

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K06393

研究課題名(和文) 溪流沿いおよび蛇紋岩地における植物の環境適応プロセスの解明

研究課題名(英文) Comparative study of plant adaptation processes in riverside and serpentine areas

研究代表者

福田 達哉 (Fukuda, Tatsuya)

東京都市大学・理工学部・教授

研究者番号：00432815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：系統的に異なるヒサカキとネズミモチの環境適応に関する共通の変化を明らかにすることで、木本植物の環境適応に関する一般性を示すことができると考えられるために、本研究ではヒサカキとネズミモチの形態学および解剖学的解析を行った。その結果、葉の変化として溪流型では葉の矮小化・葉の肥厚化・細胞数の減少・気孔密度の上昇といった変化が、蛇紋岩型では葉の肥厚化・気孔面積の縮小といった変化が共通として見られた。これらの結果から、ヒサカキとネズミモチは同一種内において形態や細胞を異なる環境に合わせて変化させていることが示され、木本植物の環境適応に関する共通性を見出すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、特殊環境に生育するための植物の変化を示すことが出来るために、植物の多様化を形成する特殊要因と共通要因を明らかにすることが出来るために、そのような環境の保全を推進する際に非常に有用な研究成果となり、学術的だけでなく社会的意義は高い。

研究成果の概要(英文)：Eurya japonica Thunb. (Theaceae) and Ligustrum japonicum Thunb. (Oleaceae) inhabit special environments such as riverside and serpentine areas. Therefore, to compare their morphological and anatomical adaptation into these environments could lead to find out the common process in woody plants. The aim of this study is to clarify morphological and anatomical traits of them. As a result, both species in riverside areas had common changes such as leaf dwarfing, leaf thickening, the decreasing cell number, and the increasing stomatal density, and they serpentine areas had the common such as leaf thickening and the deducing stomatal size. From these results, it was shown that E. japonica and L. japonicum had changed their morphology and cells according to different environments, and it was able to find the common process regarding environmental adaptation of woody plants.

研究分野：植物分類学

キーワード：環境適応 溪流沿い植物 蛇紋岩地

1. 研究開始当初の背景

植物は地球上の様々な場所に生育し、その中には例えば極地方や砂漠地域といった植物が生育するには最適とは考え難い環境が存在するものの、そのような特殊環境に生育地を拡大させるために植物は形態や細胞を変化させることで適応していると考えられている。その中でも葉は環境による形態的变化が顕著な器官であり、その変化の様式に関してはこれまでに多くの植物群で研究が行われている。

様々な特殊環境のうち、溪流沿いといった突発的な増水に伴う水流の選択圧が強い環境においては、そのような物理的ストレスを回避するために根を発達させ、また灌木の場合は枝が水面に平行になるよう波打つ形態を示し、さらに枝は強靱で柔軟性に富むだけでなく、葉が細長い流線型をしている特徴を有することが知られており、そのような形態的特徴を持った植物は一般的に溪流沿い植物と呼ばれている。このような形態学的変化のうち葉の形態変化に関しては数多くの研究が行われ、これらはどれも狭葉化を示すという特徴が一致していることが挙げられる。また、これらの植物群における狭葉化のプロセスに関して系統的に原始的な植物群においては細胞数の変化によって、また派生的な植物群においては、細胞数の変化に加えて細胞面積の縮小といった複数の過程を経ることによる効率的な狭葉化が行われていることが示されている。

溪流沿い環境の他にも特殊環境としては、蛇紋岩地といった超塩基性の土壤に生育する植物に関する形態学的適応に関する研究が行われている。蛇紋岩地はニッケルやマグネシウムの濃度が高く、カリウムやカルシウムの濃度が低い貧栄養な土壤であり、また水はけがよく水分を含むと崩れやすい乾燥した土壤でもあることから、植物の生育には不適な環境であることが知られている。この蛇紋岩地に関しては、キク科植物のヤナギノギクとツリガネニンジンの蛇紋岩地適応型の研究があり、これらの研究の結果から一般的に蛇紋岩地においても溪流沿い環境と同様に狭葉化を示しているものの、気孔数や葉の厚さなどの形質に関しては水量が豊富で常時水利用が可能である溪流沿いとは異なる形態に変化していることが示されている。このように異なる環境において同じ狭葉化が選択されているものの、そのような形態が選択された背景が異なるために、解剖学的解析からは気孔などについて異なる変化をしていることが明らかになっている。

このように特殊環境に生育している植物は、その環境に特化した戦略をとっているものが多いものの、生態型や近縁種への分化を経ることにより複数の特殊環境に適応している植物も存在する。例えば、キク科シオン属植物で、通常地に生息するヤマジノギクに対して蛇紋岩地に適応したヤナギノギク、太平洋側の海岸地に適応したソナレノギク、日本海側の海岸地に適応したハマベノギクとしてそれぞれの特殊環境に近縁種として分化している例や、キキョウ科植物がツリガネニンジンの溪流沿いや蛇紋岩地、さらには海岸地に適応した生態型に分化している例が存在している。このように特殊環境に生育する植物に関する研究の多くは草本植物を中心に行われている。草本植物は一般的に世代時間が短く、かつ生涯に生産することができる種子数に関しても限界があるだけでなく、獲得資源も根

や根塊といった地下部にしか貯蓄することができないために、地上部の形態に関しては環境の変化に敏感であり、例えば森林の遷移に関しても初期の段階でないと侵入することができない。これに対して木本植物は、例えば獲得資源も地下部だけではなく、地上部である幹や枝にも貯蓄することが可能であるといった多くの点に関して草本植物とは異なる生活史を有するために、特殊環境への適応に関しても草本植物とは異なる適応様式を獲得している可能性が高い。実際に海岸地に適応した草本植物において見られる葉の水分貯留機能が、海岸地に適応した木本植物においてその機能を有していないことが示されており、その背景として木本植物の場合は、枝や幹といった貯蓄器官に多くの水分を貯留している可能性を示しており、そのために木本植物と草本植物の海岸地における葉の形態に関する適応様式は異なることが報告されている。これらを考慮すると、他の特殊環境への適応に関しても、これまでに明らかになっている草本植物の葉の形態に関する適応様式とは異なる可能性が非常に高い。

ツバキ科植物のヒサカキとモクセイ科植物のネズミモチは、どちらも日本では本州～九州にかけて広い分布域を有している。このうちヒサカキに関しては、乾燥地や超塩基性土壌である蛇紋岩地に生育が可能であることが述べられており、本研究を行うための予備的調査の結果、実際に溪流沿いや蛇紋岩地にヒサカキが生育していることを確認した。またネズミモチも溪流沿いだけでなく、蛇紋岩地にも生育していることを確認した。そのために、ツバキ科とモクセイ科といった系統的に離れた植物群を用いて溪流沿い環境、蛇紋岩地環境のそれぞれについて形態学的及び解剖学的解析を行い、両種の共通の適応様式をそれぞれの環境において明らかにすることは、木本植物における特殊環境適応の一般性について新たに議論を可能にすることができるだけでなく、これまでの草本植物における結果と比較することにより、木本植物と草本植物における特殊環境適応に関する形態学的差異について考察することが可能になってくると考えられる。

2．研究の目的

本研究ではヒサカキとネズミモチについて溪流沿い環境、蛇紋岩地環境への適応に関する形態学的及び解剖学的変化について調査することで、木本植物の環境適応に関する共通性と草本植物の一般的な変化と比較から相違点を明らかにすることを目的として研究を行った。

3．研究の方法

本研究の材料である陸上型・溪流型・蛇紋岩型は全て野外から採集した。研究の対照である陸上型ヒサカキは、高知県香美市土佐山田町榎谷において 30 個体、高知県香南市野市町大谷において 30 個体、高知県高岡郡日高村沖名において 30 個体の採集を行った。溪流型ヒサカキは、徳島県三好市山城町上名において 40 個体、高知県長岡郡本山町沢ヶ内において 30 個体、高知県安芸市古井において 38 個体、高知県高岡郡四万十町十川において 31

個体、高知県高岡郡梶原町中平において 30 個体、徳島県那賀郡那賀町百合松の木において 41 個体の採集を行った。蛇紋岩型ヒサカキは、高知県高知市鏡大利において 31 個体、高知県高岡郡梶原町井高において 30 個体の採集を行った。

ヒサカキと同様に研究の対照である陸上型ネズミモチは、高知県香南市野市町大谷において 30 個体、高知県高知市土佐山高川において 30 個体、高知県高岡郡四万十町大正において 20 個体、高知県南国市奈路において 30 個体の採集を行った。渓流型ネズミモチは、高知県高岡郡梶原町中平において 30 個体の採集を行った。蛇紋岩型ネズミモチは、高知県高知市鏡大利において 30 個体、高知県高知市一宮において 27 個体、高知県南国市岡豊町八幡において 32 個体、愛媛県八幡浜市穴井において 32 個体の採集を行った。

葉の計測においては、葉の 4 箇所について計測を行った。1 個体当たり 3 枚の葉を使用し、葉の長さの計測に関しては電子式ノギスを用い、葉の厚さの計測に関しては電子マイクロメーターを用いて計測した。また、細胞の大きさの違いを明らかにするために SUMP 法を用いて、葉の表と裏それぞれについて表皮細胞の計測を行った。細胞の大きさに関する計測は、1 枚当たり葉の表裏それぞれ 10 個の細胞をランダムで選び、形態計測の際に葉の縦とした軸を細胞の縦の長さ、横とした軸を細胞の横の長さとして計測を行った。さらに孔辺細胞の計測は、葉の表皮細胞の計測と同様に、SUMP 法を用いてプレパラートを作成し、光学顕微鏡を用いて、採集した個体の孔辺細胞の計測を行った。これらに加えて葉の断面を明らかにするためにパラフィン切片を作成し、光学顕微鏡を用いて細胞計測を行った。また本研究では、葉の表側の表皮細胞、柵状組織、海綿状組織、裏側の表皮細胞に関して 1 個体当たり 10 箇所をランダムに選び、その高さを計測した。

4 . 研究成果

計測の結果、葉の変化として渓流型では葉の矮小化・葉の肥厚化・細胞数の減少・気孔密度の上昇といった変化が、蛇紋岩型では葉の肥厚化・気孔面積の縮小といった変化が見られた。渓流型ネズミモチは葉脚角度の減少・葉の肥厚化を起こしていた。蛇紋岩型ヒサカキ・ネズミモチは葉の肥厚化を起こしていた。これらの本研究の結果から、渓流型及び蛇紋岩型ヒサカキ・ネズミモチは狭葉化をしておらず、草本植物とは異なる結果になった。これは木本植物の幹が木質化しており、草本植物と比較して物理ストレスに強いことが考えられる。また、ヒサカキは渓流型・蛇紋岩型のいずれも肥厚化しており、解剖学的結果から、海綿状組織や柵状組織が有意に肥厚していることが示されたために、この肥厚化は渓流型と蛇紋岩型は光合成効率を上げるための変化であると考えられる。ネズミモチも同様に渓流型と蛇紋岩型が肥厚化しており、渓流型はヒサカキと同様光合成効率を上げるための変化であり、蛇紋岩型は光合成量を増加させるための変化をすることで貧栄養土壌である蛇紋岩地に適応していると考えられる。ヒサカキとネズミモチは同一種内において形態や細胞を異なる環境に合わせて変化させていることが示された。これにより、木本植物の環境適応に関する共通性を見出すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kumekawa, Y., Miura, O., Fujimoto, H., Ito, K., Arakawa, R., Yokoyama, J and Fukuda, T.	4. 巻 104
2. 論文標題 Possible occurrence of reproductive isolation between two geographical clades of a laniatorid harvestman <i>Pseudobiantes japonicus</i> (Arachnida: Opiliones: Epedanidae) in Shikoku	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Edaphologia	6. 最初と最後の頁 19-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Fukuyama H, Fukuda T, Yasui M, Suzuki A
2. 発表標題 Ecological aspects of ammonia fungi in serpentine soil
3. 学会等名 Asian Mycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ochi T, Fukuda T, Suzuki A
2. 発表標題 Construction of a model system to analyze the decomposition process of bamboo culm adopting mushrooms in Agaricomycotina
3. 学会等名 Asian Mycological Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深山寛人、伊野航、福田達哉、安井万奈、鈴木彰
2. 発表標題 蛇紋岩地の常緑樹林におけるアンモニア菌の生態学的研究
3. 学会等名 第63回日本菌学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深山寛人、福田達哉、伊野航、萩谷宏、安井万奈、鈴木彰
2. 発表標題 アルカリ土壌の林床における尿素処理の効果
3. 学会等名 日本菌学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深山寛人、福田達哉、萩谷 宏、鈴木 彰
2. 発表標題 蛇紋岩地における腐生性のアンモニア菌
3. 学会等名 日本きのこ学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------