

# 地球の生きものを支える藻類

文・漆原次郎

**井上 勲**（筑波大学特命教授、  
いのうえ いさお 筑波大学名誉教授）



1950年（昭和25年）2月7日生まれ。水の中で、太陽の光からエネルギーを得て生きる「藻類」という生きものの生きかたなどを研究してきた。地球の大昔からいまにかけて、どのように藻類の種類が広がっていったのかを、藻類の生きかたなどを観察することで調べた。いまは、藻類を私たち人の暮らしに役立てるための研究もしている。

のり、こんぶ、わかめ。私たちがよく食べるこれらの生きものは「藻類」とよばれる。藻類は、海や池や川など、水のなかで暮らしている植物たちだ。

私たちや多くの生きものは、空気のなかにある酸素を吸って、それを使って体のなかでエネルギーを生みだしている。つまり酸素はほとんどの生きものが生きるために欠かせないエネルギーの源だ。いまでは空気のなかには酸素がたくさんあるけれど、大昔の地球に酸素はほとんどなかった。そんな地球にたくさんの酸素をもたらした生きものが藻類だ。藻類は、太陽の光エネルギーを使って栄養をつくり、酸素を生み出す「光合成」という営みをする。光合成をする藻類が地球にたくさん増えたから、地球は酸素に富むようになり、酸素を使って生きる生きものが増えていった。そのいちばん先に私たちもいる。

井上勲さんは、そんな藻類のさまざまな生きかたに興味をもち、研究をしてきた。

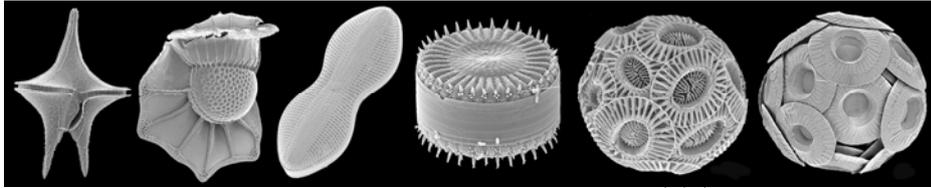
## 「生きもののことを知らない」と

井上さんは沖縄県の石垣島で生まれ育った。子どものころは、ラジオを自分でつくったり、満天の星を望遠鏡で眺めたりして過ごしたという。

高校に進むとき、引っ越しで東京にやってきた。本を読むのも好きだった井上さんは、とくに哲学書をよく読んだ。世界や人間の原理について書かれた本だ。

「本を読んで、自分とはなにか、人間とはなにかと考えました。そうしたなかで、生きもののことを知らないのだめだと思えるようになったのです」。機械などのモノをつくるための学問である工学にも興味があったが、より、生きもののことを知りたいと考えるようになり、大学では生きものの勉強ができる理学部へと進んだ。

入学した東京教育大学（いまの筑波大学）で、井上さんは千原光雄先生の植物分類学の授業を受けた。千原先生は海藻研究の主導者のひとりで、留学していたアメリカから日本に帰っ



さまざまな微細藻類。  
電子顕微鏡の写真。

てきたばかり。もっとも進んでいた世界の藻類の知識を井上さんたち学生に熱っぽく伝えていた。「先生は、黒板にすらすらと藻類の絵を描いて説明するんです。絵がすごく上手くて、とても印象に残りました」と井上さんは言う。生きものの研究を千原先生のもとでしたいと思い、井上さんは千原先生の研究室に入った。

「大きな海藻のことは、千原先生にとってもかなわないと思ったので、日本では研究が少なかった微細藻類について研究することにしました」。微細藻類とは、眼では見えないほどの小さな藻類のこと。微細藻類の多くは、たった1個の細胞に、生きるためのすべてののはたらきを入れている。さまざまな形をした微細藻類が知られている。

## 餌も捕まえて栄養にしていたハプト藻

井上さんは「この微細藻類を調べよう」とはじめから決めるのではなく、水をすくってみて「取れた微細藻類はなんでも調べてみよう」と考えた。静岡県の下田市にある筑波大学の実験センター近くの海をはじめ、池や川などの水辺で藻類を取っては顕微鏡で細胞のつくりを観察した。とくに関心をもった藻類のひとつが「ハプト藻」という微細藻類だった。

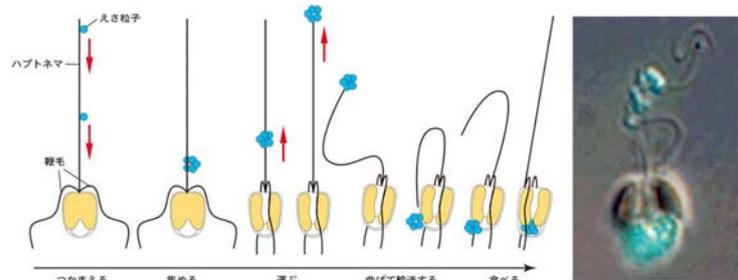
ハプト藻は、体から鞭毛という長細い毛を2本生やし、鞭毛を動かして泳ぐ。さらに鞭毛の間から長いハプトネマとよばれる毛を生やしている。ハプトネマは「くっつく糸」という意味で、水中の物体にくっつくことで細胞がすべるように運動をする。泳いでいるときにハプトネマの先っぽがなにかの物に触れると、くるくるっとハプトネマを丸めて、その勢いで障害物から逃げたりもする。大学生のころは、そんなハプト藻を中心にさまざまな微細藻類を育てて増やしたり、体のつくりを顕微鏡で調べたりする研究をした。

その後、筑波大学の助教授になってまもない1990年（平成2年）ごろ、ハプト藻がハプトネマを、ほかの目的で使っているのを研究チームの学生が見つけた。

「大学院生の河地正伸くんが『ハプト藻がハプトネマで餌を捕まえています』と言ってきたのです」

ハプト藻もエネルギーを得なければ生きられない。当時、一部のハプト藻が、太陽の光を使って光合成で栄養をつくと同時に、餌も食べることがわかりはじめていた。そんなハプト藻がハプトネマで餌を捕まえているというのだ。

河地さんとともに井上さんはハプト藻のふるまいを改めて顕微鏡でよく観察してみた。巧みなことに、ハプト藻はハプトネマの先っぽについた餌のつぶをひとつずつ自分の体のほうに寄せていき、おだんごのようにする。そのおだんごをハプトネマの先



(左)ハプト藻が餌を食べるようす。(右)餌を食べたハプト藻。青く光っているのが餌。(河地正伸氏撮影)

ぼまで動かしたかと思うと、今度はハプトネマを「S」の字のようにくねらせて、おだんごを自分の体のおしりのほうに近づけた。そして、おだんごを食べた！

「ハプト藻とのつきあいは20年近くにもなっていましたが、びっくりしました。ハプト藻がこんなことをしているなんて、だれも信じてくれないだろうからビデオに撮ることにしました。半年かけて撮影に成功して、世界の研究者に納得してもらうことができました」

## 藻類の種類のはさは二次植物の誕生から

藻類はどのようにして地球に現れたのだろうか。その答は、大昔の地球にある。

いまからおよそ15億年前、餌を捕まえてそれを栄養にする「原生生物」という生きものが、「シアノバクテリア（ラン藻）」というべつの生きものを、自分の体のなかに取り込んだと考えられている。シアノバクテリアは光合成をおこなって栄養や酸素をつくる生きものだが、原生生物の体のなかに取り込まれてからも光合成を続けたらしい。そして原生生物とシアノバクテリアは、いつしか一つの生きものになっていった。ちがう種類の生きものが、かかわり合いをもって生きることは「共生」とよばれる。原生生物の体の中に取り込まれて共生の関係をもつようになったシアノバクテリアは、いつしか光合成を専門におこなう葉緑体という器官になっていった。こうしてできた葉緑体を使って光合成をはじめた生きものが、藻類の祖先と考えられている。

けれども、共生の話は、これで終わりではない。

ハプト藻などの藻類の体のつくりを顕微鏡でさらに詳しく見てみると、葉緑体の2枚の膜の外側に、さらにもう2枚の膜が覆っていることがわかる。これは、シアノバクテリアが原生生物に取り込まれたあと、さらにべつの生きものに取り込まれたことを示すものと考えられる。2度目の共生を「二次共生」とよび、それにより光合成をするようになった生きものを「二次植物」という。いまの地球で生きる植物の3分の2くらいは二次植物だ。

昔からいまにかけてどのように二次植物が種類を増やしていったのかを、それぞれの藻類の“設計図”を調べるなどして探っていくと、異なる生きものの系統のあちらこちらで、二次植物が生じたことがわかった。「こうして二次植物が生まれたことが、藻類が種類を増やし、さまざまな生きかたをしていく力になったのです」と井上さんは話す。

## 藻類の進化を示す「ハテナ」

二次植物の祖先は、藻類を餌として細胞に取り込んで消化していたと考えられている。長い時間をかけて、藻類を共生する相手にし、きちんと体のなかで葉緑体として保つことができるようになった。葉緑体を使い光合成をするのが植物の植物らしさだから、二次植物はだんだんと植物の生きかたを身につけていったといえる。

二次植物が植物の生きかたになっていく歩みには、途中の段階もあるはずだ。その証となるような生きものを、大学院生の岡本典子さんと井上さんは2000年(平成12年)ごろに発見した。「和歌山県の磯ノ浦で海水や砂をすくって、取れた藻類を顕微鏡で調べていました。すると、ある藻類が、分裂に失敗しているように見えたのです」

微細藻類は、自分の細胞を分裂させて増えていくが、このとき葉緑体も分裂して2個の細胞に

伝えられる。その生きものは分裂したいっぽうの細胞が緑色に、もういっぽうが白っぽく見えた。

「藻類の分裂の失敗とっていたのですが、その後も同じような分裂がくりかえし見られたのです。だんだん、この生きものの分裂のしかたはこういうものなのだと思うようになってきました」

井上さんたちはこの不思議な生きものを、「ハテナ」とよぶようになった。

ハテナは分裂したあと、白っぽいほうの細胞は、共生する相手を探まえるしかけをつくらせて、新たに共生する相手を得ようとする。そして、共生できない相手は食べて消化してしまうけれど、共生できる藻類に出会うと、その藻類は消化されず、逆に大きくなって葉緑体のように細胞の表面に広がる。ハテナは二次植物とはちがって共生する相手をしっかり体に取り込んでいるわけではない。原生生物が植物の生きかたを身につけていく歩みの途中を生きていると考えられる。ハテナは藻類になる一歩手前の生きものなのだ。

ハテナの生きかたに見られるように、藻類の生きかたは、餌を食べて栄養を得ることから、葉緑体を持ち、光合成によって栄養を得ることによって変わっていった。この変化を井上さんは、「**「狩師から農夫へのとても大きな転換」**と表現する。



ハテナの分裂。葉緑体は緑の細胞にだけ受けつがれ、白い細胞は新たな共生の相手を探まようとする(岡本典子氏撮影)。

## 100年後の人類を藻類が救う

藻類がつくった酸素が地球を満たすようになり、その酸素をうまく使ってエネルギー源にできる生きものが現れ、生きものは大きく進化していった。「藻類は、地球の環境をつくり、生きものの進化を押し進めた**「緑の下のカモチ」**です」

そんな藻類に、私たち人間は新たな期待をかけている。さまざまある藻類のなかには、油などの物質をたくさんつくれるものがある。そうした藻類を使って、石油に代わる燃料や、病気を治す薬などを生みだすための研究が日本や世界で進んでいるのだ。

福島県の南相馬市には、藻類にエネルギーをつくらせてもらうための大きな施設が建てられた。この地域で取れる微細藻類をプールで育てて増やし、石油と同じような燃料をつくらせてもらうのだ。井上さんは、藻類がエネルギーを効率よくつくり出すことを証明し、藻類で産業をおこすことを志す企業や大学が集まった組織のリーダーをつとめている。

「100年後、私たちが使ってきた石油などの化石燃料は、ほとんどなくなっているのではないかと思います。その代わりに、都市のまわりには藻類がエネルギーをつくる施設がたくさんできていることでしょう。藻類の力を借りること。それが、私たち人類が生きていくための、ただひとつの方法だと私は思っています」

地球の生きものの命を過去も未来も支える。そんな藻類を井上さんは見つめつづけている。



福島県南相馬市の「藻類バイオマス・エネルギー大規模実証施設」。井上さんがドローンを操作し撮影。