

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月22日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22570014

研究課題名（和文）送粉者の訪花選択性が高山植物群集の開花フェノロジーに及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of pollinator preference on flowering phenology of alpine plant communities

研究代表者

笠木 哲也（TETSUYA KASAGI）

金沢大学・環日本海域環境研究センター・連携研究員

研究者番号：10401887

研究成果の概要（和文）：高山帯で優占度の高かったマルハナバチ類は、植物群集の開花量変化に応じて亜高山帯や山地樹林帯との間を移動していると考えられた。マルハナバチ類の訪花頻度が低下する高山植物群集では、マルハナバチ媒花植物でもコハナバチ科やヒメハナバチ科など小型ハナバチ類による送粉が欠かせないことが示唆された。高山帯よりも標高の低い樹林帯では外来植物が送粉系を攪乱しており、高山生態系に及ぼす間接的な影響が危惧された。

研究成果の概要（英文）：It is supposed that bumblebees which were dominated in the alpine moved between alpine and subalpine/lower forests according to the density of flower resources. Pollination by small bees, e.g. Halictidae and Andrenidae, should be important even for the bumblebee-dependent plants in the alpine plant communities in which activities of bumblebees decreased. Exotic plants disturbed pollination network in lower forest areas. It is suggested that the exotic plants in the subalpine and surrounding forests affected on the network between alpine plants and bees indirectly.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：高山生態系、ポリネーター、マルハナバチ、高山植物、ハナバチ類

1. 研究開始当初の背景

高山帯は低温や強風など厳しい環境条件にあるために昆虫の活動が制限されやすく、高山植物は送粉昆虫の訪花を受けられないことも少なくない。ハナバチ類は多くの植物にとって有効な送粉昆虫であり、特にマルハ

ナバチは比較的低温下でも行動できる。また、マルハナバチは植物各種の花形態に合わせて蜜や花粉の集め方を学習できるため、各個体が特定の植物種に専門化して採餌するという特徴がある。このようにマルハナバチは高山帯の厳しい環境でも送粉の確実性が高い。しかし、マルハナバチは一般にマルハナ

バチ媒花といわれる特定の植物を好んで訪花する傾向があり、他の植物はマルハナバチの訪花を受けられないことが多い。また、マルハナバチ媒花植物でも開花密度が低い個体群ではマルハナバチの訪花頻度が低下することが知られている。マルハナバチはコロニーの成長に伴って個体数や各個体の採餌行動が変化すると考えられ、コロニーの最盛期以外は送粉効率が低下するかもしれない。一方、他の小型ハナバチ類は低温条件では著しく行動活性が低下するため、高山帯で活動できるのは気温が高い時期に限られるかもしれない。

高山帯では積雪の少ない風衝地から開花が始まる。続いて雪田地帯でも雪解けに伴って開花が進み、ひとつの高山植物でも雪解け時期の違いによって開花時期が大きく異なる個体群が形成される。また、高山帯から亜高山帯や樹林帯、さらに低地を含んだ広域的な地域では標高の違いに伴って種組成や開花時期が大きく異なる植物群集が形成される。日本列島の本州中部の高山帯では開花期間は3ヶ月程度と短い、亜高山帯からやや標高の低い山地樹林帯では4~5ヶ月、低地では7~8ヶ月と長期間になる。ハナバチ類は種によって分布する標高域が異なる可能性があるが、体サイズが比較的大きなハナバチ類は長距離、あるいは標高差のある場所を移動する能力が高いかもしれない。ハナバチ類は高山帯では最長でも3ヶ月しか活動できないが、他の場所へ移動できれば活動期間を長くできるかもしれない。

本研究では高山帯から亜高山帯~山地樹林帯、さらに低地における送粉ネットワーク構造が生態系間で互いに連関性があるのか評価し、送粉者の訪花植物に対する選択性が植物群集の開花フェノロジー決定に対する選択圧として機能するのか検討する。

2. 研究の目的

本研究は本州中部で独立峰的に存在する白山を中心に、高山帯から低地までの広域的なエリアを調査地として、ハナバチ類と植物群集の送粉系の関係を評価する。調査結果から以下を明らかにする。

- ・高山帯の短い開花期間の中でも、マルハナバチは春先に女王バチが活動を始め、しばらく後に働きバチが出現する。マルハナバチのコロニーの成長に伴って訪花頻度や行動特性が季節的に変化するか。

- ・春から秋にかけて低地から高山帯までの広

いエリアのどこかで常に植物が開花している状況において、ハナバチ類がそれぞれの生態系に場所を限定して活動しているのか、それとも高山帯から樹林帯、あるいは低地まで広域的に移動しながら活動しているのか。

- ・ハナバチ類の分布パターンや採餌場所の季節的变化が高山帯の植物群集の開花フェノロジーに影響を及ぼしているか。

- ・もしも送粉者が標高傾度に沿って季節的に移動するならば、低地や山地樹林帯などでの人為的要因による環境変動が送粉系を変化させ、原生的な自然環境である高山生態系における送粉ネットワークに間接的に影響を及ぼすか。

3. 研究の方法

山頂が標高 2702m の白山では、高山植物は標高 2000m 前後から出現し始める。また白山地域では標高がおおよそ 1500m から 2000m の地点はオオシラビソなどから成る亜高山帯である。それより標高の低い場所はブナやミズナラなどの落葉広葉樹を中心とした山地の樹林帯となる。白山が独立峰的にそびえる石川県加賀地方では低地部は稲作地帯であり、その周辺はコナラを主体とした森林に囲まれた景観となる。

植物の開花状況の観察プロットとして、白山麓の標高約 250m の地点に低地プロット、標高 800m 地点に樹林帯プロットを設定した。標高 1300m から山頂付近までは高度差おおよそ 100m 間隔で観察プロットを設定した。すなわち、標高 1300m から 1500m まで 3 地点にブナ帯プロット、標高 1600m から 2000m まで 5 地点に亜高山帯プロット、標高 2100m から 2600m まで 6 地点に高山帯プロットを設定した。これらの広域的な調査地を白山エリアとした。さらに、加賀地方の中で、近くに高山帯がないエリアの送粉ネットワークを調べるため、白山から約 50km の距離がある医王山(標高 939m)で、標高 250m、650m、850m の各地点に観察プロットを設定した。これを医王山エリアとした。

(1) 植物の種組成と開花フェノロジー

2010 年と 2011 年、4 月から 11 月にかけて約 10 日間隔で開花植物の種類と開花量を測定した。標高が高くなるにつれて調査期間は短くなり、高山帯では 6 月中旬から 9 月中旬までとなった。

(2) ハナバチ類の種組成と訪花特性

各プロットにおいて開花植物の調査と同

時にハナバチ類の種類相と訪花頻度を調べた。プロット内で開花している花に訪花したハナバチ類全個体について種名を記録するとともに、訪花していた植物を記録した。

4. 研究成果

(1) 白山麓の標高 250m の低地から白山山頂付近の標高 2600m の範囲に設定した白山エリアの 16 ヶ所のプロット、さらに白山から約 50km 離れた標高 250m から 850m の範囲に設定した医王山エリアの 3 カ所のプロットで、植物とハナバチ類のネットワーク関係を明らかにするため、開花した植物全種について開花フェノロジーと開花量をモニタリングするとともに、訪花したハナバチ類の同定と訪花個体数を調べた。

低地から高山帯にかけて 6 科のハナバチ類が生息していたが、特にコハナバチ科とヒメハナバチ科の種数が多かった。科レベルでも標高の違いによる組成の違いがあったが、白山のエリアと白山から 50km 離れた医王山エリアのエリア間の組成の違いの方が顕著であった。しかし、白山エリア、医王山エリアのどちらにおいても、ハナバチ類の種組成は標高傾度に沿って変化しており、高山性や亜高山性のハナバチ類が存在することが明らかになった。ハナバチ類は標高が高いほど種数が増える傾向があったが、白山地域の標高 800m の樹林帯が種数、個体数ともに最も多く、低地性と山地性のハナバチ類が入り混じる地点と考えられた。

ミツバチ科の大半を占めるマルハナバチ類はどの種もマルハナバチ媒花植物を中心に訪花しており、採餌植物に対する選択幅がきわめて狭かった。コハナバチ科のハナバチ類は多くの種類の植物を訪花し、採餌植物の選択幅が広い種が多かった。ところがヒメハナバチ科やハキリバチ科のハナバチ類は特定の植物に比較的強い選好性を示す種があり、ヒメハナバチ科はキンポウゲ科とバラ科、ハキリバチ科はマメ科とシソ科に選好性を示す傾向があった。

(2) 高山帯のプロットのうち 3 プロットを選び、アオノツガザクラとイワカガミの開花状況とマルハナバチの訪花パターンを調べた。

各プロット内では両種は同時に開花し始め、開花時期がオーバーラップした。イワカガミは 7 月中旬、アオノツガザクラは 7 月下旬に開花量のピークがあった。7 月までに開花期をむかえたプロットではマルハナバチの女王バチと働きバチの訪花が観察された。

ところが、女王バチは両種を同等に訪花したが、働きバチはアオノツガザクラを選択する傾向が強かった。8 月には女王バチの出現数が減ったため、8 月以降に開花期をむかえたプロットに現れるのはほとんど働きバチとなり、イワカガミへのマルハナバチの訪花頻度は低下した。

この結果は女王バチと働きバチの舌長の違いによるものと考えられた。マルハナバチのカーストの違いによる植物選択性の違いと高山植物の開花フェノロジーの関係が、高山植物の送粉成功に影響を及ぼす可能性があることを示した。

(3) マルハナバチ類は低地では個体数が少なく、標高 800m の樹林帯より標高の高い地点にかけて種数、個体数ともに多く分布していた。標高 800m の樹林帯と標高 2100m 以上の高山帯ではシーズンの比較的初期からマルハナバチの活動が観察されたが、標高 1300m から 2000m の間のブナ帯や亜高山帯ではシーズン中期から個体数が増加した。シーズン後期には高山帯でのマルハナバチ類の活動は見られなくなり、亜高山帯が採餌活動の中心エリアになったが、マルハナバチの同一個体群が森林限界をはさんで季節的に垂直移動したのか、それとも各生態系で異なる個体群が活動していたのかについては明らかにできなかった。

マルハナバチ類は高山帯の低温や強風などの厳しい環境において重要な送粉者になるものと考えられるが、高山帯のみを生息場所とするマルハナバチはおらず、白山の高山帯で最優占種であったヒメマルハナバチでさえ亜高山帯から標高 800m 付近の樹林帯にかけて広く分布していた。しかし、ヒメマルハナバチは白山の高山帯から約 50km 離れた医王山エリアには分布していなかった。このことから白山の高山帯で活動していたマルハナバチは花資源量の季節的变化に応じて高山帯から亜高山、さらに標高の低い樹林帯まで広く移動しながら採餌活動していたと考えられた。

以上のことは高山帯のマルハナバチ媒花植物の送粉成功が亜高山帯及び山地樹林帯のマルハナバチ媒花植物の開花状況と、それに伴うマルハナバチの広域的な活動エリアの変化に影響を受ける可能性があることを示すものである。

(4) 白山エリアでのマルハナバチ類の広域のかつ季節的な移動は、単位面積×時間当たりのエネルギー獲得量がある一定値を下まわるとマルハナバチ個体群がそのエリアから

立ち去ることに起因すると考えられ、高山植物群集における開花シーズンを通じた送粉ネットワークの維持にはマルハナバチ以外の小型ハナバチ類による送粉が必要となる。

6科のハナバチ類のうちコハナバチ科とヒメハナバチ科の種数が多かったが、ヒメハナバチ科がシーズン初期、コハナバチ科が後期に多く出現する傾向があった。高山帯ではマルハナバチ類の優占度が高いが、マルハナバチ媒花以外の開花植物が雪解け傾度に沿って常に存在しており、これらに訪花していた小型ハナバチ類の個体数には季節的な変動が少なかった。高山帯で開花ピークを過ぎてマルハナバチの個体数が激減した後も、日照があり風が弱いときには小型ハナバチ類の訪花行動が観察された。コハナバチ類やヒメハナバチ類のような小型ハナバチ類は飛行能力がマルハナバチに比べてはるかに低く、各個体群の採餌場所に季節的な変化が少ないためと考えられた。

高山帯の雪解け傾度に沿った植物群集の送粉ネットワーク構造の維持に対する小型ハナバチ類の重要性が明らかになった。マルハナバチ類と小型ハナバチ類の活動時期の季節的な変化が植物群集の開花フェノロジーに影響を及ぼす可能性が示唆された。

(5) 低地では多種類の外来植物が開花したが、そのうち数種の外来植物が非常に高い開花密度を示すことを明らかにした。また、いくつかの外来植物種は開花期間が数ヶ月に及ぶなど、在来植物とは異なる開花フェノロジーの特徴を示した。これらの外来植物には多量の小型ハナバチ類が高頻度に訪花しており、在来植物に対する訪花頻度に影響を及ぼしている可能性が示唆された。ブタナが開花しない地域では在来植物に多量の小型ハナバチが訪花したが、ブタナが開花する地域ではそれらのハナバチ類がブタナに誘引される傾向があった。このように外来植物は在来植物とハナバチ類の送粉ネットワークを攪乱する要因となることを示唆した。

ハナバチ類を強く誘引する外来植物のうちヒメジョオンやシロツメクサは道路や登山道に沿ってブナ帯にまで登ってしまっていた。白山エリアの樹林帯プロットやブナ帯プロットではハナバチ類がこれらの外来植物に訪花しており、すでに送粉ネットワークには外来植物が取り込まれていることを明らかにした。高山生態系の送粉ネットワークにも間接的な影響を及ぼす可能性のあることを示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

①笠木哲也、大宮正太郎、木村一也、金子洋平、本間航介、湯本貴和、中村浩二(2012) 能登半島と佐渡島におけるハナバチ類の種組成と分布. 日本海域研究, 43: 9-17. 査読有.

②笠木哲也、木村一也、中村浩二(2012) 外来植物ブタナがコウゾリナへのハナバチ類の訪花に及ぼす影響. 金沢大学日本海域環境研究センター平成23年度年報. 88-89. 査読無.

③笠木哲也、中村浩二(2013) 加賀地域の標高傾度に沿ったハナバチ相の比較. 日本海域研究, 44: 1-11. 査読有.

〔学会発表〕(計3件)

①笠木哲也、宇都宮大輔、木村一也、湯本貴和、中村浩二「植物群集の開花フェノロジーとハナバチ相の関係に対する外来植物の影響」日本生態学会第58回大会(2011年3月: 札幌)

②笠木哲也、宇都宮大輔、大宮正太郎、木村一也、湯本貴和、中村浩二「農地生態系において外来植物の開花がハナバチ類の訪花頻度に及ぼす影響」応用動物昆虫学会第55回大会(2011年3月: 福岡)

③大宮正太郎、笠木哲也、Christopher Yanto Barsulo、金子洋平、米島諒、本間航介、湯本貴和、中村浩二「農地景観におけるハナバチ類の群集構造と訪花選好性の関係」日本生態学会第59回大会(2012年3月: 大津)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠木 哲也 (TETSUYA KASAGI)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・
連携研究員
研究者番号: 10401887

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし