3P020

高速イオン衝突による C_2H_n 分子の多重電離と解離ダイナミクス

（京大院工 [1]，京大工 [2]）　○吉田慎太郎 [1]，間嶋拓也 [1]，浅井達也 [1]，松原正弥 [2]，土田秀次 [1]，伊藤秋男 [1]

Multiple ionization and fragmentation dynamics of C_2H_n molecules by fast ion collisions

(Kyoto Univ.)　○S.O.Yoshida, T. Majima, T. Asai, M. Matsubara, H. Tsuchida, and A. Itoh

1. はじめに

MeV エネルギー領域の高速イオンは物質中の電子とのクーロン相互作用により多重電離や電子励起を引き起こし，局所的に高いエネルギーを付与するのが特徴である．その後，様々な緩和過程を経由し，分子結合の切断や原子の組み換え反応を引き起こす．粒子線がん治療はこの特徴を生かした顕著な応用例のひとつであるが，電子系へのエネルギー付与からその緩和に至る一連の物理過程は十分理解されていないのが現状である．我々のグループではその基礎として，高速イオン衝突による孤立分子の解離反応過程の解明を目的に，(1)生成イオン，(2)二次電子，(3)衝突後の出射イオン，の多重同時測定システムを開発し，解離イオンの運動量相関や，多重電離状態を規定した解離イオン分布などについて測定を進めてきた[1, 2]．本発表では，エタンなどの炭化水素分子を標的とした研究を中心に最近の結果を報告する．

2. 実験方法

図１に実験装置の概略を示す．実験は京都大学大学院工学研究科附属量子理工教育研究センターの 1.7 MV コッククロフト・ウォルトン型タンデム加速器を用いて行った．

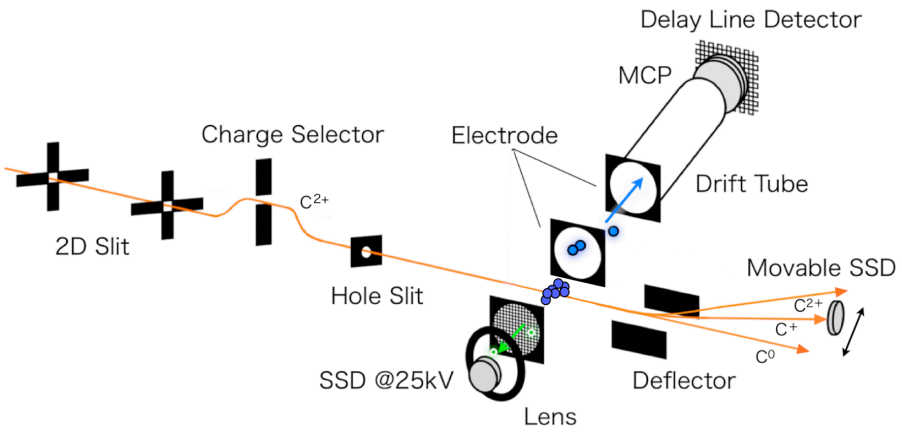

図１．実験装置の概略図．

加速器から引き出したイオンビームを2組の二次元スリットを用いて0.3 × 0.5 mm^{2}程度にコリメートした後，チャンバ内全体に満たした気相標的と衝突させた．衝突により生じた生成イオンを静電場でビーム軸と垂直方向に引き出し，飛行時間（TOF）測定法による質量分析および速度分布イメージング法による運動エネルギー測定を行った．衝突後のビームを静電型偏向板により価数選別して半導体検出器（SSD）で検出し，TOF測定のスタート信号として用いた．これにより，特定の電荷変換衝突のイベントのみを選択することになる．衝突により放出された二次電子を生成イオンと逆方向に引き出し，+25 kVに昇圧したSSDを用いて放出電子個数を測定した．SSDは，検出した粒子のエネルギーに比例した高さのパルス信号を出すのが特徴である．ある衝突イベントでn_e個の電子が放出された場合，25n_e keVに相当する信号を出す．したがって，パルス波高分析によって放出電子個数の情報が得られる．今，電荷変換の条件も限定されているため，これで全ての電子の移動の情報を押さえていることになり，解離直前の多重電離状態が一意的に求まる．さらに解離イオンとの相関測定から，多重電離状態に依存した解離過程を調べることが可能となる．

3. 結果・考察

結果の一例として，1.2 MeV C^{2+}イオンの1電子捕獲衝突においてエタン分子（C_2H_6）標的から解離生成されたCH_3^+イオンの，運動エネルギー分布の親イオン価数（r）依存性を図２に示す．1 eV以下の低エネルギー成分は１価の親イオンからの解離過程（次式）の寄与であることがわかる．

$$C_2H_6^{+*} \rightarrow CH_3^+ + \text{others (中性)}$$

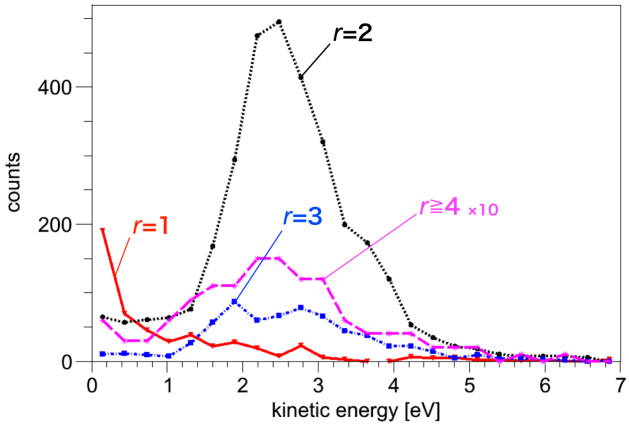

図２．CH_3^+解離イオンの運動エネルギー分布．

また，2~4 価の親イオンから生成されたCH_3^+イオンの運動エネルギー分布は2.5 eV付近にピークを持ち，親イオン価数依存性が小さいことが分かった．親イオン価数が高いほど，クーロン斥力の増加に伴う運動エネルギーの増大が予想されるが，今の場合，例えば

$$C_2H_6^{3+*} \rightarrow C_2H_5^{2+*} + H^+ \rightarrow CH_3^+ + CH_2^+ + H^+$$

のような逐次解離過程によって，CH_3^+イオンの運動エネルギーの増大が抑制されているものと推測される．

参考文献

[1] T. Majima et al, Phys. Rev. A **69**, 031202(R) (2004).
[2] T. Mizuno et al, Phys. Rev. A **81**, 012704 (2010).