



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



はじめに

● 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。本マニュアルは、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。

● 対象読者

本マニュアルは農業指導者、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。

● 本マニュアルでできること

- ・農作物の受粉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（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、花粉媒介昆虫の豊かさ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。

● 対象となる作物

本マニュアルの調査対象は、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。

これらの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。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ります。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。

● 前提とする知識と情報

- 花粉媒介昆虫の基礎知識が第1章で概説されています。
- 次々ページ「本書の構成」に各章の専門レベルが示されています。

● お願い

- 著作物やウェブサイトへの無断転載を禁じます。
- 引用される際は、出典（本書名あるいはURL）を明記してください。
- 講習会や授業などでの利用に関しては、本書の複製・配布に制限はありません。ご自由にご活用ください。

本マニュアルは、2021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』をベースに、より幅広い読者にご利用いただけるよう、内容が全面的に見直された増補改訂版です。標準調査法が改良され、同定に利用できる昆虫写真や調査事例も追加されました。また、顕微鏡を用いた観察、発展的な学習に興味のある読者へ向けた情報が新たに記載されました。



目次 CONTENTS

巻頭写真集 花を訪れる虫たち

第1章：自然受粉と花粉媒介昆虫 1

- 1. 自然受粉 2
- 2. 花粉媒介昆虫と訪花昆虫 7

第2章：基本となる昆虫の調査手法 13

- 各調査手法の特徴 14
- 1. 目視 17
- 2. 見つけ取り 20
- 3. 粘着板トラップ 24



第3章：作物別調査法 31

- 各作物で想定される調査の目的 32
- 1. リンゴ 33
- 2. ニホンナシ 47
- 3. ウメ 63
- 4. カキ 75
- 5. カボチャ 87
- 6. ニガウリ 101



昆虫をもっと観察するために 111

用語解説 120

和名と学名 122

おススメの書籍 124

図表の出典 127





本書の構成

専門レベル★(対象：一般の方)～専門レベル★★★★(対象：農業指導者、研究者)

第1章：自然受粉と花粉媒介昆虫（専門レベル★）

- 植物の受粉のしくみと昆虫の働きについて解説されています。
- 昆虫の見分け方(同定)について、写真を使って要点が解説されています。

第2章：基本となる昆虫の調査手法（専門レベル★★）

- 花粉媒介昆虫を調査するためのさまざまな調査手法が紹介されています。

第3章：作物別調査法：リンゴ、ニホンナシ、ウメ、カキ、カボチャ、ニガウリ（専門レベル★★★★）

- 各作物の花と受粉の特徴が解説され、花粉媒介を担っている昆虫種群とそれらの有効な調査方法が解説されています。

コラム（専門レベル★～★★）

- 花と花粉媒介昆虫にまつわるさまざまな技術や話題が紹介されています。

昆虫をもっと観察するために（専門レベル★～★★★★）

- 昆虫の写真を撮って楽しむ方法から、本格的な顕微鏡観察のコツまで紹介されています。

用語解説（専門レベル★～★★）

- 重要な用語の意味と使い方が解説されています。

和名と学名（専門レベル★★★★）

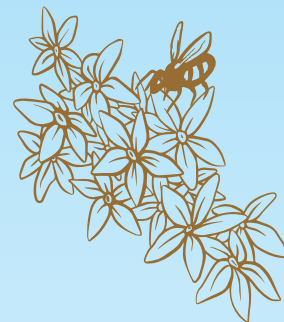
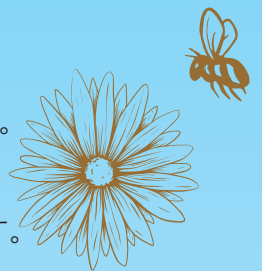
- 本書に登場する昆虫の和名と学名です。

おすすめの書籍（専門レベル★～★★★★）

- 子ども向け書籍から専門書籍まで、解説付きで紹介されています。

図表の出典（専門レベル★★★★）

- 本書で引用した図表の出典です。



どこから読むか「目的別ガイド」

花粉媒介って何？ 基本から知りたい

- 知識編** → 第1章（これだけは知っておきたい）
コラム（なるほど豆知識）
用語解説（意外と知らない用語集）
おすすめの書籍（さらに深く知るために）

調査手法について広く知りたい

- 技術編** → 第2章（野外調査の基礎技術）
昆虫をもっと観察するために（昆虫博士への入り口）

特定の作物について深く知りたい

- 専門編** → 第3章（作物に特化した技術と情報）

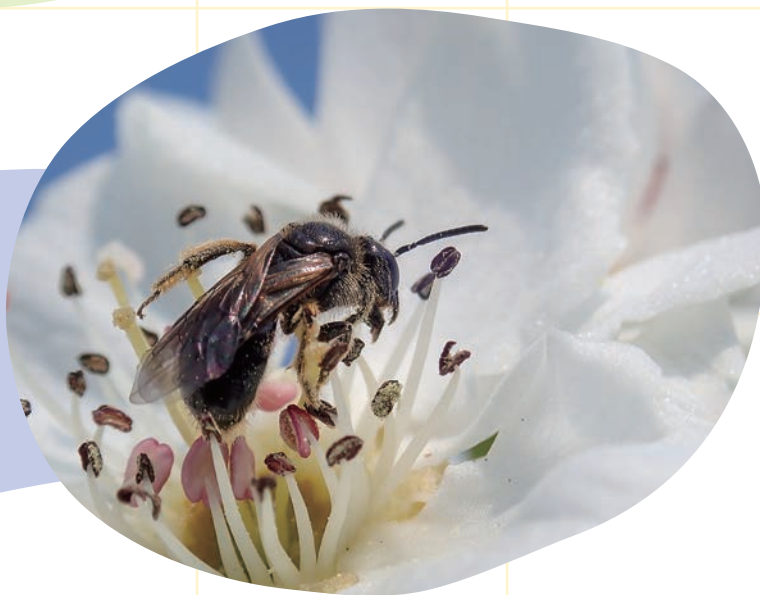
花を訪れる虫たち ハチの仲間



カキの雄花で花粉を集めるコマルハナバチ
後脚に付着している淡黄色の花粉団子はカキの
花粉からできており、巣に持ち帰られた後は
幼虫の餌として利用されます

ニホンナシの花を渡り歩く ヒメハナバチの一種

春の晴れた暖かい日には
ナシの花にもたくさんの
ハナバチたちが訪れます



カボチャの雌花の奥に潜る セイヨウミツバチ

カボチャの花粉は比較的
大きいため、後脚に付着した
花粉粒が明瞭に観察できます
(撮影用に花卉は除去済み)



花を訪れる虫たち
ハチの仲間



カキの葉の上で休息するコマルハナバチのオス

コマルハナバチの女王バチは多くの働きバチ（すべてメス）を産みますが、活動期の後半になると次世代を残すためにオス（レモンイエローの体毛が特徴的）も産むようになります



一本脚で器用にカキの雄花にぶらさがるニホンミツバチ
体を震わせて落ちてきた花粉を腹面全体に受け、
残った脚で掻き集めています
コマルハナバチも同じ行動を見せます（右下の円内）

花を訪れる虫たち
ハチの仲間



ニガウリの雄花で吸蜜する
2匹のセイヨウミツバチ

ミツバチの活動は日の出と同時に
始まります

夏の早朝、ニガウリ畑では
このような光景も見られます



ウメに訪花する
セイヨウミツバチ（左）と
ニホンミツバチ（右）

早春に咲くウメの主要な
花粉媒介昆虫はミツバチ類です



花を訪れる虫たち ハチの仲間



ハルジオンに訪花する
マメヒメハナバチの一種

体のあちこちに花粉を
付着させているのが観察できます



シロツメクサに訪花する
キムネクマバチ

大きな身体でぶら下がるため、
花が傾いています



ツツジに訪花するツツハナバチ（左）と
アザミに訪花するヒゲナガハナバチ類（右）

園芸植物や雑草の花も、ハナバチ類が花蜜や
花粉を集めるための貴重な資源です



花を訪れる虫たち
ハエの仲間



花にとまるハナアブの仲間
(上・下とも)

慣れないとハチとの見分けが
難しいかもしれませんが、はねが2枚あり
(ハチは4枚)、花粉団子を持たないのが
ハエの特徴です

くびれがない体、短い触角、大きな眼も印象的です

花を訪れる虫たち
ハエの仲間

ニホンナシの花粉が
付着したオドリバエの一種
長い口吻と脚が特徴的です



ニホンナシの花を訪れた
ツマグロキンバエ
光沢のある体と
大きな眼が特徴的です



ニガウリの雄花に
訪花するハナアブ
背面の鮮やかな縞模様の特徴から
ホソヒラタアブとわかります

花を訪れる虫たち
コウチュウ・
チョウの仲間



ヒメジョオンの花を食べる
コアオハナムグリ

コウチュウの仲間には、
花を食べたり、
将来果実になる部分を
傷つけたりするため、
果樹生産において害虫として
敬遠されている種もいます

カキ雄花で花粉をむさぼる
コアオハナムグリ

名前のおり花に潜って
長時間動きません
花蜜を目当てにたまに
雌花を訪れることもあります



ニホンナシの花粉を食べる
カミキリモドキの一種

花粉は栄養価が高く、
昆虫の良い餌になります

花を訪れる虫たち
コウチュウ・
チョウの仲間



カキの雄花にとまる
ベニカミキリ（上）と
コアオハナムグリ（下）

これらのコウチュウは雄花と雌花をあまり往来することがないため、カキの花粉媒介昆虫としてはほとんど働いていないと考えられます



ヒメジョオンに訪花する
ベニシジミ

一部のチョウやガは、作物の花粉媒介にも役立っていることがわかってきました

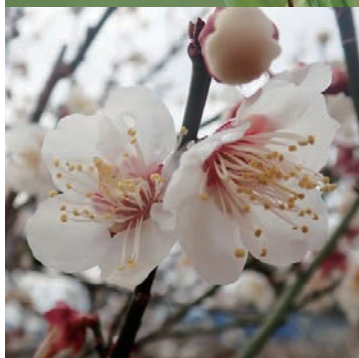
第1章

自然受粉と花粉媒介昆虫



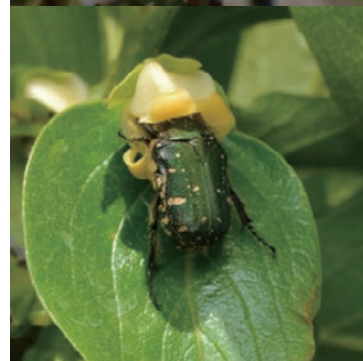
1. 自然受粉

人間が人為的に受粉させる「人工授粉」に対して、風や野生の虫などの働きによって受粉が行われるのが「自然受粉」です。花は主に風媒花と虫媒花に区別することができます。文字通り、前者は風、後者は虫によって受粉が行われる花です。多くの果樹・果菜は虫媒花です。



2. 花粉媒介昆虫と訪花昆虫

植物の花粉を運んで受粉を手助けする昆虫を花粉媒介昆虫あるいは送粉昆虫といいます。一方、訪花昆虫とは、花を訪れる昆虫のことです。花を訪れても花粉を運ば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。



1. 自然受粉

■ 花粉媒介昆虫の働き

私たちの周りには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、雄しべの葯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、コウチュウ類などが花粉媒介昆虫（送粉昆虫、ポリネーター）であると考えられています。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。

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種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者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。環境悪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。



リンゴの栽培風景



カボチャの栽培風景



昆虫類による花粉媒介が必要な作物たち

引用文献

- 1) Gallai N, Salles J-M, Settele J, Vaissière BE (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68: 810-821.
- 2) IPBES (2016) The assessment report of the Intergovernmental Science—Policy Platform on Bio-diversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Secretariat of the Intergovernmental Science—Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- 3) 小沼明弘, 大久保悟 (2015) 日本における送粉サービスの価値評価, *日本生態学会誌*, 65: 217-226.

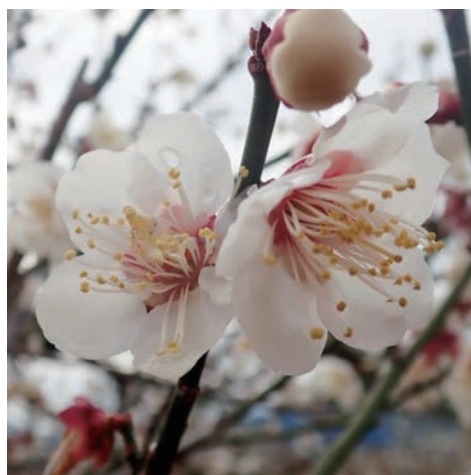
■ 自然受粉について

■ 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イネなどが挙げられます（写真左）。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（写真右）。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、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。



風媒花のイネの花



虫媒花のウメの花

■ 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、自然受粉は作物によってはそれほど一般的ではないようです。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。

長所と短所

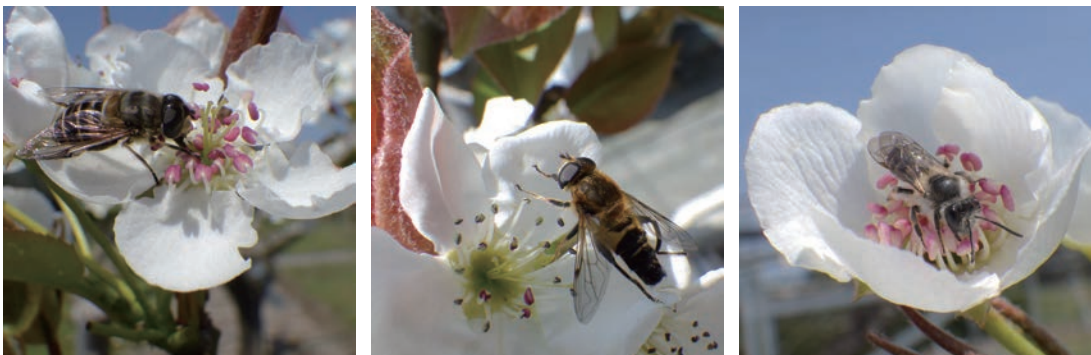
自然受粉の長所は、人工授粉やミツバチの巣箱の導入と比較して、コストと労力を大きく低減できることです。花粉媒介昆虫が周辺の自然環境から農地へ飛来し、作物の花から蜜や花粉を集める過程で雌しべに花粉を付着させることで受粉が完了します。そして翌年、作物の花が咲く時期に虫たちは再びやってきて、私たちに恵みをもたらしてくれます。

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もあります。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。

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。自然まかせでもほとんど問題ないはずなのに、人工授粉やミツバチの巣箱の導入をしているケースもありそうです。また、私たちのほんの少しの工夫と努力により、野生の花粉媒介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してくれるようになるかもしれません。

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。



ニホンナシの花で観察される野生の訪花昆虫
(左からシマハナアブ、アシフトハナアブ、ヒメハナバチの一種)

■ 自然受粉の貢献を知ることができる例

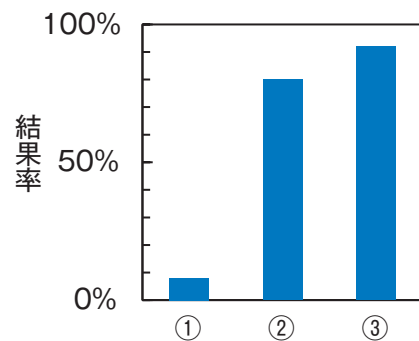
広島県のカキ園における研究で、自然受粉がどのくらい生産に役立っているかを示す例があるので紹介します。

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）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。その結果は右のグラフのとおりです。



異なる受粉方法による結果率

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っ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（右下の写真）。

この園地には、セイヨウミツバチの巣箱は導入していませんでした。加えて、園外からセイヨ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。

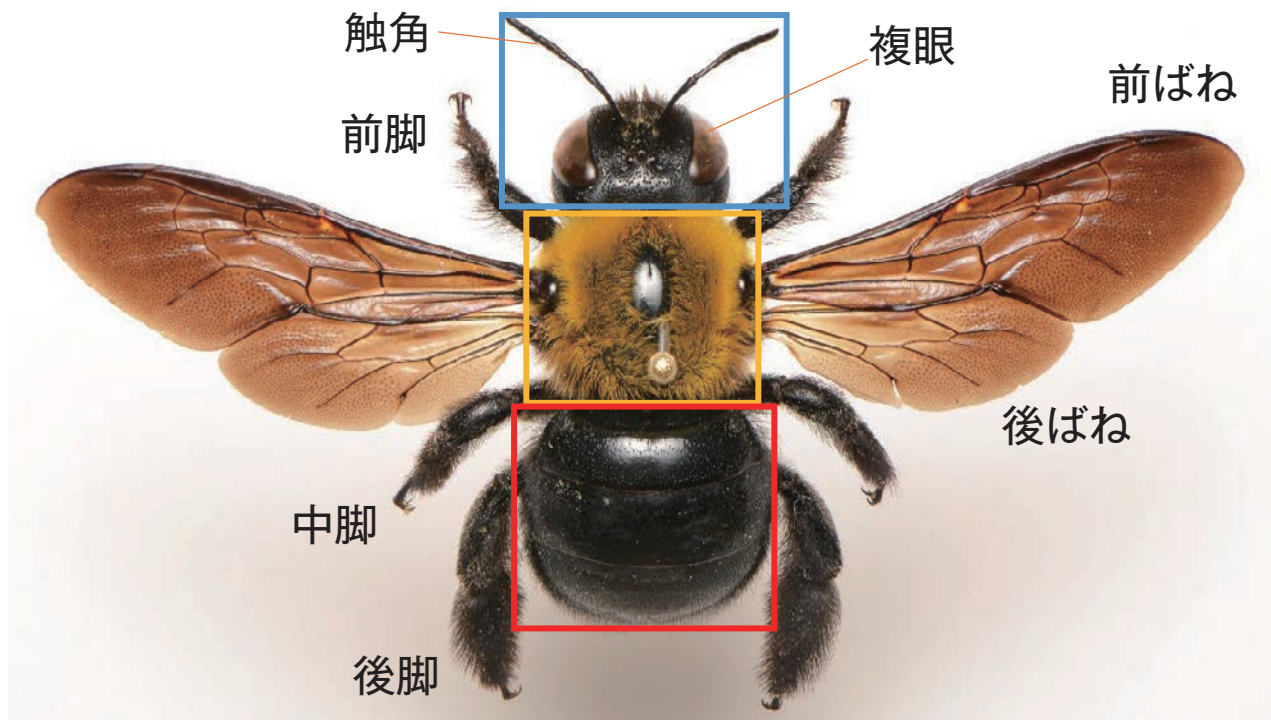


果実を切断して種子数を確認

2. 花粉媒介昆虫と訪花昆虫

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」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」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、「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。

■ 昆虫の体



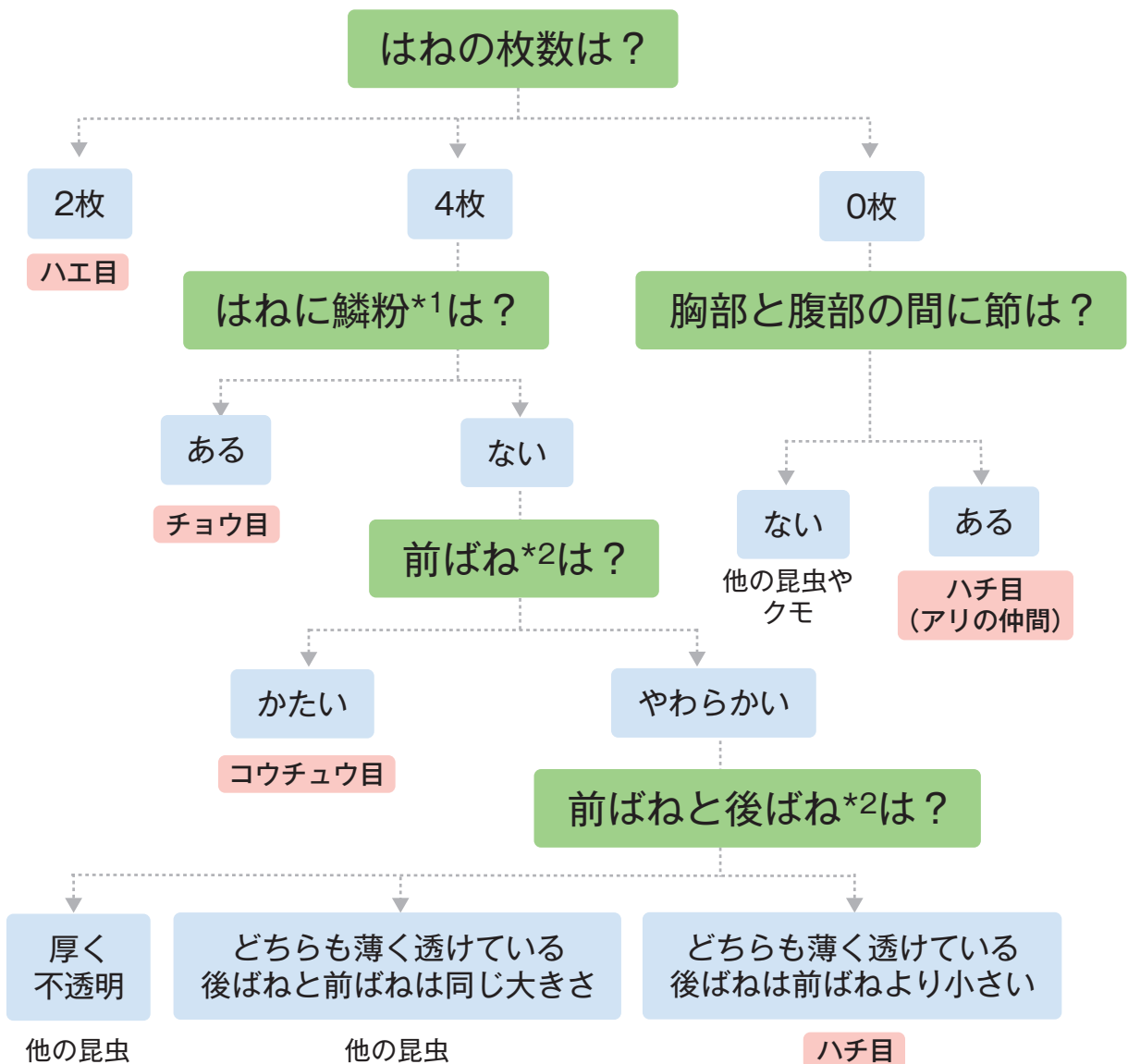
頭部

胸部

腹部

■ 訪花昆虫の見分け方 — 花に訪れる昆虫を見分けてみよう —

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。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以下の通りです。



*1 りんぶん。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。

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）もあります。

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外に、社会生活をする種もいます。



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。



■ 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。



■ 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：幼虫は主に植物を餌にします。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。



■ その他の昆虫やクモ

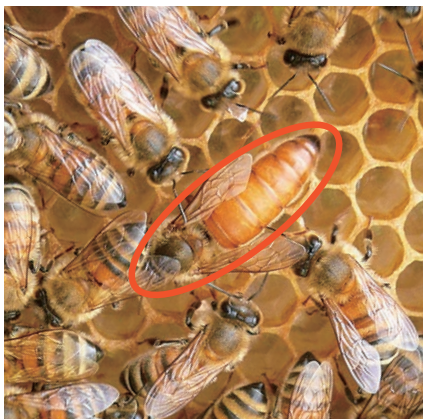
カメムシ目、バッタ目、トンボ目、クモなど



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、その生態を簡単にご紹介します。

1. 社会性ハナバチ

セイヨウミツバチやニホンミツバチ、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、巢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複数の個体が一緒に子育てをする、②違う世代の個体が一緒にいる、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（巢室）があり、それぞれの巢室には卵と、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。

第1章

第2章

第3章

リンゴ

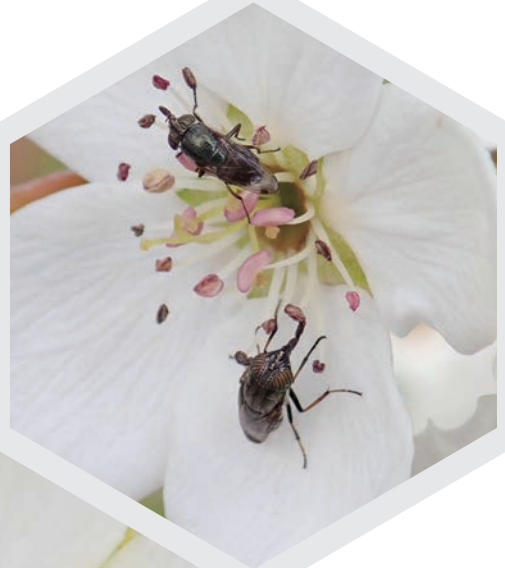
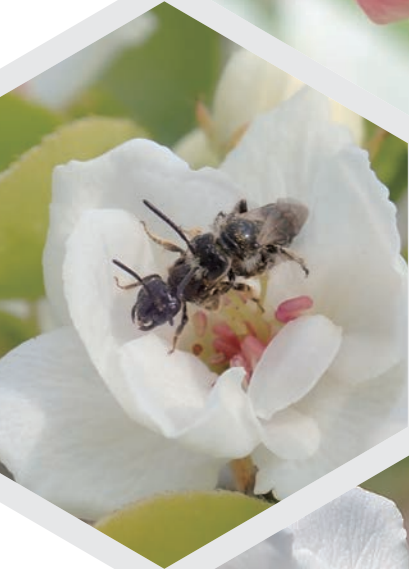
ニホンナシ

ウメ

カキ

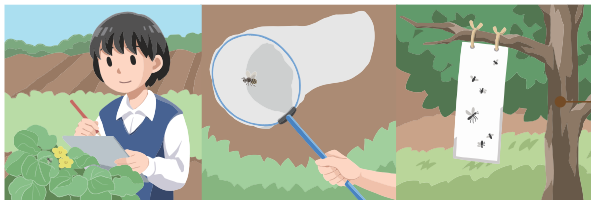
カボチャ

ニガウリ



第2章

基本となる昆虫の調査手法

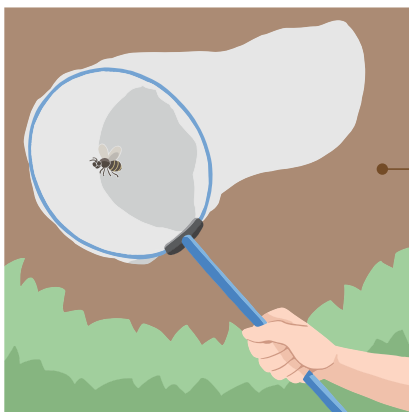


各調査手法の特徴

訪花昆虫の調査手法として、目視、見つけ取り、粘着板トラップを紹介します。

1. 目視

捕獲はせず、訪花した昆虫を記録する手法です。

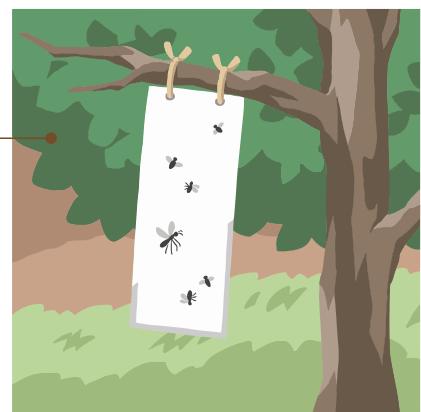


2. 見つけ取り

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。

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。



※これらの調査は、農薬散布をしていない時に行うようにしてください。

各調査手法の特徴

それぞれの手法に長所と短所があるため、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。

各調査手法の長所と短所

	長所	短所
目視 ▶ p17	<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 ▶ p20	<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 ▶ p24	<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 ○捕獲した個体が残る ○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

各調査手法の目的と対象種群

	目的	対象種群
目視 ▶ p17	訪花した昆虫の種類と個体数を調べ、訪花昆虫相の傾向を把握する	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 ▶ p20	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 ▶ p24	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。

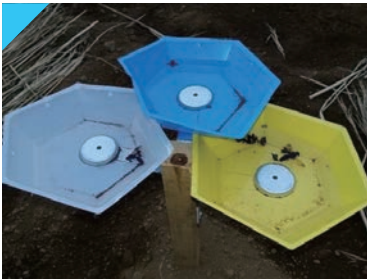
これらの特徴などをふまえ、各作物について訪花昆虫を調査する標準的な方法が開発されています。

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：ハナバチ類全般、ツチバチ類）



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



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。

作物ごとの末尾ページに掲載された写真を参考に、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。

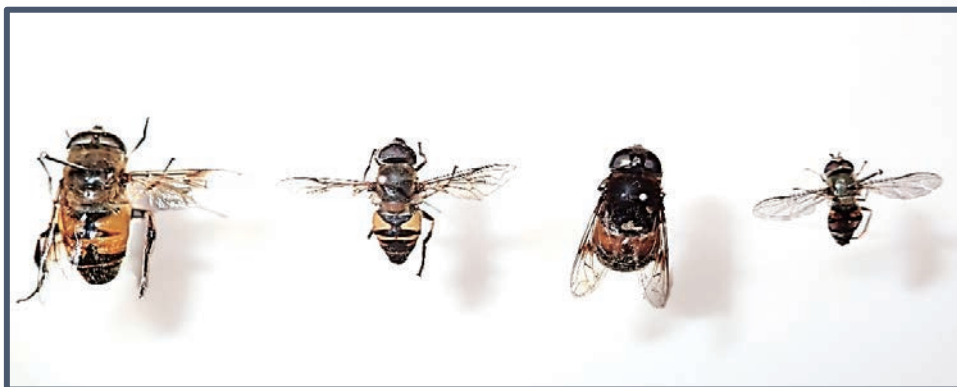
■ 調査の方法

■ 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、ハナバエ類、ハナアブ類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、p8~10を参照してください。

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5mm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。



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（p8）を参照して、特徴分けしてみましょう（上の4個体はすべてハナアブ類）。



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。

■ 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。各作物の項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。

■ 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、各作物の項で確認してください。

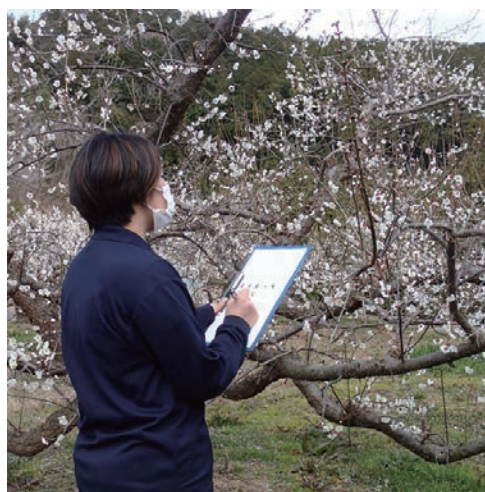
基本的には、観察時間の長さよりも、いつ実施するかというタイミングの方が重要です。観察日の選択が難しい場合や、条件に合致する日がない場合は、観察日数を増やしデータを補完します。

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。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。

① 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。

② 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



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。

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。

■ 捕獲方法

■ 捕虫網でつかまえる



捕虫網を使用し、昆虫が花から離れるのを待ち、飛び立ったところを狙います。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。

柄は短く、網も小さいサイズの物が使いやすいでしょう。柄が取り外し可能な網であれば、網だけを使ってもよいですし、市販品の柄の部分の部分を適当な長さに切り落としても使えます。



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。

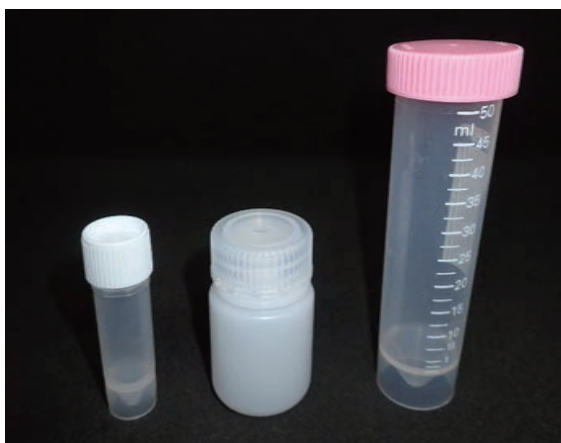


3 捕獲したら、網の先端をつまんで上に持ち上げます。すると昆虫が上へ昇ってきます。



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。

■ 管瓶でつかまえる



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。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ー型のものでお薦めです。サンプルチューブ（左）や遠沈管（右）はインターネットで購入できますが、調味料ボトル（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。

捕獲用容器の例

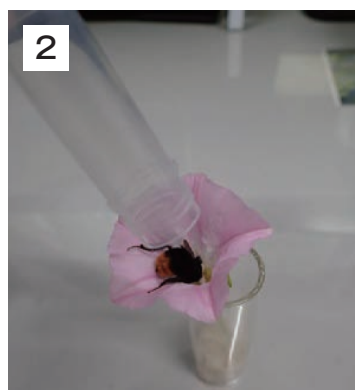
左：サンプルチューブ（5mL）+サンプルキャップ

中：市販の調味料ボトル

右：遠沈管（50mL）



1
花に潜り込んでいるハチを見つけてます。



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、このような方法で、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よいでしょう。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。

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、冷凍庫で保存します。

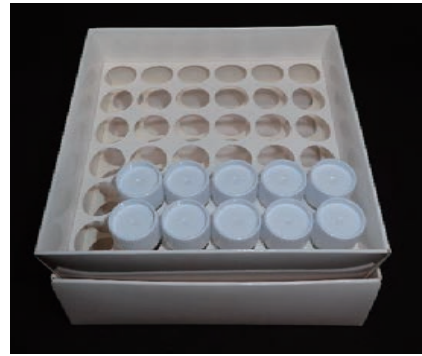
その時、それぞれの管には採集に関する情報を記入します。記録用紙と捕獲した昆虫はセットになるように、同じ番号や表記を記入して保存するようにしてください。

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。昆虫の同定についてはp8~10や各作物のページを参照してください。

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)

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。

DNAバーコーディングとは、地球上のさまざまな生物種について特定のDNA領域の塩基配列情報を網羅的にデータベース化することで、任意の生物サンプルの簡便な種同定を可能にする技術です。スーパーマーケットなどで商品に付いているバーコードは、私たちが見ても意味がわかりませんが、レジでスキャンすると商品名などの情報がピッと出てきます。これと同じように、4種類の塩基が延々と並んでいる塩基配列は私たちにとっては単なる記号の羅列ですが、データベースを検索するプログラムを利用することで、同一もしくはよく似た配列を持つ生物種が瞬時にわかるのです。

この技術のメリットは、分類の専門家でもなくとも種同定が可能になることです。例えば果樹に訪花した小型ハナバチ類を捕まえたとき、種レベルで正確に同定するためには実体顕微鏡を用いた詳細な形態の観察と、昆虫分類学の知識や経験が必要になるため、小型ハナバチ類の専門家以外は「ヒメハナバチ属の一種」といった属レベルまでの同定で満足しなければならない場合が多くあります。しかし、分子生物学の基本的な実験環境さえあれば、もう一步先に進むことが可能です。対象個体から脚を一本だけ取ってDNAを抽出・精製し（市販の専用キットを使用）、PCR（DNAの特定領域を増幅させる技術）によりDNAバーコーディング領域の塩基配列のコピーを増やした後、シーケンサー（塩基配列を解読する機械）でその塩基配列を解読してデータベース検索することで、分類学や形態学の専門知識のない人でも昆虫種を同定で

きます。

ただし、これはデータベースが充実していることが前提条件です。いくらDNAバーコーディング領域の塩基配列を解読しても、データベースにその種や近縁種のデータが登録されていなければ空振りに終わります。そのようなときは、昆虫同定の専門家が種同定を行い、もう一方でDNAバーコーディング領域の塩基配列を解読し、それらの情報をセットにしてデータベースに登録します。そうすることで、次回からはその種がDNAバーコーディングで同定できるようになります。

農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「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」（2017～2021年度）では、果樹園で採集された訪花昆虫について、見た目での識別が難しい小型ハナバチ類を中心に種レベルでの同定に取り組みました。顕微鏡観察による同定結果をDNAバーコーディングで確認する方法を採用し、両者が一致しない（もしくは登録データがない）場合には昆虫分類の専門家の協力を仰ぎました。これまでに、61種の訪花昆虫のミトコンドリアCO1配列（昆虫をはじめとする動物のDNAバーコーディングに一般的に用いられている領域）を国際塩基配列データベースに登録しました。その中でも特にヒメハナバチ類は今回初めて登録された種が多く、果樹園等で観察される普通種の小型ハナバチ類については広くカバーされることになったため、今後の種同定での活用が期待されます。

3. 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。

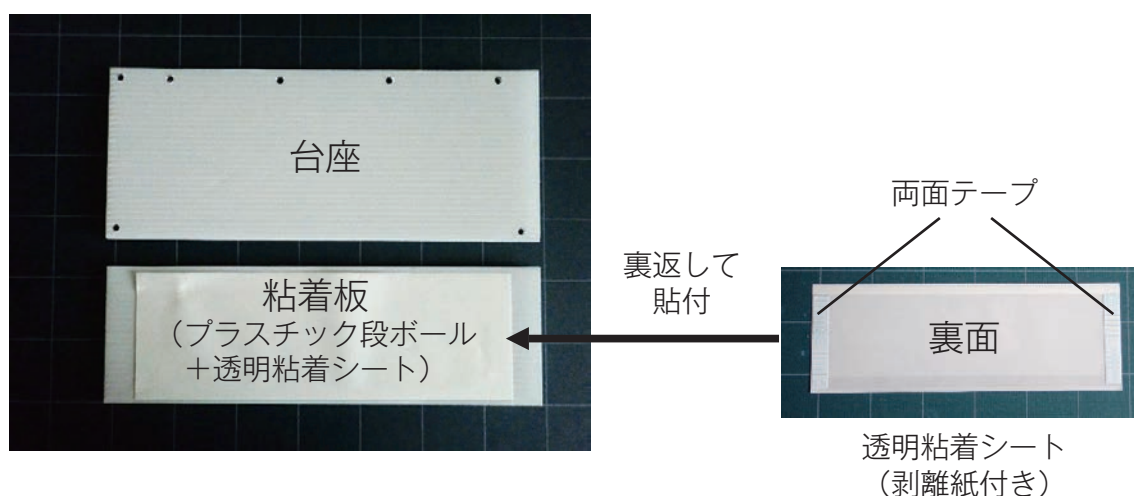
■ 粘着板トラップの作り方

■ 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。



標準型トラップの作例

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（p27～28）。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。



虫とり君（株出光アグリ）を使用した例

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。例えば、トラップを水平に設置した例（左下の写真）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。



ニホンナシ園での設置例（水平）



ニホンナシ園での設置例（垂直）



カボチャほ場での設置例



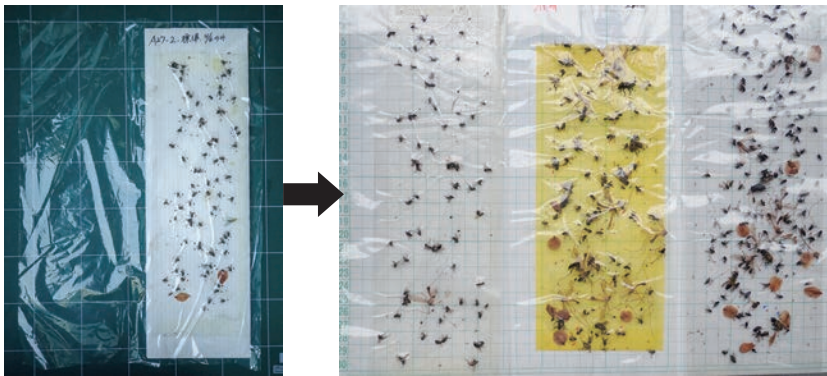
リンゴ園での設置例

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。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。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。



ビニール袋を切り開いた透明フィルムで被覆し回収した粘着板（左）と、保存のために粘着板から剥がした粘着シート（右）

設置角度

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

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

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。



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）

- △ベタット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。

*粘着面が剥離紙で保護されている製品の方が扱いやすいでしょう。

■ 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。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。



粘着シートに貼り付いた昆虫



左の写真の拡大。この時点で種群レベルでの分類が可能



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、リモネンをよく除いてから保存液の入った容器に入れます。

■ 調査設計の目安

■ 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。

■ 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ごとに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。

■ 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。

■ 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。

■ 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。

第3章

作物別調査法



1. リンゴ



バラ科リンゴ属の果樹。自家不和合性の品種が多く、結実には親和性のある他品種の花粉が必要。

2. ニホンナシ



バラ科ナシ属の果樹。自家不和合性の品種が多く、結実には親和性のある他品種の花粉が必要。



3. ウメ



バラ科サクラ属の果樹。自家不和合性の品種が多く、結実には親和性のある他品種の花粉が必要。

4. カキ



カキノキ科カキノキ属の果樹。雄花と雌花があり、結実には雄花から雌花への花粉の移動が必要。



5. カボチャ



ウリ科カボチャ属の果菜。雄花と雌花があり、結実には雄花から雌花への花粉の移動が必要。

6. ニガウリ



ウリ科ツルレイシ属の果菜。雄花と雌花があり、結実には雄花から雌花への花粉の移動が必要。



各作物で想定される調査の目的

この章では果樹・果菜の6つの作物について調査方法や事例が紹介されていますが、作物によって背景が大きく異なるため、調査の目的も作物間で少し異なります。

■ カボチャの例

- 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。

■ ニホンナシの例

- 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)として多くの花が集合しており、花単位での訪花の把握は困難である。
 - ③ 自家不和合性があるため、花粉が柱頭に付着しても受精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。

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、それにはまだ調査事例を蓄積する必要があります。本マニュアルにおいては、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調査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調査事例をご参照ください。

1. リンゴ

バラ科リンゴ属の果樹。さまざまな品種が栽培されており、8月中旬～11月にかけて収穫。自家不和合性の品種が多く、結果には親和性のある他品種の花粉を必要とする。



■ **花の特徴**：白～薄紅の花弁をもつ約5花からなる花叢（かそう）を形成。中心の花が最初に開花し、2～3日後に周辺の花が開花。1つの花の受精可能期間は開花後約5日。樹全体の開花期間は約10日間。

■ **開花時期**：4月下旬～5月中旬

■ リンゴの主な花粉媒介昆虫たち

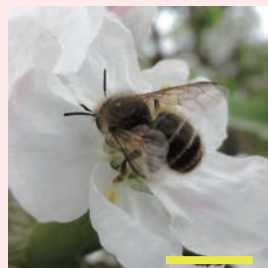
いろいろな昆虫たちが花を訪れますが、特に以下のような昆虫が多いとうまく花粉媒介が行われます。



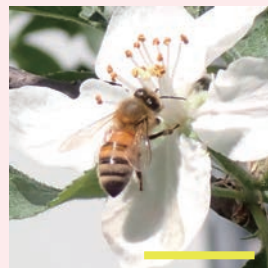
小型ハナバチ類
(ヒメハナバチ類・
コハナバチ類など)



ハナアブ類



マメコバチ



ミツバチ類

黄色のスケールバーは約1cm

■ リンゴの花粉媒介昆虫を調べる

どのような花粉媒介昆虫が、どのくらい園に来ているかを調べるためには、次の2つの手法を併用して実施します。



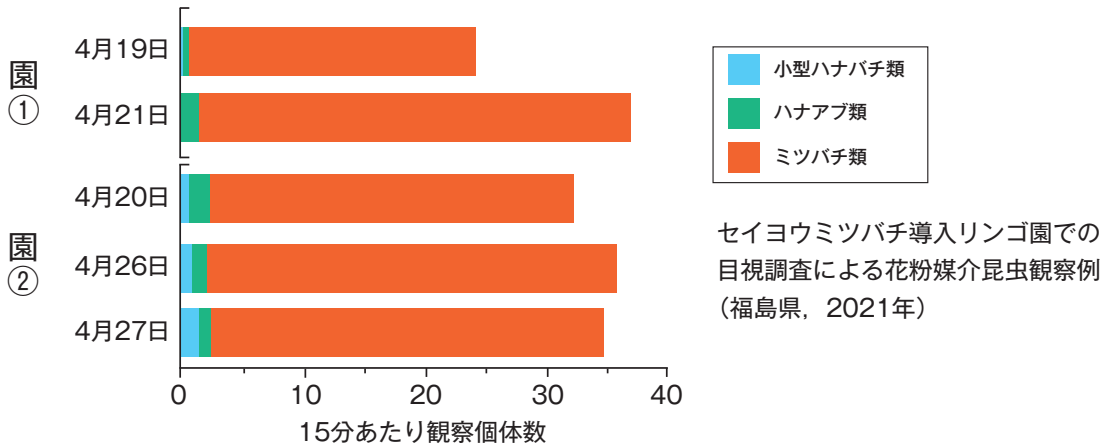
目視



粘着板トラップ

セイヨウミツバチ導入園について

観察される花粉媒介昆虫のほとんどがセイヨウミツバチとなり、野生の花粉媒介昆虫の観察数のごくわずかとなるため、本マニュアルでは調査対象としません。



Column リンゴの受粉を管理する

リンゴは「自家不和合性」のため、自分の花粉では受精できず、結果には親和性のある他品種の花粉が必要です。

このため、以下の方法で受粉管理が行われています。

人工授粉

農薬散布等の影響で花粉媒介昆虫の活動が著しく制限されたり、果樹園が集合した産地などで自然状態での受粉が困難な場合には、人手による授粉が必要となります。また、受粉の安定化や高品質果実の生産の目的でも人工授粉が行われます。

方法としては、梵天（棒の先に羽毛を付けたもの）や機械等を利用して花粉を直接雌しべに付けます。花粉は、主要品種（‘ふじ’等）より早く咲く品種（‘王林’、‘紅玉’等）の花を採取して利用します。

人工授粉は、開花期間が限られているため、作業が短期間に集中します。確実な結果には、労働力の確保が重要となりますが、高齢化等により労働力が不足しています。省力的な授粉管理技術の開発が求められています。

セイヨウミツバチやマメコバチの利用

リンゴの結果確保のため、人手の代わりにセイヨウミツバチやマメコバチも受粉に利用されています。セイヨウミツバチは行動範囲が広く1巣箱あたり20~30aのリンゴ園の授粉が可能です。一方、マメコバチは行動範囲は巣から40~50mと狭いですが、セイヨウミツバチより授粉効率が高い傾向にあります。しかし、セイヨウミツバチは養蜂家からの借り入れ、マメコバチはたねバチや巣材等の購入や飼養管理が必要で、コストや労力面での問題があります。さらに、これら導入種の活動は天候に影響されやすいなど利用面での課題もあります。



セイヨウミツバチ (左) とマメコバチ (右) の巣箱

■ 標準調査法

セイヨウミツバチの非導入園において、主要な花粉媒介昆虫の花への飛来状況を推定するための調査法です。調査は目視と粘着板トラップをセットで実施します。目視は、花にどのような種類の昆虫が飛来しているかを把握するために実施します。小型ハナバチ類、ハナアブ類、マメコバチ、ミツバチ類を記録します。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、粘着板トラップに捕獲されやすいことで園内の個体数の減少が懸念されるマメコバチについては、目視の調査を主体として花への飛来状況を評価します。粘着板トラップには、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や、より詳細な分類群レベルでの評価が可能です。また、調査条件を揃えやすいため、園ごとの小型ハナバチ類の種構成や捕獲数、および年次変動を比較することができます。

■ 目視

■ **調査日時**：調査は、開花期間中（できれば開花盛期）の晴天で風の弱い日を選んで行います。時間帯は10:00~14:00で、1回調査の場合は午前中に、2回調査が可能な場合は午前と午後に各1回行います。なお、調査日の開花状況や気象条件により訪花昆虫の構成や飛来量は大きく変わります。そのため、なるべく早い段階でどのような花粉媒介昆虫が花を訪れているかを把握します。また、ハナアブ類、ミツバチ類やマメコバチについて飛来状況を調べる場合には、できるだけ最適な条件下で調査日数を増やすようにします。

■ **調査人数**：1~3名で、別々に園内を巡回します。

■ **調査方法**：1回15分を基本単位とします。1カ所で立ち止まらないように、一定速度で歩きながら、全員で調査園の1/2以上の面積を観察するよう心がけます。

■ **調査対象**：歩いていて自然に視野に入る高さ（地上約1~2.5m）の花にとまっている小型ハナバチ類、ハナアブ類、マメコバチ、ミツバチ類を記録します。調査精度を高めるために、調査員間で調査対象の昆虫を事前に確認しておきます（p17~19に解説があります）。移動する同一個体を繰り返しカウントしないように、できる限り、1個体1回の記録を心がけます。



■ **昆虫の同定**：p39~40に写真、p41~44に見分け方があります。

■ **記録用紙**：p45に例があります。コピーしてお使いください。

■ **観察データの整理**：観察個体数/15分間/人に換算します。

■ 粘着板トラップ

■ **トラップ**：白色の粘着板トラップを使用します（下図）。製作方法については、p24に解説があります。

■ **設置方法**：リンゴの枝（高さ約1.5m）に、針金などで垂直につり下げる形で設置します（下図）。設置にあたっては、栽培管理作業の障害になったり、風に揺られた際に花や葉についたりしないような場所を選びます。

■ **設置基準**：園全体に3～5個のトラップを主要品種の樹に設置します。マメコバチ導入園では、成虫のトラップへの付着をできるだけ避けるために、巣筒から離れた位置（20m以上）にある樹に設置します。

■ **調査期間**：開花期間中（開花始め～落花期）に設置します。なお、1週間ごとにトラップを交換することや、開花1～2週間前から設置することにより、調査精度を高めることができます。

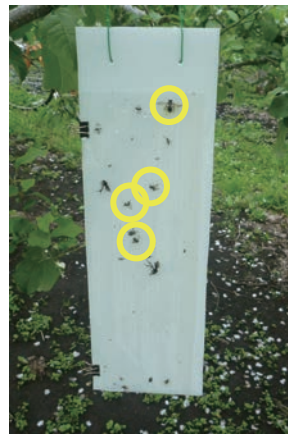
■ **回収と保存**：回収したトラップはラップなどを被せたのち、粘着シートをプラスチック段ボールの板から外し、冷蔵（長期の場合は冷凍）で保存します。p26に解説があります。

■ **昆虫の同定**：p41～44に解説があります。

■ **観察データの整理**：設置したトラップに捕獲された昆虫を計数し、捕獲個体数/1週間/トラップで評価します。



トラップの設置状況



捕獲された
小型ハナバチ類
(黄色い○の部分)



ラップを被せ、プラスチック段ボールから
外した粘着シート

■ 事例紹介

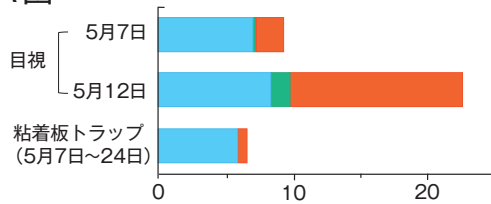
(1) リンゴ園における標準調査の実施事例（2021年）

■ 目視：1人15分あたりの観察個体数

■ トラップ：1枚1週間あたりの捕獲個体数

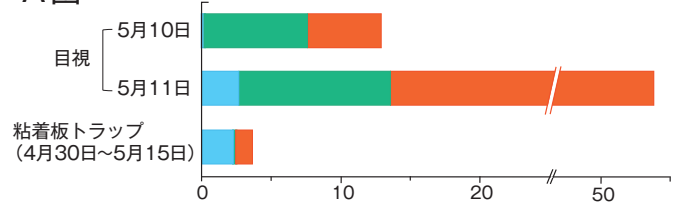
岩手県盛岡市（満開日 5月10日）

A園

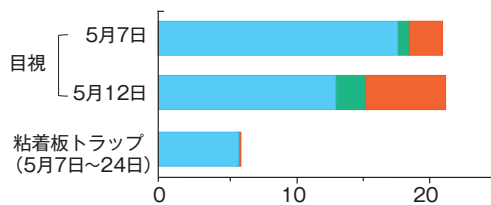


秋田県横手市（満開日 5月9日）

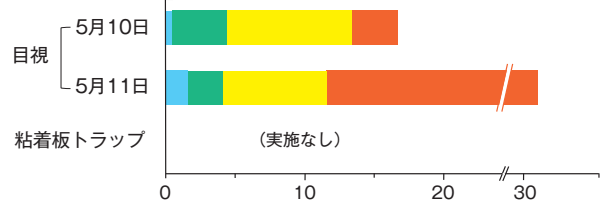
A園



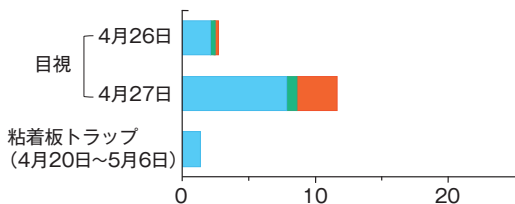
B園



B園



福島県福島市（満開日 4月25日）



目視では、調査日によって観察個体数が大きく変動しますが、小型ハナバチ類とハナアブ類のいずれが多いかは各園で一貫していました。

マメコバチ利用園（秋田県横手市B園）でのマメコバチ観察数は、ミツバチ類に比べ調査日による変動が少ない傾向にありました。

園外からの飛来由来と考えられるミツバチ類の観察個体数は、調査日によって大きく変動しました。このことから、ミツバチ類の飛来状況を評価する場合は、調査日数を増やし開花期間を通じた飛来個体数をみる必要があります。

(2) 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)

	小型ハナバチ類捕獲数 (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

* 網掛け試験の結果率を人工授粉による結果率で補正
(下記参照)

2年間のための調査のため確実なことはまだわかりませんが、小型ハナバチ類の捕獲数が多い年のほうが結果率が高くなりました。

(参考) 野生花粉媒介昆虫がリンゴ受粉に果たす働きの評価方法 (網掛け試験)

小型ハナバチ類 (体長約7mm以下) などは、ミツバチ類 (体長約12~14mm) に比べて小さいので、リンゴの花叢に小型ハナバチ類だけが通過できる網目の網を被せてミツバチ類の訪花を排除することにより、小型ハナバチ類などによる受粉状況を評価できます。



開花前に網掛け
(3.5mmメッシュ)

開花



受粉

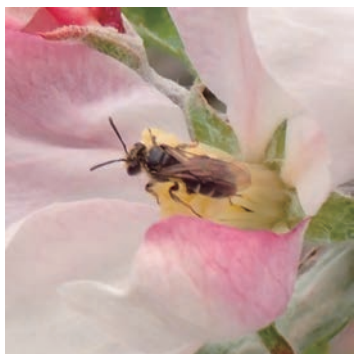


リンゴの幼果

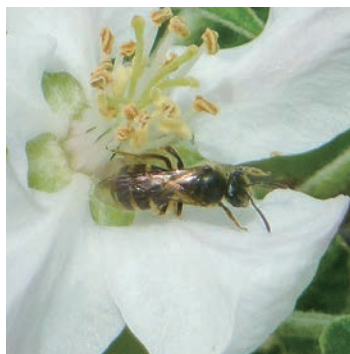
開花前に花叢の蕾数を記録し、その後3.5mmメッシュで袋掛けします。小型ハナバチ類はメッシュを通り抜けて訪花し授粉可能ですが、ミツバチ類は体が大きいためメッシュを通過できず訪花できません。なお、結果率の調査では、開花から約1ヶ月後に結果している幼果数を記録します。対照区として、別の花叢の蕾数を記録してから人工授粉させた場合での幼果数を調べ、これらの値から小型ハナバチ類による結果率を評価します。

$$\text{小型ハナバチ類による結果率 (\%)} = \frac{\text{幼果数/蕾数 (3.5mmメッシュ網掛け区)}}{\text{幼果数/蕾数 (人工授粉区)}} \times 100$$

■ リンゴの訪花昆虫



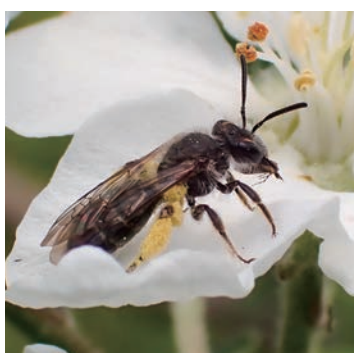
ハナバチの一種



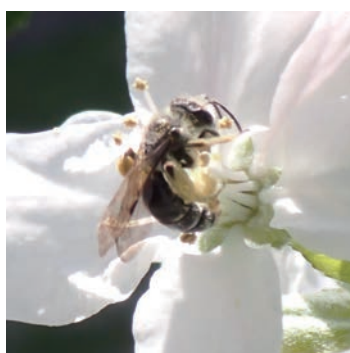
ハナバチの一種



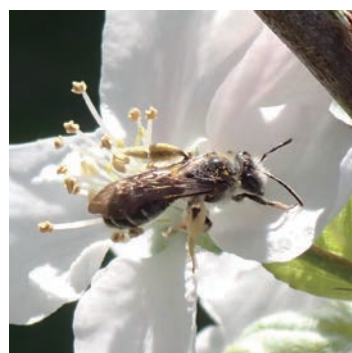
ハナバチの一種



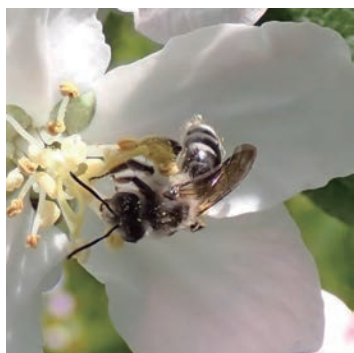
ハナバチの一種



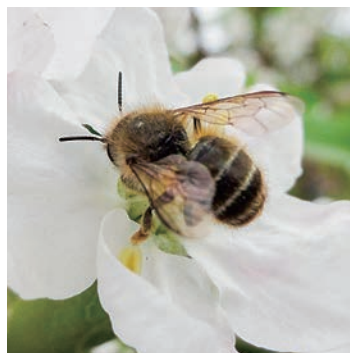
ハナバチの一種



ハナバチの一種



ハナバチの一種



マメコバチ



セイヨウミツバチ



セイヨウミツバチ



ニホンミツバチ



キムネクマバチ



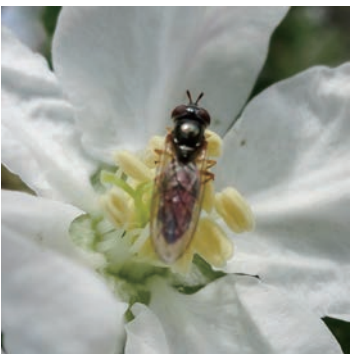
ナミハナアブ



ナミハナアブ



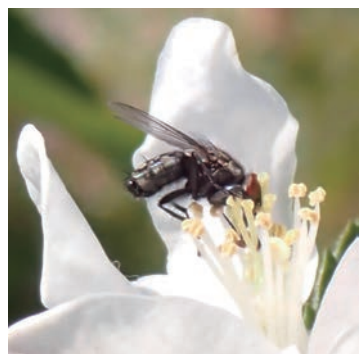
ナミハナアブ



ヒラタアブの一種



ヒラタアブの一種



ハナバエの一種



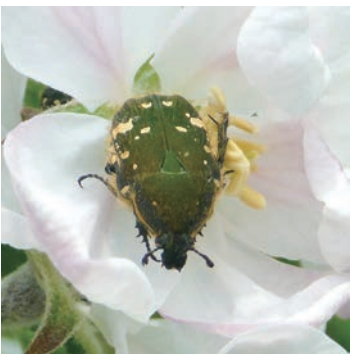
ハナバエの一種



ハグロケバエ



コアオハナムグリ



コアオハナムグリ



ヒラタハナムグリの一種



シロテンハナムグリ

リンゴの訪花ハチ目の見分け方

第1章

第2章

第3章

リンゴ

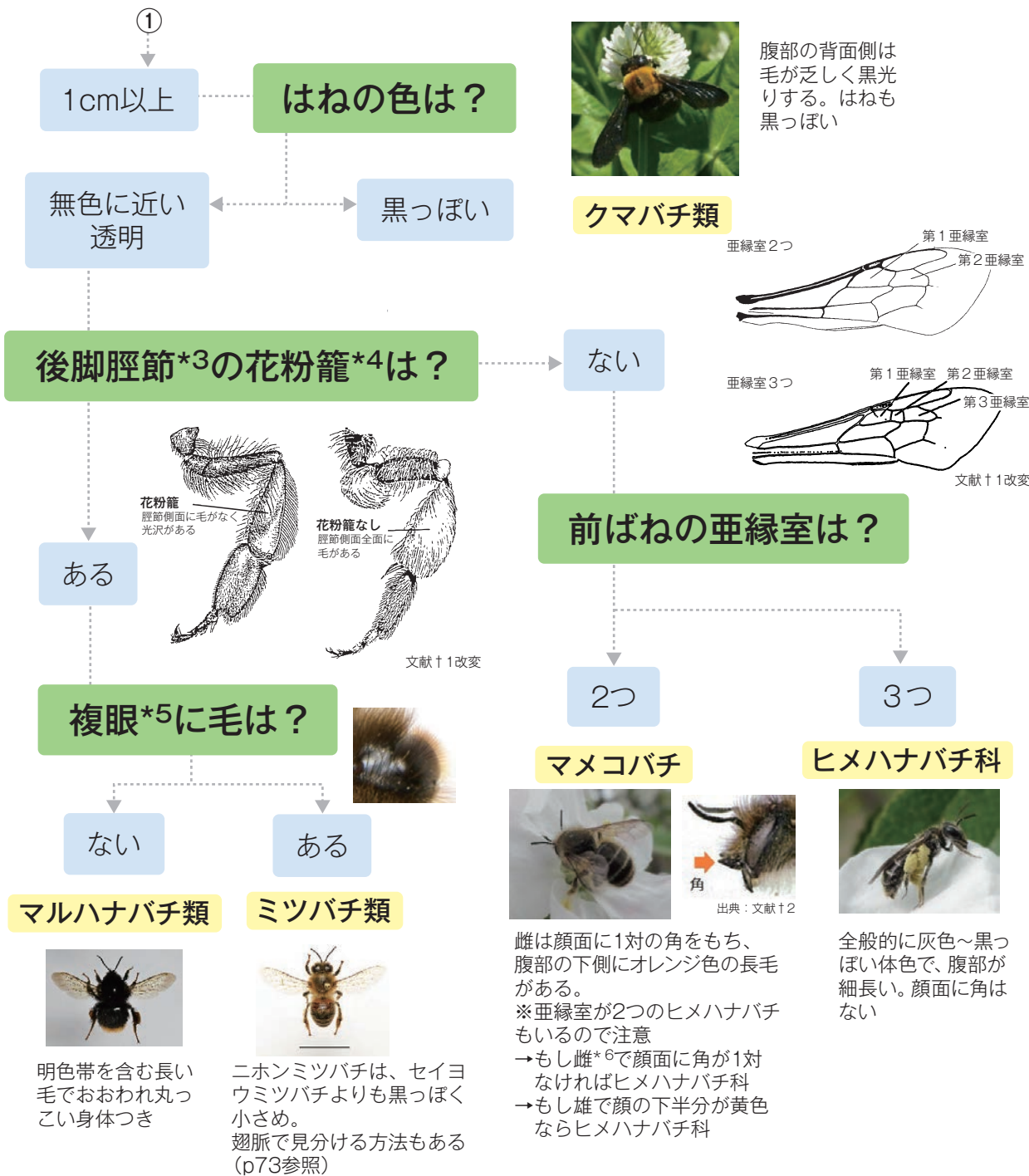
ニホンナシ

ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ



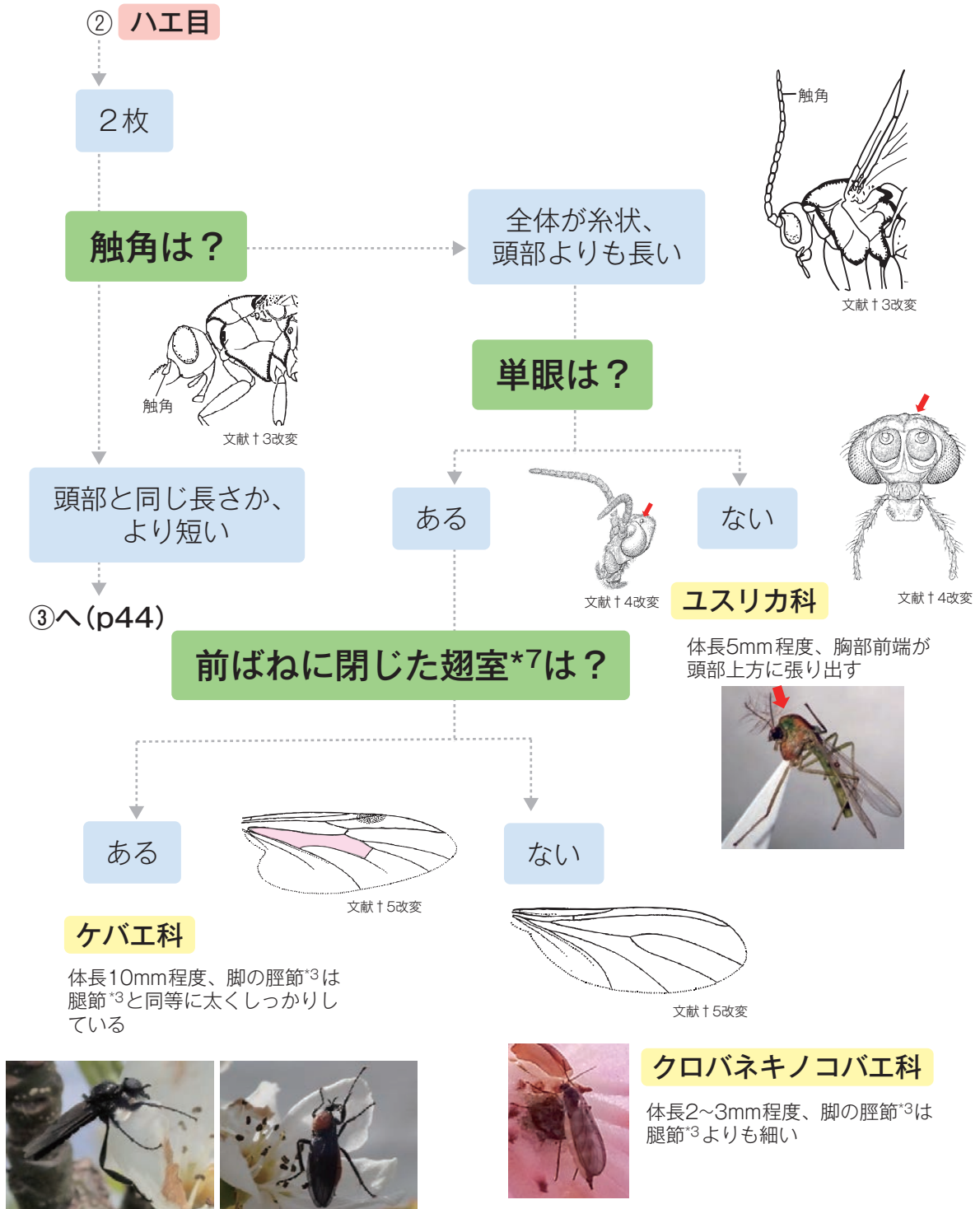
*3 こうきやくけいせつ。後脚の付け根の方から4つ目の節のことをいいます。昆虫の脚は付け根から順に、基節(きせつ)、転節(てんせつ)、腿節(たいせつ)、脛節(けいせつ)、跗節(ふせつ)に分かれています。

*4 かふんかご。花粉団子をまとめて運ぶための特殊な構造で、節の側面はツルツルして光沢があり、縁に長い毛が生えています。花粉籠を持つのは雌に限ります。

*5 ふくがん。昆虫の眼には単眼と複眼がありますが、小さな個眼が束状に集まった方を複眼といいます。見ため的にはいわゆる目。

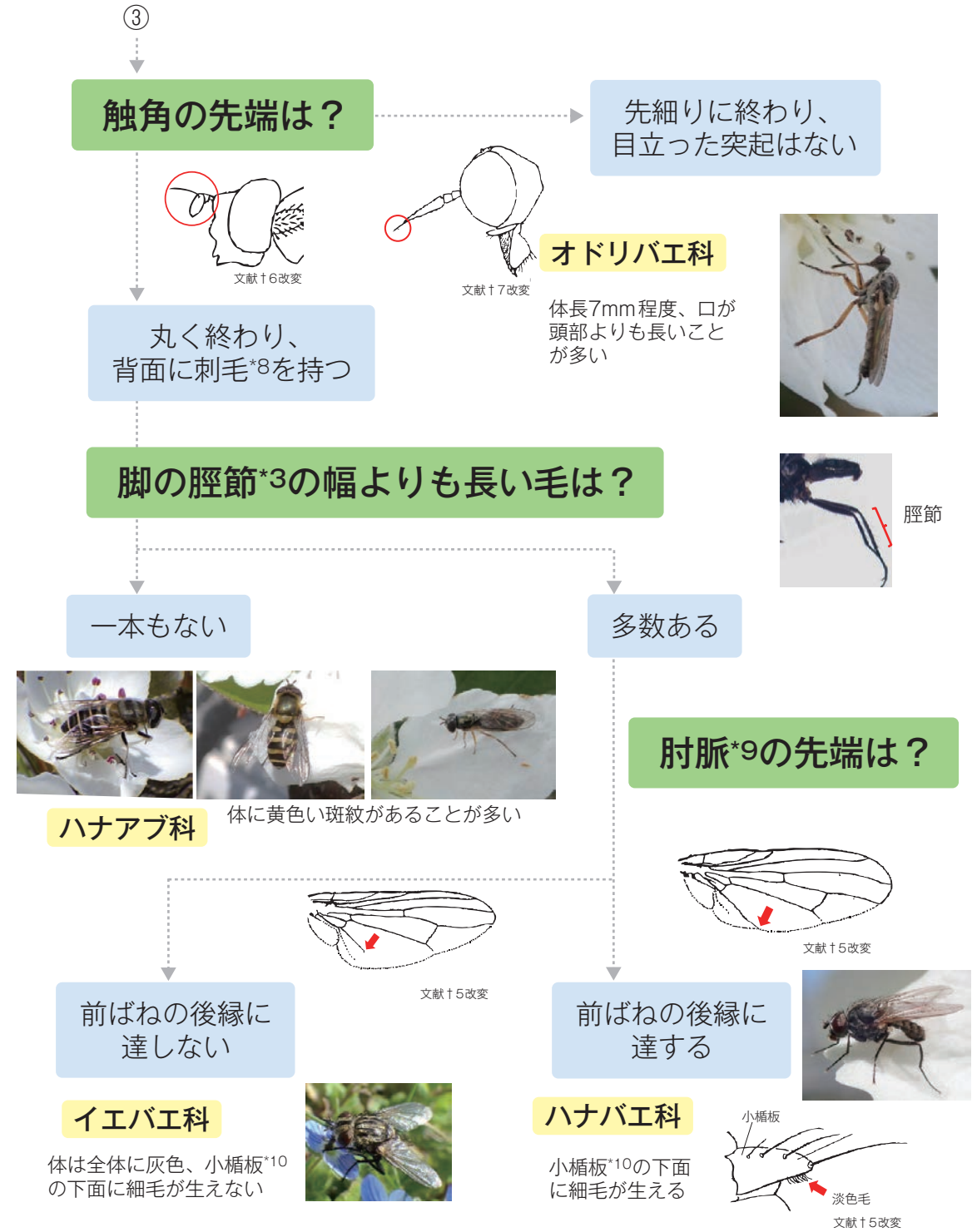
*6 ハナバチ類の雌雄は、触角の節数で見分けられます。雄の方が触角が長く、雌は12節、雄は13節です。

リンゴの訪花ハエ目の見分け方



*3 →p42

*7 ししつ。翅脈あるいは翅脈とはねの周縁で囲まれた部分のことをいいます。



*3 →p42

*8 しもう。本来の触角の先端ですが、ハナアブ科をはじめ、多くのハエ類は刺毛が生える節（後梗節：こうこうせつ）が丸く膨らむことで、触角の先端が丸くなっているように見えます。

*9 ちゅうみやく。前ばねの後半（尻側）に、単独で後縁に向かって伸びる翅脈。先端が後縁に達する場合、その先端はしばしばシワ状になって見えにくくなっている場合があります。先端が後縁に達しない場合、先端は肘脈それ自体の長さと同じくらい後縁から離れ、シワとしても後縁まで追うことはできません。

*10 しょうじゅんぱん。胸部を背面から見たときに後方に位置する、三角形に突出した部分です。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (リンゴ用)

記録紙No. _____

圃場名 _____

品種 _____

調査者 _____


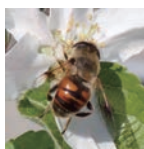


確認項目 日中である (10:00~14:00)

花は雨で濡れていない

風は弱い(木全体が揺れるような風速以上は避ける。約8m/s未満)

観察・記録方法

- 園内を15分間巡回しながら、歩いていて自然に視野に入る高さ (約1~2.5m) の花を観察。
- 花の中心にとまっている昆虫を正の字で記録し、() に集計
- 1個体1回として記録する。

調査日・開始時刻	天気	気温	開花状況					備考
				小型ハナバチ類	ハナアブ類	マメコバチ	ミツバチ類	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	
月時 年日分	晴・曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	()	()	()	()	

第1章

第2章

第3章

リンゴ

ニホンナシ

ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ



2. ニホンナシ

バラ科ナシ属の果樹。さまざまな品種が栽培されており、露地では7月～11月にかけて収穫。自家不和合性の品種が多く、結実には親和性のある他品種の花粉を必要とする。



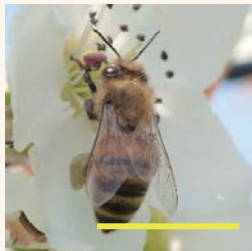
■ **花の特徴**：白～淡桃色の花弁を持つ約8花からなる花叢（かそう）を形成。花叢最下位の1番花の開花が最も早く、下から順に開花し最上位の8番花が最後に咲く。1つの花の受精可能期間は開花後2～3日程度。

■ **開花時期**：3月中旬～5月中旬

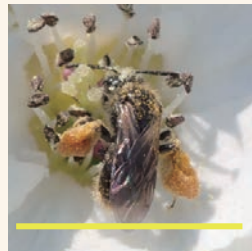
■ **受粉後の管理**：収穫時の果実品質が優れる3～5番果（花）から、果形のよい1果のみを残して摘果。

■ ニホンナシの主な花粉媒介昆虫たち

いろいろな昆虫たちが花を訪れますが、特に以下のような昆虫が多いとうまく花粉媒介が行われます。



ミツバチ類



小型ハナバチ類
(ヒメハナバチ類・
コハナバチ類など)



ハナアブ類

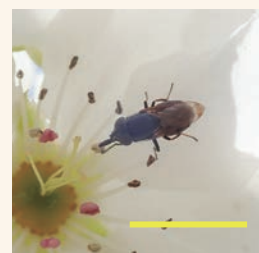
ハエ類



ハナバエ類



イエバエ類



クロバエ類

黄色のスケールバーは約1cm

ミツバチ類

ニホンナシに訪花する主な昆虫種群の中で最も多くの花粉を身に付けており、花粉媒介に大きく貢献していると考えられます。

小型ハナバチ類

ミツバチ類に次いで多くの花粉を身に付けており、ミツバチ類がない、あるいは少ない園では花粉媒介で中心的な役割を果たしていると考えられます。

ハナアブ類

体表の花粉数はミツバチ類や小型ハナバチ類に及びませんが、上記のハナバチ類が十分に活動できないような気温の低い時でも働く重要な花粉媒介昆虫種群と考えられます。

ハエ類（ハナバエ類、イエバエ類、クロバエ類）

体表の花粉数は少ないですが、高い頻度で訪花が見られるため、花粉媒介に関わっていると考えられます。

■ ニホンナシの花粉媒介昆虫を調べる

どのような花粉媒介昆虫が、どのくらい園に来ているかを調べるためには、次の2つの手法を併用して実施します。



目視



粘着板トラップ

(注) セイヨウミツバチ導入園では、観察される花粉媒介昆虫のほとんどがセイヨウミツバチとなり、野生の花粉媒介昆虫の観察数がごくわずかとなるため、本マニュアルでは調査対象としません。

Column ニホンナシのその他の花粉媒介昆虫たち

ニホンナシの花には、主な花粉媒介昆虫種群以外にも多様な昆虫たちが集まります。例えば、オドリバエ類は体表花粉数は少ないですが、訪花が少なからず見られます。また、ケバエ類は訪花数こそ多くありませんが、ハナアブ類と同じくらいの花粉を身に付けています。このような昆虫種群はニホンナシの花粉媒介に補助的に関わっていると考えられます。



ケバエ類

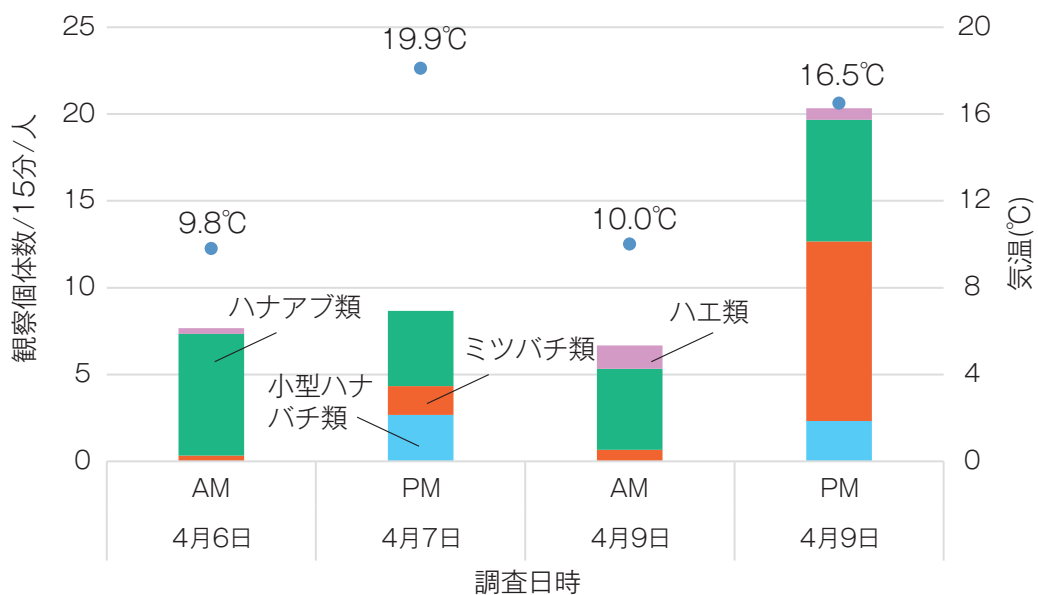


オドリバエ類

黄色のスケールバーは約1cm

Column 小型ハナバチ類やミツバチ類は寒さが苦手？

ニホンナシ園の目視調査で観察された花粉媒介昆虫類と気温を示しました。4月6日の午前や4月9日の午前のように気温が10℃以下の低温時には、小型ハナバチ類やミツバチ類はほとんど見られませんでした。それに対し、ハナアブ類は多くの個体が観察されています。小型ハナバチ類やミツバチ類は、ハナアブ類に比べて寒さが苦手であると考えられます。



■ 標準調査法

訪花昆虫の花への飛来状況を推定するための調査法です。目視と粘着板トラップをセットで実施します。目視は、花にどのような種類の虫が飛来しているかを把握するために実施します。ミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、ハエ類に分けて調査します。粘着板トラップには主に小型ハナバチ類、ハエ類が捕獲され、それらについて、開花期間を通じての飛来状況や分類群レベルでの調査が可能です。ミツバチ類やハナアブ類は粘着板トラップでの捕獲が困難なため、花への飛来状況を調べたい場合には目視で調査します。

■ 目視

- **調査日**：開花期間中（できれば開花盛期）の晴天、気温10℃以上、風の弱い日の日中（10:00～14:00）、午前と午後に1回ずつ調査を行います。ただし、調査時の気温が10℃以下である場合、降雨、強風などの天候の変化で調査が困難となった場合は、午前もしくは午後1回のみでの調査とします。なお、調査日の開花状況や気象条件により訪花昆虫の構成や飛来量は大きく変わります。そのため観察結果の評価には注意が必要です。また、ハナアブ類やミツバチ類の飛来状況を調べる場合には、なるべく最適な条件下で調査日数を増やすようにします。
- **観察のコツ**：1カ所で立ち止まらないように、一定速度で歩きながら調査します。調査精度を高めるために、調査員間で調査対象の昆虫に関して事前に確認しておきます。p17～19に解説があります。
- **調査人数**：1～3名程度で行います。観察はそれぞれ分かれて行います。
- **観察方法**：園内を15分間巡回し、歩いていて自然に視野に入る高さの花にとまっているミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、ハエ類を記録します。できる限り、移動する同一個体を何回もカウントしないように心がけます。
- **昆虫の同定**：p56～57に昆虫の写真、p58～61に見分け方があります。
- **記録用紙**：p62に例があります。コピーしてお使いください。
- **観察データの整理**：観察個体数/15分間/人で評価します。小型ハナバチ類は10℃以下の低温時には見られないことがあります。その場合は、次に述べる粘着板トラップによって調査園周辺での生息を確認してください。

粘着板トラップ

- **トラップ**：白色の粘着板トラップを使用します（下図）。製作方法については、p25に解説があります。
- **設置方法**：主幹上部など、空いている空間を利用して設置します。ナシ棚を利用して水平にクリップ等で設置すると安定します（下図）。設置にあたっては、栽培管理や、風に揺られた際に花や葉につかないことに配慮する必要があります。また、花からあまり遠くない場所の選定を心がけます。目印を付けておくと開花後も見つけやすいです。
- **調査期間**：開花期間中（開花初期～落花期）に設置します。なお、1週間ごとにトラップを交換することや、開花1～2週間前から設置することにより、調査精度を高めることができます。
- **設置数**：園全体で3個のトラップを主要品種の樹付近に設置します。
- **回収と保存**：回収したトラップはラップなどを被せたのち、粘着シートをプラスチック段ボールの板から外し、冷蔵（長期の場合は冷凍）で保存します。p26に解説があります。
- **昆虫の同定**：p58～61に解説があります。
- **観察データの整理**：設置したトラップに捕獲された小型ハナバチ類、ハエ類を数えます。



クリップでトラップをナシ棚に固定



赤い目印を付けたトラップ

■ 結果率（果実の歩留まり率）と結実率の調べかた

■ 結果率の調査

■ **調査日**：ニホンナシの開花前、花叢にラベルなどで目印を付けておきます。目印を付けた短果枝の蕾数を記録します（開花しているものは取り除いておきます）。開花期に人工授粉または自然受粉させ交配を行います。開花期から3~4週間後の摘果時期に結果している果実を記録します（下図）。

■ **結果率**：開花前の蕾数と結果数から結果率を計算します。

$$\text{結果率 (\%)} = \text{結果数} / \text{蕾数} \times 100$$

例) 下図は、蕾数が9つ（通常は蕾数は5~8つ、この花叢は例外的に蕾数が多い）で結果数が4つなので、結果率 $(4/9 \times 100) = 44\%$ になります



開花前のニホンナシの蕾



開花期から3~4週間後の果そう

■ 結実率の調査

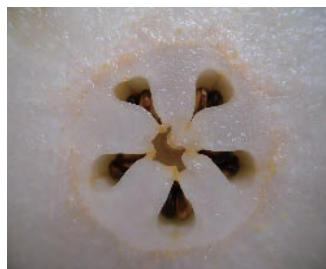
■ **調査方法**：収穫後の果実を切断し、芯室内の完全種子数、不完全種子数を記録します。

■ **結実率**：完全種子の数と全種子数（完全種子+不完全種子）から結実率を計算します。

$$\text{結実率 (\%)} = \text{完全種子数} / \text{全種子数} \times 100$$



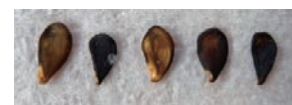
収穫果実



果実切断面（芯室）



完全種子（例）



不完全種子（例）

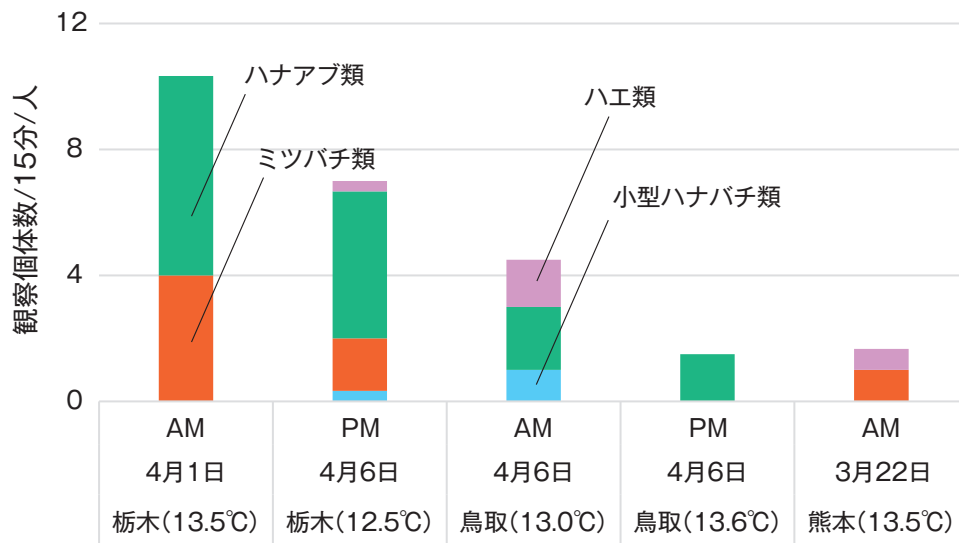
種子の見分け方のポイント

完全種子：外見的に正常に発達している（播種後発芽すると思われる）厚い種子

不完全種子：小さく発達が不十分な（播種後発芽しないと思われる）薄い種子

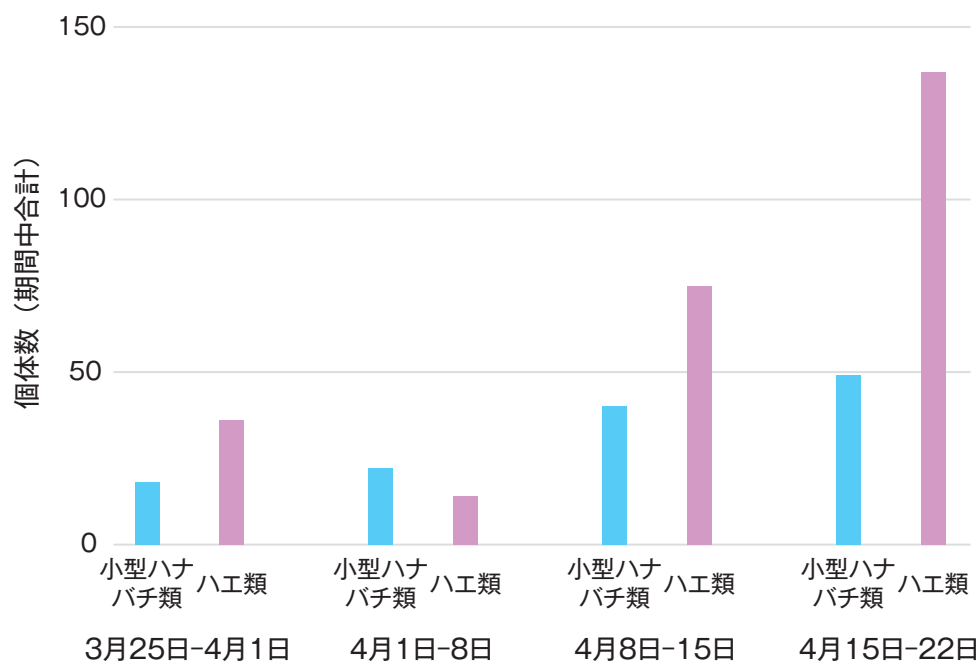
■ 事例紹介

(1) 目視によるニホンナシ園での訪花昆虫調査（2021年）



開花期の同じような温度条件では、自然受粉の行われている栃木県のニホンナシ園では人工授粉の行われている鳥取県や熊本県のニホンナシ園よりも多くの重要花粉媒介昆虫類が観察されました。

(2) 粘着板トラップによる栃木県のニホンナシ園での訪花昆虫調査（2021年）



粘着板トラップを用いると、低温時に観察されない小型ハナバチ類や目視であまり観察されないハエ類の調査ができます。

Column ニホンナシの花、七変化

ニホンナシの花は、一般には花びらが5枚ですが、花芽の充実が良いとその数が増えることもあります。同じ花叢の中でも雄しべの様子で、花の見た目が違います。品種によって花弁や蕾の色、花梗の長さにも個性があります。訪花昆虫を観察しながら、ニホンナシの花の姿も見比べてみてください。



‘ゴールド二十世紀’ 開花の様子



一般的な花



八重咲き

‘ゴールド二十世紀’の花叢
花芽の充実が良いと花びらの数も多い



‘新甘泉’

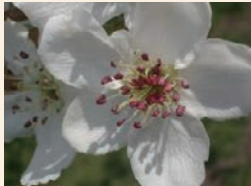


‘秋甘泉’

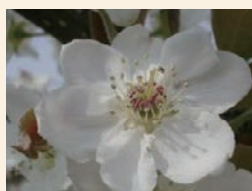
幼葉が展開中の花叢
花びらの間に見える幼葉も色味が異なる



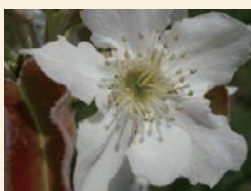
花叢



雄しべ(裂開前)

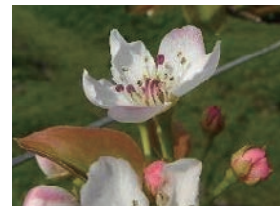


雄しべ(裂開中)



雄しべ(裂開後)

‘ゴールド二十世紀’の花
雄しべの生育ステージの違いで花の見た目も違って見える



‘愛甘水’の花

花びらに赤みがあり、蕾も美しい



‘王秋’の花

花梗が長く、丸い蕾がかわいらしい



‘豊水’



‘幸水’



‘あきづき’



‘甘太’

ニホンナシの花

1 人工授粉栽培の始まり

ニホンナシの栽培品種が整理され、単一の品種が多くなると交配不良による結果数の減少が問題となりました。人工授粉の必要性が説かれ、全国で昭和7年頃に一般化しました。

(1) 昔の人工授粉

ア 花輪式授粉

授粉品種の花を摘んで、栽培品種の花に直接授粉する方法。満開中3回程度、3~4人役/10aで好結果であったとされています。

イ 立花法

空き缶等に授粉品種の枝を挿して果樹園内に配置する方法。

ウ 枝振法

授粉品種の開花枝を栽培品種の花の上で振ったり、軽くたたく方法。

(2) 現在の人工授粉

授粉品種の花から採集した花粉を用いて、栽培品種の花に絵筆や授粉用梵天等の用具を用いて直接授粉します。鳥取県では昭和29年頃には一般化し、現在に至ります。

ア 良質な花粉確保までの道のり

先人の努力により体系化されていますが、良質な花粉確保までの道のりは長く、労力も多大です。以下の①~⑦に必要な項目が記載されています。



人工授粉には良質な花粉確保が重要
鳥取県園芸試験場では毎年の恒例作業

- ①授粉樹の植栽及び栽培管理
- ②枝の切り込みと開花促進
- ③花取り ④葯取り ⑤葯の精選
- ⑥開葯 ⑦花粉の保存

2 自然受粉栽培への期待

労働力の確保が難しくなる中、省力化技術の開発は必須です。ニホンナシの栽培品種が多様化してきた現在、自然受粉栽培への期待は高まっています。

3 自然受粉栽培への取り組み

鳥取県オリジナル品種である自家不和合性品種の‘新甘泉’と、収穫期が連続する自家和合性品種の‘秋甘泉’を2:1の割合で混植します（鳥取県の事例）。

- 高品質果実が継続して出荷できる
- 自家和合性品種は結実安定（リスク減）が期待できる
- 自家不和合性品種も人工授粉の省力化が期待できる



表 自然受粉栽培への取り組み
(鳥取県園芸試験場)

調査年	‘新甘泉’の結果数/果そう ^a	
	自然受粉区	人工授粉区
2015	3.4~4.5	4.6~5.2
2016	3.3~3.8	4.6~4.7
2017	3.4~4.2	4.9~5.2
2018	3.8~4.2	5.5

^a ‘新甘泉’と‘秋甘泉’を2:1の割合で混植した場合、結果数の差は異品種からの距離の違いによります。

引用文献

- 「農業技術体系果樹編3巻」農文協
- 「鳥取二十世紀梨100年の歩み」全農鳥取県本部
- 「ナシの人工授粉」東伯町農業振興総合センター

■ニホンナシの訪花昆虫

第1章

第2章

第3章

リンゴ

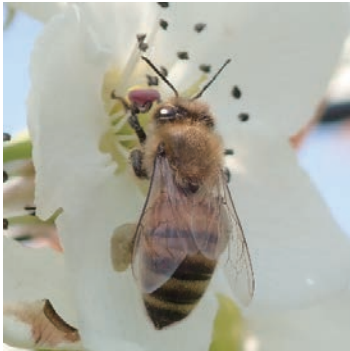
ニホンナシ

ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ



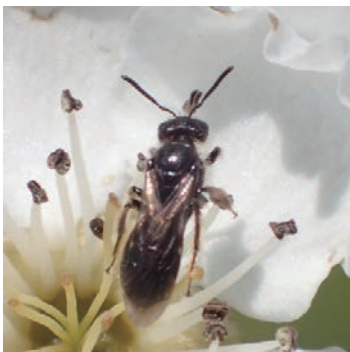
セイヨウミツバチ



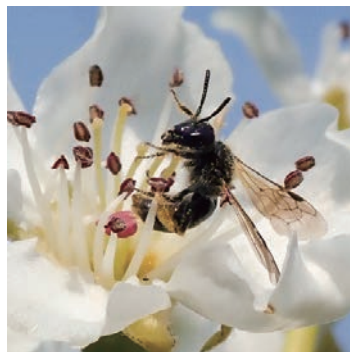
ニホンミツバチ



ヒメハナバチの一種



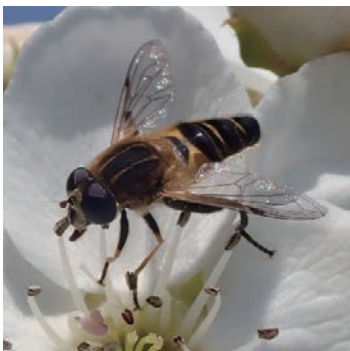
チビヒメハナバチ



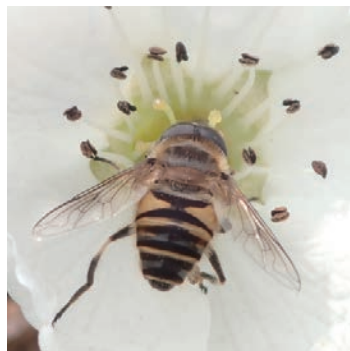
チビヒメハナバチ



コハナバチの一種



アシブトハナアブ



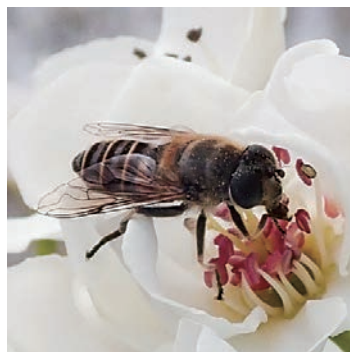
シマハナアブ



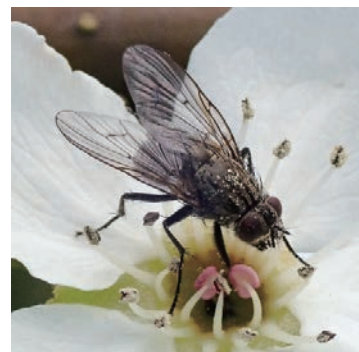
ヒラタアブの一種



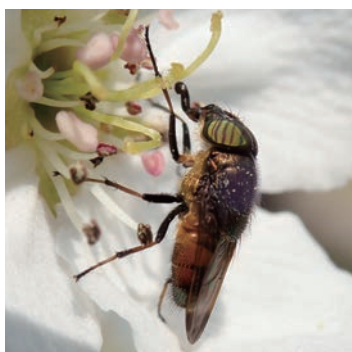
ヒラタアブの一種



シマハナアブ



イエバエの一種



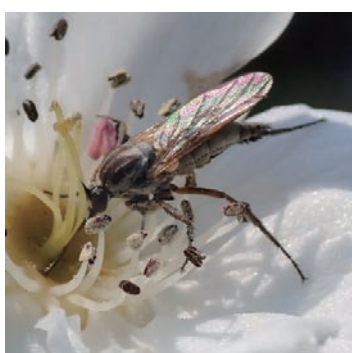
ツマグロキンバエ



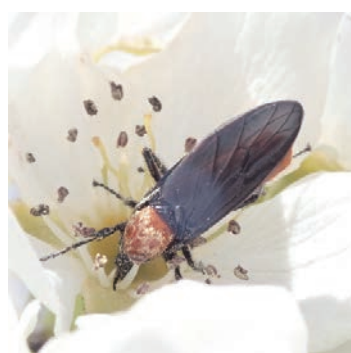
ハナバエの一種



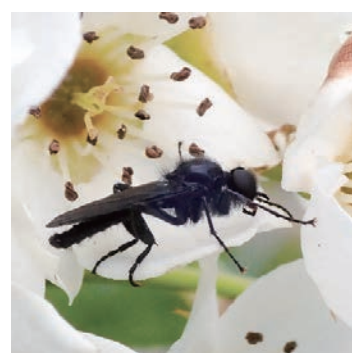
オドリバエの一種



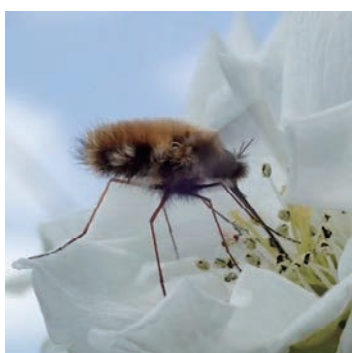
オドリバエの一種



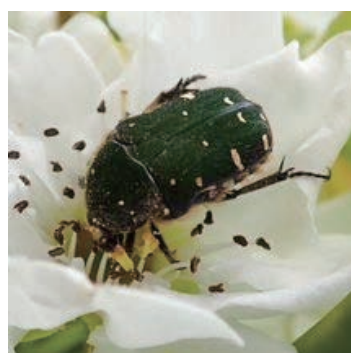
メスアカケバエのメス



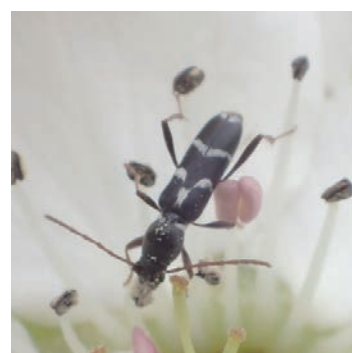
メスアカケバエのオス



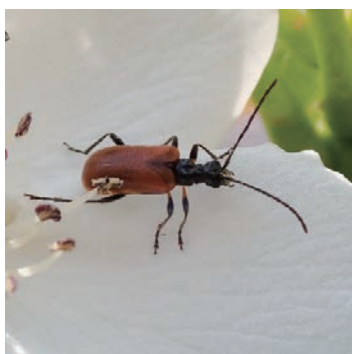
ピロウドツリアブ



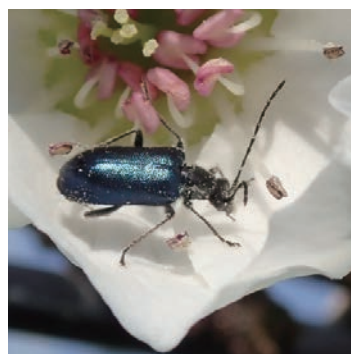
コアオハナムグリ



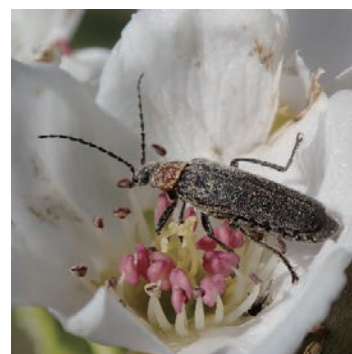
トラカミキリの一種



ハナカミキリの一種

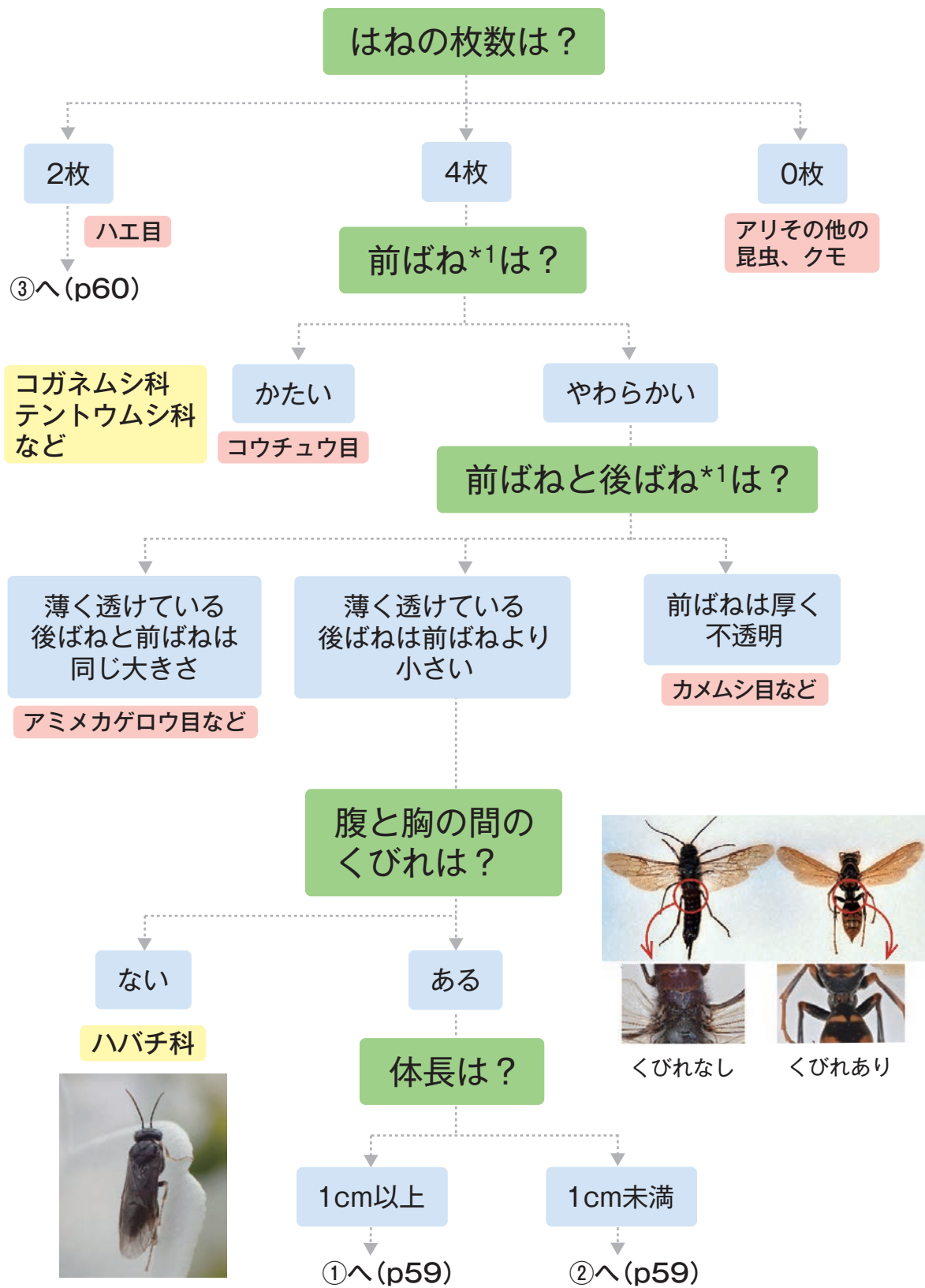


ハナカミキリの一種



コウチュウの一種

ニホンナシの訪花昆虫の見分け方



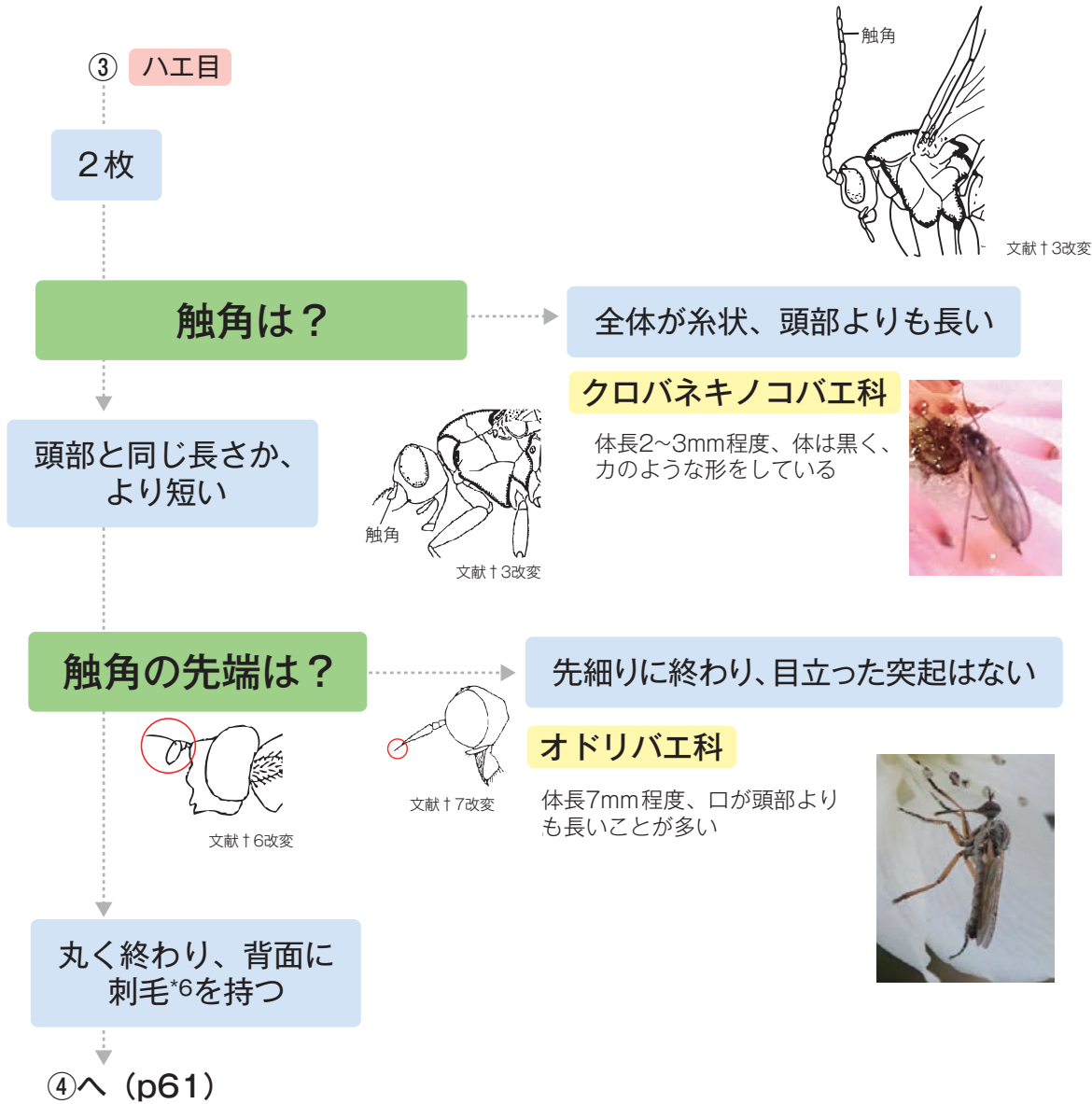
*1まえばね・うしろばね。前ばねは頭部に近い側のはね一対（2枚）、後ばねは頭部に遠い側のはね一対（2枚）。多くのコウチュウ目では前ばねが後ばねを覆っています。

ニホンナシの訪花ハチ目の見分け方



- *2 こうきやくけいせつ。後脚の付け根の方から4つ目の節のことをいいます。昆虫の脚は付け根から順に、基節(きせつ)、転節(てんせつ)、腿節(たいせつ)、脛節(けいせつ)、跗節(ふせつ)に分かれています。
- *3 かぶんかご。花粉団子をまとめて運ぶための特殊な構造で、節の側面はツルツルして光沢があり、縁に長い毛が生えています。花粉籠を持つのは雌に限りです。
- *4 ふくがん。昆虫の眼には単眼と複眼がありますが、小さな個眼が束状に集まった方を複眼といいます。見ため的にはいわゆる目。
- *5 がんこう。複眼の内側のくぼみのことをいいます。毛が密生しへこみがわかりにくいこともあります。

ニホンナシの訪花ハエ目の見分け方



*6 しもう。本来の触角の先端ですが、ハナアブ科をはじめ、多くのハエ類は刺毛が生える節（後梗節：こうこうせつ）が丸く膨らむことで、触角の先端が丸くなっているように見えます。

④

脚の脛節*2の幅よりも長い毛は？

一本もない



ハナアブ科 体に黄色い斑紋があることが多い

多数ある

胸弁*7は？

後縁は直線的で、張り出さない



フンバエ科

体は全体に黄灰色、前ばねにスポット状の暗色斑紋が複数ある

後縁は曲がり、張り出す



肘脈*8の先端は？

前ばねの後縁に達しない



文献†5改変



イエバエ科

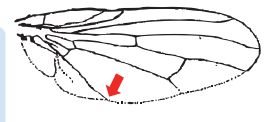
小楯板の下面に細毛が生えない。中脈が前方に強く曲がらない



クロバエ科

小楯板の下面に細毛が生えない。中脈が前方に強く曲がる

前ばねの後縁に達する



文献†5改変

ハナバエ科

小楯板*9の下面に細毛が生える



文献†5改変



*7 きょうべん。前ばねの根本後方で、胸部の側面に沿ってのびる膜状の部位。胸部に対して、より白っぽく見えます。

*8 ちゅうみやく。前ばねの後半(尻側)に、単独で後縁に向かって伸びる翅脈。先端が後縁に達する場合、その先端はしばしばシワ状になって見えにくくなっている場合があります。先端が後縁に達しない場合、先端は肘脈それ自体の長さと同じくらい後縁から離れ、シワとしても後縁まで追うことはできません。

*9 しょうじゅんぱん。胸部を背面から見たときに後方に位置する、三角形に突出した部分です。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (ニホンナシ用)

記録紙No. _____

品種 _____

圃場名 _____

調査者 _____

調査日 年 月 日

天気 晴 ・ 曇

気温 _____℃

開花状況 3割 ・ 5割 ・ 8割以上(推奨)

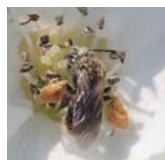
観察・記録方法

ニホンナシ：園内を歩いていて自然に視野に入る高さにある花を観察

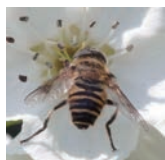
- 1~3人で15分間観察
- 花の中心に触れていたり、頭を突っ込んでいる昆虫を記録
- 1個体1回として記録
- 訪花昆虫種群(ミツバチ類、小型ハナバチ類、ハナアブ類、ハエ類)を観察
- 正の字で記録し、()に集計

- 確認項目 日中である (10:00~14:00)
- 花は雨で濡れていない
- 風は弱い(木全体が揺れるような風速以上は避ける。約8m/s未満)

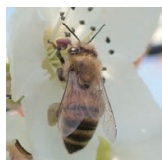
小型ハナバチ類



ハナアブ類



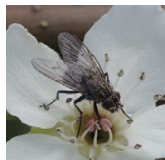
ミツバチ類



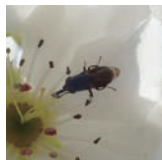
ハエ類 (ハナバエ類)



ハエ類 (イエバエ類)



ハエ類 (クロバエ類)



ニホンナシでの訪花昆虫種群

	開始時刻	終了時刻	小型ハナバチ類	ハナアブ類	ハエ類	ミツバチ類
1回目	:	:	()	()	()	()
2回目	:	:	()	()	()	()

メモ：

3. ウメ

バラ科サクラ属の果樹。‘南高’や‘白加賀’を筆頭にさまざまな品種が栽培されており、鑑賞用は「花ウメ」、食用は「実ウメ」に分類される。5月下旬～7月上旬にかけて収穫される。自家不和合性の品種が多く、結実には親和性のある他品種の花粉を必要とする。



- **花の特徴**：品種によりさまざまな色、形の花弁をもつが、実ウメは主に5枚の白色の花弁をもつ。
- **開花期**：‘南高’ 2月上旬～3月上旬
‘白加賀’ 2月下旬～3月下旬
(和歌山県における開花期)
- **授粉管理**：開花期にセイヨウミツバチの巣箱を設置。

■ 課題

ウメの収量は年次変動が大きく、その要因のひとつとして、低温、強風、降雨などによるミツバチの活動低下が考えられます。(詳しくは次ページのコラム参照)

■ ウメの主な花粉媒介昆虫たち

暖かい晴天時はセイヨウミツバチが多く訪花しますが、その他にもさまざまな昆虫たちが訪花します。



ニホンミツバチ (野生在来種)

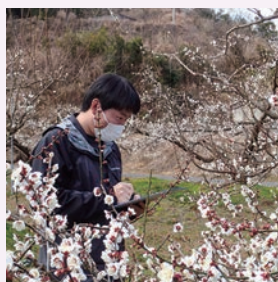


セイヨウミツバチ (管理種)

スケールバー=1cm

■ ウメの花粉媒介昆虫を調べる

どのような花粉媒介昆虫がどのくらい園に来ているかを調べるために、目視による調査を実施します。



目視



蕾



満開期



収穫期

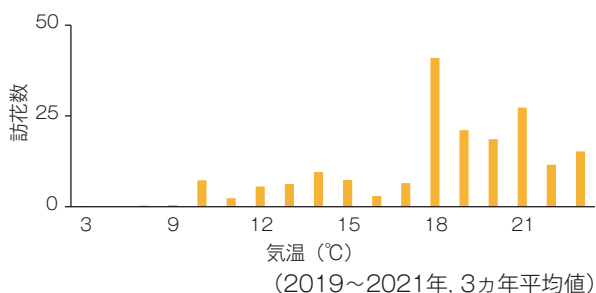
Column セイヨウミツバチの利用と収量の年次変動

実ウメとして栽培されているのは主に‘南高’と‘白加賀’ですが、両品種とも**自家不和合**の性質を持ち、結実には他品種の花粉を必要とします。

そのため、ウメ園内では主要品種と親和性の高い**授粉樹**を混植するとともに、花粉を媒介するミツバチの巣箱を設置しています。

1. セイヨウミツバチと低温

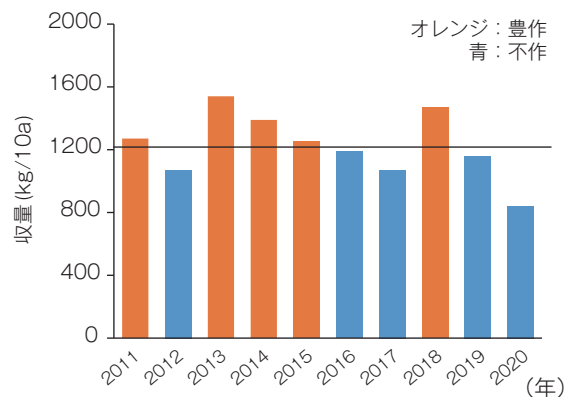
ウメはミツバチ等によって他品種の花粉を運んでもらわないと受粉できませんが、受粉用に広く利用されているセイヨウミツバチは低温（下図）、強風、降雨のいずれかの条件で途端に活動しなくなります。ウメの開花期は冬であり、特に主要品種の南高は厳冬期に開花するため、他の果樹に比べ、気象条件により収量の年次変動が大きい傾向にあります。



10分あたりのウメへのセイヨウミツバチの訪花数

2. ウメと暖冬

開花後に暖かい日が続くと訪花昆虫の活動が活発になり、受粉効率が高まります。しかし、開花前に気温の高い日が続き開花が極端に早まると、雌しべや花粉が十分に発育する前に開花してしまい、不完全花が多発することがあります。著しい暖冬の年もまた、収量は大きく減少するリスクがあります。



和歌山県のウメ収量の年次変動

(出典：農林水産省HP)

※横線は和歌山県の全結果樹面積約5000haにおける豊凶の目安となる、6万トンの生産量に相当

※和歌山県における開花期に‘南高’に訪花したセイヨウミツバチを5mLバイアルチューブを用いて捕獲した結果

(標準調査法とは異なる方法)

■ 標準調査法

訪花昆虫の花への飛来状況を推定するための調査法です。ウメは、開花期に低温の日が多くセイヨウミツバチの訪花数が減少すると、収量の低下につながります。一般にセイヨウミツバチは11~12℃を境に訪花活動が低下すると言われていますが、気温以外の要因も大きく影響しており（前ページのコラム参照）、条件によってはもっと低温でも訪花したり、逆に高温であっても訪花しないこともあります。そこで、訪花昆虫の種類と数を把握するために、10~15℃のときに「目視観察」を実施します。ミツバチの訪花数や活動性の判断材料にするため、開花期間中に低温の日が多いと見込まれる年や、山かげや北向きなどの地形的要因で着果率が例年低い園などで行うと良いでしょう。ウメでは、色調の異なるニホンミツバチとセイヨウミツバチが調査対象となるため、通常は目視のみで十分です。

■ 目視

- **調査日時**：開花期間中（できれば開花盛期）、低温（10~15℃）で風の弱い日を選び、日中（10:00~15:00）に行います。雨などで花が濡れている場合は観察を行いません。
- **調査人数**：1~3名程度で行います。観察はそれぞれ分かれて行います。
- **観察方法**：園内を歩きながら、ウメの花を10分間観察し、花の中心にとまったセイヨウミツバチとニホンミツバチの数を記録します。授粉樹は訪花数が異なるため、観察は授粉樹以外を対象とします。観察のばらつきを少なくするため、1名で行う場合は3回以上、2名で行う場合は2回以上行います。移動する同じ個体を何回もカウントしないよう、できるだけ注意します。また、調査時の気温を記録します。
- **観察のコツ**：木の周辺をゆっくり歩きながら調査します。羽音に注意するとミツバチを発見しやすくなります。低温下では、セイヨウミツバチよりニホンミツバチの方が活発に活動している可能性が高いです。調査の精度を高めるため、調査員間で調査対象の昆虫について事前に確認してください。
- **昆虫の同定**：ニホンミツバチは小柄で黒っぽく、セイヨウミツバチは大柄で黄色っぽく見えます（p72）。また、腹部末端の縞模様の有無でも識別できます（p73）。両種を正確に見分けるためには捕獲して翅脈などで同定してください。
- **記録用紙**：p74に例があります。

■ 着果率の調べ方

① 試験樹を選定する

1月に同園内の試験樹3本を選び、互いに180度方向に位置する側枝2本を調査枝として設定します。

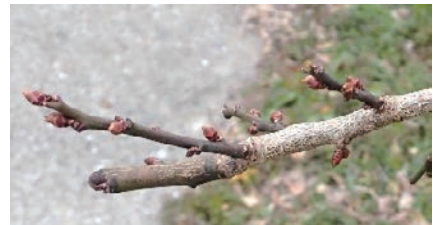
point

- 枝の直径2cmの太さの部分に札（カラーテープでも可）を吊って目印とし、先端から札の位置までの蕾の数を計数し、記録します。
- 札には樹の番号と「右」または「左」と記入します。



② 着果率を計算する

不受精による生理落果が終わる4月上旬に果実の数を計数し、「果実数／蕾数×100」で各枝の着果率（%）を求めます。6枝の平均値を求めることで、園内の平均着果率が求められます。



Column 授粉用品種の導入

ウメの受粉にはセイヨウミツバチ等の巣箱設置とともに、実ウメとして収穫する主要品種に対して親和性の高い授粉用品種（授粉樹）の導入が必要になります。

1. 授粉用品種の選択

品種によって開花期が異なるため、事前に主要品種の開花期を調べ、開花期間が重なるよう授粉用品種を選択する必要があります。また年により開花期がずれることもあるため、授粉用品種は1品種ではなく、複数の品種を導入することが望ましいです。

2. 授粉樹の割合

授粉樹からの距離が遠くなるほど着果率は低下する傾向にあります。‘南高’や‘白加賀’等の主要品種の樹に対し、授粉樹がいずれかの面で隣同士に接するよう配置します。園内の樹の20～25%程度の混植が望ましいです。着果が不安定な園では授粉樹の割合を高めたり、主要品種への高接ぎを行ってください。



授粉樹の混植例

着果率を高めるため、開花期にはウメ園にセイヨウミツバチの巣箱が設置されます。しかし、セイヨウミツバチがウメ栽培に本格的に導入されたのは1982年以降のことで、それ以前は野生の花粉媒介昆虫がウメの花粉媒介を担っていたと考えられています。

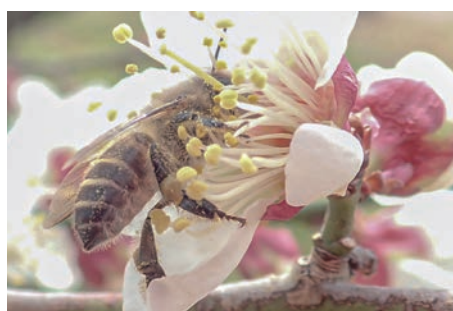
1. ニホンミツバチ

和歌山県南部はニホンミツバチの養蜂が古くから盛んな地域で、丸太をくり抜いたゴウラやウトと呼ばれる巣箱（写真）が使われてきました。ニホンミツバチはウメの受粉にも利用され、世界農業遺産「みなべ・田辺の梅システム」の重要な構成要素として評価されています。



山道に並んだゴウラ（矢印）

ウメ園に設置した巣にニホンミツバチとセイヨウミツバチが持ち帰った花粉団子を調べたところ、95%以上がウメの花粉であったことから、開花期には両種ともウメを主体に訪花していることが分かりました。



ウメの花粉を集めるニホンミツバチ

ニホンミツバチは低温でもよく活動すると言われ、低温時の授粉に役立つ可能性が高いと考えられます。今後、ニホンミツバチの授粉能力を評価するとともに、生息しやすい環境づくりなどの取り組みを行っていくことで、ニホンミツバチをウメの受粉に活用できるかもしれません。

2. ハナアブ等

ミツバチ以外の昆虫も授粉に貢献している可能性があります。その候補として挙げられるのが、ハナアブ類とハエ類です。



オオハナアブ

キンバエ

ミツバチの巣箱を設置しない時期には、ハナアブ類やハエ類がウメに最も多く訪花することが確認されており、体が大きなオオハナアブ、ヒラタアブ、ナミハナアブ、ツマグロキンバエ、キンバエなどは特にウメの受粉に貢献している可能性があります。今後、低温下での訪花活動性や、授粉能力、ミツバチとの競争関係などを調査していく必要があります。

事例紹介

(1) 標準調査法による訪花数調査（参考のため、標準調査法推奨の温度域以外も調査）

10分間に観察された平均訪花個体数を気温順に記載

気温(°C)	ニホンミツバチ	セイヨウミツバチ	天気	開花状況	実施日	調査人数
4.3	0	0	曇	8割以上	2月17日	3
4.9	0	0	曇	8割以上	2月18日	3
7.6	0.3	2.8	曇	8割以上	2月19日	4
12.7	0	1.7	晴	8割以上	2月16日	3
13.2	0	0	晴	3割	2月24日	2
16.3	0	11.5	晴	3割	2月25日	2
17.3	0	14.7	晴	3割	2月23日	3
18.4	1.0	41.0	晴	8割以上	2月20日	2
18.5	1.0	24.7	晴	8割以上	2月13日	3
22.2	1.6	22.8	晴	5割	2月21日	5
22.3	2.7	37.3	晴	8割以上	2月14日	3
22.6	0	13.0	晴	5割	2月22日	4

2021年、風の弱い日の11:00~12:00に調査を実施

調査地：和歌山県うめ研究所（33°49′05″N, 135°21′09″E）／標高119m, 品種‘南高’, 授粉樹‘小粒南高’, 圃場面積2.6ha, セイヨウミツバチの巣箱8箱（※ニホンミツバチの巣箱は3箱設置したが調査途中で弱体化）

ミツバチの訪花数は低温で少なくなることがわかります。

園地の条件などによっても訪花数は異なりますので、p65に記載の「標準調査法」を行い、比較してみてくださいはいかがでしょうか。

(2) 気温と着果率の違い

花にネットを被せて昆虫の訪花を制限し、低温・高温がそれぞれ連続する3日間のみネットを外して自然訪花あるいは人工授粉を行った（日中気温がおおむね12°C以下を低温、12°C以上を高温とした）。同日、訪花昆虫数を標準調査法によって計測した。

	平均気温 (°C)	最高気温 (°C)	最低気温 (°C)	標準調査結果		着果率 (%)	
				ニホン ミツバチ	セイヨウ ミツバチ	自然訪花	人工授粉
低温	6.2	13.2	2.1	0.1	1.1	1.0	33.0
高温	20.5	24.6	8.0	0.9	22.5	21.6	41.4

人工授粉には‘小粒南高’の花粉を利用。気温はミツバチが活動する9時から15時の間の値。

標準調査結果は各3日間複数人で1日1回10分間行った場合における10分あたりの平均値を示す。

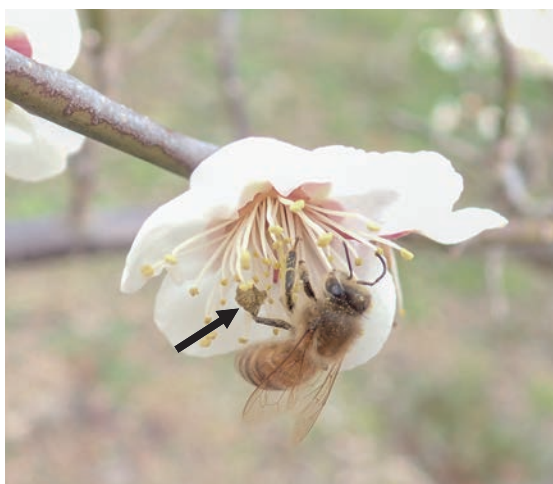
寒いとミツバチの訪花が少なくなり、着果率も低くなります。

低温時でも人工授粉すると着果率は高くなるので、ウメの受精が低温の影響を受けて大きく阻害されるというわけではなさそうです。

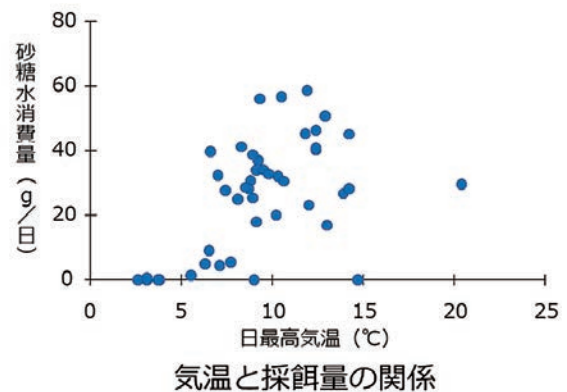
ウメの産地では、受粉のためにセイヨウミツバチをウメ園に設置しています。多くの蜂の巣箱は、養蜂農家から農協などを通じて一定期間レンタルされたものです。これらの巣箱の設置について見てみましょう。

ミツバチは、花粉と花蜜から栄養をとっています。働きバチが持ち帰った花粉と花蜜は、巣の中に貯蓄・加工され、巣の中にいる全てのミツバチの食べ物となります。

ミツバチの巣の中は、季節によって状態が変化します。冬の間は育児などの活動を休止して採餌行動もあまりしません。気温が上がってくると、女王が産卵を開始して育児が始まり、訪花活動も活発化します。早春はミツバチのコロニーの発達に大変重要な時期で、その頃育った幼虫が春の開花期に外勤蜂として集蜜に携わります。つまり、早春の採餌が春からのコロニーの勢いを決定すると言えます。



ウメを訪花中のセイヨウミツバチ
後脚についたかたまりが花粉団子（矢印）



冬期に給蜜器をセイヨウミツバチの巣箱近くに設置し、砂糖水を与えた。日最高気温が7°C以上あれば砂糖水は減少しており、冬期の比較的寒い日でも、セイヨウミツバチの訪花活動が期待できる。

ウメの開花期は他に花が少ないため、ウメの花はミツバチにとって貴重な蜜源になります。また花粉（左写真）は幼虫を育てる上で欠かせないタンパク源です。育児をスタートしたこの時期のミツバチにとって、ウメは最も重要な花資源といえます。

一般に、11~12°C以下ではミツバチの採餌活動が極端に低下すると言われていますが、7°Cぐらいまでは採餌行動を行います（上図）。しかし気温以外にも、風、雨、日照などによってミツバチの行動は大きく影響を受けるため、このような、行動を阻害する要因を最大限に避ける工夫が重要です。

1. 巣箱の位置

巣箱は風が直接当たらない日なたに置きましょう。日本では一般的にミツバチの巣箱は、木洩れ日を受ける半日影などに置きますが、ウメの開花期には巣箱を温めるために日なたに置くことが不可欠です。朝の光がより早い時間から巣門に差し込むように、巣門の向きを東または南向きにすると良いでしょう。

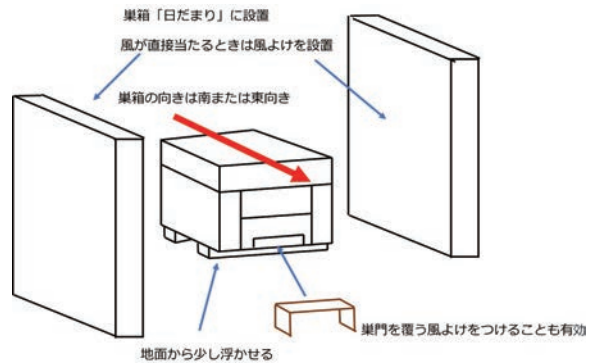
巣箱は必ずしもウメの木の上に設置する必要はありません。ミツバチが迷わないように、見通しが良くミツバチが巣箱を見つけやすいところが良いと考えられます（下写真）。



2. 巣箱の管理

地面からの冷氣や湿気が直接来ないように、巣箱の下にブロックを一段敷くなどして、巣箱を少し高くしておくことも効果があると考えられます（右上図）。また、巣門付近に直接風が当たらないように、風が強い場所では巣門周辺に風除けをすることも有効です。

保温効果を期待して巣箱を毛布などで包むこともしばしば行われます。しかし、巣箱の保温が採餌行動に及ぼす効果を調べた試験は少なく、農研機構が実施した試験では巣箱の保温による採餌行動の活性化は検出できませんでした。



3. ミツバチの状態

ミツバチの女王（下写真）の産卵が活発で、巣箱の中の卵や幼虫の数が多い時期は、幼虫へ給餌するため採餌行動が活発になります。女王がいないコロニーは育児をしないため、働きバチが十分にいてもこの時期の受粉には適しません。また、女王が産卵していても働きバチの数が十分でない場合は、巣の恒常性（主に温度）を保つことに精一杯で、採餌を行う蜂の数は少なくなります。

ミツバチの状態をウメ農家が管理することは難しいと思われます。気温が高く訪花が期待できる状態にもかかわらず、巣箱から出てくるミツバチが少ないと感じた時は、レンタル元の養蜂家に相談することを勧めます。



セイヨウミツバチの女王（矢印）
識別のため胸部にマーキングしてある

4. 誘引物質の利用

北米ではミツバチの訪花行動を活発化させるために、フェロモンを含んだ誘引物質が利用されています。日本でもミツバチの誘引物質を含んだストリップが市販されています。しかし、誘引剤の低温での効果については、残念ながらまだはっきりした結果が得られていません。農研機構が実施した試験では、低温時に採餌行動を増加させる効果が見られましたが、その効果は必ずしも大きくありませんでした。誘引剤の効果を最大限に発揮させるにはさらなる研究が必要です。

5. ニホンミツバチの利用

一般的に、セイヨウミツバチと比較して、ニホンミツバチはより低温で訪花活動を行うことが知られています。養蜂家からレンタルできるセイヨウミツバチとは違い、ニホンミツバチをウメ園に導入することは簡単ではありません。また現在、ウメの大産地における送粉をまかなうだけの数の野生のニホンミツバチが生息しているとは考えられません。しかし、ニホンミツバチの低温でも訪花するという特性は魅力的で、今後積極的に活かす利用法の研究が望まれます（下写真）。

6. 栽培管理の工夫

このようにミツバチの訪花活動を活発化させる工夫はいくつも考えられますが、それらだけでは改善できないことがあります。例えば雨天の際には気温が高くても活発な訪花活動は行われません。また低温時は、日陰になっている花への訪花は日が当たっている花より劣ります。地形の関係で風の影響を受けやすいウメ園では、風が強い日の訪花が期待できません。これらの要因はミツバチの巣箱の管理における工夫では改善が期待できないため、栽培管理などの点で工夫していく必要があります。

7. 刺されないために

セイヨウミツバチは乱暴に扱わなければほとんど刺すことはありません。しかし、刺傷事故を起こさないために、巣に近づきすぎない、巣門の前には立たないなどの注意が必要です。また巣箱の移動は、ミツバチの出入りが無い時間帯（夕方や早朝）に巣門を閉めて、そっと行ってください。

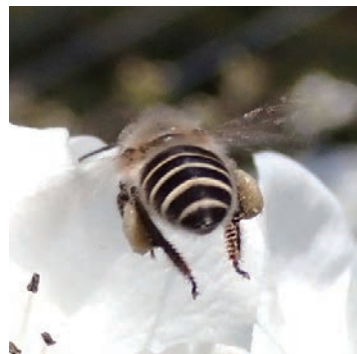
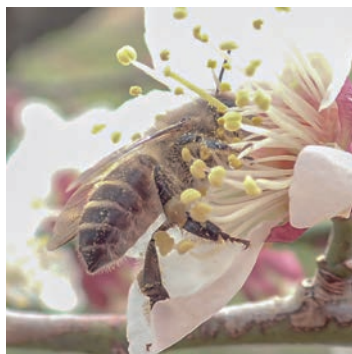
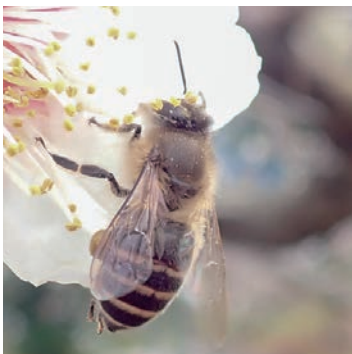


ウメ園に設置されたニホンミツバチの巣箱（左）と、その中の巣（右）

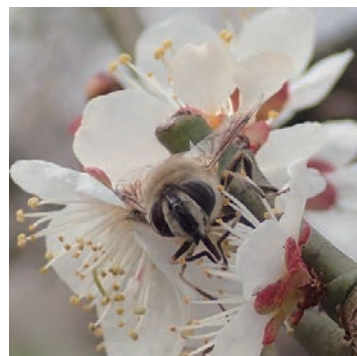
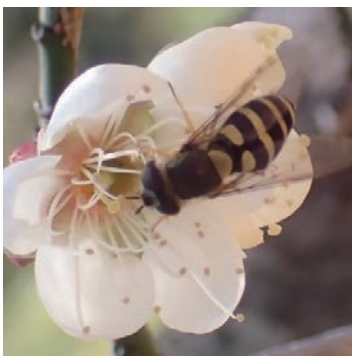
■ ウメの訪花昆虫



セイヨウミツバチ



ニホンミツバチ



ヒラタアブの一種

オオハナアブ

ナミハナアブ



ツマグロキンバエ

キンバエの一種

ハエの一種

■ ウメの訪花昆虫の見分け方



白線なし



セイヨウミツバチ



ニホンミツバチ



白線あり

ニホンミツバチは、セイヨウミツバチよりも黒っぽく小さめ
腹部の白線がみえにくい場合は、顕微鏡などを用いて、後ばねの脈で見分ける方法もある

セイヨウミツバチ



分岐が一本

ニホンミツバチ



分岐が二本

*1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）、後ばねは頭部に遠い側のはね一対（2枚）。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。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (ウメ用)

記録紙No. _____

品種 _____

圃場名 _____

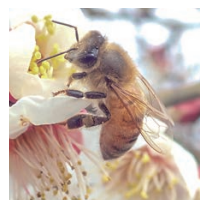
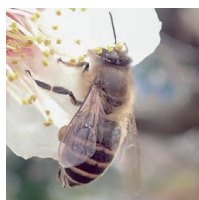
調査者 _____

観察・記録方法

- ・園内を巡回しながら、花の中心にとまった個体を記録。
- ・10:00~15:00に10分間観察（1日3回以上）。
- ・1個体1回として記録する。

注意事項

- ・花が雨に濡れていないこと
- ・風が弱いこと（風速3m/s未満）
（花は細かく揺れるが枝はほとんど揺れない程度の風より強いときは避ける）
- ・10~15℃の時に観察を行う



合計

調査日	天気	気温	開花状況	ニホンミツバチ	セイヨウミツバチ (不明も含む)	ニホンミツバチ	セイヨウミツバチ
(例) 年 月 日 時 分	晴 ・ 曇	11℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)	正 正	正 正 正	10 頭	15 頭
年 月 日 時 分	晴 ・ 曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)			頭	頭
年 月 日 時 分	晴 ・ 曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)			頭	頭
年 月 日 時 分	晴 ・ 曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)			頭	頭
年 月 日 時 分	晴 ・ 曇	℃	2割 ・ 5割 ・ 8割以上 (推奨)			頭	頭

第1章

第2章

第3章

リンゴ

ニホンナシ

ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ

4. カキ



カキノキ科カキノキ属の果樹。甘柿や渋柿のさまざまな品種があり、甘柿は主に温暖な地域で栽培されるが、渋柿は寒冷な地域でも栽培でき、渋抜きして利用される。



雄花

雌花

■ **花の特徴**：雌雄異花で、いずれも白～黄白色の花弁をもつ。雄花は小さく、一つの花の開花は2～3日だが、1枝に数十個の花が集合して2～3週間にわたり次々に咲く。雌花は大きく、一つの花の開花後の受精可能期間は3日程度。雌花しかつかない品種も多い。

■ **開花期**：5月上旬～6月上旬（品種や地域で異なる）

■ カキの主な花粉媒介昆虫たち

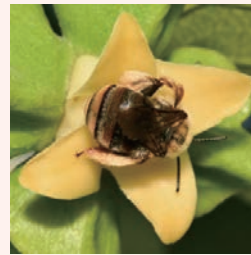
いろいろな昆虫たちが花を訪れますが、特に以下のような昆虫が多いと、うまく花粉媒介が行われます。



マルハナバチ類
(主にコマルハナバチ)



ミツバチ類
(セイヨウミツバチと
ニホンミツバチ)



中小型ハナバチ類
(ヒゲナガハナバチ類・コハナ
バチ類など)



キムネクマバチ

■ カキの花粉媒介昆虫を調べる

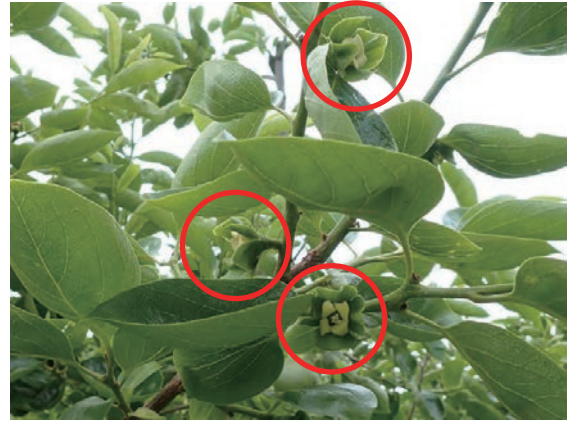
どのような花粉媒介昆虫が、どのくらいカキ園に来ているかを調べるためには、目視による調査を実施します。



目視



雄花は集合してつく



雌花はまばらにつく

Column カキの雄花と雌花と訪花昆虫

カキは、1本の木に雄花と雌花が別々につきます（雌雄異花という）。雄花と雌花の両方をつける品種もありますが、主要品種である‘富有’などの多くの栽培品種は雌花しかつけません。受粉しなくても雌花だけで実がなる（単為結果という）品種もありますが、そうでない品種の場合は雄花を多くつける受粉樹（‘禅寺丸’や‘サエフジ’が主な受粉樹用の品種）の混植が必要になります。受粉して種子が入らないと、幼果期に落果（生理的落果）してしまうことが多いからです。

カキの花は虫媒花で、短い開花期に多くの昆虫が訪れますが、花粉を目当てに雄花ばかり訪れる昆虫や、蜜を目当てに雌花ばかり訪れる昆虫は、受粉にあまり貢献しません。ハナバチ類は両者を頻繁に行き来して花粉と蜜の両方を集めるため、花粉媒介者として重要です。マルハナバチ類やニホンミツバチなどの野生ハナバチ類が多い環境であれば受粉の心配はありませんが、そうでない場合はカキ園にセイヨウミツバチの巣箱を置くなどして受粉を助けてもらう必要があります。

カキの受粉を助けるハナバチ類



マルハナバチ類



ミツバチ類



中小型ハナバチ類

キムネクマバチ
(スケールバーは約1cm)

■ 標準調査法

主な訪花昆虫であるマルハナバチ類やミツバチ類が捕獲されにくいことから、カキでは粘着板などのトラップ類が有効ではないため、目視での観察を実施します。目視は、カキ園で雌花を観察し、訪花中の昆虫を確認するか、正確な同定の必要があれば捕虫網などで捕獲して調べます。カキの主要な訪花昆虫は中～大型のハナバチ類で、よく目立つため、通常は目視のみで十分です。

■ 目視

- **調査日時**：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回ずつ調査を行います。
- **調査人数**：2～3名程度で行います。観察はそれぞれ別々に行います。
- **観察方法**：カキ園をランダムに歩きながら30分間巡回して、雌花をひとつひとつ観察します。ハナバチ類が訪花していたら、花に止まって頭を花の中に突っ込むような採餌行動（蜜を集める行動）を行っていることを確認して記録します。
- **観察のコツ**：立ち止まらずに、ゆっくり歩きながら調査します。ハチの羽音が聞こえたら、その虫を目で追って訪花を観察しても構いません。ただし、同じ個体が連続で訪花した場合は最初の訪花のみを記録することとし、その個体を追いかけて歩くようなことは避けます。
- **昆虫の同定**：p82～83に昆虫写真、p84～85に解説があります。
- **記録用紙**：p86に例があります。
- **観察データの整理**：観察個体数/30分間/人に換算します。
- **観察データの評価**：各地のカキ園において上記の方法で訪花昆虫を観察したデータを事例として紹介しています（p79～81）。ご自身の観察データとこれらの事例を見比べることで、ご自身の園地における訪花昆虫の飛来状況を相対的に把握することができます。



■ 結果率と平均種子数の調べ方

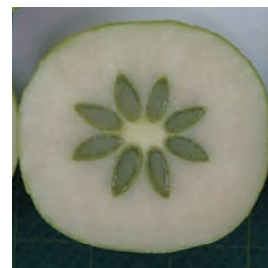
① 調査する花に目印をつける

5樹から雌花各6個をランダムに選び（計30花）、花の根もとの枝に布やカラーテープを結び、調査花の印とします。



② 結果率を計算する

幼果の生理的落下がほぼ収まった7月下旬ごろに果実を回収し、「果実数／合計花数×100」で結果率（%）を求めます。



③ 平均種子数を計算する

回収した果実は赤道部で切り、充実した種子を数えます。「合計種子数／果実数」を平均種子数（個）とします。

Column 日本におけるカキの花粉媒介昆虫の研究

① 野生訪花昆虫について

1960年以前の研究論文ではカキの訪花昆虫として、クロマルハナバチ、ニホンミツバチ、ヒメハナバチの一種、コハナバチの一種などが報告されています。しかし、これらの論文においては、訪花が確認されたという事実が記載されているのみで、花粉媒介昆虫としてどの程度役立っているかについては、その後も長い間不明のままでした。

2019年、広島県東広島市のカキ園において行われた研究結果が報告されました。一般に、雌花に訪花する頻度が高く、体表に多くのカキ花粉を付着させている昆虫種が花粉媒介に役立っていると考えられますが、調査地においては野生のハナバチであるコマルハナバチがそのような昆虫種として見出されました。

② セイヨウミツバチについて

野生訪花昆虫が不足していると考えられる場合は、カキ園にセイヨウミツバチの巣箱を置いて受粉を助けてもらいます。カキ園においては、セイヨウミツバチは訪花1回当たりの花粉媒介の効率こそ高くないものの、多くの働きバチが何度も訪花することで受粉に役立っていると考えられてきました。

しかし、野生訪花昆虫やセイヨウミツバチの訪花1回当たりの花粉媒介の効率は、調査するカキ園や年次によっても違いがあることが明らかになってきています。これには、訪花昆虫の種組成や園内での密度の他に、受粉樹の割合や配置が影響していると考えられます。カキ園にセイヨウミツバチの巣箱を置くだけでひと安心というわけでもなさそうで、さらなる研究が必要です。

■ 事例紹介

(1) 2020年 広島県 '富有'

■ 30分間で観察された平均訪花回数

	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	中小型 ハナバチ類	キムネ クマバチ	合計
5月27日	16.2	0	0.7	0.3	17.2
28日	18.3	0	0.5	0	18.8

■ 結果率 86.7% 平均種子数 5.0個 (調査日 7月31日)

《参考情報》

調査地点：広島県東広島市安芸津町 (34°19.5'N, 132°49.3'E) / 標高130m
植栽状況：面積550m² / '富有'16樹 (5月27日満開) / 受粉樹：あり ('禅寺丸')
摘蕾目安：1枝1蕾 セイヨウミツバチの巣箱設置：なし

	天候	平均気温	最高気温	風
5月27日	晴	19.7℃	25.1℃	微風
28日	晴	19.8℃	25.5℃	微風

(2) 2021年 広島県 '富有'

■ 30分間で観察された平均訪花回数

	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	中小型 ハナバチ類	キムネ クマバチ	合計
5月19日	6.9	0.3	0.4	0	7.5

■ 結果率 79.3% 平均種子数 5.7個 (調査日 7月29日)

《参考情報》

調査地点：広島県東広島市安芸津町 (34°19.5'N, 132°49.3'E) / 標高130m
植栽状況：面積550m² / '富有'16樹 (5月22日満開) / 受粉樹：あり ('禅寺丸')
摘蕾目安：1枝1蕾 セイヨウミツバチの巣箱設置：なし

	天候	平均気温	最高気温	風
5月19日	曇後晴	19.8℃	24.4℃	無風

(3) 2021年 広島県 '早秋'

■ 30分間で観察された平均訪花回数

	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	中小型 ハナバチ類	キムネ クマバチ	合計
5月18日	4.6	0.1	0.3	0.1	5.1
19日	5.6	0	0.1	0.1	5.9

■ 結果率 46.7% 平均種子数 0.6個 (調査日 7月29日)

《参考情報》

調査地点：広島県東広島市安芸津町 (34°19.5'N, 132°49.3'E) / 標高130m
 植栽状況：面積640m² / '早秋' 15樹 (5月18日満開) / 受粉樹：あり ('禅寺丸')
 摘蕾目安：1枝1蕾 セイヨウミツバチの巣箱設置：なし

	天候	平均気温	最高気温	風
5月18日	小雨	19.4℃	21.8℃	無風
19日	曇後晴	19.8℃	24.4℃	無風

(4) 2021年 茨城県 '富有'・'松本早生富有'

■ 30分間で観察された平均訪花回数

	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	中小型 ハナバチ類	キムネ クマバチ	合計
5月23日	27.3	1.3	0	0	28.5
24日	25.0	2.0	0.5	0	27.5

■ 結果率 86.7% 平均種子数 3.8個 (調査日 7月30日)

《参考情報》

調査地点：茨城県石岡市真家 (36°16.4'N, 140°15.2'E) / 標高61m
 植栽状況：面積5700m² / 約150樹 (5月23日満開) / 受粉樹：あり (品種不明)
 摘蕾目安：不明 セイヨウミツバチの巣箱設置：あり (1段2箱)
 * 受粉樹や巣箱については、隣接した他のカキ園の影響も受けている。

	天候	平均気温	最高気温	風
5月23日	晴	21.3℃	23.4℃	無風
24日	晴	25.4℃	27.0℃	無風

(5) 2021年 和歌山県 '富有'

■ 30分間で観察された平均訪花回数

	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	中小型 ハナバチ類	キムネ クマバチ	合計
5月14日	0	4.0	0	0	4.0

■ 結果率 50.0% 平均種子数 0.47個 (調査日 8月6日)

《参考情報》

調査地点：和歌山県紀の川市粉河 (34°16.8'N, 135°24.5'E) / 標高86m
 植栽状況：面積500m² / '富有'10樹 (5月15日満開) / 受粉樹：近隣に禅寺丸等の
 品種園あり
 摘蕾目安：1枝1蕾 セイヨウミツバチの巣箱設置：なし
 備考：落下果実はすべてカキノヘタムシガの被害痕があり、この影響で結果率が下
 がった可能性が高い。

	天候	平均気温	最高気温	風
5月14日	晴	26.2℃	27.5℃	無風

Column ハナバチ類の訪花回数と結果率・種子数について

上の事例紹介のうち、同一のカキ園で複数年調査した広島県 '富有' の事例 (1) と事例 (2) を比較すると、2021年のハナバチ類全体の訪花回数は30分当たり7回程度しかなく、2020年の半分以下でし

た。しかしながら、両年の結果率と種子数には大きな差はありません。果実の安定した生産に必要なハナバチ類の訪花回数を明らかにするためには、今後もより多くのデータを集めることが重要です。



カキの訪花昆虫



コマルハナバチ



コマルハナバチ



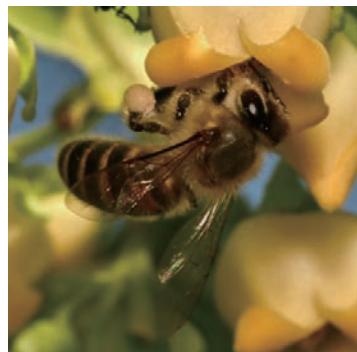
コマルハナバチ



セイヨウミツバチ



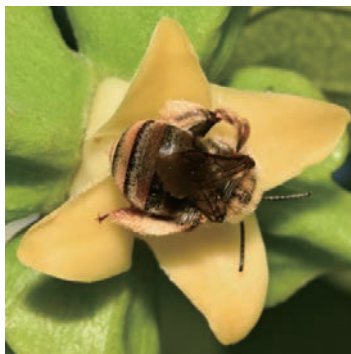
セイヨウミツバチ



ニホンミツバチ



ニホンミツバチ



ニッポンヒゲナガハナバチ



コハナバチの一種



コハナバチの一種



キムネクマバチ



キムネクマバチ



ツヤハナバチの一種



カリバチ類とコアオハナムグリ



コアオハナムグリ



シロテンハナムグリ



クシコメツキの一種



サビキコリ



ナナホシテントウ



ナミテントウ



ベニカミキリ



アシプトハナアブ

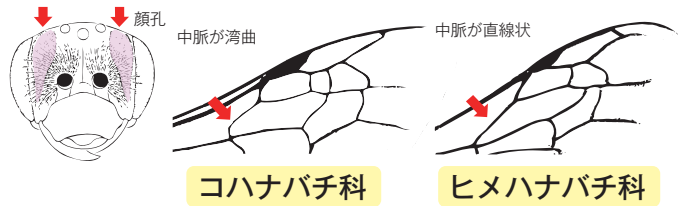
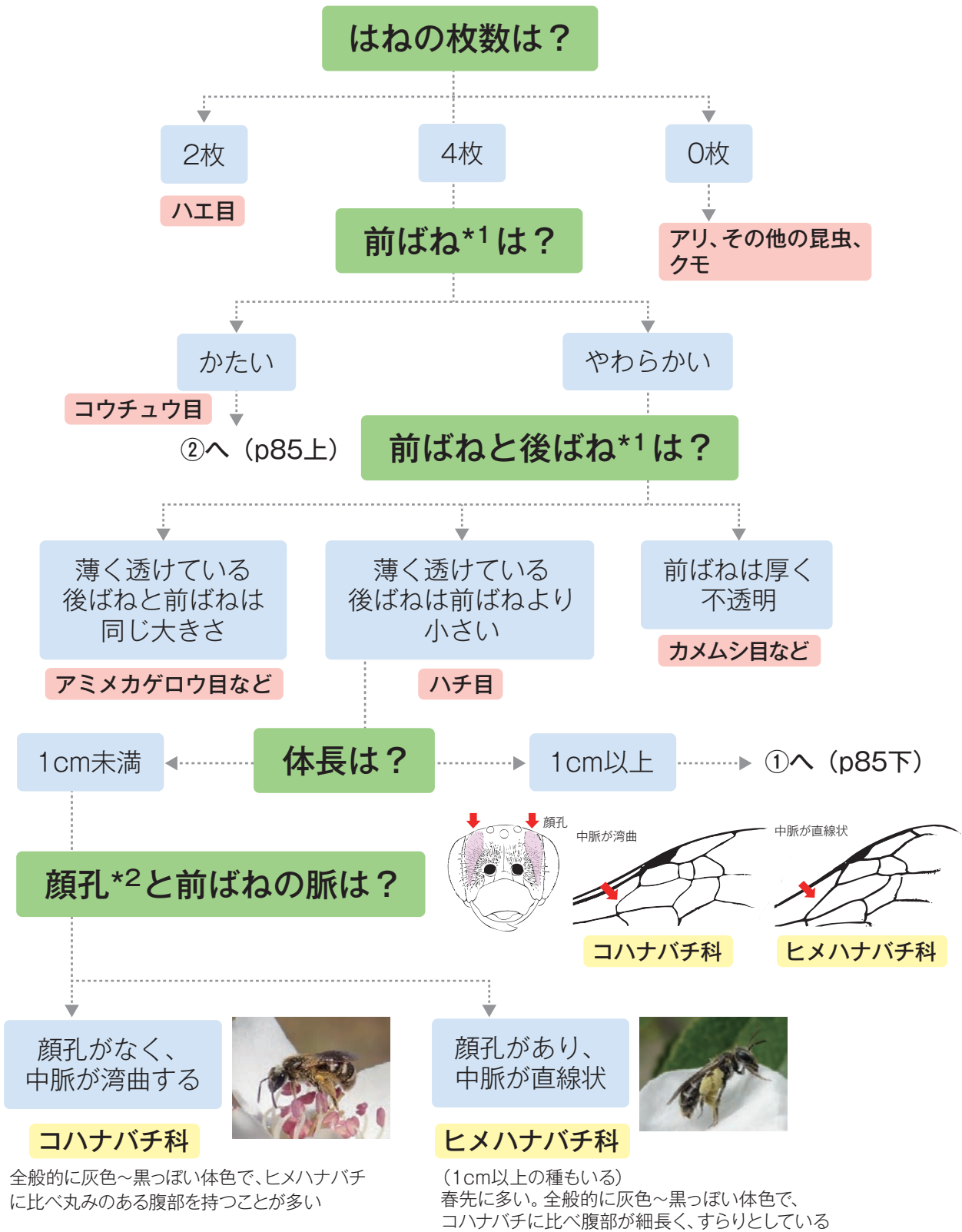


ハナバエの一種



ツマグロキンバエ

カキの訪花昆虫の見分け方



*1 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）、後ばねは頭部に遠い側のはね一対（2枚）。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。

*2 がんこう。複眼の内側のくぼみのことをいいます。毛が密生しへこみがわかりにくいこともあります。



*3 ふくがん。昆虫の眼には単眼と複眼がありますが、個眼が多数集まった大きな方を複眼といいます。一般的に目として認識されているところ。

*4 だいいちふせつ。脚の付け根の方から5つ目の節のことをいいます。昆虫の脚は付け根から順に、基節（きせつ）、転節（てんせつ）、腿節（たいせつ）、脛節（けいせつ）、跗節（ふせつ）に分かれています。

*5 けいせつ。脚の付け根の方から4つ目の節です。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (カキ用)

記録紙No. _____

圃場名:	品種:	観察・記録方法
調査者:	カキ園を巡回しながら、雌花を1つずつ観察する。ハナバチ類が訪花していたら、その種群に正の字で記録する。調査は1回30分を基本とする。	
ミツバチ巣箱: あり・なし	受粉樹: あり・なし	

- 確認項目:
- 雌花のみを観察する
 - ハナバチ類が花に止まり、採餌行動をしていることを確認して記録する
 - 同じ個体が複数の花を連続して訪花した場合は、最初の訪花のみを記録する

調査時の基本情報	調査日	1日目 (年 月 日)		2日目 (月 日)	
	雌花開花率*	%		%	
	調査時刻	1回目 (: ~ :)	2回目 (: ~ :)	1回目 (: ~ :)	2回目 (: ~ :)
	天気	晴・曇・()	晴・曇・()	晴・曇・()	晴・曇・()
	気温	℃	℃	℃	℃
	風	無・微・()	無・微・()	無・微・()	無・微・()
訪花昆虫種群	マルハナバチ類 	合計 ()	合計 ()	合計 ()	合計 ()
	ミツバチ類 	合計 ()	合計 ()	合計 ()	合計 ()
	中小型ハナバチ類** 	合計 ()	合計 ()	合計 ()	合計 ()
	キムネクマバチ 	合計 ()	合計 ()	合計 ()	合計 ()
	その他 (わかる範囲で種群を記載する) 例: ハエ、コウチュウ類	合計 ()	合計 ()	合計 ()	合計 ()

* 開花済み雌花数 (花弁が落ちて開花が終了したものも含む) / 全雌花数 (未開花の蕾を含む最低50花、できれば100花以上を計測対象とする) × 100。正確な計数が困難な場合は目測による概数でも可。

** 中小型ハナバチ類には、ミツバチ類と同等以下の大きさのハナバチ類を全て含める (ヒゲナガハナバチ類、コハナバチ類、ヒメハナバチ類など)。ミツバチ類かどうか判断に自信が持てない時は、中小型ハナバチ類として構わない。

第1章

第2章

第3章

リンゴ

ニホンナシ

ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ

5. カボチャ



ウリ科カボチャ属の果菜。一般によく食べられているセイヨウカボチャ以外にも、ニホンカボチャやズッキーニ、種を食用にするペポカボチャなどがある。ここで扱うセイヨウカボチャだけでもさまざまな品種が市販されており、地域の気候や消費者のニーズに応じて栽培することができる。

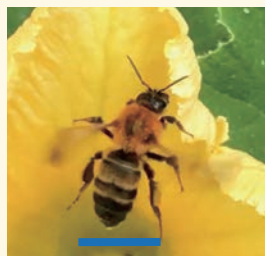


■ **花の特徴**：早朝に開花し、当日の昼頃にはしぼんでしまう一日花である。雄花には花粉をもつ葯が、雌花には柱頭がそれぞれ存在する。早朝（日の出～朝9時ごろ）の授粉が望ましい。

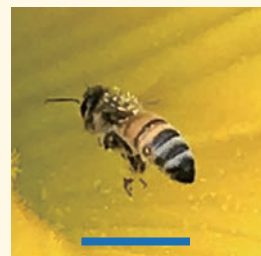
■ **開花期**：4月中旬～10月上旬（作付け時期による）

■ カボチャの主な花粉媒介昆虫たち

いろいろな昆虫たちが花を訪れますが、特に以下のような昆虫が多いとうまく花粉媒介が行われます。



マルハナバチ類



ミツバチ類

(スケールバーは1cm)

■ カボチャの花粉媒介昆虫を調べる

どのような花粉媒介昆虫がどのくらい畑に来ているかを調べるためには、目視による調査を実施します。



目視

■ 標準調査法

目視調査法で実施します。どのような種類の昆虫がどのくらいの頻度で畑に来ているのかを把握するための調査法です。カボチャの主要な訪花昆虫は中～大型のハナバチ類で、よく目立つため、通常は目視のみで十分です。

■ 目視

- **調査日時**：開花の最盛期で、雄花も雌花も開花している時期を選びます。調査は降雨がなく、穏やかな日の日の出1時間後から1～3回行います。また、花の中が雨水でいっぱいになっている場合は調査を中止します。複数回実施する場合は、調査間隔を1時間以上とし、11時まですべての調査を終えるようにしてください。日ごとに飛来状況は異なるので、複数の日に調査を繰り返すことが望ましいです。
- **観察方法**：一つの畑の中で、その日開花した雌花20花を対象とします。畑を歩いて雌花を見つけたら、その時点でその雌花の中にいるミツバチ類とマルハナバチ類、その他の昆虫について、それぞれの個体数を記録します。種類と個体数を記録したら、次の花に移動します。見つけた花に昆虫がいなかった場合も必ず0と記録してください。また、観察できた雌花が20花に満たなかった場合は、観察できた花数までで構いません。
- **昆虫の同定**：p96～97に昆虫の写真、p98～99に解説があります。
- **記録用紙**：p100に例があります。コピーしてお使いください。
- **観測データの整理**：各時間帯の1花あたりの観察個体数を計算します。

■ 野外での見分けのコツ

マルハナバチ類の多くはミツバチより大型ですが、体長の変異が大きく、ミツバチ類に近い体長の個体もあります（写真左）。マルハナバチ類（写真右：左の個体）は胸部だけでなく腹部にも長い毛が密集していますが、ミツバチ類（写真右：右の個体）の腹部には毛が少なく、滑らかに見えることを覚えておくとよいでしょう。より詳しく見分けるにはp98～99や市販の図鑑を参照してください。



クロマルハナバチ（左の4個体）とニホンミツバチ（右端）

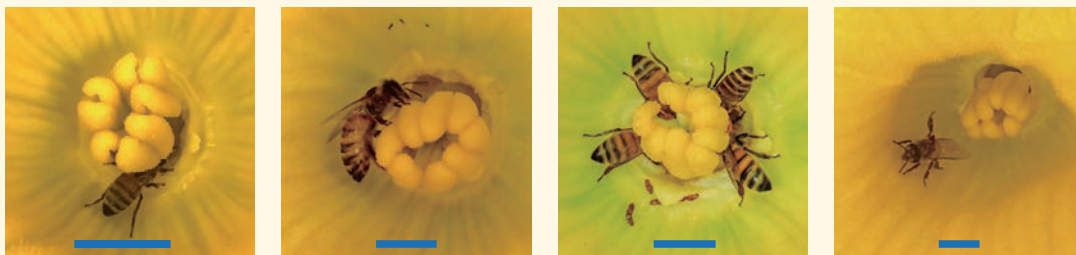


トラマルハナバチ（左）
とセイヨウミツバチ（右）

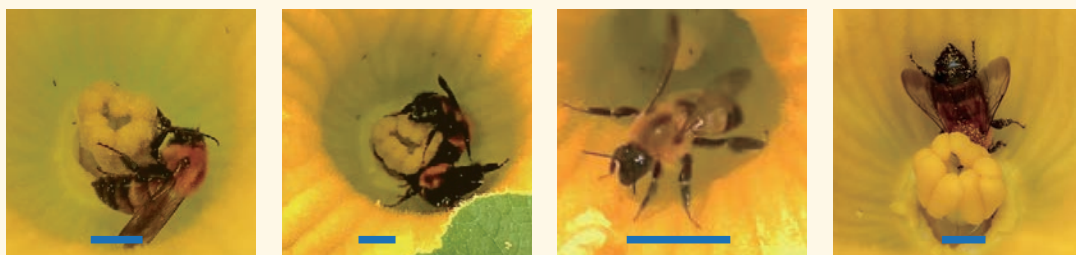
昆虫は花の上ではこのように見えます

(スケールバーは1cm)

ミツバチ類



マルハナバチ類



訪花しても、あまり花粉を媒介しない昆虫



アザミウマ

ウリハムシ属の一種

小型ハナバチ類*

ガの幼虫

*小型ハナバチ類は花粉を媒介しますが、受粉への貢献度は低いとみられます (p94参照)。

Column 人工授粉の省力化に向けて

人工授粉は生産者の方々にとって大きな負担になっています。その理由として、①開花期に集中して作業を行う必要がある、②花の付く位置によっては無理な体勢を強いられる、③作物によっては受粉に適した時間帯が短いため早朝に作業を行わなければならない、などが挙げられます。カボチャの人工授粉では、特に②と③が負担になります。地面に蔓が這う形で栽培されることから腰をかがめての作業になることに加え、時間帯が遅くなると花粉の供給に用いる雄花が不足することから早朝（多くの場合は午前8時頃まで）のうちに作業を終えなければなりません。そのため、もしこれらの授粉作業を野生花粉媒介昆虫に任せることができれば、生産者は早朝の重労働から解放されることになるのです。

■ 着果率の調べ方

① 畑の区分けをする

訪花昆虫調査に用いる畑を二分割し、半分を自然受粉区（そのまま何もしない）、残りの半分を人工授粉区（方法はp94を参照）とします。自然受粉・人工授粉を株ごとに設定する形式でも問題ありません。

② 調査する花に目印をつける

訪花昆虫調査を実施した日に開花した雌花の根元にテープ等を結び、調査花の目印とします。

point

- 着果率の調査の対象にする花は、訪花昆虫調査に用いた花でなくてもかまいません。
- その上流（同じ蔓の株元に近い方）に果実がない花を調査対象としてください（養分の競合による影響を除外するため）。
- 分枝が複雑で上流側に果実の有無が確認できない場合は、調査花数を増やします。
- テープには日付と自然受粉／人工授粉の区別を記入します。



雌花の根元にカラーテープを結んだ例（茎を圧迫しないように緩めに輪を作るが、風で飛ばされないように結び目はしっかり結ぶ）

③ 着果率を計算する

開花から約2週間後、果実が黄化せずに成長していれば着果したと判断し、調査花のうち着果した割合をそれぞれの処理区について計算します。

例) 自然受粉区： 調査した20花のうち、16花が着果 → 着果率は80%
人工授粉区： 調査した20花のうち、18花が着果 → 着果率は90%



黄化した果実

■ 事例紹介

ここでは、4地域（茨城県・三重県・鹿児島県・北海道）でそれぞれ標準調査法に基づいて行った観察結果から、1日あたり3~4回分を抜粋して示しています。

鹿児島県では、春と秋の2つの時期に実施しました。

(1) 2021年 茨城県

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（7月19日、20日、21日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他
5:30	23.5	0.1	0.5	0
6:30	24.7	0.1	0.9	<0.05
7:30	27.0	0.1	1.2	<0.05

《参考情報》 調査地：筑波大学農場（つくば市）
天候：3日間ともに晴れ 調査人数：3~4名
一人あたり観察花数：20花

■ 着果率 自然受粉 70.2%

調査花：35花 着果調査日：7月30日 蔓上流の果実：無し

(2) 2021年 三重県

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（7月6日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他
6:30	24.3	0	0.5	<0.1
7:30	25.5	0	0.7	0
8:30	26.6	0	0.6	<0.1

《参考情報》 調査地：農研機構安濃野菜研究拠点農場（津市）
天候：くもり 調査人数：1名
観察花数：20花×2地点（合計40花）

■ 着果率 人工授粉 90.2% 自然受粉 82.0%

調査花：各51花 着果調査日：7月16日 蔓上流の果実：無し

(3) 2021年 鹿児島県

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（4月20日、22日、25日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他	実施日
6:30	7.0	0	0	0	20日
7:30	16.5	0	0.1	0.1	20、25日
8:30	21.7	0	0.4	0	20、22、25日
9:30	23.5	0	0.5	0	22、25日
10:30	25.0	0	0.5	0	22、25日

《参考情報》 調査地：鹿児島県農業開発総合センターほ場（南さつま市）
 天候： 3日間ともに晴れ 調査人数：2名
 最高気温：26°C
 一人当たり観察花数：18花（20日） 7花（22日） 21花（25日）

■ 着果率 人工授粉 100% 自然受粉 100%

調査花：自然受粉 18花、人工授粉 25花 着果調査日：5月9日

蔓上流の果実：無し

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（9月23日、24日、25日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ類	その他
6:30	21	0	0.1	0
7:30	24	0	0.8	0
8:30	27	0	0.9	0

《参考情報》 調査地：鹿児島県農業開発総合センターほ場（南さつま市）
 天候： 3日間ともに晴れ 調査人数：2名
 最高気温：31°C
 一人当たり観察花数：12花（23日） 20花（24日） 20花（25日）

■ 着果率 人工授粉 100% 自然受粉 100%

調査花：自然受粉 23花、人工授粉 35花 着果調査日：10月12日

蔓上流の果実：無し

(4) 2021年 北海道

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（7月28日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他
5:30	20.7	0.023	0.011	0.023
6:30	21.2	0.045	0.006	0.017
7:30	21.7	0.062	0.042	0.020

《参考情報》調査地：帯広畜産大学農場（帯広市）
 天候： くもり 調査人数：20名
 一人あたり観察花数：18花

■ 着果率 自然受粉 35%

調査花：自然受粉 40花 着果調査日：8月7日 蔓上流の果実：不明

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（8月5, 6日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他
5:30	21.4	0.230	0.016	0
6:30	22.9	0.063	0.025	0.025
7:30	24.9	0.113	0.050	0.050

《参考情報》調査地：帯広畜産大学農場（帯広市）
 天候： くもり 調査人数：20名
 一人あたり観察花数：20花

■ 着果率 自然受粉 35%

調査花：自然受粉 20花 着果調査日：9月3日 蔓上流の果実：不明

■ 各時間帯の1花あたりの平均観察個体数（8月12, 13日）

調査時間	平均気温 (°C)	マルハナ バチ類	ミツバチ 類	その他
5:30	11.8	0.064	0	0.026
6:30	12.9	0.025	0	0.038
7:30	14.0	0.013	0	0

《参考情報》調査地：帯広畜産大学農場（帯広市）
 天候： くもり 調査人数：20名
 一人あたり観察花数：20花

■ 着果率 自然受粉 37%

調査花：自然受粉 35花 着果調査日：9月3日 蔓上流の果実：不明



雄花



雌花



カボチャは雄花と雌花が一つの株の中で別々に咲き、果実は雌花に実ります。人工授粉を行う際は、人工授粉に用いる雄花の蕾に、開花前日に袋をかけておいて、昆虫に花粉を奪われないようにしておきます。翌朝9時ごろまでに、開花した雄花を摘み取り、花弁を除去し、雌花の柱頭に葯を軽く触れさせて授粉します。

昆虫がカボチャの花粉を媒介するには、最低限の条件として「雄花を訪れて体に花粉を付着させた個体が、その日のうちに雌花を訪花すること」が必要です。カボチャを訪花する小型ハナバチ類はこの条件は満たしますが、体が小さいために柱頭にほとんど触れずに吸蜜するので、花粉媒介にはあまり役立っていません。一方、マルハナバチ類やミツバチ類は柱頭によく触れるので、花粉媒介に適しています。



蜜を吸うトラマルマルハナバチ(左)と小型ハナバチ類(右・矢印)。小型ハナバチ類は柱頭に接触していない。

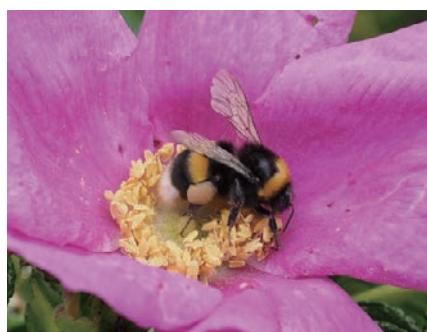


吸蜜するセイヨウミツバチ背面が柱頭に接触している。

夏の北海道で訪花昆虫を調査すると、ミツバチなどに混じってセイヨウオオマルハナバチが観察されます（写真）。セイヨウオオマルハナバチは欧州原産のマルハナバチで、1990年代に施設野菜の花粉媒介昆虫としてわが国への導入が始まりました。マルハナバチ類はトマトなど、蜜を出さない花の授粉を促すため、これまで結果のために行われてきた植物ホルモン剤の吹きつけ作業が大幅に省力化されました。その一方、導入されたセイヨウオオマルハナバチは施設から逸出し、近年の調査によると北海道では131の市町村で生息が確認されるようになりました。かくして欧州原産のセイヨウオオマルハナバチが北海道のカボチャ畑で観察されるようになったわけです。

2005年、特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律、いわゆる外来生物法が施行されました。この法律は、海外から日本へ持ち込まれ、在来の生物の生存を脅かしたり、生態系を乱したり、または乱すおそれのある外来生物を「特定外来生物」として指定し、その取扱いを規制し防除しようとするものです。野生化したセイヨウオオマルハナバチは餌資源をめぐる競合や巣の乗っ取り、生殖攪乱等により在来のマルハナバチ類に悪影響を及ぼすため、2006年に特定外来生物に指定されました。その結果、セイヨウオオマルハナバチの飼養は原則禁止となり、「生業の維持」を目的とする場合のみ、環境大臣の許可を得ることで利用可能とされました。

「あちらを立てればこちらが立たず」といいますが、施設野菜の生産性と生物多様性の保全を両立するために、セイヨウオオマルハナバチから代替種（在来のマルハナバチ類）への転換を図る必要があります。すでに代替種としての利用が実用化されているクロマルハナバチは、本州、四国、九州に分布する低地性のマルハナバチで、セイヨウオオマルハナバチと同程度の授粉効率を示し、その使用は年々増加しています。在来種といえども生態系への影響を最小限に止めるため、施設の開口部にはネットを展張し、使用済みの巣箱は施設内で死滅させることが求められています。クロマルハナバチが分布していない北海道における使用に向けては、北海道の在来種であるエゾオオマルハナバチの優良系統の選抜と大量増殖技術の開発が進められています。一日も早い実用化が望まれます。



ハマナスを訪花するセイヨウオオマルハナバチ

■ カボチャの訪花昆虫



トラマルハナバチ



トラマルハナバチ



トラマルハナバチ



ニホンミツバチ



ニホンミツバチ



クロマルハナバチ



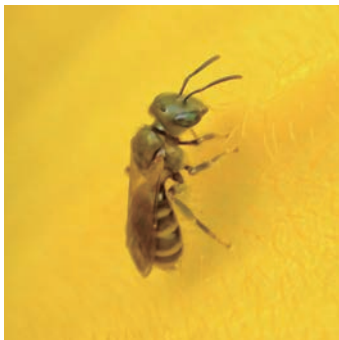
セイヨウミツバチ



セイヨウミツバチ



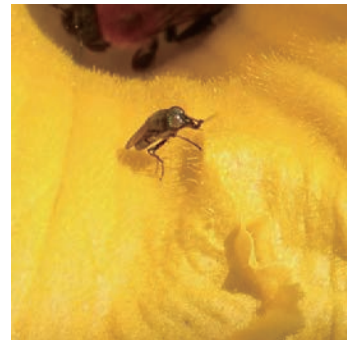
セイヨウミツバチ (暗色)



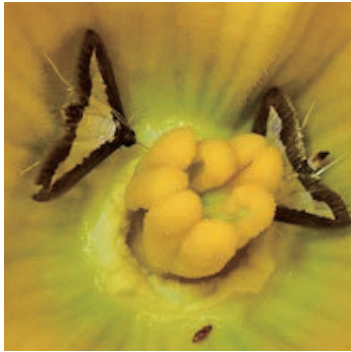
コハナバチの一種



コハナバチの一種



ツマグロキンバエ



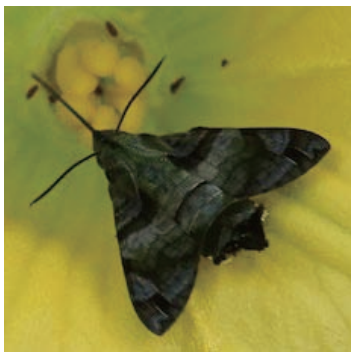
ワタヘリクロノメイガ



コガタスズメバチ



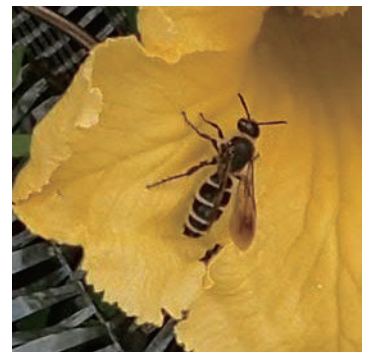
タイワンタケクマバチ



ホシホウジャク



ウリハムシ



ヒメハラナガツチバチ

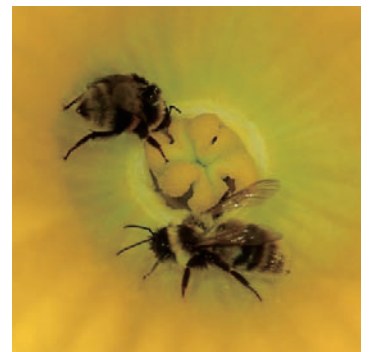
北海道のみでみられる訪花昆虫



セイヨウオオマルハナバチ



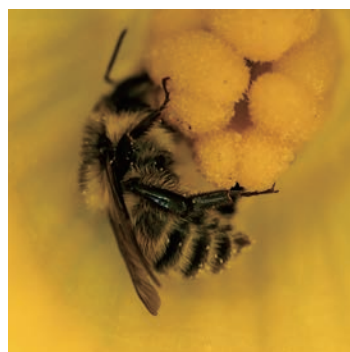
セイヨウオオマルハナバチ



エゾオオマルハナバチ



エゾオオマルハナバチ

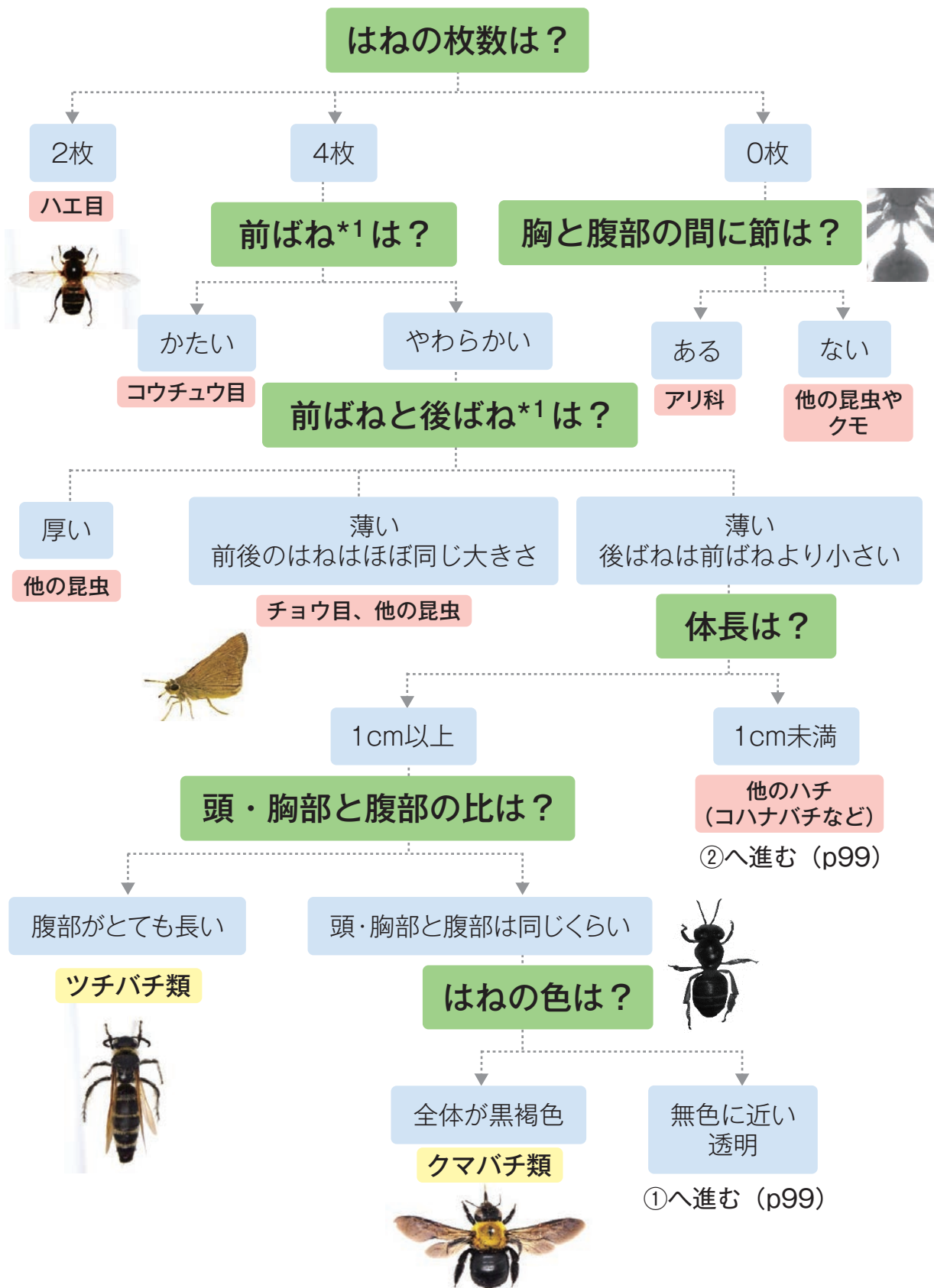


ハイロマルハナバチもしくは
ニセハイロマルハナバチ



ハイロマルハナバチもしくは
ニセハイロマルハナバチ

■ カボチャの訪花昆虫の見分け方



*1 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）、後ばねは頭部に遠い側のはね一対（2枚）。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。

この検索表の中では、ハナバチ類の一部の写真ははねを除去した状態で掲載しています。

①

メスの場合、後脚脛節*2の花粉籠*3は？



花粉籠があると、
囲った部分が
幅広い

花粉籠がないと、
後脚は細い、または
太くて毛が密集
している

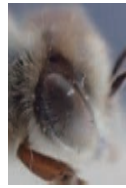
ない

ヒメハナバチ類 ハキリバチ類

ハキリバチ類は腹部の
腹側に花粉をつけている

ある

複眼*4に毛は？



ない

マルハナバチ類



明色帯を含む長い毛で
おおわれた丸い身体つき

ある

ミツバチ類



在来種のニホンミツバチは、
セイヨウミツバチよりも黒色
がかった体色で、小さめ。
翅脈で見分ける方法もある(p73参照)

②

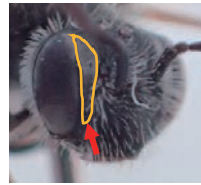
顔孔*5と前ばねの脈は？

顔孔があり、
中脈はまっすぐ

ヒメハナバチ類



春先に多く見られる。
全般的に灰色～黒っぽい体色で、コハナ
バチに比べて腹部が細長くすらりとした
身体つきであることが多い



顔孔あり



中脈はまっすぐ



顔孔なし



中脈は曲がる

顔孔がなく、
中脈が曲がる

コハナバチ類



全般的に灰色～黒っぽい体色で、
ヒメハナバチに比べ丸みのある腹
部をもつことが多い

*2 昆虫の脚は付け根の方から順に、基節（きせつ）、転節（てんせつ）、腿節（たいせつ）、脛節（けいせつ）、跗節（ふせつ）に分かれています。

*3 かふんかご。花粉団子をまとめて運ぶための特殊な構造で、節の側面はツルツルして光沢があり、縁に長い毛が生えています。

*4 ふくがん。昆虫の眼には単眼と複眼がありますが、小さな個眼が束状に集まった方を複眼といいます。

*5 がんこう。複眼の内側のくぼみのことをいいます。毛が密生してわかりにくいこともあります。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (カボチャ用)

記録紙No. _____

調査日 年 月 日 圃場名 品種 調査者

畑を巡回し、雌花を見つけたら、その時点でその雌花にいるマルハナバチ類、ミツバチ類の個体数を記録する。合計20花になるまで続ける。注意事項：①花に昆虫がいなかった場合はいずれも0と記録する。②花の中が雨水でいっぱいになっている場合は中止する。③昆虫がいる、いないに関わらず、巡回するルート上で見つけた雌花を順番に観察する。

天気 気温 (°C) _____

調査時間 : から : まで 総観察花数

※写真はほぼ実寸大

観察花数	ミツバチ類	マルハナバチ類	その他の昆虫	備考
				
1	3	0	ツチバチ?1	わからない昆虫がいたので 写真を撮った
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

第1章

第2章

第3章

リンゴ

ニホンナシ

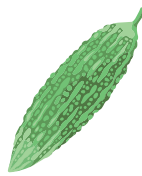
ウメ

カキ

カボチャ

ニガウリ

6. ニガウリ



ウリ科ツルレイシ属の果菜。暑さに強く育てやすいため、家庭菜園でも人気の作物。「ゴーヤー」とも呼ばれている。



■ **花の特徴**：早朝に開花し、その日のうちにしぼむ一日花である。受精に適した時間は12時ごろまで。雄花には花粉をもつ葯が、雌花には柱頭がそれぞれ存在する。

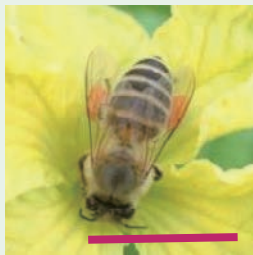
■ **開花期**：6月から9月（作付け時期によって異なります）

■ ニガウリの主な花粉媒介昆虫たち

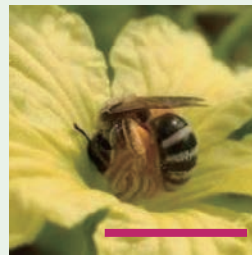
いろいろな昆虫たちが花を訪れますが、特に以下のような昆虫が多いとうまく花粉媒介が行われます。



マルハナバチ類



ミツバチ類



中小型ハナバチ類



ツチバチ類
(スケールバーは1cm)

■ ニガウリの花粉媒介昆虫を調べる

どのような花粉媒介昆虫がどのくらい園に来ているかを調べるためには、次の手法を実施します。



目視

■ 標準調査法

目視で実施します。どのような種類の昆虫がどのくらいの頻度でニガウリの花に来ているのかを把握するための調査法です。ニガウリの主要な訪花昆虫は中～大型のハナバチ類（一部、小型のハナバチを含む）で、よく目立つため、通常は目視のみで十分です。

■ 目視

■ **調査日時**：開花期間中に、降雨がなく雌花が咲く日を選びます。調査は早朝（日の出時刻～7時）に1回行ってください。時間によって昆虫種の飛来状況が異なりますので、可能であれば8時～10時にもう一度行います。また、調査日ごとに飛来状況は異なりますので、複数日にわたって調査を繰り返すことが望ましいです。

■ 観察方法：

1. 雄花と雌花が両方咲いている場所を選びます。
2. 花から30cm以上離れて一度に視界に入る範囲内の雄花と雌花を対象とし、観察する雄花と雌花の数を記録します。
3. 花を15分間観察し、ミツバチ類、マルハナバチ類、中小型ハナバチ類（コハナバチ類、ヒメハナバチ類、ハキリバチ類など）、ツチバチ類のそれぞれが、雄花と雌花のそれぞれに訪花した回数を記録します。一瞬でも昆虫の体が雌しべか雄しべに接触した場合を「訪花」とします。同一個体が複数の花に連続して訪れた場合も、それぞれ1回として記録します。

■ **昆虫の同定**：p106～107に昆虫の写真、p108～109に解説があります。

■ **記録用紙**：p110に例があります。コピーしてお使いください。

■ **観測データの整理**：各時間帯の1花あたりの観察個体数を計算します。

昆虫は花の上ではこのように見えます

（スケールバーは1cm）

ミツバチ類



マルハナバチ類



中小型ハナバチ類



ツチバチ類

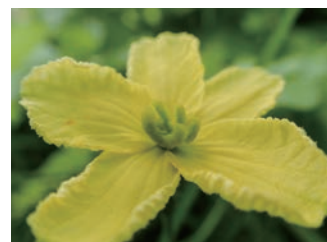


Column

ニガウリにおける花粉媒介のしくみ



雄花



雌花

ニガウリは雄花と雌花が一つの株の中で別々に咲き、果実は雌花に実ります。人工授粉を行う際は、開花前日の雄花の蕾に袋をかけておいて昆虫に花粉を奪われないようにしておきます。翌日12時ごろまでに、開花した雄花を摘み取り、その雄花の葯を雌花の柱頭に軽く触れさせて授粉します。

ニガウリにはさまざまな昆虫が訪れますが、マルハナバチ類、ミツバチ類は日の出から9時ごろまでに、中小型ハナバチ類とツチバチ類は8時ごろから12時ごろまでの時間帯に、それぞれ多く花にやってきます。天候や気温などが原因で、どちらかの時間帯の昆虫が少なくても、他の時間帯の昆虫が十分に多ければ受粉量を補うことができます。多くの昆虫が生息できる豊かな自然環境を維持することが、ニガウリの花粉媒介にとって大切なのです。

■ 着果率の調べ方

① 畑の区分けをする

訪花昆虫調査に用いる畑を二分割し、半分を自然受粉区（そのまま何もしない）、残りの半分を人工授粉区（方法はp94のカボチャにおける花粉媒介のしくみを参照）とします。自然受粉・人工授粉を花ごとに設定する形式でも問題はありません。

② 調査する花に目印をつける

訪花昆虫調査を行った畑で、その日開花した雌花（10花）の付け根の節にカラーテープ等を結び、調査花の目印とします。



雌花の根元にカラーテープを結んだ例
雌花の根元の節に結ぶ。この際、茎を圧迫しないように緩めに輪を作るが、風で飛ばされないよう結び目はしっかり結ぶ

point

- 着果率の調査の対象にする花は、訪花昆虫調査に用いた花でなくてもかまいません。
- 養分の競合による影響を避け、受粉の効果を正確に判断するため、できるだけ同じ蔓に果実が実っていない雌花を選びます。ただし、分枝や親蔓の根元までたどる必要はありません。
- テープには日付と自然受粉／人工授粉の区別を記入します。

③ 着果率と正常果率を計算する

開花から約2週間後、調査花に対する着果率と正常果率を計算します。長さが16cm以上で極端な曲がりのないものを正常果とします。



例) 自然受粉区： 調査した10花のうち、6花が着果 → 着果率は60%
人工授粉区： 調査した10花のうち、8花が着果 → 着果率は80%

■ 事例紹介

(1) 2021年 鹿児島県

■ 各時間帯で15分間5花を観察した時の平均観察訪花数 (7月21日、22日、23日)

調査時間	平均気温 (°C)	ミツバチ 類	マルハナバチ 類	中小型 ハナバチ 類	ツチバチ 類	その他
5:30	26	12.9	1.2	0	0	0
7:30	28.2	5.1	0.9	1.2	0	0.9
9:30	30.7	0.6	0	0	0	1.8
11:30	32.7	0	0	0.3	0.3	0

《参考情報》 調査地：鹿児島県農業開発総合センター圃場（南さつま市）
天候： 3日間ともに晴れまたはくもり 調査人数：1名

■ 着果率 自然受粉 100% 人工授粉 100%

調査花：自然受粉 30花、人工授粉 30花 着果調査日：8月3日、5日

(2) 2021年 茨城県

■ 各時間帯で15分間5花を観察した時の平均観察訪花数（7月30日）

調査時間	平均気温 (°C)	ミツバチ 類	マルハナバチ 類	中小型 ハナバチ 類	ツチバチ 類	その他
5:30	24.3	1.5	16.5	0.9	0	0
7:30	25.6	0.9	4.5	0	0	0
9:30	27.3	0	0.6	0	0.6	0.3
11:30	26.8	0	0	0	0	0

《参考情報》 調査地：筑波大学圃場（つくば市）
天候：くもり 調査人数（のべ）：5名

■ 着果率 人工授粉 100% 自然受粉 80%

調査花：自然受粉 6花、人工授粉 5花 着果調査日：8月16日

ここでは、「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」（2021年3月公開版）の調査法で得られた結果（5分当たり訪花数）を、15分当たりに換算して示しています。

■ニガウリの訪花昆虫



トラマルハナバチ



トラマルハナバチ



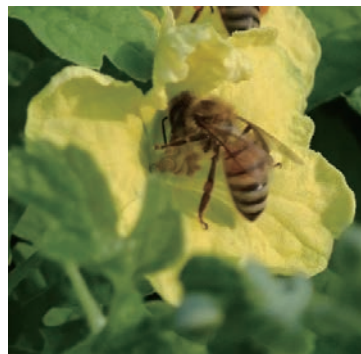
トラマルハナバチ



セイヨウミツバチ



セイヨウミツバチ



セイヨウミツバチ



ニホンミツバチ



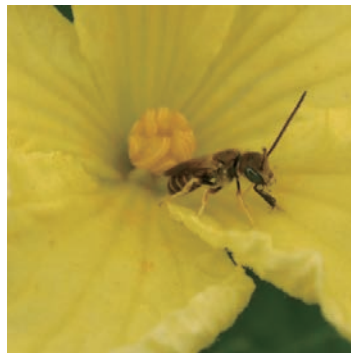
ニホンミツバチ



ニホンミツバチ



コハナバチの一種



コハナバチの一種



コハナバチの一種



ヒメハラナガツチバチ



ヒメハラナガツチバチ



アラメハラナガツチバチ属の一種



イチモンジセセリ



チャバネセセリ



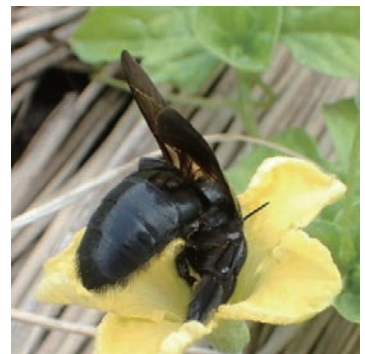
ヤマトシジミ



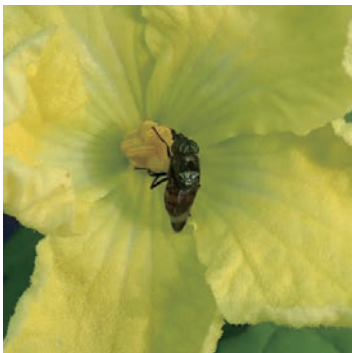
ワタヘリクロノメイガ



キムネクマバチ



台湾タケクマバチ



ツマグロキンバエ

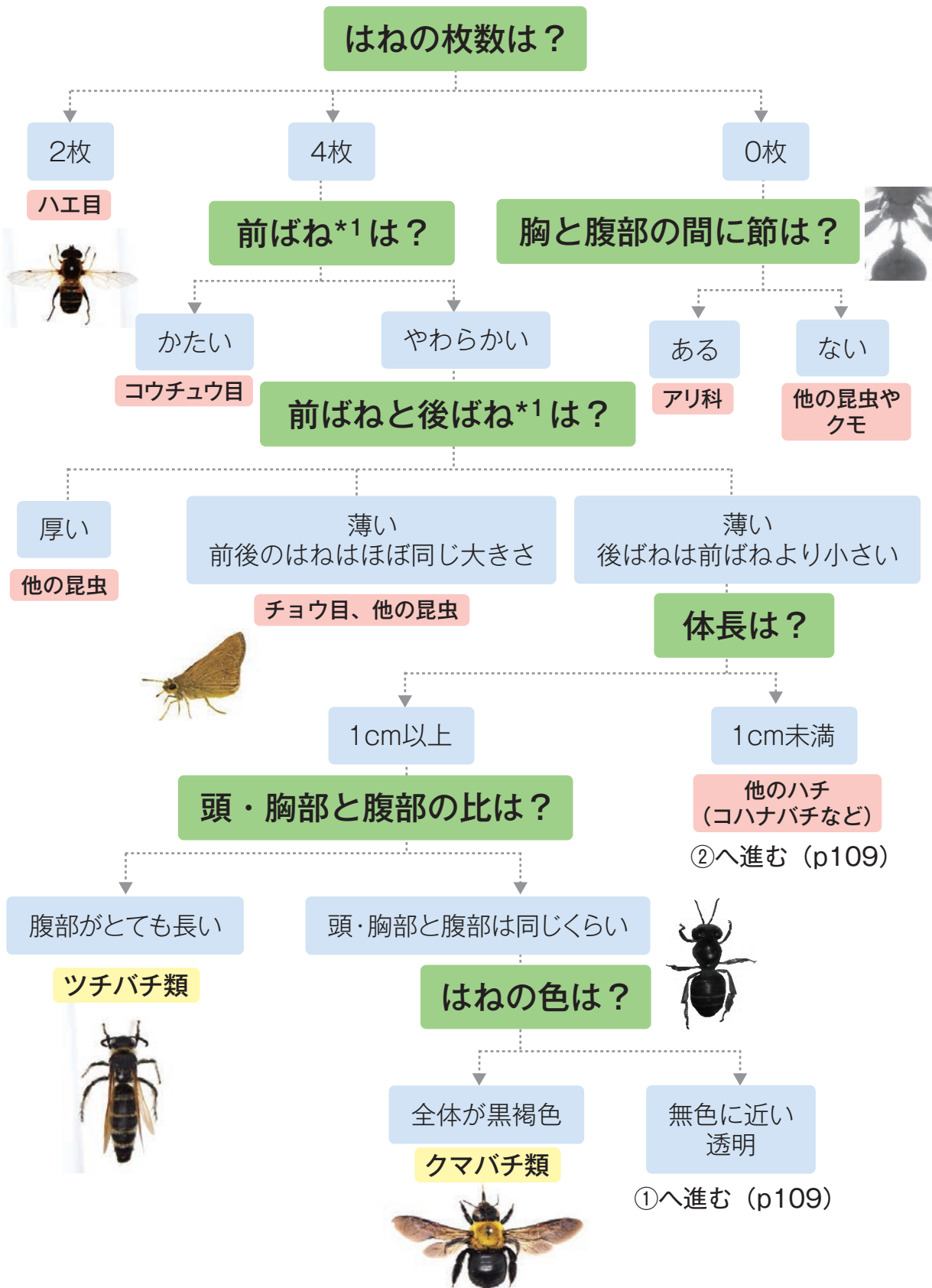


ホソヒラタアブ



ウリハムシ

■ニガウリの訪花昆虫の見分け方



*1 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）、後ばねは頭部に遠い側のはね一対（2枚）。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。
この検索表の中では、ハナバチ類の一部の写真は、はねを除去した状態で掲載しています。

①

メスの場合、後脚脛節*2の花粉籠*3は？



花粉籠があると、
囲った部分が
幅広い



花粉籠がないと、
後脚は細い、また
は太くて毛が密集
している

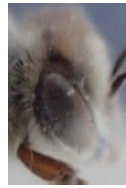
ない

ヒメハナバチ類
ハキリバチ類

ハキリバチ類は腹部の
腹側に花粉をつけている

ある

複眼*4に毛は？



ない

マルハナバチ類



明色帯を含む長い毛で
おおわれた丸い身体つき

ある

ミツバチ類



在来種のニホンミツバチは、
セイヨウミツバチよりも黒色
がかかった体色で、小さめ。
翅脈で見分ける方法もある(p73参照)

②

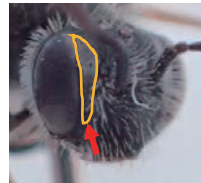
顔孔*5と前ばねの脈は？

顔孔があり、
中脈はまっすぐ

ヒメハナバチ類



春先に多く見られる。
全般的に灰色～黒っぽい体色で、コハナ
バチに比べて腹部が細長くすらりとした
身体つきであることが多い



顔孔あり



中脈はまっすぐ



顔孔なし



中脈は曲がる

顔孔がなく、
中脈が曲がる

コハナバチ類



全般的に灰色～黒っぽい体色で、
ヒメハナバチに比べ丸みのある腹
部をもつことが多い

*2 昆虫の脚は付け根の方から順に、基節（きせつ）、転節（てんせつ）、腿節（たいせつ）、脛節（けいせつ）、跗節（ふせつ）に分かれています。

*3 かふんかご。花粉団子をまとめて運ぶための特殊な構造で、節の側面はツルツルして光沢があり、縁に長い毛が生えています。

*4 ふくがん。昆虫の眼には単眼と複眼がありますが、小さな個眼が束状に集まった方を複眼といいます。

*5 がんこう。複眼の内側のくぼみのことをいいます。毛が密生してわかりにくいこともあります。

花粉媒介昆虫の目視観察 記録用紙 (ニガウリ用)

記録紙No. _____

調査日 年 月 日 () 圃場名 品種 調査者

- 雄花と雌花が両方咲いている場所を選びます。
- 場所を決めたら、花から30cm以上離れて、一度に視界に入る範囲内の雄花と雌花の数を「観察花数」に記録します。
- それらの花を15分間観察し、ミツバチ類、マルハナバチ類、中小型ハナバチ類、ツチバチ類、その他の昆虫が雄花と雌花に何回訪花したかを記録します。一瞬でも昆虫の体が雄しべか雌しべに接触した場合を「訪花」とします。同一個体が複数の花に連続して訪れた場合も、それぞれ1回として記録します。

天気 気温 調査時間 : から : まで

花の性	観察花数	ミツバチ類	マルハナバチ類	中小型ハナバチ類	ツチバチ類	その他・備考
雄花						
雌花						

(記入例)

花の性	観察花数	ミツバチ類	マルハナバチ類	中小型ハナバチ類	ツチバチ類	その他・備考
雄花	5	正 下		—		ハナアブ 1
		8	0	1	0	1
雌花	2	正				
		4	0	0	0	0

昆虫をもっと観察するために

■ 記録に残す

ここでは、花粉媒介昆虫についてもっとよく調べたい、自分の畑にきている昆虫を記録に残したいという場合にお勧めできる、動画や写真撮影のコツをご紹介します。

写真を撮ることによって、

1. 採集をしなくても訪花していた昆虫を記録に残すことができる
2. 画像検索サイトやアプリで、種の特特定などをしやすい
3. 必要に応じて、研究機関や専門家に画像と詳細な撮影位置情報を簡単に送ることができる

といったメリットがあります。

また、昆虫の中にはとても美しい色や姿をしているものも多いので、写真を撮って見て楽しむこともお勧めです。



デジタルカメラでの撮影



スマートフォンでの撮影

デジタルカメラやスマートフォンで動画を撮影すると、それぞれの昆虫が花にやってくる様子や花間を移動する様子を記録することができます。昆虫種によっては素早く動き回るため、写真では撮影が難しいこともあります。そんなときに動画で撮っておくと、昆虫の動きがわかるので、その飛び方や昆虫の大きさなどから分類群や種の判別ができることもあります。

■ どのようにして撮影すればいいの？

昆虫種によっては、花の上で長く滞在していることもあれば、わずか数秒のうちに飛び去ってしまうこともあります。また、同じ昆虫種でも、作物によって滞在する時間が違うこともあります。まずは、花の前で昆虫の行動を観察してみましょう。長く滞在する場合は、花に近づいて写真を撮る余裕がありますが、滞在時間が短い場合には、少し離れたところからでいいので素早く撮影を試みましょう。



小さい花や筒状になっていない花では、ハナバチ類やハナアブ類はカメラを近づけすぎるとすぐに逃げてしまいます。



筒状の花では、奥まで潜り込んでいることが多いので、近くで撮ってみましょう。

連続して何枚も撮ってみましょう。一枚だけではよくわからない昆虫も、花の上で少し向きを変えると、種類がわかるようになります。

また、デジタルカメラやスマートフォンの連続撮影機能を利用すると、すぐに飛び去ってしまう昆虫であってもうまく撮影することができます。



左の写真では、体全体が花の奥に入り込んでいて、どのような昆虫がよくわかりませんが、しばらくすると昆虫は向きを変えて出てきますので、その瞬間に撮影してみましょう。すると、右の写真のようにトラマルハナバチであることがわかります。

■ 近づいて刺されたりしないの？

ミツバチ類などハナバチ類のメスは腹部の先端に針をもっており、人によっては刺されると赤く腫れるだけでなく、アナフィラキシーショックを引き起こす可能性もあります。

ただし、こういったハナバチ類に刺される状況は、ミツバチ類のように集団生活をする種の巣に不用意に近づく、個体に何らかの攻撃を加える、手などを振るような大きな動作をすることがきっかけで、ハナバチを刺激してしまうことによって起こることが多いです。一方、花に飛来している個体は花粉や花蜜を集めに来ているだけなので、その邪魔をしたり、むやみに手でつかもうとしない限り、攻撃されることはまずありません。

それでも怖いと感じられる場合は、花を近くで眺め、そこに訪れる個体を遠くから撮ることから始めてみましょう。



花を訪れているセイヨウミツバチ。
通常は刺してくることはなく、近づきすぎると、むしろ逃げてしまいます。



人の汗をなめに来た、アカガネコハナバチ。通常は刺してくることはなく、そのうち去っていきます。



マメコバチの巣



コハナバチ類の巣穴

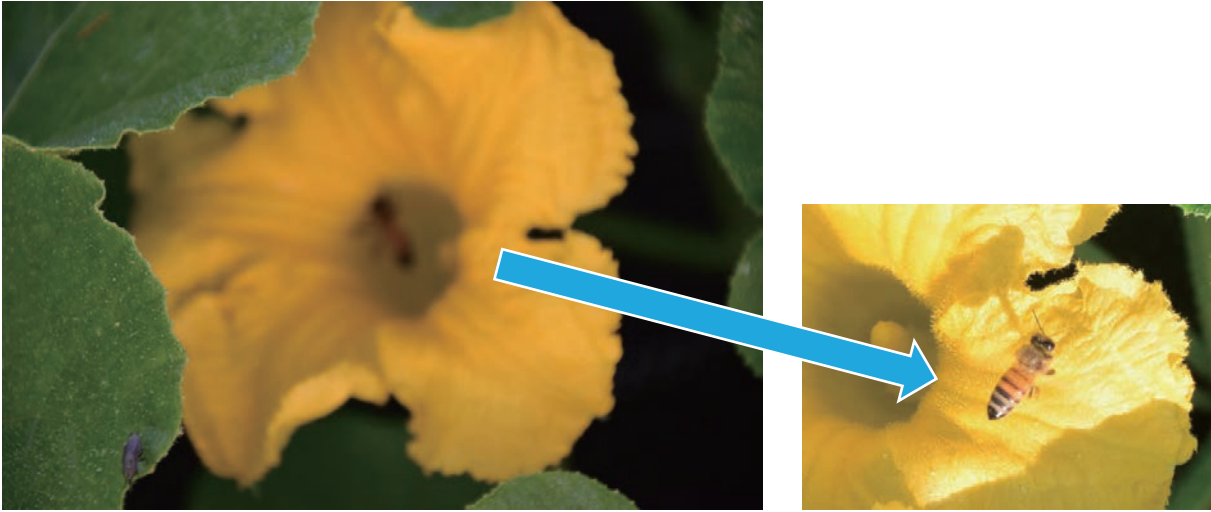


セイヨウミツバチの巣箱

ハナバチの巣も多種多様で、さまざまな素材から作られています。
見つけたら、そっと眺めるだけにしておきましょう。

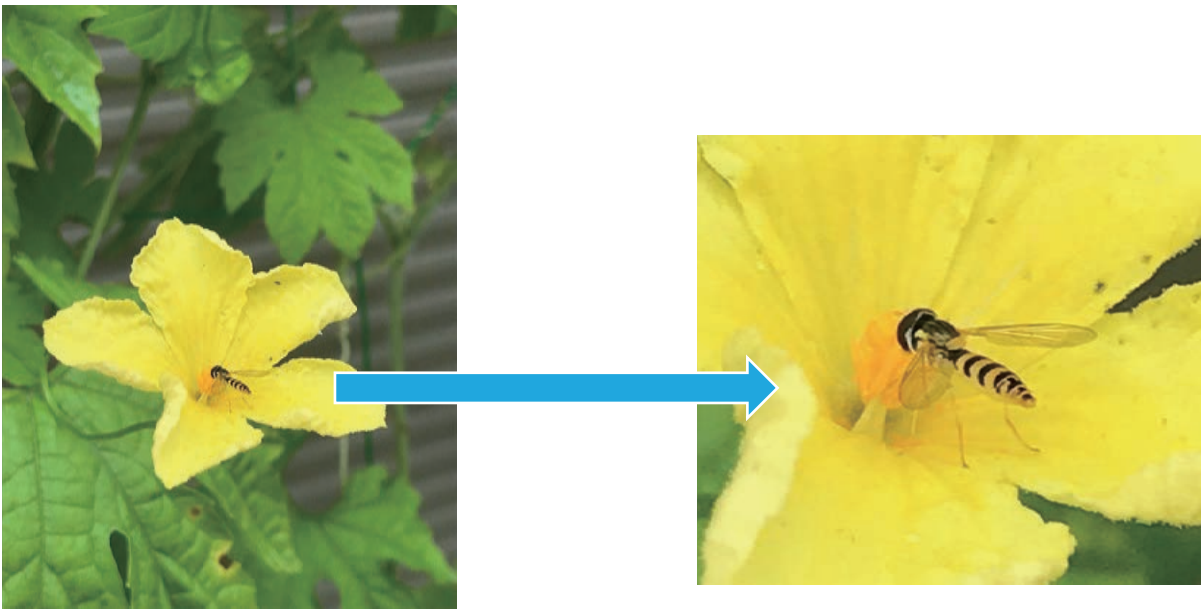
■ ダメかなと思っても、その写真には価値があります

昆虫がピンぼけになってしまった



ピンぼけの写真であっても、昆虫種をある程度予測することができます。この写真は、ピントが手前の葉に合っていますが、花の中にある昆虫の全体像が写っており、同じ日や同じ場所で撮影した他の写真や昆虫の特徴と照らし合わせると、セイヨウミツバチであることがわかります。

昆虫が小さく写っている



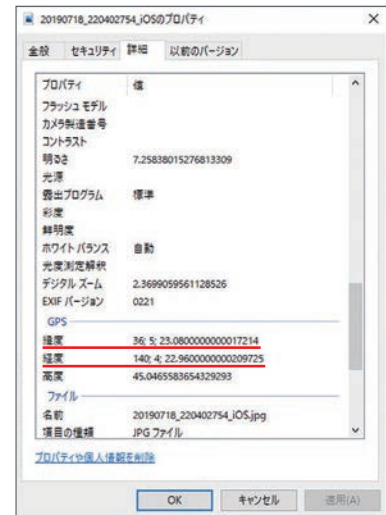
遠くから撮影してしまったために、昆虫が小さく写っているような写真でも、拡大すれば昆虫種を特定することができます。この写真は、ニガウリに飛来した昆虫を撮影したのですが、拡大すると昆虫の全体像が写っており、ヒメヒラタアブ類であることがわかります。

この写真はスマートフォンを用いて撮影しています。近年の機種はカメラの性能が高く、画像を拡大しても問題がない程度の画素数があります。

■ 写真には、画像以外にも情報が載っています

PC上で写真データを右クリックして、プロパティを見てみましょう。

その中にある「詳細」を見ると、撮影した時の情報が残っています。この情報があると、写真を整理するときに「いつ・どこで」撮影したのかがわかります。PCのソフトによっては、写真情報を編集できるものもあるので、残したい情報を意図せず変えてしまわないように気を付けましょう。



スマートフォンで撮影した左の写真のプロパティを見ると、さまざまな情報が記録されていることがわかります。

撮影日時
写真の画像サイズ
GPS情報（緯度・経度）

花や昆虫だけではなく、果実も写真に撮ってみましょう



さまざまな昆虫や、作物ごとの花を写真に撮るだけではなく、果実も写真に撮っておくと、年ごとの生育状況や周辺の状況を後からでも確認することができます。

■ 写真はどのように保存すればいいの？

写真を撮ると、その画像ファイルはカメラではSDカード、スマートフォンでは内蔵メモリなどの記録メディアに保存されます。ただし、撮りためすぎると、その後の写真の整理が大変になったり、保存されたファイルの容量が大きくなりメモリが足りなくなってしまうかもしれません。

そのため、調査や観察が一段落したあとや、時間のある時に画像を整理しておきましょう。



1. 写真をプリントアウトして残しておく

プリントアウトしておくことで、デジタル機器がなくてもすぐに見られますが、長期間保存すると劣化することもあります。

2. 容量の大きな外付けハードディスクやオンラインストレージ、ネットワークハードディスクなどの機器を使い、画像データを保存する

デジタル情報として保存すると、印刷の手間が省けて場所をとらない、さまざまな資料への利用が可能、長期間保存しても劣化しないといった利点があります。

画像データのファイル名

画像の名前を変更しておくことで便利です。また、デジタルカメラやスマートフォンで撮影した写真には、連続番号や特定の番号が割り振られています。あらかじめ設定すると、日時がわかるような表示になっていることもあります。撮影前に確認しておくといでしょう。



DSC_0623



変更例：20210721_カボチャ_
セイヨウミツバチ_農環研



20190720_065033402_iOS



変更例：20190720_ニガウリ_
雌花_筑波大園場

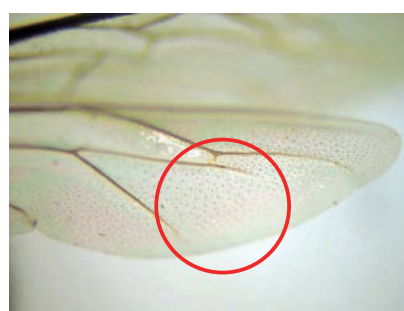
■ 捕まえた昆虫を顕微鏡やルーペで観てみよう

見つけ取り (p20~22) など捕まえた昆虫の種類を検索表 (p41~44, 58~61, 73, 84~85, 98~99, 108~109) で詳しく調べる際に実体顕微鏡 (以下、単に「顕微鏡」) やルーペを使うと、区別点をより鮮明に、精確に把握することができます (p111~116で紹介したデジタルカメラ・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)。

例えば、ミツバチの種類を見分ける場合、翅脈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。



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



実体顕微鏡の最大倍率 (40倍) で撮影した場合

■ 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るとうよいです。



顕微鏡 (投光器付き)



ルーペを用いて野外で観察する

point

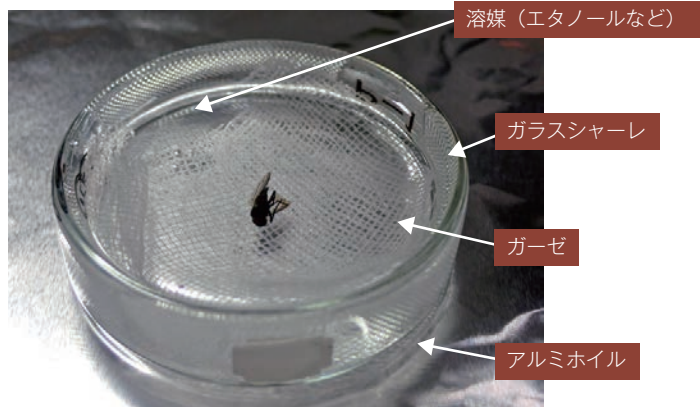
昆虫の観察には倍率10倍の接眼レンズ・1~4倍程度のズーム式対物レンズ・投光器を備えた顕微鏡、または倍率が2倍程度のルーペが使いやすいです。

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。

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。

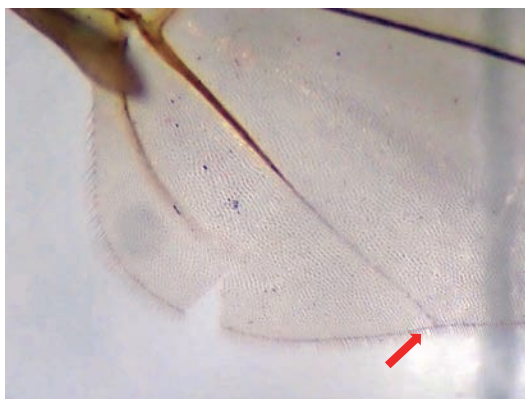
エタノールを使用する場合、液面上に出たガーゼの縁などから吸い上げられた溶媒が容易に揮発しますので、ガーゼ全体を沈没させ、容器内が常に溶媒で満ちた状態になるように適宜補充してください。



液浸標本を溶媒に浸して観察する

point

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。



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



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

■ 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。

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。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。



乾燥標本の針の両端を保持して観察する



乾燥標本を土台に固定する

point

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。



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）

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。
花粉団子（かふんだんご）	ミツバチやマルハナバチ類が花粉を巣に持ち帰るために、後脚の花粉籠（かご）とよばれる構造にまとめた 団子状の花粉のかたまり。
花粉媒介（かふんばいがい）	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。
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（しぜんじゆふん）	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。
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（じゆせい）	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（じゆふん）	花粉が雌しべの先端（柱頭）に付着すること。 類義語：授粉
授粉（じゆふん）	花粉を雌しべの先端（柱頭）に付着させること。 “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。 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。

用語（よみ）	解説
生理的落果（せいりてきらっか）	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。
送粉（そうふん）	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
高接ぎ（たかつぎ）	生長した木の太い部分に 枝を接ぐこと 。一般には品種の更新や老木の樹勢をとりもどすのに用いられる。また、自家不和合性の果樹における花粉供給の方法として、雄花を多くつける別品種の枝を主要品種の樹に接ぐことが行われる。
着果（ちゃっか）	野菜や果樹などの 果実が実ること 。＝結果 本書ではウメ、カボチャ、ニガウリで使用。
摘果（てきか／てっか）	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。
摘花（てきか／てきばな）	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。
摘蕾（てきらい）	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。
歩留まり（ぶどまり）	農業生産において生産された果実のうち 良品の割合 を意味する言葉。一般的に他の製造業でも用いられる。
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（ぼりねーたー）	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）

和名と学名

和名	学名
アカガネコハナバチ	<i>Halictus aerarius</i>
アザミウマ目	Thysanoptera
アシブトハナアブ	<i>Helophilus eristaloideus</i>
アミメカゲロウ目	Neuroptera
アラメハラナガツチバチ属	<i>Megacampsomeris</i>
アリ科	Formicidae
イエバエ科	Muscidae
イチモンジセセリ	<i>Parnara guttata</i>
ウリハムシ	<i>Aulacophora femoralis</i>
ウリハムシ属	<i>Aulacophora</i>
エゾオオマルハナバチ	<i>Bombus hypocrita sapporoensis</i>
オオハナアブ	<i>Phytomia zonata</i>
オドリバエ科	Empididae
カミキリモドキ科	Oedemeridae
キムネクマバチ	<i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i>
キンバエ属	<i>Lucilia</i>
クシコメツキ亜科	Melanotinae
クマバチ属	<i>Xylocopa</i>
クモ目	Araneae
クロバエ科	Calliphoridae
クロバネキノコバエ科	Sciaridae
クロマルハナバチ	<i>Bombus ignitus</i>
ケバエ科	Bibionidae
コアオハナムグリ	<i>Gametis jucunda</i>
コウチュウ目	Coleoptera
コガタスズメバチ	<i>Vespa analis</i>
コガネムシ科	Scarabaeidae
コハナバチ科	Halictidae
コマルハナバチ	<i>Bombus ardens ardens</i>
コメツキムシ科	Elateridae
サビキコリ	<i>Agrypnus binodulus</i>
シマハナアブ	<i>Eristalis cerealis</i>
シロテンハナムグリ	<i>Protaetia orientalis</i>
セイヨウオオマルハナバチ	<i>Bombus terrestris</i>
セイヨウミツバチ	<i>Apis mellifera</i>
台湾タケクマバチ	<i>Xylocopa tranquebarorum</i>
チビヒメハナバチ	<i>Panurginus crawfordi</i>
チャバネセセリ	<i>Pelopidas mathias</i>
ツチバチ科	Scoliidae
ツツハナバチ	<i>Osmia taurus</i>

和名	学名
ツマグロキンバエ	<i>Stomorhina obsoleta</i>
ツヤハナバチ属	<i>Ceratina</i>
テントウムシ科	Coccinellidae
トラカミキリ族	Clytini
トラマルハナバチ	<i>Bombus diversus diversus</i>
ナナホシテントウ	<i>Coccinella septempunctata</i>
ナミテントウ	<i>Harmonia axyridis</i>
ナミハナアブ	<i>Eristalis tenax</i>
ニセハイイロマルハナバチ	<i>Bombus pseudobaicalensis</i>
ニッポンヒゲナガハナバチ	<i>Eucera nipponensis</i>
ニホンミツバチ	<i>Apis cerana japonica</i>
ハイイロマルハナバチ	<i>Bombus deuteronymus</i>
ハエ目	Diptera
ハキリバチ科	Megachilidae
ハグロケバエ	<i>Bibio tenebrosus</i>
ハナアブ科	Syrphidae
ハナカミキリ亜科	Lepturinae
ハナノミダマシ科	Scaptiidae
ハナバエ科	Anthomyiidae
ヒゲナガハナバチ属	<i>Eucera</i>
ヒメハナバチ科	Andrenidae
ヒメハラナガツチバチ	<i>Campsomeriella annulata</i>
ヒメヒラタアブ属	<i>Sphaerophoria</i>
ヒラタアブ亜科	Syrphinae
ヒラタハナムグリ亜科	Valginae
ビロウドツリアブ	<i>Bombylius major</i>
フンバエ科	Scathophagidae
ベニカミキリ	<i>Purpuricenus temminckii</i>
ベニシジミ	<i>Lycaena phlaeas</i>
ホシホウジャク	<i>Macroglossum pyrrhosticta</i>
ホソヒラタアブ	<i>Episyrphus balteatus</i>
マメコバチ	<i>Osmia cornifrons</i>
マメヒメハナバチ亜属	<i>Micrandrena</i>
マルハナバチ属	<i>Bombus</i>
ミツバチ属	<i>Apis</i>
メスアカケバエ	<i>Bibio rufiventris</i>
ヤマトシジミ	<i>Zizeeria maha</i>
ユスリカ科	Chironomidae
ワタヘリクロノメイガ	<i>Diaphania indica</i>

おすすめの書籍

ここに挙げたのは、花粉を媒介する昆虫たち（特にハナバチ）について書かれた書籍です。わかりやすい絵本や写真の多い図鑑から、知識を深めるための専門書までピックアップしました。

◆ 子供から大人まで楽しみたいときには

- 『ずかん ハチ：見ながら学習調べてなっとく』 松本 吏樹郎 監修 技術評論社

ISBN: 978-4-7741-5977-5

ハナバチからカリバチまで、とにかく「ハチ」についてわかりやすい説明と豊富な写真で、子供向けですが、大人が読んでも十分楽しめます。

- 『ずかん 虫の巣：見ながら学習調べてなっとく』 岡島 秀治 監修 技術評論社

ISBN: 978-4-7741-7524-9

クモを含め、虫たちがつくる「巣」の写真が充実。彼らがどのような所に巣を作るのかがわかります。木の上や地中につくられるハナバチの巣ももちろん紹介されています。

- 『ミツバチの本』 シャーロット・ミルナー 作画 合同出版

ISBN: 978-4-7726-1431-3

実は原著のタイトルはThe Bee Book（ハナバチの本）です。ハナバチの何がすごいのかといった基礎的な内容から、なぜハナバチが減っているのかという、ハナバチが抱えている問題まで広く描かれています。

- 『世界で一番美しい花粉図鑑』 ロブ・ケスラー、マデリン・ハーレー 著 創元社

ISBN: 978-4-422-43011-9

花の中にある花粉をひたすら拡大して紹介する図鑑です。拡大されたその形の不思議さを見ると、たかが花粉と侮ってはいけないことがわかります。

◆ ちょっとだけでも昆虫と花との関係を知りたいと思ったら

- 『花と昆虫、不思議なだましあい発見記』 田中 肇 著 筑摩書房

ISBN: 978-4-480-43657-3

花と昆虫がお互いにある手この手で知恵を絞り駆け引きしている関係を、いくつかのトピックに分けて紹介しています。イラストも豊富なので、とても読みやすいです。

- 『花と昆虫のしたたかで素敵な関係～受粉にまつわる生態学』 石井 博 著 ベレ出版

ISBN: 978-4-86064-610-3

上記の本と同じように花と昆虫との関係を紹介していますが、もうすこし専門的に踏み込んだ内容を、写真やイラストを使って紹介しています。中学生以上向けです。

- 『世界のミツバチ・ハナバチ百科図鑑』 ノア・ウィルソン=リッチ 著 河出書房新社
ISBN: 978-4-309-25321-3

どちらかというとな大人向けの図鑑ですが、より広く深くミツバチやハナバチの知識を知りたい人におすすめです。

- 『ハナバチがつくった美味しい食卓 ―食と生命を支えるハチの進化と現在』 ソーア・ハンソン 著 白揚社
ISBN: 978-4-8269-0225-0

著者の経験や研究内容を他の人に語るように書かれているため、まるで一緒に体験しているように感じられます。ハナバチ全般について触れるための、良い入門の本かもしれません。

- 『蠅たちの隠された生活（大英自然史博物館シリーズ）』 エリカ・マカリストター 著 エクスナレッジ
ISBN: 978-4-7678-2493-2

ハエも忘れてはいけません。本の2章では、授粉者として活躍するハエが紹介されています。他の章もすべて読めば、もうハエを叩くことがなくなるかも。

◆ もっと踏み込んで、昆虫と花との関係を知りたいと思ったら

- 『マルハナバチを使いこなす: より元気に長く働いてもらうコツ』 光畑 雅宏 著 農山漁村文化協会
ISBN: 978-4-540-17122-2

マルハナバチを利用して、これから自分の作物に授粉をしてみたい、もっと上手に飼いたいという方にとって、とても役立つ情報が満載の一冊です。

- 『マルハナバチ 愛嬌者の知られざる生態』 片山 栄助 著 北海道大学出版会
ISBN: 978-4-8329-8182-9

マルハナバチのくわしい生活史や生態を学んでみたいという方は、まずこの本を読んでみるとよいでしょう。産卵から繁殖、巣内での行動まで網羅した一冊です。

- 『送粉生態学調査法（生態学フィールド調査法シリーズ<2>）』 酒井 章子 著 共立出版
ISBN: 978-4-320-05750-0

このマニュアルに加えて、送粉生態学についてもっと専門的に勉強したいと思った方にはちょうど良いかもしれません。100頁ほどですが、充実した内容です。

- 『花と動物の共進化をさぐる ―身近な野生植物に隠れていた新しい花の姿』 種生物学会 編 文一総合出版
ISBN: 978-4-8299-6208-4

日々、花と昆虫との面白い関係を探し、その仕組みの解明に取り組んでいる研究者たちの最新の研究成果が紹介されています。ハナバチだけでなく、ガやハエも登場します。

◆ 英語はわからなくても、いろいろ本を読んできたいと思ったら

- “The bees in your backyard: A guide to North America’s bees”
Wilson J.S. & Carril O.M. Princeton University Press.

ISBN: 978-0-691160771

北アメリカに生息するハナバチの図鑑です。写真を眺めるだけでも楽しい一冊です。

- “Pollination: The enduring relationship between plant and pollinator” Walker T. Princeton University Press.

ISBN: 978-0-691203751

動物と植物との送粉関係や人との関わりを紹介する一冊です。写真がとてもきれいです。

◆ 昆虫の同定や、ちょっとした観察に手に取りやすい図鑑が欲しいと思ったら

- 『日本産ハナバチ図鑑』 多田内 修・村尾 竜起 著 文一総合出版

ISBN: 978-4-8299-8842-8

ハナバチの見分けをする時に役立つ、現時点で一番詳しい図鑑です。

- 『日本産ハナバチ類の同定の手引き(コハナバチ科の一部、ハキリバチ科、ミツバチ科キマダラハナバチ属を除く)』 渡辺 恭平・長瀬 博彦 著 神奈川県立生命の星・地球博物館 特別出版物

ISBN: 978-4-910826-00-4

上記の『日本産ハナバチ図鑑』と併用することで、専門家以外の人でも同定をしやすくするために執筆された手引き書です。

<https://nh.kanagawa-museum.jp/www/contents/1643173895521/index.html>

- 『日本産マルハナバチ図鑑』 木野田 君公・高見澤 今朝雄・伊藤 誠夫 著 北海道大学出版会

ISBN: 978-4-8329-1396-7

詳しい同定ポイントなどが載っていますので、見分けに困ったらおススメです。

- 『ポケット図鑑 日本の昆虫 1400』 伊丹市昆虫館 監修 文一総合出版

『<1> チョウ・バッタ・セミ』 ISBN: 978-4-8299-8302-7

『<2> トンボ・コウチュウ・ハチ』 ISBN: 978-4-8299-8303-4

よく見かける昆虫の生体写真を使用しており、生きている状態と見比べやすい入門的な図鑑です。

- ◆ †1 Michener CD, McGinley RJ, Danforth BN, 1994. The bee genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea), Smithsonian Institution Press
- ◆ †2 多田内 修・村尾 竜起, 2014. 日本産ハナバチ図鑑, 文一総合出版
- ◆ †3 田中 和夫, 2000. 屋内害虫の同定法(2) 双翅目の科の検索表, 家屋害虫, 22(2)
- ◆ †4 McAlpine JF, Peterson BV, Shewell GE, Teskey HJ, Vockeroth JR, Wood DM, 1981. Manual of Nearctic Diptera, Volume 1 (No. 27)
- ◆ †5 日本ペストコントロール協会, 2001. 原色ペストコントロール図説 第V集, 日本ペストコントロール協会
- ◆ †6 大石 久志, 1996. ルーペで調べる身近な縞模様のハナアブの見分け方(1), 昆虫と自然, 31(4)
- ◆ †7 三枝 豊平, 1995. 日本産双翅目の図解検索システム I, 双翅目 (ハエ目) 昆虫の検索システムに関する研究—農林生産及び環境評価に関わる同定困難な双翅類の簡便な図解検索システム確立のための研究—報告書

他：本マニュアル内において出典を明記していない画像は、本プロジェクトコンソーシアムの著作物です。

本マニュアル「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」は、農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「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」(JPJ006239, 2017~2021年度)の成果をもとに作成されました。

●プロジェクト参画機関

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

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

2022年4月28日 発行

編集 農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究
「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」
コンソーシアム

発行・問い合わせ先
農研機構 農業環境研究部門
(〒305-8604 つくば市観音台3-1-3)
E-mail: niaes_manual@ml.affrc.go.jp

