

2C04

イオントラップ型気相移動度測定装置の開発と粒子サイズおよび電荷量の測定 (東邦大理) 廣芝 泰祐、松林 広延、三室 和暉、陣内 涼太、○菅井 俊樹

Development of ion trap mobility system and measurement of particle size and charge
(Department of Chemistry, Toho University) Y. Hiroshiba, M. Matsubayashi, K. Mimuro,
R. Jinnouchi, and ○T. Sugai

【序】

気相移動度測定は、バッファーガス中のイオンの静電場下の運動を測定することで、イオンとバッファーガス分子との衝突断面積に由来する構造に直結する情報が得られることが特徴である[1]。これまでに我々は、金属内包フラーレンなどの構造および構造変化[2]を測定してきたが、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。近年これらの問題を解決するために、イオントラップと繰り返し測定を行うことで、分解能と感度を向上させる試みが行われつつある[3,4]。われわれは、これらに加え、マイクロメートルサイズより大きい微粒子の測定、長時間測定、および複数トラップを活用した多数粒子の長距離移動測定を行ってきた。これらの特徴は、環境粒子測定などに大きな可能性を持つ。我々はこれまで、粒子サイズの長時間変化や荷電量の保存性などを測定してきた。このシステムは長時間測定による単一粒子の構造変化に適しているが、サイズや荷電量の絶対値を求めることは簡単では無い。単一粒子の測定では電荷量が測定中保存しさえすれば問題は無かったが、気相移動度は粒子サイズと電荷量共に依存するため、多数粒子の統計的サイズ測定を行う際には、電荷分布を把握する必要がある。今回、サイズの均一なポリスチレン粒子のイオントラップ気相移動度測定を行い、レーザー脱離イオン化された粒子の電荷分布を測定し、電荷量のサイズ依存性を調べた。

【実験】

図1に示すように、レーザー脱離イオン化源をトラップ型気相移動度測定システムに組み込み、サイズが良く揃っている蛍光ポリスチレン球形粒子(Bay

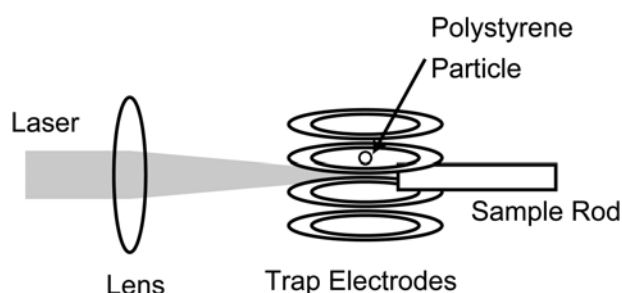


図1 測定システム

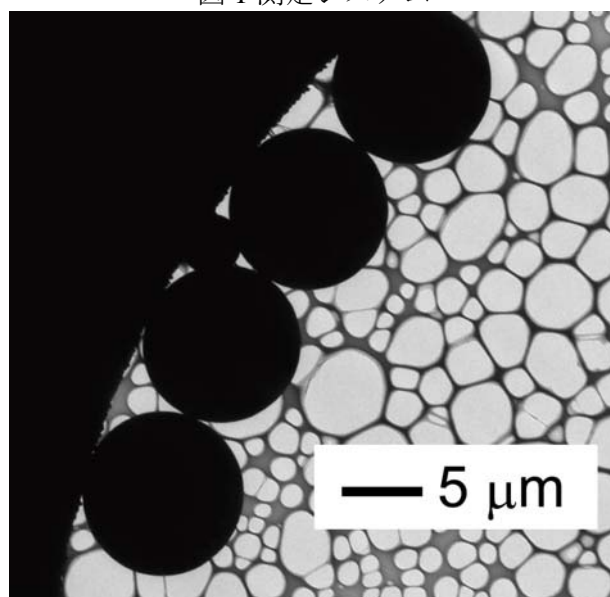


図2 半径 5.5 μm のポリスチレン粒子 (FP-10056-2) の TEM 像

bioscience: FP-6056-2, FP-10056-2, FP-20056-2, 半径 3.3, 5.5, 9.4 μm)を試料棒先端に塗布し、そこに 532nm のパルス YAG レーザーの 2 倍波をレンズ集光させることでイオン化した。トラップ用 RF 電圧は 1 kVpp 20 kHz であり、ここに移動度用バイアスとして 10 V, 2.5Hz を印加した。図 2 に今回用いた粒子の TEM 像を示す。球状度と構造均一性が高く直径分布は数%以内であった。イオン化した粒子はトラップ型気相移動度測定装置で大気中にトラップされ、数ヘルツ、数ミリの上下往復運動を行う。この運動をビデオ撮影し移動速度を測定し、移動速度と移動度用バイアス電圧、および大気中の球状粒子の運動がストークス式に従うことを活用して帯電量を求めた。

【結果と考察】

図 3 に今回得られたポリスチレンとこれまでに得られた高電圧イオン化した食塩水微粒子の電荷分布の粒子半径依存性を示す。サイズが均一で内食塩水粒子は気相移動度測定と共に自由落下運動測定も行い、サイズと電荷量を算出している。両者ともサイズが大きいくほど電荷量が増大していること、同じ粒子径での電荷分布は 2 倍程度であることがわかった。またイオン化

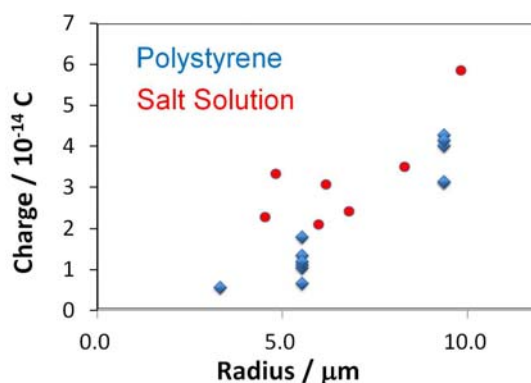


図 3 電荷分布

法や物質が大きく異なるが、帯電量に 2 倍程度の差しか無いことがわかった。この電荷均一性は測定システムにトラップされる段階で、ある程度電荷量に従った選別が行われている可能性があるが、多数粒子のサイズを統計的に調べる際には、移動度測定だけで粒子サイズの分布が得られるため、大きな利点でなる。

このように電荷量はイオン化法や物質によらず大きな変化は無く、ポリスチレン粒子と食塩水粒子では荷電量は同程度であった。しかしそのサイズ依存性は顕著に異なり、食塩水粒子の方が特に小さなサイズで相対的に多くの電荷を持っている。これらの原因を探るため、現在より多くの測定データから統計的情報を得ること、より広いサイズのポリスチレン粒子を測定し、荷電量のサイズ依存性をより詳細に調べることで、そしてより効率が良いイオン化法の開発を行っている。

【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] D.E. Clemmer *et al.*, *Anal. Chem.* **81**, 1482 (2009)
- [4] F. Fernandez-Lima *et al.*, *J. Ion Mobil. Spec.* **14**, 93 (2011)