

3P085 軟X線領域の強光子場と分子の相互作用: H₂, D₂ の解離性イオン化

(東大院理¹・理研²) ○星名賢之助¹, 菱川明栄¹, 佐甲徳栄¹, 山内薫¹, 高橋栄治², 鍋川康夫², 緑川克美²

【序】

高輝度超短パルスレーザー技術の進歩により、強光子場中における分子の核ダイナクスが調べられるようになった。分子配向、分子構造変形、トンネルイオン化などは、 $10^{11} \sim 10^{15}$ W/cm² の近赤外～可視領域の強光子場で起こる特徴的な現象である[1]。一方、軟X線領域の強光子場の発生が高次高調波 (HHG: high-order harmonics generation) の高効率化発生の技術革新によって可能となった[2,3]。軟X線領域の強光子場中における原子・分子過程は、可視領域とは大きく異なることが予想され、関心が寄せられている。

本研究では、光電場強度 4×10^{12} W/cm² の軟X線領域の強光子場を発生させ、H₂, D₂ を対象分子としてそのイオン化、解離ダイナミクスを調べた。

【実験】

図1に実験装置図を示す。Ti:S レーザー光 (10 Hz, 30 fs, 20 mJ) をセル中の Ar (~1.5 Torr) に集光し、高次高調波を発生させた。基本波および低次光を、それぞれ Si ビームスプリッターと Al フィルター (1500 Å) により取り除いた後、27 次高調波 (29.6 nm, 41.8 eV) を高効率で反射するように設計された SiC:Mg ミラー ($f = 150$) により折り返し、分子線に集光した。集光点における 27 次光の光電場強度は、約 4×10^{12} W/cm² である。発生する 27 次光の強度は Ar の圧力を変化させることにより制御した。

気体試料 (H₂ および D₂) は背圧 1.2 atm で 10 Hz の繰り返しでパルスバルブより TOF チャンバーに導入し分子線とした。27 次高調波の集光点で生成したイオン種のみを、飛行管に導入し MCP で検出した。なお 27 次光の偏光方向は、TOF 軸に垂直である。

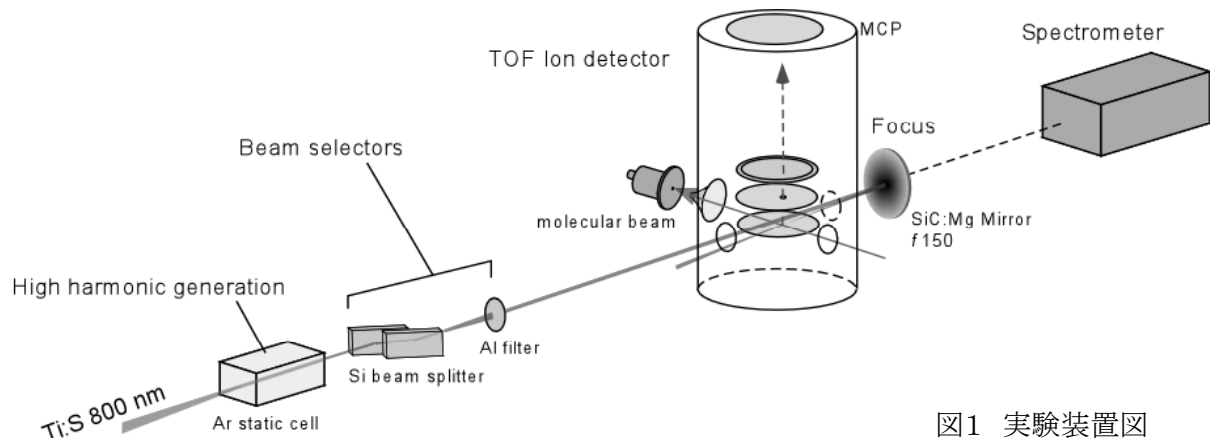


図1 実験装置図

【結果と考察】

H₂の場合、TOFスペクトルには、親イオンH₂⁺およびフラグメントイオンH⁺が観測された。H⁺のピークには、中央の強いピークH⁺(1)と、その両側に現れる強度が1/10程度のピークH⁺(2)の2成分が観測された。

軟X線の強度を変化させながらTOFスペクトルを測定したところ、H⁺(1)とH⁺(2)の強度比に明らかな変化が認められた。H⁺(2)およびH⁺(1)の強度のlog-logプロットから、H⁺(2)はH⁺(1)に対して1.7(1)次の依存性を示すことが明らかとなった。D₂を試料として用いた場合でも、同様にD⁺(1)、D⁺(2)の2成分が観測され1.6(2)次の依存性が示された。このことは、H⁺(2)が多光子過程により生成していることを示している。

観測されたH⁺(2)は、開放エネルギー(KER: kinetic energy release)を伴ってTOF軸方向に解離されたH⁺フラグメントであり、KERとして約10 eVに最大値を持つ分布をしている。観測されたKER分布を、放射光による実験結果[4]と比較した。光子エネルギー42 eVをH₂に横偏光で照射した放射光実験では、約12 eVに最大値を持つH⁺フラグメントが観測され、これは、1光子過程、H₂ + hν(42 eV) → H₂⁺(2pσ_u, 2pπ_u, 2sσ_g) + e⁻で生成すると解釈されている。今回観測したH⁺(2)は、この1光子過程より約2 eV程度低エネルギー側にシフトしたKER分布を持つ。同様に、D⁺(2)についても、文献[4]のD⁺の分布よりも約1 eV程度低エネルギー側に分布を持つことが示された。強度依存性、およびKER分布の比較から、H⁺(2)、D⁺(2)は主に軟X線領域の光の2光子吸収過程により生成していると考えられる。

参考文献

- [1] K.Yamanocuchi, *Science*, **295**, 1659(2002).
- [2] E.Takahashi, Y.Nabekawa, T.Otsuka, M.Obara, K.Midorikawa, *Phys. Rev. A* **66**, 021802(2002).
- [3] E.Takahashi, Y.Nabekawa, M.Nurhude, K.Midorikawa, *J. Opt. Soc. Am. B* **20**, 158(2002).
- [4] K.Ito, R.I.Hall, M.Ukai, *J.Chem.Phys.* **104**,8449(1996).