

特集

# ようこそ! コケの世界へ

—コケをめぐる研究最前線

新連載

Focus 科学者の探究心にせまる

遺伝子が2倍に増える!?

「遺伝子重複」から進化の謎を解く

東北大学大学院生命科学研究科准教授 牧野 能士

「milsil(ミルシル)」について  
「milsil(ミルシル)」の「mil(ミル)」は「見てみる」「聞いてみる」「やってみる」の「ミル」。そのような「ミル」から、新たな、そして豊かな「sil(シル=知る)」が得られるでしょう。この雑誌とともに、皆様が楽しい「ミルシル」体験をされることを願っています。

C O N T E N T S

3 【特集】 ようこそ! コケの世界へ

—コケをめぐる研究最前線  
[全体監修] 樋口 正信 (国立科学博物館植物研究部長)

4 「コケ植物」とは何なのか

有川 智己 (慶應義塾大学経済学部准教授)

7 琥珀に閉じ込められたコケが教えてくれること

—コケ植物の化石が示す進化の道筋  
片桐 知之 (公益財団法人服部植物研究所長)

10 水を浄化するコケの原糸体

井藤 賢操 (理化学研究所環境資源科学センター生産機能研究グループ上級研究員)

12 ミズゴケが地球を救う

星 良和 (東海大学農学部応用植物科学科教授)

14 コケを愛する日本人

—地味なコケに見いだされたキラリと光るもの  
大石 善隆 (福井県立大学学術教養センター講師)

17 Focus 科学者の探究心にせまる

遺伝子が2倍に増える!? 「遺伝子重複」から進化の謎を解く  
牧野 龍士 (東北大学大学院生命科学科准教授)

20 標本の世界

齋藤報恩会員類コレクション  
長谷川 和範 (国立科学博物館動物研究部海生無脊椎動物研究グループ研究主幹)

22 日本の国立公園 第3回

上信越高原国立公園 ~谷川岳で育ち始めているエコツーリズム~  
鈴木 香理 (みなかみ町観光工商課自然観光グループ係長) 取材協力  
原澤 修 (みなかみ町観光工商課自然観光グループ主査) 取材協力  
土田 諒子 (環境省国立公園課国立公園利用推進室エコツーリズム推進専門官) 取材協力  
小林 青葉 (環境省国立公園課国立公園利用推進室環境専門員) 取材協力

26 親子で遊ぼう! 科学冒険隊

#59 コケを観察! コケテラリウムを作ろう!  
丸子 哲平 (日光国立公園那須平成の森インタープリター) 監修

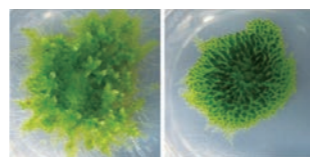
30 色の世界 —色の科学がおりなす景色— 最終回

「共感覚」からみえてくる色の世界のなぞ

32 NEWS & TOPICS

世界の科学ニュース & おもしろニュースを10分で

34 milsil カフェ / 編集後記 / 定期購読のお知らせ / 次号予告



ヒョウタンゴケの野生株(左)と、重イオンビームの照射により突然変異が誘発された変異株(右)。変異株は鉛吸着材として利用しやすい特性をもち、鉱工業分野で利用するための研究開発が進められています。 写真提供: 井藤賢操



表紙写真  
これは羅臼岳(北海道斜里郡)で撮影したシモフリゴケの写真です。深い霧の中らときおり顔をだすコケの緑に、皆さんは何を感じとるのでしょうか? コケは時に驚くほど美しく、幻想的な光景を私たちに見せてくれます。 撮影: 大石善隆

特集

# ようこそ! コケの世界へ

—コケをめぐる研究最前線

いま、静かなコケブームが起きているようです。コケというと小さく頼りなく、地味な存在の象徴のようなものですが、いったい何が起きているのか専門家ならずとも気になります。しかし、まずはコケそのものを理解しましょう。また、現在、国内ではコケについてどのような研究が進められているのでしょうか。



全体監修  
樋口 正信 ひくちまさのぶ  
国立科学博物館植物研究部長  
1984年広島大学大学院理学研究科植物学専攻博士課程後期修了。理学博士。服部植物研究所を経て、広島大学理学部助手。1993年国立科学博物館植物研究部研究官、2017年より同部長。専門はコケ植物の分類。南極を除く5大陸20か国以上でコケの調査を行う。

園芸をはじめ、インテリア小物、出版業界、マスコミなど、いろいろな場面でコケを目にする機会が増えました。また、コケの観賞会やガイドツアーも行われています。そのブームの理由を詮索する前に、そもそもコケとはどんな生き物なのでしょう。「コケ」という言葉を知らない日本人はほぼいないと思いますが、一方、それを正確に説明できる人はそれほど多くないかもしれません。しかし、世界の陸地面積の約400分の1を占めるにすぎない日本の国土に、世界に知られる約1万8000種のコケのうち、およそ10分の1があるということを知ったら驚かれる人も多いでしょう。そうです。日本はまさにコケの国です。そして、これこそ、コケが私たちの親しい存在である理由の一つです。

確かにコケは食料や薬としては利用されないで、ほかの陸上植物であるシダや種子植物に比べるとこの分野での注目度は低いのですが、シダや種子植物とはまったく異なる生き物です。体は小さくとも、そこにはバイオニアとして陸上生活に適応したと考えられるさまざまな工夫がみられます。コケの魅力は、野外で見る群落の美、虫眼鏡で見る多様な構造、顕微鏡で見る精緻なつくり、そして異なる環境に適応した巧みな生活にあります。

この特集ではできるだけ多くの分野でコケの研究を進めている、次世代を担う新進気鋭の若手から、いま、最も脂の乗っている研究者まで登場を願い、コケの研究最前線を紹介します。コケの多様な体のつくりと、まだ解決しないその系統の謎、化石の探索、小さな体に秘めたパワー、コケに見出す日本文化など興味深いそれぞれのテーマのなかに、きっと日本人ならではのユニークな見方や発想を随所にみることができそうです。



市街地に見られるコケ  
アスファルト上のギンゴケとブロック塀に生えるハマキゴケ。

# 「コケ植物」とは何なのか

「こけ」とよばれる生き物は「コケ植物」だけではありません。そもそも「コケ植物」とは何なのでしょう。まずは、コケ植物以外の生き物と比較することで、「コケ植物」とは何なのかをみていきましょう。

こけ庭やこけ玉で使われる「こけ」は、生物分類学的には「コケ植物」「コケ類」または「蘚苔類」とよばれます。しかし、もともと「こけ」は、岩や木の幹、地面などに生える小さなものを指す言葉として古くから使われており、「コケ植物」とは限りません。コケ植物とは何なのかを知るには、コケ植物ではない「こけ」と比較することが近道でしょう。

## ■ 地衣類とコケ植物

ウメノキゴケやハナゴケなどの「地衣類」(図1)は、ほとんどの種類がコケとつく名前をもっていますし、その生育場所や暮らし方はコケ植物と重なります。しかし地衣類は、体内に藻類を共生させている菌類のなかまであって、植物ではありません。地衣体(地衣類の体)は、きのこと同じように菌糸でできており、その中に単細胞の藻類をすまわせていて、藻類が光合成でつくる有機物を栄養として生きています。そのため、光合成をするコケ植物と生育場所や外部形態・生態が似ています。しかし、体が菌糸でできているため、白っぽくて不透明な質感をしているので、慣れてくると容易にコケ

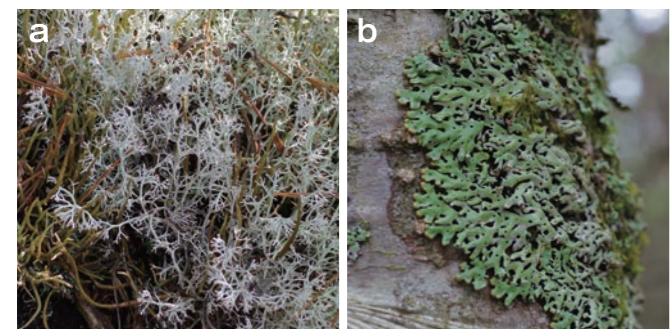


図1 地衣類  
a: ハナゴケ。b: センシゴケ。



図2 陸上で暮らす藻類  
スミレモ。オレンジ色をしているが、緑藻のなかま。  
図3 モウセンゴケ  
種子植物。この写真ではまだつぼみだが、立派な花も咲く。



文・図版・写真  
**有川 智己** ありかわ ともつく  
慶應義塾大学経済学部准教授  
2003年東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻博士課程修了(国立科学博物館連携大学院生)。博士(理学)。鳥取県立博物館主任学芸員などを経て、2013年より現職。文系学生向け生物学教育に従事。蘚類が専門。2016年よりアメリカ・ニューヨーク植物園に訪問研究者として滞在中。

植物と見分けることができます。コケ植物は、正真正銘の植物なので、細胞壁と葉緑体をもつ植物細胞がレンガ状に積み重なって植物体がつくられており、普通、透明感のある緑色をしています。

## ■ 藻類とコケ植物

水槽の内側につく「こけ」や、鮎が食べる川底の「こけ」は、コケ植物や地衣類ではなく、藍藻(シアノバクテリア)や珪藻、緑藻といったさまざまな藻類が混ざったものです。また、ときどき水が流れる雨どいや、湿っぽいブロック塀、沢筋のガードレールなどが緑になっているのは、藍藻や緑藻が生えているためであることが多く、これらもしばしば「こけ」とよばれます。そもそも藻類とは、主に水中に生育している、光合成を行う生物の総称です。しかし、先ほども述べたように、地衣体に暮らしている藻類もいますし、気生藻類や土壌藻類というような、土の中や、地面や岩や木の表面に暮らす藻類もいます(図2)。藻類は、ほとんどが単細胞の生物ですが、多細胞で複雑な体制をしたものもありますが、多くは顕微鏡を使わないとはっきりした構造の見えない、形の定まらないものです。それに対してコケ植物は、小さなものでもルーペで見れば、茎や葉などの構造がはっきりわかります。コケ植物は、藻類とは異なり、しっかりした構造があって陸上に適応した、陸上植物のなかまなのです。

## ■ 維管束植物とコケ植物

背丈の低いシダ植物や種子植物も「こけ」とよばれることがあります。たとえば食虫植物のモウセンゴケ(図3)や、春先に道ばたでよく目にするムラサキサギゴケなどは、花を咲かせ実をつける、れっきとした「種子植物」です。また、小型のシダ植物には、クラマゴケやウチワゴケなどコケ植物とよく間違われるものが多数あります。しかしながら、それらの小型のシダ植物にも、その茎や葉脈には、道管や師管などを備えた発達した維管束(水分や養分を植物体にいき渡らせる組織)が存在します。この維管束の有無が、シダ植物や種子植物と、コケ植物との決定的な違いです。維管束のある植物を維管束植物といい、シダ植物は維管束植物のうち、花をつくらず種

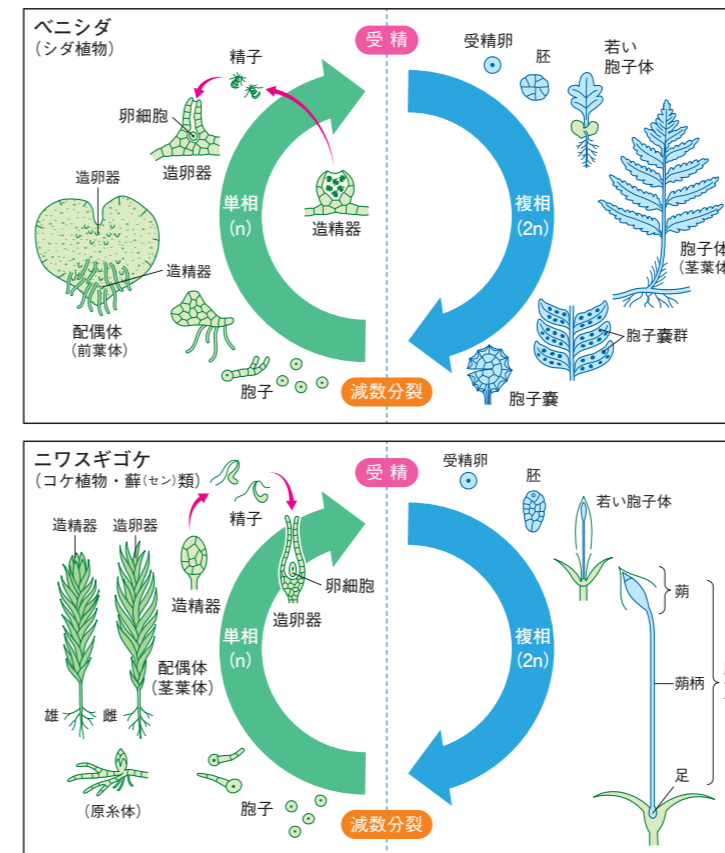


図4 シダ植物とコケ植物の生活環  
シダ植物では、受精卵から始まり胞子をつくる胞子体(複相世代、2n)が大きく、コケ植物では、胞子から始まり配偶子(精子・卵)をつくる配偶体(単相世代、n)の方が大きい。

子をつくらないものとして定義されます。そして、コケ植物は、陸上植物のうち維管束をもたないものとして定義されているわけです。

維管束植物は根を発達させ、水分を地中から取り入れ、それを維管束によって全身に運びます。植物体の表面には水を通さないクチクラ層を発達させ、葉の裏などに発達した気孔の開閉を調整することで、体内の水分量を適切に保ちます。維管束植物は水分保持のしつこさを発達させたおかげで、陸上で大型化することができました。

コケ植物はそのような水分保持のしつこさをもっていませんが、そのことで原始的な植物と見なすことはできません。コケ植物はむしろ、水分が十分に得られないときは積極的に水分を手放して休眠状態でやり過ごし、湿気があるときには少量の水でも急速に回復する、という戦略をとっています。このコケ植物の性質を「変水性(水分可変性)」といいます。そのためコケ植物は、小型だけれどもさまざまな基物の表面で生活することができ、また、むしろ草や木(すなわち維管束植物)も生えないような乾燥した環境でも生活することができるのです。

## ■ シダ植物とコケ植物の生活環

図4は、シダ植物とコケ植物の生涯を示しています。シダ植物(図4上)は、コケ植物同様に胞子で増えます。胞子は単細胞の生殖細胞で、生育に適したところに着地すると成長

します。しかしそれがそのまま通常目にするシダになるわけではありません。胞子は細胞分裂を繰り返して前葉体という小さな葉状の配偶体になります。配偶体とは、配偶子(精子や卵)をつくる体、という意味で、造精器・造卵器という器官がつくれ、それぞれの中で多数の精子や、卵がつくれます。精子は、同種の(多くの場合別個体の)前葉体上の造卵器まで泳ぎ、受精をします。この時、精子と卵のゲノム(遺伝情報)が合わさるので、受精卵にはゲノムが2組存在していることになり、この状態を複相(2n)とよびます。受精卵は造卵器の中で保護されながら胚(発生初期の幼植物)を経て普段目にするシダ植物となります。この普段目にする体を、胞子をつくる体、という意味で胞子体といいます。受精卵から育つので、胚も胞子体も、複相(2n)です。胞子がつくられるときには、胞子囊の中で「減数分裂」という特殊な細胞分裂が起こり、つくられる胞子はゲノムを1組だけもつ単相(n)になります。胞子から発生する配偶体は単相(n)ということになります。人間などの動物は、精子や卵をつくるときに減数分裂をするので、精子や卵だけが単相(n)で、体はすべて複相(2n)ですが、植物では、それぞれ単細胞から始まる単相世代と複相世代の世代交代が

起こります。

コケ植物(図4下)は、普段目にする植物体が、シダでいえば前葉体に当たる、単相(n)の配偶体です。維管束植物も動物も、普段目にする体は複相ですので、単相世代が主であるということは、陸上の生物のなかではコケ植物の際立った特徴といえます。

そしてコケ植物の胞子体は配偶体の上で依存的な生活をします。しかも、奇形でない限り枝分かれすることはありません。このことについて、2005年、国立科学博物館(当時)の加藤雅啓博士らは、現生のコケ植物の胞子体は、いわば足のついた胞子囊であって、胞子囊をつけた軸(莖柄)は維管束植物の茎に対応するものではない、という説を提唱しました<sup>1</sup>。維管束植物の維管束は胞子体世代に存在しますが、現生のコケ植物にもともと維管束植物の茎や葉に相当する部分がないのなら、コケ植物の本質はその生活環にあって、維管束がないのは当然ということになります。

## ■ 蘚類・苔類・ツノゴケ類とその関係

現在知られているコケ植物は、「蘚(セン)類」「苔(タイ)類」「ツノゴケ類」の3つのグループに分けられます。

蘚類(図5)は、約1万3000種で、長時間かけて生育する固くて丈夫な胞子体をつけます。蒴(コケ植物の胞子囊; 図4下参照)にはふたがあり、ふたが外れることで胞子が散布されるものが多いですが、縦に裂けるものもあります。配偶