

## 岩礁地性底生有孔虫 *Planoglabratella opercularis* の盗葉緑体の獲得機構とその機能 Acquisition of kleptoplast in *Planoglabratella opercularis* (foraminifer) and its putative function

土屋 正史<sup>1\*</sup>, 宮脇 省次<sup>2</sup>, 力石 嘉人<sup>1</sup>, 多米 晃裕<sup>3</sup>, 植松 勝之<sup>3</sup>, 大河内 直彦<sup>1</sup>

TSUCHIYA, Masashi<sup>1\*</sup>, MIYAWAKI, Seiji<sup>2</sup>, CHIKARAISHI, Yoshito<sup>1</sup>, Akihiro Tame<sup>3</sup>, Katsuyuki Uematsu<sup>3</sup>, OHKOUCI, Naohiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 北里大学大学院水産学研究所, <sup>3</sup> 株式会社マリン・ワーク・ジャパン

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>Graduate School of Fisheries Science, Kitasato University, <sup>3</sup>Marine Works Japan Ltd.

底生有孔虫には、盗葉緑体現象と呼ばれる特殊な共生様式がある。それは、宿主が外来性藻類の葉緑体を、あたかも自分のオルガネラであるかのように細胞に保持し、何らかの利益を享受することである。本研究では、盗葉緑体が底生有孔虫の代謝に不可欠であるかどうかを検証するため、岩礁地性底生有孔虫 *Planoglabratella opercularis* を用いた飼育・培養実験を行い、宿主と盗葉緑体の系統解析・盗葉緑体の超微細構造観察と自家蛍光観察およびアミノ酸の窒素同位体比に基づく栄養段階推定を行った。

1) 単系統性が支持される宿主 *P. opercularis* の盗葉緑体は、クサリ系藻綱に高い相同性 (98%) を持つ、2) 盗葉緑体は、明環境下において 11 日以内に消化されることから、頻繁に盗葉緑体を獲得する必要がある。一方、暗環境下では明環境下に比べて、盗葉緑体の自家蛍光が維持され、細胞内にも盗葉緑体の構造が維持されていた。3) クロレラ生細胞は、細胞壁の分解が困難であり、餌や盗葉緑体として取り込むことが困難である。4) 餌を添加した培養系では、餌を与えないものに比べて、盗葉緑体の自家蛍光が維持されていた。以上のことから、*P. opercularis* は、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可能性が高い。宿主は、盗葉緑体に短期間でも葉緑体の機能を持たせ、糖やグルコースといった分解しやすい物質を作り出し、それを宿主が利用している可能性がある。このことから、宿主細胞の栄養段階は、野外個体と盗葉緑体を除去した個体との間で異なり、4) の結果からも、盗葉緑体を持つ個体は、生産者と一次消費者の中間段階の栄養段階を持つことが予想された。この作業仮説をもとに、アミノ酸の窒素同位体比に基づく栄養段階推定を行った結果、5) 野外個体は、栄養段階が 1.2 となり、生産者の値を示すのに対して、盗葉緑体を除去した個体では、栄養段階が 2.0 となり、一次捕食者の値を示した。この結果は、盗葉緑体を持つ野外個体が「植物的に」振る舞い、窒素源として盗葉緑体の光合成によって作り出されたアミノ酸を取り込んでいる可能性を示すものである。

超微細構造の観察から、*P. opercularis* の細胞質にはプラグと呼ばれる仕切りが存在し、仮足の伸展や細胞の動きに応じて細分化と平均化を繰り返しており、細胞自体の役割分担を積極的に行っていると考えられる。少なくとも 3 つの部位があり、食胞と消化物・盗葉緑体・液胞をもつ部位が認識でき、細胞は部位ごとに特殊化させており、「多細胞生物的」に振る舞っていることから、先述の栄養段階推定を当てはめると、部位ごとに栄養段階が異なる可能性がある。プラグによる細胞質の区分けは、多くの有孔虫で明らかになっているが、本解析のような体系的な観察は、はじめてのことである。単細胞生物の多細胞性は、多くの分類群で観察されているが、リザリア生物群の系統では、多細胞性を持つ生物の報告はない。有孔虫は、細胞の細分化を頻繁に行うことで、様々な機能的な特殊化を成し遂げている可能性があり、共生のメカニズムとともに、細胞の進化との関連性も興味深い。有孔虫の多細胞性は、細胞の細分化や特殊化によって成立し、機能の複雑化、大型化、環境への適応などに影響を及ぼし、有孔虫細胞の盗葉緑体を含む共生藻に対する柔軟性や、盗葉緑体による細胞内の pH 環境の変化と炭酸カルシウム骨格の形成にも影響を及ぼす可能性があり、このような細胞の特殊性が有孔虫の多様性を生み出すひとつの要因かもしれない。

キーワード: 盗葉緑体, 底生有孔虫, アミノ酸窒素同位体比

Keywords: Kleptoplast, benthic foraminifera, nitrogen isotope of amino acid