超短パルス軟Ｘ線による分子ダイナミクス

菱川　明栄（助教授）

1989年京都大学工学部物理工学科卒　1994年同大学大学院工学研究科博士課程修了　同年東京大学大学院総合文化研究科助手、1997年同大学院理学系研究科助手、1998年同講師、1999年同助教授を経て、2003年４月より現職　工学博士　原子衝突協会若手奨励賞、日本分光学会賞（論文賞）

TEL: 0564-55-7419　FAX: 0564-55-7394

電子メール: hishi@ims.ac.jp

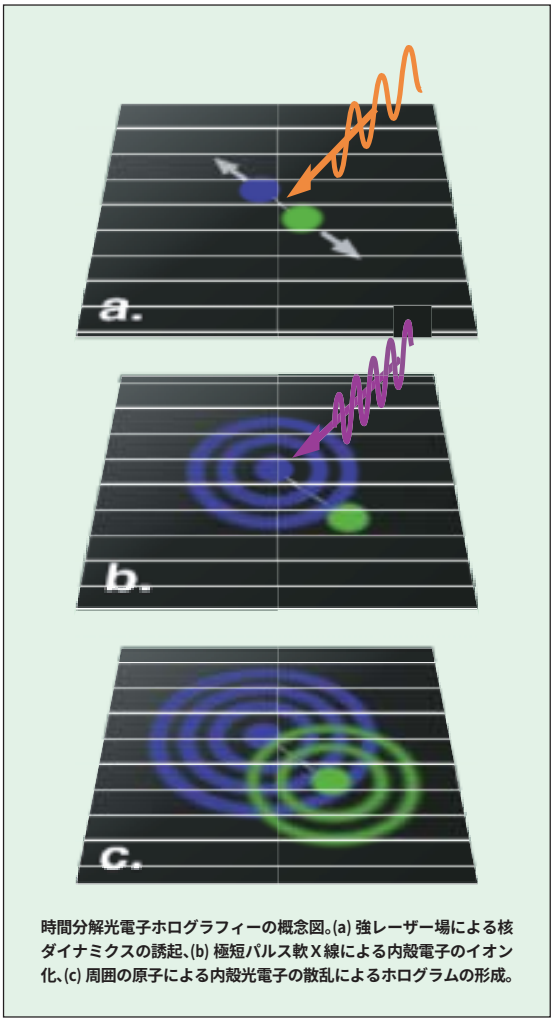
一般に、光吸収や衝突によって高いエネルギー状態におかれた分子は、その後、きわめて短い時間スケールで刻一刻とその構造をかえていき、最後に反応生成物となります。高速で進行する化学反応過程の研究には、これまで可視紫外領域フェムト秒レーザーを用いた様々な分光法が用いられ、例えば生成物収量の時間変化を調べることによって、分子の運動のようすが議論されてきました。

私たちの研究グループでは、分子ダイナミクスの理解へ向けての新たなアプローチとして、「シンクロトロン放射光および高強度超短パルスレーザーを用いた超短パルス軟Ｘ線光源の開発」と「超短パルス軟Ｘ線によるフェムト秒・アト秒分子ダイナミクスの実時間追跡」をめざして研究を進めています。

研究目標の一つに、「分子構造変形過程の直接追跡」を掲げています。一般に、軟Ｘ線領域の高いエネルギーを持つ光を分子に照射すると、特定の原子の原子核近傍に存在する「内殻電子」のイオン化がおきます。生成した自由電子は周りの原子に散乱されて放出されるので、標的とした原子の周りにはどのように原子が配置されているか、すなわち分子がどのような構造を持っているかをあるいはＸ線吸収スペクトルにみられる微細構造の解析などによって詳細に調べることが可能です。

このような短パルス軟Ｘ線による反応追跡の手法は、あらかじめ標的分子の電子状態構造についての知識が必要とされないうえに、反応過程を直接分子構造の変化として捉えることができるため、クラスターや表面、溶液系などの複雑な系で起きる超高速現象に対して広く用いることができます。またアト秒領域の高い時間分解能が期待できることから、例えばこれまで困難であった強い光子場の中で進行する分子過程の研究に適応できると期待されます。最近の研究で、原子分子内のクーロン場の大きさに匹敵するほどの電場成分を持つ強光子場中における分子は、摂動領域に比べて質的に大きく異なった挙動を示すことが明らかにされてきました。なかでも、レーザーとの相互作用によって分子はその構造を大きく変えることが見いだされおり、強光子場において生成した「ドレストポテンシャル」の形状を反映しているものと考えられています。これまでこの構造変形過程は、光子場が消滅した後に残された解離生成物の運動量分布に基づいて調べられてきましたが、短パルス軟Ｘ線を用いることによって、きわめて強い光子場にさらされている分子の姿を実時間で追跡することが可能になると考えています。

このような開拓的な研究を支えるのは、化学や物理学、レーザー工学、加速機工学など多くの学術分野の密接な連携です。広い分野からのみなさんの参加を期待しています。



時間分解光電子ホログラフィーの概念図。(a) 強レーザー場による核ダイナミクスの誘起、(b) 極短パルス軟Ｘ線による内殻電子のイオン化、(c) 周囲の原子による内殻光電子の散乱によるホログラムの形成。