

クロロフィル多様化の秘密

宮下 英明

光合成は、高度に組織化されたクロロフィル (Chl と略記) によって成し遂げられているミラクルな反応である。Chl の多様化機構の解明は、光合成生物の多様性解析に留まらず、21世紀に人類が抱える問題、とりわけエネルギーや食料問題を考える上で重要な課題である。

Chl は、光合成生物に含まれる色素である。Chl は、4つのピロールが環状に結合したテトラピロール環に5番目の環構造が付加し、中心部にマグネシウムが配位した構造をもつ (図1)。Chl は光合成において最も重要な働きをしており、その役割は、タンパク質複合体中での存在位置によってアンテナ、反応中心、電子受容体の3つに大別できる。太陽光を吸収し、吸収したエネルギーを他のChlを介して伝達・集約する役割 (アンテナ)、集約されたエネルギーを利用して電子を放出する役割 (反応中心)、反応中心Chlから放出された電子を受け取り次の物質に伝達する役割 (電子受容体) である。細胞に存在するChlのほとんどがアンテナとして働き、100個に数個程度の僅かなChlが反応中心や電子受容体として働いている。

酸素発生型の光合成生物に含まれるChlには、Chl *a*、ジビニルChl (DVChl) *a*、Chl *b*、DVChl *b*、Chl *c*、Chl *d*、Chl *e*、MgDVPが報告されている。Chl *a*は上述の3つの役割をすべて行うことができる。つまり、Chl *a*だけを使って光合成をしている生物が存在する。“マリンクロレラ”として水産餌料に汎用されている真正眼点藻ナンノクロロプシなどがそれにあたる。Chl *a*は、わずかの例外を除き酸素発生型光合成生物には必ず含まれている。それは水を分解して電子を得るためには、Chl *a*にエネルギーが集約されることが必須であると考えられているからである。わずかの例外というのは、プロクロロコッカスとアカリオクロリスと呼ばれるシアノバクテリアである。プロクロロコッカスはDVChl *a*を、アカリオクロリスはChl *d*を主なChlとしている。DVChl *a*とChl *d*は、Chl *a*と同様に上述の3つの働きを行うことができる。現在のところプロクロロコッカスは、Chl *a*をまったく含まない唯一の酸素発生型の光合成生物である。アカリオクロリスには極僅かのChl *a*が含まれている。しかしそのChl *a*の役割についてはまだよくわかっていない。Chl *b*、DVChl *b*、Chl *c*、MgDVPは、いずれもアンテナとして働くChlで、反応中心や電子受容体としては使われていない。いずれもChl *a*とは異なる波長域の光エネルギーを吸収し、そのエネルギーをChl *a*に渡す役割をしている。Chl *e*は、天然から採取された黄緑藻に微量に検出される色素として報告され

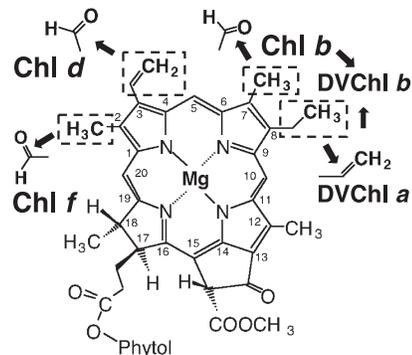


図1. クロロフィルの構造の相違. 中心にChl *a*をおき、置換基の違いとクロロフィル名の違いを示している。DVChl *b*は、Chl *a*の7位がフォルミル化、8位がビニル化したもの。

たものの、報告以降の検出例がなく、存否や実体が未解決なChlである。

2010年にChl *f*が報告されたり。Chl *f*は、Chl *d*と同様に細胞内で700–750 nm付近の遠赤色光を吸収し、Chl *d*よりも10 nm程度長波長側に吸収ピークが見られる色素である。Chl *f*を生産する生物は、オーストラリアのシャークベイにあるストロマトライトとよばれる特殊な形をした石灰岩の表面を覆っていた微生物マットの中から発見されたシアノバクテリアである。Chl *f*は、Chl *a*量に対してせいぜい1/8程度しか合成されない。このため、他の藻類が吸収できない遠赤色光を利用するためのアンテナとして用いられているものであろうと考えられる²⁾。

クロロフィルの構造を図1に示した。この図から、Chl *b*、Chl *d*、Chl *f*は、それぞれChl *a*の7位、3位、2位がフォルミル化されたもの、DVChl *a*、DVChl *b*は、それぞれChl *a*、Chl *b*の8位がビニル化されたものであることがわかる。Chlの進化は、Chl *a*を中心にフォルミル化Chl、ビニル化Chlの合成によって、光環境への適応や光競合の回避をはかってきたものであると考えられている。さらに、近年、土屋らは、1つの遺伝子をシアノバクテリアに導入するだけで、これまで天然に知られていなかったChlを合成することに成功しており、Chlの多様化が1遺伝子の獲得によって可能であることを示した³⁾。Chlの多様化には、光合成生物が成し遂げてきた光エネルギーの効率的利用のヒントが隠されている。

- 1) Chen, M. *et al.*: *Science*, **329**, 1318 (2010).
- 2) Chen, M. *et al.*: *FEBS Lett.*, **586**, 3249 (2012).
- 3) Tsuchiya, T. *et al.*: *Plant Cell Physiol.*, **53**, 518 (2012).