

嫌われ者の藍藻に期待！

久保田高明

熱帯魚や水草を飼育したことのある方の中には、水槽に大量の藍藻（シアノバクテリア）が発生してしまい、困った経験をした方も多いのではないだろうか。特に増殖した藍藻が悪臭を放つ場合などは最悪である。一般的に藍藻は繁殖力が強いいため、いったん発生すると除去することが困難で、イソギンチャクとならぶ代表的な水槽の厄介者とされている。また、こうした経験がない方でも、アオコと呼ばれる湖沼などの水面が緑色の粉のようなものや、ひどい時はねっとりとしたもので覆い尽くされてドロドロになった状態を見たことがあるのではないだろうか。多くの場合、アオコの正体は富栄養化により大量発生した藍藻である。アオコは悪臭を発生し美観を損ねるだけではない。Mycrocystis属などの藍藻が生産するマイクロシスチンと呼ばれる環状ペプチドには強い肝臓毒性があるため、人や家畜に健康被害を及ぼしかねない深刻な環境問題でもある。

ところで、藍藻のことを、見た目や名前から苔のような植物の一種だと思っている方も多いのではないだろうか。実際、藍藻は光合成を行う生物であるため藻類として扱われる場合もあるが、生物学的には原核生物で、分類学上は大腸菌や枯草菌と同じ真正細菌（バクテリア）の仲間である。藍藻には淡水棲や海水棲の他、陸棲のものも存在し、地球上の至る所に広く分布している。また、好熱性、耐塩性、耐冷性などの性質を持つものも存在するため、温泉、強塩湖、北極・南極などの極限環境にも生育が確認されている。藍藻には、単細胞で生活するもの、少数の細胞で群体を作って生活するもの、細胞が糸状につながった構造を形成するものなどがあり、中には環境条件に応じて細胞の形を変えるものも存在する。生活様式も浮遊性のもの、底生のもの、他の生物に付着して生活するものなどさまざま、糸状の構造を形成する藍藻の中には、ユレモ属（*Oscillatoria*属）と呼ばれ水中で揺れるように動く種類もある。

一般には、嫌われ者のイメージが強い藍藻だが、実は地球上の生物の中で、初めて光合成を行う能力を獲得した生物で、藍藻が光合成により生産した大量の酸素によりオゾン層が形成され、酸素を含む大気環境が形成されたため、現在のような生物が住める環境が作られたと考えられている。我々が存在しているのも藍藻のおかげと言える。また、植物が持つ葉緑体は、生物の進化の過程で真核生物の細胞内に共生した藍藻が起源であると考えられている。実際、藍藻と葉緑体の基本的な構造は良く

似ており、原核生物で分子生物学的実験が行いやすいため、藍藻は葉緑体のモデル生物として、光合成の研究材料として用いられてきた。

また最近では、エタノールを生産する藍藻がバイオ燃料生産生物として期待されているほか、新しい医薬品の候補となる有用な有機化合物を生産する生物資源としても注目されており、これまでに抗がん作用、抗真菌作用、抗炎症作用などを有する化合物が、陸棲の *Nostoc* 属の藍藻や、海水棲の *Symploca* 属や *Lyngbya* 属の藍藻などから単離、構造決定されている^{1,2)}。これらの多くは、ポリケチド合成酵素や非リボソーム型ペプチド合成酵素、またはこれら両方の酵素により生合成される化合物である。現在までに藍藻が生産する多くの生物活性物質について、生合成遺伝子の全塩基配列が決定され、それぞれの化合物が藍藻の細胞内でどのように造られているのか、酵素、遺伝子レベルで詳しく解析されている。さらに、いくつかの化合物については、藍藻のゲノムからクローニングした生合成遺伝子を大腸菌などの他のホストに組み込み、異種株発現させることで化合物を生産させることにも成功している^{3,4)}。

海綿やホヤなどの海洋無脊椎動物からは多くの生物活性物質が単離、構造決定されているが、これらの化合物の真の生産者の多くが、こうした海洋生物に共生または寄生する藍藻であることが明らかになってきている⁵⁾。海洋生物由来の生物活性物質は、天然より得られたサンプル量が十分でない場合が多く、活性試験などへの展開が難しい場合が多々ある。しかし、海洋生物より藍藻を分離し、これを培養する、あるいは生合成遺伝子をクローニングして異種株発現させるなどの方法により、こうした問題が解決される可能性がある。

藍藻は地球上の至る所に存在するが、現在のところ、そのほとんどは有効利用されておらず、可能性を秘めた未利用微生物資源と言える。今後、藍藻の有効利用に向けた研究が、ますます活発に展開されることが期待される。

- 1) Gerwick, W. H. et al.: *Curr. Opin. Biotech.*, **21**, 787 (2010).
- 2) Mohapatra, T. M. et al.: *J. Antibiot.*, **64**, 401 (2011).
- 3) Gerwick, W. H. et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 4587 (2008).
- 4) Gerwick, W. H. et al.: *Curr. Opin. Chem. Biol.*, **13**, 216 (2009).
- 5) Gerwick, W. H. et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **108**, 8815 (2011).