

電子-分子反応で探る極限量子効果

東京工業大学 理学院 北島昌史

電子により引き起こされる反応は、反応性プラズマ中から核融合プラズマの周辺部、惑星大気から宇宙空間、そして種々の物質への放射線作用など、至るところで起きており、その研究は広範な分野の基礎として極めて重要である。また、電子-分子反応は最もシンプルな化学反応の系であり、化学反応が原子・分子の衝突で引き起こされるという観点から、量子力学における散乱問題の代表的なモデルとしても重要である。特に、電子と原子・分子の反応・衝突は粒子間の支配的な相互作用がクーロン力と既知であることから、有限系の少数多体問題における複雑な量子ダイナミクスを、他の系よりも極めて精密に検証できる可能性をも秘めている。

衝突エネルギーが 100 eV 程度以下の低エネルギー電子衝突では、電子の de Broglie 波長が長くなり、量子力学的効果による特有の現象が現れることが知られている。さらに衝突エネルギーが 100 meV を下回る超低エネルギーとなると、電子の de Broglie 波長は数十 Å 以上となり原子・分子のサイズよりもはるかに長くなる。このような超低エネルギーでの衝突では微弱な力によっても電子の運動が大きな影響を受けやすく、電子が極めて遠方から原子・分子と相互作用しながら散乱されることになる。これらのことから、超低エネルギーの電子-分子反応は、特異的な反応や散乱現象の発現が期待され大変興味深い。しかし、従来一般的に用いられてきた熱フィラメントを電子源とする電子ビーム生成手法では、衝突エネルギーの下限は 100 meV 程度であった。そこで、我々のグループでは真空紫外領域の放射光を用いて貴ガス原子を光電離させ、生成した光電子を電子源として用いる「しきい光電子源」を開発し、10 meV を下回る超低エネルギー電子ビームの生成を達成した[1]。しきい光電子源を用いた電子-分子衝突断面積測定装置の概略を図 1 に示した。この実験装置は、超低エネルギーの電子衝突断面積測定を可能にただけでなく、これまでに無い高い分解能と精度での実験を実現している。本手法により、超低エネルギーから 20 eV までの広いエネルギー領域での実験を行ったので紹介したい。

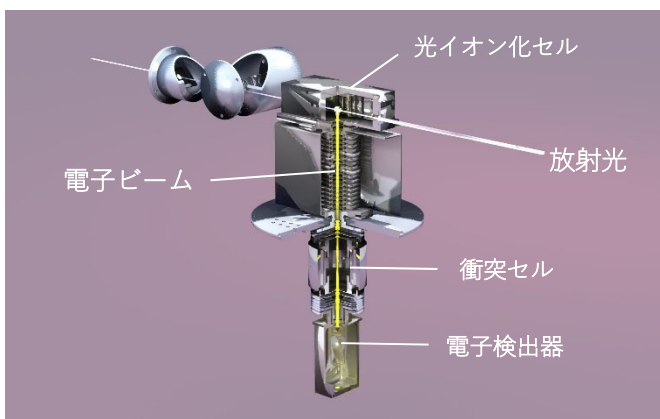


図 1 しきい光電子源を用いた電子-分子衝突断面積測定装置の概略.

[1] M. Kurokawa *et al.*, *Phys. Rev. A* **82**, 062707 (2010)