

レーザーで観る・操る分子の超高速応答： 新規光応答分子系への展開

<スタッフ> 宮坂 博 教授、伊都 将司 准教授、五月女 光 助教

私たちの身の回りを見渡せば、光に対して応答する材料が様々な分野で利用されています。例えば半導体超微細加工で用いられるレジスト材料、近年注目されている3Dプリンター、光触媒、有機太陽電池など様々です。また、光に反応する分子は、植物の光合成や動物の視覚にも重要な役割をはたしています。

私たちの研究室では、「分子が光に対してどのように応答するか」をレーザーを駆使して調べています。光を吸った分子はそのエネルギーで様々な反応を起こします。その時間はもの凄く早く、およそ数十フェムト(10^{-14} 秒) から数十ナノ秒(10^{-8} 秒) でおこります。この超高速な応答を観るために、極めて短い時間(数十フェムト秒～数ピコ秒)だけ輝くレーザーパルスを使って、ストロボ撮影のように分子の状態を追跡します。この手法を用いて、分子間 / 分子内のエネルギーの移動や電子(電荷)の移動、光による化学結合の解離、フォトクロミズム(光で色が変わる現象)、光電導高分子の電導現象など様々な対象の分子ダイナミクスを研究しています。

さらに、研究によって得られた情報を基に、分子内の電子の量子状態を光で制御する研究も行っています。照射する光の色(波長)やパルスの時間幅を変えたり、一度光照射して高いエネルギー状態になった分子にさらに別の光パルスを照射するなどして、自然光では実現出来ない分子の新規な光応答を探索しています。光生物学や有機合成の研究者とも密接に連携しながら新たな光応答分子系の開発を目指して研究を進めています。

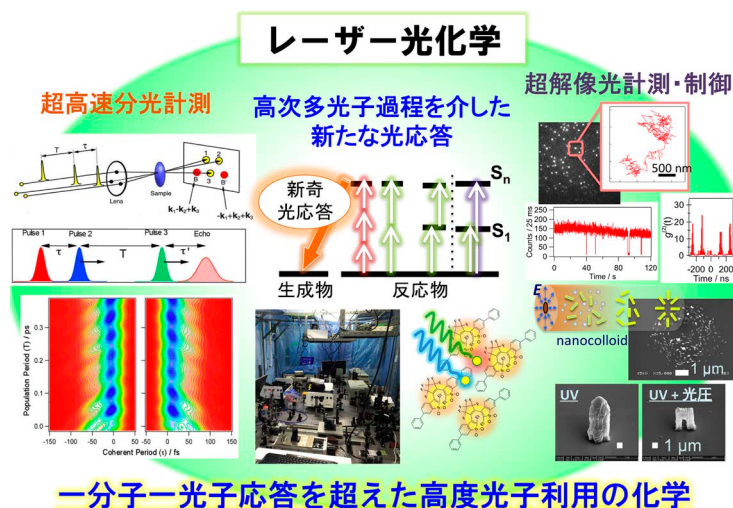


図1 超高速レーザー分光計測法、多光子励起スキーム、超解像光学顕微鏡法などを駆使した高度光子利用の化学研究

TOPIC

最新研究トピック

光照射によって分子の構造が変化し(光異性化)、色が可逆的に変化する反応はフォトクロミック反応と呼ばれ、フォトクロミック反応を示す分子系の代表例にジアリールエテンがあります。両異性体が熱的に安定である場合には分子光記録素子への応用も可能で、現在の記録密度を格段に向上させることも期待されています。

我々は、レーザー光の短パルス性と高輝度性を利用した多光子吸収を利用するとフォトクロミック分子の反応が著しく促進(100 – 1000 倍)されることを見出しています(図2A)。高い光化学反応収率を持つことは分子メモリとして必須の条件ですが、逆に光照射によって容易に記録が消えてしまうというジレンマがあります。しかし上記のような多光子反応手法を用いると、読み出しのときには微弱光を用い記録の保持を図り、強度の高い(あるいはパルス幅の短い)レーザー光でのみ記録の消去が可能となります。

また自作のフェムト秒近赤外顕微鏡(パルス幅 35fs、波長 1.28 μm)を用いて、非共鳴条件における同時二光子

吸収による消色反応、三光子吸収による着色反応を単一の光源のみで達成しました。一般に2色の光を必要とするフォトクロミック反応を単一の光源で制御できる画期的な成果で、この研究で得られた情報は、フォトマスクの不要な光パターニングや、光学顕微鏡の分解能を超えた超解像イメージングなどレーザー多光子過程を積極的に用いた新規光化学過程の開拓につながります。

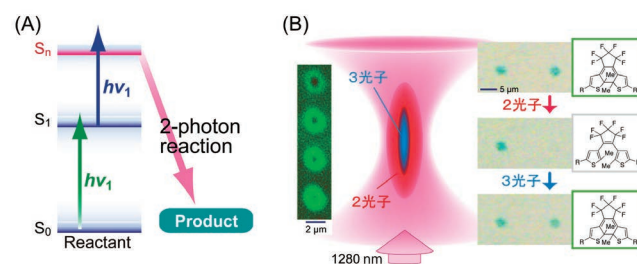


図2 (A) 共鳴逐次二光子吸収を利用した多光子フォトクロミック反応のスキームと(B) 近赤外非共鳴高次多光子過程による有機化合物薄膜におけるフォトクロミック反応制御の例。