「光誘起相転移とその計測技術」特集号によせて

腰原 伸也

東京工業大学 フロンティア研究センター (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)

Preface to Special Issue on Study of Optically-Induced Phase Transitions in Molecules Using Terahertz Spectroscopy

Shin-ya KOSHIHARA

Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550

(Received December 28, 2007)

この数年、筆者は毎週数回、合成化学の分野の教官、若手研究者と昼食を一緒にする機会を得ている。そこにおいて、「化学を特徴づけるものは何であろうか?」という質問を(昼食をきっとまずくしているにもかかわらず)繰り返している。そのときに合成化学者(ノーベル賞受賞者であるJ. Marie-Lehn教授も含め)から必ずと言ってよい程返ってくる言葉が、「“La chimie crée son objet” (Chemistry creates its own objects) by Marcelin Berthelot (ベルテロ) in 1860」である。初めてこの言葉を聞いた際に筆者が驚いたのは、ベルテロ教授という名前が合成化学者として著名であった事である。不勉強の至りであるが、著者はヘルムホルツの自由エネルギーの提案の基盤となった「ベルテロ則」の提案者であり、状態方程式のベルテロ型でも有名な熱力学、物理(化)学者とのみ思い込んでいた。この事実からも御分かりいただけるように、100~150年前は極限測定科学と物質科学がなんの障壁も無く、個人の中ですらごく自然に共存できていた訳である。ところが20世紀に入ってから、各科学分野が高度に専門化した結果、残念ながら両者の間に見えない、しかし相当の高さの障壁が生み出されてしまった。今日の「光源・光測定科学」と「物質科学」の関係にも類似の問題が大きく立ちのびだかっていると筆者は強く感じている。

本特集の狙いは、極限化が進行してきた(まさに「局限化」してきた)「光源・光測定科学」と「物質科学」の2つの分野が、互いを単なる「評価装置」「装置の原材料」と割り切ってしまうことなく協力を行えば、新たなインパクトを生み出せるということを、「光誘起相転移現象」を実例として紹介する点にある。詳しい内容は記事をご覧くださいこととし、この前書きでは筆者の目で見えた、なぜこの2分野の協力が、新しい物性科学のパラダイム提案を可能とする上で今こそ必要不可欠なのか、という事を簡単にまとめておきたい。

レーザー技術、量子ビーム技術を基盤とする光観測技

術の進歩、とりわけこの10年間のそれはまさに飛躍的という表現が適切であろう。時間分解能はフェムトからアト秒域に達しつつある。波長も軟X線からTHzまで広がり、装置の小型・低消費電力化、装置の安定性、信頼性の向上など、いずれもがまさに「一家に一台」という軽口が叩けるほどのものに到達しつつある。達成されているパルス幅は、まさにフォノンを初めとする各種素励起の量子振動時間や、物性発現の鍵を握る内部の協同的相互作用エネルギーの逆数に達しつつある。これにより、物質の中で磁性、誘電性、発色、光電変換などの各種物性機能を生み出している電子間相互作用と、構成原子の動的構造が連携しておりなす映画が、まさに(誰もが目にしてこなかった)素励起の量子振動を観測し得る時間スケールで観測(見物?)可能となりつつある。エネルギー域も、各種低エネルギー素励起の直接励起から、X線分光、構造解析を可能とするところまで広がりつつあり、さらにその強度や空間コヒーレンス特性も高密度励起や(時空間)コヒーレント励起源としての利用は言うに及ばず、ナノスケール結晶の顕微観測すらも可能となりつつある。

一方で物質科学側においても、この10年間光機能物質に関して精力的な研究が行われた結果、従来の静的構造に基盤をおいた「基底状態の物質科学」から、動的構造・エネルギー流の中におかれた物質の特性探索へ、という新しい方向の重要性が強く叫ばれるようになってきた。言い換えれば「非平衡物質科学」とも呼べる新分野が創始されつつある。特に協同的相互作用を利用して、フェムト秒オーダーで物質のマクロな物性を転換させる光誘起相転移現象は、その劇的性質もあって多くの研究者の興味を集めている。このような研究の進展に伴い、当然であるが、「物性とその動的変化を生み出す電子間相互作用と、構成原子の動的構造がオングストロームスケールで連携しておりなす映画」を観測する分子動画技術開発への強い要請が出されている。

このように、いままさに、「光源・光測定科学」と「物質科学」両分野が、双方を互いに希求する状態となっているのである。本特集においては、両分野の協力が顕著な例を、集中的に取り上げている。それと同時に、鳥瞰図的な視点での分析、解説記事も掲載されている。これに

よって、“Photo-science creates its own objects”をすら越えて、“creates its own subjects”とすら表現できるような、新分野開拓の意気込み、息吹を読者諸氏にお伝えできればこれにまさる喜びはない。