

## 最初の酸素発生型光合成細菌はラン藻か？ ～原核緑藻類のクロロフィルb合成酵素の単離と分子系統学的解析～

The common ancestor of cyanobacteria and chloroplasts should have contained both chlorophyll b and phycobilins.

# 富谷 朗子 [1], 大野 照文 [2], 田中 歩 [3]

# Akiko Tomitani [1], Terufumi Ohno [2], Ayumi Tanaka [3]

[1] 京大・理・地鉱, [2] 京大総博, [3] 北大・低温研

[1] Geol. and Mineral. Dept., Kyoto Univ., [2] The Kyoto Univ. Museum, [3] Inst Low Temp Sci, Hokkaido Univ

初期の地球上で酸素発生型を行っていた光合成生物はどのようなものだったのだろうか？いままで、初期地球において酸素を放出したのは藍藻であると考えられてきた。我々は、原核緑藻類、緑色植物（緑藻、陸上植物）の合成色素、クロロフィルb合成酵素の遺伝子の解析を行った。原核緑藻類は酸素発生型の光合成を行う原核生物でありながら藍藻の持つフィコピリンの代わりにクロロフィルbを持っているが、その進化については謎であった。本研究によって、原核緑藻類、緑色植物のChlb合成系は共通であることがわかり、藍藻に先駆けてクロロフィルbとフィコピリンの両方の色素を持つ酸素発生型原核生物の祖先がいたことが明らかになった。

光合成は太陽からの光エネルギーを化学エネルギーに変換する生化学反応であり、地球の物質循環において重要な位置を占めている。さらに、酸素発生型光合成によって生成した酸素は、還元環境から酸化的環境へと物理的変化を引き起こしただけでなく、地球上の物質の状態や生物の進化に大きな影響をおよぼした。光合成なくして、現在のような地球の姿は実現不能であっただろう。まさに、光合成は生物と地球の進化の接点のひとつといえる。では、初期の地球上で酸素発生型を行っていた光合成生物はどのようなものだったのだろうか？この問いに対する答えの一部が、我々の研究によって明らかになった。

酸素発生型光合成を行う現生の原核生物（バクテリア）としては藍藻だけが知られていなかったため、初期地球において酸素を放出したのは藍藻であると考えられてきた。したがって、ストロマトライトを構成している微生物も藍藻であろうと推測されてきた。しかし、化石の形態や有機物の分析からは、試料の保存状態の問題もあり、数十億年も前の化石がどのような微生物のものであるのか調べることができなかった。われわれは、現生の光合成生物の分子情報を手がかりに、初期の光合成生物の系統進化を探ることにした。ここ2、30年間の分子生物学のめざましい発展によって、様々な機能を持つ生物分子の遺伝子データが蓄積し、それにともなって分子情報に基づいて生物の系統関係を推定する分子系統学が確立した。現生光合成生物の分類は、光合成色素の組成を基準にしている。そこで、本研究では、原核緑藻類、緑色植物（緑藻、陸上植物）に共通して含まれるクロロフィルbの色素合成酵素（CAO）の遺伝子を用いて、クロロフィルbを持つ光合成生物の進化を明らかにするために、解析を行った。

原核緑藻類は酸素発生型の光合成を行う原核生物でありながら藍藻の持つフィコピリンの代わりにクロロフィルbをもつグループである。そのため1975年に発見されると緑色植物の祖先なのではないかと考えられた (Lewin & Wither, 1975; Lewin, 1976)。しかしその後さらに2種類の原核緑藻類が見つかり、3種の原核緑藻類の系統進化に関する研究が進むと、原核緑藻類は緑色植物の直接の祖先ではなく、3種がそれぞれ別の藍藻から派生したものであることがわかった (Palenik & Haselkorn, 1992; Urbach et al., 1992)。つまり、原核緑藻類というグループは他系統的な分類群であることが明らかとなった。したがって、原核緑藻類と緑色植物の系統で独立に少なくとも4回、クロロフィルbを獲得したのだと解釈された。しかし、この解釈に関しては他の遺伝子の解析からの間接的な証拠に基づくものであった。なぜなら、クロロフィルb合成に関わる酵素や遺伝子は今まで単離されていなかったためである。

最近、我々のグループで単細胞緑藻の *Chlamydomonas reinhardtii* を材料に、分子遺伝学的手法を用いてクロロフィルb合成酵素の遺伝子（CAO）を単離することに成功した。そこで、緑色植物（被子植物2種、コケ植物1種、緑藻類2種）から、さらに原核緑藻類2種からもCAOを単離して調べてみると、従来の解釈とは異なり、原核緑藻類、緑色植物のクロロフィルb合成系は共通であることがわかった。原核緑藻類は藍藻のなかの他系統的な分類群であることを考慮すると、原核緑藻類と藍藻の共通祖先、すなわち、酸素発生型の光合成原核生物の祖先はクロロフィルbとフィコピリンの両方の色素を持っていたと考えられる。そして、この酸素発生型光合成原核生物の仮想祖先からクロロフィルbまたはフィコピリンを失うことによって、藍藻と原核緑藻類がそれぞれ生じたのだということが明らかになった。

この結論は、初期の酸素発生型光合成生物、たとえば、プレカンブリア代のストロマトライトを構成している微生物化石の解釈に新たな可能性を加えるものであり、仮想的祖先の実体をさらに追求する必要性があると思

われる。また、本研究によって、現生生物の研究から初期の生物進化にアプローチできる可能性、さらには、領域をこえた研究の発展性が改めて示されたといえよう。