

人工光合成システムの実現に弾みをつけるバクテリオクロロフィル*f*の新発見

これまで見つからなかった新種のバクテリオクロロフィル*f*を世界で初めて発見しました。

光合成は地球上で最も高い光エネルギー変換効率を有する生化学反応であり、自然界におけるクリーンなエネルギー変換システムの代表と言えます。その化学的なアプローチとして近年注目を集めているのが「人工光合成」です。これを応用し実用化できれば、環境問題やエネルギー問題といった21世紀の人類が抱える課題に一つの解決策を提示することができると期待されています。私たちのプロジェクトでは、光合成の光捕集機能やエネルギー伝達のカメニズムを解明するとともに、その特性を活用して人工光合成システムを構築し新規のエネルギー変換材料やデバイスの創製につなげることを目指しています。

植物の光合成で光を吸収する役割を担っているのはクロロフィル(葉緑素)と呼ばれる色素分子です。中でも光合成細菌が持つクロロフィルであるバクテリオクロロフィル(BChl、細菌型葉緑素)は、嫌気や高温、硫黄雰囲気といったふつうの緑色植物が生きられない極限環境に多く棲息し、興味深い作用を示します。

私たちは、約40年も前にその分子構造が予想されていたが、長く「幻」といわれてきた新種のバクテリオクロロフィル*f*を世界で初めて発見しました。

バクテリオクロロフィルは*a*から*g*までの7種類あり、これまで*f*を除く6種類が確認されています。しかしバクテリオクロロフィル*f*について

は、1975年にバクテリオクロロフィル*e*が発見された時に類縁体としてその存在と分子構造が予想されていたものの、生体からは見つかっていませんでした。

バクテリオクロロフィルを見つけ出すには、自然界から探し出す方法と人為的に変異体を作り出すことによりその存在を確かめる方法の二通りがあります。自然界のバクテリオクロロフィルは極限状態に存在するため、探し出すのは容易ではありません。そこで私たちはもう一つの方法である細菌の変異体を作製し、そこにバクテリオクロロフィル*f*が存在することを確かめました。光合成細菌の変異体を作製するためには遺伝子の改変が必要ですが、これまで成功例はありませんでした。バクテリオクロロフィル*e*を合成する緑色硫黄細菌を用いてメチル化酵素遺伝子を失わせる遺伝子改変に成功したことは、約10年におよぶ私たちの研究の成果です。この遺伝子を用いてバクテリオクロロフィル*f*を合成しその存在を確認するとともに、このバクテリオクロロフィル*f*が光合成に関与していることも証明しました。

この成果はイギリスの科学誌“Nature”の姉妹誌である“Scientific Reports”(2012年9月19日付)にも掲載されました。

バクテリオクロロフィルの機能の解明・応用を通じて産学官が連携した人工光合成システムの創製に寄与します。

今回の発見でバクテリオクロロフィル*a*～*g*までの7種類すべての存

在が明らかになったことは、クロロフィルなどの色素分子の進化過程を明らかにすることに役立つという学術的な意義にとどまらず、太陽光エネルギーをデバイスなどの物質に変換させる人工光合成システムを現実のものとする上でも大きな功績をもたらします。

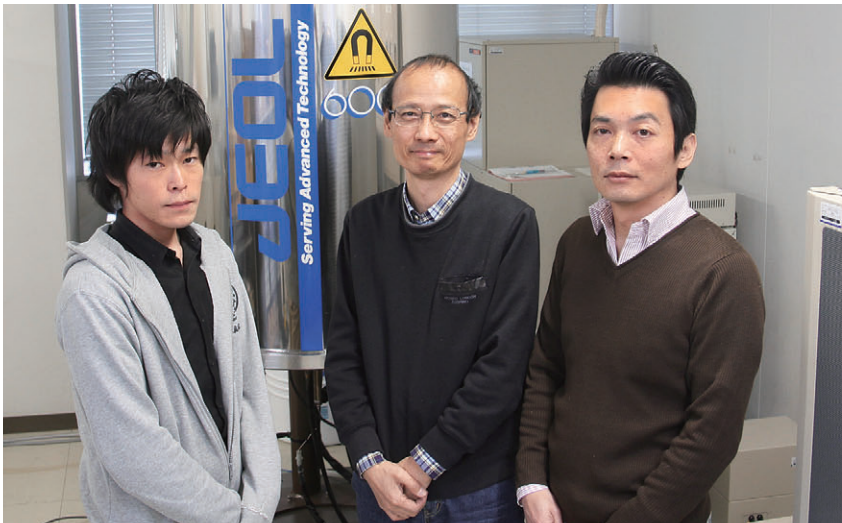
バクテリオクロロフィル*a*～*g*は、それぞれ吸収する光の波長が少しずつ異なります。たとえばバクテリオクロロフィル*c*、*d*、*e*の色素がそれぞれ自発的に組織化した自己会合体は720nm～750nmの近赤外線領域に極大をもつ光を吸収します。さらにバクテリオクロロフィル*f*で巨大な自己会合体を形成させると、吸収する光の波長領域はさらに短い705nmにまで広がることがわかりました。すなわちバクテリオクロロフィル*f*が捕集する光の波長領域をいっそう拡大させたというわけです。この結果は、人工光合成システムや太陽光発電デバイスを構築する際の光エネルギーの利用効率を高める可能性を示したことになります。

次世代エネルギーのひとつとして人工光合成システムを重視する潮流はますます大きくなり、学術界のみならず産業界や国を挙げて研究開発に力を注ぐ動きが加速しています。2012年には、産学官の連携を志向した文部科学省の科学研究費補助金による新学術領域研究「人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合」が採択され、公開シンポジウムやフォーラム「人工光合成」を開催するなど各大学や企業の知見を共有し手を携えて研究しようとする試みが始まっています。私たちもその一翼を担い、人工光合成システムの実現に貢献していきます。

バクテリオクロロフィルを用いたアルコールセンサを開発。応用可能性を多様に広げていきます。

バクテリオクロロフィルは人工光合成以外にも多様な応用可能性を秘めています。そのひとつとして、私たちはバクテリオクロロフィルを利用したセンサの開発を進めています。アミンやアルコールと反応するトリフルオロアセチル基を導入したクロリン誘導体を合成し、アルコールやアミンの有無によって色調が変化するクロロフィル色素を作り出すことに成功しました。まず水溶液中のエタノールの定量検出を実現し、さらには気相でのアルコールの定量検出の検討を進めています。このセンサが実用化できれば、色の変化によってひと目でアルコールの有無を検出できる簡易なアルコール定量機器の開発が可能になります。これはたとえば飲酒運転を摘発する機器への応用などが想定されます。

バクテリオクロロフィルの持つ種々の機能や光合成のカメニズムにはいまだ不明な点が多くあります。それらの解明に努めるとともに、バクテリオクロロフィルをはじめとした光エネルギー変換材料を自然界から探索するなど研究を進め、人工光合成システムの実現に向けてさらに歩を進めていくつもりです。また、生体系アンテナ色素分子のモデル化合物開発の成功によってこのシステムを確立し、新たな光応答デバイスの実用化への足がかりをつかむことを目指していきます。



〔写真 中央〕
立命館大学薬学部 教授

民秋 均

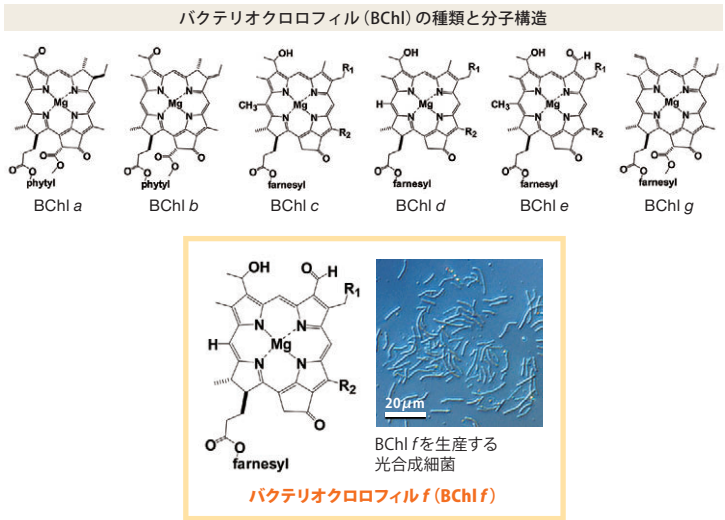
プロジェクトリーダー

〔写真 右〕
立命館大学 客員教授

溝口 正

〔写真 左〕
立命館大学大学院生命科学研究所 博士課程後期課程

木下 雄介



- 参考文献／**1** A seventh bacterial chlorophyll driving a large light-harvesting antenna. Scientific Reports, 2, 671 (2012). **2** 緑色硫黄細菌変異体およびバクテリオクロロフィル 特願2012-028919 (PCT出願中) **3** An oxo-bacteriochlorin derivative for long-wavelength fluorescence ratiometric alcohol sensing. Analyst, 135, 2334-2339 (2010).
●連絡先／立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 民秋研究室 電話：077-561-2765/4959 <http://www.ritsumei.ac.jp/se/rc/staff/tamiaki/lab.html>