

分子の内殻光励起に起因する諸過程のダイナミクス



繁政 英治（准教授）

1986年広島大学理学部卒 1988年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了 1990年東北大学大学院工学研究科博士後期課程中退 1997年東京大学博士（理学） 1990～1999年高エネルギー物理学研究所（現高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所）助手 1999年5月より現職
TEL: 0564-55-7400 FAX: 0564-55-7400
電子メール: sigemasa@ims.ac.jp

専門領域

機能分子科学専攻

分子の内殻電子は、価電子のように化学結合を担う訳ではない。しかし、内殻電子を電離或いは励起すると、電子や光子の放出を伴う激しい緩和過程が起こり、最終的にはイオンや構成原子の放出に通ずる結合の切断、つまり分子解離が起こることが多い。一般に、軽元素からなる分子では、電子放出を伴う脱励起による緩和過程（オージェ過程）が支配的なので、イオン性解離が価電子の直接電離よりもかなり高効率で起きる。このような分子の内殻光励起に起因する電子的脱励起と解離の筋道を解明することは、純粋な学問的興味のみならず、半導体素子のCVDをはじめ、放射線損傷や格子欠陥の生成、または生体高分子や生体組織の非可逆的損傷などのメカニズムを理解する上でも極めて重要である。このため、軽元素の内殻励起領域における唯一の連続光源、シンクロトロン放射光の実用化以来、多くの研究が行われてきた。しかし、ごく最近まで、内殻励起状態の生成は、電子的脱励起に引き続くイオン性解離を引き起こすための引き金程度の役割と考えられてきた。近年のシンクロトロン放射光に関連する分光技術の進歩は目覚しく、分子の内殻励起後の脱励起過程を共鳴ラマン的な2次光学過程として捉え直す研究が数多く報告されるようになり、内殻励起分子の研究は新たな局面を迎えている。

我々のグループは、シンクロトロン放射光を用いて、上記のような内殻励起分子に関する研究について、海外の研究者も含めた共同研究を推進している。電子的脱励起過程と解離ダイナミクスをより深く理解するには、これまで広く行われてきた通常の光電

子分光やイオン質量分析のみならず、入射光の電気ベクトルに対する電子やイオン放出方向の測定や、さらに高度な電子とイオンのベクトル相関の測定が望ましい。直線偏光に対する分子の空間的な配向や原子核の運動（分子振動）が、電子放出や解離過程に対してどのように影響するのか、そのダイナミクスの詳細の解明を目指した研究を行っている。また、軟X線領域の分子科学の興味深い対象の一つとして、多電子励起状態の生成と崩壊過程に注目した研究も行っている。多電子励起は分子場中を運動する電子間の相関に基づくものであり、多電子励起状態の理解は我々が“分子”というものを正しく描写するために必要な根本的な情報の一つとして重要である。レーザーを励起光源として利用できる可視紫外域では、多電子励起は非常に弱い。これに対し、軟X線を利用する内殻電子の励起では、価電子に対する核電荷の遮蔽が大きく変化し、多電子励起がより顕著に観測される。しかし、多電子励起状態は、断面積では圧倒的に大きい内殻電子の光電離過程に埋もれており、直接観測出来ない場合が多い。多電子励起状態で特徴的に放出される粒子、例えば、しきい電子、EUV発光、負イオン等を積極的に検出すれば、連続状態中に埋もれた多電子励起状態を分離・抽出して観測出来る可能性がある。我々は、極端紫外光研究施設（UVSOR）に建設した専用ビームライン（25～800 eVの光を高分解能に供給）を利用して、上述のような多電子励起過程の探索を始め、新しい物理現象の発見や独自の実験手法の開発を目指した基礎研究を行っている。

参考文献

- 1) Y. Hikosaka *et al.*, “Effective production of metastable fragments around the 1s ionization threshold of N_2 ,” *J. Phys. B* **38**, 3597–3605 (2004).
- 2) Y. Hikosaka *et al.*, “Experimental investigation of core-valence double photoionization,” *Phys. Rev. Lett.* **97**, 053003 (4 pages) (2006).

