



化学の Big Questions

分子科学研究所 石崎章仁

Does chemistry have any big questions left?

— 2006年、Nature誌はこんな問いを投げかけました [1]。物理学の「宇宙はどのように始まったのか？」や生物学の「生命とは何か」のような解決すべき大きな問題があるのか？と。マルセラン・ベルテロは“Chemistry creates its own object”と言ったそうですが、化学という学問の最たる強みである「合成する、ものを創る」側面が、「発見する」物理学や生物学とはやや異質に見えてしまうのだそうです。また、周辺分野との境界がぼやけてきているため、そもそも化学という言葉の意味するところが人によって異なることがあるのかもしれませんが。化学の「ものを創る」という強み、そして他分野との多様な境界領域を踏まえたうえで、Nature誌は化学が解決すべき大きな問題を6つほど例示しました。その中の3つに「Q1. 特異な機能や動的振る舞いを示す分子をどうデザインするのか？」「Q2. 細胞の化学的基礎は何か？」「Q3. エネルギー、航空宇宙、医薬の分野で将来必要となる材料をどう作るのか？」があります。Q2を、生命現象を支える分子およびその集合体の営みを理解することと広く捉えれば、天然光合成が見せる特異な機能や動的振る舞いを分子論的・物理学的に理解し有用な人工光合成システムを創り出していくことは、まさに「化学の big questions」に答えることなのだろうと思います。

筆者は、物理学および物理化学の立場から、理論的に光合成過程の研究をしています。光合成は多くの分子過程のネットワークから構成される複雑な反応系で

すが、近年、特にその初期過程の分子論的研究は、フェムト秒レーザーを用いた非線形超高速分光技術の成熟により新たなフェーズを迎えています。光合成タンパク質のX線結晶構造や吸収スペクトルなどで得られる色素分子の電子励起エネルギーなど静的な情報だけでなく、タンパク質の運動によって誘起される電子状態の動的揺らぎや複数の色素分子に広がる電子励起の量子力学的非局在化状態、タンパク質内部での電子励起エネルギーの流れなどダイナミクスや量子的な現象が詳細に観測できるようになってきました。光捕集タンパク質内における速いエネルギー移動や反応中心タンパク質における初期電荷分離反応は、電子励起の量子非局在化状態の生成とそれを破壊しようとする電子状態の動的揺らぎの絶妙なバランスによって実現されていることなども明らかになってきており、最近10年では量子物理学の対象としても光合成に興味が集まるようになりました。

しかし、多くの実験・理論研究がそうであるように、単一のタンパク質内におけるエネルギー移動や化学反応を詳細に理解することはスターティング・ポイントに過ぎません。複数のタンパク質を経由する電子励起エネルギーは、如何にして反応中心に確実に輸送されエネルギー変換に用いられるのでしょうか？そんなことも簡単な言葉で説明できていないのが、光合成初期過程研究の現状だと思います。光合成初期過程研究という物理化学・生物物理・量子物理の境界領域を舞台に知識の地平がますます広がっていくことが期待されます。

[1] Ball, P. “What chemists want to know.” *Nature* **442**, 500–502 (2006).