

1P066

高速イオン照射によるエタノール液滴からの 正負クラスターイオン生成機構

(京大院工)

○北島謙生, 間嶋拓也, 大西佳樹, 土田秀次, 伊藤秋男

Positive and negative cluster ions produced from ethanol droplets by fast ion irradiation

(Kyoto Univ.)

○K. Kitajima, T. Majima, Y. Oonishi, H. Tsuchida, and A. Itoh

【序】 MeV エネルギーの高速イオンが液体中で誘起する衝突反応過程は、生体内における放射線相互作用の初期過程として重要である。我々のグループでは、真空中に導入した液体標的への高速イオン照射による二次イオン質量分析に取り組んでおり、液体内部で進行する複雑な反応ダイナミクスの解明を目指している。最近、従来まで行ってきた液体分子線に加えて、新たに液滴標的を用いた二次イオン測定手法の開発を行った[1]。微小液滴を用いることにより、衝突領域の真空度改善に伴う質量分解能の向上が実現できるだけでなく、微細化した液滴標的を用いることで有限サイズ効果による新たな知見が得られると期待される。本研究ではエタノール液滴を標的として、液滴表面から放出される正負二次イオンの質量分析を行い、その生成機構を推察した。

【実験】 実験は、京都大学大学院工学研究科附属量子理工学教育研究センターの 2 MV タンデム型ペレトロン加速器を用いて行った。大気中で生成した μm オーダーの微小液滴を真空槽内に導入し、加速器から引き出した 2 MeV C^{2+} イオンビーム交差させた。衝突領域の真空度は、多段の差動排気により、 $10^{-4} - 10^{-3}$ Pa 程度に保たれている。液滴との衝突によって生成された正または負の二次イオンをそれぞれ電場の向きを変えて鉛直方向に引き出し、飛行時間測定法によって質量分析を行った。このとき入射ビームを静電ディフレクタでパルス化し、パルスと同期した信号をトリガー信号として用いた。正負イオンの強度を規格化するため、ビームライン下流に設置したファラデーカップによって入射ビーム量をモニターした。

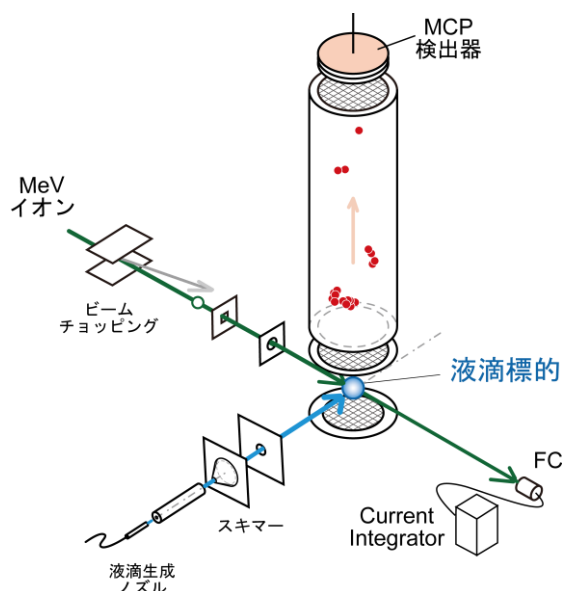


図 1 実験セットアップ概略図

【結果と考察】 図2にエタノール液滴から得られた正負二次イオンスペクトルを示す。エタノール解離イオンに加え、正クラスターイオン $(\text{EtOH})_n\text{H}^+$ 、負クラスターイオン $(\text{EtOH})_n$ 、 $\text{C}_2\text{H}_m\text{O}^+$ ($m=5, 3, 1$) がそれぞれ十量体程度検出された。同様な正負クラスターイオンが keV イオンを用いたエタノール溶液からの二次イオン質量分析によって得られている[2]。本研究より得られたクラスターサイズ分布を図3に示す。その結果、正クラスターイオンは負イオンの高々2~3倍程度の強度であることが分かった。しかし、従来の固体標的への MeV イオン照射では、正イオンは負イオンのおよそ数10倍程度の強度が得られている。

水への赤外レーザー照射 ($>12500\text{cm}^{-1}$) によって、分子間プロトン移動に伴うイオン対 $(\text{H}^+\cdots\text{OH}^-)$ が生成されると考えられている[3,4]。高速イオンが水中に照射されると、1分子当たり数 eV 程度の内部エネルギーをもつ局所的な高温領域の形成によって、このようなイオン対生成が引き起こされると推察される。したがって、水と同様に水素結合を持つエタノール溶液においても、高速イオンによるエネルギー付与によってイオン対生成 $(\text{H}^+\cdots\text{C}_2\text{H}_5\text{O})$ が引き起こされ、正負クラスターイオンが同程度気相中へと放出されていると考えられる。

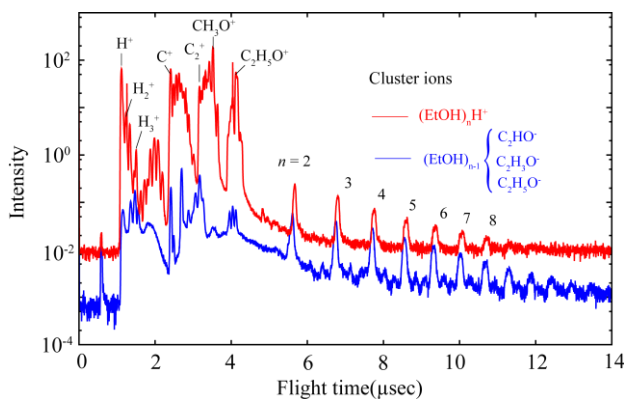


図 2. 2 MeV C^{2+} 入射におけるエタノール液滴からの正負二次イオン質量スペクトル。

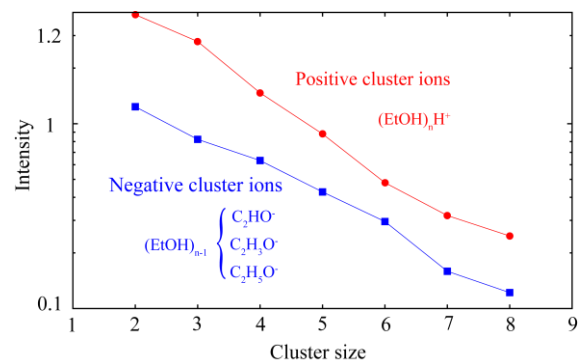


図 3. エタノール液滴標的からの二次クラスターイオンサイズ分布。

【謝辞】 液滴導入システムの開発にあたって、学習院大学の河野淳也准教授から多くのご指導を頂きました。ここに感謝申し上げます。

[1] 間嶋他, 第8回分子科学討論会 (2014)

[2] M.V. Kosevich, G. Gzira, O. A. Boryak, V. S. Shelkovsky, and K. Vekey, Rapid. Commun. Mass Spectrom. 11, 1411 (1997).

[3] H. J. Bakker, H. K. Nienhuys, Science. 297, 1887 (2002).

[4] N. Toyama, J. Kohno, T. Kondow, Chem. Phys. Lett. 420, 77 (2006).