

光合成の進化：光と電子移動

Evolution of Photosynthesis

伊藤 繁[1], 岩城 雅代[1], 大岡 宏造[2]
Shigeru Itoh[1], Masayo Iwaki[1], Hirozo Oh-oka[2]

[1] 基生研, [2] 阪大・理・生

[1] Natl. Inst. Basic Biol., [2] Dept. Bio., Grad. Sch. Sci., Osaka Univ.

光合成、特に酸素を発生する光合成は地球環境を大きく変え、生命進化に大きな影響を及ぼした。酸素を発生しない光合成細菌（緑色細菌と紅色細菌）は光合成反応中心を一種づつ持つ。それらが進化し、一つの細胞の中で2種の反応中心（光化学系Ⅰと光化学系Ⅱ）が共存するようになった。これがシアノバクテリアであり、シアノバクテリアが葉緑体として他の大型細菌に共生すると植物になる。地球に酸素大気をもたらしたのは、光化学系Ⅱ反応中心の光による水分解反応である。反応中心の反応機構と分子構造をもとに光合成の起源と進化を考察する。

地球最大の化学反応である光合成は、光エネルギーを電気エネルギーに変換し、CO₂を固定する。大気組成を変え、生物界にエネルギーを与え戻りできない進化を促しつつける。36億年前の微化石や27億年前から大規模に堆積したストロマトライトがどのような光合成で作られ、地球をいかに変えたかは興味深い。今回の発表では最近発見された新型生物を含めた様々な光合成生物の反応系のメカニズム、光エネルギー、色素、遺伝子を検討し、光合成の起源と地球との共進化を考察する。

光合成の多様性と新型光合成

<酸素発生をしない光合成> 緑色硫黄細菌と紅色細菌は酸素をださない光合成をする。緑色細菌はⅠ型、紅色細菌はⅡ型の光合成反応中心複合体のみを持つ。これらの光合成では近赤外の800-900nm光を吸収するバクテリオクロロフィル色素が光を捕らえ、光化学反応で電子の流れに変える。

<酸素発生光合成> シアノバクテリアと植物は酸素発生型の光合成を行う。細菌ではあるがシアノバクテリアはⅠ型と酸素発生するⅡ型の2つの光反応系をもち、細胞内膜上で電子の流れをつなぎ、より強い酸化力と還元力を作る。多様な藻類や植物はシアノバクテリアが葉緑体として大型真核生物に細胞内共生してできたことが遺伝子や蛋白質のアミノ酸配列解析からわかる。光合成は単一起源で、非酸素発生型から酸素発生型、真核細胞内への共生の道筋で進化したと考えられる。シアノバクテリアは赤色660-680nm光を吸収するクロロフィルaを、植物や藻類はaだけでなくもっと短い波長の光を吸収するb、cを持つ。酸素をだすのに必要な強い酸化力を作るには近赤外光の弱いエネルギーでなく、赤色光のもつ強いエネルギーを利用できるクロロフィルaが必須だと考えられてきた。

<新型の光合成> 最近ホヤの体内に共生しているのが発見された *Acaryochloris marina* というシアノバクテリア様細菌は近赤外に近い740 nm光を吸収できるクロロフィルdを持ち酸素発生型光合成をする。これにより酸素発生はクロロフィルaで始まったとはいきれなくなった。また、クロロフィルとは中心金属がマグネシウムの色素の総称とされてきたが、これが亜鉛に置き換わった Zn-バクテリオクロロフィルで光合成する好酸性紅色細菌 *Acidiphilium rubrum* も発見され、これまでに考えられていたのはひと味違う多様な進化が分かりだした。

<太古の光合成は何色の光をつかったのか？> 細菌、藻類、植物にわたる光合成生物は多様な色を示し、太陽光を受け、生物界にエネルギーを流入させる。より多くの光をうけるために競争進化が行われ多様な色素を持つ光合成生物が生まれたらしい。では太古の光合成はどのような色素をつかったのだろうか？分子の機能と遺伝子からたどることが可能だろうか？

<生物進化と光エネルギー> 光合成機能の変化は生物界へのエネルギー流入量を大きく変え、生物進化そのものを変えたはずである。光合成は地球を変え、これがまた生物を変える。化石の中に、我々の体の中に、地球環境の中に残るこの跡をたどり、進化の原理を理解し、使うことができるだろうか？

（発表者：伊藤 繁 2000年4月より 名古屋大学 理学部 物理学教室 へ所属変更）