

氏名	江川 信
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	甲 第125号
学位授与の日付	平成30年 9月 30日
学位授与の要件	信州大学学位規程 第5条第1項該当
学位論文題目	マルハナバチ媒植物における花サイズおよび種多様性の標高に伴う変化～マルハナバチ種構成の標高間変異との関係～
論文審査委員	主査 市野隆雄 教授 高橋耕一 教授 東城幸治 教授 島野光司 准教授 工藤岳 准教授

論文内容の要旨

生物の種間関係は多くの場合、多対多の関係であり、同一機能群内の関係と機能群間との関係の複雑な相互作用の中で成り立っている。本研究の目的は、一方の機能群の種群の変化が、他方の種群にどう影響するかについて、種多様度の側面と進化の側面からアプローチすることである。本研究では、山岳地域における重要な送粉昆虫であるマルハナバチ類と、それに送粉されるマルハナバチ媒植物に着目し、標高の変化に伴う相互作用の動態を明らかにするとともに、マルハナバチ類の種構成が標高によって変化することが、植物の種多様度および花形態の進化にどのように影響するかを示した。

まず、マルハナバチ類の種構成が標高に伴って変化し、それによってマルハナバチ群集としての平均体サイズが標高間で変わることを確認した(1章, 2章)。1章では、マルハナバチ種間での口吻長の違いを明らかにするため、上高地の標高1,500m-2,500mにおいて、多様な植物に訪花したマルハナバチ類を捕獲し、形態計測を行った。その結果、口吻長はマルハナバチ種間で顕著に異なっていること、またマルハナバチ群集としての平均口吻長が場所間、標高間、訪花植物種間で変化していることが明らかになった。このようなマルハナバチ類の口吻長の変化は、マルハナバチ類の種内変異によってではなく、場所ごとに分布するマルハナバチ類の種構成が異なることによって生じていた。

続いて2章では、標高によるマルハナバチ類の種構成の変化を、より幅広い標高域で明らかにするため、乗鞍岳の標高700m-2,700mにおいて、マルハナバチ類とその訪花植物を調査した。確認された8種のマルハナバチ類は、種ごとに分布する標高が異なっており、その結果、マルハナバチ類の種構成も標高に伴って変化していた。特に高標高域(1,900m~2,700m)ではマルハナバチ類の種構成が単純化し、小型のヒメマルハナバチが優占していた。その結果、マルハナバチ群集としての平均体サイズは、高標高域で小型化していることが明らかになった。ヒメマルハ

ナバチは、高山の短い夏に集中的に活動し、生殖個体を早い時期に生産する、寒冷地適応型の短い生活環をもっていることを確認した。さらに、植物種を、訪花したマルハナバチ類の種構成によってクラスター解析でグループ分けした結果、各グループに属する植物種は、口吻長の似たマルハナバチ種に訪花されていることが明らかになった。

3章では、高標高域でマルハナバチ類の種多様度が下がるという2章の結果を受けて、それが植物の種多様度におよぼす影響を調べた。特定のマルハナバチ種と強い関係を持つ植物種が多い場合、マルハナバチ類の種多様度の減少は、マルハナバチ媒植物の種多様度の低下をもたらすと予想される。しかし、実際には高標高域でマルハナバチ媒植物の種多様度（ α 多様度、地域内多様度）は低下していなかった。具体的には、線形混合モデル（LMM）により種多様度に影響をおよぼす要因を推定したところ、マルハナバチ類の種多様度は標高に強く影響され、高標高ほど低くなっていた。その一方で、マルハナバチ媒植物の種多様度は、標高にも、マルハナバチ類の種多様度にも影響されていなかった。このことは、高標高域ではヒメマルハナバチが多くの植物種に訪花し、ジェネラリスト送粉者として機能しているため、送粉者不足によって植物の多様度が低下することはないことを示唆している。さらに、高標高域に分布するマルハナバチ媒植物は、短い花筒を持つ種がほとんどであったことから、小型のヒメマルハナバチに適応した花形態をもつ種のみが分布していると考えられる。

4章では、標高に伴ったマルハナバチ類の種構成の変化が、花サイズにおよぼす進化的な影響を検証した。具体的には、幅広い標高域（標高約1,000m-2,100m）に分布するウツボグサ1種に着目し、種内での標高に伴う花サイズの変化を調べた。送粉者の口吻長と植物の花筒長とのサイズマッチングは、送粉成功率、ひいては植物の適応度に直接影響する。このため、小型のヒメマルハナバチが優占する高標高域では、ウツボグサの花筒長は短くなると予想される。そこで、ウツボグサの花筒長に影響をおよぼす要因を一般化線形モデル（GLM）により推定した。その結果、場所ごとのウツボグサの花筒長は、その場所の訪花マルハナバチ類の平均口吻長と強く相関し、標高とは弱く相関していた。このことは、高標高域での小型ヒメマルハナバチの優占が、ウツボグサの花の小型化の要因になっていることを示している。

以上の結果から、本州中部の高標高域に分布する多くのマルハナバチ媒植物にとってヒメマルハナバチがほぼ唯一の送粉者であることが明らかになった。また、このような高標高域における送粉者の種多様度の減少は、植物の種多様度を必ずしも減少させるわけではないことも明らかにした。さらに、高標高域における送粉者サイズの小型化に対応して、花サイズの小型化が起こっていることを示した。これらの結果は、将来の環境変動によりヒメマルハナバチの地域的な絶滅が起こった場合、少なくとも本州中部の高標高域においては、少なからぬ数の植物種が消失しかねないことを示唆している。