

岩礁地性底生有孔虫 *Planoglabratella opercularis* にみられる盗葉緑体の共生機構の解明 Kleptoplastidy in the benthic foraminifera *Planoglabratella opercularis* (d'Orbigny)

宮脇 省次^{1*}, 植松 勝之³, 土屋 正史², 多米 晃裕³, 三宅 裕志¹

Seiji Miyawaki^{1*}, Katsuyuki Uematsu³, Masashi Tsuchiya², Tame Akiniro³, Hiroshi Miyake¹

¹ 北里大学大学, JAMSTEC, ² 独立行政法人海洋研究開発機構, ³ (株) マリン・ワーク・ジャパン

¹JAMSTEC/Kitasato Univ., ²JAMSTEC, ³Marine Works Japan LTD.

本研究では、底生有孔虫 *Planoglabratella opercularis* (d'Orbigny) に共生する藻類の存在形態を明らかにし、与える藻類の違いが葉緑体の取り込み・維持期間・消化にどのように影響するのかを明らかにすることを目的とし、有孔虫類にも見られる特殊な共生機構（盗葉緑体現象）が宿主有孔虫の代謝に欠かせないものであるか検証することを目標とする。

有孔虫類は、様々な種類の藻類が共生していることが知られている。有孔虫に見られる共生藻類は、緑藻、紅藻、褐藻、渦鞭毛藻、珪藻などが知られており、進化の系統によって共生させる藻類に違いが見られる。また、共生藻類は石灰質殻を持つ有孔虫にのみ見られるものであり、有孔虫の種分化や石灰質有孔虫類の多様性が増大するきっかけになっていると考えられる。浮遊性有孔虫の場合、共生藻類は殻の形成に深く関与しているという報告があるが、その機構については、不明なままである。有孔虫は、共生藻類を獲得する事で貧栄養海域に適応するとともに、細胞を大型化させる（大型有孔虫類の進化）ことが可能となり、生殖の際に生じる配偶子数やクローン個体の数を増加させることができ、より大きな集団を形成することができるなど、共生によって種の多様化、多様な環境への適応が促されていると考えられる。

一方、有孔虫には藻類の共生とは異なる共生様式として盗葉緑体が明らかになっている。盗葉緑体は、外来性の藻類の葉緑体をとりこみ、まるで宿主のオルガネラのように細胞内に保持する現象である。これまでの研究では、盗葉緑体が実際に光合成能を示唆しているが、その取り込みや維持期間についての報告はない。このため、どのような要因で葉緑体が駆動するかは、確かな結論は得られていない。

これまでに *P. opercularis* の共生生物に関する報告はないが、予察的な蛍光顕微鏡下の観察では、細胞質内に赤色の自家蛍光が確認された。このことから共生藻もしくは盗葉緑体を持っている可能性が考えられる。また、絶食状態で飼育すると細胞質の色が時間経過とともに退色していくため、ただ保持し一定期間機能を持たせるだけでなく時間経過と共に消化吸収されていることも示唆される。本研究では、細胞質内で葉緑体がどのように変化するのかを、実体顕微鏡、蛍光顕微鏡、位相差倒立顕微鏡で観察するとともに、時間経過とともに段階的に固定し、透過型電子顕微鏡 (TEM) で細胞内の微細構造を観察した。また、どのような共生藻類が細胞内に存在するのかを、DNA 塩基配列を決定し、分子系統解析を行うことで取り込まれる葉緑体の特異性を調べた。

TEM による細胞内の超微細構造観察の結果、底生有孔虫 *P. opercularis* で、はじめて盗葉緑体を確認した。得られた塩基配列は、Genbank データベースにある *Amphora ovalis* と uncultured diatom のそれぞれの珪藻種とは 98 % 前後の相同性を持つ。本有孔虫種が保持している葉緑体は、クサリ珪藻綱の珪藻類であることが明らかになったが、その種の特定には至っていない。

蛍光顕微鏡観察では、時間経過とともに、盗葉緑体が退色する傾向が明らかになった。絶食状態では、2週間以内に盗葉緑体は消化されることから、頻りに珪藻を取り込み、盗葉緑体として保持する必要がある。また、珪藻以外の藻類で盗葉緑体現象が観察できるかどうかを明らかにするため、生きたクロレラと殺したクロレラをそれぞれ与えて細胞の変化を追跡した。その結果、両方の条件で、クロレラを取り込みを確認できた。殺したクロレラの自家蛍光は非常に微弱であるが飼育期間を通して生きたクロレラと死んだクロレラを与えたものの蛍光強度の差は少なかった。絶食個体と餌を与えた個体の比較からエネルギー源となりうるものを取り込むことで、積極的に盗葉緑体を維持していることが推測できる。