

将来のグリーン産業の担い手として、大きさが1ミリメートル以下という微細な藻類の利用が期待されている。藻類に有用な物質を多く作らせるためには、遺伝子改変などの改良が不可欠だ。国立遺伝学研究所遺伝形質研究系の宮城島進也教授は日本の温泉に生息する藻類に着目し、通常細胞壁を持つ2倍体の藻類から細胞壁のない1倍体を生み出すことで、世界で初めて藻類の高度な遺伝的改変に成功した。さらに、酸性化した海水を用いた屋外開放培養や増産への道を拓いた。

「温泉」と「海」で挑む 微細藻類の培養法確立

宮城島 進也 Miyagishima Shin-ya

国立遺伝学研究所 遺伝形質研究系 教授
2017年より未来社会創造事業研究開発代表者

細胞壁のない1倍体「シゾン」 市販の温泉水を培養し発見

微細藻類は農作物と競合しないグリーン産業として期待されており、低コスト、大量生産を目指して研究が進んでいる。しかし、増産のための広い敷地を確保できる屋外開放培養は、藻類を捕食する微生物などが混入してくる問題がある。また、増産には世界的に不足している淡水が大量に必要な。これに対し、豊富にある海水を使って藻類を屋外開放培養する方法を開発したのは、国立遺伝学研究所遺伝形質研究系の宮城島進也教授だ。

未来社会創造事業「酸性水を用いた微細藻類の培養および利用形態の革新」で研究開発代表者を務める宮城島さんが研究で扱うのは、「イデココゴメ類」という微細藻類だ。イデココゴメ類は酸性温泉に生息し、シゾン、シアニジウム、ガルデリアの3属が存在する。いずれも高温、強酸性の

環境下で光合成を行い増殖する。シアニジウム、ガルデリアは固い細胞壁を持つ一方、シゾンは細胞壁を持たない(図1)。

宮城島さんは、淡水産藻類である単細胞紅藻「イデココゴメ類」のシゾンを、海水と同じ高い塩濃度に段階的になれさせ、さらに海水をイデココゴメ類が住みやすい酸性にして培養する手法を新たに確立した(図2)。海水の酸性化という自然界にない環境をつくることで、屋外開放培養でも微生物などの混入増殖を抑制できる。

シゾンはイタリアの酸性温泉水中の微細藻類群を研究室で培養している過程で発見された単細胞紅藻で、もともとの生息地は不明である。宮城島さんらは、日本にもシゾンがあるのではないかと、全国の市販の温泉水を取り寄せて培養したところ、大分県の温泉水からシゾンに似た藻類が見つかった。「実際に現地で

イデココゴメ類を採集して観察したのですが、不思議なことにシゾンに似た藻類を見つけることはできませんでした。改めて現地で採集した細胞壁を持つシアニジウムを持ち帰り培養すると、ある特殊な環境下で培養したときに、シゾンに似た細胞壁のない藻類が生じることがわかりました」と宮城島さんは振り返る。

研究を進めると、特殊な環境にさ

図1 酸性温泉に生息する
微細藻類イデココゴメ類



「シゾン」「シアニジウム」「ガルデリア」は、高温・酸性環境下でも光合成を行い増殖する一方、細胞壁の有無などに違いがある。

らすことでゲノムが2倍体のシアニジウムが減数分裂を行い、細胞壁のない1倍体のシゾン様藻類を生じることがわかってきた。また、細胞壁を持つガルデリアも、ある特殊な環境にさらすと減数分裂を行い、細胞壁のない1倍体を生じることが明らかとなった。さらに、これら1倍体藻類を1倍体のまま安定的に増殖させることにも成功した(図3)。

遺伝的改変は外部からのDNA断片の導入を必要とするが、強固な細胞壁がDNAの導入を阻むために、固い細胞壁を持つシアニジウムやガルデリアの遺伝的改変はこれまで不可能だった。そこで細胞壁のない1倍体を用いたところ、これらの藻類においても高度な遺伝的改変を行うことが可能になった。

「この細胞壁のない1倍体は、細胞壁のある2倍体と比べ、遺伝子改変でき、内容を抽出しやすいので、産業利用に向いています。また、エルゴチオネインという抗酸化作用のあるアミノ酸を含むので、家畜飼料として利用するなど、さまざまな活用が期待できます」と1倍体の強みを語る。さらに、これら新たに見つかった細胞壁のない1倍体も酸性化した海水で培養することに成功している。

基礎研究と社会実装は両輪 微細藻類でも有性生殖を証明

宮城島さんとシゾンの出会いは大学院時代に遡る。ミトコンドリアと葉緑体の細胞内共生による生物の進化に興味を持ち、研究を始めた宮城島さんは、単細胞藻類のシゾンを用いた葉緑体の増殖の仕組みに関する研究を始めた。しかし、大学院卒業後、しばらくはシロイヌナズナをはじめとする植物種で葉緑体の研究を続け、基本的な事象は陸上植物にも当てはまることを確認した。実は当時、シゾンを含む藻類の多くは、遺伝子操作技術が使えなかったのだ。

国立遺伝学研究所に着任した頃、

シゾンの遺伝子操作が可能となり、再び藻類で研究を続けることになった。「葉緑体が細胞内共生により、どのようにさまざまな系統の生物に広まり進化してきたかを研究するには、花や葉ができる植物より、単細胞藻類の均一な培養の方が扱いやすいです。植物の場合、世代を回すのにシロイヌナズナで約3カ月、遺伝子改変株を作るにも最低3~4カ月かかりますが、藻類なら数日で結果が出ます」。

また、11~17年にかけてCREST「高バイオマス生産に向けた高温・酸性耐性藻類の創出」の研究代表者を務める中で、社会実装と基礎研究が両輪となって、双方で大きな成果が生まれるという経験ができたという宮城島さん。今回も同様に、細胞壁のないシゾン様のものを作る手法は社会実装への大きな前進であると同時に、生物の進化を知る基礎研究の一步になったと語る。「実は、生物の進化の最初の方で、微細藻類には有性生殖はなく、バクテリアのように分裂して増えるといわれていたのですが、有性生殖があったことがわかり、基礎研究の成果にもつながりました」。

現在は、全国の温泉地からイデユコゴメ類を採取して、さまざまな国産オリジナル株を樹立中である。基礎研究としては、各微生物が進化の過程で発達させてきた多様な機構や能力を理解するためには、天然ではありえないような栄養塩が豊富な培養液中ではなく、本来の生息現場の環境を模した条件下での培養を用いた研究が必要である。そこで、研究室にかけ流しのような環境をつくり、現地の水の組成と同じ条件で観察することもしている。もともと、温泉水

図2 淡水培地と天然海水培地におけるシゾンの屋外開放培養

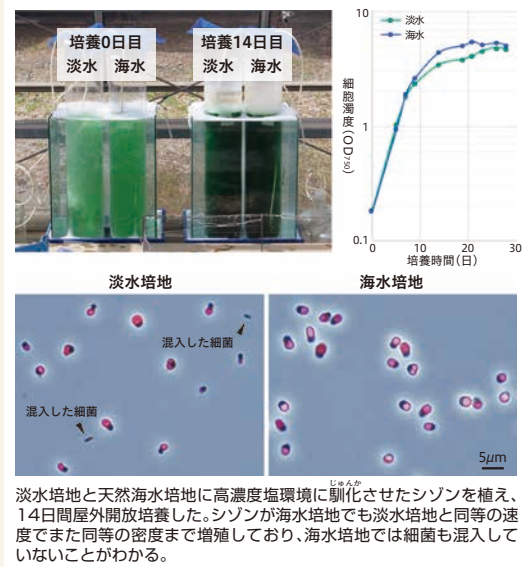
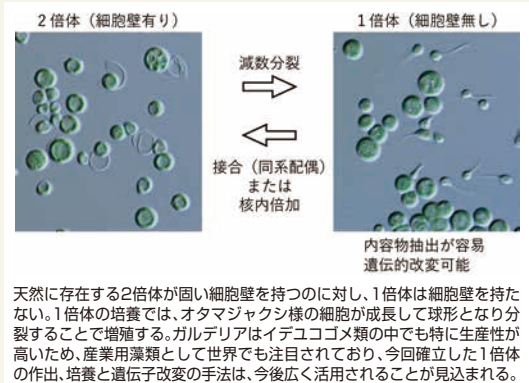


図3 ガルデリアの1倍体と2倍体の関係



を採取に行く際には、現場近くに宿を取り、顕微鏡などの大きな機器は事前に宿に送って、採取したサンプルを直ちに観察している。

大変だが、宮城島さんはフィールドワークに大きな意義と期待を見いだしているという。「現場で見つかるイデユコゴメ類は全て細胞壁を持つ2倍体細胞で、自然環境中では、どのような条件下で1倍体が出現し有性生殖を行うのかは、まだわかりません。もしかしたら竹の花のようにまれに出現するかもしれませんがね」。そんな宮城島さんが次世代に伝えたいのは「面白い」ということを研究する姿勢だという。柔軟な発想から、さらなる発見や研究成果が期待される。

(TEXT:伊藤左知子, PHOTO:石原秀樹)