

〈講演〉

国立科学博物館「鳥の眼で見る自然展」公開シンポジウム 鳥が実らせる果実の話

国 武 陽 子

ご紹介いただきましてありがとうございます。今日のシンポジウムは「鳥類学者から見た自然」というタイトルで、他の演者の先生方は鳥類をご専門に長年研究されてきた方ばかりですが、実は私はいわゆる鳥類学者ではありません。私の研究の対象は「花粉媒介」といって、植物の繁殖に関わる動物と植物の相互作用について研究をしてきました。今日は「鳥が実らせる果実の話」というテーマで花と鳥にはどのようなつながりがあるのか、「鳥類学者」とは少し違った視点からのお話しさせていただければと思っています。

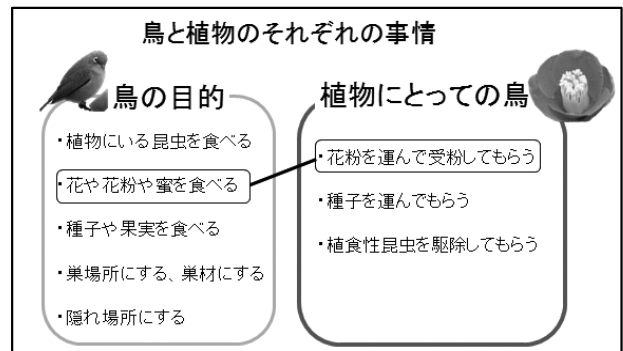


スライド 1

花と鳥は古くから日本人が親しんできた組み合わせのようです。例えば、狩野派の「花長鳥屏風図画」に代表されるような花鳥画は山水画や人物画と並んで東洋美術でよく描かれてきました。また万葉集や古今和歌集など古い和歌にも花鳥という言葉が頻繁に用いられているようです。鳥も花も美しい色彩とフォルムを持つ魅力的な題材であるのはもちろんのこと、おそらくウメやサクラやツバキといった庭先に花咲く樹種にメジロやヒヨドリなどの鳥が訪れるその光景を人々が古くから身近に愛でてきたことがうかがえます。しかしその美しい情景の背景には生態学的に見ると非常に興味深い生物間のやり取りが存在します。本日はこのような美しい絵の中に描かれている情景の裏に繰り広げられる生き物たちの生き残りをかけたドラマについてお話ししたいと思います。

（スライド 2）ところで、なぜ鳥は花に訪れるのか、皆さんは考えたことがありますか？鳥が植物に訪れる理由の一つではありません。鳥にとって、植物は餌を探す場所であり、餌資源そのものでもあります。鳥は葉や枝や花にいる昆虫やクモを採食するものもいれば植物体、具体的には種子、果実、花卉、花粉や蜜を食べる鳥もいます。また、鳥にとって植物は営巢

する場所であり、隠れ場所です。植物から巣材を得るために利用することもあります。一方、植物にとっても鳥に訪れられることには様々な意味があります。葉や枝についた植食性の昆虫を除去する。また、先ほどの上田先生のお話にあったように種子を運んでもらう、「種子散布」も植物にとって非常に重要です。そしてもう一つ、鳥が植物の花粉を運ぶ「花粉媒介」があります。



スライド 2

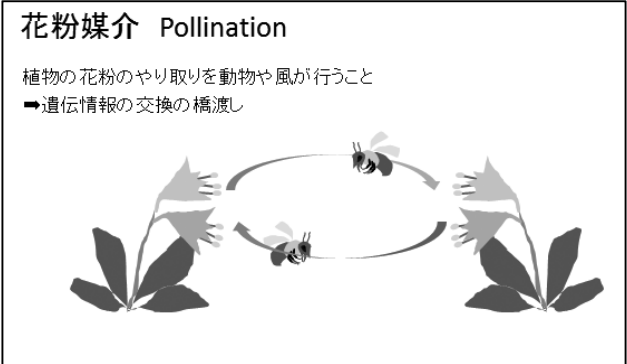
ここで「花粉媒介について説明する前に、少し植物の繁殖についてお話ししたいと思います。花粉媒介とは植物の個体間の花粉のやり取りです。正確にはある個体の葯からの花粉を他の個体の柱頭に付着させる媒体として昆虫や風が機能することをさします。

植物は生態系において間違いなく最も重要な生物群です。植物による光合成をはじめとする炭酸同化作用がなければ、それを直接的あるいは間接的に利用する動物は存在できません。一方多くの植物の繁殖には動物が大きく関わっています。植物は花を咲かせて種子を作る種子繁殖をするものと、栄養繁殖といわれる植物の一部の分裂などで個体を増やすものもあります。栄養繁殖と種子繁殖を比較すると、コストという面では、種子繁殖は非常に非効率な繁殖の仕方です。花という光合成効率の悪い器官をわざわざ作り種子を生産することは、せっかく光合成で生産した多くのエネルギーを利用してしまいます。では多くの植物が種子を作るのにはどのような意味があるのでしょうか。一つは自分の遺伝子を遠くに分散させるということです。その方法の一つとして種子散布があります。種子は植物の親個体と比較して小さく、また多くの植物で遠くに飛ばす様々な工夫が見られます。例えば、タンポポの綿毛、カエデの種子のプロペラのような形状、アメリカセンダングサの種子の粘着性、これらは「かわいい子には旅をさせろ」という教訓そのまま、親個体から遠くに分散するように進化してきました。動物が親の縄張りからある時期になると出ていくように、植物は親個体の場所から新しい場所に子供を分散させています。そしてもう一つの分散の方法が花粉によるものです。植物は種子ではなく花粉という形で風や動物に自分の遺伝子を遠くに運んでもらうのです。

そして、種子繁殖のもう一つの重要な役割は、他個体と遺伝子を交換することです。我々人間も含めて有性生殖をする生物は自分の遺伝子を他の個体の遺伝子と組みあわせることで自分が持っていなかった特性を持った子供を作ります。例えば、自分が持っていなかったある病気に対する免疫耐性をもつ個体の遺伝子をもらうことができれば、生産される子孫は自分よりもその病気に対して強い個体になるかもしれません。有性生殖を通じて集団中の個体

は様々な組み合わせの遺伝子を持つことになり、様々な攪乱に対して応答をする個体が存在することになります。

(スライド 3) このように、多少のコストを払っても植物が有性生殖をすることにはそれなりに意味があります。しかし皆さんがご存じのように植物は動物のように自ら動いて配偶相手を探すことも、遺伝子を交換することもできません。したがって、植物は他の媒体を使って花粉のやり取り「花粉媒介」をしてきましたし、その媒体をより効率よく利用するために様々な進化を遂げてきたのです。



スライド 3

(スライド 4) 花粉媒介をする媒体として、大きく風と動物があります。風媒介の例としては沢山の花粉を飛ばし、花粉症の原因となるスギなどが有名です。風媒介植物は一般に大量の花粉をとばし、確率は低くともその花粉の一部でも同種他個体のめしべに付着できるように進化してきました。一方動物は風と比較して効率よく花粉を運んでくれます。そのため、植物は花卉の色や形、あるいは強い匂いで動物を誘引し、花蜜を提供し動物の訪花を促します。花粉を媒介する動物にも様々な種類があります。花粉を媒介する役割をもっている動物をポリネーターといいます。有名なのは昆虫類、特にチョウや、ハチ、アブなどの仲間です。その次に多いのは今日お話しする鳥によるポリネーションです。そしてあまり知られていませんが実は哺乳類や爬虫類のポリネーターもいます。

風媒介と動物媒介の比較		
	風媒介	動物媒介
運ばれる花粉の量	多い	少ない
確実性	低い	高い
距離	中距離	媒介者による
コスト	低い	高い

スライド 4

(スライド 5) どんな動物に花粉媒介されるのかによって花は特有の特徴を持つ傾向があります。これをポリネーションシンドロームといいます。この表はポリネーションシンドロームをまとめたものですが、例えば、甲虫類がポリネーターとする花では色が鮮やかでなく、

しばしば果実臭や強いアーモンド臭を持ちます。一方ハチ媒介の花は様々な色をもち、匂いが強いだけでなく蜜標と言われる蜜のありかを示すしを花卉に持つものが多くあります。スズメガ媒介植物は夜行性のスズメガに合わせて夜に咲きます。またチョウ媒介植物は赤・青・黄色などの鮮やかな色で強い匂いをもち、花筒は深く細い管状のものが多いです。そして、今回の企画展の主役である鳥に媒介される花の特徴としては明るい赤が多く、深く広い花筒をもち、匂いはなく、日中に咲き、何よりも豊富な蜜を持つことがあげられます。

このようなポリネーションシンドロームにより、花の特徴からある程度どんな動物がポリネーターなのかを推測することが可能です。ポリネーションシンドロームは植物とポリネーターが互いに利用しされることで形成されてきた共進化の結果です。ただし、ポリネーションシンドロームとは分類群ごとにあくまで傾向があるというだけで、植物の進化の多様性はもちろんそんな単純ではありません。それは、同じ分類群内の動物の形態や行動もまた多様で、パートナーシップを結んでいる動物によって植物はさらに細かい対応をしているからと考えられます。例えば、鳥媒介シンドロームの研究では、面白い研究例があります。従来から、鳥媒介シンドロームには大きく分けて2つのタイプがあると言われてきました。ハチドリ媒介タイプとスズメ目媒介タイプです。鳥のポリネーターとして最も有名なのはハチドリの仲間です。アメリカ大陸やカリブ海周辺に分布する小さい鳥で約350種が知られています。目（もく）レベルで花資源を使用する進化を遂げた仲間で、体サイズは非常に小さく、最小の種ではなんとわずか2gしかありません。体は小さいですが強靱な筋肉を持ち、まるでヘリコプターのように花の前で何にも捕まらずに空中で停止しながら、花の蜜を吸うホバリングを行います。花粉媒介をする鳥として次に有名なのはスズメ目に属するタイヨウチョウの仲

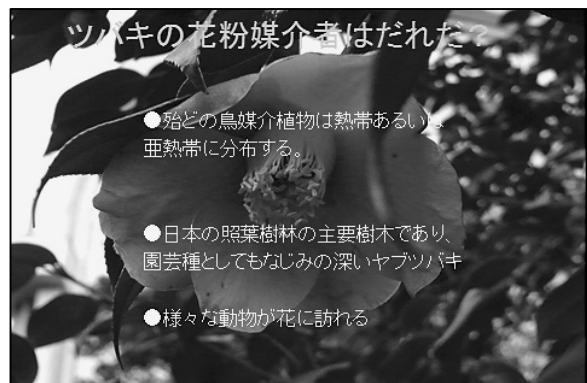
ポリネーションシンドローム(花粉媒介者に対応した花の特徴)							
ポリネーター	開花時間	色	匂い	花の形	花の深さ	蜜標	報酬
甲虫	日夜	多様、 さえない色	強い、果実臭、 アーモンド臭	放射対称	平らかボール状	なし	花粉、植物体
ハナアブ	日夜	多様	多様	放射対称 左右対称	無いか中程度	なし	ないか花粉か蜜
ハチ	日夜か日 中	多様だが真 紅はない	甘い匂い	放射対称 釣下げ型	無いか中程度	有る	蜜か花粉(出てる か隠れている)
スズメガ	夜夕朝	白いか薄グ リーンまで	強く普通甘い	放射対称	深い、狭い チューブ状	なし	豊富な蜜(隠れて いる)
小さなガ	夜夕朝	白いか薄グ リーンまで	やや強く甘い	放射対称 左右対称	中程度に深い チューブ	有る	蜜が隠れている
チョウ	日夜か日 中	明るい赤、黄、 青	強く甘い	放射対称 左右対称	深く細い管	有る	蜜(隠れている)
鳥	日中	明るい赤	なし	放射対称 左右対称	深く、広い管	なし	豊富な蜜(隠れて いる)
コウモリ	夜	白から緑	強い		ブラシ状かボー ル状	なし	蜜か花粉

スライド 5

間です。アフリカなどに分布し、ミドリオナガタイヨウチョウやキバラタイヨウチョウなど色彩鮮やかな鳥たちです。従来の鳥媒介シンドロームの分類としてはハチドリ媒介タイプと、スズメ目に媒介される植物で、花の形態や蜜の量が異なると考えられてきました。しかし、2008年に発表された論文では、多くの鳥媒介植物を分析した結果、花の蜜量や濃度といった重要なシンドロームが、ポリネーターがハチドリ目かスズメ目かという分類群で明確に分かれるのではなく、むしろ、その鳥が花を専門に利用するスペシャリストなのか、花以外の植物も多く利用するジェネラリストなのかによる違いの方が顕著であるということが示されました。(Johnson and Nicolson 2008)。ハチドリ目のものに媒介されても花への特化の程度が低い種に媒介される花よりも、スズメ目の鳥に媒介されるものでも花を専門的に利用する鳥に媒介される花は、より高濃度で大量な蜜を出す傾向が示されました。このように、植物と鳥たちは花粉媒介という生物間相互作用を通じて互いの形態や行動パターンにきめ細かく対応した進化を遂げてきたと言えます。

(スライド 6) 前置きが長くなりましたが、ここからは日本の鳥のお話です。一般に鳥に花粉媒介される植物は熱帯や亜熱帯地方に多く存在します。それは今まで見てきたようにある程度花資源に依存する鳥類でないと、ポリネーターとして利用できるような強い相互作用は生じにくいことが理由として考えられます。日本のような温帯では一年中花が咲いている環境ではないため、鳥は花だけに依存して生きていくことができません。しかし実は日本では鳥に花粉媒介を強く依存する木が存在します。そう、みなさんがよくご存じのツバキ（ヤブツバキ）です。サクラやウメも鳥は媒介しますが、さきほどのポリネーションシンドロームから推測するとその貢献度は昆虫類のほうが高いと考えられます。しかしツバキは花の色といい形といい、大量の蜜といい、典型的な鳥媒介シンドロームを持つ植物です。みなさんは幼い時にツバキの花の蜜を吸われた経験がおありではないでしょうか？私は学生時代、ツバキの花の蜜の分泌量を測定する際に採取した蜜でお腹が一杯になった経験があります。もちろん、数十個の花の蜜ですが。

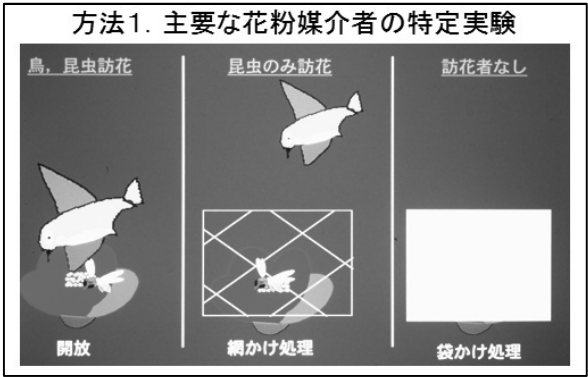
私は1997年から伊豆諸島新島においてヤブツバキのポリネーターが誰なのかそれを特定する研究を行いました。どうしてそれが研究になるのかというと、花粉媒介者の特定において注意しなければならないのは、花に訪れた動物が全てポリネーターとは限らないからです。花に訪れる動物たちには良質のタンパク質である花粉や高濃度の糖を含む花蜜を食べるだけで花粉媒介には貢献しないものも沢



スライド 6

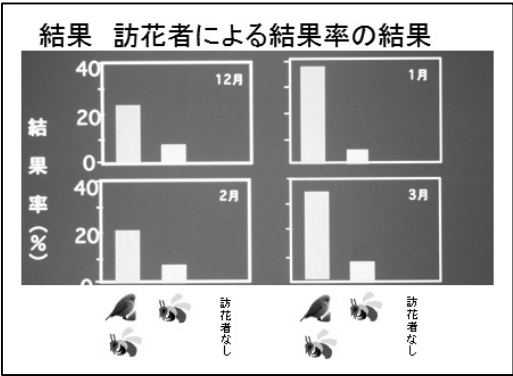
山います。もっと言えば、今ポリネーターとして花粉媒介を担っている動物たちも花粉や花蜜を求めて訪花し、結果として花粉を媒介しているのです。

(スライド 7) そこでヤブツバキの有効なポリネーターを特定するために花に来る動物を人為的にコントロールする実験を行いました。図のように開花する前のつぼみを選択し、どのような動物も訪花できないように風が通る袋を付けたものと、昆虫は通れるが鳥は通れないメッシュサイズの網籠をつけたもの、鳥と昆虫が両方訪花できる何もつけないものの三種の花を用意しました。そしてその後の結実の様子を観察しました。

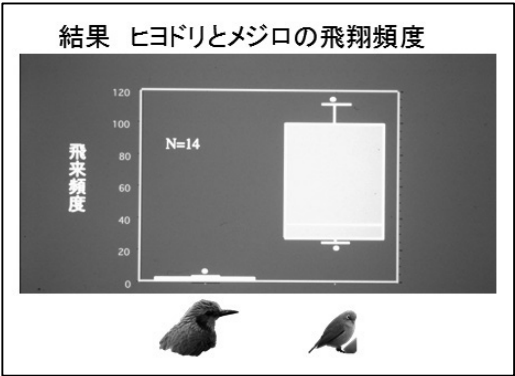


スライド 7

(スライド 8, 9, 10, 11) その結果、12 月から 3 月の開花期全般を通じて鳥が訪花できる花は昆虫だけが訪花できるものより極めて高い割合で結実しました。調査地では観察の結果メジロとヒヨドリの 2 種類の鳥類が訪花していました。この 2 種の訪花をコントロールすることはできないので、2 種の訪花頻度 (時間当たりの訪花数) を観察しました。その結果、メジロはヒヨドリに比べて圧倒的に高頻度に訪花していました。さらにメジロの訪花の回数がヤブツバキの結実にどれくらい影響しているか確認するために、袋をかけておいた花を観察時だけ取り去り、様々な回数メジロに訪花させた花をつくり、結実の結果を見たところ、メジロが 5 回訪花すると、人工授粉したツバキとほぼ同じ結実の割合を示しました。これらの事から、少なくとも調査地においてはメジロがヤブツバキの重要なポリネーターであることがわかりました。

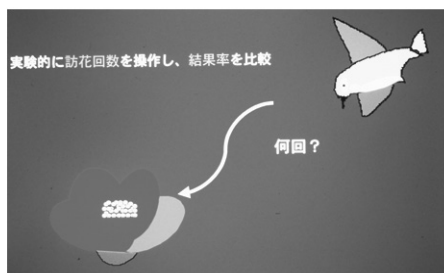


スライド 8



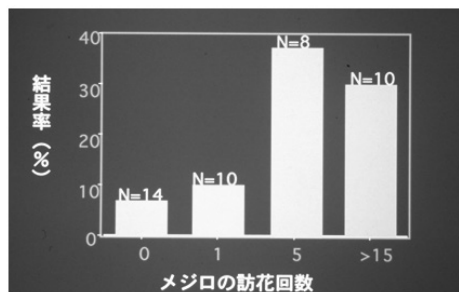
スライド 9

方法2. 実験:メジロの訪花回数による結果率の違い



スライド 10

結果 メジロの訪花回数と結果率の関係

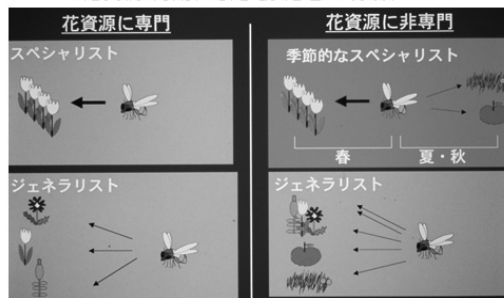


スライド 11

ヤブツバキはそのシンドロームから予想された通り、鳥類特にメジロという鳥に花粉媒介を大きく依存しているということが確かめられたわけですが、実は先ほども申しました通り温帯において鳥媒介植物は非常に珍しいです。では何故ツバキは温帯においてメジロと強いパートナーシップを結ぶことができたのでしょうか？

(スライド 12, 13) ここでメジロの食性の特徴を考えてみたいと思います。さきほど述べましたとおり、ポリネーターと植物の関係がどれだけ緊密になるかということには、訪花者が花資源にどれだけ依存しているかが一つのポイントになります。訪花者がその資源を忠実に利用してくれれば、植物は同種他個体との遺伝子交換をしてもらえる可能性が高まります。そして、その忠実性は二つの段階があります。まず、その訪花者が花資源を専門に利用するかどうか、例えばミツバチ類やチョウ、ハナアブは花資源を専門に利用する花資源スペシャリストです。多くの昆虫媒介植物は花資源専門の訪花者との共進化を通じて花の器官を進化させてきました。しかしメジロはどうでしょうか？小型の昆虫やクモ、果実、種子なども利用するいわゆる雑食性の食性を持っています。そこでツバキが冬に咲くことがポイントになります。メジロは春から秋にかけては様々なものを利用しますが、冬のツバキが咲くころにはツバキの花蜜に強く依存しています。つまり、季節的な花資源スペシャリストなのです。

花資源利用による訪花者の分類



スライド 12



メジロは季節的なスペシャリスト
 ➡冬に咲くツバキはそれをうまく利用している。

スライド 13

伊豆諸島新島でメジロの一年間の餌メニューを調査しました。メジロは一年を通じては鱗翅目の幼虫、クモ類、様々な木の種子や果実など様々なものを利用していました。しかし、12月から3月までは非常に高い割合で花資源を利用していました。4月に利用している花はヤマザクラが含まれますが、12月から3月まではほとんどがヤブツバキでした。そして、一方、ヤブツバキの開花数の推移を見てみると、ちょうど12月から3月にかけて開花のピークに当たります。このようにツバキは他の花が咲かない冬に開花し、季節的なスペシャリストであるメジロに効率的に花粉媒介をしてもらっているといえます。温帯に鳥媒介が少ないのは、ポリネーターとして利用する鳥にとって、一年間を通じて花資源を提供されないことにありますが、ツバキとメジロの関係は、このように冬という季節に特化したものとして進化したといえます。

(スライド14) ここで、鳥のポリネーターとしての特徴をまとめると以下の4点が挙げられます。1. 飛翔能力が高く、遠くの個体間との花粉のやり取りが可能。2. 体が大きいので一回の訪花で大量の花粉を運搬する。3. 一年中活動できるので、昆虫が少ない季節のポリネーターになりえる。4. 学習能力が高く、同じ植物種を見分けて、同種間の花粉のやり取りをする可能性が高い。鳥媒介植物はこのような鳥を重要なパートナーとして先ほど示したような独特の花の形質を進化させてきたと言えます。

鳥のポリネーターとしての特徴

- ✓飛翔能力が高い⇒遠くの個体間との花粉のやり取り
- ✓体が大きい⇒大量の花粉を運搬
- ✓一年中活動する⇒昆虫が少ない季節の運び手
- ✓学習能力が高い⇒同じ種を見分け同種間の花粉のやり取りをする

スライド 14

(スライド15) しかし、近年、世界の各地で生じている生物多様性の減少の影響が鳥と植物のパートナーシップにも及んでいることがわかってきました。例えば、ニュージーランドでは、群集レベルで鳥媒介植物を調査した結果、鳥の種類が減少していることで、鳥媒介植物の花粉不足による種子生産の低下が生じていることが明らかにされました。生物多様性の減少問題は、その生物の絶滅だけにとどまらず、共生関係にある他の生物にも影響していきます。このようなドミノ倒しのような生物間相互作用の変質こそが、さらなる生物多様性の減少を引き起こしていくのです。これから、ツバキの咲く時期になりますので、メジロがツバキに訪れているのをご覧になった時には、是非世界的にも珍しい季節的スペシャリストの花粉媒介の例としててじっくり見ていただくと同時に、生物の互いに関係しあいながら成り立っている自然の仕組みについて考える機会としていただければと思います。御静聴ありがとうございました。

鳥類の減少による花粉媒介系の危機

<ニュージーランドの研究例>

NZの森林では今まで考えられていたよりも
鳥の減少の影響が花粉媒介系に影響(Kelly et al. 2010)

生物多様性の減少問題

↓
生物間相互作用(この場合共生関係)の喪失

スライド 15