



## 人工光合成と超分子化学

日本大学 大月 種

「人工」的に光合成システムを構築しようとするアプローチには、おおまかに2通りあるように思われる。ひとつは、その機能に着目して、構造はそれほど気にせず、再現しようとする方法。天然の分子集合体とは一見似ても似つかぬ半導体を用いる光触媒の研究は、この代表例だろう。

もうひとつのアプローチは、天然の光合成の分子組織体と構造的に近いものを人工的につくって機能を再現しようという試みである。なぜその構造が必要かという基本的な疑問に答えようとする試みでもあり、あわよくば、天然物を超える機能を持った構造をつくりだそうというチャレンジでもある<sup>1</sup>。

光合成は、分子が太陽光を吸収することから始まる。最初に光を吸収する分子は、光捕集アンテナと呼ばれる分子組織体の一員となっていて、吸収したエネルギーを隣にいる分子に効率よく引き渡す。このエネルギーは次々に伝達され、ある分子に到達する。エネルギーを受け取ったその分子からは電子が飛び出して、やはり分子の間を移動していく。この電子と電子が抜けた後の分子が、その後引き続き様々な化学反応をひきおこすことになる。1995年、紅色光合成細菌の光捕集アンテナ中で、バクテリアクロロフィル分子が整然と環状に配列した分子組織体をかたちづけていることが、単結晶構造解析によって明らかにされた。その美しさは多くの化学者に感じさせるものがあつたに違いない。高機能の基には美しい構造があるのだ... もっとも、その後構造が明らかにされた植物の光捕集アンテナでは、クロロフィル分子の集まりには一見規則性がなさそうに見えるので、美しいかどうかは高機能のために必須ではないのかもしれないが。

材料として人工分子を使ってこのような組織構造をつくるには、自発的に集合して

組織化する能力を分子に授けておく必要がある。分子に分子間相互作用部位を導入して、その分子が設計通りの組織構造になるのか、あるいはまたどのような構造に組みあがるのかを調べる研究領域は超分子化学である。超分子化学は、最も簡潔には、分子を超えた化学、と定義される<sup>2</sup>。分子が組織化されることによって、分子が単独で存在したときにはみられなかった新しい機能が現れる。エネルギー移動や電子移動がきちんとおこるのは、まさに組織構造あればこそである。この方面からの人工光合成へのアプローチは、直ちに実用化を目指すほどには熟していないけれども、人類が分子をどこまでコントロールできるかという科学の基盤をなす問いかけに、光合成という最も重要な反応に迫りながら答えを探求する、重要で面白い仕事だと思っている。私たちがこの考え方をもとにして、光吸収分子と水分解触媒分子が自発的に集まって全体として光触媒として働く分子集合体や、クロロフィル誘導体が自発的に集まって、ミニ光捕集アンテナを形成して光捕集から電子移動まで効率100%でおこる超分子などをつくってきた。最近、もう少し大きな超分子光捕集アンテナ組織体ができたのでは、というデータが得られたので、近いうちに報告できるよう張り切っているところです。

1. "Supramolecular approach towards light-harvesting materials based on porphyrins and chlorophylls"をまとめた。J. Otsuki, *J. Mater. Chem. A* **2018**, *6*, 6710-6753.
2. 超分子化学の提唱者 J.-M. Lehn 著、書籍 *Supramolecular Chemistry*. Wiley-VCH, 1995 および総説 "Supramolecular Chemistry—Scope and Perspectives; Molecules, Supramolecules, and Molecular Devices (Nobel Lecture)", *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1988**, *27*, 89-112; "Perspectives in Supramolecular Chemistry—From Molecular Recognition towards Molecular Information Processing and Self-Organization", *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, *29*, 1304-1319.