

高強度フェムト秒レーザーによるアミンのイオン化、その速度の抑制

(阪市大院理) ○大林高志、田中倫規、村上政直、八ッ橋知幸、中島信昭

【序】

我々は高強度フェムト秒レーザーと有機分子との相互作用を研究している^{1), 2)}。希ガスのイオン化速度はADK (Ammosov, Delone, Krainov) 理論³⁾の予測値に合うことが見出されている。我々はメタン類似分子のイオン化においてもADK理論の予測に合うことを見出した⁴⁾。しかしながら、一般に有機分子のイオン化の場合、理論から導かれるよりも高強度が必要であるとみなされている。近年、金属原子においてもADK理論の予測からはずれることを見出された⁵⁾。本研究では更に詳細なイオン化の研究の為に、これまで試みられていない、よりイオン化ポテンシャルの小さいアミン分子に着目しイオン化を試み、ADK理論の予測から大きく外れることを見出した。

【実験】

試料を脱気・脱水したのち真空槽で気化させ(試料圧 $2\sim 3\times 10^{-5}$ Pa、背圧 5×10^{-7} Pa 以下)導入した。試料にレーザー照射(中心波長 800 nm、パルス幅 44 fs、繰り返し 100 Hz、 $0.04\sim 14\times 10^{14}$ Wcm⁻²)してイオン化させ、反射型飛行時間型質量分析計で計測、イオン収量のレーザー強度依存性を解析した。レーザーの偏光方向は質量分析計の飛行方向に対して平行(直線偏光)とした。観測イオンを制限する為のアーチャーは 1 mm φ である。

【結果・考察】

得られた結果を表1、図1に示す。ここでイオン化のパラメーターとして I_{sat} を定義する。 I_{sat} は図2のようにレーザー強度に対してイオン収量をプロットし、高強度側から外挿して強度軸と交差した点での強度($I_{sat exp}$)とする⁶⁾。ADK理論に基づく計算上のイオン収量からも同様に $I_{sat ADK}$ を決めた。図1よりイオン化ポテンシャルの高い領域では分子も理論値から大きくは外れない。しかし、イオン化ポテンシャルが小さくなるにつれ原子、分子共に理論から外れていく。アミン分子は構造上、孤立電子対から電子が飛び出てカチオンになると考えられ、イオン化ポテンシャルの他にも立体的な要因もアミン分子のイオン化を制限しているとも考えた。しかし、金属原子も予測から大きく外れている事から立体構造の問題だけでなく、原子、分子に関わらず

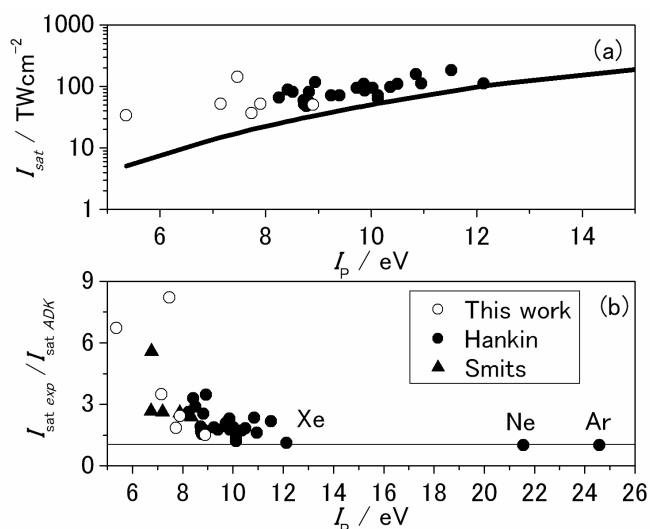


図1 (a) イオン化ポテンシャルに対するイオン化飽和強度。実線はADK理論の予測値。本研究(アミン○)、Hankin⁶⁾(炭化水素化合物●)、Smits⁵⁾(金属原子▲)である。
(b) イオン化ポテンシャルに対するイオン化飽和強度比(実験値 / 理論値)

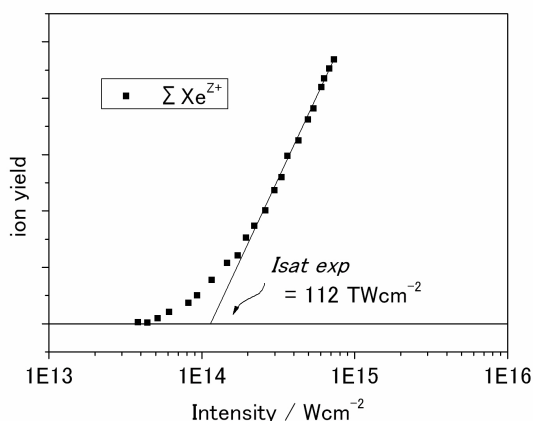


図2 Xeのイオン化収量の強度依存性

イオン化ポテンシャルの低い領域では理論から外れることを意味する。これは理論がトンネルイオン化に適用されるべきなのに対して、アミンではイオン化ポテンシャルが低すぎる為、多光子イオン化が生じ、トンネルイオン化が成り立たなくなっていた為と考えている。トンネルイオン化の検討を行う為に今後はイオン化の波長をより長波長とし検討していく必要があると思われる。

表1 アミン分子のイオン化ポテンシャル及びイオン化飽和強度 (I_{sat})

	IP /eV	$I_{sat exp}$ /TWcm ⁻²	$I_{sat ADK}$ /TWcm ⁻²	$I_{sat exp} / I_{sat ADK}$
	8.9	50	32	1.6
	7.9	52	21	2.5
	7.5	143	17	8.4
	5.4	34	5	6.8
	7.7	37	20	1.9
	7.2	87	15	5.8

$I_{sat exp}$ 、 $I_{sat ADK}$ はそれぞれ実験値、ADK理論から得られたイオン化飽和強度。

【参考文献】

- 1) H. Harada, *et al.*, *J. Phys. Chem. A* 107 (2003) 6580.
H. Harada, *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* 342 (2001) 563.
- 2) M. Murakami, *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* 403(2005) 238.
- 3) M. V. Ammosov, *et al.*, *Sov. Phys. JETP* 64 (1986) 1191.
- 4) 田中ら, 日本化学会第 84 春期年会 要旨集 p. 62 (2004).
- 5) M. Smits, *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* 93 (2004) 213003.
- 6) S. M. Hankin, *et al.*, *Phys. Rev. A* 64 (2001) 013405.