

액적 발생 장치 개발 및 성능 평가

허정혁¹, 김대성^{1*}

¹동성산업(AERIS) 부설 연구소

Development and Performance Evaluation of a Liquid Particle Generator

Junghyuk Heo¹ and Dae Seong Kim^{1*}

¹Dongsung Industry corporation(AERIS) Research Institute

요약 본 연구에서는 미세 액적을 발생시키는 액적 발생 장치를 개발·제작하고 이에 대한 성능 평가를 실시하였다. 액적 발생 장치는 spray-evaporation method를 기초로 제작하였으며, 0.3mm, 0.5mm의 오리피스를 사용하였다. 압축 공기 공급 압력을 1bar에서 4bar로 증가시키면서 공급 압력에 따른 발생하는 액적 크기의 미세 정도를 비교하였다. 또한 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer)와 OPC(Optical Particle Counter)를 이용하여 서로 다른 오리피스를 장착한 액적 발생 장치에서 발생하는 액적의 크기 분포를 측정하였다. 연구 결과, 0.3mm 오리피스를 장착한 장치에서 발생하는 액적은 0.3 μ m 인근의 크기가 가장 많았으며, 미립화되는 입자는 매우 안정적이었다. 또한 0.5mm 오리피스를 장착한 장치가 0.3mm 오리피스를 장착한 장치에 비해 발생하는 액적의 크기가 큰 것으로 나타났다. 이러한 액적 발생 장치는 입자의 미세한 응집 현상이 나타나는데, 이것은 내부 액체가 미세한 액적으로 미립화되어 분사되기 때문인 것으로 사료된다. 본 연구에서 제작한 액적 발생 장치는 미세 입자를 미립화하기 위한 에어로졸 발생 장치로 사용 가능한 것으로 판단된다.

Abstract In this work, we developed and evaluated the Liquid Particle Generator for generating fine particles in the air. The Liquid Particle Generator, which was based on the spray-evaporation method, had two kinds of orifices: 0.3 mm and 0.5 mm. The Liquid Particle Generator was operated at different pressure between 1 bar and 4 bars to find relationship between input pressure and droplet output rate. In addition, the size distribution of the droplets generated by the Liquid Particle Generator with different orifices was measured by the SMPS system and the optical particle counter. As a result, it was shown that the Liquid Particle Generator with 0.3 mm orifice generated droplets of around 0.3 μ m and atomized particles very stably. The Liquid Particle Generator having 0.5 mm orifice generated bigger droplets, compared with the Liquid Particle Generator with 0.3 mm orifice. Additionally, in these Liquid Particle Generators (0.3 mm and 0.5 mm orifice), little coagulation of particles did occur because of fine droplets atomized by the jet. Therefore, the Liquid Particle Generator could be used as an aerosol generator for atomizing fine particles.

Key Words : Liquid Particle Generator, Atomization, orifice, droplet, SMPS

1. 서론

미립화(Atomization)란 일정 체적의 액체가 수많은 미세 액적으로 분열되는 현상으로, 이러한 원리를 통해 미

세한 입자를 발생시키는 분무 장치는 그 장치의 효율성으로 인해 연료 분사, 분무 건조, 분무 도장, 농약 살포 등의 실생활과 의료 기기, 용융 금속의 금속 분말의 제조 등 전반적인 산업 현장을 포함한 여러 분야에 폭 넓게 사용되고 있다[1]. 액체의 미립 방식은 그 적화(適化) 방식

본 논문은 환경부 차세대에코이노베이션기술개발사업(401-112-017) 연구비 지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Dae Seong Kim

Tel: +82-31-221-8610 email: dskim94@hanmail.net

접수일 12년 06월 27일 수정일 (1차 12년 08월 08일, 2차 12년 08월 22일, 3차 12년 08월 27일) 게재확정일 12년 09월 06일

에 따라 분류 할 수 있는데, 액체에 압력을 가하여 작은 오리피스 구멍을 통과시키는 가압 노즐법, 회전판에 의해 액체에 원심력을 주어 적화하는 원심 분무법, 기체의 운동 에너지를 이용하여 미립 후 적화하는 이류체 노즐법의 3가지로 대표 할 수 있다[2]. 최근 대두되고 있는 에너지 자원의 고갈과 국제 사회의 유가 상승에 대비하여 연료의 미립화에 따른 표면적 증가를 통해 연소 효율을 높여 자동차의 연비 향상을 촉진시키고, 점차 강화되는 유해 배출 가스 규제 대응에 대비하기 위함에 있어 에너지 자원의 효율적인 이용과 배출 가스 정화 측면에서의 액체 미립화는 매우 중요한 핵심기술이다[3-4]. 하지만 국내의 미립화 기술에 관한 관심은 그 중요성에 비해 현저히 낮으며, 다른 연구 분야에 비하여 매우 취약한 실정이기 때문에 앞으로의 많은 미립화 연구 개발이 요구되고 있다.

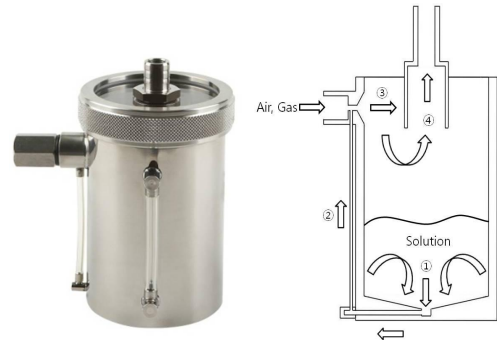
따라서 본 연구에서는 국내 취약한 미립화 연구의 관심을 이끌어내고 향후 기술 개발과 발전에 이바지하는데 목적을 두어 기체를 유입하여 내부의 액체 및 입자를 오리피스 구멍에 통과시켜 미립화가 이루어지는 가압 노즐 방식의 액적 발생장치를 제작하였다. 또한 이에 대한 성능 평가를 위해 각 오리피스(직경 0.3, 0.5mm)를 장착한 장치에 대하여 유입 기체의 압력 조건을 변화시켰을 때의 미립화 특성을 비교하였다.

2. 연구방법

2.1 액적 발생 장치 제작

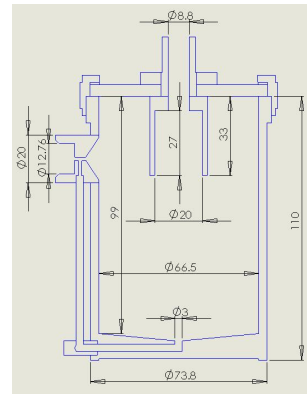
본 연구에서 제작한 액적 발생 장치(동성산업 Model DS-A103)는 직경이 0.3, 0.5 및 0.7mm인 원형 오리피스를 사용하여 입자를 발생시키는 것으로 그 원리는 다음과 같다. 압축 공기가 오리피스를 통과 할 때 높은 속도의 제트 기류를 형성하면서 급히 확장된다. 이 때 형성된 제트 기류가 오리피스 주변을 저기압으로 변화시킴으로써, 장치 내부에 담겨있는 액체가 오리피스로 끌려 올려 진다. 오리피스에 도달한 액체는 제트기류에 의해 공기 중으로 분사되는데, 여기서 큰 액적은 제트 기류 맞은편에 있는 벽에 부딪쳐 제거되고, 공기 중으로 분사되지 못한 잉여 액체는 장치 속으로 흘러 들어간다. 결국 미세한 액적만 유체의 흐름에 따라 액적 발생 장치의 출구를 통하여 밖으로 발생되는 원리이다. 제작품은 기존의 다른 장치와는 다르게 사용되는 오리피스의 직경이 작고, 장치 내부의 하단부에 경사를 주어 채워진 고가의 용액들의 사용량을 높힐 수 있으며, 또한 straw를 외부로 노출시켜 장치 내부의 교반이 잘 일어나도록 제작하였다.

액적 발생 장치는 SUS(Steel Use Stainless) 316의 재질로써 크기 90mm(L)×90mm(W)×120mm(H), 무게 1.3kg으로, 공기 유입부는 직경 8mm one-touch 커넥터, 입자 발생부는 직경 1/4 inch SUS 튜브를 기본적으로 장착하였으며, 다른 크기로 교체 가능하도록 제작하였다. 또한 오리피스의 직경에 따라 발생 입자의 크기분포가 다르고, 발생량 차이를 보이기 때문에 사용 용도에 맞게 오리피스를 교체할 수 있도록 제작하였다. 장치의 세부적인 변수는 표 1에 기술하였다.



[그림 1] 액적 발생 장치의 원리

[Fig. 1] Principle of liquid particle generator



[그림 2] 액적 발생 장치의 제작 치수

[Fig. 2] Dimension of liquid particle generator

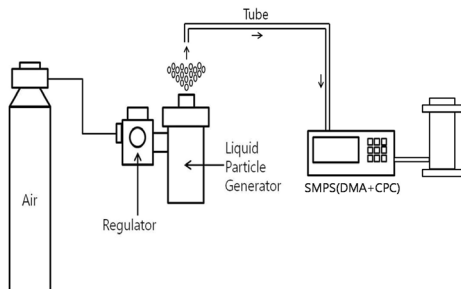
2.2 액적 발생 장치의 성능 평가

[표 1] 액적 발생 장치 실험 변수와 범위

[Table 1] Experiment variable and range of liquid particle generator

Gas	Air, Nitrogen
Flow rate	3.1ℓ /min (2atm, 0.3mm orifice)
Operating pressure	15-60 psi
Weight	1.3kg
Dimension	90mm(L) × 90mm(W) × 120mm(H)

본 연구에서 제작한 액적 발생 장치의 성능을 평가하기 위해 장치 내부에 D.I(Deionized) water를 채운 후 각 오리피스(직경 0.3, 0.5mm)를 장착한 장치에 대하여 압축공기의 공급 압력 조건을 변화시켰을 때 유량, 용액 발생량(소모량) 및 입자 크기 분포를 확인하였다. 본 실험을 수행하기 위한 실험 장치의 개략도를 그림 3에 도시하였는데, 액적 발생 장치에 압력조절장치(Regulator)를 연결하고 직경 8mm인 공압 튜브를 압축공기 발생 장치와 압력조절장치의 기체 유입부에 연결하여 공급 압력을 1bar, 2bar, 3bar, 4bar로 변화시켰을 때의 유량, 용액 발생량(소모량) 및 입자 크기 분포를 비교하였다. 발생 유량은 장치 내부에 D.I water를 채우지 않은 상태에서 액적 발생부와 유량계(TSI, Model 4199)사이에서 Tygon tube를 연결하여 측정하였으며, 용액 발생량(소모량)은 장치 내부의 면적과 채워진 D.I water의 가동 전후 높이 변화를 통해서 계산하였다. 또한 발생하는 입자의 크기 분포는 SMPS(Scanning Mobility Particle Sizer)를 이용하여 측정하였는데, 이는 입자를 전기적 이동도에 따라 분리할 수 있는 DMA(Differential Mobility Analyzer)와 분류된 입자를 계수할 수 있는 응축입자계수기(CPC, Condensation Particle Counter)로 구성된다.[5] 측정원리는 전하를 지닌 입자가 전기장이 작용하는 DMA 내부를 통과할 때, 입자에 작용하는 정전기력과 유체 속도에 의한 힘의 평형이 이루어진다. 이것은 입자의 크기에 따라 변하게 되는데, 이때 발생하는 입자의 전기적인 이동도의 차이로 입자를 분리시킨다. 크기에 따라 분리된 입자는 CPC에 의해 입자 농도가 계수된다.[6] 본 연구에서는 동성산업의 Long DMA(Model DS-5115L), DMA Controller(Model DS-4201B)와 TSI사의 광학적 입자 계수기인 CPC(Model 3772)와 결합한 SMPS를 이용하여 측정하였다.



[그림 3] 액적 발생 장치 성능평가 개략도
 [Fig. 3] Schematic diagram of liquid particle generator

3. 결과 및 고찰

3.1 압력 변화에 따른 각 오리피스별 유량 변화 및 용액 발생량

공급 압력 조건을 변화시켰을 때의 각 오리피스별 유량 변화 및 용액 발생량(소모량)의 상세 결과를 표 2에 기술하였다. 실험 결과, 공급 압력을 증가시켰을 때 유량 및 용액 발생량(소모량)은 직경 0.3mm와 0.5mm 오리피스를 장착한 장치 둘 다 증가하였으며, 이를 세부적으로 보면 다음과 같다. 0.3mm 오리피스의 경우 공급 압력을 1bar 간격으로 증가시켰을 때, 압력 구간별 유량 증가는 0.85 l/min(1bar에서 2bar로 증가 시), 0.82 l/min(2bar에서 3bar로 증가 시), 0.81 l/min(3bar에서 4bar로 증가 시)으로 비슷한 증가량을 보였다. 그리고 0.5mm 오리피스를 장착한 장치의 경우, 2.43 l/min(1bar에서 2bar로 증가 시), 2.32 l/min(2bar에서 3bar로 증가 시), 2.42 l/min(3bar에서 4bar로 증가 시)으로 앞서 언급한 0.3mm 오리피스를 장착한 장치와 유사하게 공급 압력 1bar 증가 당 유량 증가량은 비슷한 수치를 보였다. 또한 오리피스의 구멍이 상대적으로 큰 0.5mm 오리피스에서의 유량 뿐만 아니라 용액 발생량(소모량)이 많은 것으로 나타났는데, 이것은 발생 유량의 증가로 인해 입자 발생 노즐에서 더 낮은 정압이 형성되어 더 많은 용액이 발생된 것으로 사료된다.

[표 2] 공급 압력 조건에 따른 각 오리피스별 유량 및 용액 발생량 변화

[Table 2] Relationship between input pressure and aerosol output rate of the liquid particle generator with different orifices

0.3mm Orifice		
Pressure(bar)	Flow rate (l /min)	Liquid generation (ml/hr)
1	1.57	2.90
2	2.42	4.81
3	3.24	4.99
4	4.05	7.79
0.5mm Orifice		
Pressure(bar)	Flow rate (l /min)	Liquid generation (ml/hr)
1	4.26	6.30
2	6.68	8.46
3	9.00	9.50
4	11.42	13.91

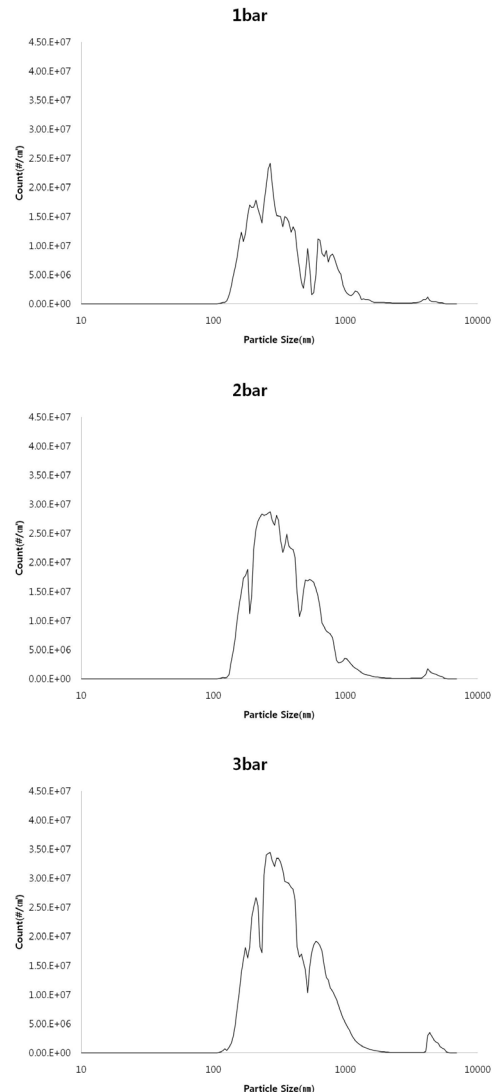
각 오리피스별 용액 발생량(소모량)을 측정하기 위해

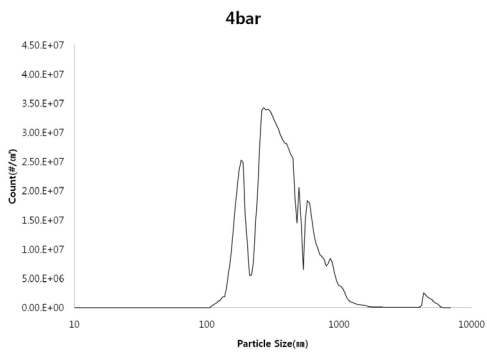
약 4시간 동안 장치를 가동하여 발생된 양(소모된 양)을 분석하였는데, 각 오리피스 모두 3bar에서 4bar로 증가시켰을 때의 발생량(소모량) 증가가 가장 높았으며, 2bar에서 3bar로 증가시켰을 때 가장 낮게 나타났다. 2bar에서 3bar의 범위에서의 용액 발생량(소모량)은 공급 압력 증가와 함께 유량은 증가하지만, 그 발생량(소모량) 변화는 미미한 차이를 보였으며, 3bar에서 4bar 범위에서의 용액 발생량(소모량)은 공급 압력이 변할수록 그 변화 수치는 가장 크게 나타났다. 이는 3bar에서 4bar 범위에서의 공급 압력 변화에 따른 장치의 미립화가 잘 이루어진다는 것으로 판단된다.

3.2 압력 변화에 따른 각 오리피스별 입자 크기 분포

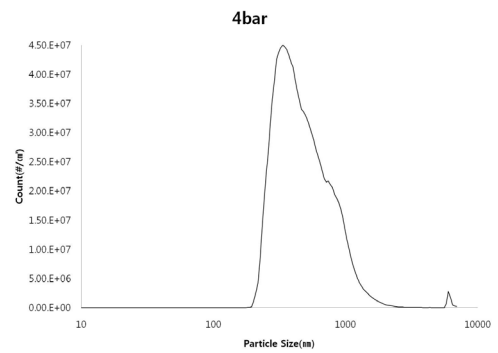
공급 압력 조건을 변화시켰을 때의 각 오리피스별 발생 입자 크기 분포를 확인하기 위해 SMPS를 이용하여 측정된 결과를 그림 4에 도시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 0.3mm 오리피스를 장착한 장치가 0.5mm 오리피스를 장착한 장치에 비해 상대적으로 미세 액적 농도(liquid number concentration)가 높았으며, 이는 장치 내부에 담겨 있는 액체가 통과하는 오리피스의 직경이 작을수록 미세한 액적을 발생하는 것으로 사료된다. 하지만 입자 크기를 고려하지 않는 총 입자 발생률(Total number concentration)은 0.5mm 오리피스를 장착한 장치가 높은 것으로 나타났으며, 상대적으로 용액 발생량(소모량)이 많이 때문에 발생하는 총 입자가 높게 나타나는 결과를 보였다고 판단된다. SMPS와 OPC(Optical Particle Counter)로 측정된 입자 크기 분포(6.85nm-10 μ m)를 구간 별로 나누어 비교해 보면, 6.85-10.2nm의 입자 크기 범위에서는 0.3mm 오리피스를 장착한 장치에서의 발생률이 높았으며, 10.6-66.1nm의 범위에서는 서로 비슷하거나 0.5mm 오리피스를 장착한 장치에서의 발생률이 약간 높은 결과를 보였다. 그리고 68.5-300nm의 범위에서는 0.3mm 오리피스를 장착한 장치가, 300nm 이상의 큰 입자는 0.5mm 오리피스를 장착한 장치의 발생률이 대체적으로 높은 결과를 보였다. 이상의 결과는 입자 크기가 작은 범위에서의 액적 발생률은 압축공기 및 내부 액체가 통과하는 오리피스의 구멍이 상대적으로 작은 0.3mm 오리피스를 장착한 장치에서의 발생률이 높으며, 입자 크기가 큰 범위로 이동할수록 오리피스의 구멍이 큰 0.5mm 오리피스 장착 장치의 발생률이 높다는 것으로 해석할 수 있다. 한편 공급 압력 별로 비교해 보면 0.3mm 오리피스를 장착한 경우 300nm (0.3 μ m)의 입자 크기를 기준으로 공급 압력 조건이 4bar일 때 약 3.37 $\times 10^7$ 개로 미세 액적 발생률이 가장 높았으며,

그 다음으로 3bar=약 3.34 $\times 10^7$, 2bar=약 2.81 $\times 10^7$, 1bar는 약 1.52 $\times 10^7$ 순의 미세 액적 발생률을 보였다. 0.5mm 오리피스를 장착한 장치에 대해서는 공급 압력 조건이 4bar일 때 약 4.25 $\times 10^7$ 개로 미세 액적 발생률이 가장 높았으며, 3bar=약 3.87 $\times 10^7$, 2bar=약 3.53 $\times 10^7$, 1bar는 약 2.73 $\times 10^7$ 순의 미세 액적 발생률을 보였다. 이상의 결과를 보면 액적 크기를 고려하지 않는 총 액적 발생률은 0.3mm, 0.5mm 오리피스를 장착한 장치 모두 압력이 높을수록 발생률이 많은 것으로 나타났으며, 발생하는 액적 크기와 총 액적 발생률은 각각 액적 발생 장치에 장착되는 오리피스의 구멍 크기, 공급되는 압축 공기의 압력에 의해 결정된다는 것으로 판단된다.





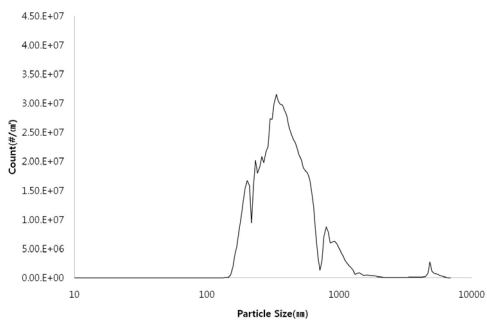
(a)



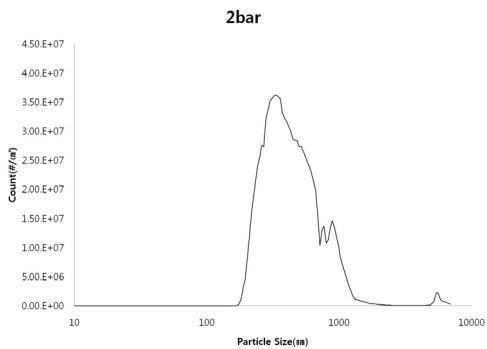
(b)

[그림 4] 공급 압력 조건에 따른 각 오리피스별 입자 크기 분포

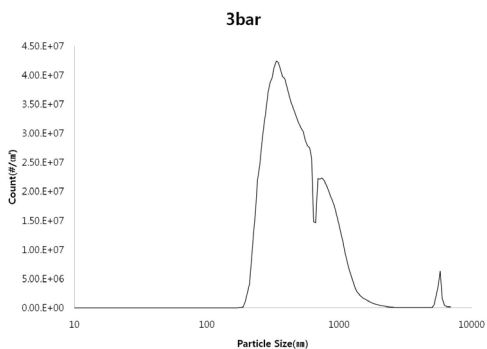
[Fig. 4] Size distribution of the droplets made by the liquid particle generator at various input pressures. (a) 0.3mm orifice and (b) 0.5 mm orifice.



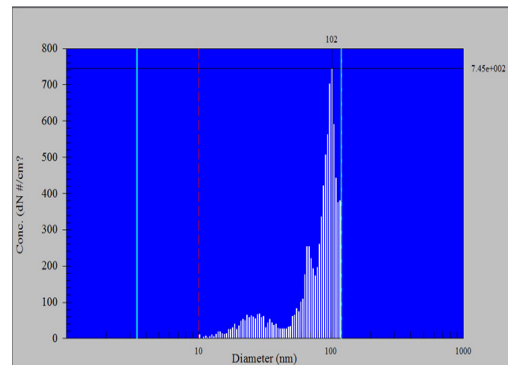
1bar



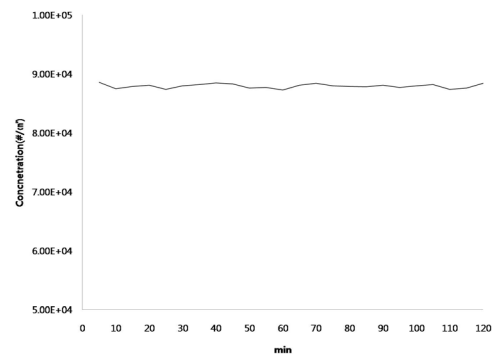
2bar



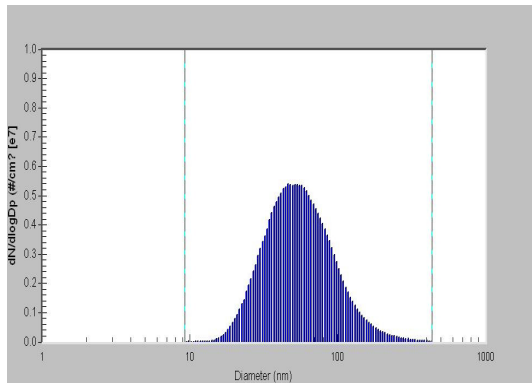
3bar



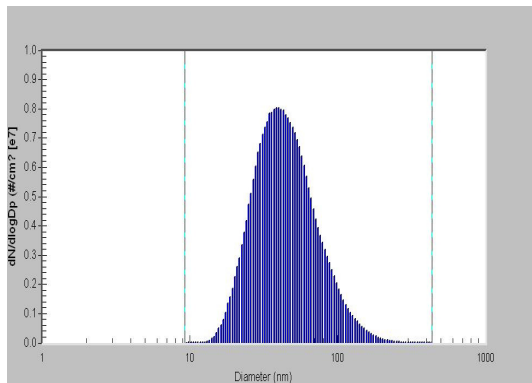
[그림 5] PSL 100nm 입자 발생 후 입자 크기 분포 측정 결과
[Fig. 5] Size distribution of 100nm PSL particles after generating particles using the atomizer.



[그림 6] 시간에 따른 PSL 입자 발생량 변화
[Fig. 6] Concentration of PSL particles generated by the liquid particle generator.



(a)



(b)

[그림 7] NaCl 입자 발생 후 각 오리피스별 입자 크기 분포
[Fig. 7] Size distribution of NaCl after generating particles using the atomizer. (a) 0.3mm orifice and (b) 0.5 mm orifice.

그림 5는 표준입자로 사용 빈도가 높은 PSL (Polystyrene Latex) 100nm 입자를 액적 발생장치에 의해 발생시켜 SMPS로 측정된 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 표준입자의 크기인 100nm의 개수 농도가 매우 높게 계수되는 것을 알 수 있으며, 이것은 액적 발생장치의 성능이 우수하다고 판단할 수 있다. 또한 100nm 입자 이외의 다른 크기 입자가 측정되는 것은 PSL을 희석시킨 solution의 불순물 및 SMPS 내부의 잔류 입자가 측정되는 것이라 사료된다. 한편 시간 흐름에 따른 입자의 발생량을 확인하기 위해 0.5mm orifice를 장착한 장치에 압축공기 공급 압력을 1bar로 고정하여 120분간 발생시킨 입자를 CPC로 계수, 이를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 보듯이 시간이 흐를수록 액적 발생장치에서 발생하는 입자의 개수 농도는 미세한 변화를 보이지만 변동이 거의 없는 수준으로 일정하게 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 7은 압축 공기를 일정한 압력으로 공급하

면서 D.I water에 NaCl를 용해시켜 0.3, 0.5mm 오리피스를 장착한 각각의 액적 발생장치로 발생 시킨 후, SMPS로 발생하는 입자의 크기 분포를 측정된 것이다. 그림에 나타나듯이 0.3mm 오리피스에 비해 0.5mm 오리피스를 장착한 장치에서의 입자 크기 분포가 상대적으로 미세하고, 발생하는 수 농도가 높은 것을 알 수 있다. 결과에 나타난 바와 같이 액적 발생장치 내부의 NaCl solution이 Diffusion dryer를 통과한 후 발생하는 NaCl 입자는 오리피스의 직경에 따라 입자 크기 분포가 결정된다는 것을 나타낸다. 또한 입자의 크기가 작을수록 액체나 기체 안에 떠서 움직이는 불규칙한 운동, 즉 Brownian motion이 크며, 입자 간 서로 뭉치는 응집력이 크기 때문에[7], 0.3 mm 오리피스를 장착한 장치의 경우 발생하는 NaCl 입자는 0.5mm 오리피스에 비해 입자 크기는 작고 수농도는 높으나, 유량이 작아 입자의 체류시간이 길고 충돌 현상으로 인해 입자 간에 응집이 이루어져 입자의 크기가 커짐과 동시에 수농도는 작아지는 것으로 사료된다. 향후 제작품의 상용화 및 최적의 성능 확인을 위해서는 공급 압력과 오리피스의 다양한 범위에서의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 기체를 유입하여 장치 내부의 액체를 원형 오리피스 구멍에 통과시켜 액체의 미립화가 이루어지는 가압 노즐 방식의 액적 발생 장치를 제작하여 이에 대한 성능 평가를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

압축 공기 공급 압력을 1bar씩 증가시켰을 때 압력 구간별 유량 증가량은 각 오리피스 모두 거의 일정한 수치의 유량 증가를 보였으며, 장치 내부의 액체가 통과하는 구멍의 직경이 상대적으로 큰 0.5mm 오리피스를 장착한 장치의 유입 유량이 크다는 것을 알 수 있었다. 또한 공급 압력 증가에 따른 용액 발생량(소모량)은 각 오리피스 모두 증가 하였으나, 압력 구간별 증가 수치는 불규칙적으로 증가하였으며, 3bar에서 4bar로 증가시켰을 때의 용액 발생량(소모량)이 가장 높았다. 이는 이 구간에서의 용액 발생량은 압력 변화에 민감하게 반응하고 있으며, 장치의 미립화 효율이 다른 압력 구간에 비해 상대적으로 높다는 것을 알 수 있었다.

한편 개발 장치에서 발생하는 액적 입자의 크기 분포는 액체가 통과하는 오리피스의 구멍이 상대적으로 작은 0.3mm 오리피스의 미세 액적 발생률이 높았으며, 오리피스 구멍의 직경과 발생하는 액적의 크기와의 관계, 압축 공기 공급 압력과 총 액적 발생량과의 관계는 서로 상관

성이 있는 것을 알 수 있었다. 또한 NaCl 입자 크기분포를 측정된 결과, 0.3mm 오리피스를 장착한 장치에서 입자의 응집 현상으로 인해 입자 크기가 증가하고 이에 따라 수농도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 결과를 통해 본 연구의 제작품인 액적 발생장치는 우수한 성능을 보였으며, 향후 다양한 조건에서의 성능 평가가 요구된다.

References

- [1] Lee, C.S., "Atomization and Spray Characteristics of Liquid Fuel", Journal of Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 10, No. 4, pp.14-18, 1998
- [2] Jang, S.H., Lee, D.H., You, G.W., Choi, S.M., "Atomization of the High Speed Rotary Nozzle with Orifice Diameter", Journal of ILASS-Korea Academic Lectures, pp.61-65, 2008
- [3] Seo, S.H., Park, S.W., Lee, C.S., "A study on the atomization characteristics of the impingement spray", Journal of ILASS-Korea Academic Lectures, pp.94-101, 2003
- [4] Yoo, Y.R., "High Pressurization Technologies for Atomization", Journal of ILASS-Korea Academic Lectures Academic Lectures, pp.11-20, 2011
- [5] Woo, D.K., Lee, S.B., Bae, G.N., Kim, T.S., "Comparison of Ultrafine Particles Monitored at a Roadside Using an SMPS and a TR-DMPS", Journal of Korea Society for Atmospheric Environment, Vol. 24, NO. 4, pp.404-414, 2008
- [6] Lee, J.W., Kim, H.S., Jeong, Y.I., "Effects of Particle Measuring Conditions on Diesel Nanoparticles Distribution", Journal of Korea Society for Atmospheric Environment, Vol. 22, NO. 5, pp.653-660, 2006
- [7] Kim, D.S., Park, S.H., Kim, D.H., Lee, K.W., "Brownian Coagulation of Polydisperse Aerosols in the Transition Regime", Journal of Aerosol Science, Vol. 34, NO. 6, pp.859-868, 2003

허 정 혁(Junghyuk Heo)

[정회원]



- 2010년 2월 : 상명대학교 환경공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 상명대학교 일반대학원 바이오환경기반공학과 (공학석사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : 동성산업(AERIS) 부설연구소 선임연구원

<관심분야>

나노입자생성·제어, 대기환경 측정기술

김 대 성(Dae Seong Kim)

[정회원]



- 1998년 2월 : 조선대학교 환경공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 광주과학기술원 환경공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 광주과학기술원 환경공학과 (공학박사)
- 2006년 4월 : 서울대학교 정밀기계설계공동연구소 선임연구원
- 2009년 3월 : (주)현대교정인증기술원 선임연구원
- 2009년 9월 : 광주과학기술원 연구 조교수
- 2011년 6월 : 한국표준과학연구원 선임연구원
- 2011년 7월 ~ 현재 : 동성산업(AERIS) 부설연구소 연구소장

<관심분야>

나노입자생성·제어, 대기환경 측정기술