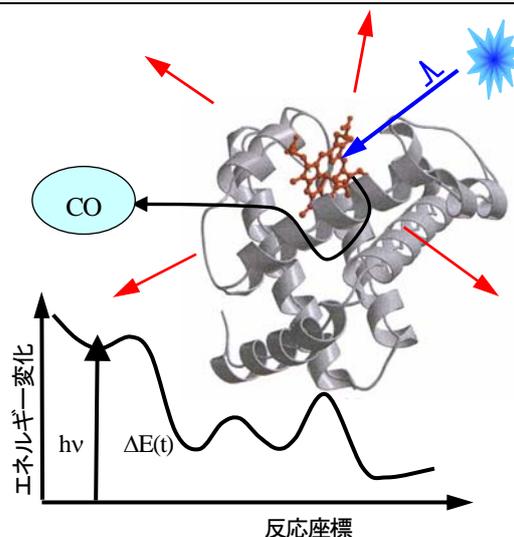


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	1. 分子分光学および分子集合体の構造
中項目	1-2. 時間分解分光
小項目	1-2-8. 新規時間分解計測手法

概要（200字以内）

原子分解能でタンパク質構造や固体原子配列変化が追跡できる、レーザーとパルス X 線を組み合わせた時間分解 X 線散乱法や電子散乱法が開発されている。また、従来の熱検出法から時間分解能を 5 桁向上させる手法が報告され、またナノメートルの空間分解能も持つ温度検出が格段に進歩した。今後も、溶液や固体でのエネルギー移動過程や構造変化を捉える新しい手法が開発されていくであろう。



現状と最前線

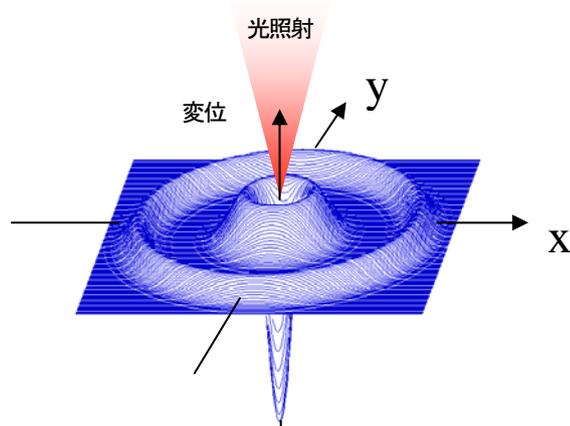
レーザーパルスの時間幅と共に速度論的研究が急激に進歩し、ピコ秒・フェムト秒と観測時間が短くなり、新しい現象を発見・解明するために大きな役目を果たしてきている。現在では、幅広い周波数領域の輻射場の吸収、発光、散乱現象について時間分解測定がされるようになってきている一方で、光遷移が直接には関係しない物理量も時間分解で検出できる、従来の枠組みを超えた手法が現れている。例えば、タンパク質がどのように刻々とその構造を変えて機能を発揮しているのかを直接見るため、パルスレーザーとパルス X 線を組み合わせた時間分解 X 線散乱法が開発された。これにより、単結晶中での構造変化という制限はあるが、原子分解能で構造の時間変化が追えるようになったことは大きな進展である。現在ではこの時間分解能はピコ秒を越えようとしている。また、固体の融解の初期過程現象もこの手法で解明されつつあり、時間分解電子散乱法も開発されている。

光照射によって固体を融解するなど、光子エネルギーが熱エネルギーになる現象は、古くからよく知られており、様々な分野で多くの応用が開発されているが、ごく最近までは熱力学量の速い時間分解測定は不可能であった。最近、この熱力学量の時間発展が時間分解法で調べることができるようになりつつある。例えば、従来の熱検出法から時間分解能を 5 桁も向上させ

る、音響ピークシフト、温度グレーティング、温度レンズ法と呼ぶ手法が開発された。これらにより、ピコ秒の時間で1/100度の温度上昇を測定する手法が開発され、反応エンタルピー変化が実時間で追えるようになった(概要図)。

また、ナノメートルの空間分解能での温度上昇を研究できる、分子ヒーター・分子温度計連結系もいくつかの分子に応用され始めている。反応で変わる分子体積変化も、密度を光の屈折率を通して検出する手法の開発により、ピコ秒時間での測定も不可能ではなくなった。

顕微鏡と過渡レンズ法を用いて、固体内で起こる光誘起の構造変化をフェムト秒時間分解かつマイクロメートルの空間分解能で捉えられる手法が、近年開発されている(図)。



サブマイクロメートル空間分解能・サブピコ秒時間分解で構造変位がイメージングされている

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

構造やエネルギーと言った、通常の光遷移を用いたのでは観測できない過程の高時間分解法の開発が進むであろう。例えば、溶液中における時間分解小角X線散乱 時間分解中性子(電子)散乱実験はこれからも発展するだろうし、現在では限られた反応系しか行われていない時間分解X線構造解析が、これからも幾つかの系で進展するだろう。凝集相でのエネルギー緩和過程では、まだ並進状態の関与する過程は不明の部分が多く残されている。溶媒が関与した光誘起発熱過程や、固体の融解過程も高速分光の範疇になるであろう。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

タンパク質内や膜系などの不均一系の高速分光は、感度向上を含めて進めなければならない。また、高速でのイメージング技術が進展するであろう。特に、開発中のX線レーザーを用いた新しい分光法の開発が期待される。

キーワード

時間分解X線散乱、時間分解中性子散乱、分子ヒーター-分子温度計連結系、空間分解、過渡レンズ法

(執筆者： 寺嶋 正秀)