高強度レーザー電場による l₂ および Xe₂ の 多光子イオン化に対するパルス幅の効果 峰本紳一郎、酒井広文 東大院理

ピーク強度 10¹³~10¹⁵ W/cm² 程度の高強度レーザー光を分子に照射 すると、多光子イオン化によって多価イオンが生成され、クーロン爆裂 を起こす。多くの二原子分子においては、クーロン爆裂により生成され るフラグメントイオンは、enhanced ionization の効果を反映してレー ザー光の偏光方向に大きく偏ることが知られている。一方、筆者らは希 ガス二量体 Rg。では、フラグメントイオンの角度分布に偏光依存性がほ とんど見られないことを最近見出した[1,2]。Rg2 におけるイオン化のメ カニズムを調べるため、今回、パルス幅を変化させながら Xe。と l。から 生成されるフラグメントイオンの分布を比較した。

超音速分子線中の試料分子 (Xe2 および I2) に Ti:sapphire レーザー光

(ピーク強度 4×10¹⁴ W/cm²) を 照射し、多光子イオン化した。 生成したフラグメントイオンの 運動エネルギー分布と角度分布 を velocity map 型イオンイメ ージング装置により測定した。 ピーク強度を一定に保ちつつレ ーザー光をチャープさせ、フラ グメントイオンの分布のパルス 幅依存性を調べた。

Fig. 1にXe₂から生成される Xe⁺イオン (左) と l₂ から生成 される バイオン (右) のイメー ジを示す。I⁺の場合、超短パル ス光 (45 fs) でもフラグメント の角度分布がレーザー光の偏光 方向に偏っている。また、パル ス幅が広がるにつれて運動エネ ルギーが小さくなり、それに伴 って偏光方向への偏りがさらに 顕著になっている。これは、核

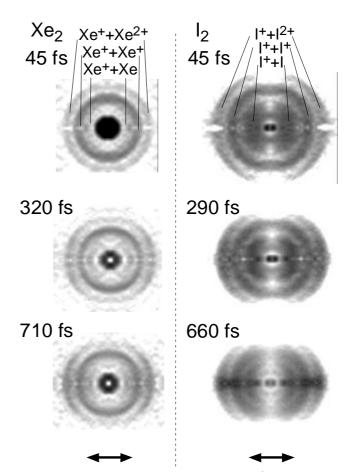


Fig. 1: Abel inverted images of Xe⁺ from Xe₂ (left panels) and I⁺ from I₂ (right panels). The polarization direction is shown by the arrows.

間距離が伸びるにつれて、偏光方向に平行な向きを向いている分子のイオン化確率が増大する enhanced ionization の効果がより顕著に現れたためと考えられる。一方、 Xe^+ の場合、超短パルス光 (45 fs) ではどのチャネルもほぼ等方的な分布を示している。また、パルス幅が広がっても運動エネルギー分布に変化はなく、角度分布は偏光方向にわずかに偏るのみである。この結果は、 Xe_2 では enhanced ionization の機構がほとんど働いていないことを示している。

偏光方向への角度分布の偏りを評価するため $<\cos^2q>>$ (q は偏光方向とフラグメントイオンのなす角) を調べた。 $<<\cos^2q>>$ は等方的な分布をしている時には 1/3、完全に偏光方向を向いている時には 1 となる。 Fig. 2 に 1^++1^+ () および Xe^++Xe^+ () チャネルについて求めた $<<\cos^2q>>$ のパルス幅依存性を示す。enhanced ionization の効果を反映して、どのパルス幅においても 1^+ の方が Xe^+ より大きな $<<\cos^2q>>$ の値を示す。 1_2 では超短パルス (45 fs) の時に $<<\cos^2q>> = 0.4$ 程度であったものが、パルス幅が広がるにつれて徐々に大きくなり、t=660 fs では 0.58 になっている。一方、 Xe_2 でもパルス幅が広がるとともに $<<\cos^2q>>$ が若干大きくなり、超短パルスでは等方的な分布 $(<\cos^2q>> = 0.33)$ をしていたものが、t=710 fs では $<<\cos^2q>> = 0.35$ になっている。核間距離がパルス幅によって変化していないことを考えると、enhanced ionization よりも高強度レーザー電場によるダイナミック(非断熱的)な配向の効果が $<<\cos^2q>>$ の変化の主要な原因となっていると考えられる。

講演では、I₂と Xe₂における 多光子イオン化過程の違いを enhanced ionization の効果と ダイナミックな配向の効果から 議論する。

[1] 峰本、南條、酒井、2002 年分子 構造総合討論会 4A14.

[2] S. Minemoto H. Tanji, and H. Sakai, to be published in J. Chem. Phys.

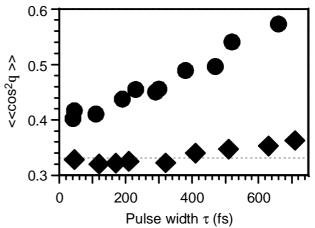


Fig. 2: Alignment cosine $<<\cos^2 q>>$ for I^++I^+ () and Xe^++Xe^+ () channels as a function of the pulse width τ .