

1P018

多価イオン衝突によるアルゴン二量体イオンの解離過程

(首都大院理工^A, Universite de Cean^B, CIRIL CEA/CNRS^C)

○松本淳^A, 城丸春夫^A, A. Leredde^B, X. Flechard^B, J. Rangama^C, C. L. Zhou^C,
S. Guillous^C, A. Mery^C, B. Gervais^C, A. Cassimi^C

【序】

希ガスクラスタを形成するファンデルワールス力による結合は、水素分子を始めとする共有結合分子と比べて非常に弱い。このためファンデルワールス結合では、原子間の平衡核間距離が大きく、電子はそれぞれの原子にほとんど局在していると考えられる。共有結合分子の場合と比較して、ファンデルワールス結合クラスタのイオン化や電子励起の様子や、それらがどのように緩和するか非常に興味深い。

我々は、アルゴン 9 価イオンとアルゴン二量体の低エネルギー衝突実験を行い、アルゴン二量体の多価イオン化とその脱励起過程を、イオン解離断片を分析することにより調べた[1]。二電子捕獲されたのち解離した($\text{Ar}^+ + \text{Ar}^+$)チャンネルの解離運動エネルギー (KER) の解析から、二量体のそれぞれ原子から 1 つずつ電子捕獲された($\text{Ar}^+ \text{Ar}^+$)チャンネルの他に、片方の原子から二電子捕獲された($\text{Ar}^{2+} \text{Ar}$)チャンネルが存在することを見出した。また、四電子捕獲後の解離過程では、電荷非対称解離 ($\text{Ar}^{3+} + \text{Ar}^+$) が対称解離 ($\text{Ar}^{2+} + \text{Ar}^{2+}$) より多く観測された。これは、共有結合分子では対称解離が主要チャンネルだという結果と逆である。

本研究では、これまで実験された Ar^{9+} に加えて O^{3+} , Xe^{20+} 多価イオンを入射イオンとして用い、アルゴン二量体の解離過程における入射イオン価数依存性を調べた。

【実験】

実験は、フランス国立重イオン加速器研究所 (GANIL) の ARIBE ビームラインで行われた。

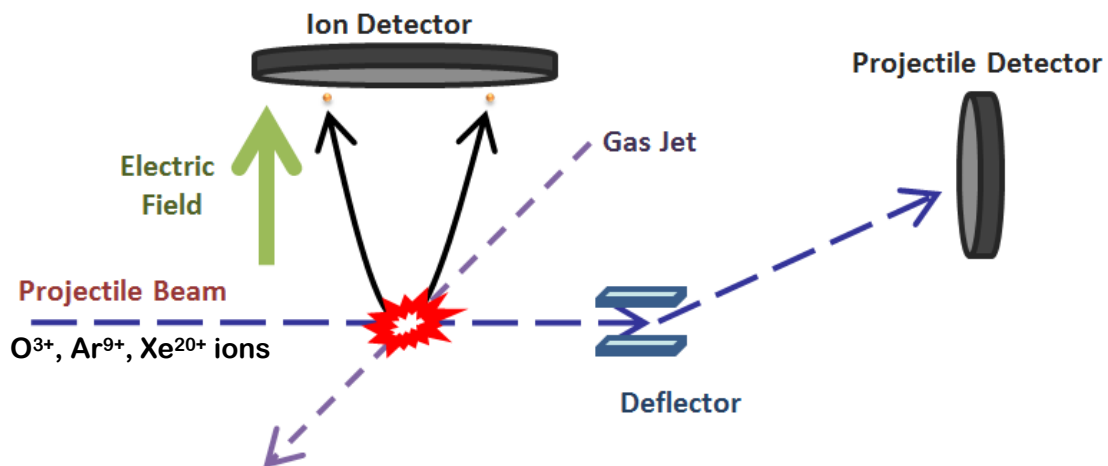


図 1. 多価イオン-アルゴン二量体衝突実験装置

図 1 に実験装置を示す。ECR 型多価イオン源により 15 kV で引き出し質量選別された O^{3+} , Ar^{9+} , Xe^{20+} 多価イオンは衝突領域に導入される。一方, アルゴン二量体は, アルゴンガスを室温・淀み圧 5 bar の下で 75 μm のノズルから噴出させた超音速分子線を用いて生成し, 入射多価イオンビームと直交させた。衝突により生じたアルゴン二量体多価イオンからの解離断片イオンの運動量を COLTRIMS 法により測定した。アルゴン二量体のイベントは測定後に PC 上で選別され, アルゴンイオンペアの KER), 放出角度分布, 生成量を求めた。

【結果】

図 2 は, O^{3+} , Ar^{9+} , Xe^{20+} 多価イオン衝突により生じたアルゴン二量体 2 価イオン Ar_2^{2+} が解離した時の解離運動エネルギー (KER) 分布である。約 3.6 eV に現れるピークは, 中性アルゴン二量体が平衡核間距離 (3.8 Å) で直接 (Ar^+-Ar^+) となりクーロン解離 (CE) した時の KER に対応する。一方, 約 5.1 eV に現れるピークは, ($Ar^{2+}-Ar$) から放射電荷移動 (RCT) 過程を経由して (Ar^+-Ar^+) となり解離した場合の KER である。

また, アルゴン二量体 3 価イオン Ar_2^{3+} における KER 分布の解析でも, ($Ar^{2+}Ar^+$) の組み合わせで純粋にクーロン解離したピークの他に, 入射多価イオン O^{3+} , Ar^{9+} イオンの結果では 10 eV 付近に小さなピークが現れた。系のポテンシャル曲線による考察から ($Ar^{3+}-Ar$) より一電子移行によって ($Ar^{2+}-Ar^+$) となり解離した場合の KER だと示唆される。

このように, 入射イオンが低価数になるほど, 二量体の片方の原子から電子が捕獲されやすくなるという結果が得られた。多価イオンが片方の原子からのみ多電子捕獲するためには衝突係数が小さな衝突が必要であり, 「イオン-原子衝突」的なイベントだと解釈することができる。

講演では, 他の解離チャネルについても議論する予定である。

Reference

[1] J. Matsumoto et al., Phys. Rev. Lett. 105, 263202 (2010).

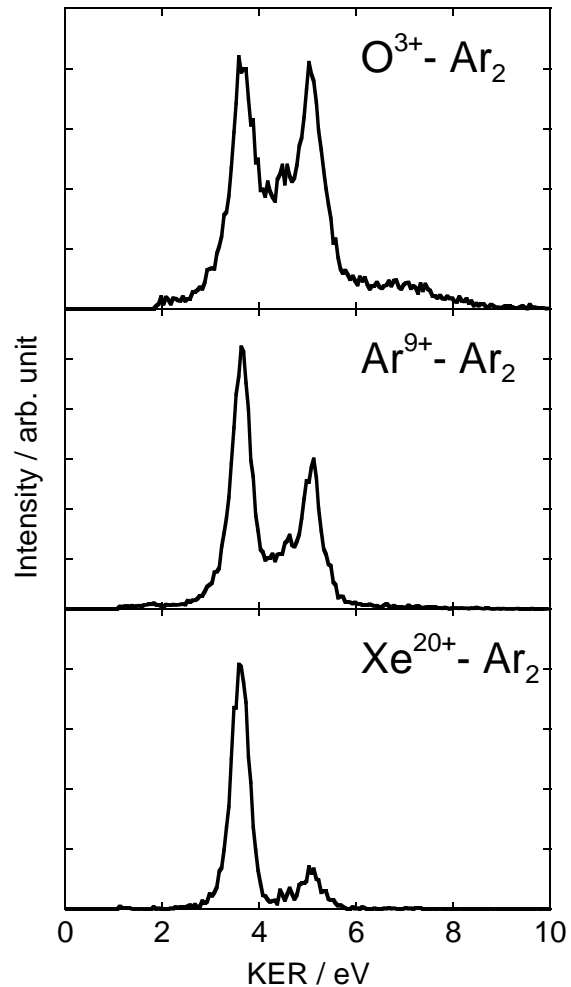


図 2. O^{3+} , Ar^{9+} , Xe^{20+} イオン衝突により生じた Ar_2^{2+} イオンの解離イオン対の KER 分布