

# 光合成の仕組みを解明し 将来の人工光合成を目指す

人工光合成は、太陽エネルギーを燃料や資源に変換する画期的な技術として期待を集めています。しかし、その基となる自然界の光合成、特に水分解酸素発生反応機構は実はまだ解明されていません。今回は、応用化学科で光合成タンパク質を中心に、タンパク質の機能を幅広く研究されている石北先生にお話を伺いました。



いしきた ひろし  
**石北 央 教授**

工学系研究科 応用化学専攻

## 研究内容について教えてください

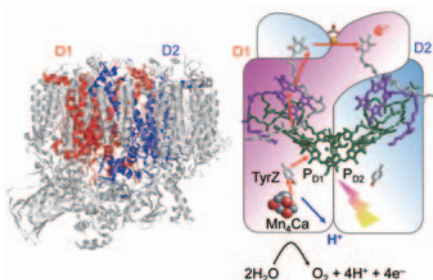
私たちの研究グループでは、様々なタンパク質の機能を実験ではなく理論の方向から解明する研究を行っています。

2011年に日本のグループによって光合成で水を分解し酸素発生を担うタンパク質 Photosystem II (PSII) の結晶構造(分子構造)が解明されました。普通タンパク質は小さいもので1000~2000個程度の原子から構成されているのですが、光合成タンパク質はおよそ10万個もの原子からなる非常に巨大で複雑な分子となっています。そのため、分子内のどの部位が水分解反応の鍵となっているかを実験的に確かめるのは容易ではありません。水を分解して酸素を出す際に水素イオン ( $H^+$ ) が副生成物として出ます ( $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ )。この  $H^+$  の流れを追うことも光合成の反応機構を解析するためには重要なのですが、 $H^+$  一つ一つは、サイズが非常に小さいので、これもやはり既存の実験手法ではなかなか観察することが出来ません。そのため、私たちは分子構造を基に、分子化学計算やシミュレーションを用いて理論的に反応機構を解明しようとしています。

## 光合成とはどのような反応なのですか

PSII では太陽電池と同じように、光が当たると正電荷と負電荷 (=電子) が生まれます。ただ、太陽電池は光エネルギーを「電気」として取り出しているのに対して、(人工) 光合成では「物質」を作り出すことができます。また、天然の光合成では  $H^+$  が生じますが、人工光合成では  $H^+$  でなくても、例えば燃料電池の源である水素 ( $H_2$ ) に変換してしまっても良いわけです。また、水分解だけでなく、 $CO_2$  を還元して炭化水素として取り出すことも人工光合成に含まれます。人工光合成を実現することができ

ば、このように、蓄えたり輸送したりすることが容易なエネルギーを作り出すことができます。



PSII タンパク質の全体像 (左) とタンパク質内の電子移動経路 (右)

## 現在の研究に至った経緯を教えてください

元々、入学時は理学部の物理学科に行きたいと考えていたのですが、色々な話を聞いたり本を読んだりしているうちに、化学や生物も面白いと思うようになりました。ちょうど応用化学科のガイダンスでノーベル化学賞受賞者の福井謙一先生の講演を聞く機会があり、量子化学に興味を持ちました。同じ量子でも(当時は)まだ研究者の少ない生物に関連した量子現象を取り扱いたいと思ったので、進振りでは化学生命工学科に進み、長棟研究室で修士課程まで生体分子素子の実験研究を行いました。しかし、理論研究によって実験研究の限界を乗り越え、さらなるサイエンスを追求したいとの思いが強くなりました。そこで、博士号取得のための研究を蛋白質の理論研究を展開しているドイツの研究室で行いました。光合成の研究と出会ったのもこの時でした。

## どのようなことを目標に研究を行っていますか

目下の目標は、PSII で水が分解される反応機構を完全に解明し理解することです。先ほど言ったように、水の分解反応

は化学反応式こそ簡単ですが、なぜ2つの水分子から4つの  $H^+$  と4つの電子を(電気分解に頼らず)太陽光だけで奪って酸素 ( $O_2$ ) を作り出すことができるか、その反応機構は実は全く分かっていません。実験的に人工光合成系に挑戦する研究が必要である中、私の使命は、複雑に見える PSII 水分解反応を分子化学の立場で誰もが納得する形でシンプルに説明することだと思います。ただ、光合成に限らず、どのような生命現象であっても、基本的には分子をちゃんと理解することができれば、解けるはずだと思っています。なので、究極的には、光合成タンパク質に限らず、あらゆるタンパク質に当てはまるような普遍的な原理を分子化学から導き出せたらと思っています。

## 学生へのメッセージをお願いします

好き嫌いはあると思うのですが、嫌いなことでもその存在だけは知っておいた方がいいと思います。例えば、私は高校時代は生物が大嫌い、あまり勉強しませんでした。でも、キーワードだけでも知っていれば、必要な際には調べたり勉強し直せばすむことです。その存在すら知らなかったら、調べることもできません。もちろんやりたいことは持っていて良いと思いますが、人生は必ずしも自分の思った通りに行くとは限りません。そのため、あまりたくさん考えすぎずに、やりたいと思っている以外の様々なことにもチャレンジして、浅くてもいいので色々な物事に会っておくときっと将来役に立つのではないかと思います。

(インタビューー 龍田 誠)

## Ttime! Web 記事紹介

話題のウェブページ、Time! Web (<http://ut-ttime.net>) 内の  
化生系3学科（応用化学、化学生命工学、化学システム工学）に  
関するWeb記事から厳選して、3つご紹介します。



### 【工学部さんぽ ～工学部3号館～】

2013年に完成したばかりの工学部3号館には、化生系3学科の研究  
室が所在しています。建物内では、あの有名な格安コンビニチェーンも  
営業しています。一般の方は入れない所も探検し、紹介します。



### 【五月祭展示に行ってきました！(2)～化生系展示編～】

毎年5月に行われる東大の学園祭「五月祭」では、各学科ではそれぞ  
れの研究内容にちなんだ展示が行われています。左の写真は、とある微  
生物の性質を利用した、細胞を選択的に並べる技術の紹介です。



### 【工学部の研究—装置作製—】

中にはコンピュータだけを使って研究する研究室もありますが、実験  
装置は化生系の研究にとって必要不可欠。実験の意義と目的を考え、学  
生自身で装置を組み立てるところから実験は始まります。装置の一例を  
紹介します。

## 表紙について

今回の表紙は「化学の力で病気を治す」をテーマにお届けしました。  
化学を医療分野に役立てようという研究が、近年盛んに行われています。その代表例が、  
薬剤を特定の細胞を狙って届ける「ドラッグデリバリーシステム（DDS）」の研究です。  
例えば抗がん剤を他の化合物でコーティングすることで、がん細胞のみに効くようにする  
という研究があります。実現すれば抗がん剤の副作用を軽減させられると期待されています。  
表紙のイラストでは、DDSを弓矢に見立てて、中央のがん細胞をだけを狙っています。化  
学の力で、どんな「弓矢」が出来るのでしょうか。（花村 奈未）

## 編集後記

今号は応用化学科・化学生命工学科・化学システム工学科の3つの学科を、「バイオ」と  
いうテーマでご紹介しました。  
バイオ＝理学部/農学部、医療＝医学部/薬学部というイメージが強いと思います。けれど  
も、工学部でもバイオや医療の分野において幅広く研究していることが、今号を通じて伝え  
られたら幸いです。（企画担当者一同）



### <広報アシスタント>

企画：兼古 寛之、山田 静、柳本 史教  
伊藤 秀剛、上田 倫久、上野美希子、岡 功、岡田 彪利、  
兼古 寛之、勝野 真輝、櫛田 峻裕、黒川 大地、柴山翔二郎、  
澁谷 崇、徐 夢荷、白畑 春来、新谷正太郎、龍田 誠、  
土屋 美樹、富永 華子、名和 愛乃、花村 奈未、星野彰太郎、  
真弓 智裕、本山 央人、森西 亨太、諸隈 夕子、柳本 史教、  
柳光 孝紀、和田 崇史

### <広報室>

中須賀真一（広報室長・工学系研究科 航空宇宙工学専攻）  
田端 和仁（工学系研究科 応用化学専攻）  
川瀬 珠江、永合由美子

### <表紙>花村 奈未

### <裏表紙>兼古 寛之

Twitter、Facebookでも情報を配信しています。



@UTtime  
Follow me



工学部広報誌 Ttime!

Ttime! Webはこちらです！  
<http://ut-ttime.net>

Ttime! バックナンバーがご覧いただけます  
[http://www.t.u-tokyo.ac.jp/public/t\\_time.html](http://www.t.u-tokyo.ac.jp/public/t_time.html)