

バイオミディア

海洋植物プランクトンの光合成—特異な脂質を貯める円石藻—

辻 敬典

光合成といえば、多くの人は葉っぱ、すなわち陸上植物を思い浮かべるだろう。ところが、地球上における光合成一次生産のおよそ半分は、海に生息する小さな植物プランクトンたちが担っているのである¹⁾。地球の表面積の約7割は海洋であり、透明度の高い外洋では表層100メートルほどは光合成に必要な光が届く層(真光層)である。植物プランクトンは、海洋という非常に広く、かつ厚みがあるエリアに分布しており、一次生産者として海洋生態系を支えているのである。

一般的に、光合成により植物はデンプンを作り、葉緑体の中(ストロマ)に蓄積するといわれている。しかし、この「葉緑体の中にデンプンを蓄積する」という特徴は、多様な光合成生物の中でも、緑色植物(陸上植物や緑藻など)にのみ当てはまる特徴である。一方、海洋の一次生産を担う植物プランクトンとしては、円石藻(ハプト藻類)や珪藻(不等毛藻類)が知られている。これらの藻類は、紅藻由来の葉緑体を持つ二次共生藻であり、デンプンではなく水溶性のβ-グルカン(β-D-glucan)を細胞質の小胞内に蓄積する点など、緑色植物とは異なる特徴を持つ。

これらの植物プランクトンの光合成の特徴をすべて列挙すると紙面が足りなくなるので、ここでは円石藻の光合成炭素代謝について紹介したい。円石藻は、ハプト植物門に属する海洋性単細胞藻類であり、細胞は「円石」と呼ばれる炭酸カルシウム(CaCO₃)を主成分とする鱗片状構造物で覆われている(図1A)。円石藻は、中生代以降に現れた比較的新しいグループで、特に白亜紀に大繁栄し、堆積した円石は大規模な石灰岩の地層を形成

した。その一部は、イギリス・ドーバーの「白亜の崖」として知られている(図1B)。

円石藻 *Emiliania huxleyi* は、しばしばブルーム(大規模増殖、白潮ともいわれる)を引き起こし、光合成と石灰化によって多量の無機炭素を固定する。*E. huxleyi* を含む一部のハプト藻は、アルケノンと呼ばれる長鎖不飽和ケトン(alkenone)を合成する(図1C)。アルケノンの炭素鎖は37-40と非常に長く、2-4個のtrans型二重結合を持ち、末端はメチルまたはエチルケトンの構造をとる²⁾(図1C)。*E. huxleyi* では、中性脂質の約7割がアルケノンであり、一般的な貯蔵脂質として知られるトリアシルグリセロール(TAG)はほとんど蓄積しない。また、*E. huxleyi* はアルケノンに加え、β-グルカンやマンニトールも合成し、これらの物質はいずれも貯蔵物質であると考えられていた。最近、アルケノンやβ-グルカンなどへの定量的な炭素フラックス解析が行われ、固定された炭素の約20%がアルケノンに分配され、β-グルカンに分配された炭素は1%以下であり、マンニトールに分配された炭素は5%以下であることが示された³⁾。この結果から、光合成で固定された余剰炭素は主にアルケノンとして貯蔵され、β-グルカンやマンニトールの貯蔵物質としての寄与は少ないことが明らかになった。多くの光合成生物は多糖を主要な貯蔵物質として蓄積するが、*E. huxleyi* は、多糖(β-グルカン)ではなく油(アルケノン)を貯めるというユニークな特徴を持つと言える。この特徴を生かして、円石藻をバイオ燃料生産に利用するための研究もなされている²⁾。

なぜ *E. huxleyi* が多糖ではなくアルケノン(alkenone)を蓄積するのか、なぜ一般的な貯蔵脂質であるTAGではなく特異な構造を持つアルケノン(alkenone)を蓄積するのか、その理由は明らかになっていない。*E. huxleyi* のゲノムは最近解読され⁴⁾、さらに別種の円石藻では形質転換技術が確立された⁵⁾。今後は、分子生物学的アプローチにより、円石藻がアルケノンを作る意義が明らかになることが期待される。

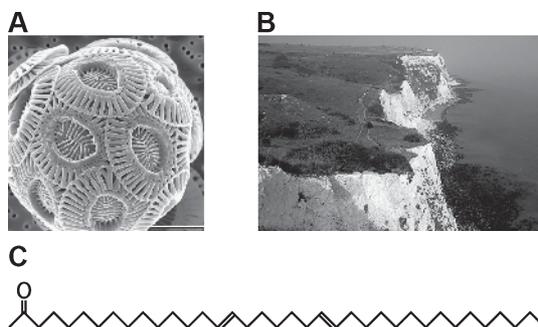


図1. 円石藻とアルケノン。(A) 円石藻 *Emiliania huxleyi* の走査型電子顕微鏡写真 (Alison R. Taylor, PLoS Biology Issue Image, Vol. 9 (6) June 2011), (B) 円石藻が堆積して作られた白亜の崖, (C) アルケノンの構造の一例 (C_{37:2}メチルケトン)。

- 1) Field, C. B. et al.: *Science*, **281**, 237 (1998).
- 2) 白岩善博: *The Chemical Times*, **238**, 2 (2015).
- 3) Tsuji, Y. et al.: *Mar. Biotechnol.*, **17**, 428 (2015).
- 4) Read, B. A. et al.: *Nature*, **499**, 209 (2013).
- 5) Endo, H. et al.: *Sci. Rep.*, **6**, 22252 (2015).

著者紹介 関西学院大学理工学部生命科学科(助教) E-mail: tsuji.yoshinori.fu@kwansei.ac.jp