

4P012

アルゴン二量体の空間配向に依存した多価イオン衝突過程

(首都大院理工^{*}, CIMAP CIRIL[#], CEA-Saclay[†], Universite de Caen[‡])

○早川謙一^{*}, 松本淳^{*}, 城丸春夫^{*}, Muranaka Tomoko[†], Flechard Xavier[‡], Rangama Jimmy[#], Hennecart Dominique[#], Leredde Arnaud[‡], Cassimi Amine[#]

【序】

多価イオン衝突でイオン化断面積に標的分子の配向依存性(異方性)があることが MeV 領域の高エネルギーで報告されている[1]。これはエネルギー付与や阻止能に異方性が観測された例である。一方、keV 領域の低エネルギー多価イオン衝突での多電子捕獲は、classical over barrier model (COB)が良い近似になっており、標的の分子軌道の対称性が関与する問題である。近年、COB に基づく理論計算から、低エネルギー多価イオンと Ne_2 の衝突においてイオン化断面積に大きな異方性があり、それが捕獲電子数の偶奇に依存していることが予見された[2]。この異方性は N_2 標的の場合と比較してはるかに顕著であり[3]、実験で検証が可能である。そこで、本研究では Ar_2 と Ar^{9+} の衝突実験を行い、イオン化断面積の異方性について検討した。

【実験】

実験はフランス国立重イオン加速器研究所(GANIL)の ARIBE ビームラインで行った。 Ar^{9+} は ECR イオン源で生成し、16.9 kV で引き出した。また、 Ar_2 は超音速分子線を用いて生成し、これと入射ビームを直交させて衝突実験を行った。超音速分子線では様々なサイズのクラスターが生成されるため、標的の中には、 Ar と Ar_2 より大きなクラスターも含まれている。 Ar_2 の割合が比較的多く、高次のクラスターが少なくなる条件はノズル温度、淀み圧に対して極めて敏感であり、本実験では室温ノズル、淀み圧 4 bar が最適条件であった。衝突後に生成した解離断片イオンの運動量は COLTRIMS (COLd Target Recoil Ion Momentum

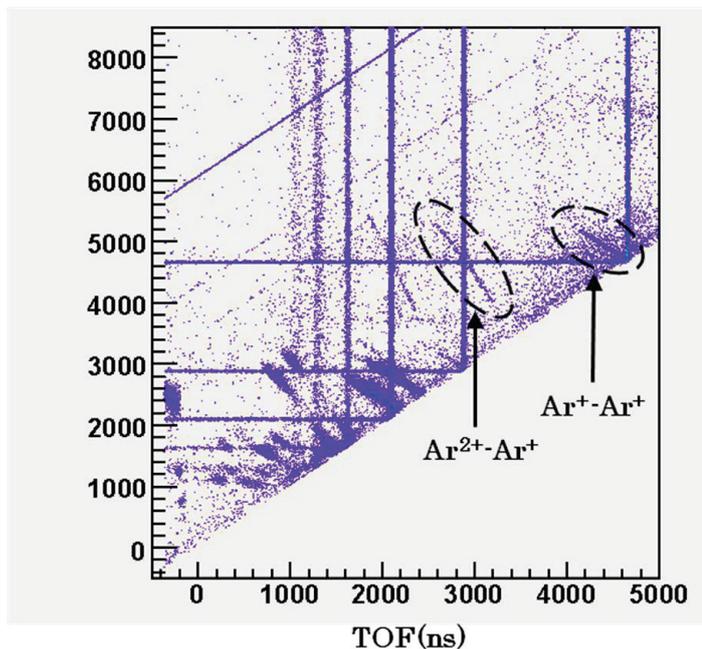


図1 解離チャンネル(Ar^+-Ar^+)と($\text{Ar}^{2+}-\text{Ar}^+$)を含むコインシデンスマップ

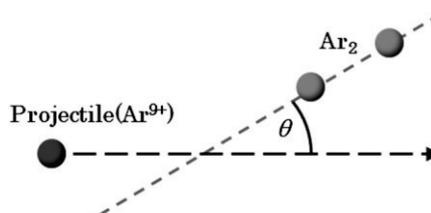


図2 角度 θ の定義

Spectroscopy) を用いて測定した。引き出し静電場は 22V/cm、飛行距離は 10cm に設定した。

【結果】

図 1 のコインシデンスマップの点線内にみられる斜めのラインは Ar_2 が Ar^+-Ar^+ , $Ar^{2+}-Ar^+$ に解離したチャンネルである。高次のクラスターの寄与が大きいが、運動量保存則を用いて Ar_2 由来の各解離チャンネルを抽出して詳細な解析を行った。異方性の指標となる角度 θ の定義を図 2 に示す。 Ne_2 の計算結果をそのまま Ar_2 に適用すると、解離チャンネル(Ar^+-Ar^+)では $\theta=0^\circ$ 、解離チャンネル($Ar^{2+}-Ar^+$)では $\theta=90^\circ$ の解離が 4 倍以上優位になる。比が 1:4 の場合の θ の分布のヒストグラムを図 3,4 (上) に、実測の配向依存性を図 3,4 (下) に示す。実験結果では、いずれのチャンネルも異方性の効果は予測されたほど大きく観測されていないが、解離チャンネル(Ar^+-Ar^+)では $\theta=90^\circ$ 付近の分布が一様で、($Ar^{2+}-Ar^+$)ではシャープになっていることから、異方性の傾向は理論による予想と一致している。

また、電子捕獲数が同じである解離チャンネル($Ar^{3+}-Ar^{1+}$)と ($Ar^{2+}-Ar^{2+}$)の分岐比を調べた。 N_2 分子では解離チャンネル($N^{3+}-N^{1+}$)より($N^{2+}-N^{2+}$)の割合が圧倒的に大きいですが、($Ar^{3+}-Ar^{1+}$) / ($Ar^{2+}-Ar^{2+}$) = 2.6 となり、電荷が偏る解離チャンネルが優位であった。これは標的がファンデルワールスクラスターであるために、この電荷が局在化する効果が分子や金属性、共有結合性のクラスターと比べて大きくなったと考えられる。このほか、4つの解離チャンネルにおける解離時の運動エネルギー (KER) も解析した。本発表はこれらについて議論を行う予定である。

[1] B. Siegmann et al., Phys. Rev. A 65 010704 (2001).
 [2] T.O.-Yamaguchi and A.Ichimura NIM B 205,620 (2003).
 [3] T.O.-Yamaguchi and A.Ichimura NIM B 234,382 (2005).

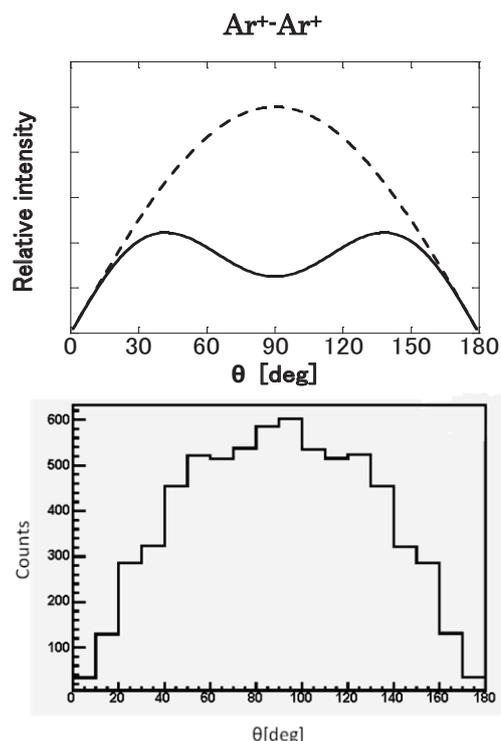


図3 解離チャンネル(Ar^+-Ar^+)の角度 θ の分布。(上) 計算から予測される分布。実線は異方性の比が 1:4 ($\theta=0^\circ$ が多い)、点線は等方的分布を示す場合。(下) 実測の分布

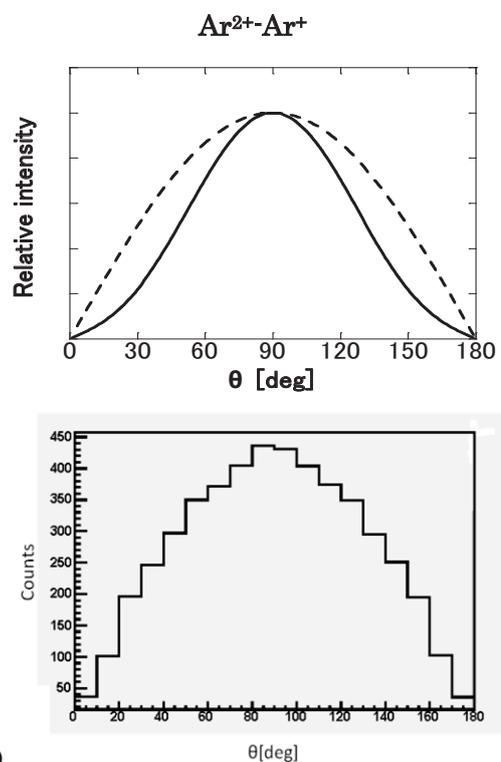


図4 解離チャンネル($Ar^{2+}-Ar^+$)の角度 θ の分布。(上) 計算から予測される分布。実線は異方性の比が 4:1 ($\theta=90^\circ$ が多い)、点線は等方的分布を示す場合。(下) 実測の分布