

光で動く分子ミニアチュア

入 江 正 浩

(立教大学)

李 御寧によれば、日本には「縮み志向の文化」があるという。枕草子の一節にあるように、「籬の調度、蓮の浮葉のいとちひさきを、池よりとりあげたる。葵のいとちひさき、なにもなにも、ちひさきものはみなうつくし」という心情をもつ日本人にとって、ミニアチュア化は、まさに格好の研究課題である。有機化学者の夢のひとつは、ミニアチュア化を分子レベルにまでおしすすめ、さまざまな機械部品、装置のミニアチュアを分子レベルで組み上げ、それを物理的あるいは化学的刺激により動かすことである。この試みは、1991年に J. F. Stoddart による往復運動する「分子シャトル」の発表で口火が切られ、さまざまな精緻な分子構造をもった「分子マシン」の報告が続いた。J. P. Sauvage らの人工筋肉、B. L. Feringa らあるいは T. R. Kelly らの分子ローター、V. Balzani, J. F. Stoddart らの分子エレベーターなどである。きわめつけは、J. Tour ら、あるいは B. L. Feringa らの4個の分子車輪をもつナノカーである。

これらの分子マシンが分子レベルにおいて動いていることは、溶液中の NMR などにより確認されているが、残念なことにはその動きは分子レベルにとどまっており、マクロレベルの分子材料の動きにつながっていない。一方、生物系を眺めると、分子レベルでのアクチン-ミオシンタンパクのすべり運動が、巧妙な自己組織化により増幅、拡大され方向性をもった力となり、マクロレベルでの筋肉の動きにつながっている。人工系では、しかし、分子をどのように組織化すれば、分子の動きをマクロレベルでの運動に拡大できるかの方法論は不明であり、暗中模索が続いている。光で動くローターやナノカーなどの分子ミニアチュアも同様であり、分子レベルでの光駆動運動を直接マクロレベルの材料の動きに結び付けた真のフォトメカニカル機能は実現していない。

それでは、どのようにすれば分子の世界とマクロの世界をつなげることが可能になるのであろうか。ナノテクノロジーの最重要課題のひとつは、ボトムアッププロセスとトップダウンプロセスをいかに融合するかである。現在の分子マシンは、ボトムアッププロセスの不備により、中途半端な状態にとどまっている。分子あるいは超分子をいかに自己集積化あるいは自己組織化させ、分子レベルの動きを方向性をもったマクロレベルの運動につなげるかが問われている。そのためには、精緻な分子、超分子を創るだけでなく、その先のボトムアッププロセスによる集積体、組織体の構築までも見据えた巧妙な分子、超分子の設計が求められる。この創造的解決によりはじめて、分子マシンが単なる「うつくしきもの」から、真の意味のある革新的材料に変身すると思われる。この道筋が見え始めたところである。