

2A02

多価イオン衝突における CO₂, OCS 分子の電荷移行過程と 分子解離ダイナミクス

(首都大院・理工¹, Dept. Phys., Univ. of Waterloo²)

○松本 淳¹, 手塚 晴明², Reza Karimi², Benji Wales², Joseph Sanderson², 城丸 春夫¹

Charge transfer processes and dissociation dynamics of carbon dioxide and carbonyl sulfide molecules in collision with highly charged ions

(Tokyo Metropolitan Univ.¹, Univ. of Waterloo²) ○Jun Matsumoto¹, Haruaki Tezuka¹,
Reza Karimi², Wales Benji², Joseph Sanderson², Haruo Shiromaru¹

keV 領域のエネルギーでの多価イオン-原子分子衝突では、入射イオンの価数や標的原子との衝突径数に応じてその特定の主量子数の軌道に捕獲される傾向があると知られており、古典的なオーバーバリアモデル・半古典的なポテンシャル交差モデルを用いることで定性的に説明できることが知られている。標的が分子の場合には、入射多価イオンと標的の各原子の衝突径数が異なるため、捕獲電子数や衝突後の電子状態が多様となり、その後の解離過程も複雑になる。本研究では、多価イオンにより多電子捕獲された、直線 3 原子分子の二酸化炭素 (CO₂)・硫化カルボニル (OCS) 解離イオン片を計測すると同時に、衝突後の多価イオンの価数選別を行い、選別後のイオンをトリガーとする。これにより多価イオン衝突における多電子捕獲過程とその後の多価分子イオン解離ダイナミクスの系統的な知見を得ることを目的としている。

図 1 に装置概略図を示す。首都大学東京に設置されている ECR 型多価イオン源より引き出された 120 keV の Ar⁸⁺イオンとノズルから噴出された標的分子線 (CO₂, OCS) を直交させた。衝突により多電子捕獲された標的分子イオンは解離する。それら解離イオン片を衝突領域より均一電場で引き出し位置有感飛行時間測定を行った。一方、衝突後の多価イオンは、価数選別された後、別の粒子検出器で捕らえ、トリガーとした。実験後の解析により、コインシデンスイベントを抽出し解離イオン片の飛行時間・検出位置からそれら運動量ベクトルを計算し、解離直前の多価分子イオンの結合角や解離運動エネルギー分布 (KER), 解離イオン片の運動ベクトルの相関などを求めた。

衝突により生じた Ar⁶⁺と Ar⁷⁺ 散乱イオンをトリガーとした、CO₂³⁺の三体解離 (CO₂³⁺ → O⁺

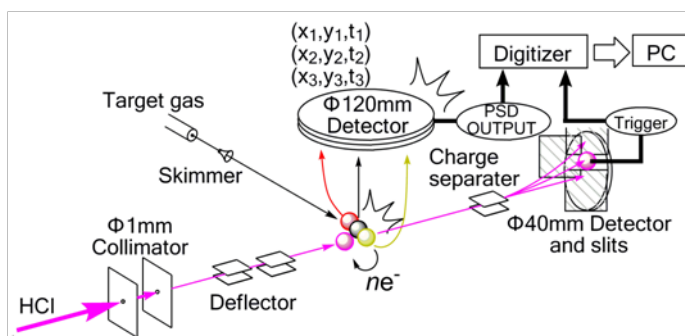


図 1 装置概略図

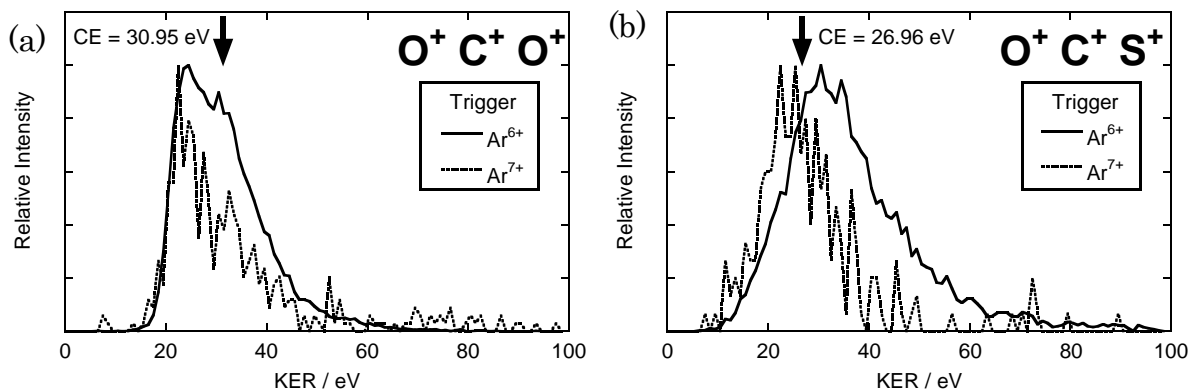


図 2 (a) ($\text{CO}_2^{3+} \rightarrow \text{O}^+ + \text{C}^+ + \text{O}^+$) 解離の KER, (b) ($\text{OCS}^{3+} \rightarrow \text{O}^+ + \text{C}^+ + \text{S}^+$) 解離の KER。実線は散乱イオン種が Ar^{6+} , 破線は散乱イオン種が Ar^{7+} を示す。矢印は、中性分子のクーロン解離のエネルギーの値に対応する。

$+ \text{C}^+ + \text{O}^+$) における解離運動エネルギー (KER) 分布を図 2 (a) に、 OCS^{3+} の三体解離 ($\text{OCS}^{3+} \rightarrow \text{O}^+ + \text{C}^+ + \text{S}^+$) における KER 分布を図 2 (b) にそれぞれ示す。 CO_2 標的の KER 分布では Ar^{7+} , Ar^{6+} トリガーともクーロン爆発モデルによるエネルギー (E_{CE}) より低いエネルギーでピークを持つ。さらに Ar^{6+} トリガーでは、 E_{CE} 付近にもピークを持つ。一方 OCS 標的の KER 分布は、 E_{CE} から離れた、高めと低めの部分にピークを持つ。この散乱後の多価イオンの価数と KER 分布の関係は、ポテンシャル交差モデルと用いて定性的に考えることができる (図 3)。散乱後の多価イオンが Ar^{7+} イオンのチャンネルでは、多価イオン-分子間距離 R が大きな点で生成した高励起状態 Ar^{5+**} イオンから Auger 電子を 2 つ放出し Ar^{7+} となる過程を経由すると考えられる。一方、 Ar^{6+} イオンのチャンネルでは、オージェ電子 1 つを放出すればよいので、 Ar^{7+} の時と比較して広範囲の距離 R で解離チャンネルに応じた電子捕獲が起こると考えられる。これが KER 分布を決定する要因の一つとなる。このように衝突後の多価イオンの価数と解離した標的分子の KER 分布の関係から、衝突時の多電子捕獲の様子を追跡可能となる。講演では、二体解離や 4 電子捕獲以上での三体解離イベントを用いて、同様の多電子捕獲過程について議論する予定である。

本研究で使用した硫化カルボニルは、関東電化工業株式会社に提供していただきました。研究支援に心より感謝いたします。

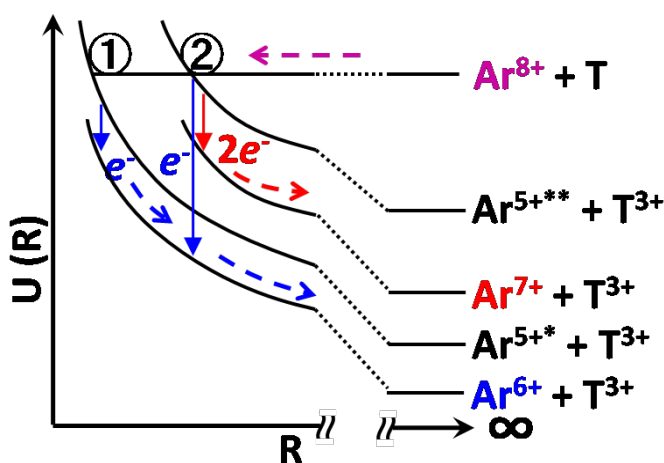


図 3 3 電子捕獲過程におけるポテンシャル曲線の概要図。“T” は標的分子を表す。