、農研機構研究職員が調査を実施

①においては、雌花が袋で覆われており昆虫が訪花できなかつたことから受粉が起こらず、その結果、大部分の果実が生理的落果しました。それに対し、②と③では生理的落果があまり生じておらず、受粉が十分に行われたことが示唆されました。また、②と③の果実には種子が多く入っていること（②は平均 5.9 個、③は平均 4.6 個）も確認されました（図 I -6）。

この園地には、セイウミツバチの巣箱は導入していませんでした。加えて、園外からセイウミツバチがカキの花に飛来することはありませんでした。つまり、このカキ園においては、人工授粉に匹敵する受粉の効果が自然受粉のみで得られているということが明らかになったのです。



図 I -6 果実を切断して種子数を確認

2. いろいろな訪花昆虫

(1) 昆虫の体

昆虫は、体が硬い殻（から）で覆われ、頭、胸、腹の節があり、成虫になると胸に3対6本の脚をもちます（図 I -7）。

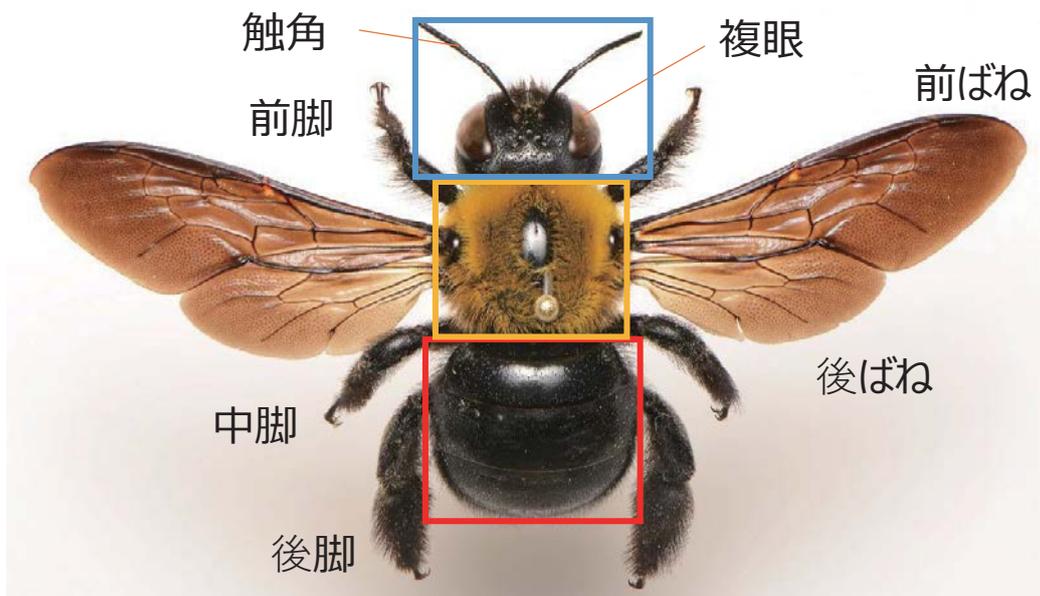
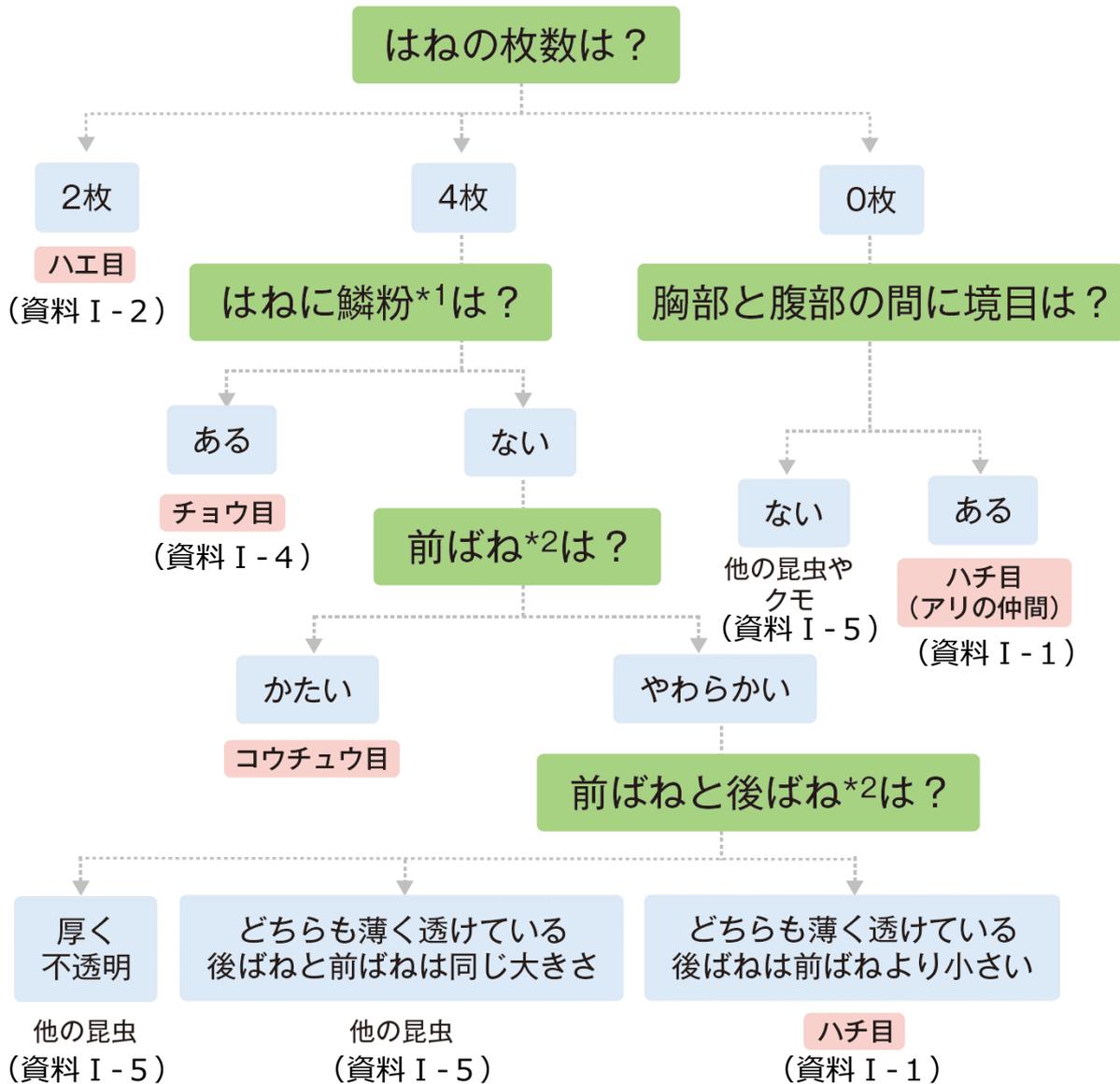


図 I -7 昆虫の体の構造

(2) 訪花昆虫の見分け方

昆虫は体の構造のちがいにより、目（もく）とよばれる大きなグループに分けられます。そのうち、いくつかのグループの昆虫はよく花を訪れます。主なグループの大まかな分け方は図 I -7 の通りです。



*1 りんぷん。チョウやガのはねについている粉。この粉を顕微鏡で見ると、魚の鱗のような形をしています。

*2 まえばね・うしろばね。前ばねは頭部に近い側のはね一対（2枚）、後ばねは頭部から遠い側のはね一対（2枚）。

ハエ目は後ばねが退化し前ばねのみ。多くのコウチュウ目では前ばねが後ばねを覆っています。

図 I -8 訪花昆虫の主なグループの検索表

【資料 I - 1】 ハチ目

ハナバチ、スズメバチ、アリ、ハバチなど

形態：膜状の4枚のはねを持ちます。後ばねは前ばねよりも小さいです。針はメスにしかありませんが、針のない種（ハバチ類など）もいます。

体長：0.15～50mm

生態：花粉や花蜜を餌にする種に加えて、他の昆虫を狩ったり、他の昆虫に寄生する種などがいます。単独で生活する種の他に、社会生活をする種もいます。



【資料 I - 2】 ハエ目

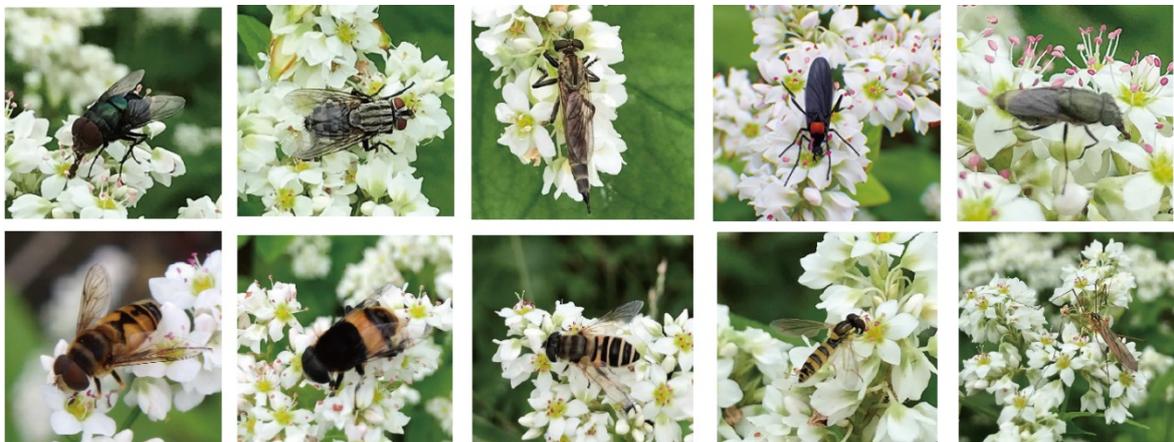
ハエ、カ、アブ、ハナアブなど

形態：後ばねが退化し、その痕跡（平均棍：へいきんこん）をもちます。

体長：1～40mm

生態：多様な生活様式をとります。花粉や花蜜を餌にしたり、動物を餌にする種などがいます。

カなど、吸血によって人に害を及ぼす分類群もごく一部にいます。



【資料 I - 3】 コウチュウ目

ハナムグリ、カミキリムシ、クワガタムシなど

形態：前ばねが硬く、薄い後ばねと腹部を覆っています。

体長：0.25~160mm

生態：多様な生活様式をとります。花粉や花蜜を餌にしたり、動物を餌にする種などがいます。



【資料 I - 4】 チョウ目

チョウ、ガ

形態：はねが鱗粉で覆われます。多くの種ではストロー状の口をもちます。

開張（前ばねの先端間の長さ）：2.5~250mm

生態：本マニュアルで扱う作物の中では、カボチャやニガウリの花でときどき観察されます。幼虫は主に植物を餌にします。



【資料 I - 5】 他の昆虫やクモ

カメムシ目、バッタ目、トンボ目、クモなど

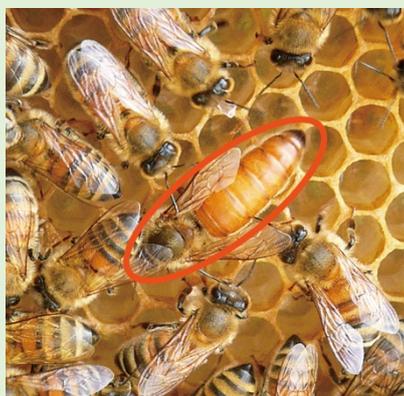


参考情報 ハナバチ類の生態

ハチの仲間を総称して「ハチ目」といいます。この中で、花粉や花蜜などを花から採集し、子の餌として利用するハチの仲間を「ハナバチ」と呼びます。ここでは、その生態を簡単に紹介します。

1. 社会性ハナバチ

セイヨウミツバチや二ホンミツバチ、マルハナバチ類では、女王バチが産卵し、その子である働きバチは、女王や幼虫の世話、巣外に出て餌集めなどをします。働きバチは自分の子を残すことはなく、兄弟姉妹の世話をしています。このように、①複数の個体と一緒に子育てをする、②違う世代の個体と一緒にいる、③繁殖する個体としない個体に分かれている、という条件をもった生き方をするハナバチ類を「社会性ハナバチ」といいます。ミツバチ類の巣を想像していただくとわかるように、社会性ハナバチの仲間は、何個体もが同じ巣の中で生活しています。このうち、受粉に貢献するのは、外に出て餌集めをする働きバチということになります。



セイヨウミツバチの働きバチと女王
(赤丸の個体)

2. 単独性ハナバチ

ハナバチの仲間は、社会性をもつミツバチ類やマルハナバチ類だけではありません。多くの種では、それぞれのメスが、単独で巣を作り、餌を集め、産卵をします。このような生き方をするハナバチ類を「単独性ハナバチ」と呼びます。これらのメス個体は、地中や植物の茎の中など種ごとに決まった場所に巣を造ります。巣には複数の小部屋（巣室）があり、それぞれの巣室には卵と、孵化した幼虫が育つために十分な量の餌（花粉と花蜜）が蓄えられています。孵化した幼虫は餌を食べて成長し、蛹になり、次の年に成虫として巣から飛び立ちます。多くの単独性ハナバチでは、成虫の出現時期が決まっています。そのため、自らの出現時期と開花時期が一致する植物を訪れて花粉や花蜜を集めます。



地面に掘る巣（左）と筒に作る巣（右）

野生のハナバチ類が生きていくためには、餌となる花はもちろん、巣を作るのに適した場所が必要です。そのため、農地の近くに営巣場所を用意してあげることで、より多くの野生ハナバチ類が個体数を増やし、果樹や果菜の受粉に大きく貢献してくれる可能性があります。

Ⅱ．基本となる昆虫の調査手法

基本となる調査手法には、目視（図Ⅱ-1）・見つけ取り（図Ⅱ-2）・粘着板トラップ（図Ⅱ-3）があります。



図Ⅱ-1 目視

捕獲はせず、訪花した昆虫を記録する手法です。



図Ⅱ-2 見つけ取り

花を観察して回り、訪花した昆虫を捕獲する調査手法です（見つけ取り：用語解説参照 P.46）。



図Ⅱ-3 粘着板トラップ

色に誘引された訪花昆虫を粘着面で捕獲する調査手法です。

それぞれの手法に長所と短所があるため（表Ⅱ-1）、目的と対象種群に応じて手法を選ぶ、または組み合わせる必要があります（表Ⅱ-2）。

※ スズメバチやアシナガバチは、黒色に反応しやすいといわれているので、黒色の衣服は避けましょう。また、観察時には、長袖、長ズボンを着用しましょう。

表 II - 1 各調査手法の長所と短所

	長所	短所
目視 ▶P.21	<ul style="list-style-type: none"> ○訪花を確認できる ○簡単で時間がかからない ○特別な道具を要しない 	<ul style="list-style-type: none"> ×作物や対象によっては個人差が生じやすい ×標本が残らない ×詳しい同定はできない
見つけ取り ▶P.24	<ul style="list-style-type: none"> ○訪花を確認できる ○標本が残る ○より詳しい分類の同定（属または種レベル）ができる 	<ul style="list-style-type: none"> ×労力的な負担が大きい ×調査者の能力や人数によるところが大きく、調査規模や精度が制限される ×採集に技術を要する ×種群により捕獲しやすさが異なる（特にハエ目は難しい）
粘着板 トラップ ▶P.29	<ul style="list-style-type: none"> ○調査者による差が出にくい ○作業スケジュールを立てやすい ○開花期を通した調査が可能 ○調査規模を拡大しやすい ○捕獲した標本が残る ○より詳しい分類の同定（属または種レベル）ができる 	<ul style="list-style-type: none"> ×準備や回収後の観察に手間がかかる ×昆虫の種群間で反応性が異なるため、相対的な比較はできない ×資材の購入が必要 ×観察対象は飛来個体であり、訪花個体ではない ×捕獲できる種群が限られる

表Ⅱ-2 各調査手法の目的と対象種群

	目的	対象種群
目視 ▶P.21	訪花した昆虫の種類と個体数を調べ、訪花昆虫相（用語解説参照 P.46）の傾向を把握する	すべての種群（特にマルハナバチ類、ミツバチ類、ハナアブ類）
見つけ取り ▶P.24	訪花した昆虫の種類と個体数を調べ、標本として保存する	すべての種群
粘着板 トラップ ▶P.29	飛来個体数（訪花した個体数ではない）を調べる	ハナバチ類、ハナバエ類

※いずれも、詳しい同定には専門家の協力が必要です。

各調査手法の特徴などをふまえ、各作物について訪花昆虫を調査する標準的な方法が開発されています。（表Ⅱ-3）

表Ⅱ-3 各作物の標準調査に用いる手法

作物	標準調査に用いる手法
リンゴ	目視＋粘着板トラップ
ニホンナシ	目視＋粘着板トラップ
ウメ	目視（対象：ミツバチ類）
カキ	目視（対象：マルハナバチ類、ミツバチ類）
カボチャ	目視（対象：マルハナバチ類、ミツバチ類）
ニガウリ	目視（対象：マルハナバチ類、ミツバチ類）

【資料Ⅱ-1】 その他の調査手法



パントラップ

色のついた平らな皿状の容器（パン）に水やプロピレングリコールなどの液体を入れ、色で誘引した訪花昆虫を捕獲する水盤式トラップです。白、青、黄の3色をセットにした調査が訪花昆虫を調べる世界的標準手法となっています。ただし、風雨に弱い、容器の液体がこぼれやすいなどの理由で、畑での使用には向きません。



マレーズトラップ

飛翔性昆虫が障害物に衝突すると上へと移動する習性を利用したテント型のトラップです。訪花昆虫に対しても高い捕集能力がありますが、仕掛けが大がかりで、畑での使用には向きません。



ファネルトラップ

害虫発生予察等で使用されているフェロモン剤を誘引源としたトラップです。屋根部分が緑色で上蓋が黄色のものが一般的です。訪花昆虫では、野菜畑でマルハナバチ類やクマバチ類を捕獲することができます。誘引剤無しで設置する場合がありますが、入手可能であれば、「ビーセント（Bee Scent）」という働きバチの集合フェロモンを配合した市販の誘引剤を使用すると捕獲効率が上がります。希釈した同剤を染み込ませたペーパータオルや脱脂綿などをトラップの中に設置します。

1. 目視



図Ⅱ-4 目視

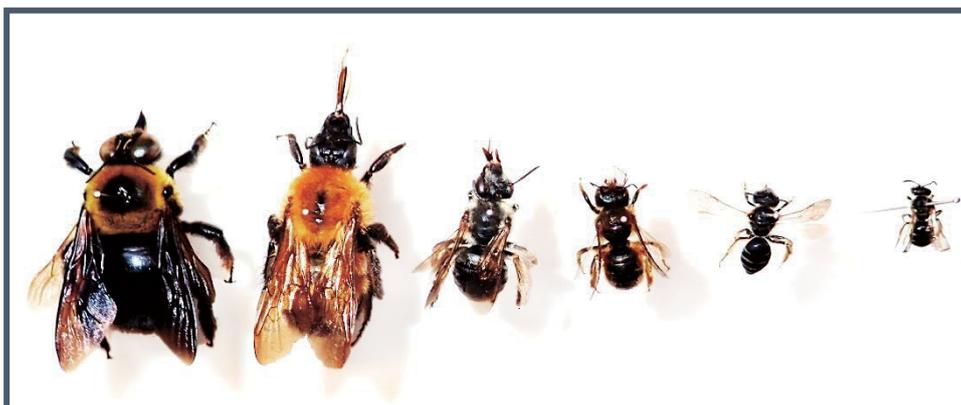
訪花した昆虫を一定のルールの下で筆記記録する簡易な調査手法です（図Ⅱ-4）。

各作物ごとの別添資料最終ページに掲載された記録用紙にある写真を参考に、どのような昆虫の仲間が訪花しているのか、大まかな傾向をつかむことができます。

対象種を絞りこめる場合には、訪花頻度の推定に用いることもできます。

（1）観察対象の確認

観察・記録対象とする昆虫を確認します。訪花昆虫の種類が多様な場合は、ハナバチ類（図Ⅱ-5）、ハナバエ類、ハナアブ類（図Ⅱ-6）などの種群レベルで訪花数を記録します。種群の見分け方については、P.12～14を参照してください。



図Ⅱ-5 いろいろなハナバチ

同じハナバチ類でも、体のサイズは種によって大きく異なります。



図Ⅱ-6 いろいろなハナアブ

ハナアブ（ハエ目）の仲間には、ハナバチ類とよく似た色彩や体形をしているものがあります。まずは「訪花昆虫の見分け方」のページ（P.12）を参照して、特徴分けしてみましょう。

昆虫を見分けられるようになってきたら、より下位の分類群（例えばミツバチ類、マルハナバチ類など見分けやすい種など）についても、新たに項目を追加して情報を記録しても良いでしょう。訪花昆虫の種類が少なく重要種に限られる場合には、対象をその種に限定して観察・記録を行ってもかまいません。

複数の観察者がいる場合は、調査対象とする分類群について事前に現物や写真などで見分けるポイントを確認しておきます。また、体サイズの小さな昆虫は肉眼で見分けることが難しいため、調査対象はおよそ5 mm 以上とし、それ以下の虫は対象から除外するか、種群を区別せずに記録します。

（2）観察日時

観察日時の選択が最も重要です。開花状況により訪花数は大きく異なりますので、実施は対象作物の満開期を目安とします。また、開花時間や対象昆虫の習性などで観察に適した時間帯が異なります。各作物ごとの別添資料で確認してください。

気象条件についても配慮が必要です。目的や対象とする種群により、観察に適した気象条件は異なりますが、総じて、風が弱く、晴れた暖かい日に訪花が多くなる傾向があります。

(3) 観察時間

1回あたりの観察時間と調査人数、および観察日数を設計します。調査目的により最低限必要とされる時間は異なりますので、各作物ごとの別添資料で確認してください。

基本的には、観察時間の長さよりも、いつ実施するかというタイミングの方が重要です。観察日の選択が難しい場合や、条件に合致する日がない場合は、観察日数を増やしデータを補完します。

(4) 観察方法

実施に際しては、あまり頑張りすぎず、見やすいところで見えた範囲の昆虫を記録します。一方で、なるべく同じ個体を重複してカウントしないように注意します。

対象とする花を決めて訪花を待つ方法（図Ⅱ-7）と、調査地内を移動しながら観察して回る方法があります（図Ⅱ-8）。花のつき方、栽培面積、作物によって適した方法を選びます。



図Ⅱ-7 対象とする花を決めて虫を待つ

花の前で待つ場合には、飛来する昆虫たちの妨げにならない程度に距離をとりましょう。



図Ⅱ-8 調査地を移動しながら観察して回る

複数人で行う場合には、調査する木などをあらかじめ分担しておく、カウントの重複などが起こりにくくなります。

2. 見つけ取り



図Ⅱ-9 見つけ取り

一定のルールの下で花を観察し、訪れた昆虫類を捕獲する調査手法です（図Ⅱ-9）。

目視だけでは種の判別ができない場合や、DNA 抽出や標本作製といった研究用に昆虫を捕獲する場合にも用います。

(1) 捕獲方法

1. 捕虫網でつかまえる



図Ⅱ-10 捕虫網

捕虫網を使用し、対象となる花に昆虫がいるのを確認したら網を振ります（資料Ⅱ-1）。上から花に近づける場合は、網を花の上に被せるようにして虫が自然に入るのを待つのも有効です。

柄を適当な長さに切ったり、取り外しが可能であれば、網だけにして使っても良いでしょう。

【資料Ⅱ-1】 捕虫網でつかまえる手順



1
対象となる花に昆虫がいるのを確認したら網を振ります。



2
昆虫が逃げ出さないように網の先端をひとひねりします。



3
捕獲したら、網の先端をつまんで上に持ち上げます。すると昆虫が上へ昇ってきます。



4
網の先端をつまんだまま、網の入り口から管瓶を中へ差し込み、その中に昆虫を入れ、蓋をします。

2. 管瓶でつかまえる



図Ⅱ-11 捕獲用容器の例

左：サンプルチューブ（5mL）＋サンプルキャップ

中：市販の調味料ボトル

右：遠沈管（50mL）

昆虫の種類によっては管瓶で直接つかまえることもできます（資料Ⅱ-2）。直径1.5～3.5cm くらいの管瓶を使用します。写真のような、そのまま昆虫を保存できるスクリュー型のものがお勧めです。サンプルチューブ（図Ⅱ-11左）や遠沈管（図Ⅱ-11右）はインターネットで購入できますが、調味料ボトル（図Ⅱ-11中央）などでも代用できます。写真のようなポリプロピレン製のものが手軽です。また、中身が見える容器の方が、採集できたかどうかを確認しやすいです。

【資料Ⅱ-2】 管瓶でつかまえる手順



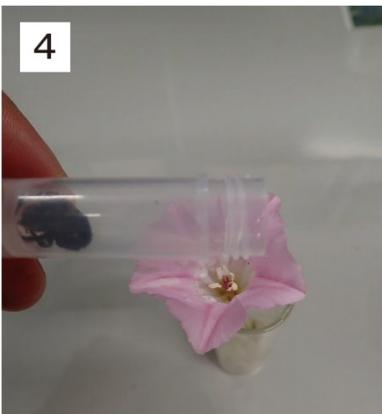
1
花に潜り込んでいるハチを見つけます。



2
ハチのお尻側から管瓶を近づけます。



3
花へと押し込む感じでハチに被せます。



4
管瓶に入ったハチが手元側へ移動してきたら



5
素早く蓋を閉めます。

花蜜や花粉に夢中になっているハチは、資料Ⅱ-2のような方法で、意外と簡単に捕まえることができます。刺されるのが心配な方は、厚手の手袋をしておくとい良いでしょう。ハチ類と比較すると、ハエ類やハナアブ類は逃げやすいため捕獲が難しいです。

(2) 捕獲した虫の取扱い

捕獲した昆虫をそのまま保存する場合は、サンプルチューブなどに入れた状態で 70～80%エタノール溶液に浸漬します。これを液浸標本といいます。DNA 抽出を行う場合は、99%エタノールやプロピレングリコールに浸漬するか、溶液に浸漬せずに冷凍庫で保管します。

その時、それぞれの管には採集に関する情報を記入します。記録用紙と捕獲した昆虫はセットになるように、同じ番号や表記を記入して保存するようにしてください（資料Ⅱ-3）。

昆虫のサンプル保存方法として、乾燥標本を作製する方法もあります。乾燥標本を作製しておく、複数人で同時に調査する場合や、複数年にわたって調査をする場合に、訪花昆虫の特徴などを視覚的に確認することができて便利です（資料Ⅱ-4）。昆虫の同定についてはP.12～14 や作物ごとの別添資料 1～6 をご参照ください。

【資料Ⅱ-3】 液浸標本



個々のサンプルチューブに必要な情報を記入します。



サンプルチューブを箱に保存した状態です。このような箱に整理しておく、サンプルの散逸を防げます。（防水・紙製フリーズボックス）

【資料Ⅱ-4】 乾燥標本



茨城県つくば市
筑波大学構内農場カボチャ
26. VI. 2020
蜂山 蜜雄 採集

乾燥標本にも、必要な情報を記入したラベルを添えておきます。（採集場所・採集した花の種類・調査年月日・採集者の名前など）



乾燥標本として残しておく、種同定が行いやすい他、採った昆虫を「見える」形で保存することができます。

3. 粘着板トラップ



図Ⅱ-12 粘着板トラップ

色に誘引された昆虫類を、粘着面で捕獲する調査手法です。設置にかかる負担が小さいので、誰でも簡単に実施できます。

小型ハナバチ類やハナバエ類など、作物の花粉媒介に重要な種群をモニタリングすることができます。

白、青、黄が基本の3色です（図Ⅱ-12）。

(1) 粘着板トラップの作り方

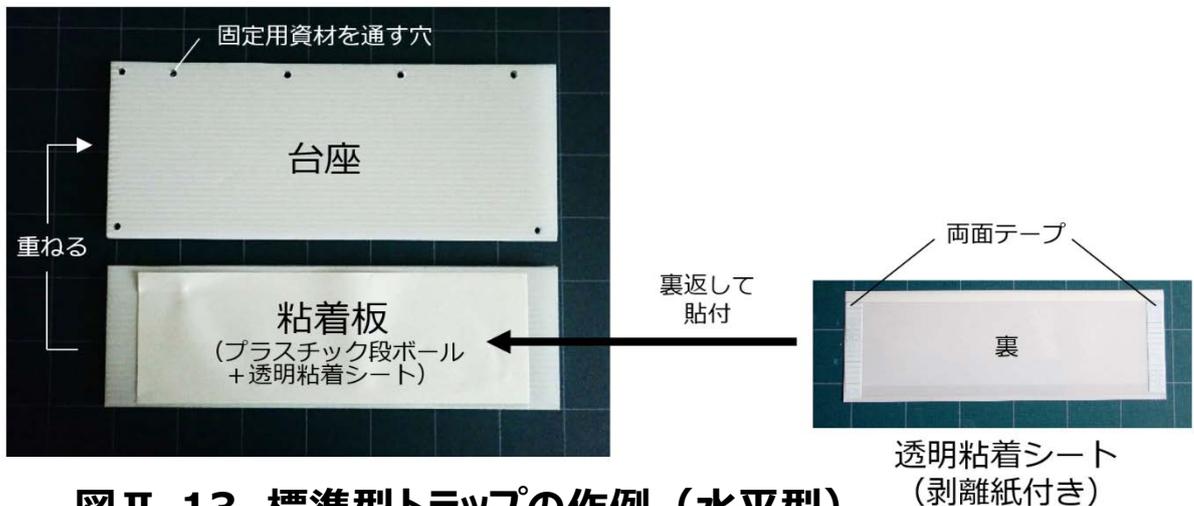
1. 標準型

白色を標準とします。実態調査のように研究を目的とする場合や、地域間や年次間で比較したい場合に使用します。

トラップ本体の「粘着板」は、白色のプラスチック段ボール（厚さ 0.4cm の製品を、縦 35cm× 横 11cm に切断して使用）に、透明粘着シート（大協技研工業(株) 影丸くん）を両面テープで貼って作ります。

トラップを水平に設置する場合は、粘着板とは別に、固定のための「台座」を作成し、粘着板のみを回収するようにすると、効率的に粘着シートを交換することができます。

(図Ⅱ-13)



図Ⅱ-13 標準型トラップの作例（水平型）

2. 汎用型

標準型の透明粘着シートの代わりに農業用資材として販売されている農業害虫用の黄色粘着トラップ製品を使うことも可能です（図Ⅱ-14）。ただし、製品により色合いや粘着力の違いなどがあり、訪花昆虫の捕獲特性が異なります。製品によってはハナバチ類が捕獲されない物もありますので、それぞれの特性に合わせた目的での使用が求められます。また、使用した製品が異なる場合、結果の比較については注意が必要です。設置角度については資料Ⅱ-8を参照してください。



図Ⅱ-14 虫とり君（株）出光アグリを使用した例

【資料Ⅱ-5】色による捕獲特性の違い

トラップの色によって、捕獲できる昆虫の種類が異なります。下の表には標準型トラップを使用した場合の一般的な捕獲傾向を示しました。ただし、微妙な色の違いで捕獲能力が変わることがあります。また、作物によっても捕獲傾向が変わることがあります。

	白色	黄色	青色
ヒメハナバチ類 コハナバチ類	◎	○	△
ハナバエ類	○	△	◎
ミツバチ類	—	—	—
マルハナバチ類	—	—	—
ハナアブ類	—	—	—

◎～△：捕獲されやすい、—：捕獲が少なかった

【資料Ⅱ-6】 ハナアブ類の捕獲

ハナアブ類は、標準型トラップではほとんど捕獲することができません。しかし、農業害虫用の黄色粘着トラップ製品の中には、体サイズが大きなものから小さなものまで幅広く捕獲できるものがあります。ハナアブ類は見つけ取りによる捕獲も難しいことから、種類の把握などに有効と考えられます。一方、訪花頻度の推定への利用については、データが不足しており今後の検証が必要です。

なお、標準型にハナアブ類が捕獲されない理由としては、色を黄色に変えても結果が変わらないことから、シートの粘着力の強さが関係していると考えられます。



粘着板トラップ（シートはペタット20）に捕獲されたハナアブ類（赤丸）。

調査した範囲では、虫バンバン、ペタット20でハナアブ類がよく捕獲されました。

【資料Ⅱ-7】 農業害虫用の黄色粘着トラップ製品

農業害虫用として販売されている黄色粘着トラップ製品の中には、花粉媒介昆虫の調査にも利用できるものがあります。製品間で色合いや粘着力に違いがあり、捕獲力や捕獲特性が異なるため、異なる調査間での比較は避けられた方がよいですが、どのような花粉媒介昆虫が飛来しているのかを把握するには十分です。また、白色を基本とする標準型トラップの代用はできません。



製品一覧（左から）

- △ペタット20
- 虫とり上手
- △虫バンバン
- アグリ・トップシート
- 虫とり君

○の製品は小型ハナバチ類、ハナバエ類、ハナアブ類を捕獲できることを確認済。

△の製品ではハナバチ類を捕獲できません。

(2) 粘着板トラップによる調査方法

1. 設置

ダブルクリップや結束バンド等を使い、トラップが風で激しく動かないようにしっかりと枝やワイヤーに固定します（図Ⅱ-15、16、17）。例えば、トラップを水平に設置した例（図Ⅱ-15 左）では、台座をしっかりと固定して常設とし、その上に粘着板（粘着シートを貼った板）をダブルクリップで固定しています。設置角度については資料Ⅱ-8を参照してください。



図Ⅱ-15 ニホンナシ園での設置例 水平（左） 垂直（右）



図Ⅱ-16 カボチャほ場での設置例



図Ⅱ-17 リンゴ園での設置例

【資料Ⅱ-8】 設置角度

飛んでくる虫を捕獲するため、トラップは垂直に設置しますが、粘着面が上を向くように水平に設置すると、ヒメハナバチ類・コハナバチ類やハナバエ類の捕獲数が増加します。作物別調査法では、設置のしやすさなども考慮して、設置角度を決めています。



水平に設置したトラップ



垂直に設置したトラップ

2. 回収

回収する際は、食品用ラップフィルムや透明ビニール袋を半分に切ったものを粘着板の表面に貼り付け、粘着部をしっかりと被覆します（図Ⅱ-18）。これにより、捕獲された昆虫の脱落や、他の場所に粘着面が貼り付いてしまうことを防ぎます。

3. 保存

粘着板から外した粘着シートを冷蔵庫で保存します（図Ⅱ-19）。ただし、長期になる場合は、冷凍庫（ $-20\sim-30^{\circ}\text{C}$ ）で保存します。



図 II -18 回収した粘着板
ビニール袋を切り開いた透明フイ
ルムで被覆し回収した状態



図 II -19 粘着板から剥がした粘着シート
保存のために粘着板から剥がした状態

(3) 捕獲昆虫の見方・調べ方

粘着トラップで捕獲された訪花昆虫（図 II -20）は、大まかな分類である種群レベルであれば粘着シートから剥離することなく、そのまま観察して同定することが可能です（図 II -21）。ただし、より詳しく調べたい時は下記の方法で個々の昆虫を剥離します（資料 II - 9）。



図 II -20 粘着シートに貼り付
いた昆虫



図 II -21（図 II -20 の拡大）
この時点で種群レベルでの分類が
可能

【資料Ⅱ-9】 剥離方法

細かい観察を必要とする場合など剥離が必要な時は、安全性の高いリモネン（d-limonene, CAS番号: 5989-27-5）を用います。



1 シートの昆虫が貼り付いた部分を切り出します。



2 リモネンを入れたガラス容器にシートをそのまま入れて浸します。



3 15～20分経過すると、シートがはがれてきます。



4 昆虫を回収し、リモネンをよく拭き取ってから保存液の入った容器に入れます。
(P.27(2)捕獲した虫の取扱いを参照)

(4) 調査設計の目安

1. 対象種群

標準型トラップでは、ヒメハナバチ類・コハナバチ類などの小型ハナバチ類、ハナバエ類が対象となります。捕獲データからそれらの飛来量を推定することができます。一方、その他の種群（ミツバチ類、マルハナバチ類、ハナアブ類など）については、標準型トラップは捕獲力に劣ることから利用できません。

2. 設置数

1 調査地点につき、1 色あたり 3 枚以上を目安としてトラップを設置します。複数の色をセットとして設置する場合には各色で必要枚数を用意します。1 色のトラップで、設置トラップ数 × 実施期間（週） ≥ 6 を最低限の目安とします。

3. 設置場所

果樹園の辺縁部は避け、中央部に各トラップを 5m 以上の間隔で設置します。複数の色を用いる場合には、同じ色のトラップが並び合わないよう、各色バランス良く配置します。それぞれのトラップは花の近くに設置します。

4. 交換間隔

粘着部の交換の間隔は、1 週間程度を目安とします。基本的には短い間隔での交換が好ましいですが、反面、作業や経費の負担が増えます。一方、交換間隔が長くなると、粘着面が捕獲虫で飽和し、捕獲数が頭打ちになることもあります。また捕獲された虫の状態も悪くなるので、注意が必要です。

1 日あたりどの程度の昆虫が来ていたかなどを調べる場合には、トラップを前日の夜から設置しておくといよいでしょう。ただし明け方に気温が下がると粘着面が結露することがあります。その場合は、当日の朝に設置するなどの対応が必要です。

5. 実施期間

作物によって異なりますが、開花盛期を中心に、できれば 3 週間ほど実施するのが望ましいです。

Ⅲ. 作物別の調査方法

本 SOP の調査対象は、結果に花粉媒介が必要な果樹（リンゴ、ニホンナシ、ウメとカキ）と果菜（カボチャとニガウリ）です。ここでは調査方法の概略のみ説明します。対象とする作物の調査方法の詳細は付録ファイルをご参照ください。

1. 調査の目的

花粉媒介昆虫の種類や訪花頻度と、結果率・種子数を関連付けた事例を参照することで、花粉媒介昆虫調査だけで結果率等を予想できることが理想ですが、それにはまだ実証事例を蓄積する必要があります。本 SOP においては、雌雄異花（用語解説参照 P.44）のカキ、カボチャ、ニガウリではそのような目的において参考となる実証事例がいくつか掲載されています。一方、雌雄同花（用語解説参照 P.44）のリンゴ、ニホンナシ、ウメでは、花粉媒介昆虫の豊かさを他の畑と比較したり、同じ場所で年ごとの違いを調べたりする目的で実証事例をご参照ください。

2. 調査の難易度

作物によって花粉媒介のしくみが大きく異なるため、調査の難易度も作物間で少し異なります。以下に、カボチャとニホンナシを例に挙げてそれらの特徴を説明します。

（1）カボチャの花粉媒介の特徴

- ① 雌雄異花であるため、花粉の移動が単純であることから受粉の効果を評価しやすい。
- ② 花のサイズが大きく、開花してから萎れるまでわずか半日程度であるため、受粉可能な時間帯にどのような花粉媒介昆虫がどの程度訪花したかを花単位で把握しやすい。

また、着果率（用語解説参照 P.45）や種子数を調べることで、受粉の効果を評価しやすい。

- ③ 付着花粉の品種による不和合性（用語解説参照 P.46）を心配する必要がない。
- ④ 中型～大型で特徴的な花粉媒介昆虫が中心であることから、目視で判別しやすい。などの理由から、調査が比較的容易です。

（２）ニホンナシの花粉媒介の特徴

- ① 雌雄同花であるため、花粉の移動が評価しにくい（他の花からの花粉の移動に加え、同じ花の中で花粉が柱頭に付着することも考慮する必要がある）。
- ② 花叢（かそう）（用語解説参照 P.43）として多くの花が集合しており、花単位の訪花の把握は困難である。
- ③ 自家不和合性（用語解説参照 P.44）があるため、花粉が柱頭に付着しても受精（用語解説参照 P.44）に至らないことがある。
- ④ 多様な昆虫種群が訪花する傾向がある。東北から九州まで比較的広域で栽培されるため、訪花昆虫の構成が多様である。
- ⑤ 平棚で栽培されていることが多く、花が高い位置にあり、花粉媒介昆虫を観察しにくい。また、一花あたりの訪花も少ない。
- ⑥ 開花期が短く、観察適期が限られる。などの理由から、調査が比較的困難です。

3. その他の果樹・果菜の調査方法

果樹の栽培では人工授粉や授粉昆虫の導入が行われていることが多いため、高齢化や大規模化による省力化、経費削減、生産の安定化などのニーズがあります。ここで扱う果樹の他にも、オウトウ、ブルーベリー、モモやスモモなどの雌雄同花の作物を調査する場

合にはリンゴ、ニホンナシやウメの標準調査法が、キウイフルーツやクリなどの雌雄異花の作物を調査する場合にはカキの標準調査法が参考になると考えられます。

果菜も同様で、カボチャは時期によって着果が不安定であるため人工授粉が行われており、その重労働が規模拡大の障壁になっています。ニガウリも、着果不良および変形果の発生がみられるため補足的に人工授粉が行われています。同じウリ科でも、カボチャとニガウリでは栽培形態や訪花昆虫の飛来状況が大きく異なるため、標準調査法の内容は異なっています。しかし、どちらの作物も簡便な目視による調査手法を採用しているので、メロンやスイカなど、他の果菜類でもカボチャやニガウリの調査法を基にした調査法を構築できる可能性が高いと考えられます。

4. 作物別の調査方法の入手

作物別の調査方法が記載された別添資料 1～6 は、以下の URL からダウンロードしてください。

リンゴ（別添資料 1）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_1.pdf

ニホンナシ（同 2）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_2.pdf

ウメ（同 3）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_3.pdf

カキ（同 4）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_4.pdf

カボチャ（同 5）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_5.pdf

ニガウリ（同 6）：

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/SOP22-407bK_6.pdf

IV. 技術の導入先

この技術は人工授粉やミツバチを導入している生産者で、野生花粉媒介昆虫を活用した受粉に切り替えることを検討したい方に適しています。果樹・果菜の露地栽培に広く導入することが可能ですが、以下の点にご注意ください。

- リンゴやニホンナシのセイウミツバチ導入園においては、観察される花粉媒介昆虫のほとんどがセイウミツバチとなり、野生の花粉媒介昆虫の観察数のごくわずかとなるため、本 SOP では調査対象とはしません（詳細なデータは別添資料 1 の中に記載しております）。一方、ウメにおいては、セイウミツバチ導入園を想定して調査方法が設計されておりますので、問題なく調査していただけます。また、カキ、カボチャ、ニガウリについては、セイウミツバチ導入の有無にかかわらず、本 SOP の方法で調査することが可能です。
- マメコバチを導入しているリンゴ園においては、粘着板トラップに多数捕獲された場合に園内の個体数の減少が懸念されるため、成虫のトラップへの付着をできるだけ避けるよう、巣筒から 20m 以上離れた位置にトラップを設置するようにしてください。
- 野生の花粉媒介昆虫が安定して農地に飛来することが確認できた場合、人工授粉やセイウミツバチの巣箱の導入の必要性を検討し、省力化した栽培が可能になります。このようなアプローチは、経営規模の拡大などの目的で、省力的に栽培したい生産者に特に適していると考えられます。一方、野生の花粉媒介昆虫の飛来状況は天候の影響を受けやすく、また発生状況にも年次間で変動があることには注意が必要です。そのため、人工授粉を実施している生産者の場合、農地すべてを一度に野生花粉媒介昆虫による受粉に切り替えるのではなく、一定の面積に限定して試行を開始し、数年間は人工授粉区と収量や果実サイズ等を比較することをお勧めします。
- 開花中の農薬散布による訪花昆虫への影響の心配がないことから、有機農業実践中およびその導入を検討している生産者に特に適しています。





用語解説

重要な語句について、本書での使い方と意味を解説します。

本書ではできる限り用語の統一を行いました。が、作物によって使われる用語が慣例的に異なる場合、それぞれの作物で一般的に使われる用語で表記しました。

用語（よみ）	解説
雄しべ / 雄蕊（おしべ・ゆうずい）	花粉を作る葯（やく）とそれを保持する糸状の柄（花糸）からなる種子植物の雄性生殖器官。 ⇔ 雌しべ / 雌蕊（めしべ・しずい）
花そう / 花叢（かそう）	1つの花芽からでる花束状の花群。リンゴやニホンナシでは5～8つの花が放射状に咲く。その後、果実が成長する段階では果叢（かそう）と言う。
花粉媒介（かふんばいかい）	植物の花粉を運んで受粉させること。 = 送粉、ポリネーション
結果（けっか）	野菜や果樹などの果実が実ること。= 着果 本書ではリンゴ、ニホンナシ、カキで使用。
結果樹面積（けっかじゆめんせき）	栽培面積のうち果実が収穫される園地の面積。 まだ実をつけることができない若い樹の園地（未成園）は結果樹面積に含まれない。

用語（よみ）	解説
結実（けつじつ）	花が受粉・受精して種子をつけること。一般的には果実をつけることも意味するが、本書では種子をつける意味で用いた。
自家不和合性（じかふわごうせい）	同じ株（品種）の花粉が受粉したとき、受精や正常な種子形成が起こらないこと。自家受精を防ぎ、新しい遺伝子型を作るメカニズムとして機能する。 ⇔ 自家和合性
自然受粉（しぜんじゅふん）	野生の花粉媒介昆虫や風などによって行われる、人の手を介さない受粉。
翅脈（しみやく）	昆虫の翅にみられる脈
雌雄異花（しゆういか）	雄花と雌花をつけること（雌花しかつけない品種もある）。同じ株に雄花と雌花をつけることを雌雄同株異花という。例：カキ、カボチャ、クリ。 異なる株に雄花と雌花をつけることを雌雄異株異花という。例：キウイフルーツ、イチヨウ。
雌雄同花（しゆうどうか）	1つの花に雌しべと雄しべが存在すること。 例：リンゴ、ニホンナシ、ウメ。ただし、花粉を生産しない品種なども存在する。
受精（じゅせい）	被子植物では、柱頭についた花粉が花粉管を伸ばして胚珠に到達し、雄精核と卵細胞核が合体すること。
受粉（じゅふん）	花粉が雌しべの先端（柱頭）に <u>付着</u> すること。 類義語：授粉

用語（よみ）	解説
授粉（じゅふん）	<p>花粉を雌しべの先端（柱頭）に<u>付着させる</u>こと。</p> <p>“人工授粉”のように花粉を提供する側からの視点で用いられることが多い。</p> <p>ただし受粉と授粉の使い分けは厳密ではなく、作物によって使われ方が異なる。本書では各作物の慣例に合わせ、リンゴとカキでは“受粉樹”、ニホンナシとウメでは“授粉樹”と表記した。</p>
生理的落果（せいりてきらか）	<p>着果過多を防ぎ、樹（株）を健全に維持するために植物が自然調節して果実を落とすこと。生理落果とも言う。受精しなかった果実は生理的落果をしやすい。また、早期落果と後期落果に大別できる。</p>
送粉（そうふん）	<p>植物の花粉を運んで受粉させること。＝花粉媒介、ポリネーション</p>
着果（ちゃっか）	<p>野菜や果樹などの果実が実ること。＝結果</p> <p>本書ではウメ、カボチャ、ニガウリで使用。</p>
摘果（てきか / てっか）	<p>結実量の最終調整として幼果を間引くこと。数を減らし、残した実に養分を集中させることで果実を肥大させる。株や根への負担を減らす効果もある。</p>
摘花（てきか / てきばな）	<p>花を間引くこと。結実量を調節したり、良い果実をつけやすい花を残すために行う。人の手による摘花の他に、薬剤を用いた摘花も行われる。</p>
摘蕾（てきらい）	<p>つぼみ（蕾）を間引くこと。摘花や摘果と同じく、結実量の調整のために行う。残したつぼみに養分を集中させて充実した花を咲かせたり、株や根への負担を減らすことを目的に行われる。</p>

用語（よみ）	解説
不和合性（ふわごうせい）	花粉を受粉しても、受精や正常な種子形成が起こらないこと。
訪花昆虫相（ほうかこんちゅうそう）	ある特定の場所・時間において花を訪れる昆虫の種類組成。花蜜や花粉の採餌、他の昆虫の捕食、交尾相手の探索などさまざまな目的で昆虫は花を訪れる。
放飼昆虫（ほうしこんちゅう）	花粉媒介や害虫管理のために農地に放して利用される昆虫のこと。人が餌や飼育材料を与えて増殖させた昆虫や、別の場所で集めた昆虫が利用される。類義語：飼養昆虫、管理種。セイヨウミツバチやマルハナバチ類などの花粉媒介昆虫や、害虫管理のための天敵昆虫がある。
ポリネーター（ぼりねーター）	花粉媒介を行う生物。＝花粉媒介者、送粉者、授粉者。多くが昆虫だが、コウモリやハチドリなど脊椎動物の例も知られる。
見つけ取り（みつけどり）	訪花昆虫を見つけ、捕獲すること。昆虫調査において“見取り”という語句も使われるが、昆虫の捕獲を含む場合と含まない場合がある。本書では、昆虫の捕獲の有無を明確にするため、捕獲しない方法を“目視”、捕獲する方法を“見つけ取り”と表記した。
葯（やく）	雄しべの先端の花粉を生成する袋状の器官。被子植物では花糸（葯を支える糸状の柄）の先に2個生じることが多い。
露地栽培（ろじさいばい）	農産物が本来育つべき季節に合わせて、自然条件の畑で作物を栽培する方法。雨よけやトンネル、マルチ栽培などもこれに含まれる。 ⇔ 施設栽培（ビニルハウスや温室を利用）

付録：顕微鏡やルーペによる昆虫の観察方法

1. 顕微鏡やルーペを用いた観察

見つけ取り（P.24～28）などで捕まえた昆虫の種類を検索表（P.12）で詳しく調べる際に実体顕微鏡（以下、単に「顕微鏡」（図-1））やルーペ（図-2）を使うと、区別点をより鮮明に、精確に把握することができます（デジタルカメラ・スマートフォンのマクロ機能や、オプションとして取り付けるマクロレンズで観察できる場合もあります）。



図-1 顕微鏡（投光器付き）



図-2 ルーペ

ルーペを用いて野外で観察する

例えば、ミツバチの種類を見分ける場合、翅脈（用語解説参照 P.44）の特徴を確かめる必要があります。肉眼では分かりづらいのですが、ルーペや顕微鏡、またはデジタルカメラのマクロ機能を使うと、翅脈の特徴をよりはっきりと見ることができます（図-3、4）。



図-3 デジタルカメラで撮影

デジタルカメラのマクロ機能最大倍率（4倍）で撮影した場合

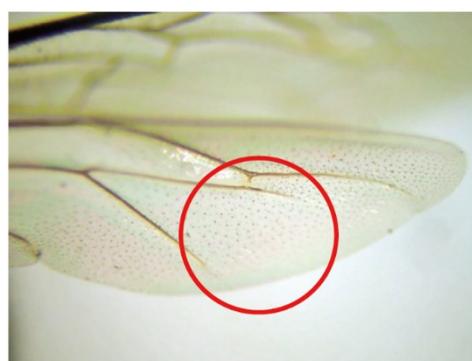


図-4 実体顕微鏡で撮影

実体顕微鏡の最大倍率（40倍）で撮影した場合

2. 顕微鏡とルーペの使い分け

野外で捕まえた昆虫を室内で詳しく調べる際には顕微鏡を使います。顕微鏡で花粉媒介昆虫の特徴や全体のイメージをある程度掴めたら、野外での調査中に捕まえた昆虫の細かい部分をルーペを用いて確認する、という使い分けができますとよいです。

● 補足

昆虫の観察には倍率 10 倍の接眼レンズ・1～4 倍程度のズーム式対物レンズ・投光器を備えた顕微鏡、または倍率が 2 倍程度のルーペが使いやすいです。

3. 液浸標本の観察方法

液浸標本をシャーレなど液体を溜める容器に入れて顕微鏡下で観察します（図-5）。

虫体を保存していたときと同じ種類・濃度の溶媒を容器に満たし、標本全体が常に液面下に浸っている状態を保ってください。容器内に医療用ガーゼを敷くことで、脚などをガーゼ繊維に絡ませ、観察したい角度に標本を固定することが可能になります。

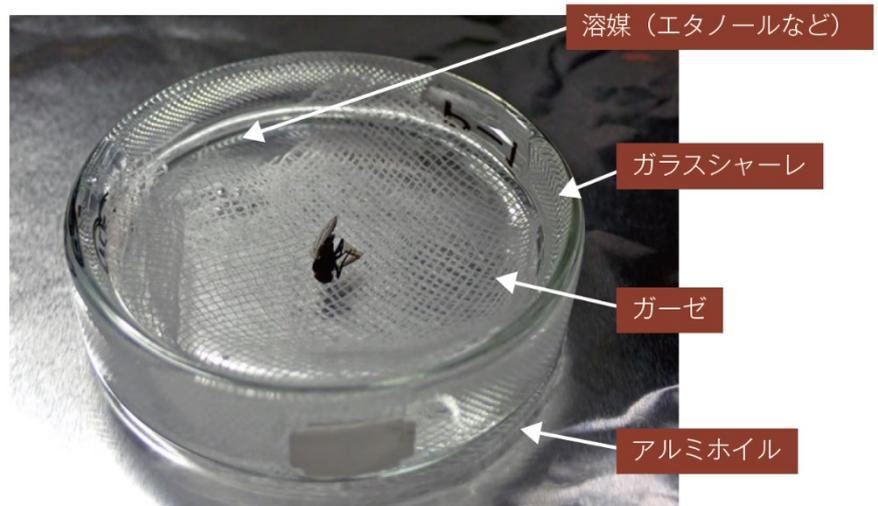


図-5 液浸標本を溶媒に浸して観察する

エタノールを使用する場合、液面上に出たガーゼの縁などから吸い上げられた溶媒が容易に揮発しますので、ガーゼ全体を沈没させ、容器内が常に溶媒で満ちた状態になるように適宜補充してください。

● 補足

容器が無色のガラスやアクリル樹脂の場合は、容器下にアルミホイルを敷くことにより、上側から投下した光を反射させ、容器・溶媒を透過させることで、翅脈や淡色の細毛などを観察しやすくなります（図-6、7）。

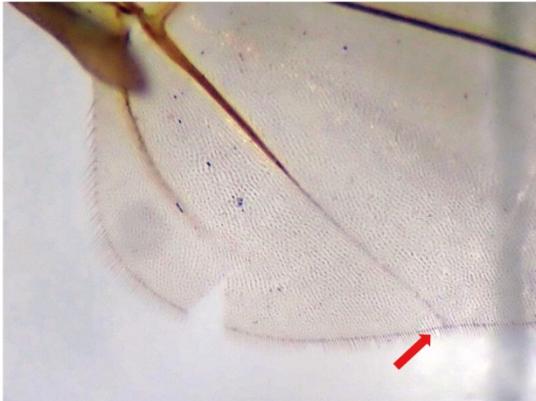


図-6 ハナバエ科の前ばねを白地で観察した場合

矢印の脈が前ばね後縁まで達しているか見えにくいことが多い



図-7 ハナバエ科の前ばねをアルミホイル地で観察した場合

コントラストが高くなり、はっきりと観察できる

4. 乾燥標本の観察方法

顕微鏡の対物レンズの下で昆虫針の両端を両手で掴み、観察したい部分にピントを合わせるために上下に動かしたり、昆虫針を軸にして回転させて見やすい角度に傾けたりして観察します（図-8）。

昆虫の体の一部の長さや剛毛の数を数えるなど、少し集中して観察する際には、ポリフォームやコルクで作った土台を使います（図-9）。土台に昆虫針を刺して標本を固定し、両手で倍率や標本の位置・向きを変えたり、鏡筒を上下に動かしてピントを合わせたりして観察します。



図-8 乾燥標本の針の両端を保持して観察する



図-9 乾燥標本を土台に固定する

● 補足

針に刺す前でも、紙の上に置いて観察することもできます（図-10）が、特定の角度に標本を固定して観察したり、奥まったところを観察したりすることは難しいです。そのため、針に刺した乾燥標本が観察しやすいです。



図-10 捕まえた昆虫を紙の上に置いて観察する

ピンセットなどで標本を任意の位置・角度に向けることはできるが、固定されないので手ブレなどで観察しにくい

よくあるご質問等

- **天気が悪い日も調査をしてよいのか？**

回答：晴れていて、気温が高く、風の強くない日に昆虫の訪花が多い傾向がありますので、調査地の訪花昆虫のポテンシャルを知る目的であれば、そのような日に調査を実施することが望ましいと思います。調査に適した天候は作物別の別添資料に記載されているので参考にしてください。

- **どのくらいの訪花があれば着果に十分なのか？**

回答：花粉媒介昆虫の種類や訪花頻度と、結果率・種子数を関連付けた事例を参照することで、花粉媒介昆虫調査だけで結果率等を予想できることが理想ですが、それにはまだ実証事例を蓄積する必要があります。本 SOP においては、雌雄異花のカキ、カボチャ、ニガウリではそのような目的において参考となる実証事例がいくつか掲載されています。一方、雌雄同花のリンゴ、ニホンナシ、ウメでは、花粉媒介昆虫の豊かさを他の畑と比較したり、同じ場所で年ごとの違いを調べたりする目的で実証事例をご参照ください。

- **昆虫の種を見分ける必要があるのか？**

回答：多くの場合、種レベルで見分ける必要はありません。例えば、専門家以外がコハナバチやヒメハナバチを種レベルで見分けるのは非常に困難であるため、「小型ハナバチ類」という分類で問題ありません。詳細に見分けたい場合は、付録の「顕微鏡やルーペによる昆虫の観察方法」をご参照ください。ただし、例外として、セイヨウミツバチとニホンミツバチだけは現場でも見分けることができると便利です。作物別の別添資料（ウメ）に見分け方のポイントが掲載されています。

参考資料

1. 日本における送粉サービスの価値評価、小沼明弘・大久保悟、日本生態学会誌、65: 217-226 (2015年)
2. 果樹・果菜類の受粉を助ける花粉媒介昆虫調査マニュアル 増補改訂版 (農研機構農業環境研究部門刊、2022年3月)
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/niaes/139079.html から閲覧可能
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/files/pollinator_survey.pdf からダウンロード可能
3. 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―農研機構プレスリリース (研究成果) (2022年3月)
https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/152077.html から閲覧可能

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 農業環境研究部門 研究推進部

niaes_manual@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。