

内63~36

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文概要

論文題目

火山荒原に生育する藓類
シモフリゴケ(*Racomitrium lanuginosum*)
の生理生態学的研究

申請者

中坪 孝之

Takayuki Nakatsubo

物理学及応用物理学専攻
生理生態学研究

平成元年 2月

乾性一次遷移の初期、植物の侵入が始まった段階では、植被を欠くことによる極端な温度変化、乾燥、未発達な土壌などのため、そこに定着できる植物はごく一部の種に限られている。これらの先駆植物は、微気象の緩和、土壌の生成などを通じ、遷移の進行に重要な役割を果たしている。その生態を明らかにすることは、植物の環境適応を知るだけでなく、遷移初期過程を理解する上でも重要である。乾性一次遷移における先駆植物としては、地衣類から木本植物まで知られているが、火山噴火跡の溶岩原においては、しばしば一部の蘚苔類が先駆植生として出現することが古くから知られてきた。しかし、これらの蘚苔類の生態を調べた研究は非常に少なく、その遷移の進行における役割に関しては今だにほとんど知られていない。

蘚苔類は、多くの陸上高等植物と異なった、生態学的に重要な二つの形態上、生理上の特徴をもっている。すなわち1) 維管束系を持たず、周囲の湿度に応じて細胞の含水率が変動すること、2) 体表で直接ガス・水・栄養塩等の物質交換を行なうことである。これらの特徴のため、一般に蘚苔類は高等植物に比べ環境変動の影響を受け易いが、先駆的な種では乾燥に対し強い耐性を持ち、環境変動にすばやく反応しながら乾性一次遷移初期の厳しい環境のもとで生活している。したがって、これらの植物の生態を明らかにするためには、野外において植物が直接影響されている微環境の把握が十分になされなければならない。本研究は、これらの点をふまえ、世界的に広く分布し、しばしば火山荒原に優占することが知られている蘚類シモフリゴケ (*Racomitrium lanuginosum*) について、生育地における微環境の測定と、実験条件下での生理生態学的特性の測定の両面から、本種が生育地の無機的環境・生物的環境にどのように対応しているかを調べ、その生活と環境適応を明らかにすることを目的とした。

本論文は七章より構成されている。第一章<序論>では、火山荒原の植生の特徴と蘚苔類の生理生態学に関する従来の研究を概説し、本研究の目的と意義について述べている。

第二章では、本研究の主な調査地である富士山の北西面、標高約2400mの溶岩原に優占しているシモフリゴケ群落の構造とその成長について述べている。本調査地においてはシモフリゴケは地表面の約19%をおおっていた。群落の厚さは平均3cmで、最も厚い場所では14cmにおよんだ。しかしこのうち緑色部は群落表層の約1cmで、残りは枯死部とピートであった。刈り取り法により求めた群落の緑色部の現存量は群落1m²あたり平均531gであった。シュートの先端を色素でマーキングし、伸長成長を調べた結果、12月から4月までの積雪期を除き、絶えず成長していることが判明した。1年間の伸長成長量は平均2.3mmであった。これらの結果より、本調査地のシモフリゴケの純生産量は群落1m²当り年間約120gと推定された。群落枯死部の分解は遅く、リターバッグ法による測定では、枯死部の重量の減少は3年間で約10%であった。

第三章では、シモフリゴケの物質生産速度と微環境との関係について述べている。はじめに実験条件下で純光合成・暗呼吸速度と光強度・温度・植物体の水分量との関係を調べた。群落の緑色部を切り取り、そのままの密度で測定した場合、10°Cにおける光補償点は30~50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ にあり、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ でも光飽和に達しなかった。純光合成の最適温度は20°C前後にあったが、これは近くの林床生の種と変わらなかった。また、6°Cでも最大の50%以上の純光合成速度を維持していた。植物体の水分量は純光合成速度に大きく影響し、乾燥重量1gあたりの水の重量が2gの時に純光合成速度は最大になった。水分量がこれより多くなるにつれ、純光合成速度は徐々に低下した。一方、水分量が2g・g⁻¹以下になると純光合成は強く抑制され、0.3g・g⁻¹以下では検出限界以下であった。次に、これらの結果をふまえ、上記の調査地において測定されたシモフリゴケ群落の微環境の影響について論じている。サーミスターとデータロガーにより群落の緑色部の温度を連続測定した結果、積雪下ではほぼ0°Cであるが、雪解け後は激しい日周変化を繰り返した。日中のコケ温は常に気温より高く、夏期の晴天日に60°C以上になる場合が認められた。夜間のコケ温は通常気温より低く、その差はしばしば4°C以上に達し、露結により水分供給が行なわれることが明らかになった。植物体の水分量は降水の直後、一時的に4g・g⁻¹以上になる場合があるが、急激に低下した。晴天の日中の水分量は0.3g・g⁻¹以下の場合が多かった。コケが湿っている時のコケ温は、光合成に好適な範囲にあった。

第四章では、前章で示された乾燥の重要性をうけて、シモフリゴケをはじめとする比較的乾燥しやすい生育地の蘚類と、湿潤な林床に生育する蘚類とが、水分生理の面でどのように異なっているかを述べている。はじめに純光合成と植物体の水分量との関係を比較した。乾燥しやすい生育地の種では純光合成速度が最大になる水分量は2~3g・g⁻¹にあり、0.5g・g⁻¹でも正の純光合成を示した。一方、林床生の種では最適水分量は3~8g・g⁻¹にあり、0.5g・g⁻¹では純光合成の値が負になるものが認められた。これらのことから、乾燥しやすい生育地の蘚類は、露などによる少量の水分供給を有効に光合成に利用できると考えられる。シモフリゴケと林床生の代表種であるタチハイゴケについて植物体の水分量と水ポテンシャルとの関係を比較したところ、両種共、純光合成の最適水分量以上では水ポテンシャルはほぼ0であった。このことは細胞内に溶液状態で存在している水や毛管力により細胞に吸着されている水以外に、細胞外にも水が存在していることを示している。最適水分量以下の同じ水分量ではタチハイゴケよりもシモフリゴケの方が水ポテンシャルが高かった。また、孔径が一定のメンブランフィルターで細胞外の水をぬぐい去った直後の植物体水分量は、シモフリゴケの方が低く、それと純光合成の最適水分量との間には相関が認められた。これらのことから、同じ植物体水分量でも、種により細胞内外に存在する水の割合は異なっていることが示された。次に、シモフリゴケと富士山の亜高山帯に生育する6種の蘚類との間で蒸発

散速度を比較した。発達したシモフリゴケ群落の群落面積あたりの蒸発速度は、薄く広がった群落をつくる林床生の種より速いが、生育に直接関係する重量あたりの蒸発速度は、調べた7種の中で最も遅かった。これは群落面積当りの植物体重が重い割に、蒸発が起こる表面積が小さいためで、シモフリゴケが水分保持に関して非常に有利な群落形態をしていると結論された。

第五章では、栄養塩の中で最も多量に必要とされ、遷移の初期段階でしばしば不足することが知られている窒素をシモフリゴケがどのように利用しているかについて述べている。富士山の異なる3ヶ所の群落について、付着微生物による窒素固定の有無をアセチレン還元法により調べた。山頂付近の群落に付着ラン藻によると思われる弱い活性が認められたが、他の群落には活性はなく、付着微生物による窒素固定はシモフリゴケにとって重要ではないと推測された。シモフリゴケの緑色部の窒素含有率は平均0.38%で、調べた8種の蘚類の中でもっとも低かった。第二章において求めた群落の成長量から計算した窒素要求量は、群落1m²あたり年間約240mgNとなり、降水による窒素供給のみで成長に必要な窒素をまかなうことができるかと結論された。

第六章では、生物的環境の一つとして、シモフリゴケと類似の環境に生育する同属の種であるハイスナゴケ (*Rhacomitrium barbuloides*) との種間関係について論じている。富士山の南東斜面の標高1600m付近の砂礫地では、両種はイタドリなどの先駆植物のパッチ状群落の周囲に生育しているが、ハイスナゴケがこのパッチ側、シモフリゴケが外側にリング状にすみわけている。パッチ側ほど相対照度は低下し、それにともない乾燥の度合も弱くなる。純光合成速度と光強度・温度・植物体の水分量との関係を比較したところ、光強度と温度については両種同じような反応を示したが、光補償点以上の同じ条件下ではハイスナゴケの純光合成速度はシモフリゴケのほぼ2倍であった。一方、純光合成の最適水分量はシモフリゴケの方が低く、0.7g・g⁻¹以下では両種の純光合成速度はほぼ等しくなった。野外で両種を同一条件下におくとハイスナゴケの方が重量あたりの水を失う速度が速かった。以上から、シモフリゴケは植被が未発達で乾燥が厳しい場所には優占できるが、植被が発達し湿潤になるにつれ成長速度の速いハイスナゴケにその場を譲るものと考えられた。

第七章では、以上の結果を総括し、乾性一次遷移における先駆植生としての蘚類の生態学的特徴について論じている。