

南極の魚は凍らない？

岩見哲夫 (東京家政学院大学現代生活学部)

南極は地球上で最も温度の低い地域で、その沿岸部の海水温は-1.9℃にもなる。この、普通の魚なら凍り付いてしまう過酷な低温環境に適応し、繁栄した魚類がナンキョクカジカ亜目魚類である。ナンキョクカジカ亜目の一部は、南アメリカ、オーストラリア、ニュージーランドなどの南部沿岸にも分布するが、多くは南極大陸周辺海域、すなわち南極海にのみ生息する魚たちで、約 130 種が知られている。

氷点下の低温環境への適応として、ナンキョクカジカ亜目魚類の多くは体液中に不凍糖ペプチドという物質を持っており、-2℃以下になっても体の凍結を防ぐ能力がある。この物質は、普通の魚も持っているある消化酵素の遺伝子が増殖して作られるようになったもので、その進化の過程も明らかになりつつある。

さらに、ナンキョクカジカ亜目コオリウオ科の魚類は酸素と結合するタンパク質であるヘモグロビンを持たないという、魚類どころか脊椎動物全体でも他に例を見ない特徴を持つ。ヘモグロビンがないので血液は無色透明である。生命維持に不可欠と思



えるヘモグロビン欠失の適応的な意義については、十分に解明されてはいないが、低温環境における酸素結合能の低下に加えて、ヘモグロビンと一酸化窒素の関係に注目が集まっている。

写真: 葛西臨海水族園で飼育されているコオリウオ科の一種ジャノメコオリウオ

他にも、低温下で発生速度の遅い卵を親が 4 ヶ月以上にもなる長期間にわたって保護するような行動も確認されている。本講演では、これら、ナンキョクカジカ亜目魚類が見せる厳しい低温環境への様々な適応について紹介する。

こんなところにもいる原生生物の謎を解く

土屋正史 (独立行政法人海洋研究開発機構 海洋・極限環境生物圏領域)

原生生物(単細胞真核生物: 1つの細胞からなる真核生物)は、世界を席卷している。真核生物の進化の道筋を追ってみると、真核生物は、6つのスーパーグループから構成され、その中に多くの生物の系統がわかれていることがわかる。このうち、多細胞生物は、動物と植物の系統しかない。つまり、真核生物は単細胞真核生物が幅をきかせて、生物の世界が成り立っている。

原生生物は、(ずる)賢い。原生生物は、基本的にひとつ細胞からなり、光合成により栄養を摂る植物的なもの(独立栄養)、餌を食べてそれを栄養にする動物的なもの(従属栄養)、その両方を使い分けるもの(混合栄養)、ほかの生物の栄養を奪い取るもの(寄生)などがある。そして、生きるための仕組みを1ミリにも満たない小さな細胞に凝縮し、それらを駆使して、餌の摂取や消化をはじめとする、ほとんどの生命活動を行うことができる。また、原生生物の小さな細胞は、さらに小さい生物を飼う。これを共生と言うが、藻類などを細胞の中に飼うことで、外からは得られない餌を、共生している藻類に作ってもらってもできる。原生生物の小さな細胞は、1つの細胞でさまざまなことができるが、ほかの生物を利用するしたたかさも兼ね備えている。このしたたかさがあるからこそ、繁栄しているのだ。

原生生物の1つである有孔虫は、さらに(ずる)賢い。多くの有孔虫は、殻に覆われていて、ほかの原生生物に比べてはるかに大きな体を持つ。有孔虫の殻は、有機物からなるもの・砂粒を集めるもの・カルシウムの殻を作るものなど、ほかの原生生物には見られない変わった特徴がある。有孔虫の細胞は、自分とは異なる生物に対して寛容で、いろいろな藻類との共生関係を作るだけでなく、他人の葉緑体だけをかすめ取ってそれを利用する共生関係も作る。有孔虫における共生は、餌の確保だけではなく、カルシウムの殻の形成を助ける。つまり、殻と共生藻類の存在が、大きな細胞を作り出す原因になり、そして、高水圧・低温の深海や、栄養・酸素の少ないところ、高塩分のところといった極限的な環境にまで、その生活域を広げることができるようになる。

驚くべきことに、深海の有孔虫には10cmを超える大きなものまでいる。しかも、この有孔虫は、栄養の少ない深海底にもたくさんいて、複雑な形の殻を作る。おそらく、この複雑な形が、深海のゆっくりとした流れによって運ばれてくる粒子を効率よく受け止め、それを餌にしているのだろう。有孔虫を中心に原生生物のしたたかな生存戦略を覗いてみよう。

ヒマラヤの花 — 極限の環境に生きる植物たち

池田 博 (東京大学総合研究博物館)

ヒマラヤとその周辺地域は、世界でも有数の生物多様性が高い地域で、「ヒマラヤ・ホットスポット」と呼ばれている。1960年代以降、ヒマラヤの植物の多様性を明らかにすることを目的として、東京大学を中心として多くの調査隊が送り込まれてきた。

1. ヒマラヤの植物はどこから来たか

多くの植物が生育しているヒマラヤであるが、それらはどこからやって来たのだろうか？

ヒマラヤはアジアのほぼ南西部に位置し多様な環境を擁することから、ヒマラヤに生育する植物はその周辺地域から移住してきたと考えられる。低地ではインド・マレーシア地域の植物、温帯域では日本から中国を経て分布する「日華区系植物」、高山帯では北半球高緯度地方に産する「周北極要素植物」などである。また、西ヒマラヤの乾燥地帯では西アジアの植物と関連が深く、また、ヒマラヤで独自に進化したと考えられる植物群もある。

カヤツリグサ科の *Erioscirpus comosus* は、これまでワタスゲやサギスゲなど北方系の植物と関連が深いと考えられていたが、系統解析の結果、南方系、しかも南アフリカの種と類縁が近いことが明らかになった。

2. ヒマラヤを特徴づける植物

ヒマラヤでは、日本の平地では見られない生活形を持つ植物が生育している。1) 矮小化植物、2) クッション植物、3) 温室植物、4) セーター植物、などである。特に温室植物とセーター植物はヒマラヤ地域に特徴的な生活形と考えられ、温室植物のセイタカダイオウ *Rheum nobile*、ボンボリトウヒレン *Saussurea obvallata*、セーター植物のワタゲトウヒレン *Saussurea gosypiphora* などはその代表である。両生活形ともに、生長点の加温、開花時の訪花昆虫の活動に寄与していると考えられる。また、キク科の *Cremanthodium* 属など、下を向いて花をつける種も多く、雨によって花粉が流出するのを防ぐとともに、訪花昆虫に雨からの避難所を提供していると考えられる。

3. ヒマラヤに生きる植物

ヒマラヤでは、短い夏と長い冬、強い紫外線、特に湿潤ヒマラヤにおいては雨による短い日照期間が問題となる。ヒマラヤに生きる植物は、限られた環境条件の中で自らを生長させ、開花・結実、そして次世代を散布させる必要がある。多くの種では、有性生殖の他に無性生殖をおこなっており、葉腋にムカゴをつけたり、無性芽をつけるための特殊な器官をつけるものもある。また、閉鎖花をつけて自家受精をおこなうものもある。ただし、自家受精を避けるために雌雄異熟の花をつけるものも多い。



写真: 1. 矮小化植物。タヌキモ科ミカキグサ属(*Utricularia* sp.)の一種。1 cm 足らずで花をつけるものもある。 2. クッション植物。サクラソウ科トチナイソウ属(*Androsace* sp.)の一種。地面に敷いた座布団のように広がり、花をつける。 3. 温室植物。タデ科セイタカダイオウ(*Rheum nobile*)。ヒマラヤの植物の中でもひととき大きな花序をつける。 4. セーター植物。キク科トウヒレン属 *Saussurea laminamaensis*。体全体に生えた綿毛が保温の役目をしていると考えられる。 5. キク科 *Cremanthodium oblongatum*。雨を避けるように、下を向いて花をつける。

アフリカの大地から宇宙へ旅立ったネムリユスリカ

奥田 隆 (独立行政法人農業生物資源研究所)

アフリカの乾いた大地に点在する花崗岩の岩山の上には小さな水たまりがみられる。乾季になると水たまりは干上がり、岩盤の表面温度は日中 50°Cを超える。そんな微生物以外には生存が困難と思われる極めて過酷な場所をネムリユスリカは終の住処として選んだ。自らの身体が干涸び、高温にさらされても死なない能力を獲得したから実現できたことだ。これまでの調査からネムリがアフリカ大陸の半乾燥地帯に広く分布していることがわかってきたが、アフリカ大陸以外の場所での生息は確認されていない。ユスリカは世界で約 10,000 種が記載されているが、無代謝での乾燥休眠(クリプトビオシス)できるのはネムリユスリカ 1 種のみである。同様にクリプトビオシスするクマムシは地球上のあらゆる場所に生息し、1,000 種以上に種分化している点でネムリとは対照的である。なぜアフリカ大陸でのみ進化したのか、その答えのヒントはネムリ乾燥幼虫の特性の中にみられる。乾燥に伴い幼虫はトレハロースのガラスで自らを封入することで生体成分を 17 年以上の長期間にわたって保護する(何万年も琥珀の中で保存された昆虫の化石と似た状況である)。ガラスの安定性が生命線で、ガラスが溶けると生体成分の保護機能は消失する。窓ガラスもバーナーであぶると溶け出すように、トレハロースを主体とするネムリのガラスも 70°Cを超えると溶け出す(乾季の岩盤表面温度は 50°Cに達するが、この温度では溶けないので大丈夫だ)。乾燥幼虫は 80°Cを超える温度処理を受けると水戻し後の蘇生率が顕著に低下する。ネムリのガラスは湿度にも弱く、乾燥幼虫を相対湿度 98% 下に 5 日間放置すると死に至る。ネムリのクリプトビオシスにとっては、アフリカの乾燥が不可欠なのである。

ネムリユスリカ乾燥幼虫の極限環境耐性能力は宇宙生物学の研究者の注目を浴びることになり、2005 年に乾燥幼虫はロシア輸送船プログレスで国際宇宙ステーションに運ばれ船内暴露実験が実施された。2007 年には 31 ヶ月間の船外暴露実験が実施され、乾燥幼虫を梱包していたポリエチレンプラスチックケースが熱で溶けて変形していたにもかかわらず(形状から 80°C以上の高温に暴露されていたことになる)幼虫は水戻し後に蘇生した。地上で同様の熱処理をするとガラスが壊れて多くの個体が致死するが、真空下での致死率は低下した。宇宙空間には水や酸素がないので仮に高熱でガラスが壊れても酸化が起こらず生体成分が損傷を受けなかったものと推察された。米航空宇宙局(NASA)は 2030 年代半ばに火星への有人宇宙飛行を行う予定である。ロシアも火星への有人飛行を模擬した「マーズ 500」で飛行士役の 6 名を施設内に閉じ込めて心身の変化について模擬調査を行っている。火星は片道約 1 年の長旅となり、宇宙放射線等の飛行士の健康への影響が懸念される。そもそも生物が惑星間を無事に行き来できるかを確かめる必要があり、火星の衛星「フォボス」の探査機内にネムリユスリカを含む微生物等が生物モニターとして搭載されることになった。ネムリユスリカ乾燥幼虫が人類よりも一足先に火星旅行を楽しむことになる。