

植物は種子食害を減らすために雄花を増やす

～種子食昆虫との相互作用により高山植物の繁殖形質が進化する～

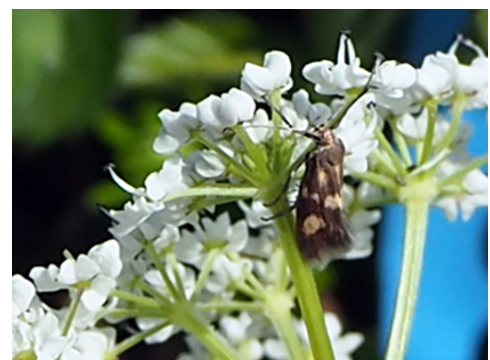
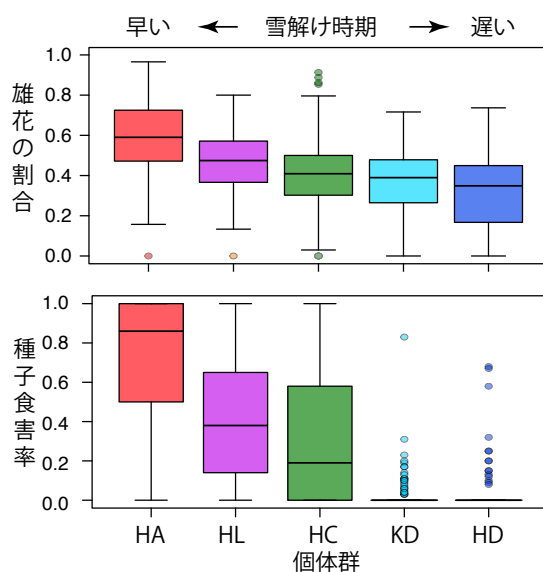
ポイント

- ・セリ科高山植物の雄花と両性花の比率が場所により異なることを発見。
- ・種子食昆虫は両性花の多い植物に多く産卵することを解明。
- ・種子食害への対抗策として繁殖形質が局所的に進化することを示した重要な成果。

概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の工藤 岳特任准教授らの研究グループは、ハクサンボウフウの雄花と両性花の比率が生育場所によって異なることを見だし、それが種子食昆虫の食害への対抗戦略であることを解明しました。ハクサンボウフウはセリ科の高山植物で、一つの花序に両性花と雄花が混在します。大雪山系で4年間に渡り観察したところ、雪解けが早い場所の個体群では遅い場所の個体群に比べて、両性花が少なく雄花が多い傾向がありました。雪解けが早い場所では7月上・中旬に開花し、多くの種子は成熟前にササベリガの幼虫に食害されていました。一方で、8月上旬以降に開花する雪解けが遅い場所では、種子食害はほとんどありませんでした。これはササベリガの産卵が7月に集中するためです。ササベリガは開花期にハクサンボウフウを訪れ、両性花の多い個体を選んで産卵します。開花時期が異なる複数の個体群で両性花数と種子数の関係を調べたところ、食害のない個体群では両性花数に比例して種子数が増加していたのに対し、強度の食害を受ける個体群では両性花をたくさん作ってもできた種子数はわずかでした。一方で、花粉親としての成功度は両性花・雄花に関わらず、花数が多いほど増加しました。花生産に作用する自然選択圧の強さを解析したところ、強度の食害を受ける個体群では両性花数を減らすことで食害リスクを減らし、種子生産効率が高まることが判明しました。すなわち、雪解けが早い個体群で雄花の比率が高いのは、食害を回避するための戦略であることが判明しました。今回調査した個体群はわずか数百メートルしか離れておらず、高山生態系の非常に局所的なスケールで繁殖形質の進化が起きていることを示すものです。

なお、本研究結果は、2025年7月29日（火）公開の Journal of Ecology 誌に掲載されました。



ハクサンボウフウに産卵するササベリガ

大雪山系の高山帯で観察されたハクサンボウフウ個体群の雄花の比率（上図）と、種子食害率（下図）の比較。雪解けが早い個体群では雄花の割合が高く、種子食害率が高い傾向がある。

【背景】

植物は動物に比べて非常に多様な性システム^{*1}を進化させてきました。その一つである雄性両全性同株（andromonoecy）は、同一株に両性花と雄花を混在させるもので、セリ科植物で一般的に見られます。しかし、同一種であっても両性花と雄花の割合には個体群間で変異があり、様々な要因が影響していると考えられます。多雪環境にある高山生態系には夏まで雪渓が残る場所が各所にあり、雪渓跡地に分布する高山植物の開花時期は、雪解けのタイミングによって大きく異なります。送粉昆虫や植食昆虫との相互作用も、開花時期の異なる個体群間で違いが生じる場合があります。

ハクサンボウフウはセリ科の高山植物で、雪解けが早い場所から遅い場所まで広く分布します。成熟途上の果実は、ササベリガという小型のガの幼虫の食害を受けることがあります。ササベリガの産卵期は7月に集中するので、産卵期に開花する個体群では食害リスクが高まります。種子食害の強さが自然選択圧として植物の繁殖形質に作用し、適応進化を引き起こす可能性があります。種子食害の強さが花の性発現に及ぼす影響に着目して研究を行いました。

【研究手法】

北海道大雪山系の調査地で雪解け時期の異なる5地点を選び、各ハクサンボウフウ個体群の開花時期、両性花数、雄花数、果実形成率、果実食害率、生産種子数、産卵数の計測を4年間行いました。強度の種子食害を受ける個体群でササベリガの産卵行動を解析するとともに、種子生産と花粉親としての成功度の計測を行い、両性花と雄花の比率がどのように適応度に影響するのかを解析しました。さらに、すべての個体群で植物の諸形質（花茎高、両性花数、雄花数）に作用する自然選択圧の計測を行いました。自然選択圧が局所的な個体群間でどのように変化するのかを解析しました。

【研究成果】

7月に開花する雪解けが早い場所の個体群は、毎年ササベリガによる強度の種子食害を受けていました。一方で、8月上旬以降に開花する雪解けが遅い個体群では、種子食害はわずかでした。ササベリガの産卵は7月中～下旬に集中し、産卵期と開花期が同調する個体群で食害リスクは高まりました。ササベリガは開花期間にハクサンボウフウを訪れ、両性花の多い個体を選別して産卵していました。

種子食害リスクの高い雪解けが早い個体群では、雄花の比率が高い傾向が見られました。ここでは、両性花数が多いと種子食害率は急増し、結実成功率が低下しました（図1）。花粉親としての成功度は総花数と正の関係がありましたが、雄花数とは明瞭な関係は見られませんでした。従って、雄花の比率が高くなるのは、総花数を保ちつつ食害を回避するための戦略であることが分かりました。

種子食害リスクの低い雪解けが遅い個体群では、両性花の比率が高くなりました。ここでは、両性花数が多いほど種子生産は増大していました（図2）。すなわち、両性花生産に作用する選択圧の方向性は、開花時期が遅くなるにつれて負から正に変化していました。これは、雪解け時期の異なる狭い地域内で両性花生産に作用する自然選択圧が急速に変化し、局所スケールでの進化が起きていることを示すものです（図3）。

【今後への期待】

植物の繁殖形質進化に関するこれまでの研究の多くは、送粉昆虫との相互作用に着目したものでした。本研究により、食害昆虫との相互作用によっても繁殖形質の進化が起きることが示されました。雪解け傾度に沿った急激な自然選択圧の変化は、微小スケールで進化を駆動します。これは高山生態系における積雪環境の生態学的重要性を示すものです。近年、気候変動により高山生態系は急速に変化しつつあり、生物間相互作用にも影響が波及すると危惧されています。気候変動が自然生態系に及ぼす影響を予測するためにも、生物の適応進化についての更なるフィールド研究の推進が望まれます。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 JP22H02696、JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2206、住友財団（203058）の助成を受けたものです。

論文情報

論文名 Phenological selection mosaic of predispersal seed predation affects gender variation in an andromonoecious plant (散布前種子食害の時間的な選択圧の違いは雄性両全性同株植物の性表現変異に作用する)

著者名 工藤 岳、柴田あかり (北海道大学大学院地球環境科学研究院)

雑誌名 Journal of Ecology (生態学の専門誌)

D O I 10.1111/1365-2745.70130

公表日 2025 年 7 月 29 日 (火) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 特任准教授 工藤 岳 (くどうがく)

T E L 011-706-2269 F A X 011-706-4954 メール gaku@ees.hokudai.ac.jp

U R L <http://hosho.ees.hokudai.ac.jp/~gaku/index.html>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

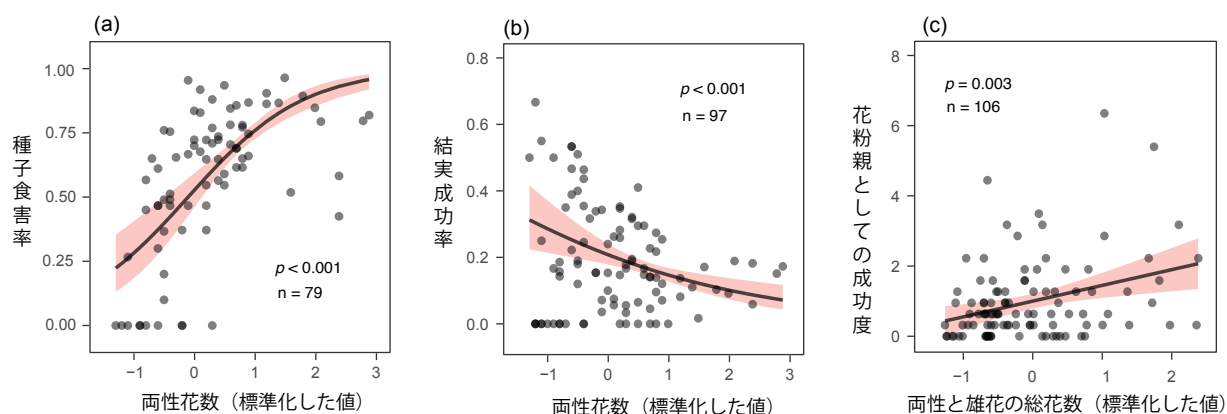


図 1. 強度の食害を受ける雪解け時期が早い個体群では、両性花を増やすと種子食害率は急速に増大し (a)、結実成功率は低下する (b)。一方で、花粉親としての成功度は総花数の増加に伴い上昇する (c)。この傾向は、食害圧が高い個体群では両性花数を減らし、雄花を増やすのが有利となることを示している。

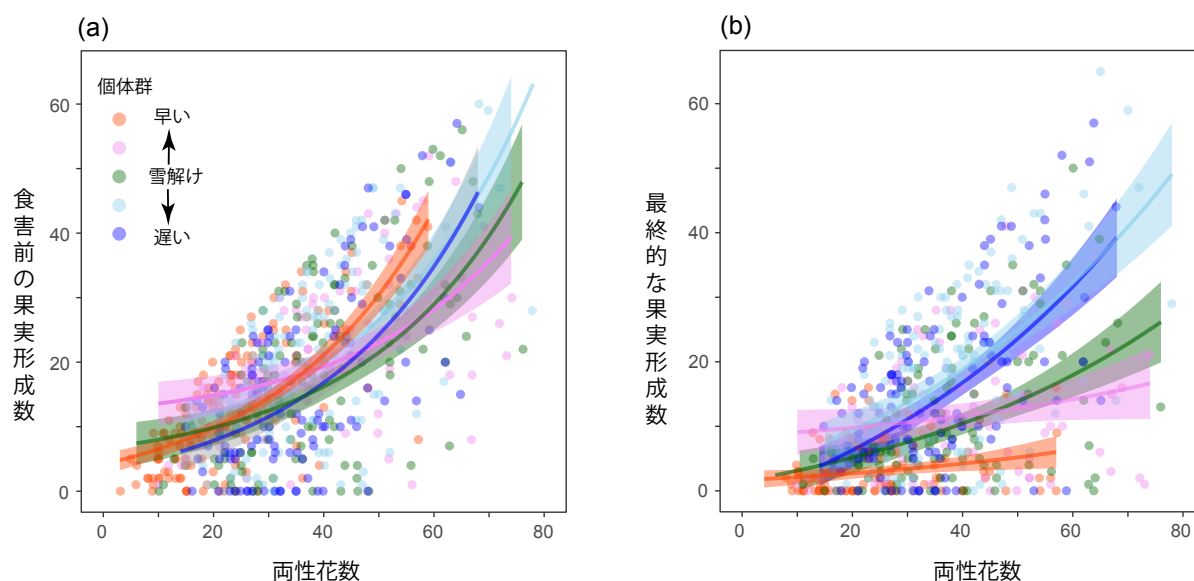


図 2. 雪解け時期が異なる五つの個体群の食害前の果実形成数(a)と、食害を受けた後の最終的な果実形成数(b)。強度の食害を受ける雪解けの早い個体群では、両性花の生産数を増やしても最終的な果実数はほとんど増加しない。一方で、ほとんど食害を受けない雪解けの遅い個体群では、両性花が増えるほど最終的な果実数は増大する。

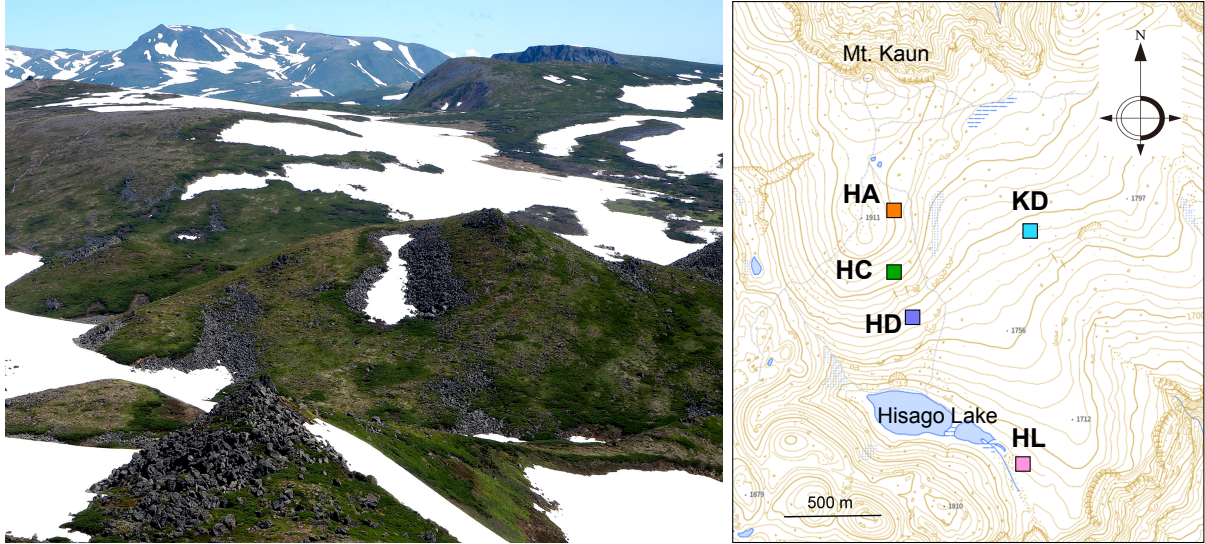


図 3. 研究が行われた大雪山系の調査地の全景写真と五つの個体群の位置図。各個体群の雪解けは、HA、HL、HC、KD、HD の順で進む。HA では例年 7 月上旬に開花し、HD では 8 月中旬に開花する。雪解け傾度に沿った開花期の違いは、繁殖形質に作用する自然選択圧を局所的に大きく変化させる。

【用語解説】

*1 性システム … 植物は両性花を持つ種が最も多いが、雄株と雌株に分かれている種、同じ株に雄花と雌花をそれぞれ持つ種、両性花と雌花を持つ種、両性花と雄花を持つ種など、様々な性のタイプを示す。このような雄機能と雌機能の発現様式を性システムという。