

光誘起共同現象研究の将来・展開

東京工業大学 理工学研究科 物質科学専攻

神奈川科学技術アカデミー (KAST)

腰原 伸也

光誘起共同現象・光誘起相転移分野の研究は、新しい概念の提案として物理、化学等多くの既存分野に関連する学際的な分野である。本講演でも取り上げた、電荷移動錯体テトラシアフルバレン-クロロニル (TTF-CA) では、内在する長距離のクーロン相互作用が原因となって、電子供与体 (TTF) と受容体 (CA) の間で共同的な電荷移動を伴う中性 - イオン性相転移 (N-I 転移) が発現する。我々はこの N-I 転移が、フェムト秒レーザーの励起によって発生することを明らかにしてきた。さらに加えて、この光誘起 N-I 転移に伴って、非線形光学特性 (第 2 高調波 (SHG) 発生効率) が大きく変化することも明らかにして来た。これらの結果は、光誘起 N-I 転移に伴って格子構造が、数ピコ秒から数 10 ピコ秒の時間で高速に変化していることを示唆している。電荷・格子の共同的变化のメカニズムが明らかとなれば、光励起下でのみ出現する過度的物質相の検出と評価という新しい物質科学の飛躍的進展、さらには超高速光スイッチング物質の開発等への貢献が期待される。この TTF-CA に加え、スピンバリエル的転移を示す TCNQ 系ラジカル塩結晶や光メモリー応用で注目されている遷移金属錯体、さらには量子常誘電性を示す各種無機誘電体結晶等においても、多彩な光誘起相転移やその前駆現象が確認されつつある。特に量子常誘電体においては、その構造揺らぎの時間スケールはピコ秒程度と予測されており、また各種劇的な光誘起物性変化も観測されており、今後の量子相物性研究の大きな手がかりが、本分野の研究によって得られることが期待される。

加えて、本講演において紹介したような、実際の測定に適した光誘起構造相転移系物質を用いて、幅広い時間分解能を持つ構造解析装置の開発が進行し、光誘起相転移に伴う結晶構造変化のより詳細な様子が観測可能となれば、光誘起相転移のミクロな発現機構解明のための大きな手がかりが得られることとなる。言い換えれば、光励起等の非平衡条件下における「構造と物性」、という基本情報が初めて明らかとなる。例えば TTF-CA の場合、電荷移動ドメイン壁の運動が光学的に確認されている。このような相共存・分離に格子ダイナミクスがどのように関与しているかは、物質の非線形光学特性、誘電性とその外場制御を考える上で決定的な重要性をもっている。さらに、この分野の研究の意味合いは、光励起という非平衡条件下での「構造」と「物性」、という基礎的興味にとどまるものではない。光誘起相転移現象を引き起こす物質では、その転移に伴って結晶構造のみならず線形・非線形光学特性も劇的に変化することが期待できる。従って光メモリーや光機能と磁性、誘電メモリー機能を組み合わせたデバイスへの展開等の新しい可能性を探るためにも、本研究によってのみ得られる基礎的知見は必要不可欠なものである。加えて本研究で開発される装置は、光誘起相転移

のみならず、光応答性超分子構造や生体物質等、動的構造変化を示す物質群一般の研究に広く貢献をすることが期待できる。さらに非常に短時間の構造スナップ写真が得られることになるので、磁場、電場といった外場による過渡的非平衡状態に加えて、今後量子計算などで重要になると予測される量子共同構造揺らぎなど、凝縮系に本質的な不安定性の解析に、多大な貢献が出来ることが期待される。このように、光誘起共同現象と、そのための動的構造解析装置の発展は、それ自体の新規性のみならず、光素子応用や光機能性を持った超分子構造、触媒の微細物理機構の解明、生体関連物質の動的構造変化と機能の関連解明など、その波及する分野、インパクトは極めて広範なものとなることが期待される。