

3年 望月颯真

家の近くの遊歩道にコケが生えていた。絨毯のようになっていた。絨毯は黄緑の鮮やかな色の部分と黒っぽい緑と茶色の混じった部分の2つに分かれていた。よく見るとコケの色や形が違っていた。違う種類ごとに固まって生えている。なぜ、分かれて生えているのか。同じ遊歩場であっても生育する環境条件に微妙な違いがあるのかもしれない。それを突き止めたいと本研究を行った。

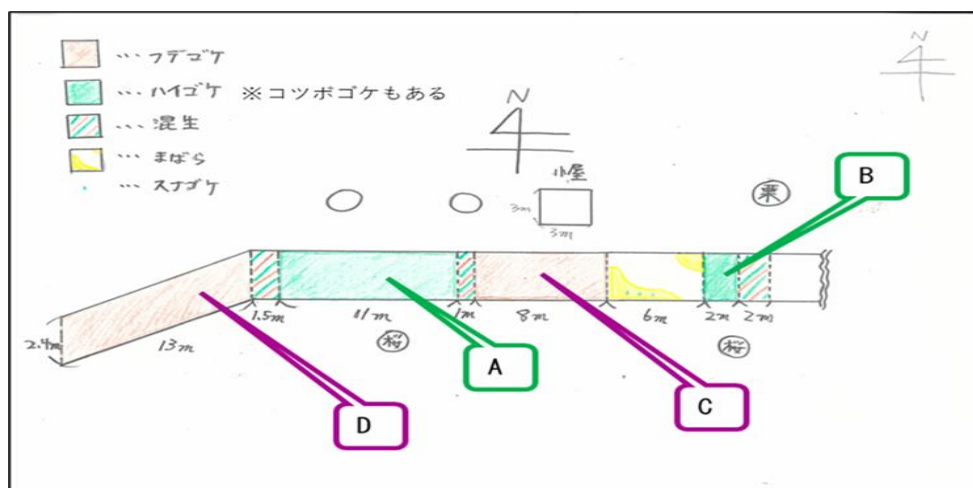
遊歩場に生えていた数種類のコケのうち、大きな群落をつくっていたハイゴケとフデゴケを中心に、次の4つの間を解決していった。

「問Ⅳ」 フデゴケは暑くて、乾きやすい所に生えている。植物にとっては厳しい環境なのに、なぜ、涼しくて、湿った日陰に生えないのか。日なたに生えているのは「乾燥に耐える仕組みがあるから。」だろう。また、反対に目かげに生えない理由は何か。

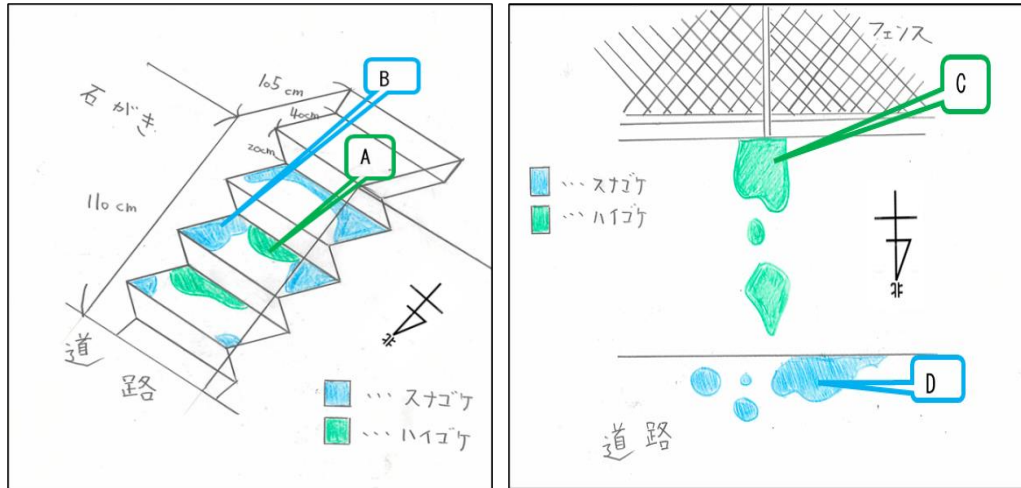
「本当に、ハイゴケは日陰を好み、フデゴケは日が当たる場所を好むのか。また、それはなぜか。」

ア	コケ表面の照度	イ	コケの 5 cm 上の気温
ウ	コケの 5 cm 上の湿度	エ	仮根部分の地中温度
オ	仮根部分の含水率	カ	風力

ア 遊歩道 (A、B:ハイゴケエリア C、D:フデゴケエリア)



イ 自宅近くの畑に上る階段、その横のコンクリート壁と道路。(ハイゴケとスナゴケ)



③ 測定方法と器具

ア 遊歩道 (ハイゴケとフデゴケ) 測定

測定は天気の良い日に行った。朝、昼、夕方。1日に1～3回のペースである。

ハイゴケ (A, B 地点) フデゴケ (C, D 地点) のそれぞれ2カ所で行った。

各測定はそれぞれ5回行い平均値を求める。また、比較のためにゼニゴケ (E 地点) についても同じ測定をした。測定内容は次の7つである。天候 (雲量)・5 cm上の気温・5 cm上の湿度・5 cm上の風速・コケ表面の照度・仮根部分の地温・仮根部分の含水量。またよく晴れた1日を選んで朝～夕方のコケ表面の温度と湿度について自動計測装置を使って調べた。30分ごと8時間～9時間の変化を2日間、測定した。

測定器具



イ 階段と横のコンクリート壁、その下の道 (ハイゴケとスナゴケ)

晴れた1日 (8/19)、アと同じ測定方法で朝～夕方、7時～17時まで2時間ごとに行った。この時、同時に自動計測装置による測定も行った。

(2)「問Ⅱ」について調べる。

「なぜ、乾燥や湿りによって葉状体が開閉するコケ、開閉しないコケがあるのか。」

① 乾燥や湿り気に対して葉状体はどう変化するか。

ア 水をかけたり、乾燥させたりした時のコケの様子を観察する。

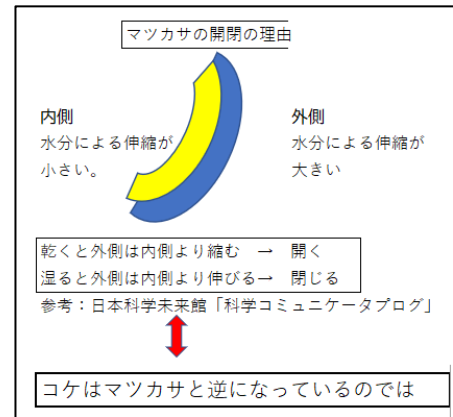
イ 実体顕微鏡・顕微鏡で拡大してみる。

② なぜ、フデゴケやスナゴケは葉状体が縮むのか。

ア 葉状体を顕微鏡で拡大し、その仕組みを見る。

イ フデゴケやスナゴケの葉状体が開いたり閉じたりする理由は何か。葉状体のモデルをつくる。

右図のようにマツカサは内側と外側の水による伸縮率の違いによって開閉をする。コケの葉状体も、内側と外側で水分による伸縮率に違いがあるのではないか。水分によって開閉するコケに共通に見られた中肋に構造が伸縮率に関係しているのではないか。中肋のあるなしによって、水分による開閉が見られるか、「開閉モデル」を作って調べる。



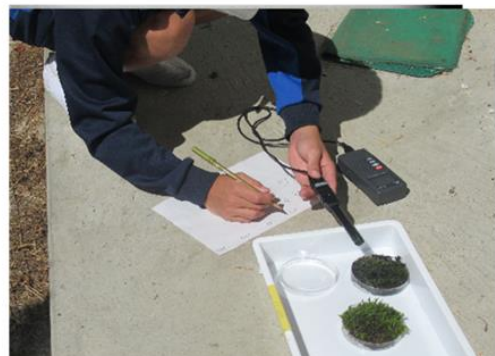
(3)「問Ⅲ」について調べる。

「なぜ、仮根のある(地下)の含水量測定では 日当たりがよく暑い所に生えるフデゴケの方がハイゴケより含水率が大きいのか。」

フデゴケとハイゴケでは、コケの体の表面から蒸発する水の量が違うのではないか。このことを調べるために、次の実験をして、蒸発量を比べてみた。

プラスチックの容器にフデゴケとハイゴケを入れる。コケを取る時、同じ面積になるように、容器を型にして、カッターで容器の形に切る。コケは十分に湿らせておく。水を 30 cm³ずつ加え、日かげと日なたに置く。2 時間がごとに重さを測り、その差から蒸発量をだす。

天気の良い日に、2 回測定をした。1 回目は、ハイゴケとフデゴケ。2 回目はハイゴケとフデゴケとスナゴケの 3 種類でやった。



(4)「問Ⅳ」について調べる。

「フデゴケは暑くて、乾きやすい所に生えている。植物にとっては厳しい環境なのに、なぜ、涼しくて、湿った日陰に生えないのか。」

フデゴケはハイゴケが生えているような環境のいい場所では生きていけない。なぜか。フデゴケはハイゴケに比べて、体が小さく、大きなコケがあると光が取れなくなる。このことを調べるために、それぞれのコケ群落の境目をよく観察する。ハイゴケとスナゴケの境目も見ると。

3 研究結果と考察

(1)「問Ⅰ」 実際にハイゴケは日陰を好み、フデゴケは日が当たる場所を好むのか。

遊歩道での、7/24～8/15、測定日15日間、すべての測定値を全部平均して、コケごとに下の表に示す。

A～E地点のすべての測定値平均

地点	コケ種類	時間帯	5cm上気温	5cm上湿度	5cm上風速	照度	仮根地温	仮根含水率
A	ハイゴケ	朝昼夕	27.4	77.6	0.2	4950.1	25.6	35.1
B	ハイゴケ	朝昼夕	27.5	77.9	0.1	2980.0	26.0	35.0
C	フデゴケ	朝昼夕	27.5	83.4	0.2	10016.0	27.6	36.8
D	フデゴケ	朝昼夕	27.4	78.8	0.2	20628.4	28.7	39.0
E	ゼニゴケ	朝昼夕	28.1	73.3	0.5	6170.5	26.7	36.2
単位			(℃)	(℃)	(m/秒)	ルクス	(℃)	(%)

日当たりを示す照度は、ハイゴケは約3000～5000ルクス。フデゴケは約10000～20000ルクス。このことから、確かにハイゴケが育つ場所は日陰、フデゴケは日なただといえる。

また、仮根の所の地温も、日かげのハイゴケは低く、日なたのフデゴケは高い。よく日が当たれば、地温も高くなるだろう。含水率は、フデゴケの方が約2～3%高い。これは不思議だ。なぜなら、地温が高いほど、水の蒸発は盛んになるから、フデゴケの下の地面は乾いて、含水率は低くなるはずなのに。

コケから5cm上の気温と湿度は、どちらのエリアも大きな違いはない。比較のために測定したゼニゴケでは、照度、仮根地温、仮根含水率はハイゴケ、フデゴケの中間くらいの値になった。ゼニゴケが生えている場所は、民家の北側の軒下なので、朝と夕方だけに日が当たり、真昼にはひさしの陰になる。

1日を通した自動計測装置によるコケ表面の気温と湿度の測定結果（遊歩道）を右の表に示す。（8月3日 午前6時30分～17時まで、30分ごとに記録したものの平均値）

これを見ると、ハイゴケが平均で表面気温33.1～35.4℃、フデゴケが42.1～

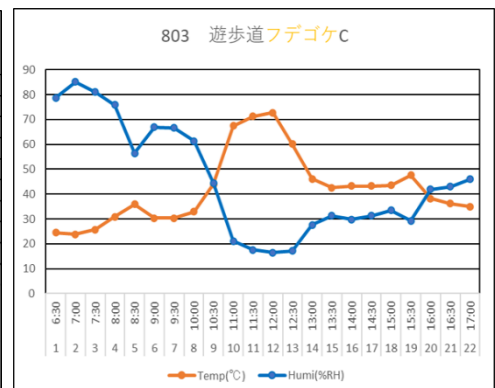
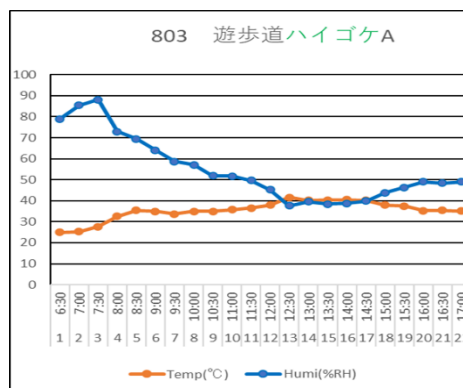
45.6℃である。表面湿度はハイゴケが54.7～60.5%、フデゴケが45.5～42.7%である。

この結果も、ハイゴケエリアは日陰で、フデゴケエリアは日なたであることが理由である。

右グラフを見てもフデゴケの方が、ハイゴケよりも暑くて乾きやすい過酷な環境に生育していることを示している。

コケごとの一日の平均値(コケ表面の気温と湿度)

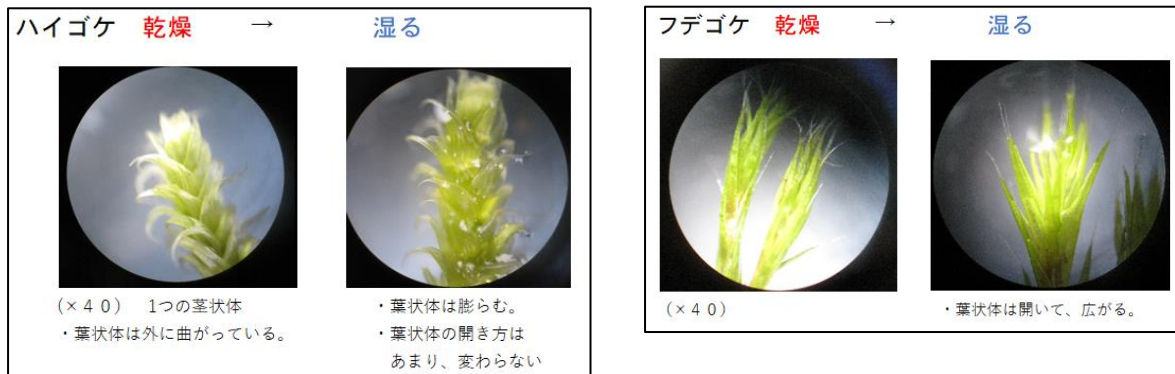
地点	場所	コケ種類	気温℃	湿度%
A	遊歩道	ハイゴケ	35.4	54.7
B	遊歩道	ハイゴケ	33.1	60.5
C	遊歩道	フデゴケ	42.1	45.5
D	遊歩道	フデゴケ	45.6	42.7
E	隣の軒下	ゼニゴケ	36.9	49.7



(2)「問Ⅱ」 なぜ、乾燥や湿りによって葉状体が開閉するコケ、開閉しないコケがあるのか。

① 乾燥や湿り気に対して葉状体はどう変化するか。

下の写真は、湿らせたときのそれぞれのコケの様子を示している。

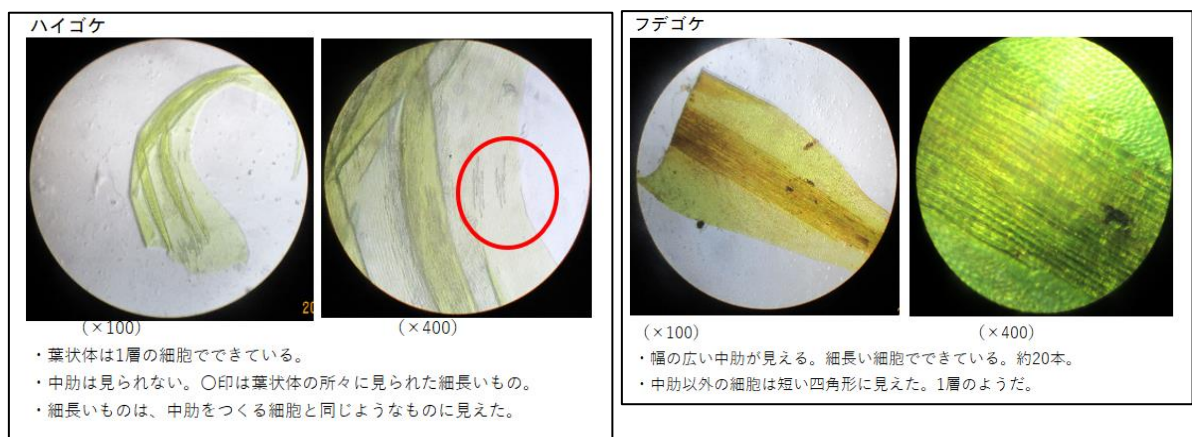


ハイゴケの茎状体は乾湿によって開いたり閉じたりする。しかし、一方葉状体には縮んだり、茎状体にくっついったりする特徴がないことが分かった。

フデゴケやスナゴケの葉状体は乾燥によって縮み、内側に曲がって茎状体にくっつく。これによって空気に触れる面積を小さくしているのではないかと。日差しの強さによる水分の蒸発を防いでいる。乾燥に耐えられる仕組みだ。だから、フデゴケやスナゴケは日が当たり、高温で乾いた環境でも生育できるのだろう。反対に、ハイゴケにはこの仕組みがないので、フデゴケやスナゴケよりも日が当たらない場所に生育する。

② なぜ、フデゴケやスナゴケは葉状体が縮むのか。ハイゴケとのつくりの違いは何か。

下の写真は葉状体1枚を拡大したものである。ハイゴケには中肋はない。フデゴケには中肋がある。



下の断面の写真を見ると、フデゴケでは中肋が葉状体の外側にできていることが分かる。



観察では、フデゴケやスナゴケには葉状体の中心に中肋という葉脈のように見える作りがあった。中肋はコケの葉状体の外側についているようだ。もしそうなら、葉状体の内側と外側でつくりに差がある。もしかしたら、この中肋は葉状体の丸まりや内側への曲がりに関係しているかもしれない。松かさの内側と外側に違いがあることと同じかもしれない。一方、丸まりや曲がりのないハイゴケには中肋はない。表も裏も同じように見えた。

コケの水分による開閉モデルの作製

写真下はセロハンの片側に中肋のように、アルミテープを貼ったもの。

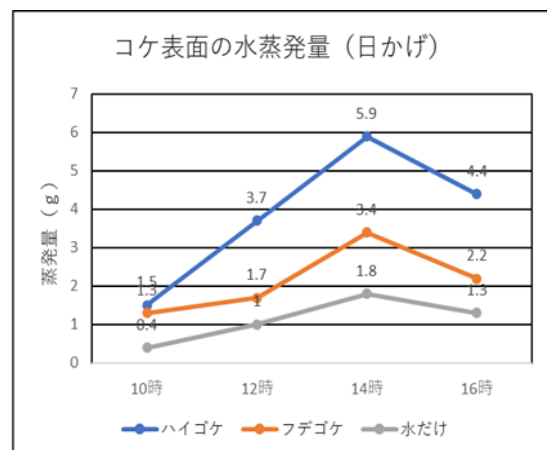
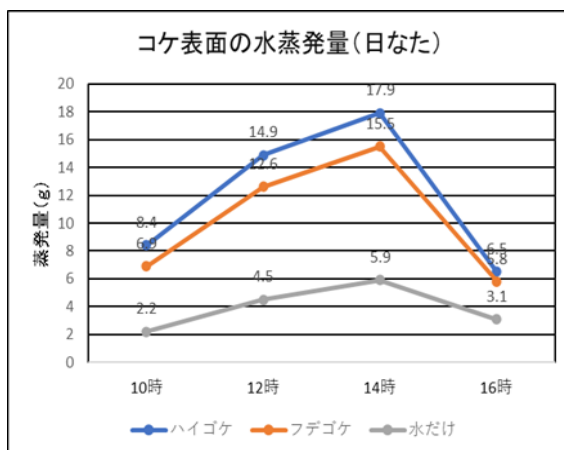


左は霧吹きで濡らしたものの、右はドライヤーで乾かしたものの。水分が多いとセロハンが伸び、アルミは伸びない。そのため、アルミ側に反る。反対に乾くとセロハン側に反る。

セロハンとアルミだけでなく、水分による収縮率の違う紙を使っても同様の結果が得られた。おそらく、フデゴケやスナゴケの葉状体も湿った時には、内側は外側よりも伸びやすくなっている。乾いた時には、内側は外側よりも縮みやすい。つまり、中肋のある外側は内側に比べたら、乾燥や湿りによる収縮のぐあいが小さい。コケの葉状体の表裏で違っている点は、今回の観察では中肋があるか、ないかだ。だから、中肋があるフデゴケやスナゴケは、乾燥や湿りによる葉の開閉や茎状体への巻き付きが起こる。反対に、中肋がないハイゴケには、乾燥や湿りによる葉状体の開閉がないのかもしれない。

(3)「問Ⅲ」 なぜ、仮根のある(地下)の含水量測定では 日当たりがよく暑い所に生える フデゴケの方がハイゴケより含水率が大きいのか。

次のグラフにハイゴケとフデゴケからの水の蒸発量を示す。



フデゴケは、日なたでも日かげでもハイゴケより蒸発量が小さい。特に気温が高く、湿度が小さくなる 12~14 時ごろの差が大きい。この結果は「問Ⅲ」の答えになるかもしれない。蒸発量が

小さくなる理由は、フデゴケは縦に伸び、密集している。また、葉状体は乾燥によって閉じる。上の先端は透明尖となっていて、日光を反射し、緑色の部分だけから蒸発が起こっているのかもしれない。反対にハイゴケは広がっている。また、乾燥してくると茎状体が起き上がってくる。横にも縦にも空間ができやすい。そのため蒸発は起こりやすくなるだろう。このことが、フデゴケの方が、日なたであっても、ハイゴケより地下の含水率が大きくなる理由かもしれない。フデゴケは、仮根付近に水分を保持している。密集し、葉状体も乾燥すると閉じ、水分を外に逃がさない。だから、ハイゴケに比べて、乾燥した日なたで耐えることができそう。

さらに、ハイゴケ、フデゴケ、スナゴケを3日間日なたに置く。完全に乾燥させた状態のものに、水30mlを入れて1日置いた。右写真はコケの蘇り状態を示す。ハイゴケでは約60%が枯れていた。フデゴケでは25%が枯れていた。スナゴケではほとんど枯れていなかった。この結果から次のことが言える。ハイゴケは日なたでは生きられない。フデゴケはハイゴケより生きられる。スナゴケはもっと過酷な日なたでも十分生きられる。



(4)「問Ⅳ」 フデゴケは暑くて、乾きやすい所に生えている。植物にとっては厳しい環境なのに、なぜ、涼しくて、湿った日陰に生えないのか。

次の写真は、左フデゴケとハイゴケの境目、右スナゴケとハイゴケ群落の境目の様子を撮ったものである。



このように、群落の境目ではハイゴケがフデゴケやスナゴケの上に乗るように生えていた。フデゴケはハイゴケが生えているような環境のいい場所では生きていけないのだろう。フデゴケはハイゴケに比べて、体が小さい。ハイゴケは上に乗ってくるので、光が取れなくなる。すると、光合成ができなくなってしまうから、生きていけない。だから、ハイゴケのような大きいコケが生えない、日当たりのいい、乾燥した場所に生育する。乾燥した場所でも耐えられる特徴も備わっている。一方のハイゴケは這うという性質を利用して、他のコケの上に乗ることで生育場所を広げていく。しかし、乾燥に耐える仕組みはフデゴケよりはないので、日なたでは生きられない。スナゴケはフデゴケよりさらに小さい。だから、他のコケが生えない、完全な日なたに生育する。暑く、すごく乾燥する場である。そこで生きていくには乾燥で茎状体に強く絡みつく葉状体や、乾燥や湿りによって素早く葉状体を開閉する特徴が必要なのだ。

次の表に家の近くに生えていたコケの特徴をまとめた。

コケ種類	ハイゴケ	ヒメハイゴケ	コソボゴケ	フデゴケ	スナゴケ	ラセンゴケ	ギンゴケ
日当たり	中	弱～中	弱～中	中～強	強	中	強
表面 温度	低～中	低～中	低～中	中～高	中～高	中	中～高
表面 乾湿	湿	湿	湿	中～乾	乾	中～乾	乾
表面 湿度	低～中	低～中	低～中	中～高	中～高	中	中～高
中肋の存在	×	×	○	○	○	○	○1本
葉状体の開閉	×	×	○巻く	○開閉	◎絡む	◎巻き付く	常に閉じる

ハイゴケとヒメハイゴケは日当たりが弱～中のところに生息している。どちらも中肋がなく葉状体の開閉がない。一方スナゴケ、ギンゴケは日当たりが中～強のところに生息している。中肋をもち葉状体は開閉したり茎状体に巻き付いたりする。生えている所の日当たりの強さによって、環境条件や体の様子が違っている。

コケの種類が場所によって違う理由は、生きるために必要な光を取り入れることができる場所に生えるからだ。体の大きさや向き、乾燥に耐える仕組みがあるか、ないか等の違いによって、コケはそれぞれの種類で最も有利な場所があるのだろう。

4 研究のまとめ

(1) ハイゴケとフデゴケの生育場所は、日当たりの違いによって決まる。

ハイゴケは日陰に、フデゴケはハイゴケより日なたに生育する。

(2) 日当たりの違いによって、コケの生育する環境条件が変わる。

照度、表面気温、表面湿度、土中温度、土中含水率である。

(3) フデゴケやスナゴケは体が小さいために、ハイゴケの陰にならない日差しの強い場所に生育する。生きるために必要な光を取れる場所である。

(4) フデゴケやスナゴケは厳しい日なたに生きるために、乾燥に耐える仕組みを持っている。体表面からの水の蒸発を防ぐために、葉状体が縮んだり、茎状体に絡みついたりする。ハイゴケの葉状体にはこのような仕組みは見られない。

(5) フデゴケやスナゴケの葉状体が水分の多い、少ないによって開閉する仕組みは「マツカサの開閉」の仕組みと同じかもしれない。表裏で水分に対する伸び縮みに差があるのだろう。

(6) (5)の表裏の差は葉状体の中肋があるか、ないかによって生まれるかもしれない。開閉するフデゴケ、スナゴケには中肋があり、開閉をしないハイゴケにはないからだ。

5 参考文献

(1) コケ図鑑 大石善隆 著

(2) フィールド図鑑 コケ 井上 浩 著

(3) 日本科学未来館「科学コミュニケーターブログ」 インターネットより

(4) 水が紙に及ぼす影響（第32回山崎賞） 静岡県立科学技術高等学校 自然科学部

(5) セロハン紙とアルミニウムテープを使った湿度センサー 橋本康二 著