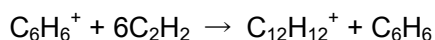


低温移動管質量分析装置を用いたアセチレンのイオン分子反応

(大阪府立大学大学院理学系研究科) ○岩本賢一 生田晴都

「序」ベンゼンカチオンとアセチレンにおける **Associative charge transfer reaction(ACT)**反応によりアセチレンの6量体イオンが生成することが報告された。¹⁾



この反応は負の温度依存性を有するため、ベンゼンイオンが宇宙空間での分子の生成について触媒的な役割を果たす可能性が示唆された。我々は、このような低温領域におけるイオン分子反応の研究を行なうために低温移動管質量分析装置を開発した。移動管はイオンの移動度の研究に用いられているが、イオン分子反応を観測することも可能である。移動管に用いる緩衝気体 (He) に、反応気体 (0.01% から 1%) を混ぜておくと、移動管内でイオン分子反応が起こる。この手法の特徴としては、速度定数が正確に求められること、エネルギー領域が 10meV から 10eV と広く、低エネルギー領域のイオン衝突反応の研究に用いられること、低温領域の測定も容易に行えることが挙げられる。

「装置の概要」現在開発している移動管質量分析装置の概略図を図1に示す。イオン源は EI、FAB源を装着しており、化学イオン化法によるイオンの生成も可能である。イオン源で生成したイオンは四重極質量分析計を用いて必要なイオンだけを選別する。移動管は、内径 30mm、外形 70mm 厚み 1mm の 11枚のガードリングで構成されており、全長 81mm である。移動管の外部円筒を冷凍機のコールドヘッドに設置することで、低温領域の測定を可能としている。冷凍機のセカンドステージにセラミックヒータを取り付け、移動管の温度を 18~300 K 範囲に変えることが可能である。移動管の入出射スリットの径は $\phi 1\text{mm}$ であり、内部の圧力は 1torr 以下で実験が可能となっている。移動管内部で生成したイオンは四重極質量分析計により質量分析される。

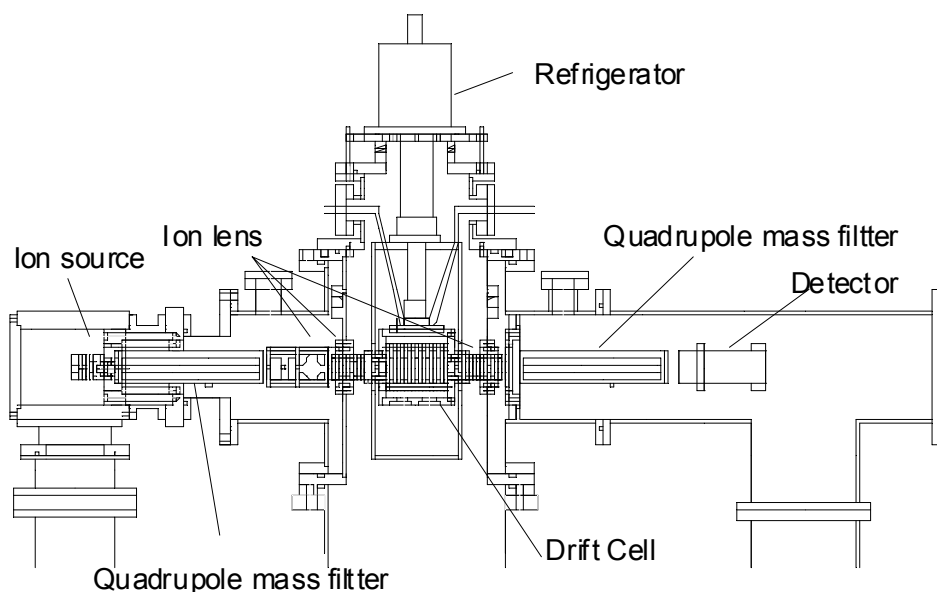
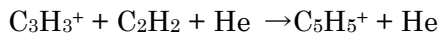
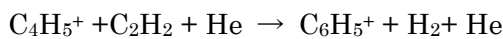
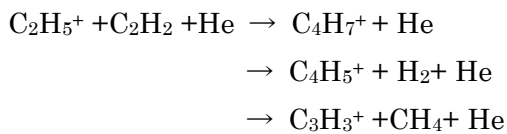


図1. 装置外略図

「実験」メタンは土星の衛星タイタンの大気中に多く含まれており、メタンガス由来の正イオンがタイタンの上層大気中で観測されている。今回、タイタンの大気中で観測された $C_2H_5^+$ とアセチレンの低温領域によるイオン分子反応を行い、その生成物を観測した。 $C_2H_5^+$ は CH_4 の化学イオン化法により生成した。 C_2H_2 は He ガスに 1% 混在させ、移動管に導入した。移動管内の圧力は 13Pa であり、反応温度は 144 K で実験を行った。生成イオンの質量スペクトルを図 2 に示す。

イオンの打ち込みエネルギーが 17eV と高いため、移動管に打ち込んだ時点で $C_2H_5^+$ が解離し、 $C_2H_3^+$ が生成した。そのことを踏まえ、生成イオンの経路を次のように考えた。



$C_8H_7^+$ が最終生成物となった。全体的にイオン強度が小さいため、反応速度定数の測定には至っていない。イオン強度が小さい原因は、移動管内部でイオンが拡散するため、出射スリットを通過する効率が悪いからである。通常の移動管によるイオンの通過効率は 1% 以下である。今回、移動管内部の拡散したイオンを効率よく引き出し、生成物のイオン強度を増加させるために、新たな出射レンズを考案した。

通常の移動管内部のイオン軌道と今回考案したレンズを用いたイオン軌道を SIMION により比較した結果を図 3 に示す。従来の移動管のイオンの通過効率が 1% 以下であるのに対し、新しいレンズを装着した移動管のイオンの通過効率は 20% と向上した。新規なレンズを装着し、通過効率を向上させた実験結果についても報告する。

参考文献

- 1) P. O. Momoh, ARSoliman, M. Meot-Ner Mautner, A. Ricca and M. S. El-Shall, *J. Am. Chem. Soc.* **130** (2008) 12848.

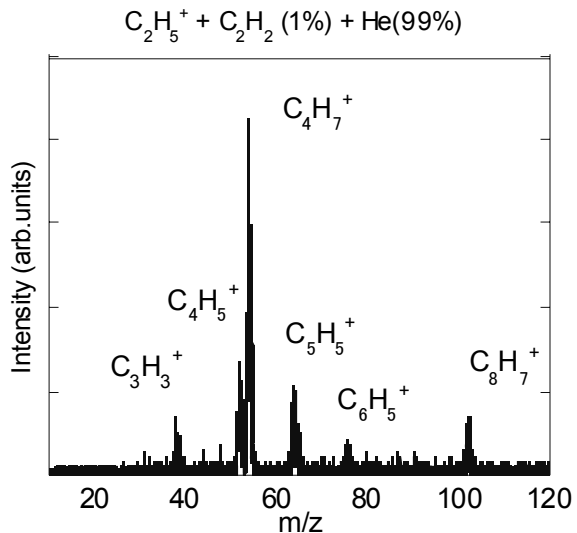


図 2 $C_2H_5^+ + C_2H_2$ (144 K) の質量スペクトル

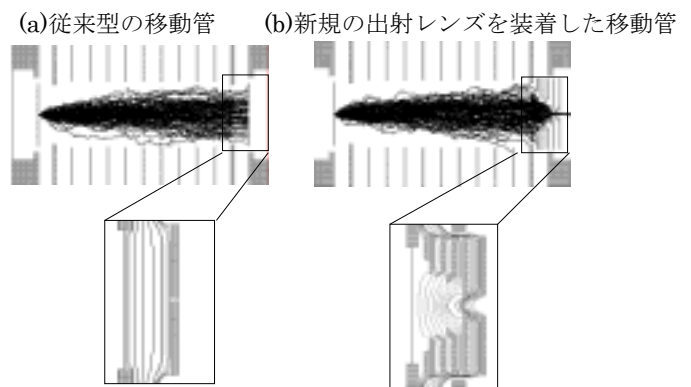


図 3、移動管内部のイオン軌道シミュレーション