

(花粉学実験講座)

10 養蜂技術

本稿では、花粉学の一分野を構成する melisso-palynology (ハチミツ中の花粉分析) と、色々な面で花粉に関連の深いミツバチの飼養技術、ミツバチを使った花粉の大量採取法、ポリネーションについて述べる。送粉者としてはミツバチ以外にも多くの昆虫がいるが、ここではポリネーションの項で一部触れるにとどめる。ミツバチと花粉の関わり一般については松香・佐々木⁽¹⁾、教材としてのミツバチについては佐々木⁽²⁾の概説も参照されたい。

1. ミツバチの飼い方

わが国には在来種であるニホンミツバチ (トウヨウミツバチの1亜種 *Apis cerana japonica*) と、養蜂用の導入種であるセイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) が生息している。後者 (以下ミツバチ) には多くの亜種があるが、日本で飼われているのは、ほとんどが、*ligustica* (イタリア種) 系の雑種である (図1)。ここではミツバチの飼い方のごく基本的な点を述べるにとどめるので、詳しくは「近代養蜂」など末尾の参考書^(3,4,5)を参照されたい。

1) 種蜂、養蜂器具の準備

蜂群は購入する (2~3万円/群) か、養蜂関係者か



図1. ハナダイコンから花粉を集めているセイヨウミツバチの働き蜂。

ら分蜂群などを譲ってもらう。業者のカatalogを取り寄せれば、蜂具類を含め、価格などの詳細がわかる。近くの養蜂家とコンタクトをとるには「日本養蜂はちみつ協会」⁽⁶⁾あるいは各県畜産課に問い合わせるとよい。使用品種は特殊な目的でない限りイタリア系雑種で十分。ただし、女王蜂の遺伝的性質は、温和で、体格が大きく、産卵力旺盛、強群で疾病のないことが望ましい。女王蜂の死亡などの事故への対応を考えると、1群のみではないほうがよい。一方、周囲 (通常の活動半径は約2km) の花蜜、花粉源植物の状況にもよるが、群数が多すぎるのもよくない。

巣箱は10枚の巣板が入る大きさが標準で、他に輸送や女王蜂養成用の小箱、2階用の継箱などがある。設置場所は人通りの少ない所で、樹木の下とか、空き地なら隅の方とする。巣箱は湿気を防ぐために台に載せ、巣門側が少し低くなるように置く。屋上の例もあるが、風には嚴重な注意が必要。他に必需品として、巣板 (市販品もあるが、巣枠に巣礎を張ったものを入れ、蜂に作らせる方がよい)、分割板、給餌板、王かご、面布、煙煙器、ハイブツール (蜂べら)、それにスズメバチの多い地方なら防護 (捕獲) 器などを用意する。

2) 内検

建勢期 (早春)、流蜜 (採蜜) 期、繁殖期 (春~初夏)、梅雨期、越夏期、越冬準備期 (秋)、越冬期 (冬) ごとに季節の管理があるが、基本的な内検は以下のとおり。なるべく晴天時を選び、面布をつけ、静かに煙煙しながら蓋を開け、プロポリスで固着した巣板を、ハイブツールでこじるようにしながら順次取り上げて調べていく。チェック事項は、女王蜂とその産卵状態、幼虫の量および分布、働き蜂の量と状態、雄蜂の有無、貯蜜と貯蔵花粉の量と分布、王台や無駄巣の有無、病気その他の異常、などである。これら群の状態を書き込むフォーマットを決めて定期的に記録しておくようにするとよい。貯蜜、流蜜の少ない時、悪天候時、一度内検した後は蜂が荒くなるので要注意。

3) 繁殖

春から初夏の繁殖期に大きくなった群を放置すれば分蜂が起こるが、これに先立ち群内に数個の王台が作

られる。分蜂は普通新女王羽化の1~2日前に起こるので、シーズン中は週に1度は内検をして王台を除去する。一方、増群を図るなら、優秀な王台を含む2~3枚の巣板と蜂で別の箱を作り、新王を養成する(人工分蜂)。女王蜂の更新だけでなく、よい王台の確認後、旧女王を取り除くだけでよい。ただし、交尾に成功するには、まわりに十分な雄蜂がいることが条件。分蜂してしまい、枝などに蜂球を作った群を収容するには、蜜の入った(または塗った)巣板2~3枚を入れた空箱を用意し、これに蜂球のついた枝を切り取って入れるか、振り落とす。分蜂時の蜂は蜜胃中に十分の蜜をもっている蜂が多く、温順で刺すことは稀、女王蜂を早く、確実に箱内に収容することがポイントである。

4) 給餌

採蜜後などの貯蜜不足を補うには、普通50%ショ糖液を給餌する。冬期はもう少し濃いものを温めて与える。タンパク源としての花粉は幼虫の餌としてだけでなく、若い働き蜂にも重要。これが不足すれば、蜂乳を分泌する下咽頭腺の発達や越冬に響く。不足時には、保存しておいた花粉巣板を与えるか、購入または自分で採取・保存した天然花粉(だんご)を、1昼夜同量の水に漬けて柔らかくしたうえで糖液で練り、上棧上へ載せてやる。代用花粉もいろいろ工夫されており、市販品のビーハッチャー(日本配合飼料)は便利。

5) 越冬管理と病害防除

越冬には女王蜂が健全なことはもちろん、越冬に入る時点で、最低3~4枚分の蜂量、十分な貯蜜、貯蔵花粉が必要。巣門を縮小し、寒地では適度の越冬包装を施す場合もある。日当たりが悪いと越冬中の脱糞飛行が妨げられ、好ましくない。

病気で恐ろしいのはアメリカ腐蝕病(焼却する)であるが、近年多発しているのはチョーク病である。これには塩素剤が効く。ミツバチヘギイタダニは、扁平、赤褐色、体長1mmほどの外部寄生ダニで、目立たないが被害は大きく、全世界で問題となっている。防除にはバロテックス、アビスタンなどを用いる。

6) 観察巣箱による飼育

ガラス製巣箱を用いるもので、わが国で市販のものは巣板一枚用(図2)。短期の観察ならこれでよいが、長期に飼育する場合は、自作するか設計図に基づいて製作してもらう。カルフォルニア大学で開発したものが標準型⁽⁷⁾。周年飼育には設置する部屋の室温を25~28度位に調節してやる必要がある。通路を設けて外へ通えるようにしてやれば、花粉だんごを付けてダンスを踊る行動をはじめ、巣内のすべての行動レパ

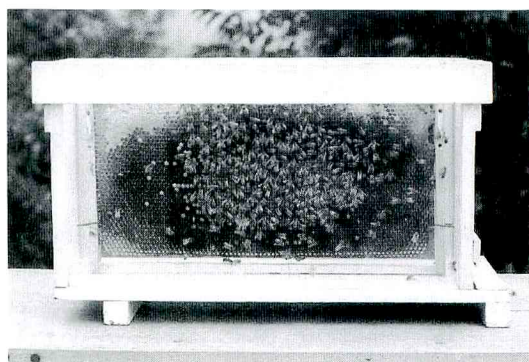


図2. 市販のガラス観察巣箱の1例。巣板は1枚のみ。右側に巣門がある。

トリがじっくり観察できる。普通の巣箱の中は暗いが、ミツバチは一般に照明を気にすることはない。

2. ミツバチによる花粉採集

1) 集粉構造と花粉採集行動の観察

送粉(pollination)に貢献する昆虫は多いが、たくさんのお花を次々に訪れ、多量の花粉を集めて巣に持ち帰るハナバチ類の送粉効果はとくに大きい。それらはスペシャリストとジェネラリストに分けることができる。たとえば前者のハキリバチは好んでマメ科のお花を訪れ、腹部下面に密生した長毛の中に葯上の花粉を直接擦り込むように保持する。大顎で旗弁を持ち上げながら口吻では蜜を吸い、肢では舟弁に隠された雄しべの束を露出させ、その束を左右から揉みながら上述の集粉毛の中に花粉をトラップしていく。マメ科のお花への見事な行動的適応といえる。

これに対し、ミツバチはいろいろなタイプのお花を訪れるジェネラリストとしての特徴をもつ。器用とは言えないが、種毎に花の構造を学習し、行動パターンまでも変えて、集粉効率を上げる。体の一部または全体の毛に花粉をまぶし、これを各肢に発達した花粉ブラシ(図3F)で集め、それらを後肢に送り、最終的に花粉圧縮器(同C)を通して後肢脛節外側の花粉バスケット(同A)上にだんごの形に丸める(図4)^(8,9)。これら一連の行動は主に花から花への飛翔に行われるので、見やすくはないが、標本とした蜂の形態と共にぜひ観察したい。形態観察用には70%アルコールに浸けたものも使えるが、出来れば新鮮な、または冷凍しておいた生のものを用いたい。ミツバチは毒瓶で

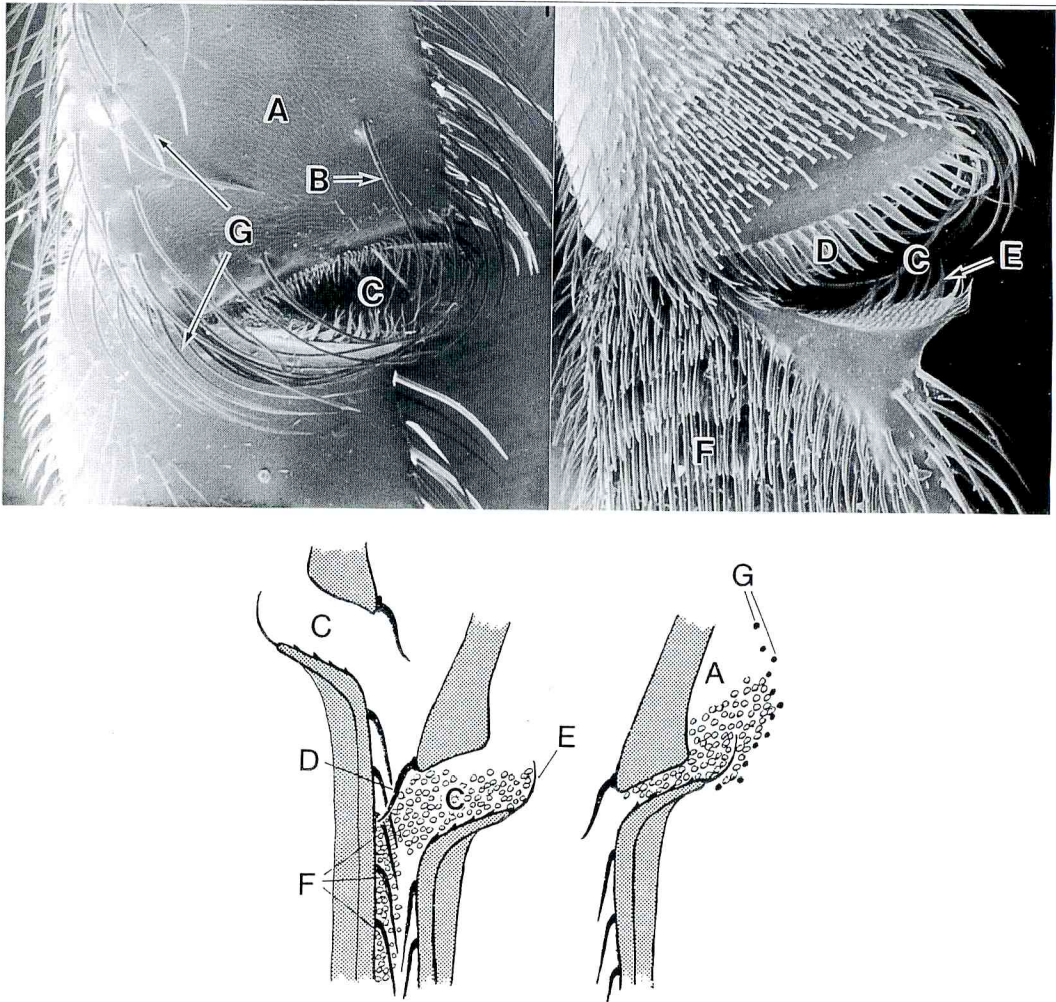


図3 (上). 後肢けい節と第1ふ節の間に発達した集粉構造 (花粉圧縮器). 左が外側, 右が内側. A: 花粉バスケットの中央部, B: シングルヘアー; 出来上がっただんごの支柱の役を果たす, C: 花粉が圧縮されて外側へ押し出されていく流路, D: 花粉レーキ, E: 花粉をバスケット内へ導く保持毛, F: 花粉櫛の配列毛の一部, G: 花粉だんごをまわりから支えるためのバスケット周囲の長毛.

(下). 花粉だんご作りの過程を示す模式図 (Dade, 1968 を改写). F の櫛内に集められた花粉を反対側のレーキ (D) でかき取るようにすると, 蜜で粘り気を与えられた花粉は C に入り, 圧縮されて外側に流れる. これが E の保持毛により, こぼれることなく A のバスケット内に誘導される. こうしてバスケット内に流れ込んだ花粉は B の支柱を中心に渦をまくように, わずかに回転しながら大きく発達していく (図4 参照).

殺すと, 口から蜜を吐いて, せっかくの美しい体表毛が汚れてしまう場合がある. 少々かわいそうだが, 網カゴ内などで1日くらい絶食させて蜜胃中の蜜を消費させて自然死させると, 最良の状態での観察ができる. 訪花中, または帰巢した蜂で, 花粉だんごを付けているものも観察できるとよい. それらは, 乾燥または冷凍標本として保存しておく. 可能なら, 働き蜂以外

のカストや, 他種のアナバチ類との形態比較も行いたい. SEM または光顕で, 体各部の毛の構造と機能を関連させて観察するのも面白い (体表毛の形態の多様性については図3からも伺える).

2) ミツバチによる花粉採集行動の生態学

ミツバチによる花粉採集の動態を評価する一環とし

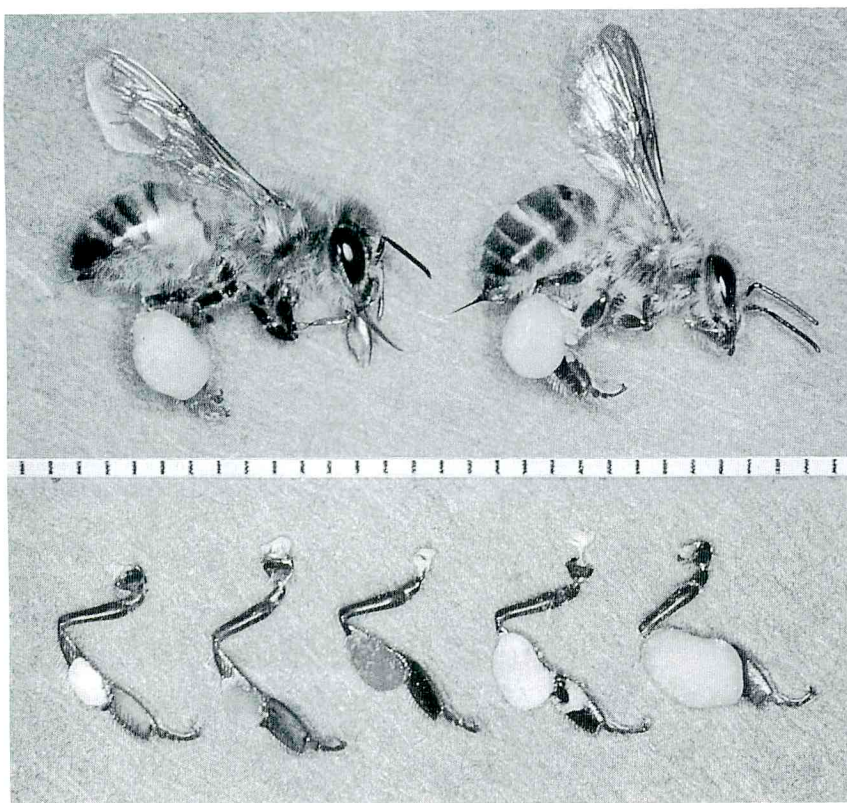


図4. 花粉だんごの形成過程 (図3の説明参照). スケールは1 mm.

て、以下に2, 3の観察・実験例をあげる.

a) 花粉採集蜂の動態

巣箱に帰ってくる働き蜂を観察し、花粉だんごを付けて戻った蜂の絶対数、蜜を集めてくる蜂(だんごをつけていない蜂をもってそれとみなす)との比率、それらの周期性や季節性を調べる(図5). 観察は2個のカウンターを用いて5あるいは10分間計数するのが普通. これは簡単に実行できる. 刺害の危険は低い, 面布は着用する.

b) 花粉ダングの構成花粉調査

次項に述べる花粉だんごトラップを用いて、花粉だんごを採取し、その大きさ、重さ、色調、構成花粉の種類と数などを調べる. 平均的な数値としては、大きさが径3~3.5mm, 重量は生重で普通7~15mg, 色調は花により実に様々. 1個当たりの構成花粉数(ハチミツ中の花粉分析に準じて調べる)は80,000~300,000粒, 構成種は蜂1匹の1回の飛行中の定花性を反映し

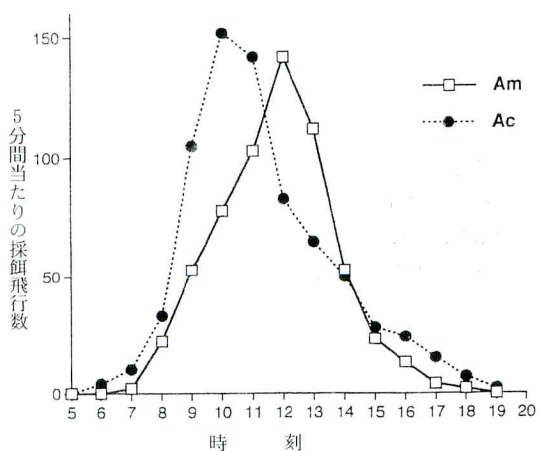


図5. リンゴ果樹園でのミツバチの採餌活動例
Am: セイヨウミツバチ, Ac: トウヨウミツバチ
(Verma and Dulta, 1968より改写)

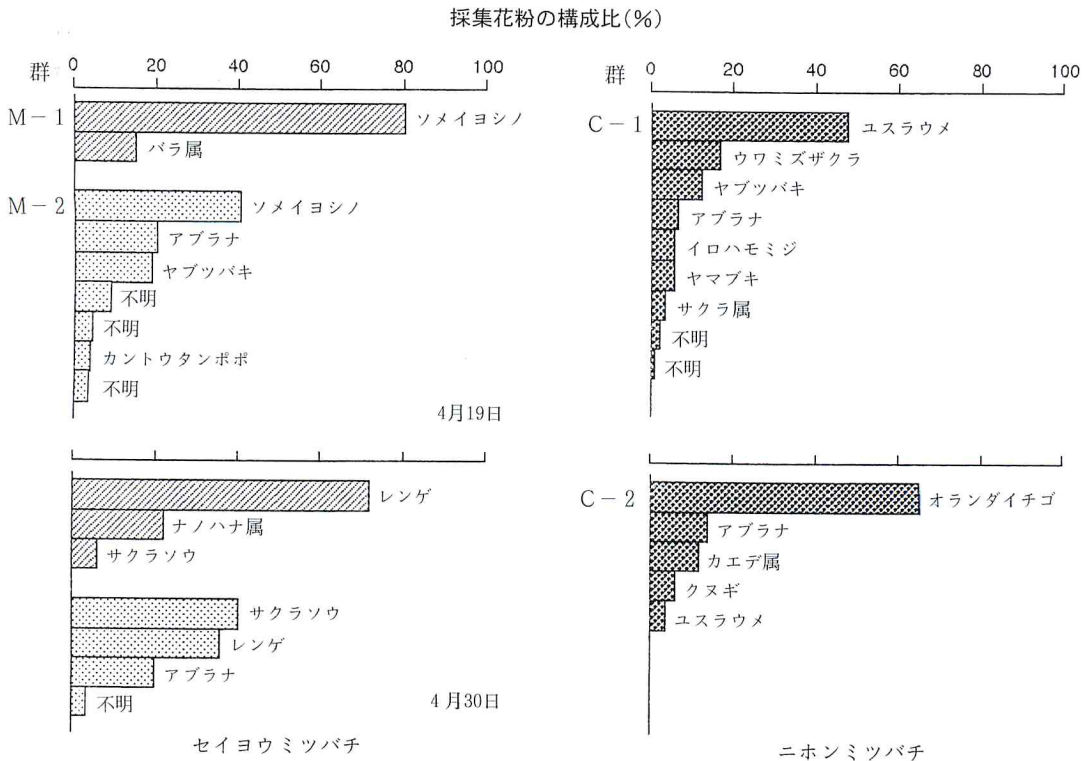


図6. 花粉源植物に対する訪花スペクトルの例. 同一蜂場でも種や群により, 集めてくる花粉の種類組成が異なることを示す. 4月19日のセイヨウミツバチの群M-2は, 群M-1よりずっと多様な花を訪れている.

て一定で, 混入花粉の率は数%レベル以下である.

花粉ダンゴを色その他で識別できたら, どんな花に行っているのかを季節を追って調べたり, 多様性指数で表してみるのもよい(図6)⁽¹⁰⁾. トラップを装着しておく, 花粉の巣箱内への流入量が制限され, 不足を生じる. すると群の反応として, 数日の内に外勤蜂の内に占める花粉採集係の蜂の比率が上がる⁽¹¹⁾. この調節反応を確かめるのも面白い.

3) ミツバチを利用した花粉の大量採取

ミツバチを利用して大量の花粉を採取することは, それ自体では実験とは言いにくい, 他の実験用の材料集めの技術として役にたつ.

日本で養蜂器具商から購入できる花粉トラップは形が決まっているが, 他にもいろいろなタイプのものがあり, 自作も十分可能. 図7に示したのは基本型で, Dが巣門, 働き蜂の通路にBの口径(4.2から4.6mm)の孔が開いたAの板を置き, 花粉だんごを付けて帰ってきた蜂が孔を通る際に, だんごがCのトレイに回収されるしくみである. これにより, 条件のよい日な

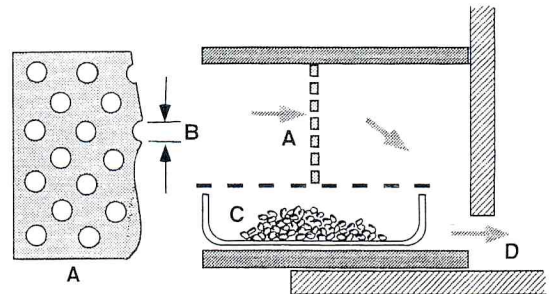


図7. 標準的な花粉トラップの構造図. 灰色の矢印が帰ってきた蜂の通り道. Aの板の孔を通過する際に大半の花粉だんごがとれて, Cのトレイ内にたまる.

ら1日に1群当たり100~200gの花粉だんごが採取できる. 森谷らが北海道で1年間トラップを付けたままにしておいた実験では約25kg/群の花粉が採れている. ただし, “つなぎ”(図8)として花蜜またはハチミツが混じる点, 花粉の種類が限定できない点は意識しておく必要がある.

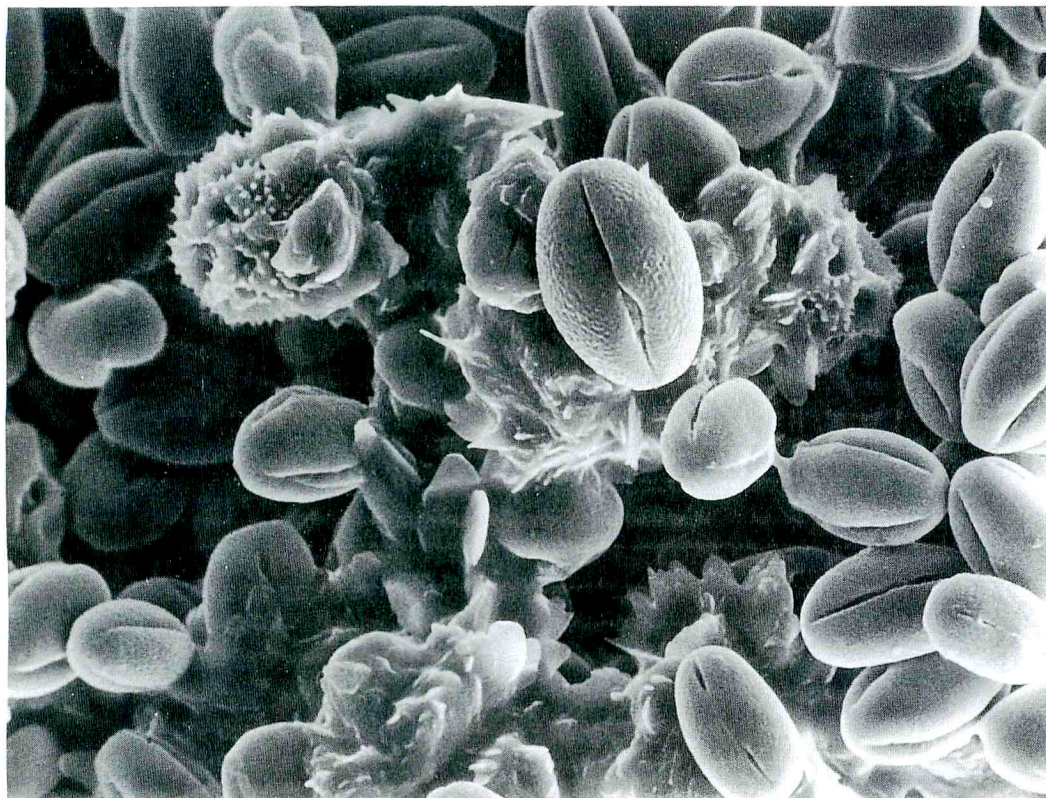


図8. 花粉だんごの表面. 口から吐き出した少量の蜜により練られていること、一部異種の花粉が混入していることがわかる。

筆者らがリングで試したところでは、これらの花粉を発芽力を保持したままで粉末状に再生することが可能である^(12,13)。その場合、まず好天で湿度の低い日を選び、トラップ中も出来るだけ通気をよくするとよい。回収した花粉ダングはすぐ処理するのがよいが、 -20°C 以下に1年間くらい保存することもできる。処理するダングは50%ショ糖水に入れて花粉粒がバラバラになるまで時々攪拌しながら放置し、これを大型ブフナーロートで吸引濾過する。その際濾紙上の花粉層を厚くしすぎると乾燥に時間がかかり、発芽力を失うので、0.5mmを越さないよう、1回に濾取する量を少なめにする。ロート中で50%ショ糖水がなくなったら、吸引状態のまま手早く1～5%ショ糖水かただの水を通した後、出来るだけ迅速に風乾または通気乾燥する。完全に乾燥した花粉は花から手で採取したものと同様に、保存したり、有機溶媒で油分を取り除くなどの処理に耐える。この方法は乾燥時の条件などにより、結

果が振れやすいので、再生花粉は必ずロットごとに発芽試験を行って発芽力をチェックしておく必要がある。

3. ハチミツ中の花粉分析

ミツバチと花粉の関係を応用的視点からみた場合、ハチミツ中の花粉分析からその蜜の主要蜜源植物を推定できる点は重要である。市販ハチミツの品質について、化学分析で一定の基準を満たしているか否かは判定できるが、何の花の蜜かは分からないからである。ハチミツ花粉の分析法はいくつか報告されているが⁽¹⁴⁾、ここでは、簡単な器具で出来るメンブランフィルター法を紹介する(図9)^(15,16)。

1) 準備するもの

メンブランフィルター (ニュークリポア、孔径8 μm 、直径25mmが便利)、フィルター・ホルダー (アドバンテック社製など)、吸引ピンとアスピレータ、

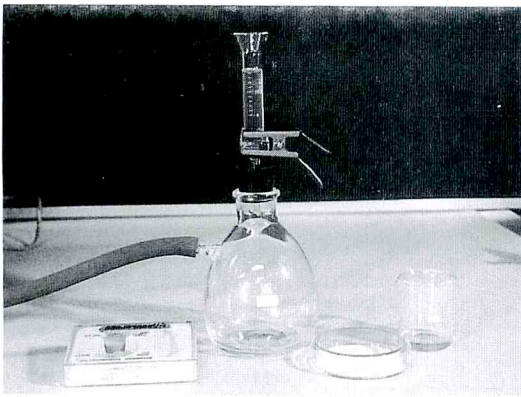


図9. 花粉分析用のセット. 図には示していないが、水流ポンプかジェットサッカーなどで吸引濾過する。

ゲンチアナバイオレット（染色液，0.02%アルコール溶液），グリセリンゼリー（ゼラチン13g，グリセリン80ml，蒸留水45ml，ごく少量のフェノールを加えて加熱融解したものを，吸引脱気してからシャーレに2～3mmの厚さに固めておく）。

2) 分析法

- a) よく攪拌した被検ハチミツを1ないし5g（サンプルにより適当量が異なる。Wgとする）を正確に秤量し，20～30mlの水または湯に溶く。
- b) セットしたフィルター・ホルダー内に希釈ハチミツを流し込み，花粉をフィルター上に濾取する。その際，底のフィルター面付近に乱流が起らないように十分留意する。
- c) フィルターを外して染色液をしみ込ませた濾紙上に置いて染色する（1分前後）。染色後はフィルターをただの水をしみ込ませた濾紙上に移して余分の染色液をとり除いたうえで，乾かす。

d) スライドガラスの中央にグリセリンを1滴落とす上にフィルターを載せ，その上にグリセリンゼリーの小片（2mm角程度）をのせ，丸形のカバーガラスをかける。これを下から加熱（アルコールランプなどで）して封入する。永久プレパラートとする場合は周囲をパラフィンで封じる。学生・生使用の実験なら，染色したフィルターを4等分し，扇形になったものを使い，封入剤もグリセリンのみとする。そうすれば通常のカバーガラスで済み，すぐに検鏡できる。倍率は400倍程度とし，メンブランフィルターの孔を花粉と間違わないように指導する。

e) ハチミツ1g中の花粉粒数（N）は，

$$N = n \times k \times (1/W)$$

で算出される。ただし，nは1視野中の平均花粉粒数，kはフィルターの有効半径 r_1 を顕微鏡の視野半径 r_2 で割った値を二乗した倍率，Wは供試ハチミツ量。実際の粒数は，例えばレンゲ蜜で10,000～30,000粒/g，アカシア蜜で3,000～8,000粒，ミカンではもともと花粉が少ないために，全粒数（色々な種類の花粉を含む）が2,000～7,000に対し，ミカン花粉の率は10～30%と低くなる。ハチミツ中の花粉スペクトルを左右する要因を市販ハチミツができるまでの過程に沿ってまとめたものが表1である。これらの要因により常にはなるものの，絶対的なものとはいえない。

4. ポリネーション

ミツバチの送粉行動については前述したが，他にもフィールドに出れば，多種多様のポリネーターがおり，ちょっとした工夫次第で随所に観察対象は見いだせる。

表1. ハチミツ中へ（から）の花粉の混入（消失）経路

種 別	ステップ	要 因	混入（+），または消失（-）		
自 然	植 物 上	成熟花粉が重力や風で蜜腺上に落ちる	+		
	飛 行 中	蜂の訪花時の行動による	+	+	*
	蜜 胃 中	蜜胃から花粉が濾し取られる	+		-
	巣 箱 内	口移し，濃縮，貯蜜行動	+	+	*
人 工 的	採 蜜 時	蜜蓋の切り落とし，遠心分離，濾過	+	+	*
	工 場	ブレンド，脱臭・脱色処理	+	*	-

* 非蜜源花粉混入の可能性あり

表 2. 花粉媒介動物と花の形質との関係

送粉様式	動物の種類	開 花 期	花の色彩	匂 い	ガイド・マーク	蜜 腺
甲虫送粉	テントウムシ など甲虫	昼および夜	各種、ふつう は暗色	強い香気性	無	無または露出
腐肉性、糞食 性のハエ送粉	腐肉性ハエ類、 糞食性ハエ類	昼および夜	紫褐色、緑色	強いタンパ ク分解臭	無	露出性または無 ときに仮蜜腺
ハエ送粉	ヒラタアブ、 ツリアブ	昼および夜	各 種	各 種	無	無または有
ハチ送粉	ミツバチなど、 ハチの仲間	昼、夜、 24 時間	赤色以外は各 種	甘い香気性	有	無または有 ときに隠蔽型
スズメガ送粉	スズメガ	夜またはた そがれ咲	白色、淡黄色	強い芳香性	無	有、隠蔽型、蜜 は多量
小型ガ送粉	小型ガ類	同 上	同 上	同 上	無	有、隠蔽型
チョウ類送粉	チョウ類	昼、夜、 24 時間	各種（ピンク が多い）	強い芳香性	有	有、隠蔽型

河野昭一・井上健 (1992)⁽¹⁹⁾ による。おもに Van der Pijl (1960~61) に基く。

表 3. リンゴにおけるマメコバチとミツバチの個
体当たりの授粉能力の比較

項 目	マメコバチ	ミツバチ
A. 訪花花数/分	15 花	9 花
B. 採餌時間/回	6 分	—
C. 採餌当たりの訪花花数/回 (A×B)	90 花	—
D. 独房当たりの採餌回数/個	18 回	—
E. 独房作製数/日	2.5 個	—
F. 採餌回数/日 (D×E)	45 回	—
G. 訪花花数/日 (C×F)	4,050 花	720 花
H. 柱頭接触率	≒100 %	20.6 %
I. 柱頭接触花数/日 (G×H)	4,050 花	148 花
J. 良果生産に必要な訪花回数	1 回	2 回
K. J による結実率	60.5 %	40.5 %
L. 良果結実数/日 (I×1/J×K)	2,450 個	30 個

前田泰生・北村泰三 (1981) による。

いる。Jones and Little (1983) 編の Handbook of Experimental Pollination Biology も関係各分野の研究が総説されていて内容豊かである⁽²⁰⁾。以上はいずれも純生物学的な視点からのものであるが、応用的なものとしては Free (1993) が作物ごとの各論を詳しくまとめている⁽²¹⁾。

あるポリネーターの授粉効率や結実に対する貢献度を評価する方法は、対象となる植物や昆虫の条件により大きく異なるので (表 2)、一般的な方法として紹介するのは難しい。ここでは一例として、リンゴの結実に対するミツバチとマメコバチの授粉効果を比較したデータを挙げる⁽²²⁾。表 3 からスペシャリストのマメコバチは、リンゴに対し 100%に近い柱頭接触率を示し、蜂 1 頭当たりの授粉効率としてはミツバチよりはるかに優れていることが読み取れる。一方ミツバチは良果の生産には 2 回の訪花が必要だが、マメコバチに比べてはるかに広い活動範囲と、機動力、管理のし易さなどで利点があるということになる。

文 献

- (1) 松香光夫・佐々木正己：花粉とミツバチ，花粉誌 34, 87-94 (1988)。
- (2) 佐々木正己：教材としてのミツバチー実験と観察。ミツバチ科学 1, 127-138 (1980)。
- (3) 渡辺寛・渡辺孝：近代養蜂。日本養蜂振興会。pp.727 (1984)。

そのガイド役として、またポリネーション生物学の全貌を把握するのによいのが、田中⁽¹⁷⁾の「花に秘められた謎を解くために」である。これはぜひ常備したい。もっと新しい状況を知りたい場合には、シリーズ地球共生系として出された「花に引き寄せられる動物」⁽¹⁸⁾と「昆虫を誘い寄せる戦略」⁽¹⁹⁾を参照されたい。わが国でのこの分野の最先端の成果が紹介されて

- (4) 佐々木正己：セイヨウミツバチ，「昆虫の飼育法」（湯島健他編）日本植物防疫協会，p.312-315（1991）.
- (5) 佐々木正己：ミツバチの社会システムとその制御機構，「社会性昆虫の進化生態学」（松本忠夫，東正剛共編）海游社，p.206-245（1993）.
- (6) 日本養蜂はちみつ協会（東京 Tel. 3291-8628）
- (7) Gary, N.E.：How to construct and maintain an observation bee hive. Div. Agric. Sci., Univ. Calif. Leaflet p.1-17（1976）.
- (8) Snodgrass, R.E.：Anatomy of the Honey Bee. Comstock Publ. Assoc., Cornell Univ. Pr. pp.334（1956）.
- (9) Hodges, D.：The Pollen Loads of the Honey Bee. Bee Res. Assoc. pp. 120（1974, 1952 より復刻）.
- (10) 酒井哲夫・小野正人：セイヨウミツバチとニホンミツバチの併飼蜂場での生態比較. II. 花粉ダングの搬入と訪花特性. 玉川大農研報 **31**, 169-178（1991）.
- (11) Lindauer, M.：Ein Beitrag zur Frage der Arbeitsteilung im Bienenstaat. *Z. vergl. Physiol.* **34**, 299-345（1952）.
- (12) 佐々木正己：ミツバチ花粉だんごの果樹人工授粉への利用. 第30回国際養蜂会議総収録 p.420-423（1985）.
- (13) 岡田一次・酒井哲夫・佐々木正己：洗浄・粉末化したミツバチ花粉ダングによる果樹類の人工授粉. 玉川大農研報 **23**, 18-35（1983）.
- (14) Louveaux, J., A.Maurizio and G.Vorwohl: Methods of melissopalynology. *Bee World* **51**, 125-138（1970）.
- (15) 岡田一次・松香光夫・杉本和永・佐藤厚美：花粉分析法によるハチ蜜品質検定の一実験. 玉川大農研報 **16**, 46-55（1976）.
- (16) 北島一良：蜂蜜中の花粉分析の教材化. 都生研会誌 **23**, 5-6（1987）.
- (17) 田中 肇：花に秘められたなぞを解くために－花生態学入門－ 農村文化社. pp.175（1993）.
- (18) 井上民二・加藤 真編：花に引き寄せられる動物－花と送粉者の共進化. 平凡社. pp.287（1993）.
- (19) 井上 健・湯本貴和：昆虫を誘い寄せる戦略－植物の繁殖と共生. 平凡社. pp.259（1993）.
- (20) Jones, C. E. and R. J. Little (Eds.): Handbook of Experimental Pollination Biology. S & AE, Van Nostrand Reinhold, N.Y. pp.558（1983）.
- (21) Free, J. B.: Insect Pollination of Crops, 2nd Ed. Acad. Press. pp.688（1993）.
- (22) 前田泰生・北村泰三：マメコバチの授粉効果と必要飼養数. ミツバチ科学 **2**, 65-72（1981）.

著 者 紹 介

◇ 佐々木 正 己

昭和23年1月，東京生まれ。玉川大学農学部卒業。東京農工大学（修士），東京大学（博士）大学院修了。助手～助教授を経て，昭和63年より玉川大学農学部（昆虫学研究室）教授。ミツバチ科学研究所兼務。農学博士。

