

# 습식 다층 다단 다공성 플레이트 시스템의 집진특성 Collection Characteristics of Wet-type Multi-layered and Multi-staged Porous Plate System

여석준\*† · 김주연\*\*

Seok-Jun Yoa\*† and Joo-Yeon Kim\*\*

(접수일 : 2013년 10월 24일, 수정일 : 2014년 02월 25일, 채택확정 : 2014년 03월 04일)

**Abstract:** The main object of this study is to investigate the collection characteristics of wet-type multi-layered and multi-staged porous plate system experimentally. The experiment is carried out to analyze the characteristics of pressure drop and collection efficiency for the present system with the experimental parameters such as water spray, inlet velocity, stage number and inlet particle concentration, etc. In results, for the present system of wet-type, the pressure drop represents 158 mmH<sub>2</sub>O higher 3% than that in dry-type at 5 stage and  $v_{in}=3.53$  m/s. In case of 5 stage,  $v_{in}=3.53$  m/s and water spray 250 ml/min, the collection efficiency of the present system becomes significantly higher as 99.7% comparing to that of the conventional wet-type scrubber. Additionally, for 5 stage and 250 ml/min, SO<sub>2</sub> removal efficiencies decrease with the increment of inlet velocity representing 75.0, 62.5, 50.0%, at  $v_{in}=2.12, 2.82, 3.53$  m/s, respectively.

**Key Words :** Multi-layered and Multi-staged Porous Plate, Pressure Drop, Collection Efficiency, Water Spray

## — 기 호 설 명 —

$C_c$  : Cunningham 보정계수  
 $d_i$  : plate 간의 간격 [mm]  
 $d_{p,cut}$  : 절단입경 [ $\mu$ m]  
 $H$  : Henry 상수  
 $m_{in}, m_{out}$  : 입·출구 중량농도 [ $g/m^3$ ]  
 $P_A$  : 기체분압  
 $P_n$  : plate 전단부에서의 압력 [mmH<sub>2</sub>O]  
 $P_{n+1}$  : plate 후단부에서의 압력 [mmH<sub>2</sub>O]

$Stk$  : Stokes 수  
 $v_{in}, v_t$  : 유입유속, 튜브통과유속 [m/s]  
 $W$  : 튜브의 직경 [mm]  
 $X_A$  : 액상 중의 가스농도

## 그리스 문자

$\eta_t$  : 총괄집진효율 [%]  
 $\mu$  : 가스의 점성계수(viscosity) [ $g/cm\cdot s$ ]  
 $\rho$  : 가스의 밀도 [ $g/cm^3$ ]  
 $\rho_p$  : 입자의 밀도 [ $g/cm^3$ ]

\*† 여석준(교신저자) : 부경대학교 환경공학과  
E-mail : sjyoa@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6526  
\*\*김주연 : 부경대학교 환경공학과

\*† Seok-Jun Yoa(corresponding author) : Department of Environmental Engineering, Pukyong National University.  
E-mail : sjyoa@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6526  
\*\*Joo-Yeon Kim : Department of Environmental Engineering, Pukyong National University.

## 1. 서 론

각종 발전 및 산업시설, 운송시설에서 발생하는 대기오염의 심각성으로 인해 대기환경에 대한 관심이 집중되고 있고, 대기오염물질 배출규제가 강화됨에 따라 저비용, 고효율의 대기오염 방지시설이 절실히 요구된다.

대기오염물질은 매연, 먼지, 중금속 등의 입자상 오염물질과 SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOCs(휘발성 유기화합물) 등의 가스상 오염물질로 분류될 수 있다. 이러한 가스상 및 입자상 오염물질을 동시 제거하기 위해 세정집진기가 주로 사용된다. 세정집진기는 분진을 수반하는 가스 등을 미세 액적에 의해 세정하여 제거하는 장치이다. 일반적으로 세정집진기는 일반 건식 집진장치에 비해 처리가스의 온도 및 습도에 큰 제한을 받지 않는다. 주요 세정집진기로는 벤투리 스크러버(Venturi scrubber), 사이클론 스크러버(cyclone scrubber), 충전탑, 분무탑 등이 있다. 이 중 벤투리 스크러버는 세정집진기 중 고효율(90% 이상)의 장점을 지니지만, 압력손실(300 mmH<sub>2</sub>O 이상)이 타 세정기에 비해 매우 높으며 세정액이 대량으로 요구되어 운전비가 많이 소요된다는 단점을 가지고 있다. 더욱이 기존 세정집진기의 문제점은 대기 오염물질 처리시 분사되는 미세 액적의 장치외부로의 배출 가능성이 크며, 이를 해결하기 위해 장치 출구에 demister(일종의 filter type)를 설치하여 액적의 배출을 최소화 되도록 한다. 그러나 demister 설치시 미세 액적과 함께 응집된 먼지 등에 의하여 demister의 공극이 폐쇄되어 demister를 주기적으로 교체해주어야 하는 문제점이 발생한다.<sup>1-4)</sup>

본 연구는 적정한 압력손실(150 mmH<sub>2</sub>O 정도)에 고효율(95% 이상)을 유지할 수 있는 시스템에 기존의 습식세정기의 문제점인 demister의 설치 없이 미세 액적의 배출을 최소화할 수 있는 습식세정 집진장치를 연구·개발하는 것이 중요 목적이다. 본 시스템의 분진을 함유한 가스는 튜브를 통과하면서 높은 속도의 분사류를 형성하여 다음 단의 블랙박스(black box) 내로 유입되며, 이 때 높은 관성력의 분진입자는 기류를 이탈하여 블랙

박스 내에 포집된다. 포집되지 않은 미세 입자는 2단 이상 배열된 복층의 다공성 플레이트를 통해 다음 단으로 이동하여 포집될 수 있으며 위의 과정을 반복하면서 집진효율은 상승하게 된다. 더욱이, 시스템의 전단에 물 분사 시스템을 도입하여 분사된 미세 액적에 의해 분진입자의 포집효율을 상승 및 가스상 오염물 동시 처리를 유도할 수 있다.(Fig. 2) 본 습식 다층 다단 다공성 플레이트 시스템의 압력손실 및 집진특성을 해석하기 위해 시스템 유입유속, stage 수, 물 분사량 및 분진농도 등의 실험변수에 따른 연구를 수행하였다.<sup>5-6)</sup>

## 2. 실험 장치 및 방법

### 2.1 실험 장치

본 연구에서 사용된 실험장치 구성을 살펴보면 분진 공급장치, 가스 주입장치, water spray, 다층 다단 다공성 플레이트 시스템 본체, 유입유속·압력손실 및 집진 효율 등을 측정할 수 있는 계측시스템으로 이루어져 있으며, 유입유속, 압력손실 및 SO<sub>2</sub> 측정은 각각 열선풍속계(model 6162 Kanomax, accuracy ±3%), 압력측정장비(midi LOGGER GL800 GRAPHTEC, accuracy ±0.25%), SO<sub>2</sub>계측장비(E8500, E Instruments, accuracy ±4%)를 사용하여 계측하였으며, 집진효율은 중량법으로 측정하였다.<sup>7)</sup>

Fig. 1은 본 집진장치의 전체 시스템에 관한 모식도이다.

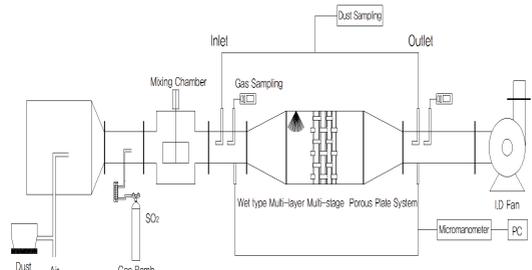


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

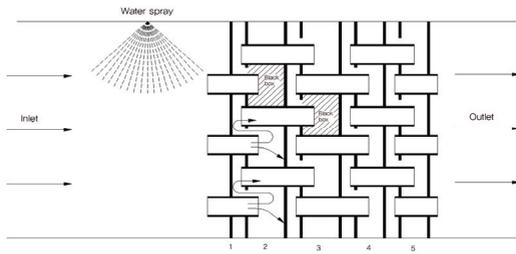


Fig. 2 Schematic diagram of wet type multi-layered and multi-staged porous plate system

Fig. 2는 본 연구실에서 선행연구로 개발된 건식 다층 다단 다공성 플레이트(MMPP) 시스템의 튜브 및 블랙박스의 결합구조를 변형시켜 물 분사 도입에 의한 미세 액적의 배출을 최소화하도록 유도한 습식 다층 다단 다공성 플레이트 시스템에 관한 모식도이다. 시스템 전단에 water spray 시스템을 도입하고, 장치 본체에 장착된 다공성 플레이트는 폭 150 mm, 높이 180 mm 및 홀 직경 14 mm인 튜브를 사용하였으며, 다층(복층)의 플레이트를 통과하는 튜브는 다음 단의 플레이트 통과 튜브와 교차되면서 5단으로 구성되도록 하였다.

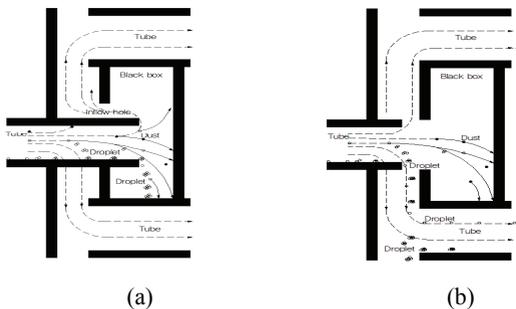


Fig. 3 Schematic diagram of collection mechanism for wet and dry type system

Fig. 3-a, b는 습식(wet type) 및 건식(dry type) MMPP 시스템에서 각 stage의 단일 모듈을 통해 기류에 부유된 분진이 포집되는 메카니즘을 나타낸 그림이다. Fig. 3-a는 습식 MMPP 시스템에서 미세 액적 및 분진이 블랙박스 내에 포집되는 과

정을 나타낸 그림으로 전단의 튜브가 후단의 블랙박스 내로 삽입되고 튜브 윗부분 공간을 열어 유입된 기류가 다음 단으로 이동하도록 설계되어 있다. 이는 본 실험실에서 선행연구로 수행된 Fig. 3-b의 건식 MMPP 시스템과는 기하학적 형상에 많은 차이를 보인다. Fig. 3-b의 건식 시스템에서 물 분사 시스템을 도입한 경우 분진 및 액적을 포함한 기류가 튜브를 통해 가속화 될 때 관성력이 충분한 분진과 액적은 재비산 없이 블랙박스 내에 유입되어 포집될 수 있다.<sup>8)</sup> 그러나, 액적간의 응집현상으로 입경이 매우 커진 액적은 튜브 하측 내부 벽면을 따라 흘러나오면서 중력에 의해 침강하여 인근 튜브를 통해 다음 stage로 이동하면서 최종 stage를 통해 장치외부로 유출될 수 있는 문제점을 지니고 있다. 따라서, Fig. 3-a의 본 시스템은 각 stage의 튜브는 블랙박스 내에 삽입되어 중력에 의해 침강하는 입경이 매우 큰 액적 또한 블랙박스 내에 포집되므로 액적유출을 최소화 할 수 있다. 포집되지 않은 미세 액적은 다음 stage로 이동하면서 미세 액적간의 응집에 의해 입경이 커지면서 관성력 및 중력에 의해 블랙박스 내에 포집이 가능해지며 이와 같은 과정을 반복하면서 미세 액적의 배출은 최소화 될 수 있다.

본 시스템의 집진특성을 해석하기 위해 입자상(fly ash) 및 가스상 오염물(SO<sub>2</sub>)로 구분하여 실험 조건을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental conditions

Description	Condition
Particle	fly ash
Dust inlet concentration(g/m <sup>3</sup> )	1.5, 3, 5
Dust operating hours(min)	4
Gas	SO <sub>2</sub>
Gas inlet concentration(ppm)	8
Gas operating hours(min)	1
Liquid gas ratio(L/m <sup>3</sup> )	0.06 ~ 0.25
Inlet velocity(m/s)	2.12, 2.82, 3.53
Tube velocity(m/s)	9, 12, 15
Tube diameter(mm)	14
Stage number	1, 2, 3, 4, 5
Quantity of water spray(ml/min)	100, 250

본 시스템의 각 stage의 전면과 측면 단면도의 상세한 구성을 Fig. 4에 나타내었다. 튜브를 통해 블랙박스로 유입된 기류는 각 stage별로 12개씩 설치되어 있는 기류 유출 홀(outflow hole)을 통해 다음 단으로 이동하며, 기류 유출 홀은  $\phi 22$ 의 원형에  $\phi 14$ 의 튜브를 삽입 후의 빈 공간으로 구성되어 있다.

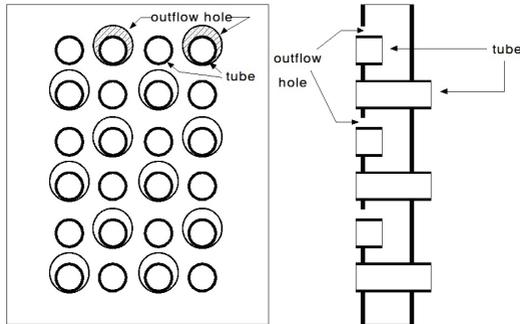


Fig. 4 Schematic diagram of wet type multi-layered and multi-staged porous plate system for each stage

## 2.2 실험용 분진

실험에 사용한 분진은 화력발전소에서 채취한 fly ash로 입경분석장비(GRIMM Aerosol Dust Monitor & Counters, accuracy  $\pm 3\%$ )를 사용하여 분진의 입경별 분포를 알아보았다.

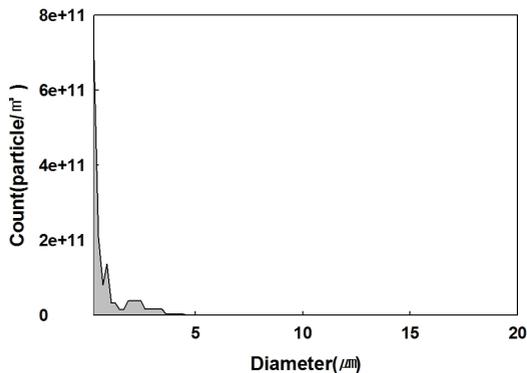


Fig. 5 Particle number distribution

입경분석장비는 15개의 채널을 이용하여 분진

의 수 농도를 측정한다. 개수기준 평균입경은  $0.69 \mu\text{m}$ 이며, 중량 기준 평균입경은  $3.98 \mu\text{m}$ 의 fly ash를 사용하였다.

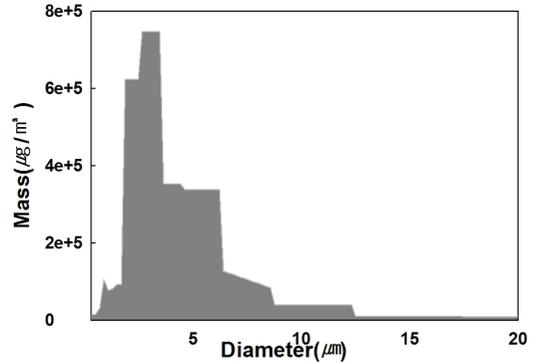


Fig. 6 Particle mass distribution

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 압력손실 특성

본 시스템의 stage 수에 따른 압력손실은 집진 효율과 더불어 시스템 설계의 중요한자가 된다. 압력손실에 영향을 미치는 주요 실험변수로 시스템 유입유속, stage 수, 플레이트 간격 등을 들 수 있다. 압력손실은 다음과 같이 표현될 수 있으며, 이들 변수에 따라 압력손실 특성이 변화될 수 있다.<sup>9-11)</sup>

$$\Delta P = P_n - P_{n-1} \propto f(\rho v_i^2, d_i, \text{etc.}) \quad (1)$$

Fig. 7은 건식 다층 다단 다공성 플레이트(MMPP) 시스템에서의 유입유속  $v_{in}=2.12, 2.82, 3.53 \text{ m/s}$  및 단 수 증가(1~5단)에 따른 압력손실 변화를 나타낸 그림이다.  $v_{in}=2.12 \text{ m/s}$ 인 경우 4, 18, 31, 52, 63  $\text{mmH}_2\text{O}$ ,  $v_{in}=3.53 \text{ m/s}$ 에서 11, 53, 87, 133, 154  $\text{mmH}_2\text{O}$ 로 단 수 증가에 따라 장치저항이 커지면서 압력손실은 증가하며, 유입유속이 높을 때 압력손실 증가 구배는 증대됨을 알 수 있다. 각 stage에서 유입유속이 증가할 때 식(1)에 의해 압력손실은 유속의 자승에 비례하여 증가됨을

알 수 있다.

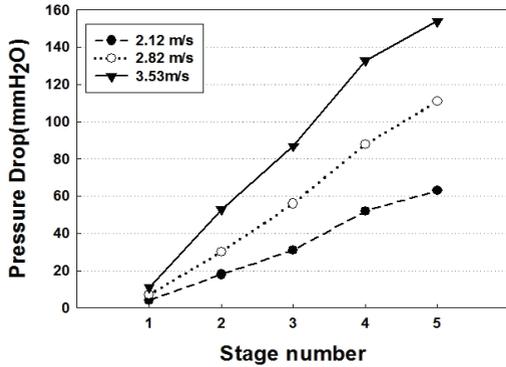


Fig. 7 Pressure drop with stage number and inlet velocity (dry type)

Fig. 8은 본 시스템(습식 MMPP 시스템)에서의 유입유속 및 단 수 변화에 따른 압력손실 특성을 나타낸 그림이다. 물 분사량 250 ml/min에서  $v_{in}$  = 2.12 m/s인 경우 4, 21, 32, 54, 66 mmH<sub>2</sub>O,  $v_{in}$  = 3.53 m/s일 때 11, 56, 89, 139, 158 mmH<sub>2</sub>O로 물 분사 없는 경우에 비해 1~6 mmH<sub>2</sub>O정도 압력손실이 증가됨을 볼 수 있으며, 이는 분사 액적과 기류와의 충돌에 의한 저항증가에 따른 영향으로 판단된다.

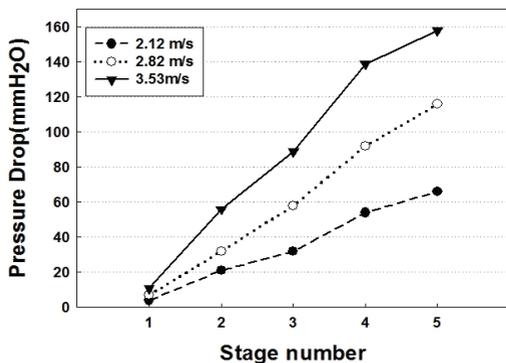


Fig. 8 Pressure drop with stage number and inlet velocity (water spray 250 ml/min)

### 3.2 입자상 오염물질의 집진 특성

입자상 오염물질(fly ash)의 집진효율 특성을 파악

하기 위해 장치 입·출구에서 분진을 포집하여 중량농도를 측정하여(gravi-metric method) 다음 식에 의해 집진효율을 계산하였다.

$$\eta_t = \left(1 - \frac{m_{out}}{m_{in}}\right) \times 100(\%) \quad (2)$$

본 연구의 집진효율에 영향을 미치는 주요 변수는 유입유속, 단 수, 튜브 직경, 물 분사량, 유입농도 등이며 주요 포집 메카니즘은 입액선(impaction) 효과, 난류 확산, 분진과 미세 액적과의 상호작용(확산, 차단, 충돌 등) 등이 될 수 있다.

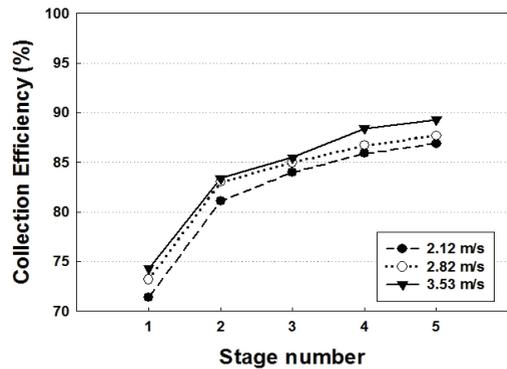


Fig. 9 Collection efficiency with stage number and inlet velocity (no water spray)

Fig. 9는 물 분사가 없는 경우, 유입농도 3 g/m<sup>3</sup>에서 유입유속  $v_{in}$  = 2.12, 2.82, 3.53 m/s일 때 단 수 증가에 따른 집진효율을 나타낸 것이다.  $v_{in}$  = 2.12 m/s에서 단 수 증가(1~5단)에 따라 stage별 집진효율은 71.4, 81.1, 84.0, 85.9, 86.9%,  $v_{in}$  = 3.53 m/s의 경우 74.3, 83.4, 85.5, 88.4, 89.3%로 증가됨을 볼 수 있다. 입액선 효과가 중요 메카니즘인 시스템에서 50% 효율의 절단입경은 식(3)으로 표현된다.

$$d_{p,cut} = \sqrt{\frac{9\mu WStk}{\rho_p C_c v_t}} \quad (3)$$

식(3)에서 보는 바와 같이 유속 증가에 따라 절

단입경은 감소되며, 즉 입택션 효과의 증대에 의해 집진효율은 상승함을 알 수 있다. 단 수가 증가함에 따라 집진효율 증가 구배는 감소함을 볼 수 있으며, 이는 입경이 큰 입자는 높은 관성력에 의해 전단에서 거의 포집되고 후단으로 갈수록 미세입자의 포집효과가 감소하기 때문이다.

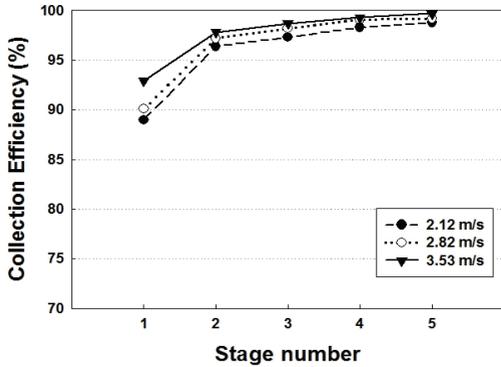


Fig. 10 Collection efficiency with stage number and inlet velocity (water spray 250 ml/min)

Fig. 10은 본 시스템에서 물 분사량 250 ml/min, 유입유속 및 단 수 증가에 따른 집진효율 특성을 나타낸 것이다.  $v_{in}=3.53$  m/s인 경우 92.9, 97.8, 98.7, 99.3, 99.7%로 매우 높은 효율을 나타내며 Fig. 9의 건식 시스템(본 시스템에서 물 분사가 없는 경우)에 비해 모든 유속범위에서 stage 별로 10% 이상의 높은 집진효율 상승을 보인다. 이는 건식 시스템의 입택션 효과(즉, 동일 물 분사량에서 유속증가에 따라 효율 증대)에 물 분사에 의한 미세 액적과 입자와의 관성충돌, 차단, 확산 등의 포집 메카니즘이 효과적으로 결합되어 나타난 결과이다. 더욱이, 본 시스템은 5단,  $v_{in}=3.53$  m/s에서 99.7%로 기존의 고효율 습식세정기(벤투리 스크러버)에 비해 높은 효율을 유지하면서 Fig. 8에서 보듯이 압력손실 158 mmH<sub>2</sub>O로 기존의 벤투리 스크러버(250 mmH<sub>2</sub>O 이상)에 비해 낮은 압력손실로 동력소모를 줄일 수 있는 이점을 가질 수 있다.

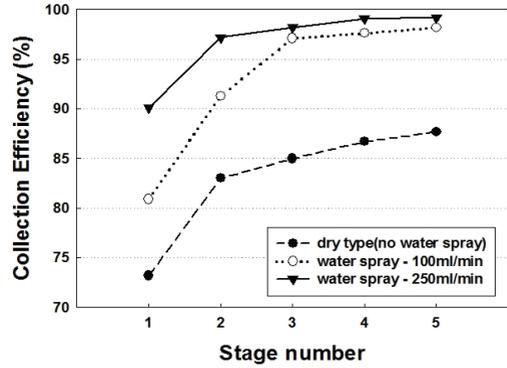


Fig. 11 Comparison of collection efficiency with water spray ( $v_{in}=2.82$  m/s)

Fig. 11은  $v_{in}=2.82$  m/s에서 물 분사량(100, 250 ml/min)에 따른 집진효율을 비교한 그림이다. 본 시스템 1, 2단에서 집진효율은 5~10%정도의 차이를 보이며, 단 수가 반복되면서 5단의 경우 효율 차이는 1.1% 정도로 감소된다. 이는 물 분사가 시스템 전단에서 주로 이루어지며, 액·가스비가 높은 250 ml/min의 경우 이미 1, 2단에서 분사 액적에 의해 입경이 큰 분진을 포함하여 일부 미세분진에 이르기까지 100 ml/min에 비해 상대적으로 많은 양의 분진이 포집되어 후단에 이르러 포집되지 않은 미세입자에 대한 집진효율이 감소하기 때문이다. 이러한 현상은 dry type에서도 유사한 경향을 보이지만(큰 입자가 전단에서 주로 포집됨) 후단에서 집진효율증가 둔화 현상은 wet type에 비해 작게 나타남을 볼 수 있다.

Fig. 12는 5단,  $v_{in}=2.82$  m/s에서 유입농도 1.5, 3.0, 5.0 g/m<sup>3</sup>에 따른 집진효율을 비교한 그래프이다. Dry type, 물 분사 100 ml/min 및 250 ml/min에서 유입농도  $C_{in}=1.5$  g/m<sup>3</sup>일 때 각각 86.4, 96.4, 98.5%,  $C_{in}=3$  g/m<sup>3</sup>일 때 87.7, 98.2, 99.2%,  $C_{in}=5$  g/m<sup>3</sup>일 때 89.9, 99.0, 99.3%를 나타낸다. 유입농도가 높아질수록 집진효율은 증가하며, 이는 입자 농도가 증가하면서 입자간의 충돌로 인한 응집효과가 증대되며, 이로 인해 입경증가에 따른 관성력이 커지기 때문이다. 물 분사량 250 ml/min인 경우 농도 증가에 따른 효율증가율이

미세하게 낮게 나타나며, 이는 상대적으로 높은 액·가스비에 의해 미세 액적과 입자간의 포집효과가 월등하여 입자응집에 의한 효과를 약화시키기 때문이다.

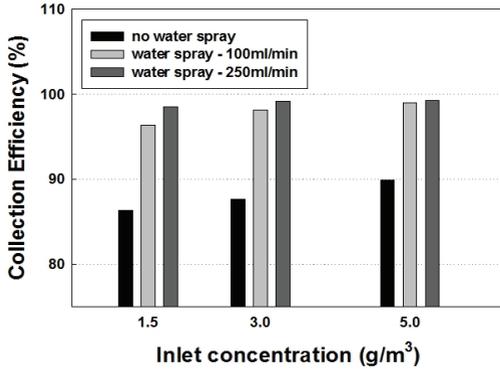


Fig. 12 Comparison of collection efficiency with inlet concentration for dry and wet type (5 stage,  $v_{in}=2.82$  m/s)

### 3.3 가스상 오염물질의 집진 특성

액적분사에 의한 흡수(absorption) 메카니즘은 가스상 오염물질의 주요 처리방법 중의 하나로 물질 이동 원리를 이용하여 분리·제거하는 방법이다.<sup>12-14)</sup> 물질이 용액 내로 이동할 때 물리·화학적 평형관계가 존재하며, 가스상 오염물질을 흡수액과 접촉시킬 때 물리적 평형관계 내에서 접촉 면적을 크게 하고 접촉시간을 충분히 유지시키는 것이 중요하다.

물리적 평형관계는 Henry의 법칙에 의해,

$$P_A = HX_A \quad (4)$$

본 시스템에서는 용해도가 비교적 높은, 즉 Henry 상수가 낮은  $SO_2$  가스를 선택하여 실험을 수행하였다.

Fig. 13은 물 분사량 100 ml/min, 유입  $SO_2$  농도 8 ppm,  $v_{in}=2.82$  m/s에서 stage별  $SO_2$  제거 특성을 나타낸 것이다. 단 수 증가(1~5단)에 따라 제거효율은 14.3, 33.3, 50.0, 57.1, 62.5%로 증가하며 시스템내의 체류시간 즉, 가스-흡수액 접촉시

간이 길어지면서 제거효율은 증대되는 것으로 나타난다.

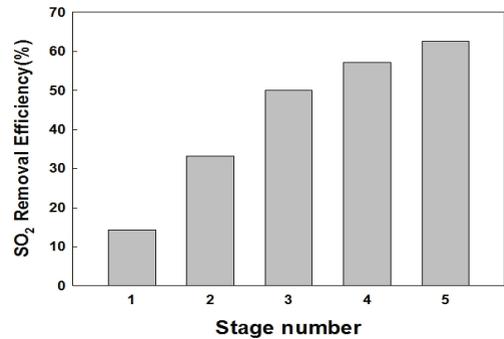


Fig. 13  $SO_2$  removal efficiency with stage number ( $v_{in}=2.82$  m/s, water spray 100 ml/min)

Fig. 14는 5단,  $v_{in}=2.82$  m/s에서 물 분사량 변화에 따른  $SO_2$  제거 효율을 나타낸 그림이다. 물 분사량 100, 250 ml/min에서  $SO_2$  제거 효율은 각각 62.5, 75.0%로 물 분사량 증가에 따라 효율은 12.5% 증대됨을 알 수 있다. 물 분사량의 증가에 따라 액·가스비가 커지면서 흡수액과 가스의 접촉면적의 증가로 제거효율은 상승한다.

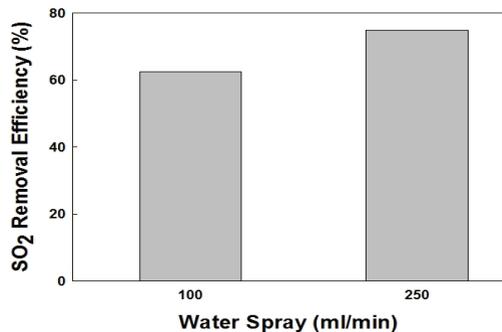


Fig. 14  $SO_2$  removal efficiency with water spray (5 stage,  $v_{in}=2.82$  m/s)

Fig. 15는 5단, 물 분사량 100 ml/min에서 유입 유속에 따라  $SO_2$  제거효율을 나타낸 것이다.  $v_{in}=2.12, 2.82, 3.53$  m/s에서 제거효율은 75.0, 62.5, 50.0%로 유입유속 증가에 따라  $SO_2$  제거효

율은 감소함을 알 수 있다. 유입유속 증가는 유량 증대에 의한 액·가스비의 감소(접촉면적의 감소)와 시스템 내의 체류시간 즉, 가스-흡수액의 접촉 시간을 감소시켜 제거효율의 저하를 초래한다.

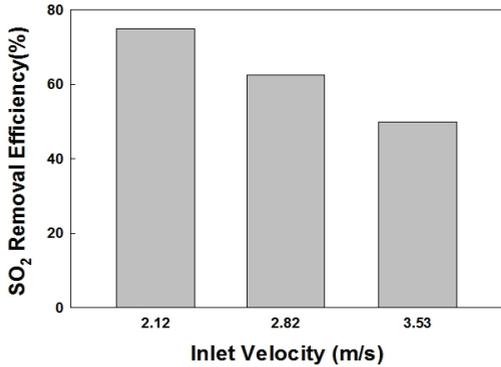


Fig. 15 SO<sub>2</sub> removal efficiency with inlet velocity (5 stage, water spray 100 ml/min)

#### 4. 결 론

습식 다층 다단 다공성 플레이트 시스템에서 압력손실 및 집진특성을 해석하기 위해 시스템 유입유속(튜브통과유속), stage 수, 물 분사량 및 분진농도 등의 다양한 실험 변수에 따른 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

(1) 본 시스템의 중요 설계인자인 압력손실은 단 수(stage 수) 및 유입유속 증가에 따라 증대되며, 동일 단 수에서 유입유속의 제곱에 비례해서 증가됨을 알 수 있다(5단,  $v_{in}=2.12, 3.53$  m/s에서  $\Delta P=66, 158$  mmH<sub>2</sub>O). 본 시스템의 분진제거효율에 미치는 중요 변수는 단 수, 유입유속(튜브통과 유속), 물분사량, 분진 농도 순으로 표현될 수 있으며, 본 시스템은 적정압력손실 150 mmH<sub>2</sub>O에서 고효율을 유지할 수 있도록 최대 단 수는 5단으로 구성된다.

(2) 본 시스템(5단)의 건식에서 유입유속 증가, 즉 임팩션 효과 증가에 따른 집진효율 변화는  $v_{in}=2.12, 3.53$  m/s에서 각각 86.9, 89.3%를 나타내며, 물 분사량(액·가스비) 변화 즉, 100, 250 ml/min에 따라 집진효율은 98.6, 99.7%( $v_{in}=3.53$  m/s)로 증

가됨을 알 수 있다. 이는 건식의 임팩션 효과에 물 분사에 의한 미세 액적과 입자와의 관성충돌, 차단, 확산 등의 효과가 결합되어 나타난 결과이다. 또한 분진 유입농도 증가에 따라 집진효율은 증대되며, 이는 농도 증가에 따른 입자 응집효과 증가로 임팩션 효과가 커지기 때문이다.

(3) Henry 상수가 낮은, 즉 용해도가 비교적 높은 SO<sub>2</sub> 제거 효율은 물 분사량 증가에 따라 분사 액적수의 증가에 의한 접촉면적 증대에 의해 높게 나타나며(분사량 100, 250 ml/min에서 각각 62.5, 75%) 유입유속이 증가될 때 임팩션 효과에 의한 분진포집과는 상반적으로 시스템내의 체류 시간 감소, 즉 액·가스의 접촉시간 감소에 의해 SO<sub>2</sub> 제거 효율은 낮아진다.

#### 후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2013년)에 의하여 연구되었음.

#### References

1. M. Y. Chun, E. S. Shin, B. W. Kang, G. U. Kang and D. G. Kim, 2010, "Air pollution prevention technology", Dong Hwa Technology, Seoul, pp. 327-333.
2. J. H. Koo, M. C. Kim, S. C. Park, T. S. Park, B. G. Ahn, S. W. Oh, G. S. Lee and S. J. lee, 2006, "Atmosphere Environmental Device Design II", Dong Hwa Technology, Seoul, pp. 226-233.
3. J. S. Kim et al., 2004, "Air pollution prevention technology(latest) Series 6(Environment)", Dong Hwa Technology, Seoul, pp. 281-336.
4. G. R. Lee, J. H. Bae, G. H. Song, G. H. lee, J. H. Lee and G. H. Lim, 2001, "Environmental Engineering(latest)", Dong Hwa Technology, Seoul, pp. 226-233.
5. D. G. Kim, 2008, "Removal Characteristics of Air Pollutants using Wet type Multi-stage

- Porous Plate System”, MS Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
6. S. J. Yoa and D. K. Kim, 2007, “Collection Characteristics of Wet Type Multi-stage Porous Plate System for Dust Removal under Tunnel Construction”, The 2007 Environmental Societies Joint Conference, pp. 1781-1784.
  7. S. J. Yoa and Y. S. Joa, 2006, “Collection Characteristics of Multi-stage Porous Plate System with Water Spray”, Spring Environmental Societies Conference, pp. 706-713.
  8. I. K. Kim and S. J. Yoa, 2010, "Collection Characteristics of Multi-layer Multi-stage Porous Plate System", Journal of the Korean Society of for Power System Engineering, Vol. 14, No. 5, pp. 10-16.
  9. J. M. Suh, J. Y. Ryu, W. T. Lim, M. S. Jung, J. H. Park and C. H. Shin, 2010, “Prediction of the Efficiency of Factors Affecting Pressure Drop in a Pulse Air Jet-type Bag Filter”, Journal of the Environmental Sciences, Vol. 19, No. 4, pp. 437-446.
  10. J. K. Yeom, 2013, "A Study of Numerical Analysis on Wall Impinging Spray", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 21-28.
  11. S. J. Yoa, 2013, "Dust Collection Characteristics of Multi-layer Multi-stage Porous Plate System with Ionizer and Dielectric-substance", Journal of Korean Society for Power System Engineering, Vol. 17, No. 6, pp. 63-72.
  12. Y. O. Park, H. J. Park and Y. H. Kim, 2011, “SO<sub>2</sub> Removal by Internal Circulation of de-SO<sub>x</sub> Absorbents”, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 27, No. 6, pp. 672-680.
  13. H. M. Yang and S. S. Kim, 2000, "An Experimental Approach to Evaluate the Desulfurization Yield in Spray Drying Sorber.", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers-B, Vol. 24, No. 4, pp. 589-598.
  14. W. H. Koo, S. D. Kim, S. I. Dong, J. K. Na and J. H. Hong, 1993, “A Study on SO<sub>2</sub> Removal Variation According to Air Pressure in Semi-Dry Scrubber”, Environmental Societies Conference, pp. 373-376.