

ナノサイズ粒子計測装置の開発(1)

Development of Counter for Nano-Size Particle (1)

インターソシオシステム(株) 武弓晃久<sup>\*</sup>、西井智寛<sup>\*\*</sup>、下河辺伊久夫<sup>\*\*\*</sup>  
産総研 瀬戸章文<sup>\*\*</sup>、東京理科大 石川 仁<sup>\*\*\*</sup>

Abstract

The high resolution differential mobility analyzer (DMA) system to measure nanometer-sized particles and ion clusters less than 10 nm in diameter are developed. The DMA was designed based on the fluid simulation. We measured the mobility-size distribution of ion clusters generated by  $\gamma$ -ray radiolysis and corona discharge.

1. はじめに

電気移動度の粒径依存性を利用する粒径測定法は特にナノサイズ粒子の粒径測定に適している。しかしながら10nm以下のナノ粒子やイオンクラスターにおいては、ブラウン拡散や装置内部での乱流による分解能の低下が問題となっている。

そこで本研究では、流体解析により空気流れの最適化をはかり、10nm以下のナノ粒子の高分解能計測を可能にした微分型電気移動度測定(DMA)方式の粒径分布測定装置及びその自動測定システムを開発したので報告する。

2. 装置の構成と実験方法

Fig.1にDifferential Mobility Analyzer(DMA)の模式図を示す。装置は三重円筒で構成され、上部からシースガスを流すと同時に外側電極と中心ロッド間に電界を与える。帯電したナノ粒子を含むエアロゾル試料は外筒側に設置したスリットから導入する。粒子はスリットを通過してシースガスと混合され、中心ロッドに向かって電気移動度によって異なる軌跡を描きながら移動する。最終的にある特定の電気移動度を持つ粒子を中心ロッド下部に設置されたスリットから取り出し、内蔵電極に付着した粒子から流れる電流を計測することで個数濃度に換算する。分級される粒子の粒径と測定パラメータ並びに装置の形状因子には(1)式が成り立ち、印加電圧Vを変化させることで粒子径が制御できる<sup>1)</sup>。

$$d_p / C_c = \frac{2L \cdot V \cdot N_p \cdot e}{3Q_c \cdot \mu \cdot \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right)} \dots \dots \dots (1)$$

上式において $Q_c$ はDMAに導入されるシースガスの流

量、 $R_1$ は外筒の半径、 $R_2$ は内筒の半径、 $L$ は外筒スリット～内筒スリット間の距離、 $N_p$ は粒子の帯電数、 $e$ は素電荷、 $C_c$ はカニンガムの滑り補正係数、 $\mu$ はシースガスの粘性係数である。本報告では、シースガス流量及び試料導入構造を変えて装置内部の流体解析を行い、分級特性の最適化を図った。

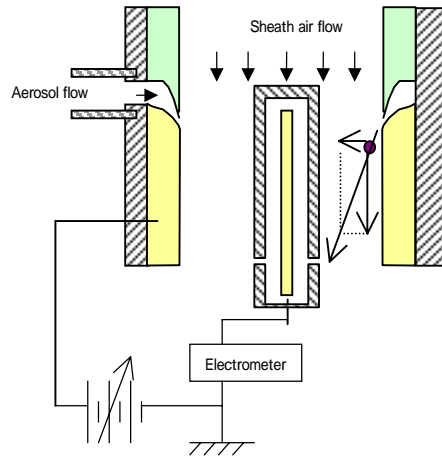


Fig.1 Schematic illustration of DMA

Fig.2に開発したシステムの外観を示す。

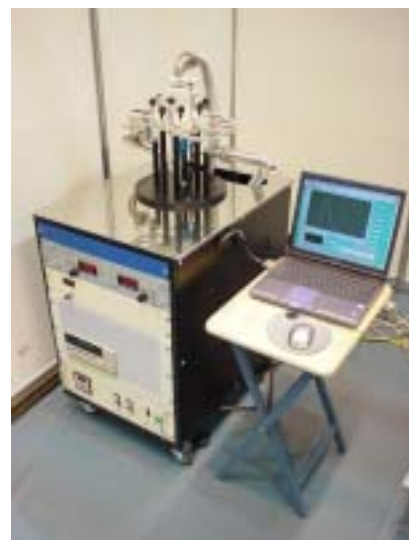


Fig.2 Inter-Socio DMA

\*Takyu, T., Nishii, T., Shimokobe, I., INTER SOCIO SYSTEM Co., 8-4 Kasuga, Hitachinaka, 312-0046

\*\*Seto, T., National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Namiki 1-2-1, Tsukuba, 305-8564.

\*\*\*Ishikawa, H., Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Tokyo University of Science, Kagurazaka 1-3, Shinjuku, Tokyo, 162-8601

### 3. 流体解析結果

従来の DMA は主に粒径が 10nm ~ サブミクロンのエアロゾルの計測に用いられている<sup>2)</sup>。ブラウン拡散の影響を低減してさらに微小サイズ(サブナノメートル~10nm)のエアロゾルを精度良く計測する為には、シーsgasの高流量化することで、分級区間における滞留時間を低減することが必要となる。また、エアロゾル流とシーsgas混合部においても、ガス流に渦等が発生しない機構が要求される。そこで導入方法が異なる2種類のスリット(Type I, Type II)を用意し、汎用流体解析プログラム(Fluent)を用いた乱流シミュレーションを行い、特にエアロゾルとシーsgasの混合状態を解析した。Fig.3 に Type I のスリットを用いた場合の試料ガス混合部における速度分布の計算結果を示す。左上部から導入されたエアロゾル流が徐々に広がりながらシーsgasと混合される様子が解析できることが分かる。また、混合方法及びシーsgas流量によっては渦が発生する条件も存在した。

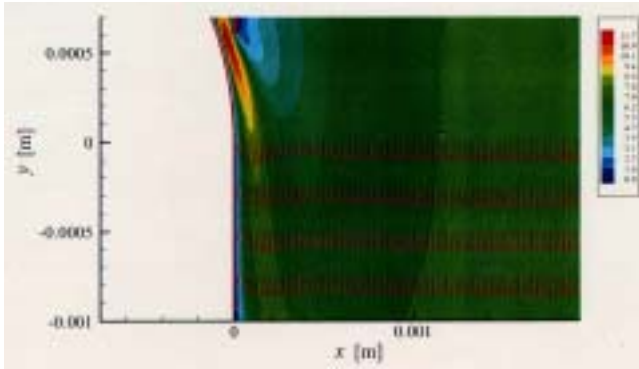


Fig.4 Simulation result of aerosol gas mixing region.

Fig.4 に Fig. 3 に対応する y 軸方向への速度分布の変化を示す。図より下流に従って流路幅が増大していく様子が見られる。

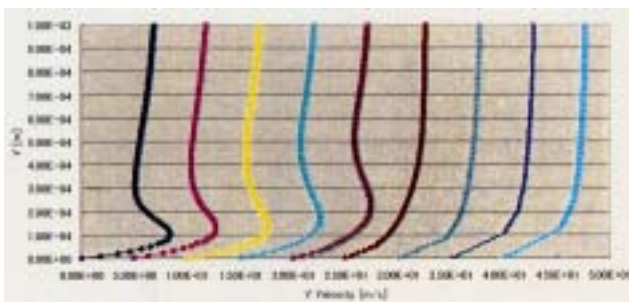


Fig.3 Change in gas velocity distribution along y-axis.

### 4. 計測例

Fig.5 にコロナ放電を用いて、空気をイオン化して生成した大気イオンクラスターの測定結果を示す。Type I ではピークほぼ一つしか見られないのに比べて、Type II ではより幅の狭いピークが複数見られることから、分解能の向上が認められた。これらは、 $\text{NO}_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$  クラスターのピーク<sup>3)</sup>と推定される。

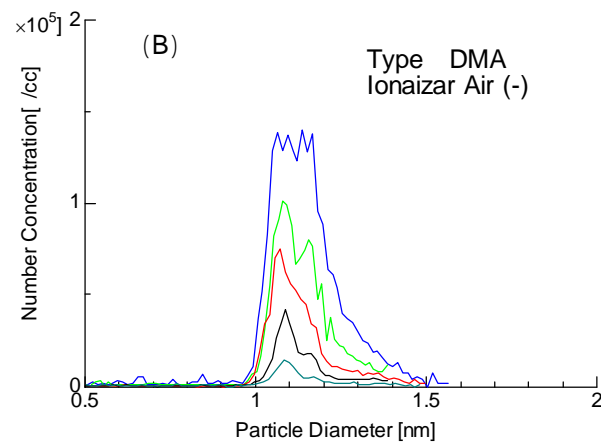
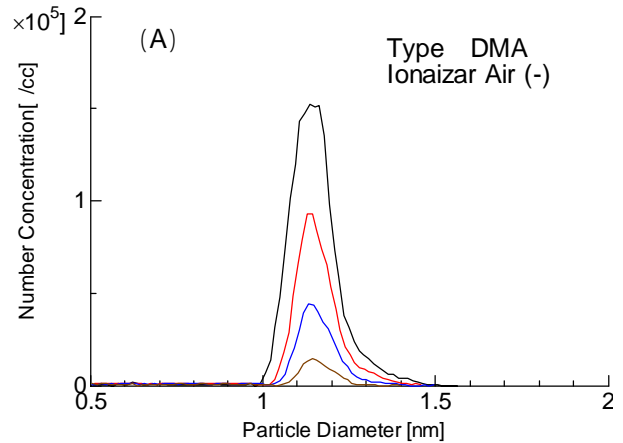


Fig.5 DMA spectrum of air generated by corona discharge

### 5. おわりに

高分解能DMAを用いたナノ粒子、イオンクラスターの測定システムを開発した。装置内部の流れを解析して混合部の最適化をはかり、イオン種あるいはクラスターを計測できることが分かった。

### References

- 1) Knutson, E.O., Whitby, H.T., J.Aerosol Sci., 6, 443-451 (1975)
- 2) Okuyama, K., et al, Erozoru Kenkyu (J.Aerosol Res., Jpn.), 13 (2), 83 - 93 (1998)
- 3) Nagato, K., Erozoru Kenkyu (J.Aerosol Res., Jpn.), 18 (1), 15 - 19 (2003)