



光合成生物の多様性

東京理科大学理学部

鞆 達也

光合成生物と言えば多くの人が青々とした植物を思い浮かべるとと思います。光エネルギーを還元力へ変換する光合成初期過程に限って言えば、植物（維管束植物）はほとんど同じ仕組みで駆動しており、多様性はあまりありません。しかし、光合成微細藻類（シアノバクテリアを含む）の光合成を考えるとこちらは非常に多様性に満ちています。この多様性は光合成のエネルギー変換を応用する上で非常に強力なツールとなり得ます。

生物には環境・種・遺伝的の三つの多様性が存在すると言われていています。環境の多様性で代表的な藻類の例を示すと、高アルカリの pH11 でも生育可能なシアノバクテリアの通称スピルリナ (*Arthrospira platensis*) や至適 pH を 2 付近にもつ原始紅藻 (*Cyanidium* や *Cyanidioschyzon* 等) が存在し、また、好塩性緑藻の *Dunaliella salina* や 50~70°C に式生育温度をもつ好熱性シアノバクテリア (*Thermosynechococcus*, *Thermosynechocystis* 等) が存在します。光合成生物からの代謝産物回収（糖や油脂など）を考えると環境的多様性下で育つ生物は培養時に他の生物が混入してくる可能性が少ないため回収コストに優れていると言えます。

遺伝的多様性は一つの種あるいは種内において種々の遺伝的性質の違いが存在することを意味し、タンパク質のアミノ酸配列を変えることにより、環境の変化に対応しています。周囲の環境に応じて発現するタンパク質をスイッチすることができれば、より安定な光合成産物の生産が可能になります。また、遺伝的多様性が種の多様性に繋がっていきます。

最後に種の多様性について紹介します。ある程度の年の方であれば生物の分類で五界説 (Whittaker, 1969, Science) を習ったかと思いますが、現在の高校教科書の分類ではウーズらによって提唱された 3 ドメイン (真性細菌、古細菌、真核生物) 説が分類の基本として掲載されています (Woese et al, 1990 PNAS)。光合成微細藻類は古細菌ドメインには存在しませんが、他の 2 ドメインに渡って非常に多くの種が存在しています。藻類には一見緑色をしていない赤や黄色、茶色をした種が多く見られますが、これはタンパク質に結合しているカロテノイドの多様性によるものです。カロテノイドは過剰な光エネルギーの散逸や集光色素として機能しています。このような暖色系の色をもつ藻類から電荷分離能をもつタンパク質を精製していくと段々クロロフィルの緑色が見えてくるのは実験を行っていて楽しいものです。緑色を呈しているクロロフィルにも多様性が存在し、酸素発生型光合成では *a~d* と *f* の分子種が存在しています (*e* は 1950 年代に構造不明のまま名付けられたもので、おそらくバクテリオクロロフィル)。種の違いによる光捕集色素の多様性は希薄な太陽光エネルギーを効率よく集めることの理解に繋がります。光合成は可視光の中でも最も低エネルギーな赤色光で水を分解することが可能なのは、希薄な太陽光をこれらの光合成色素が量子収率ほぼ“1”でエネルギー移動し、赤色領域に吸収極大をもつクロロフィルにおいて、電荷分離をおこなうことによって実現しているからです。

本原稿で挙げた多様性はほんの一部にすぎませんが、光合成生物は進化の過程で優れた多様性を獲得し、ユニークな反応と高い量子収率を実現してきました。これらの仕組みを理解し応用することにより、より高効率な太陽光エネルギー変換技術の創出が可能になると考えられます。