

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：13701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23657065

研究課題名(和文) 降雨に対抗する植物の開花適応戦略の解明

研究課題名(英文) A study for the adaptive strategy of flowers against rainfall-damages

研究代表者

川窪 伸光 (Nobumitsu, Kawakubo)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：60204690

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：「降雨に対抗する植物の開花適応戦略の解明」のため、野生植物各種の花器機能発現を、その花形態変化と気象状態と対応させて、さまざまな手法で連続的に観察記録してきた。その結果、植物種によって、降雨に反応することなく開花させてしまう種をはじめ、開いていた花を降雨に反応して閉じてしまう種、これからの降雨をなんらかの方法で感知して開花しない種などの存在が明らかになった。降雨に反応した種は、日照や湿度の変化に反応して開花を制御すると考えられた。一方、降雨に反応しない花は、花器形態で花粉を流出されないように雨滴から保護していたり、花粉が流出した場合でも葯数や花数で損失を補填したりしていると考えられた。

研究成果の概要(英文)：To understand the adaptive strategy of flowering plants against rainfall-damages, I observed the flowering behaviors of various plants before and after rainfall. Many plants closed their flowers under rainfall. Some species closed their flowers in response to the beginning of rainfall. Some other species did not open their flowers before the beginning of rainfall. That may be flower behaviors in response to high humidity or weak sunlight. The other species kept flowers open under rainfall. Many of these species had bell-shape flowers and guarded anthers from raindrops. However, some of these species did not protect their anthers. In these species, the numbers of flowers or anthers may be important for their success.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：開花生態 雨 葯 花器形態 適応 進化 自然史

1. 研究開始当初の背景

かつて水中から陸上に進出した植物は、大気という乾燥環境へ適応の過程で、さまざまな耐乾燥体制を獲得してきたと理解されている。実際、顕花植物では雄性配偶子を花粉という、いわば「耐乾燥カプセル」に内包し、「花」を使って乾燥大気中に放出するという大胆な方法で有性繁殖を実現している。ところが一方で、「花」は陸上独特の水環境である「降雨」への適応をも、また余儀なくされてきたはずである。しかし、この降雨や雨滴への適応の詳細は明らかになっていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、顕花植物の有性生殖器官である「花」の「発現(開花)生態」を、繁殖実行時の『降雨へ対抗するための適応』という全く新しい視点(独創性1)で再検討・再構築することである。そのため本研究では、降雨を開花送粉時のストレスと捉え、ストレス回避である【開花制御】と、ストレス耐性である【雨滴耐性】の2つの側面(独創性2)から、開花生態を全く新しい視点から解析する。

3. 研究の方法

【開花制御】降雨を開花送粉時のストレスと捉え、ストレス回避の生態を探る。運動会の順延/中止を、私たちが天気予報という予測情報から判断決定しているのと同様に、雨の日に開花しない植物種が『ある種の環境変化情報によって「降雨」を感知(予測)して開花を取りやめている』との作業仮説に基づいて研究を開始した。このため、野外における蕾からの花形態変化記録を、詳細な微気象データ記録と同期的にとり、降雨と開花の関係を詳細に把握した。また植物種によって、雨上がりに開花が開始されるかどうか(中止か順延か)における多様性も把握した。

研究室周辺の山野や高山帯において、さまざまな顕花植物の開花過程を、開花前のつぼみの状態から落花するまで、肉眼観察と最新のデジタル技術を駆使した微速度撮影観察した。撮影には10種ほどを同時並行的に行い、1種について3台のデジタルコンパクトカメラを24時間休み無しに数日間対応させた。

デジタル微速度撮影と並行して、撮影タイミングに完全同期した微気象の環境モニタリングを行った。温湿度センサーと光センサーに接続したデータロガーによって対象植物個体付近の微気象

を記録した。

そして、後ほどコンピュータ内で画像と同期させ、開花・閉花が生じる環境条件や、開花後の挙動を詳細に解析した

【雨滴耐性】物理的・化学的ストレスとなる、雨滴をストレスと捉えて開花生態を探る。

空から高速でかつ大量に落下してくる雨滴に晒されている状態を、「水滴衝突の物理的衝撃」や「水滴による濡れと浸水」などの現象に注目しながら行った。雨滴ストレスから、雌雄ずい(柱頭と花粉)や、花粉媒介動物への報酬である蜜を分泌する蜜腺を如何に保護しているか、また、送粉者を引きつける花卉の損傷をどのように防いでいるかを検討する。この解析では、開花時の花の3次元的方向(上・中・下や風向き)と関連づけて、雨滴をよけたり、水を除いたりする、「撥水・排水機構」に注目した。

4. 研究成果

挑戦的萌芽研究として、この研究成果だけでは投稿論文の内容としては十分な状態にはない。しかし、将来の有望な研究として発展する萌芽的研究として以下のような予想以上の成果を得ることができた。

【開花制御】

岐阜大学近隣の地域からは、開花方向が上向きから下向きまで、さまざまな植物種(52科115種)について、その開花制御の実態が把握できた。また、開花期が夏の短期間に限られ、雨が頻繁に降り、濃霧が発生しやすい高山帯(三伏峠・西穂高岳・木曾駒ヶ岳・檜尾岳・双六岳・南龍ヶ馬場・白馬岳)において、高山植物種(25科78種)の開花制御が観察できた。



雨に濡れるミツバオウレン

得られた観察結果を解析すると、花は降雨に対して10種類(10types)の反応を示していた(表1)。これらの少なくとも10種類の「対降雨反応」は、降雨を進化的選択圧として捉える本研究の大きな成果といえよう。

表1. 対降雨反応一覧

天候	降雨前			降雨時			雨上がり		
	植物器官	通常状態	花序(頭花)	個花	葯	花序(頭花)	個花	葯	
Type 1	閉花中	閉花中	そのまま	閉花維持	閉葯	そのまま	閉花維持	閉<	
Type 2	閉花中	閉花中	そのまま	閉花維持	閉じたまま	そのまま	閉花維持	閉<	
Type 3	閉花中	閉花中	そのまま	花閉じる	—	そのまま	再び開花	閉<	
Type 4	閉花中	閉花中	花方向変化	閉花維持	閉葯	方向戻る	閉花維持	閉<	
Type 5	閉花中	閉花中	花方向変化	閉花維持	閉じたまま	方向戻る	閉花維持	閉<	
Type 6	閉花中	閉花中	花方向変化	花閉じる	—	頭花ひらく	再び開花	閉<	
Type 7	閉花中	閉花中	頭花閉じる	—	—	—	再び開花	閉<	
Type 8	つぼみ	つぼみ	そのまま	開花	閉葯	そのまま	閉花維持	閉<	
Type 9	つぼみ	つぼみ	そのまま	開花	閉じたまま	そのまま	閉花維持	閉<	
Type 10	つぼみ	つぼみ	そのまま	つぼみ維持	—	そのまま	開花	閉<	

本研究で明らかになった花の降雨に対する反応は、当初予想していたより複雑であった。特に、花粉や柱頭を雨滴から保護できる花弁等の開閉による雨よけは、花序の花柄の変形による開花方向の変化は、新見知であろう。また、特に花序の圧縮形である頭花の反応は、舌状花の花弁のみによって構成小花群を雨滴から保護する器官として機能していることが明白となった。

この頭花の反応はキク科に見られたが、頭花を閉じたのは、タンポポ亜科を

中心に。ヤツガタケタンポポ、ミヤマタンポポ、タカネニガナ、ミヤマコウゾリナ、カンチコウゾリナ。閉じなかった種は、クロトウヒレン、オタカラコウ、ヤマハハコ、ヒメウスユキソウ、コモノギク、ミヤマアキノキリンソウ、ウサギギクであった。この頭花反応には、系統的な背景がありそうである。

また、頭花内の小花の反応は、開葯の状態をみると興味深い。頭花が降雨時に閉じない場合でも、小花内の葯は閉じた状態になっている場合があるからだ。

対降雨反応のきっかけ(起動)となる天候の検討は現在、種ごとのデータ解析中で、明瞭にはなっていない。当初に予想した以上に、種ごとに異なっているようにもみえ、また、生育地によって異なるように思える。これらは今後の検討課題である。

#### 【雨滴耐性】

表1にまとめたような、降雨への反応で明らかなように、植物体の反応は3つのレベル、花序レベル、個花レベル、葯レベルで行われていると整理できる。また、反応がないか、あまりない場合でも、葯レベルで、花粉が雨滴から保護されていないケースがある。これは、基本的に雨滴に花粉をさらし、濡らしてしまうことになる。

この場合に考えられるのは、花粉自体の耐水性である。これを検討するには、今後、濡れたあとの花粉発芽実験を実施する必要がある。

#### 【開花制御も雨滴耐性もないケース】

雨滴耐性、耐水性が花粉にないのに、対降雨反応をまったくしない種も想定できた。これらの種の場合、花数、葯数などを多数にして、かつ順次開花、順次開葯等の反応で繁殖を成功させている可能性が考えられた。さらに、多回稔性や、多年性の植物の場合、栄養繁殖による成功も、対降雨反応の獲得の必要性がない理由として考えることができた。

#### 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)

Mishio, M. and Kawakubo, N.: Variations in leaf morpho-anatomy and photosynthetic traits between sun and shade populations of *Eurya japonica* (Pentaphylacaceae) whose seeds are dispersed by birds across habitats

Plant Species Biology. Article first  
published online: 1 APR 2014  
DOI: 10.1111/1442-1984.12045(印刷中)  
(査読あり)

Jahir, R. and Kawakubo, N.:  
Ineffectiveness of nectar scent in  
generating bumblebee visits to flowers  
of *Impatiens textori*.  
Plant Species Biology. Article first  
published online: 26 AUG 2013  
DOI: 10.1111/1442-1984.12019 (印刷中)  
(査読あり)

Jahir, R. and Kawakubo, N.:  
Nondestructive and continuous  
observation of nectar volume using  
time-interval photography.  
Plant Species Biology  
Volume 29, Issue 2, pages 212–215,  
2014.  
Article first published online: 28 APR  
2013  
DOI: 10.1111/1442-1984.12007  
(査読あり)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等 該当なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川窪 伸光 (KAWAKUBO, Nobumitsu)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号: 60204690

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし