

3P037

質量および構造異性体を選別したクラスターイオンの光解離分光装置の開発

(東北大院理) 鶴田 護、角山寛規、○美齊津文典、大野公一

【序】 近年、原子分子クラスターの物理的・化学的性質を解明する上で質量選別されたクラスターイオンの分光や反応に関する研究が数多くなされてきた。しかし、質量選別したイオンビーム中には構造異性体が多数存在することが実験および理論計算から指摘されており、質量数に加えて構造異性体までも選別する必要性が明らかになってきた。Bowers[1]や Jarrold [2]らによって適用されてきたイオンドリフトチューブ法はクラスターの構造異性体分離に有用な手法である。彼らは He を満たしたセル（ドリフトセル）内にイオンビームを導入し、He との衝突断面積の小さい構造異性体ほど早くドリフトセルを通過することを利用して、構造異性体の分離に成功している。本研究ではイオンドリフトチューブを用いた異性体分離装置と光解離分光装置とを組み合わせ、クラスターイオンの質量と構造の二つの要素を選別可能な光解離分光装置を開発している。種々の分光測定装置との組み合わせが容易な飛行時間型の質量分析計をベースに装置を製作した。以前我々が試作した装置では真空ポンプの排気速度が不十分で、ドリフトセル中に十分な He を確保できなかった。そのため今回新たに真空装置を設計し、排気速度の大きい真空ポンプを設置した。今回は構造異性体が存在し分離の成功例があるカーボンクラスター C_n^+ を対象に、我々の装置で異性体分離実験を行った予備的結果を報告する。

【実験】 図 1 に製作した装置の概略図を示す。装置は三段に差動排気された真空槽からなる。このうち初段の真空槽内で、グラファイトディスクに 532 nm のレーザー光を照射して蒸発させ、He ガスパルスで噴出すことによって C_n^+ クラスターを生成した。生成した C_n^+ は第二段の真空槽内でパルス電場でドリフトセル方向へ 1100 eV のエネルギーで加速し、ドリフトセル直前で 500 eV まで減速した。ドリフトセル内に約 16 枚の電極が設置して、約 10 V/cm の静電場を印加して、He ガスを導入した。ドリフトセルに入射したイオンは、電場によって加速されながら He との衝突を繰り返し、ドリフトセルを抜け出した後再度加速され検出される。以前の装置では排気ポンプの排気速度の限界と差動排気の不十分さから、セル内圧 0.2 Torr 程でイオン検出器の動作限界圧力に達したが、新たに製作した装置はセル内圧 1-2 Torr でも十分動作するように改良した。さらに、異性体分離後の光解離実験を想定してドリフトセルの出口に反射型質量分析計を設置する予定である。

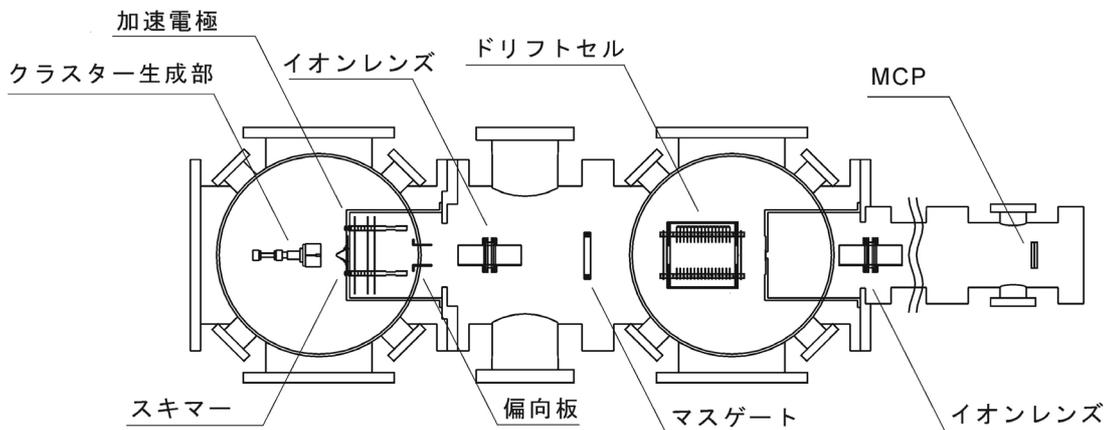


図 1. 装置概略図

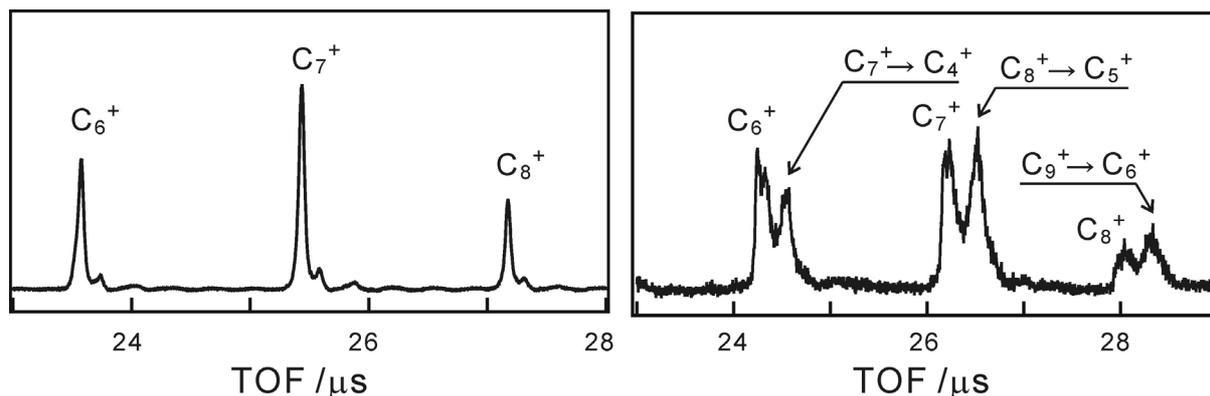


図2. (a) ドリフトセルに He を導入していないときの C_n^+ の質量スペクトル
 (b) ドリフトセルに He 0.2 Torr 導入したときの C_n^+ の質量スペクトル
 矢印は中性 C_3 脱離により生成したイオン

【結果と考察】 図2 (a)にドリフトセルに He を導入していないときの質量スペクトル、図2(b)に He 0.2 Torr を導入したときの質量スペクトルを示す。カーボンクラスター C_n^+ は $n \leq 6$ では直線構造で、 $n=7-10$ では直線構造と環状構造が共存しており構造異性体の分離が期待できる。しかし Bowers らによる従来の研究から、衝突エネルギーが 150 eV を越えると、炭素クラスターイオンの衝突誘起解離が優勢となって、異性体分離が困難になることが報告されている[3]。実際、現在の実験条件では衝突エネルギーは 500 eV 程度とかなり大きい。SIMION を用いて種々の解離過程を仮定してその解離イオンの飛行時間のシミュレーション計算を行ったところ、図2(b)で示したスペクトル中の分裂したピークは主に、中性 C_3 脱離 $C_n^+ \rightarrow C_{n-3}^+ + C_3$ で生成した解離イオンに帰属されることがわかった。これは文献[3]で報告されていると同様の衝突誘起解離である。さらにこの結果は、複数のイオンを同時に観測する条件では、容易にイオンピークが重なり合ってしまうことを示している。そこで、ドリフトセルの手前にマスケートを設置し、セル入射前のイオンを分離した。図3に C_6^+ 、 C_7^+ をそれぞれ質量選別し、ドリフトセル内圧を 0.5 Torr にしたときの結果を示す。ここでも衝突エネルギーはやはり 500 eV と大きく、分裂したピークのほとんどは衝突誘起解離によるものと考えられる。構造異性体を分離し、分光実験をするために、今後ドリフトセル直前でさらに十分な減速を行って衝突解離を抑制するように装置を改良する予定である。

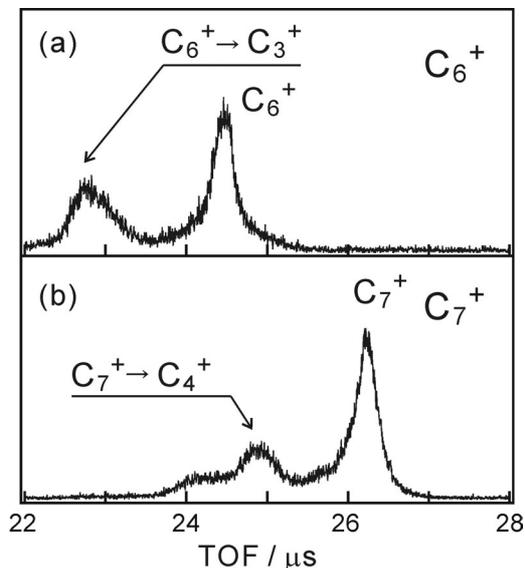


図3. ドリフトセルに He 0.5 Torr 導入したときの質量スペクトル
 (a): C_6^+ を質量選別、(b): C_7^+ を質量選別
 矢印は中性 C_3 脱離により生成したイオン

[1] G. von Helden, M. T. Hsu, N. G. Gotts and M. T. Bowers, *J. Phys. Chem.* **97**, 8182 (1993).
 [2] R. L. Hudgins, M. Imai and M. F. Jarrold, *J. Chem. Phys.* **111**, 7865 (1999).
 [3] G. von Helden, N. G. Gotts and M. T. Bowers, *Chem. Phys. Lett.* **212**, 241 (1993).