

花はなぜ美しいか 1. 昆虫と受粉

Why is the flower beautiful? 1 : Insects and Pollination

内海俊策

Shunsaku UTSUMI

はじめに

花は美しい。花を愛好する人は多い。そして、美しい花は我々の生活に安らぎとうるおいを与えてくれる。しかし、花は我々ヒトのために美しい装いをしているのであろうか。

植物界の中で藻類、菌類、シダ類などは花がなく、種子ではなく胞子で繁殖する。花があるのは、種子植物と呼ばれる植物に限られ、種子植物の中でも裸子植物と呼ばれるマツ、スギ、ヒノキなどの針葉樹には花が咲くけれども、その花の美しさはほとんど問題にされていない。ところが、さらに進化した植物、現在の地球上でいちばん繁栄している被子植物の花は、おしべ、めしべのほか、花弁、がく片などや包葉状の付属物が加わり、それらがあざやかに着色したりする。こうして、植物界に美しい花が出現してくる。そして、この美しい花は、原則として虫媒花といって昆虫による花粉媒介を受けている。つまり、花の美しさは昆虫をひきよせる装置として進化したというわけである。また、花らしい花の咲く双子葉植物の花は開花すると、花の大きさ、色彩、集合の美などでもつばら視覚によって昆虫を誘引しているが、実はたいてい別の誘引装置を用意している。それは花の香りと蜜である。これらの装置がセットになって昆虫やメジロなどの小鳥を誘引し、動物に依頼して受粉するという植物と動物の相互関係、共生をつくりあげるのが、典型的で、かつもっとも普通の花ということになる。

児童・生徒は、小学校と中学校で花のつくりを学ぶとともに、種子植物が花を咲かせて種子をつくり、子孫を増やすことを学ぶ。そのためには、めしべの柱頭に花粉がつき、花粉から花粉管が伸び、その中を精細胞が移動して胚珠の中の卵細胞と受精することによって種子がつくられることを学習する。つまり、「花が植物の生殖器官である」ことを学ぶ。

生殖器官としての花の役割は、種子をつくることおよび花粉を通して同じ植物のほかの株との間で遺伝情報の交換を行なうことである。この任務を果たすために、花が咲いてから散るまでにはおしべやめしべの変化があり、花の形や色など、「植物にとって好ましい生殖」のための驚くべき工夫が秘められている。それらを踏まえたうえで、花をとりまく生物的環境や物理的な環境と花の生殖活動との関連を生態的にさぐる植物学の一分野を「花生態学」という。

花の生殖活動の第一段階では、花粉がおしべの葯を離れて、めしべの柱頭につかなければならない。この過程を受粉（送粉, pollination）という。小・中学校では、この受粉がどのようにして行われるかは学ばない。しかし、花粉は自分の力でおしべからめしべに移動できないため、受粉するためには花粉を運んでくれるものが必要となる。その花粉移動の媒体として、花は自然界で動くさまざまなものを利用している。

送粉の方法には、風や水によって花粉が運ばれる非生物的方法と、昆虫、鳥類、哺乳類などの動物によって花粉が運ばれる生物的方法とがある。さらに、花自身の動きによる方法（同花受粉）がある。どの方法によって花粉が運ばれるかは植物の種類によって決まっている。一般に、きれいで、目立つ花を咲かせる植物は生物的方法で送粉が行なわれる植物である。昆虫や鳥のように花粉を運ぶはたらきをする動物を送粉者（pollinator）という。

昆虫が受粉を媒介する虫媒花には、特殊なつくりを用意して特定の昆虫と共進化している花がある。共進化するとき、花は昆虫の体のつくりに合わせて形を変化させている。中学校では、花にはいろいろな形のものがあることを学ぶが、これと受粉を結びつけて学習していない。しかし、花を本当に理解するには、訪花昆虫のことを知らねばならない。花と昆虫との間に成立しているのは取引きである。すなわち、昆虫は花の受粉を助けるのと引きかえに蜜や花粉の食物をもらう。千変万化の花の形、光り輝く多様な色彩、あふれる香り、これらの一切が

進化の産物であるが、それは蜜と花粉のありかを昆虫に示すために役立つ。さらに、それぞれの花は、生育地を共有する他の植物種との区別を際立たせるような固有の性質や特徴を発達させることで、自身の生き残りを助長してきた。昆虫が受粉する被子植物は、他のどの器官よりも花において、その遺伝的多様性が顕著になっている。このことは、昆虫にとってどの花を選ぶべきかの決め手になる。

我々が今日見ている花と昆虫とが繰り広げる魅力的な世界は、長い共進化の結果である。色とりどりの花畑は、昆虫自身を映し出す昆虫環境であるといえる。逆に言えば、少なくとも1億年は続いてきたこの密接な相互関係によって、昆虫もまた多様な存在に進化してきたのである。蜜や花粉を集める器官のつくりや働きがその影響を受けたばかりか、感覚機能や行動、さらに学習のような複雑な能力までもが影響を受けている。したがって、花のつくりや受粉方法の観察は、児童・生徒の花への興味をかきたてるとともに、生物進化や環境教育の教材としても役立つといえよう。しかも、日本の花の生態は8割が手つかずであり、根気さえあれば子供でも観察ができるという。

そこで、本稿では、これまでに調べられた送粉における昆虫と花との関係をみることにより、教材への導入のきっかけとしたい。

送粉の方法

まず、花粉はどのような媒体で運ばれるかを見てみよう。送粉の方法が何であるかによって花を次のように分けることができる。

(1) 風媒花

花粉が風によって運ばれる。要するに風まかせなので、多量の花粉が放出される。マツ、スギ、イチヨウなどの裸子植物のほか、被子植物ではブナ科、イネ科、カヤツリグサ科などにみられる。植物の進化のうえで風媒の歴史は古く、裸子植物は地質時代から風媒受粉を主にしてきたと考えられている。キカデオイデアという裸子植物のソテツに近縁な植物の花の化石がアメリカで発見されている。この植物は1億4000万年前、乾燥した土地に生活していた高さ1~2mの植物で、花には昆虫に食われたあとがあり、虫に食われた花が実を結んだことが明らかにされている。このような昆虫によって送粉されるようになった植物群の中から、今日みられる被子植物が発生してきたと考えられる。このように、被子植物の出発は虫媒花であったが、のちにふたたび風媒花にもどった植物が、いろいろなグループの中から出てきた。それらはカバノキ科やイネ科・カヤツリグサ科を形成している。また、虫媒花が主流となっているキク科やタデ科の中からもヨモギやスイバなどの風媒花をつける植物が派生している。受粉方法としては古いが、風媒受粉にも多くの利点があるので、ふたたび風媒受粉を行うようになったのであろう。

風媒花は、吹いてくる風にただ漫然と花粉をたくしているわけではない。風を利用しやすい季節や風通しのよい位置に花をつけ、風をうまくとらえる形態をもっていたり、風が弱い場所では花粉をはじき飛ばしたりと、さまざまな構造や働きをみることができる。

風媒花のさまざまな送粉方法は、19世紀中葉に、イタリアのデルピノによって次の5つの型に整理されている(田中 1993 参照)。すなわち、不動型、尾状型、垂下型、長花糸型、弾発型の5型である。

① 不動型：おしべや雄花が、散布のための特別な構造をもっていない型で、強い風を待つて花粉を飛ばす。マツ、スギ、オナモミ、ホウレンソウ、ガマなどの雄花にみられる。

マツでは、初夏になると、今年伸びた新しい枝の下のほうに雄花が多数群がってつく。雄花はラグビーボール形で長さ10~20mm、表面は魚のうろこのように鱗片が積み重なっている。鱗片の一つ一つがおしべで、それぞれの鱗片の下に2個の葯がついていて、ここに花粉がたまっている。がく片や花弁に相当するものはない。これは裸子植物に共通の特徴である。花期になると、雄花の中軸が下のほうからしだいに伸び、まず基部の鱗片と鱗片との間にすき間ができる。すると葯の壁は乾燥して裂け、花粉が鱗片の間やその付近にこぼれ出す。雄花の中軸の生長が下部から上部へと及ぶにしたがって、葯が順次に裂けて花粉が放出される。花には、花粉散布のための特別なしくみはなく、花粉は強い風が吹いたとき、それに乗って散っていく。花

粉は楕円形で、その左右にこぶのような気嚢（空気袋）がついている。マツの花粉の直径は40~50 μm で、風媒花の中では大きいほうである。そのため、弱い風では遠方に達することができず、木の根元に落ちてむだになってしまう。そこで、マツの雄花は特別な散布装置をもたず、花粉は強い風にだけ乗るのだと考えられている。このような形式の花をつけて受粉できるのは、新しく開けた土地にいち早く侵入して林を形成し、風通しのよい広い空間に枝先をさらすことができるからである。マツの樹木としての性質と花粉の形態とが相まってつくりあげられた受粉方法であるといえる。

スギは、春になると花粉症の元凶として嫌われるが、大量の花粉の放出も繁殖のために必要な生命活動なのである。雄花はマツのそれに似ているが、ぐっと小さく、長さ5mmほどのだ円形で、枝先に下向きに群がってついて、枝とともにゆれている。マツのようにしっかりした不動型ではなく、垂下型との中間的な花粉散布様式をとっているといえる。花期になると、鱗片の先にわずかな隙間ができ、花粉はそこからこぼれ出て大気の流れに乗る。1個の雄花で生産される花粉数は24万~44万個で、200万個当り1個が受粉できるという計算がある。これほど多数の花粉を放出するのはスギの雌花が下向きで花粉を受けにくいことにあるようで、多いとはいえ、スギにとって子孫を残す必要最小限の数であるのだろう。

- ② 尾状型：雄花が集まって長い花序をつくり、花序全体が風にゆられて花粉を散布する形の花である。ゆれるということが、この尾状型や次で述べる垂下型・長花糸型に共通する花粉散布のかぎとなっている。ハンノキ、コナラ、クヌギ、カシワ、シラカバ、クルミ、ポプラなどが尾状型の雄花をつける。スズメがポプラの雄花を食べることがある。その雄花には、タンパク質に富む花粉がつまっている。
- ③ 垂下型：おしべをもつ花が、しなやかな柄の先につり下がって開花する花である。花がゆれ、しかも下向きであることで、花粉が散りやすくなっている。ただ、この型の花はおしべにも動きやすい構造がしくまれているものが多い。スイバ、カナムグラ、ブタクサ、ブナの雄花がこの型である。スイバやカナムグラのおしべをみると、花糸の先端が細くなっていて、そこにつく葯はほんの少しの風でもゆれ動くようになっている。つまり、花がゆれ動くだけでなく、葯までも細かくゆれることで、花粉が飛びやすくなっているのである。
- ④ 長花糸型：これまで見てきたように、風媒受粉する植物には、雄花と雌花を異なった花序や別々の株につけて、雌雄を離しているものが多い。こうして他の個体との遺伝情報の交換が促進されていると考えられる。しかし、イネ科では、両性花のまま風媒受粉をする植物が多い。そこで採用された方法の一つが長花糸型である。花は花糸を長くして柱頭と葯を隔離しているのである。しかし、花糸を長くしているのはイネ科に限らず、雄花と雌花を別の花序につけるカヤツリグサ科のスゲの仲間も長い花糸をもっている。
- ⑤ 弾発型：おしべが急激な運動をして、花粉をはじき飛ばす花で、こうすることによって風の弱い林内でも風媒受粉ができるようになった。そして、風の弱さに対応して花粉粒は小さく、その長径は11~20 μm であり、コナラやハンノキなど尾状型の花粉のそれに比べて2/3ほどしかない。体積にすると、1/3以下になる。物体は小さいほど長く空中にとどまっていられるから、これほど小さい花粉は、同じ風速でも長く空中にただようことができるであろう。このように、弾発型の花は、花や花粉の形態を変え、風の弱い環境で風媒受粉をする能力を獲得した特殊なグループといえる。カテンソウ、アカソ、クワ、クワクサなどにみられる。

(2) 水媒花

花粉が水の流れによってめしべに運ばれる。沈水性の被子植物のある種のもののがこれに該当する。よく知られた例として、淡水産のセキショウモ（単子葉植物）や海産の被子植物であるアマモ（単子葉植物）などがある。セキショウモでは、正しくは花粉がおしべに到達するのではなく、雄花が雌花に到達する。セキショウモには雄株と雌株とがあり、雌花は水面に出て開花する。一方、雄株の根元には多数の雄花のつぼみがつき、つぼみのうちにばらばらに離れて水面に浮き上がり、開花する。開花した雄花は水の流れによって雌花に達し、葯から直接花粉が柱頭に渡され、受粉が成立する。アマモの花には花被がなく、おしべとめしべだけの花を水中で咲かせる。おしべからは長さ5mmにも達する花粉が放出され、柱頭に到達すると巻きつくようにして受粉が行なわれる。

(3) 虫媒花

本稿の考察主題であるので、別の項目をたてて論述する。

(4) 鳥媒花

ハチドリなどの鳥類によって花粉が運ばれる。ハイビスカスやポインセチアなどの例がある。まだ、昆虫があまり活動していない早春に花を咲かせるヤブツバキもメジロ、ヒヨドリなどの鳥類によって送粉が行なわれる。一般に、虫媒花より濃い蜜を出すのが特徴である。鳥媒花の色は、一般に赤か白である。わが国でサルビアとよばれている赤い花、ヒゴロモソウ（シソ科）も鳥媒花で、原産地のアメリカ大陸ではハチドリが送粉する。ザクロも赤い花をつけ、ヒヨドリなどを呼び寄せる。

(5) コウモリ媒花

コウモリによって花粉が運ばれる。この花は濃い蜜を出したり、発酵臭や腐敗臭などの強い臭いを放つ。夏の夜に一晩だけ花を開き、数時間でしおれてしまう月下美人もサボテンの一種であり、コウモリにより送粉が行われると考えられている。花を訪れるコウモリは熱帯を中心に多く、アフリカではバオバブやカボックの花の、アメリカ大陸では上述のようにサボテンの大形の花の送粉者としても知られている。日本では、九州以北に生息するコウモリはいずれも昆虫を餌にしており、花を訪れたという記録はないようである。しかし、亜熱帯の小笠原に棲むオガサワラオオコウモリや西表島など八重山列島に生息するヤエヤマオオコウモリは果実食で、果実を食べたり、花を訪れて蜜を吸ったりするという。そして、小笠原にはムニンダモ（マメ科トビカズラ属）やツルアダン（タコノキ科のつる植物）が、南西諸島にはウヅルカンダカやシュウスズメのマメ科トビカズラ属の植物が生育し、コウモリ媒花をつける。これらの花の色は、暗褐色である。月下美人は白色の花をつける。また、小笠原では、オガサワラオオコウモリがアオノリュウゼツランの花（うすい緑色）を訪れたという記録がある。原産地のアメリカ大陸では、この花にメキシコハナナガコウモリが蜜を吸いにくるという。

(6) 有袋類による送粉

乾燥がちなオーストラリア大陸で生活圏を広げてきた植物のグループに、ユーカリとバンクシアがある。これらの植物は、その大陸に特徴的な動物群の有袋類などと出会った。ユーカリの樹上の花には、ネズミのように小さいオポッサムやフクロウモモンガの一種が蜜と花粉を求めて訪れ、送粉することが知られている。また、やや大形で夜行性の有袋類を送粉者とするバンクシアは、地上すれすれに長さ10センチ以上もある頭花をつけ、高い香りで花の存在を誇示している。これら大形の送粉者に対応するため、花々は大きくがっちりしている。

虫媒花

昆虫によって花粉が運ばれる。花が美しい色をしていたり、よい香りを出したり、蜜を分泌するなどのほかに、さまざまな昆虫をよび寄せるしくみが発達しているものがある。

昆虫や鳥類、哺乳類など動物が受粉を媒介する花は、さまざまな特徴をもっている。その特徴の中で大切な要素は三つある。

第一に、餌の提供である。動物に仕事をさせるには、代償としての餌をあたえるのが近道である。その餌として、花はタンパク質に富んだ花粉、カロリーの高い蜜を動物に提供する。第二に、花が広告塔の役割を果たすことである。餌を用意しても受粉を媒介する動物が訪れなくては花が無駄になってしまうので、餌の存在を示す広告を用意している。それが花弁であり、ときにはがく、包葉、おしべの変形したものなどであることもある。がくや花冠（花弁全体の構成）は葉とは異なった色彩になっていて、視覚的に区別しやすくなっている。また、夜に開花する花や視界のきかない密林の中で咲く花は、高い香りを放って餌のありかを示すことも多い。第三に、特殊なしかけをもつことである。誘い込んだ動物に花粉を運ばせるために、がく、花冠、おしべに特殊なしかけをする花が多く、一般に花粉にねばりがある。花粉を運ぶ動物、すなわち送粉者は種類によってその形態や習性は異なっているので、これに対応して花はそれぞれの動物群により受粉されるのに適した構造や機能を備え、形態的に特殊化している。前述のように、花を訪れる動物には鳥、コウモリ、またオーストラリアなどに住む有袋類などの脊椎動物もいる。しかし、日本で最もなじみ深い送粉動物はチョウ、ミツバチ、ハナアブなどの昆虫であろう。

花を訪れる昆虫たち

どのような昆虫が花を訪れるのだろうか。さまざまな昆虫が花を訪れるが、あるものは受け入れられ、あるものは排除される。それは、昆虫の形態や習性が花の構造や機能と適合するかしないかにかかっている。

花を訪れる昆虫は、次の四つのグループに属しているものが多い。すなわち、膜翅目（ハチ・アリ）、双翅目（ハナアブ・ハエ）、鱗翅目（チョウ・ガ）、鞘翅目（甲虫）である。これらの昆虫はそれぞれの目（もく）ごとにほぼ共通の形態や習性を持ち、花とも独自の関係を結んでいる。

膜翅目：膜翅目の昆虫のうち、よく花を訪れるのはハナバチの仲間、カリバチの仲間、それにアリの仲間である。中でも、ハナバチの仲間は多くの花にとって欠くことのできない送粉者である。

ハナバチの仲間には、ミツバチやマルハナバチなど比較的大形のハチと、小型のヒメハナバチやコハナバチなどがいる。いずれも幼虫から成虫までの一生の餌を花の蜜と花粉に頼っている。そのため、成虫は効率よく餌を集めねばならず、優れた知能と強い力を持ち、昆虫の中で最もよく花に適した昆虫群である。特定の花を訪れる性質や、花にもぐりこむ習性も身につけており、そのうえ複雑な花を操作する能力も備えている。花粉は幼虫のタンパク源として大切な餌なので、ハナバチはそれを効率よく集められるよう、体に毛が多く生えている。そこで、花から花へと多量の花粉を運ぶことにもなり、多くの花の受粉に役立っている。

カリバチの仲間であるスズメバチ科のハチは、口器が蜜を吸うように発達していないので、ヤブガラシなど蜜が露出しているような花を訪れるが、体には毛が少なく、効率のよい送粉者ではない。一方、ツチバチ科のハチは体に毛が生えており、しかも花にもぐりこむなどの習性があり、ハナバチほど活動的ではないものの、花粉を媒介することが多い。

アリの仲間を花の上で見かけることも多いが、小型なので葯や柱頭にふれず、蜜だけをなめていく盗蜜者となることが多い。

双翅目：花の上でよく見られる双翅目の昆虫はハナアブの仲間、ふつう黒と黄色のしま模様の腹部を持ち、ハチによく似た姿をしている。しかし、幼虫は独立生活をしているため、成虫は自分の活動のための蜜とわずかな花粉があればよく、多くの花を訪れる必要はない。そのため、行動はハナバチに比較して勤勉さに欠けているし、力づくで花にもぐりこむこともしない。体に毛は生えているが、花粉を体につけて集めることもなく、また柱頭にふれる率が低いなど、花の立場で見るとハナバチより一段劣った送粉者ということになる。そのため、ハナバチと区別して対応している花もある。

オオクロバエやキンバエなど、ハエの仲間も花を訪れる。花の上での行動はハナアブの仲間に似ていて、やはりハナバチよりは送粉効率が悪い。しかし、ハナアブの仲間やハエの仲間は、気温が10℃前後でも活動でき、もっと高温を好むハナバチの仲間の活動がにぶる秋や、気温の低い早春に咲く花の送粉者としては重要な昆虫である。

ツリアブは花を訪れる双翅目の中では特異な存在で、長い口吻を花に差し込んで蜜を吸う。体に毛が多く、花によっては大切な送粉者である。

鱗翅目：チョウやガの仲間である。ともに長い口吻を持ち、そのうえ体は鱗粉に覆われているため花粉がつきにくい。そのため、ふつうの花では花粉の媒介をせず、おしべやめしべのすき間から蜜を吸う盗蜜者となることが多い。そこで、鱗翅目の昆虫に花粉を運ばせる花は、蜜を深い管の中にかくしたり、おしべ、めしべを長くし、花粉を糸でつづったり、ねばりを強くするなど、他の花とは異なった構造や機能を備えている。

鞘翅目：甲虫の仲間である。花の上でよく見かける甲虫は、ハナムグリやハナカミキリなどである。甲虫は一般にかみくだく形の口器しかもっておらず、しかも行動がにぶく、一つの花の上に長時間滞在するなど、効率のよい送粉者とはいえない。日本で唯一の甲虫媒介で受粉する花は、ランの仲間のタカネトンボだけである。

花の色と昆虫

昆虫はどんな色の花に引き寄せられるのだろうか。花の色は、昆虫に花の性質を示す信号でもある。白い花は口吻が短い昆虫に蜜が浅いところがあると語りかけ、紫の花はチョウや大形のハナバチに蜜が深いところにあるこ

とを告げている。さらに、花にえがかれた色あざやかな模様も受粉に関与する昆虫にとって大切な意味をもっていることが明らかになっている。

虫媒花型の野生植物のうち、最も多い花の色は白色(36.3%)で、次いで紫色(24.2%)、黄色(20.4%)、緑色(9.6%)、赤色(7.4%)、青色(1.1%)、褐色(0.7%)、黒色(0.3%)の順になっている(田中 1993)。野山では、白色、黄色、紫色の花がほぼ同数あり、赤と緑は少ないという。これまでの調査で明らかにされた結果は以下の通りである。

モンシロチョウは、白い花、黄色の花、赤い花を訪れるが、このうち黄色の花を最も好むようである。それ以上に黄色い花が好きなのは、モンキチョウ、ツマグロキチョウ、ベニシジミである。その他に、チビキバナハナバチ(ハチの仲間)やアカガネコハナバチ、ヒラアシヒメハナバチ、ダイミョウキマダラハナバチなどのハナバチが黄色い花を好む。

甲虫のハナカミキリの仲間9種はいずれも白い花が好きで、強い好みを示す。白い花は、一般に花が小さく蜜が浅いところにあるため、口吻が発達していない甲虫にも吸いやすい。また、白い花の多くはセリ科のように多数の花が集まって茎の上方に平らな花序をつくるので、花へのとまりかたがへたな甲虫でもとまりやすいという利点もあるようである。この二つの特徴があるため、ハナカミキリの仲間は白い花を選ぶのであろう。

甲虫ほどではないが、ハエやハナアブの仲間10種も、口吻が短いためか、白い花を好む傾向がみられる。花の白色は、「蜜が浅いところにあるよ」という、昆虫に向けられた共通の信号なのかもしれない。しかし、白い花でも、アセビ、スズラン、ドウダンツツジのように下向きの花は別である。これらの花は垂れ下がって下向きに咲く。これらは止まるのが上手なハナバチのための花である。飛んで来てそのまま下向きの花に止まる高度なテクニックが使えるのはハナバチ類だけである。これらの花は、花から花へと素早く移動できる性質をもつハナバチ類だけに蜜や花粉を提供しようとしているのであろう。

アゲハ、キアゲハ、カラスアゲハの3種は、赤い花を好む傾向が強い。アゲハ以外のチョウでは、紫色の花を好む種が多い。紫色の花には、蜜が深いところにあり、しかも多めにたくわえられているものが多いが、チョウは口吻が長いのでそれらを利用できるとおもわれる。

ハチの仲間では、口吻が発達していないチビドロバチ、トクリバチ、フタモンアシナガバチ、クロスズメバチが緑色と白色の花を訪れるが、緑色の花の方を好む傾向が強い。緑色の花はヤブガラシやタラノキなど蜜が浅いところにあるか、露出している花が多い。このことがこれらのハチを引き寄せる要因なのであろう。

働き者のハナバチの仲間は、種によって多く訪れる花の色が異なり、共通点がみつけにくい。ただ、ミツバチやマルハナバチなどミツバチ科のハチは、紫色の花を好んで訪れる傾向がみられるという。これらのハチが好んで訪れる左右相称の花に紫色を帯びたものが多いからであろう。

昆虫は花の色を識別できる

昆虫の眼は、ヒトのような水晶体をもった眼とはまったく異なっている。ミツバチやハエの頭には、どちらの側にも何千もの微小な眼がついている。その一つ一つは1個の像を映し出すのではなく、1個の小部分像を映し出すだけである。けれども眼の数が非常に多く、その一つ一つがほんの少しずつ別な方向を見るようになってるので、どちらの側でも多数の個眼がつなぎ合わさって全体で一つの眼(複眼)となり、小部分像が多数つながってモザイク状に周囲の全体像をつくり出すのである。この眼が色を知覚するかどうかは、次のような実験により明らかにされた(フリッシュ 1975 参照)。

15 cm四方の青い紙の上に砂糖水を入れた皿を乗せてミツバチに餌として与えると、ミツバチは花の中から蜜を集めるのと同じようにせつせと砂糖水を集める。ミツバチが数回巣へ飛んでいっては引返した後で、餌を取り去ってしまい、その場所に砂糖水を置いていない1枚の青い紙と赤い紙とを置いてみる。すると、ミツバチは青の上だけにとまる。ミツバチは青の上に餌があったことをおぼえていて、明らかに青を赤と区別することができる。しかし、これだけではまだ色が見える証拠にはならない。ヒトには、稀な眼の障害だが、全色盲がある。このような人は、色のある風景を色のない写真で見ているようなものである。それぞれの色は一定の明るさをもってい

る。全色盲の人にとって赤は非常に暗く見え、青はかなり明るいので、彼らも赤と青との区別ができる。したがって、ミツバチが色を明るさだけで識別していたのではないかという反論を封じるには、別なやり方で実験しなければならない。

再び、青色の紙の上にのせた餌を与える。次に少しずつ明るさの異なった、白から真黒にいたるまでのさまざまな明るさの灰色の紙片を並べた真ん中に、青い紙を1枚置いてみる。この場合、全色盲の眼では青の色紙を間違いなく見つけ出すことはできない。なぜなら、青い紙は一定の明るさの灰色に見え、したがって、さまざまな異なった明るさの灰色紙のどれかと見違えるくらいに似ているはずだからである。ところが、初めの餌で青色に訓練しておいたミツバチは、今度も目標を間違えずに青色の部分へ飛びおりた。これで色覚をもつことが証明された。また、餌の位置を覚えていたのではないかという疑問をなくすため、皿の下の紙の位置を実験のたびに変えた。紙の色素の匂いを記憶しないように実験するときは紙をガラス板で覆っておいた。こうして、ミツバチは、青い紙と灰色の紙とを明暗ではなく、色として区別していることが証明された。

この実験は、黄色、橙色、紫色でも成功した。しかし、ミツバチの色覚は我々の色覚とは一致しない。深紅色で訓練した後では、赤い紙ばかりでなく、真黒や暗灰色の紙にも飛んで来る。赤と黒はミツバチにとって同じなのだ。ミツバチは「赤色盲」なのである。

フリッシュの実験以後、ミツバチは我々ヒトには見えない紫外線も色として識別できることがわかった。図1に示すように、ヒトの眼は、約400 nm (ナノメートル) から約800 nm までの波長の光を色としてみるができる。波長のこの範囲がヒトの可視域(可視光)である。ミツバチでは、ヒトと比べると短波長側にずれていて、約300~700 nm の範囲の波長の光を色として見るができるわけである。すなわち、昆虫はヒトには感じるることのできない紫外線を色として見るができるかわりに、ヒトには見るができる赤色は見えないのである。ミツバチはその可視域の範囲で、黄色、青緑色、青色、紫外色の四つの色調を見分けることができるが、黄色の部分が同時に紫外線も反射していれば紫色に近い色に見え、また青色の部分が同時に紫外線も反射しているとスミレ色に見えるといわれている。赤色の部分は同時に紫外線を反射していれば、黒く見えていることになる(菊沢, 1995)。

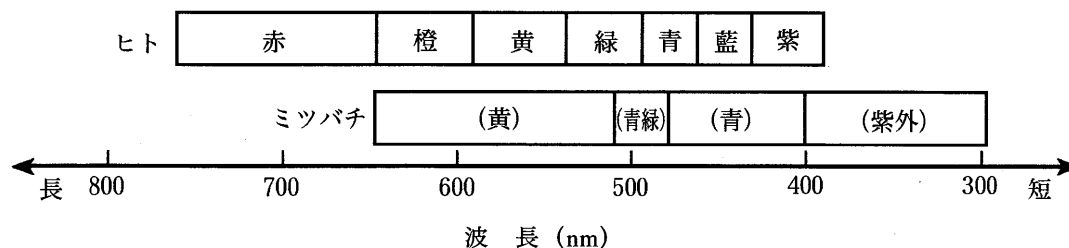


図1 ヒトとミツバチの可視域の比較(説明は本文参照)

こうした実験から、なぜ深紅色の花が植物界にはほとんど見られないかということが理解される。ヒースやシャクナゲやアカツメクサのような、いわゆる「赤い」花はたいてい青紅色であるが、ミツバチにはこの混合色の赤色成分が見えないから青に見える。ケシの花は深紅色である。ところが、ケシの花は非常に多くの紫外線を反射している。ケシの花を用いた訓練実験で証明されたところによると、ミツバチの眼はケシの花弁を紫外線の色に見ているのである。ケシのような深紅色の花は、熱帯地方を原産地とする観賞植物で、日本でも栽培され、いろいろな種類がある。こうした植物は、熱帯地方ではミツバチではなく鳥によって受粉が行なわれている。それは花の前を飛びながら、多量に分泌される蜜を吸うコリブリ(ホオスミレハチドリ)やそのほかのハチドリである。鳥の眼にとって赤はよく見える色なのである。なお、ハチドリ(蜂鳥)は世界最小の鳥で、体長は5~24 cm あり、くちばしが長く、体長の半分を占めることがある。彼らは花蜜を吸い、クモ・昆虫を食べる。南・北アメリカに分布している。

多くの花は蜜源にいたる通路が顕著な色の斑点や線状の模様(蜜標または蜜標識と呼ばれる)で表示されているので、飛んで来る昆虫はあたりを探しまわるまでもなく、ただちに正しい場所に口先を差し込むことができる。こうした蜜標識の事例を丹念に調べた上で、花を訪れる昆虫の眼が紫外線を感じるができることと思い合わ

せてみると、いろいろと意外なすばらしい事実を経験させられることだろう。我々ヒトには単色に見えるほかの多くの花も、昆虫だけが知覚できる蜜標識をはっきりと備えていることを発見することだろう。たとえば、アブラナの花はヒトの眼には黄色一色にみえて蜜標識はわからない。しかし、カメラに紫外線だけを通すフィルターをかけてモノクロ写真を撮ると、図2のように見える。このようにして初めて、この花の華麗な蜜標識が認識できる。これは花卉の中心部が紫外線を吸収するために写真では黒く見えるのに対して、花卉のへりの部分は紫外線を反射して明るく見えるからである。昼の光の中ではヒトの眼には黄一色に見える花が、その中心部では黄色だけを反射し、へりでは黄色と紫外線とを反射する。キク科のセイヨウタンポポ、キクイモ、リュウキンカなどにも同様の紫外線像が見られる。実験で証明されたところでは、黄と紫外線とはミツバチの眼には、紫赤色の混色になるので、中心部の純粹の黄がくっきりと目立つのである。ミツバチの行動を観察すると、花の中心部にある紫外線を吸収している部分だけを歩きまわっている。ミツバチはその部分に蜜があることを知っているとしか考えられない行動である。ミツバチにかぎらず花に来るチョウやハナアブ類、それにトンボやハエなど研究されたほとんどの昆虫の眼は紫外線を知覚する能力をもっている。そのうえ、アゲハチョウやモンシロチョウは紫外線から赤までの範囲の光を色として区別できる広い色覚を備えている。紫外線を見ることのできる眼をあてにしたこのような蜜標識は、花の世界ではきわめて多くみられる。このことから考えても、花の色がヒトの眼を楽しませるためではなく、花を訪れる昆虫の眼のために造られたものであることがわかるだろう。だからといって、我々が花の美しさを鑑賞するのを遠慮しようなどと思う必要もないだろう。

なお、蜜を分泌する花は蜜腺をもっている。その蜜腺のある場所は植物によって異なり、めしべ(子房の基部)、おしべの基部、花卉の基部、がく片の基部などがある。これらの蜜腺と蜜標識の詳細については次回の論文でとりあげる予定である。

これまでみてきたように、花は受粉を確実にを行うために、自分に適したさまざまな知恵と工夫をこらしている。とくに、虫媒花には、送粉者である昆虫を誘引するようなさまざまなしくみが発達しているものがある。花がより送粉に有利な方向に進化していくとともに、昆虫も花から蜜や花粉などの餌を得るために適応した形態や行動の進化が見られる。したがって、花を昆虫との関係に視点を置いて観察することは、子供たちに自然の不思議さ、すばらしさを実感させるよい体験になるとともに、進化への目を開かせる教材ともなることを強調しておきたい。

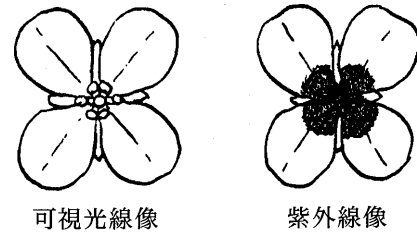


図2 ナノハナの可視光線像(左)と紫外線像(右)
(田中 2001より改変)

参考図書

- 岡崎恵視・橋本健一・瀬戸口浩彰(1999) 『花の観察学入門』, 培風館, 東京
 H. クーグレル/中野治房訳(1966) 『クーグレル・花生態学』, 廣川書店, 東京
 菊沢喜八郎(1995) 『植物の繁殖生態学』, 蒼樹書房, 東京
 田中 肇(1974) 『花と昆虫(カラー自然ガイド15)』, 保育社, 東京
 田中 肇(1993) 『花に秘められた謎を解くために・花生態学入門』, 農村文化社, 東京
 田中 肇(2001) 『花と昆虫, 不思議なだましあい発見記』, 講談社, 東京
 塚谷 裕一(2001) 『植物のこころ(岩波新書)』, 岩波書店, 東京
 中尾 佐助(1986) 『花と木の文化史(岩波新書)』, 岩波書店, 東京
 F. G. バルト/渋谷達明監訳(1997) 『昆虫と花—共生と共進化』, 八坂書房, 東京
 カール・フォン・フリッシュ/橋本文夫・鈴木健二訳(1975) 『フリッシュ・あなたの生物学(上巻)』, 北隆館, 東京