

紅藻系二次共生藻類の進化・海洋進出イベントを理解する Understanding evolution and rise of algae with secondary red plastids in the sea

柏山 祐一郎^{1*}

Yuichiro Kashiyama^{1*}

¹ 筑波大学数理物質科学研究科化学専攻

¹Dept. Chemistry, University of Tsukuba

(1) 背景: Why is the land green and the ocean red? (Falkowski et al., 2003); そして”いつ”, ”どうやって”

Falkowski et al. (2004) は、生命学者と地球化学者の双方に、海洋における藻類の進化について重要な問題提起をしたランドマーク的論文である。すなわち、古生代の海洋で繁栄した緑藻のグループが、顕生代の中葉に、現在の海洋に見られるような紅藻系二次共生藻類に取って代わられている地質学的事実を提示した。古生代の藻類の化石記録はきわめて限定的だが、古生代には緑藻類が主要な基礎生産者だったと考えられ、そこから陸上植物が進化した(The land is "green")。一方、中生代に入ると、三畳系上部から渦鞭毛藻、ジュラ系から円石藻と珪藻の化石記録が始まり、その多様化は現在につながる紅藻系二次共生藻類中心の海が、中生代以降に形成されていったことを示唆する。紅藻系二次共生藻類とは一次共生藻類である紅藻を細胞内に取り込み葉緑体化し、植物的に生存可能になったプロティストのグループである(The ocean is "red")。Falkowski et al. (2004) は、この”入れ替わり”の要因として、(a) 二次共生藻類の生理学的利点 (b) 生化学的利点を挙げ、特に後者については、紅藻および紅藻系葉緑体の要求する金属が現在の海水組成により適していることを示した。しかし、彼らの説明は”入れ替わり”以前に紅藻系が繁栄しなかったこと、ゲノム解析は紅藻系二次共生藻類の成立が後期原生代まで遡ることについて矛盾する。

(2) 顕生代の藻類進化の足取りを理解するための新しい方法論の提案

本研究では、分子化石、特に化石ポルフィリンを用いた藻類進化の軌跡を理解するための新しいアプローチを提案する。化石ポルフィリンは各種クロロフィルが縮成作用を受けて堆積物中に保存される”光合成の化石”である。全ての緑藻はクロロフィル *b* を生産し、ほぼ全ての紅藻系二次共生藻類は各種クロロフィル *c* を生産し、それぞれの色素はそれぞれの分類群に特有のバイオマーカーと見なしうる。重要なことに、クロロフィル *b* とクロロフィル *c* はそれぞれ特有の化学構造を持つ化石ポルフィリンとして保存されることが、クロロフィルの化学的タフノミー研究より示唆されている(Kashiyama, 2010)。従って、堆積岩から抽出された化石ポルフィリンを調べることで、当時のクロロフィル *b* とクロロフィル *c* の相対的生産量を見積もることが可能である。筆者はさらに、熟成が進みポルフィリンが抽出されなくなった堆積岩からもクロロフィル *c* の証拠を示す分析法も開発している。近年の海洋微生物学の発展は、現在の海でもピコプランクトンとして緑藻類が量的に重要であること、化石に残らない紅藻系二次共生藻類が非常に多様であることを示しており、緑藻-紅藻系二次共生藻類の進化史は従来考えられてきたよりも複雑であると考えられる。化石ポルフィリンの研究からこれら藻類の進化の軌跡を記述することで、顕生代の藻類進化の理解に重要な貢献が可能であるといえよう。

Falkowski PG, Katz ME, Knoll AH, Quigg A, Raven JA, Schofield O & Taylor FJR (2004a) The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* **305**, 354-360.

Falkowski PG, Schofield O, Katz ME, Van De Schootbrugge B, & Knoll AH (2004b) Why is the land green and the ocean red? In: Therstein H & Young JR (eds) *Coccolithophores*, Elsevier, pp 429-453.

柏山祐一郎 (2010) 化石ポルフィリンのタフノミー: 分子レベル同位体指標としてのポテンシャルを引き出すために. *Res. Org. Geochem.* **26**, 39-71.

キーワード: クロロフィル *c*, 紅藻系二次共生藻類, 二次共生, 葉緑体, マクロ進化, 化石ポルフィリン
Keywords: chlorophyll-c, red algae, secondary symbiosis, plastid, macroevolution, fossil porphyrin