

花を訪れる昆虫はなぜ農業に必要か？

小沼 明弘

生物多様性研究領域 生態系サービス評価ユニット

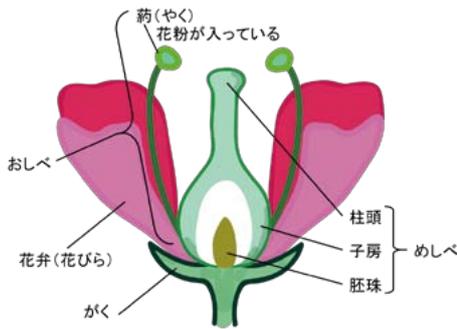


サクラ(自家不和合性)

植物の繁殖と送粉者の役割

○花とは？

多くの植物は、我々動物と同様に雄と雌が交配して子孫を残します。これを有性生殖といいます。この時の雄はおしべの中の花粉であり、雌はめしべの中にあり胚珠はいしゆといます。それらの片方あるいは両方をもつ器官が「花」と呼ばれています。つまり、花は植物にとって繁殖のための器官なのです。



花の構造(両性花)

植物の繁殖様式にはさまざまなタイプがあります。イチョウやキウイフルーツのように雌雄が別個体のものもありますが、雄と雌の機能を同時に備えた、いわゆる雌雄同体のものが多いと考えられています。ただし、雌雄同体といっても、一つの個体の中でおしべだけを持つ花(雄花)とめしべだけを持つ花(雌花)にわかれている(単性花)植物もあれば、おしべとめしべの両方を同じ花の中に持つ(両性花)植物もあります。私たちが普段「花」といわれて思い浮かべるのは両性花かもしれません。

○自家不和合性と自家和合性

植物には自分と同じタイプの花粉で種子を作れるものと、自分とは別のタイプの花粉がないと種子を作れないものがあります。前者を自家和合性、それに対して後者を自家不和合性と呼びます。ウメやサクラなどの自家不和合性の植物では、自分の花粉では種子ができません。必ず別の個体から別のタイプの花粉が受粉(他殖)する必要があります。それに対して自家和合性の植物は、他殖もしますが、自分自身の花粉で受粉(自殖)することができます。

○植物の繁殖

さて、植物が有性生殖により繁殖するためには花粉がめしべについて受精する必要があります。しかし植物は、自ら望むようには動きません。つまり花粉が何者かによってめしべまで運ばなければ子孫ができないことです。これは、単性花はもちろんのこと、自家和合性の両性花でも、自動的に自分の花粉がめしべについて受精する仕組みがなければ同様です。では、その花粉を運ぶ役割を担うのはなんのでしょうか？

一つは風などの流れに乗って運ばれてゆく場合です。この仕組みを風媒といい、花粉がめしべに到達するのを偶然に任せることとなります。これは一見効率の良いやり



花粉を放出するスギの花

方には見えません。実際にこのタイプの植物は大量の花粉を作り散布します。日本人になじみ深いのは春先に大量の花粉を散布するスギでしょうか。

そしてもう一つは、花粉を動物に運んでもらうやり方です。花粉を運ぶ動物を送粉者とよびますが、送粉者はミツバチなどの昆虫から、鳥やコウモリなどさまざまです。このような多様な送粉者に確実に花粉を運んでもらうため、植物の花は、さまざまな色や形の花弁、または香りなどでどこに花があるのかを知らせ、また送粉者に対する報酬として花蜜を提供するように進化しました。送粉者の中でも種数や個体数が多いのはハナバチやアブ、チョウなどの昆虫です。私たちになじみ深い、ウメやサクラ、アブラナ(菜の花)などは、すべてこのような昆虫に花粉を運んでもらわなければ繁殖できない植物です。

こうしてみると私たちが「花」として思い浮かべるのは、このような動物が花粉を媒介する植物の花だということがわかります。つまり多くの植物が私たちの注意を引く花

花を訪れる昆虫たち

(左) ツチバチのなかま、
(中央) クジャクチョウ、
(右) セイヨウミツバチ



を持っていて、それは花粉を運んでくれる昆虫に対するアピールなのです。送粉者の多くは野生の昆虫ですが、このような、いわば生態系が提供する花粉媒介の機能を「送粉サービス」と呼びます。

送粉者がもたらすサービスを計算する

○送粉者を必要とする作物

多くの植物がいかに送粉者を必要としているのかをお話ししましたが、農作物も例外ではありません。たとえばリンゴやナシなどの果樹、スイカやカボチャなどの果実を食べる野菜(果菜)類の生産には送粉者が不可欠です。リンゴやナシは自家不和合性の植物ですし、またスイカやカボチャは単性花を持つ植物ですので、送粉者が花粉を運んでくれないと果実ができません。また、コマツナやハクサイのような葉の部分を食べる野菜(葉菜)類であっても、種子生産には受粉が必要です。このように幅広い作物に送粉者が関わっており、世界的に見ても農作物生産の3/4は何らかの形で送粉者を必要としていると考えられています。もちろん、送粉者を必要としない作物もあります。主要な穀類であるイネ科のイネやコムギあるいはトウモロコシは風媒で自殖する植物であり、送粉者は必要ありません。また、マメ科のエンドウも立派な花をつけますが、自殖する仕組みをもっているため送粉者を必要としません。

○送粉者がいないと…

送粉者を必要とする作物の中でも、その必要性の度合

いはさまざまです。この必要性の度合いを送粉依存度と呼びます。たとえばバラ科のサクランボは、強い自家不和合性を持ち自殖できないため、送粉依存度が高い作物です。一方、ナス科のピーマンは自家和合性で、風に揺られ自分の花粉がこぼれ落ちて受粉することがあり送粉依存度が低い作物です。送粉依存度は0から1の間の数で表されますが、さまざまな作物について送粉依存度が計算されており、世界的に共通の方法を用いて送粉者の農業生産への貢献額が試算されています(次ページのコラム参照)。国際的枠組みである「生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学 - 政策プラットフォーム」による最新の試算では、全世界の平均で農業生産量の5~8%が送粉サービスに依存しており、また、送粉サービスの農業生産に対する貢献額は2013年時点で2,350~5,770億USドルであったとのこと。

我々は日本においても、各種の統計データに基づいて試算を行いました(次ページの図1)。畜産などの生産額を含まない耕種農業産出額(約5兆7,000億円)の8.3%が送粉サービスに依存しており、2013年では4,700億円と大きな額になりました。そのなかでもっとも送粉貢献額が大きいのはリンゴで約911億円でした。続いてメロン(約677億円)、スイカ(約513億円)、ニホンナシ(約400億円)、イチゴ(約386億円)等の順になりました。このように果物や果物として扱われる果菜への送粉貢献額が大きいという結果です。また、送粉依存度は地域ごとに大きく異なっており、送粉依存度が30%近くになる地域もあれば数%の地域もあります。送粉依存度が高いのは、果物の



かぼちゃの送粉依存度は0.95



イネは風媒で自殖するため、送粉依存度は0



エンドウは自動的に自殖するので送粉依存度は0

生産が盛んな地域です。このような地域では送粉サービスの低下が作物生産に悪影響を及ぼすことが心配されます。

○今後も送粉サービスが維持されるために

このように農業の中で大きな価値を生み出している送粉サービスですが、施設栽培を除いて、いろいろな果樹でどのような昆虫が交配に貢献しているのかは実のところ良くわかっていません。これは送粉サービスの価値を各種統計データに基づいて計算していることによる限界です。送粉サービスの提供者には養蜂のセイヨウミツバ

チも含まれていますが、一方で野生のハナバチ類に代表されるような昆虫も大きな貢献しているのではないかと考えられています。実際に諸外国の研究では、ミツバチは重要な送粉者ではあるものの、同時に様々なハナバチ類が訪花した方が質の高い果実になることが示唆されています。つまり、送粉者の多様性が高いことが果樹生産には重要だということです。多様な訪花昆虫が活躍するには健全な生態系が維持される必要があるでしょう。私たちは日本でもどのような訪花昆虫が実際に作物生産に貢献しているのかを今後明らかにしたいと考えています。

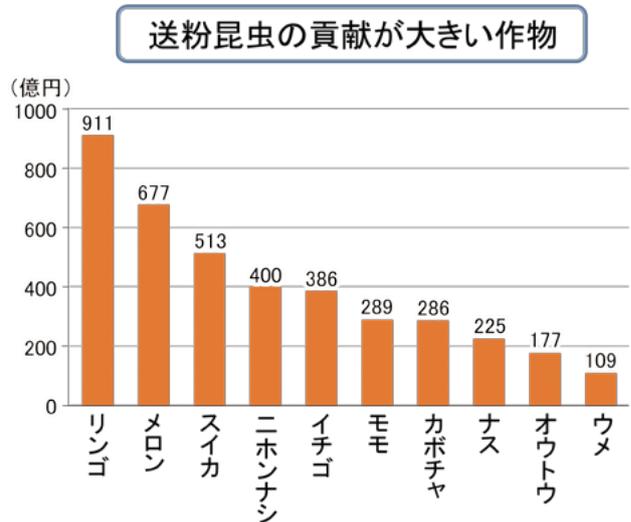
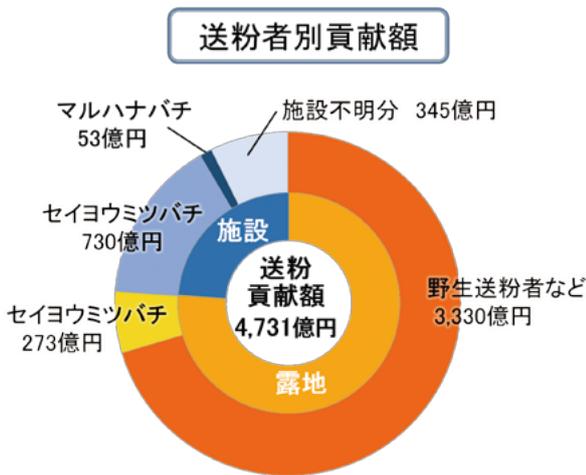


図1 送粉サービスの経済価値を推定 (2013年)
 「野生送粉者など」には、野生送粉者による貢献の他に、統計情報では分からないマメコバチのような半飼養昆虫や人工授粉、薬剤処理の効果も含まれています。



送粉サービス How much?



送粉者による農業生産への貢献額は、世界的に共通の方法を用いて試算されます。

その考え方は、送粉者がいなくて人が授粉しなければ、収穫量がどれだけ減るかを推定するもので、具体的には、すべての農作物についての「生産額×送粉依存度」を計算して合計します。

たとえば、イチゴの場合、

$$165,635 (\text{収穫量 : t}) \times 933,000 (\text{生産者価格 : 円/t}) \times 0.25 = 38,634,363,750 \text{円}$$



収穫量は農林水産省作物統計調査、生産者価格は農林水産省農作物価統計調査のデータを用いました。送粉依存度は、Gallai et al. (2009) の試算方法を参考に、日本の状況に合わせて修正しました。