

# 研究成果報告書（第28回学術研究助成）

2022年 1月 27日

公益財団法人 藤原ナチュラルヒストリー振興財団

理事長 野村茂樹 殿

所属機関名 京都大学理学研究科

職 名 博士後期課程2年

氏 名 李 俊男

## 1. 研究課題

クロユリの花が分泌する多量の浸出液：擬態花における報酬の機能と進化

## 2. 共同研究者

東京大学大学院理学系研究科附属植物園 川北篤 教授

京都大学生態学研究センター 酒井章子 教授

大阪教育大学教育学部 乾陽子 准教授

京都大学理学研究科博士課程 鎌田一徹

## 3. 研究報告

### I. 研究の目的

花蜜には非常に多様な揮発性物質が含まれているが、匂いを持つ花蜜の分布や機能についての知見は限られている。バイモ属 (*Fritillaria*) はユリ科の多年草で、世界に130~140種、日本には9種が分布している。本属は、蜜腺の形態や花蜜の組成などの花の形質が非常に多様であることが知られている。このような形質の多様性が送粉システムの多様性と関連している可能性があるが、未だ研究は進んでいない。

クロユリ (*Fritillaria camschatcensis* (L.) Ker Gawl.) は、不快な匂いのする花香を発することでよく知られており、ハエによる送粉が示唆されている。日本では、本州中央部の高山地帯に分布する高山型と、北海道の低地に分布する低地型の2種類が分布している。野外調査において、私はクロユリにビニール袋を被せ花蜜の蒸発を防ぐと花の内部に匂いをもつ花蜜が大量にたまることを発見した。このことから、私は花蜜の匂い成分がクロユリの送粉に寄与しているのではないかと考えた。



図1：(a) 低地型と (b) 高山型クロユリの花序の写真；(c) 低地型と (d) 高山型クロユリの花の写真；(e) 低地型 (f) 高山型のクロユリに訪花するハエの様子

本研究では、クロユリの匂いをもつ花蜜の化学組成とその機能について調べることを目的とした。はじめに、1. クロユリに訪花・送粉を行うハエの同定を行った。次に、2. 高速液体クロマトグラフ (HPLC) による花蜜中の糖類の定量、3. ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) による揮発性成分の分析を行った。最後に、花蜜の匂いが送粉者の誘引に参与しているかどうかを、4. 花蜜の匂いの合成混合物を用いた行動実験で検証した。

## II. 研究の方法

### 1. 送粉者調査、送粉者同定

白山 (石川県、高山型クロユリ) および中標津 (北海道、低地型クロユリ) に自生するクロユリの花に訪花する昆虫を観察し、捕獲した。捕獲した昆虫は科レベルまで同定した。

### 2. 花蜜の採集と分析

クロユリの花にビニール袋を被せ、24時間後に花から分泌される花蜜をマイクロシリンジで採集し、量を測定した。またHPLCによる花蜜の糖分析を行った。

### 3. 花および花蜜の匂いの分析

クロユリの花および花蜜に対し、ダイナミックヘッドスペース法を用いて揮発性物質を捕獲した。捕獲した揮発性物質をGC-MSでその成分を分析した。

### 4. 行動実験

GC-MSの分析結果に参照し、低地型クロユリの花蜜の匂いと同じ成分、組成の人工合成物を作製した。作製した合成物を高山型クロユリの個体群で誘引実験を行った。

## III. 研究結果

### 1. 送粉者調査、送粉者同定

また、クロユリの2つのタイプには、主に双翅目の昆虫が訪花していることが確認された。また、AnthomyiidaeとScathophagidaeによる訪花は多く観察されたが、いずれの個体とも花粉の付着が観察されなかった。

### 2. 花蜜の採集と分析

低地型と高山型のクロユリの花は、24時間の間にそれぞれ $124.40 \pm 16.12 \mu\text{l}$ と $38.3 \pm 9.2 \mu\text{l}$ もの蜜を分泌した。一方、比較種となるクロユリと同じ属のコシノコバイモは $3.50 \pm 0.93 \mu\text{l}$ しか分泌しなかった。高山型のクロユリとコシノコバイモの花蜜には、フルクトースとグルコースの両方が検出された。低地型ではグルコースのみが検出され、その量ははるかに少なかった。

### 3. 花および花蜜の匂いの分析

2つのタイプのクロユリの花蜜から揮発性化合物を検出したが、その組成は両タイプ間で大きく異なっていた。2つのタイプの花蜜の匂いに共通する化合物は見られなかった。また、低地型クロユリの花蜜の匂いの主成分はカルボン酸であった。

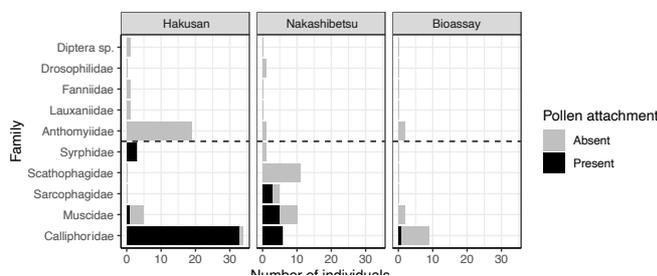


図2: 高山型 (Hakusan)、低地型 (Nakashibetsu) のクロユリの送粉者群集組成および人工的に合成した花蜜の匂いに誘引されたハエ (Bioassay)。破線の上と下はそれぞれ体サイズの小さい、大きい双翅目の分類群。

## 4. 行動実験

低地型クロユリの花蜜の匂いの人工合成物はコントロールに比べ、高山型クロユリの送粉者を含む訪花者を有意に多く誘引した。

## IV. 考察

本研究により、クロユリの送粉者は比較的大きな体サイズを持つ双翅目であることが確認された。クロユリの訪花者は2つのタイプともいくつかの科に属する双翅目昆虫であったが、その組成は両タイプ間では異なっていた。この結果は2つのタイプ間のクロユリの訪花者群集の違いが両地域のハエ群集の違いに起因していることを示唆している。また、全ての訪花者は似たような訪花行動を示していたが、比較的小きな体サイズのハエが訪花時に葯に触れなかったため、クロユリの送粉者は体サイズが比較的大きな双翅目のグループであると考えられる。本研究は、クロユリの送粉者を確認し、また訪花者の多様性を記述した初めての研究である。

訪花時に観察された送粉者の摂食行動や、蜜に含まれる糖の存在から、蜜が送粉者に対する報酬として機能していることが示唆された。低地型クロユリの花および花蜜の匂いから検出されたカルボン酸は他にも「騙し送粉」を行う植物の花香の中で見つかっている。クロユリと異なり、多くの「騙し送粉」を行う植物は花香によって腐食性の昆虫を誘引するが、報酬は与えない。そのため、訪花昆虫はそれぞれの花に長く留まらない傾向があり、また同じ植物の花を繰り返し訪れることもない。クロユリは花蜜を報酬として提供することは送粉者の訪花時間を延ばし、花葯や柱頭との接触に成功する確率を高めるためだと考えられる。

クロユリの花蜜も誘引に寄与している可能性がある。2つのタイプのクロユリの蜜から揮発性物質が検出されたが、その組成は両タイプ間で大きく異なっていた。2つのタイプの蜜の匂い成分に共通する化合物はなかったが、人工的に合成した低地型の花蜜の揮発性物質の混合物は高山型クロユリの個体群で高山型クロユリの送粉者を誘引できたことから、匂いの違いは両地点での訪花者群集組成の違いとは関係ない可能性が示唆された。また、行動実験により、低地型の蜜香は送粉者を含む訪花者を十分に誘引することが明らかになった。

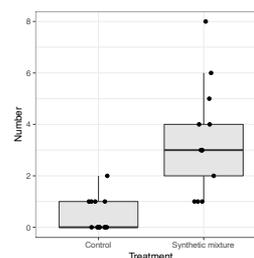


図3：行動実験の結果

## V. 成果発表

学会発表(ポスター、査読なし)

1. ○ 李俊男・武田和也・望月昴・乾陽子・川北篤、クロユリの花浸出液の化学分析と役割A、日本生態学会、神戸、2019/3
2. ○ 李俊男・武田和也・望月昴・乾陽子・川北篤、クロユリの花浸出液の化学分析と役割B、日本生態学会、名古屋、2020/3

## VI. 今後の課題

花蜜の報酬としての機能は、何世紀にわたり多く研究されてきた。それに対して、送粉における花蜜の匂いに関する知見はまだ限られている。本研究では、クロユリの花蜜が送粉者にとって報酬と誘引の両方の機能を持つことを明らかにした。しかし、低地型クロユリは3倍体であり、有性生殖を行わないため、低地型クロユリの花蜜で見られる特徴的な形質の進化的意義を議論することができない。海外の変種を含めて、その花蜜の機能を調査することで、クロユリ種内の花香、蜜の匂いの多様性の進化に対する理解が深まると考えられる。