

## シアノバクテリアの進化とクロロフィルの多様化 Diversification of antenna chlorophylls in the Cyanobacteria

宮下 英明<sup>1\*</sup>

Hideaki Miyashita<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学大学院人間・環境学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

シアノバクテリアは、酸素発生型の光合成を行う原核生物である。歴史的には、その生理学的特徴から藻類（藍色植物門）と位置づけられ藍藻（blue-green-algae, ラン藻）と呼ばれてきた。しかし、現在では真正細菌（バクテリア）上界に帰属するという系統学的知見により、主にシアノバクテリアと呼ばれている。細胞体制には、単細胞、単細胞群体（平板状、サルシノイド状、パルメラ状）、糸状体（分岐なし、擬分岐、棍棒状、針状、群体など）がある。また、糸状体を形成するものなかには、ヘテロシスト、アキネートなど特異に分化した細胞を形成するものがある。分裂様式には、二等分裂に加え、外生孢子形成（バディンクを含む）、孢子形成、ホルゴニア形成などが知られている。このうち、ヘテロシスト形成や1000個近くの娘細胞をつくることもある内生孢子形成は、シアノバクテリアに特有にみられるものである。バクテリアとしてほぼ唯一、20億年以前の化石記録として認知できる生物であり、20億年前までには既に多様な形態に分化していたことが明らかにされている。植物分類学のうえでは2000種以上が報告されており、ひととき多様な生物群である。

シアノバクテリアは、長い間、光合成色素としてChl *a*とフィコビル色素をもつと特徴付けられてきた。しかし、1975年にChl *b* (1)、1988年にDVChl *a* (2)、1994年にMgDVP (3)、1996年にChl *d* (4)、2010年にChl *f* (5)を光合成のアンテナとして含むものが見出された。シアノバクテリアにはこれまでにアンテナとして機能するクロロフィルとして、Chl *a*、DVChl *a*、Chl *b*、DVChl *b*、Chl *d*、Chl *f*、MgDVPの7つが知られており、陸上植物と他の藻類に見られるクロロフィルを合計しても3種（Chl *a*、Chl *b*、Chl *c*）であることと比較すると、シアノバクテリアの進化過程において激しいクロロフィルの多様化（アンテナの多様化）が起こっていることがわかってきた。

シアノバクテリアは、環境適応範囲の広いジェネラリストであり、一般の水圏・土壌環境のほか、貧栄養水圏、砂漠・極域・高地などの過酷な光・温度・水分環境においても生育し、一次生産に一定の役割を果たしている。また、共生体として宿主に栄養源を供給しているものもある。効率的な無機炭素輸送、優れた光質適応、高い温度耐性、高い凍結・融解耐性などの環境適応能力は、遺伝子の変異・獲得・欠失と自然選択によってもたらされ、多様な環境への適応の結果として、ジェネラリストとして、あるいは特殊な耐性や代謝機能を獲得したスペシャリストとしての能力を獲得したものと考えられている。クロロフィルの多様化も、多様な環境に適応する変異の選択によって形成されてきたものであると考えられる。

本発表では、シアノバクテリアにおけるクロロフィルの多様化をシアノバクテリアの分子系統関係、クロロフィルの吸収特性、シアノバクテリアの生育環境に基づき、環境適応によるニッチ獲得の視点で考察する。

(1) Lewin, R A (1975) A marine *Synechocystis* (Cyanophyta, Chroococcales) epizoic on ascidians. *Phycologia* 14: 153-160.

(2) Chisholm, S W, R J Olson, E R Zettler, J Waterbury, R Goericke, & N. Welschmeyer (1988) A novel free-living prochlorophyte occurs at high cell concentrations in the oceanic euphotic zone. *Nature* 334: 340-343.

(3) Larkum, A W, C Scaramuzzi, G C Cox, R G Hiller, & A G Turner (1994) Light-harvesting chlorophyll *c*-like pigment in *Prochloron*. *Proc Natl Acad Sci USA*. 91: 679-683.

(4) Miyashita, H, H Ikemoto, N Kurano, K Adachi, M Chihara, & S. Miyachi (1996) Chlorophyll *d* as a major pigment. *Nature* 383: 402.

(5) Chen M, M Schliep, R D Willows, Z L Cai, B A Neilan, & H Scheer (2010) A red-shifted chlorophyll. *Science* 32: 1318-1319.

キーワード: シアノバクテリア, クロロフィル, 進化, 多様化

Keywords: Cyanobacteria, chlorophyll, evolution, diversification