

イオン移動度質量分析とイオントラップ: ナノ物質構造解析への応用

(東邦大理) 菅井俊樹

【序】イオン移動度測定¹ (IMS) は近年質量分析法とともにイオン移動度/質量分析法(IMS/MS)として活用され、質量分析法(MS)の利点である、高速・高感度測定を維持したまま、質量分析単独では不可能である、構造測定²、キラル物質認識などを実現して来た。我々も、この手法をフラーレンなどナノ炭素物質に活用し、Sc 金属内包フラーレンにカーバイド型($\text{Sc}_2\text{C}_2@\text{C}_n$)、通常型($\text{Sc}_2@\text{C}_n$)が存在すること、そしてそれらがレーザーにより相互変換することなどを見いだしてきた³。このように IMS/MS は、新規物質の探索や構造変化の測定を可能にする。しかしこの手法では、大気圧程度の比較的高圧の気体を用いる IMS を 10^{-6} Torr 程度の高真空が必要な MS と結合させるため、イオンが失われ感度が下がる。この問題を解決するため、最近 IMS の感度向上にイオントラップや RF デバイスを活用⁴した試みがなされている。今回は、それらの紹介とわれわれが構築しつつある新しいシステムを示す。

【実験】図 1 に装置の概略を示す。図中右側の霧吹き形状を持つ微粒子生成部に 10 kV の高電圧を印加し、直径数~数百 μm の飽和食塩水荷電微粒子を生成した。生成した微粒子は、中央の積層リング電極で構成されたトラップ電極に導入され、捕獲される。この電極にトラップ用として 20 kHz, 600 Vpp の高周波高電圧を、さらに微粒子駆動電圧として(LF)から 2~5 Hz および 10~16 V の低周波低電圧を印加し、電極間(3 mm)を上下に荷電微粒子を振幅させた。これらの微粒子は半導体レーザーに照射され、光散乱によってその挙動が目視観測された。微粒子の捕獲時間および、振幅と LF の電圧、周波数依存性を測定し、トラップ特性と気相移動度測定システムとしての特性を評価した。

【結果】荷電微粒子は安定した振動運動を繰り返し行いリング電極の中央に約2時間捕獲された。時間が経つにつれ荷電微粒子の大きさが小さくなり、溶媒である水の蒸発が捕獲時間に大きく関係すると考えられる。図 2 は LF 電圧を 10 V に固定した場合の、荷電粒子振幅運動幅の LF 周波数依存性である。周波数を上げると振幅は反比例するように小さくなった。これは周波数の逆数に比例して振幅が減少していくためであると考えられる。これらの電圧、周波数依存性から詳細な荷電微粒子の移動度測定が可能である。このシステムでは荷電微粒子が安定な周期運動を行っているため、振幅、周波数、印加電圧などのパラメーターから精密に荷電微粒子の移動度を測定できる。また、従来の単独イオントラップを用いた測定システムよりも、今回のシステムは荷電微粒子の移動距離が大きく、本質的に高精度が実現しやすいことも示された。また、同一粒子を繰り返し測定できることから感度向上も期待できる。現在このようにして動作を確認したイオントラップを用いて、質量分析器と結合し、高感度・高精度イオン移動度・質量分析システムを構築中である。

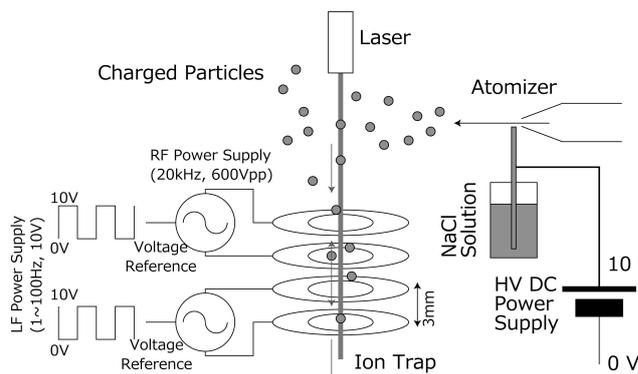


図 1 イオントラップ気相移動度システム

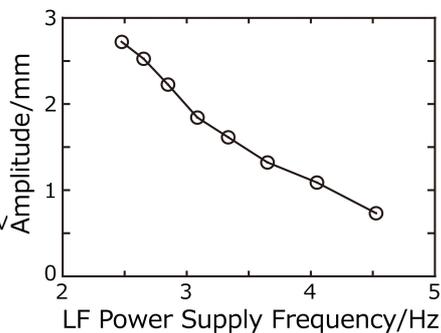


図 2 振幅の電源周波数依存性

参考文献

- [1] T. Sugai, *J. Mass Spectrom. Soc. Jpn.* **58**, 47-73 (2010).
- [2] G. von Helden *et al.*, *J. Chem. Phys.* **95**, 3835 (1991).
- [3] T. Sugai *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **123**, 6427 (2001).
- [4] K. Giles *et al.*, *Rapid Comm. Mass Spectrom.* **18**, 2401 (2004).