

# Performance Evaluation of Long Differential Mobility Analyzer (LDMA) in Measurements of Nanoparticles

Dong Keun Song<sup>1\*</sup> · Hye Moon Lee<sup>2</sup> · Hyuksang Chang<sup>3</sup> · Sang Soo Kim<sup>1</sup> · Manabu Shimada<sup>2</sup> · Kikuo Okuyama<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>한국과학기술원 기계공학과, \*dksong@kaist.ac.kr, 042-869-3061)

(<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Hiroshima University, Japan)

(<sup>3</sup>영남대학교 환경공학과)

## Abstract

Performance of a long differential mobility analyzer (LDMA) in measurements of nanoparticles was evaluated experimentally and numerically. In the evaluation of the LDMA measurements, silver particles in a size range of 5-30 nm were used under increased flow rate. The numerical calculation method was used for calculating the particle trajectory in the LDMA, and the results were used in a comparison with Stolzenburg's transfer function. Using the CFD method, the flow around the aerosol inlet slit was analyzed, and the resulting particle mobility distribution was compared with that for an ideal flow. The resulting flow effect on the penetration efficiency caused by the inlet and exit slits were negligible when a well-designed system was used. The experimental measurements of mobility distributions were in good agreement with the theoretical prediction of particle size ranges over 10 nm, but some discrepancies were observed below 10 nm in size. The numerical calculation estimated the discrepancy found under the 10 nm particle size ranges.

Keywords: Long Differential Mobility Analyzer, Nanoparticle,

## 1. 서론

대기중에 존재하는 입자들이 인체에 미치는 영향에 있어, 입자를 구성하는 화학적 조성 이외에도 입자의 크기가 중요한 요인으로 작용한다. 100nm 이하의 입자의 경우, 이 보다 큰 입자에 비해 인체 내부로의 유입 가능성이 높고, 유입 위치도 더 깊어진다. 입자의 크기에 따른 영향을 살펴보기 위해서는 수 마이크로 크기의 입자와 수십 나노 크기의 입자를 함께 측정할 수 있는, 넓은 범위에 적용 가능한 측정 장비가 요구되고 있다. 본 연구에서는 LDMA를 이용하여, 5-30nm 크기의 은 입자의 측정 성능을 실험적, 수치적 방법을 이용하여 살펴보고자 한다.

## 2. 실험 및 수치 해석

LDMA의 성능 평가를 위해서 Nano-DMA (Model 3085, TSI, USA), LDMA를 이용한 Tandem setup을 이용하여 실험을 수행하였다. (그림. 1) 증발/응축법을 이용하여 5 - 30nm 크기의 은 입자를 발생시킨 후, <sup>241</sup>Am  $\alpha$ -ray 하전장치를 거쳐 DMA로 공급하였고, LDMA 전/후단에서 CNC(Model 3022A, TSI, USA)를 이용하여 입

자의 수농도를 측정하였다. Aerosol flow와 sheath flow의 유량은 각각 1.5 l/m, 15 l/m의 조건에서 실험을 수행하였다.

LDMA 내부에서 입자의 거동 해석을 위해, Langevin 방정식을 이용하였다. 내부 유동과 전기장은, 분류 채널의 형상을 simplified geometry와 입자 유입부의 형상을 고려한 complex geometry를 이용하여, 각각 Navier-Stokes 방정식과 Laplace 방정식을 상용 Solver(CFD-ACE+, CFD Research Corp.)를 이용하여 얻었다.

실험 및 수치 해석 결과와 Stolzenburg의 전달함수와 비교하였다. (그림 2)

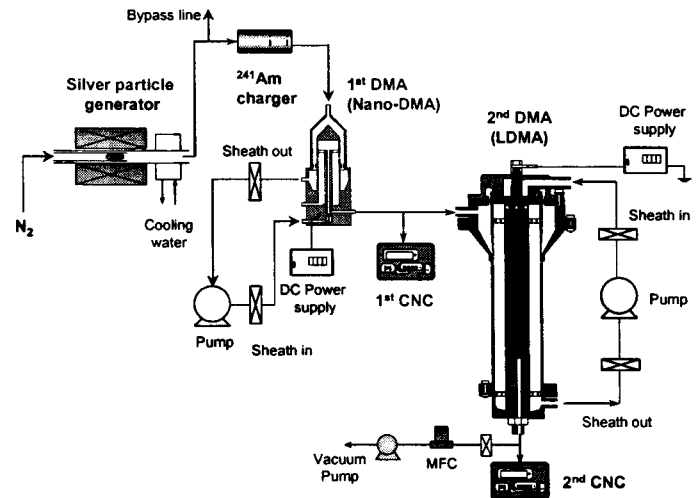


그림 1 Schematic diagram of the experimental setup

#### 4. 결론

LDMA의 작동 유량의 조절을 통해 30nm 이하의 크기를 가지는 입자의 실시간 측정이 가능하였다. 수치해석에 사용된 geometry에 따른 결과의 차이는 없었으며, LDMA에 적용된 slit 형상은 나노 입자의 전기 이동도 측정에 큰 영향이 없음을 알 수 있다.

참고문헌(신명조,10,Bold)

- (1) Myojo *et al.* (2004) Size Measurement of Polystyrene Latex Particles Larger than 1 Micrometer using a Long Differential Mobility Analyzer. *Aerosol Sci. Technol.* 38, 1178-1184.
- (2) Shimada *et al.* (2005) Development of an LDMA-FCE System for the Measurement of Submicron Aerosol Particles. *J. Chem. Eng. Japan* 38(1), 34-44.
- (3) Stolzenburg, M. R. (1988). An ultrafine aerosol size distribution measuring system. Ph.D. University of Minnesota.

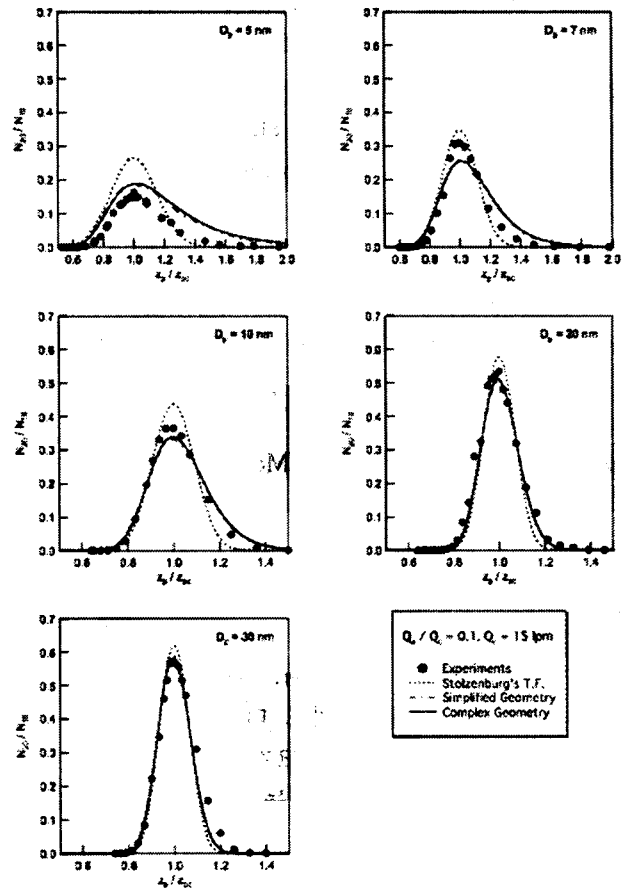


그림 2 Experimental, Numerical calculation using a simplified and complex geometry, and the Stolzenburg diffusing transfer function.