

大型イオントラップ気相移動度測定装置の開発 (東邦大理) 澤西 慶彦、小坂 祥、篠崎 祐志、○菅井俊樹

【序】

イオンの気相移動度測定は気相中のイオンの静電場下の運動を測定する測定手法であり、構造に直結する情報が得られることが特徴である[1,2]。従来の手法ではイオンの気相中での拡散を制御することができず、分解能と感度が損なわれてきた。我々は、イオントラップを活用して、この気相中の拡散を押さえ、高分解能と長時間測定を実現した[3]。この手法では食塩水荷電微粒子の長時間測定で、粒子半径が大気中の水分を吸収することで生成直後から2時間経過することで1.4倍に増大することが明らかになった。この測定の問題点は、荷電微粒子の電荷を測定していないため絶対的な大きさを決定できないところである。今回電場による移動度測定に加え、荷電微粒子の重力による自由落下を同時に測定することにより、絶対的な大きさと電荷数を決定した。さらに、移動度測定と自由落下測定の精度と感度を向上させるため大型の装置も併せて開発した。

【実験】

今回移動度測定と自由落下測定を同時に行う測定装置は、図1に示すイオントラップ気相移動度測定システムである。このシステムは荷電微粒子発生システム、積層リング状電極型イオントラップ、および高周波(RF)および移動度測定電源(LF)によって構成されている。高周波(RF)として20 kHz, 600 Vppを、移動度測定用(LF)に10~20 V, 1~100 Hzを用いた。荷電微粒子発生システムはイオンスプレーのような金属ニードルパイプに高電圧を印加した上で飽和食塩水を導入し、エアブローアによって噴霧するものである[4]。電圧と粒子径に従って帯電量が変化する[4]。生成した帯電微粒子(半径数~数百 μm)は、イオントラップに導入される。イオントラップに導入後これらの微粒子は、RF電場によって形成されるトラップポテンシャルにより、リング状電極中心付近にトラップされ、さらにLF電場による変調によりトラップ内部を上下に往復運動する。この運動は、トラップ内部を照射するレーザーで荷電微粒子を照射し、そこからの散乱光をデジタルカメラでモニターすることで、モニター可能であり、移動度が測定できる。このイオントラップ気相移動度測定に加え、今回はLF電圧を調整することで、トラップ上部に荷電微粒子を持ち上げ、そこからRFおよびLF出力を停止させることで、荷電微粒子の大気中の自由落下運動を測定した。落下速度は粒子半径の平方根に比例することから、粒子の半径が求められ、さらに気相移動度測定から粒子の電荷が測定できる。

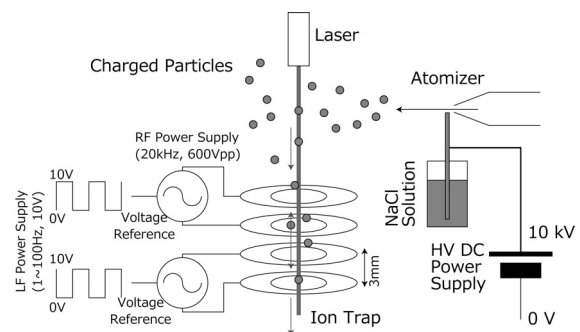


図1 測定システム

【結果と考察】

図 2 に求められた荷電微粒子の半径と電荷数を示す。基本的に半径が増大するほど電荷数が増大する傾向が得られた。しかし、同じ半径の粒子でも異なる電荷数を持つことから、荷電微粒子形成にはランダムな過程が存在していると考えられる。荷電微粒子の半径と電荷数から想定される帯電電圧は数十ボルトとなり、印加している 10 kV に比べ極めて小さく、生成時に電荷を分散させる効果があることが示唆される。さらに加電電圧に平衡である電荷の状態にはならない、荷電微粒子の生成過程が速度律速である可能性もある。

これらの移動度測定と自由落下測定を行う上で、図 1 のこれまで使ってきたシステムは移動距離が小さく、しかも繰り返し測定ができない欠点があるため、現在図 3 に示す、大型イオントラップ気相同位体測定システムを製作している。移動距離が 500mm と従来の 200 倍以上になることと、多数の電極を用いた自由度の高い操作が行えるため、飛躍的な精度向上と感度向上が見込める。討論会ではシステムの詳細と結果について考察する。

【参考文献】

- [1] P. Dugard *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **69**, 1122 (1997).
- [2] T. Sugai *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **123**, 6427 (2001).
- [3] 澤西慶彦、菅井俊樹、第四回分子科学討論会 4D14.
- [4] 和田雄一郎、「Paul Trapによる液滴のトラップ」平成九年度 東京工業大学 理学部物理学科 卒業論文

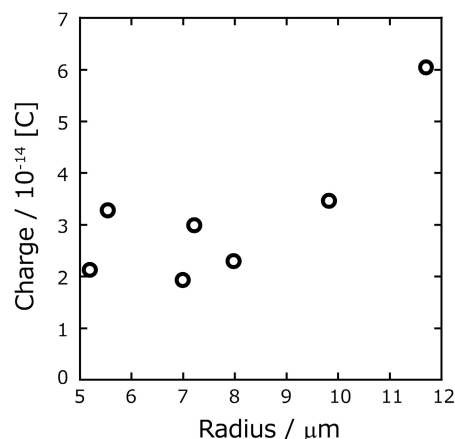


図 2 荷電微粒子の半径と電荷数の関係

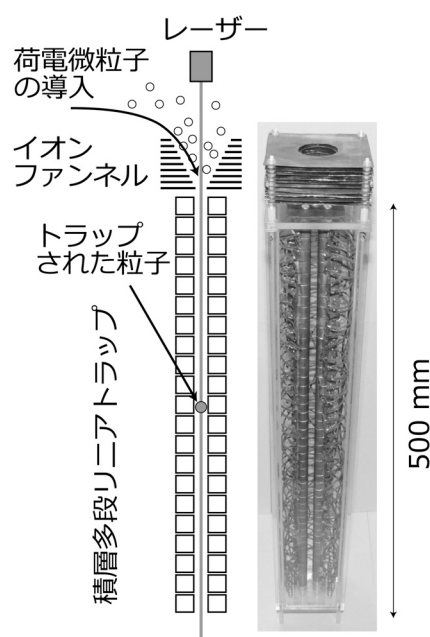


図 3 大型イオントラップ気相同位体測定システム