

<論 文>

# 슬릿 임팩터의 입자 포집 효율에 관한 연구

황 창 덕\* · 허 재 영\*\* · 김 상 수\*\*

(1989년 1월 21일 접수)

## An Experimental Study on Particle Collection Efficiency of the Slit Impactor

Changduk Hwang, Jaeyoung Her and Sangsoo Kim

**Key Words :** Particle Collection Efficiency(입자 포집 효율), Stokes Number(스토크스 수), Particle Relaxation Time(입자 이완시간), Flow Characteristic Time(유동 특성 시간), Particle Size Distribution(입자크기 분포)

### Abstract

In this experimental study, relative particle size distribution was measured at the inlet and outlet of the slit impactor using the particle sizer. The employed measuring method of the size distribution was different from the conventional method. This measurement system has the advantage of obtaining the particle collection efficiency for various particle size easily and at once compared with other methods. The effects of jet to plate distance and Reynolds number on the characteristic impactor efficiency curves have been studied. In the results of this experiment, the increment of collection efficiency was observed as Reynolds number increases in the case of  $S/W=1/2$  but was very slight. The influence of  $S/W$  is more remarkable than that of Reynolds number on the particle collection efficiency.

### 기 호 설 명

- $C$  : 커닝햄 수정계수(Cunningham correction factor)
- $D_p$  : 입자직경
- $f$  : 임팩터에 들어가는 입자의 체적분포
- $f'$  : 임팩터에서 나오는 입자의 체적분포
- $L$  : 노즐 길이
- $M$  : 입자발생장치에서 나오는 입자의 총질량
- $m$  : 포집판에 포집된 입자의 총질량
- $Re$  : 레이놀즈수
- $S$  : 노즐출구에서 포집판까지의 거리
- $Stk$  : 스토크스수
- $T$  : 노즐목의 길이

- $V_0$  : 노즐목에서의 평균속도
- $W$  : 노즐폭
- $\eta$  : 포집효율
- $\mu$  : 공기의 점성
- $\rho_p$  : 입자물질밀도 (particle material density)

### 1. 서 론

산업사회가 발전함에 따라 대기의 오염문제는 심각한 사회문제로 대두되기 시작하였다. 일반도시의 공해문제뿐만 아니라 탄광과 같은 특수지역의 분진은 탄광일에 직접 종사하는 광부들은 물론 그 지역 주민들에게 건강상의 위협적인 요소로 작용하고 있다. 또한 공기를 통한 위험물질의 확산에 의하여 많은 사람들이 동시에 피해를 입을 수 있다는 사실은 그 손실의 대규모성으로 인하여 경계가 요구된

\*한국항공추진기술연구소

\*\*정희원, 한국과학기술원 기계공학과

다 하겠다. 이와 같이 예상되는 여러 가지 피해로부터 벗어나기 위해서는 대기중의 입자를 빠른 시간내에 정확하게 채취하여 정밀한 분석을 함으로써 이에 대처하는 일이 필요하다. 대기중의 입자를 빠른 시간내에 많은 양을 채취하기 위하여 여러 가지 장치가 발달하였으나 1945년 May<sup>(1)</sup>에 의해, 입자의 관성력으로 인하여 유선을 벗어난 입자가 채집판에 부착되는 현상을 이용하여 임팩터(impactor)가 개발되면서 그 편리성과 경제성 등으로 널리 연구되기 시작하였다.

이론적으로는 Aylward<sup>(2)</sup>와 Ranz와 Wong<sup>(3)</sup> 등이 노즐출구에서부터 채집판에 입자가 부착될 때까지 공기의 유선을 가정하여 노즐출구에서 포집판까지의 거리와 노즐목의 비,  $S/W$ 를 변화시키면서 효율을 구하였다. 1974년에는 Marple와 Liu<sup>(4)</sup>가 원형과 슬릿 임팩터에 대하여 노즐로 유동이 들어 오기 전에 일정한 초기속도와 층류유동으로 가정, 유동장을 풀고 입자를 추적하여 임팩터의 효율을 계산한 바 있다. 임팩터의 효율에 영향을 미치는 중요한 인자로는 노즐목의 길이  $T$ , 노즐의 폭  $W$ , 노즐과 채집판 사이의 거리  $S$  등과 같은 기하조건과 레이놀즈수와 같은 유동조건이 있다. 종래의 실험적 연구는 이러한 실험인자 이외에 여러 가지 다른 인자를 첨가하여 효율과 관계를 맺는 방법으로 진행되어 왔다. 1969년 Mercer와 Stafford<sup>(5)</sup>는 코팅하지 않은 유리판에서 입자의 바운드에 의한 부착의 감소가  $S/W=2$ 일 때가  $S/W=0.5$ 일 때보다 많으며  $S/W$ 가 2~10 사이에서는 바운드 효과가 입자부착 효율에 영향을 미치지 않는다는 사실을 밝혀 내었다. Winkler<sup>(6)</sup>는 공기의 상대 습도가 75% 이상에서는 입자의 바운드 효과가 입자부착 효율에 영향을 미치지 않으나 그 이하로 내려갈수록 효율이 빠르게 감소한다는 결과를 보여주었다. 또 Willeke와 McFeters<sup>(7)</sup>는 기존의 스토크스수에 수력지름(hydraulic diameter)을 사용하면 원형과 슬릿 임팩터의  $\sqrt{Stk}$ 에 대한 효율곡선이 근사적으로 일치함을 보여주었으며 유동이 노즐에서 나오면서 90° 휘 때 베나 컨트렉타(Vena Contracta) 현상이 50% 효율을 갖는 입자의 지름을 줄인다는 사실을 밝혀내었다.

Rao와 Whitby<sup>(8)</sup>는 채집판을 여러 가지 다른 재료로 써서 실험함으로써 기름을 코팅한 유리판이 가장 효율적임을 보여주었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 대기중의 입자를 어

떤 방법으로 빠른 시간안에 있는 그대로를 채집하여 분석, 대처하는가 하는 문제는 오늘날 산업사회로 발전해 나가고 있는 우리에게도 중요한 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제의 해결을 위해서는 먼저 효율적으로 공기중의 입자를 채집하는 일이 요구되는데 아직 국내에는 이에 대한 이론적인 계산이나 실험적인 자료가 전무한 실정이다. 외국의 경우에는 대부분의 실험적 연구가 원형 임팩터에 국한되어 있고 슬릿 임팩터에 대한 실험적 자료가 거의 없는 상태이다. 임팩터 성능의 실험시 효율을 측정하는 방법은 지금까지는 한 가지 입자크기에 한정되었으므로 생성되는 입자직경의 분포가 좁은 입자발생장치가 요구되었다. 본 실험에서는 종래와는 달리 먼저 입출구 부분에서 입자분포 측정장치를 이용하여 실험함으로써 여러 가지 입자크기에 대하여 동시에 효율을 구할 수 있는 장치를 구성하고 앞에서 열거한 여러 가지 실험인자중 레이놀즈수와  $S/W$ 를 변화시키면서 일단 슬릿 임팩터(one-stage slit impactor)의 효율을  $\sqrt{Stk}$ 에 따라 구하여 일단 임팩터 뿐만 아니라 다단 임팩터(multistage impactor)에 대한 설계기초자료를 마련하고자 한다.

## 2. 실험장치와 실험방법

본 실험에 있어서 실험장치의 전체적인 계통도는 Fig. 1과 같다. 장치들은 크게 유량공급장치, 입자발생장치, 입자분포 측정장치, 슬릿 임팩터 등으로 구성된다.

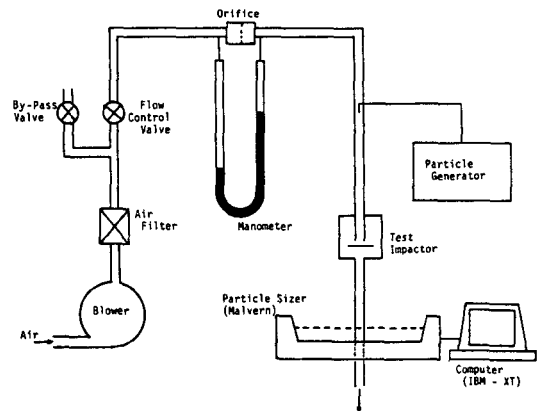


Fig. 1 Schematic diagram of the test set-up

### 2.1 유량공급장치

임팩터로 유입되는 주된 유량은 1/2 마력 송풍기에 의해서 공급된다. 이 때 유입되는 공기는 공기 필터에 의해서 불순물을 제거함으로써 공기속에 있는 입자로 인한 오차를 줄이도록 하였다. 송풍기에 의해 공급된 공기량은 유량조절밸브에 의해서 조절되며 마노미터에 의해서 측정되고, 필터 사용시 최고 유량은 350 lpm, 사용치 않았을 경우 66 lpm이다. 임팩터 내로 유입되는 총유량은 송풍기로부터 공급되는 총유량과 입자발생장치에서 공급되는 유량과의 합으로 나타내어진다.

### 2.2 입자발생장치

실험에 사용될 입자는 메틸렌블루(methylene blue)와 메틸알코올(methyl alcohol)을 섞은 용액을 입자발생장치(6-Jet Atomizer, TSI, Model 9306)에 의해서 미립화시켜 발생케 한다. 미립화된 입자의 직경분포는 제트의 수와 입구압력 및 유량, 그리고 메틸렌블루 용액의 농도에 따라 변한다. 여러 번의 실험을 통하여 본 실험에 부합되는 최적조건을 구한 결과, 제트수 3개, 입구압력 20 psi, 유량 4.88 lpm으로 하였다. 그리고 메틸렌블루 용액의 농도는 10.6%로 하였다. 이 때 발생된 입자들은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 증발관에 보내져서 20 lpm의 건조공기에 의하여 고체입자로 변환한다. 입자의 완전한 건조를 보장하기 위하여 증발관을 전열코일로 60°C 정도로 가열시킨다.

### 2.3 입자분포 측정장치

Fig. 3의 입자분포 측정장치(laser diffraction particle sizer, MALVERN, 2600 Series)는 레이저 광의 회절현상을 이용하여 입자분포를 측정한다. 즉 입자는 입자의 크기에 따라 회절되는 각이 다른데 다른 각을 갖고 회절되어 나오는 레이저광의 에너지준위를 여러 개의 크기가 다른 동심원을 형성하는 감지장치로 측정함으로써 입자분포를 유추하는 장치이다. 입자를 세 범위에 걸쳐서 측정하며 각 범위에 대하여는 32등분하여 입자체적의 상대적인 분포를 측정한다. 또한 이러한 입자체적의 분포를 표면적이나 수의 분포로 바꾸기도 한다. 영점조절은 입자가 공급되지 않은 상태의 에너지준위를 제어 이것을 영점으로 하므로써 성취될 수 있다.

### 2.4 임팩터 및 채집판

본 실험에 사용하는 임팩터는 높은 유량에서 효

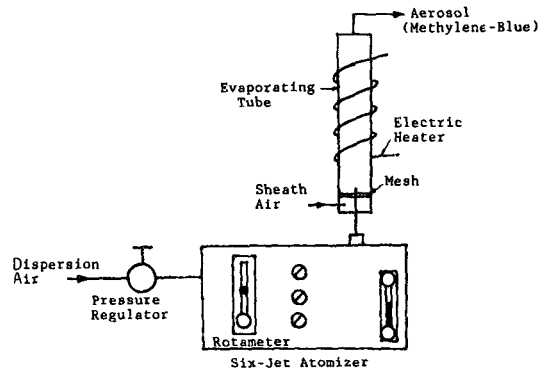


Fig. 2 Schematic diagram of the particle generator

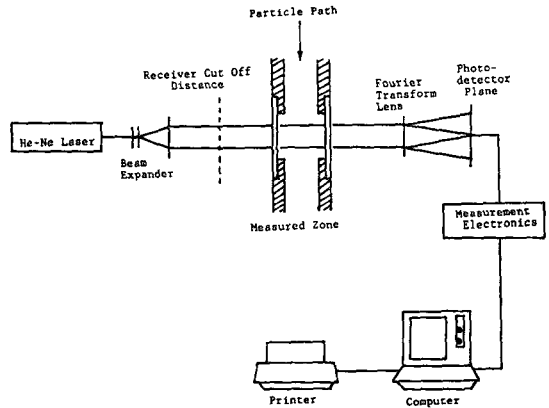


Fig. 3 Schematic diagram of the particle size distribution measurement system

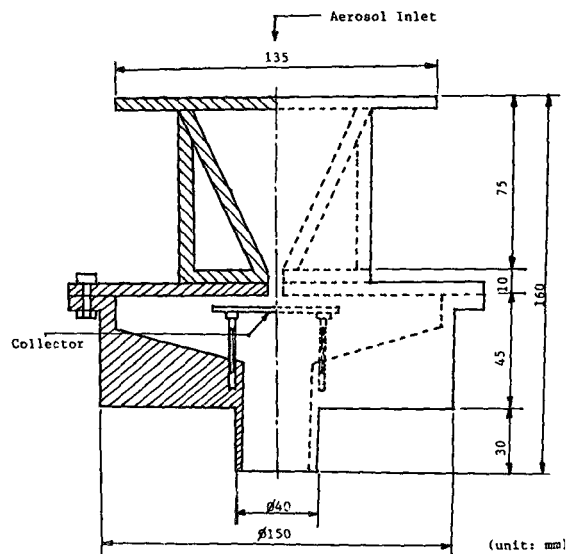


Fig. 4 Diagram of the slit impactor

울이 높은 1단 슬릿형으로 제작되었다. Fig. 4에서 슬릿의 가로, 세로비는 유동을 2차원으로 만들기 위하여 15:1로 하였으며, 이 때 슬릿의 폭  $W=5$  mm, 길이  $L=75$  mm이다. 노즐로 들어가는 입구의 경사각은  $65^\circ$ 로 하여 입구부분에서의 손실을 줄이도록 하였다. 노즐목과 노즐폭의 비,  $T/W$ 는 하나의 실험인자가 될 수 있으나, Marple와 Liu<sup>(4)</sup>의 이론에 의하면  $T/W$ 는 입자의 채집효율에 별 영향을 미치지 않으므로 본 실험에서는 그 비를 2로 고정하였다. 노즐출구에서부터 포집판까지의 거리  $S$ 는 4개의 이송나사에 의해서 0~10mm까지 조절할 수 있게 함으로써  $S/W$ 를 0~2까지 변화시키면서 실험할 수 있도록 하였다. Mercer와 Chow<sup>(9)</sup>의 실험에 의하면 슬릿 끝 부분에서 생기는 3차원적 유동이 전체 채집효율에 큰 영향을 주는 것으로 나타난다. 따라서 가능한 한 이러한 효과를 없애 주기 위해서 끝 부분을 판으로 막음으로써 2차원 유동을 유도하였다. 또한 포집판은 입자가 중심으로부터 한 쪽으로  $3W$  이내에 모두 채집되는 점을 고려하여 한 쪽으로  $4W$ , 즉 20 mm로 하였다. 또한 포집판을 고정시키기 위하여 포집판 아래에 나사머리 지름과 같은 튜브를 붙여서 꼭 끼이도록 하였다. 그리고 임팩터와 포집판의 재료는 모두 아크릴을 사용하여 제작하였다.

## 2.5 실험방법

앞에서 열거한 여러 가지 실험인자중 레이놀즈수와  $S/W$ 를 변화시키면서 일단 슬릿 임팩터의 효율을  $\sqrt{Stk}$ 에 따라 실험하여 자료를 얻음으로써 일단뿐만 아니라 다단 임팩터에 기초자료를 얻을 수 있다. 유동장내에 있는 입자의 관성에 의한 효율을 측정하기 위해서는 들어가는 입자와 채취된 입자의 질량과 크기분포를 알거나 임팩터 내의 입자손실을 무시할 때 들어가는 입자와 나오는 입자의 질량비(혹은 농도비)와 양쪽의 크기분포를 알아야 한다. 이와 같은 사항을 고려하여 임팩터 내의  $\sqrt{Stk}$ 에 따른 효율을 측정하기 위해 본 실험에서는 먼저 유입되는 입자의 크기분포와 질량을 실험하고자 하는 조건하에서 입자분포 측정장치와 정밀저울을 사용하여 측정한 다음 임팩터를 통과하여 나가는 입자분포를 입자분포 측정장치로 측정한다. 이렇게 하여 임팩터에 포집된 입자의 입구와 출구에서의 입자수를 얻을 수 있으므로 입자의 포집효율  $\eta$ 는 다음의 관계식에서 구할 수 있다.

$$\eta = 1 - \left(1 - \frac{m}{M}\right) \frac{f'}{f} \quad (1)$$

여기서  $M$ ,  $m$ 은 전자저울에 의해 재어지며  $f$ 는 들어가는 입자의 체적분포,  $f'$ 는 이 임팩터를 지나 나오는 입자의 체적분포를 나타낸다.

본 실험에 있어서는 먼저 들어가는 입자의 분포를 측정하여야 한다. 희박한 입자의 크기분포를 재는 장치로 광학입자 측정기(OPC)가 있으나, 본 실험에서와 같이 농도가 큰 상태에서의 입자분포 측정은 광학입자 측정기내로 들어오는 입자가 측정시스템에 들어 오기까지의 많은 손실(특히 큰 입자)로 인하여 오차가 커지며 또한 입자측정기의 크기분포도 매우 간격이 커서 들어가는 입자의 기초자료로서는 부족하다. 따라서 본 실험에서는 Fig. 3의 입자분포 측정장치를 이용하여 여러 가지 조건하에서 실험하여 그 평균값을 냄으로써 들어가는 입자분포를 취하였다. 이러한 입자크기 분포측정은 실험시마다 측정단면에 부착되는 입자들로 말미암아 달라질 수 있으므로 실험시마다 측정단면에 부착된 유리를 바꿔준다. 본 실험이  $Re=3000\sim 10000$  사이에서 진행되므로 이 범위 안에서 각 레이놀즈수에 대하여 5번씩, 그리고 펌프에서의 유동이 없을 때 역시 5번씩 측정하여 25번 측정된 입자분포를 평균내었다.

들어가는 입자의 질량  $M$ 은 최종적으로 여과(filtration)에 의하여 측정되었으며 채집판에 부착된 입자의 질량  $m$ 은 정밀저울을 이용하여 채집판에 부착전과 후의 무게 차이를 잴으로써 측정하였다. 출구 부분에서 입자분포 측정은 먼저  $S/W$ 의 비를 맞추어 포집판을 고정시킨 후 실험하고자 하는 레이놀즈수에서 펌프를 운전시키고 수분 후 입자발생장치를 작동시켜 입자를 이송시키면서 측정하였다. 이 때 입자발생장치에서 측정면까지의 이송시간을 고려하여 입자발생장치에서 입자가 발생하는 시간과 측정시간과는 2초 가량의 간격을 두었다. 측정시간은 측정면에서의 입자부착효과를 줄이기 위하여 8초 가량 주었으며 여기서 각 입자분포 영역마다 120번 측정된 결과는 평균을 취하여 하나의 결과로 처리된다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 임팩터 입출구에서의 입자분포 측정

앞에서 언급한 실험과정에 따라 레이놀즈수를

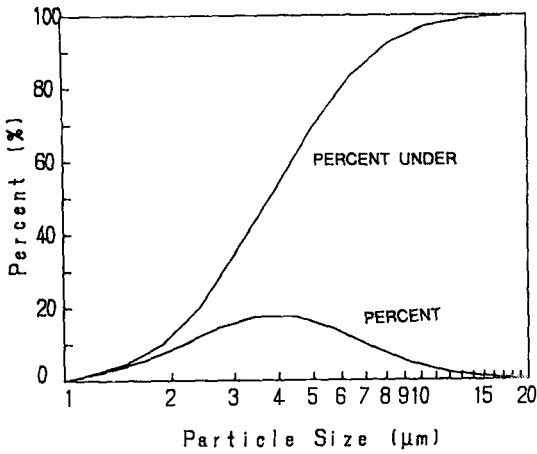


Fig. 5 Particle size distribution at the inlet of the impactor

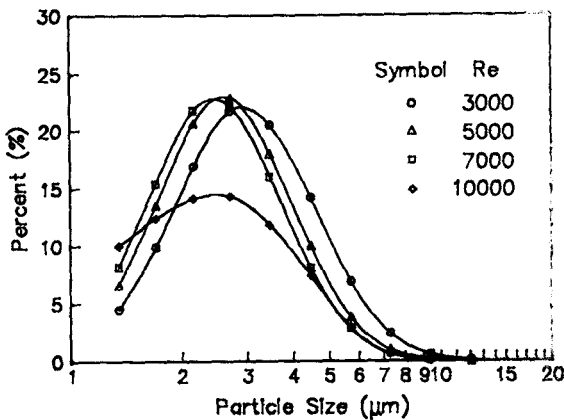


Fig. 6 Effect of Reynolds number on particle size distribution at the exit of the impactor when  $S/W=1$

3000, 5000, 7000, 10000의 순으로 변화시키면서 임팩터 입구에서의 입자체적의 분포를 측정하여 평균을 구한 자료를 이용하여 로그노말(log-normal) 분포함수로 최소자승법을 사용하여 커브피팅(curve fitting)한 결과가 Fig. 5이다. 곡선 두 개 중 위의 것은 적산분포(percent under distribution)이고 아래 것이 실제분포이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 대부분의 입자는  $10\mu\text{m}$  이하에 몰려 있고 입자의 체적 평균지름은  $3.3\mu\text{m}$ 로 우리가 실험하고자 하는 입자범위로 적절하다. 레이놀즈수에 따르는 임팩터 출구에서의 입자체적 상대분포는 Fig. 6~7과 같다. 여기서 입자분포의 측정은 앞에

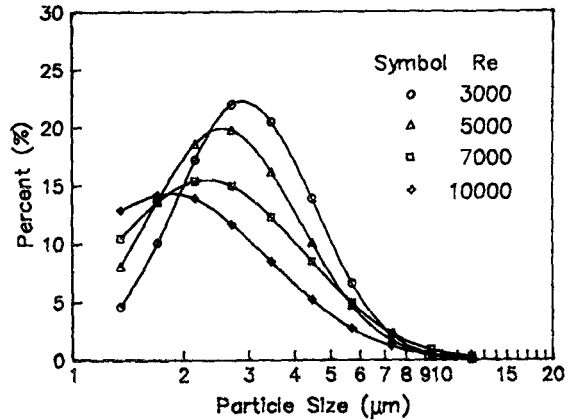


Fig. 7 Effect of Reynolds number on particle size distribution at the exit of the impactor when  $S/W=1/2$

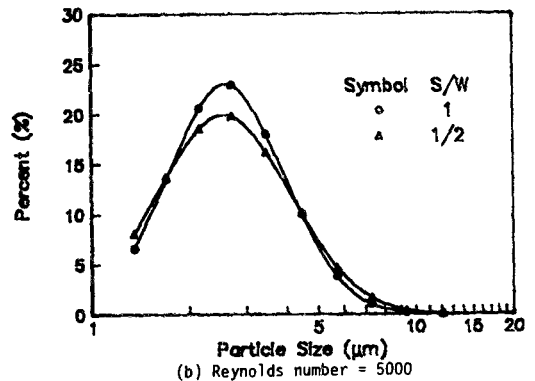
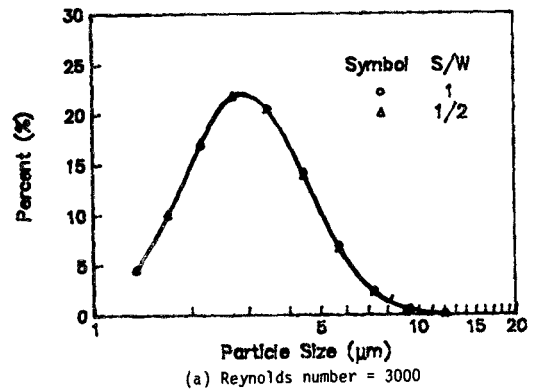


Fig. 8 Effect of nozzle-to-collector distance on particle size distribution at the exit of the impactor when (a)  $Re=3000$  and (b)  $Re=5000$

서 언급한 실험방법에 따라 측정하였다. 이 두 개의 그림은 임팩터 출구에서의 상대적인 입자분포를 그리고 있으며 각각의  $S/W$ 에 있어서 레이놀즈수

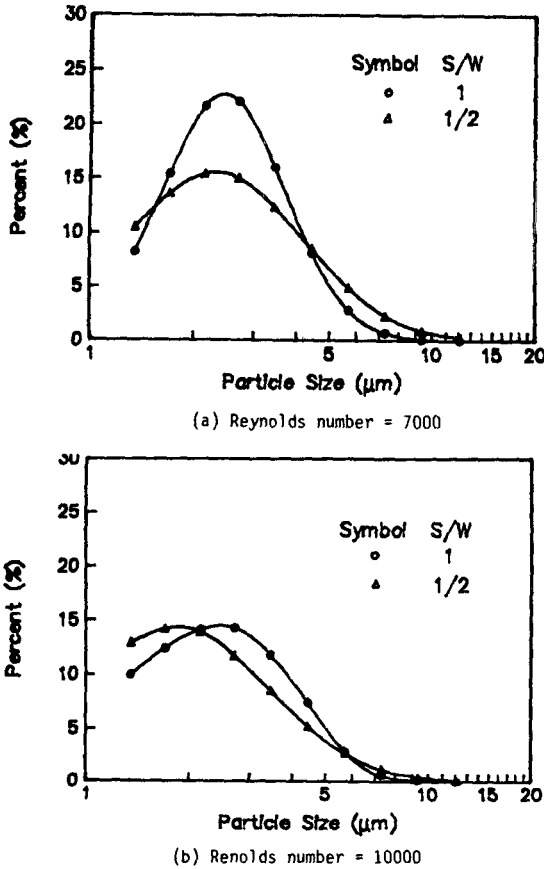


Fig. 9 Effect of nozzle-to-collector distance on particle size distribution at the exit of the impactor when (a)  $Re=7000$  and (b)  $Re=10000$

가 증가함에 따라서 작은 입자가 상대적으로 차지하는 부피가 커지게 되어 곡선이 왼쪽으로 이동하고 있음을 볼 수 있다. 이로부터 레이놀즈 수가 증가함에 따라 같은 크기의 입자에 대하여 채집효율이 증가하고 있음을 예측할 수 있다. 또한 Fig. 8~9로부터 예측한대로 같은 레이놀즈 수에서  $S/W=1/2$ 일 때가  $S/W=1$ 일 때보다 작은 쪽의 입자가 차지하는 비율이 큰 것으로 나오는 것을 볼 수 있다.

### 3.2 입자의 총질량 측정과 보정실험

식 (1)의 임팩터 효율계산식에서 입자발생장치에서 일정시간동안 발생한 질량  $M$ 을 구하는 실험은 먼저 입자발생장치 안에 용액을 넣고 무게를 잰 후에 10분 동안 동작시켜 감소된 무게로 측정하였다.

여러 번의 측정결과 10분 동안 용액이 감소한 질량은 2.7g이었다. 그러나 입자발생장치에서 나온 입자가 입자발생장치 내부의 뚜껑이나 증발관에 붙음으로써 손실이 생기면 총 나간 입자의 질량에 민감하게 작용되므로 이에 대하여 실험한 결과 증발관 내에서의 손실은 0.21g이었다. 따라서 실제 입자발생장치 밖으로 나온 입자의 총질량은 다음과 같다.

$$\frac{2.7-0.21}{10} \times 0.106 = 0.0264 \text{g/min} \quad (2)$$

따라서 30초 동안 실험시 들어간 입자의 질량은 0.0132g이다. 그러나 이와 같은 비교치만으로는 나오는 입자의 정확한 질량으로 볼 수 없으므로 본 실험을 위하여 여과방법을 써서 정확한 질량을 평가한 결과 15초 동안 평균 0.018g, 30초 동안 0.035g이었다. 이와 같은 결과로부터 실제 입자발생장치 안에서의 입자손실이 상당히 크며, 메탄올과 메칠렌블루 용액의 수위에 따른 밀도 변화가 방출되는 입자의 총질량에 큰 영향을 미치고 있다고 생각된다.

### 3.3 $\sqrt{Stk}$ 에 따른 효율

Fig. 10~11은 식 (1)에서 계산되어진  $\sqrt{Stk}$ 에 따른 입자포집효율을 나타낸 것이다. Fig. 11에서는 대체로 같은  $\sqrt{Stk}$ 에서 레이놀즈수가 클수록 효율이 증가한다고도 말할 수 있으나 Fig. 10에서는 반드시 그렇다고 볼 수 없음을 알 수 있다.  $S/W=1$ 인 경우에 있어 Marple와 Liu<sup>(4)</sup>의 이론에 의하면 레이놀즈수 3000에서 10000 사이의 효율변화는 미세하여 50%의 효율을 갖는  $\sqrt{Stk}$ 가 0.03 정도밖에 차이가 나지 않는다. 그러나 레이놀즈수가 변할 때  $\sqrt{Stk}$ 에 따르는 효율변화가 미세하다고 하여 레이놀즈수가 특정 입자직경에 대한 입자채집의 효율에 영향을 미치지 않는다고는 볼 수 없다. 그것은 레이놀즈수가 변하면  $\sqrt{Stk}$ 가 이미 입자직경의 무차원수라고 볼 수 없기 때문이다. 즉  $Stk$ 의 정의로부터 다음과 같이 레이놀즈수가  $Stk$ 에 포함이 되므로 레이놀즈수가 변할 때  $\sqrt{Stk}$ 에 따른 효율변화가 미세하다면 같은 50%의 효율을 갖는 입자직경은  $\sqrt{Re}$ 에 반비례한다고 볼 수 있다.

$$Stk = \frac{\rho_p C V_0 D_p^2}{9 \mu W} \quad (3)$$

$$= \frac{Re}{9} \frac{\rho_p}{\rho} \frac{D_p^2}{W^2} \quad (4)$$

$$Re = \frac{\rho V_0 W}{\mu} \quad (5)$$

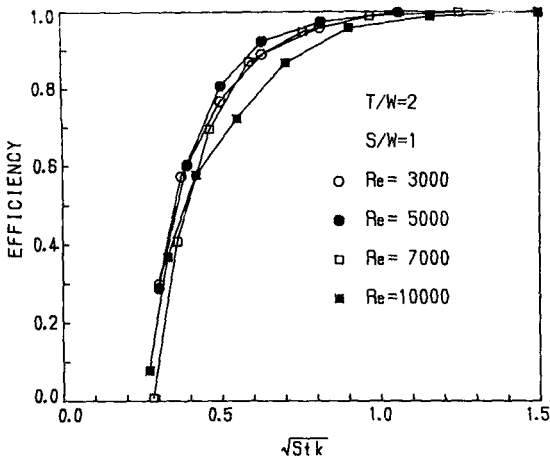


Fig. 10 Effect of Reynolds number on collection efficiency when  $S/W=1$

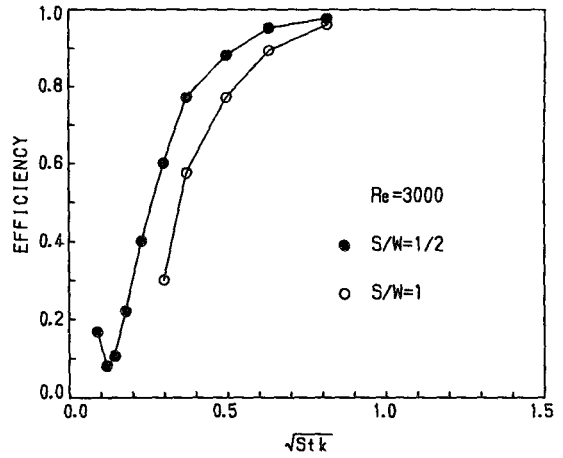


Fig. 12 Effect of nozzle-to-collector distance on collection efficiency when  $Re=3000$

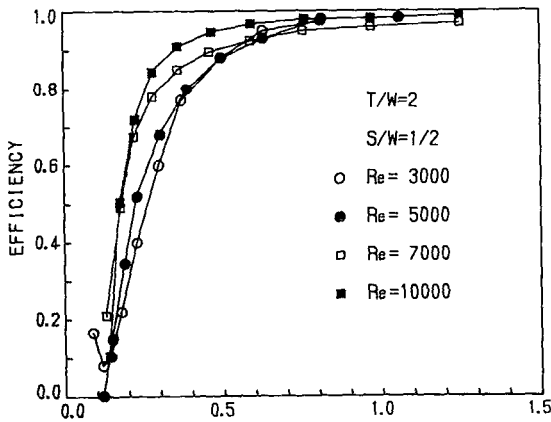


Fig. 11 Effect of Reynolds number on collection efficiency when  $S/W=1/2$

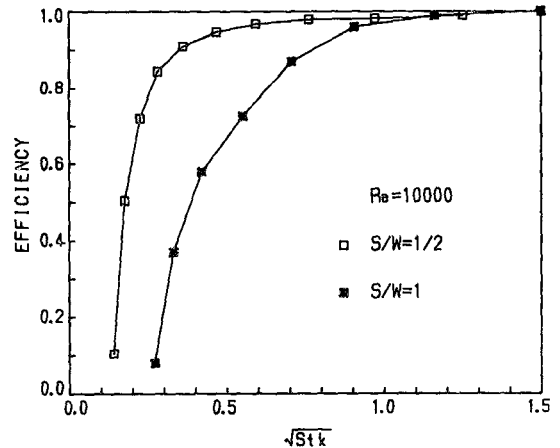


Fig. 13 Effect of nozzle-to-collector distance on collection efficiency when  $Re=10000$

Fig. 12~13에 같은 레이놀즈수에서  $S/W$ 에 따른 효율변화를 나타내었다. Fig. 10~11과 달리 같은  $\sqrt{Stk}$ 에서  $S/W$ 가 감소함에 따라 뚜렷한 효율의 증가를 볼 수 있다. Marple와 Liu<sup>(4)</sup>의 이론 등 여러 가지 결과에 의하면 같은 레이놀즈수에서  $S/W$ 가 감소함에 따라서 효율은 증가한다. Fig. 12~13은 이러한 경향을 잘 나타내 주고 있으며 Fig. 13에서  $S/W=1/2$ 인 경우와 같이 효율곡선의 급격한 경사는 효과적인 입자의 채집에 중요하다.

Fig. 11에서 효율곡선의  $\sqrt{Stk}$ 가 작은 부분에 약간의 이상영역이 존재하게 되는데 이는 본 실험에 있어서 입자분포 측정장치에 의하여 측정된 에너지

준위를 결과로 바꾸는데 있어 변곡점을 갖는 로그노말함수로 처리하였기 때문이다. 이 함수의 사용은 또한 포집효율곡선이 이론치와 맞지 않는 이유도 될 수 있다. 작은 입자영역에서 실제로는 어느 입자크기가 없더라도 이 함수에 의하여 있는 것처럼 나타내어지므로 효율곡선이 왼쪽으로 이동하여 나타나게 된다.

#### 4. 결 론

레이저광의 회절을 이용하여 슬릿 임팩터의 입자 부착효율을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻을

수 있었다.

(1) 미소입자의 관성충돌효과에 관한 실험에 대하여 기존의 광학측정장치나 전자현미경 사진에 의한 실험방법과 달리 레이저광을 이용한 입자측정장치에 의한 실험이 가능하며 입자크기영역이 조밀하다는 점에서, 또한 여러 입자크기에 대하여 동시에 실험할 수 있다는 점에서 다른 실험방법에 비하여 유리하다.

(2) 임팩터 출구에서 입자분포측정의 결과 같은 입자크기에 대하여 레이놀즈수가 증가함에 따라 포집효율이 증가됨이 관찰되었다.

(3) 실험결과 같은 스토크스수에 대하여 포집효율은 레이놀즈수 변화에 따라 그 변화가 미세하나 같은 레이놀즈수에서는  $S/W$ 의 감소에 따라 포집효율이 급격히 증가한다.

#### 참 고 문 헌

- (1) May, K. R., 1945, "The Cascade Impactor: An Instrument for Sampling Coarse Aerosols", *J. Sci. Instru.*, 22, pp. 187~195.
- (2) Davies, C. N., Aylward, M., and Leacey, D., 1951, *A.M.A. Arch. Ind. Hyg. Occupational Med.*, 4., p. 354.
- (3) Ranz, W. E., and Wong, J. B., 1952, "Impaction of Dust and Smoke Particles", *Ind. Eng. Chem.*, 44, p. 1371.
- (4) Marple, V. A. and Liu, B. Y. H., 1974, "Characteristics of Laminar Jet Impactors", *Environmental Sci. and Tech.*, 8, 7, pp. 648~654.
- (5) Mercer, T. T. and Stafford, R. G., 1969, "Impaction from Round Jet", *Ann. Occu. Hyg.*, 12, pp. 41~48.
- (6) Winkler, P., 1973, "Relative Humidity and the adhesion of Atmospheric Particles to the Plates of Impactor", *J. of Aerosol Science*, 5, pp. 235~240.
- (7) Willeke, K. and McFeters, J. J., 1974, "The Influence of Flow Entry and Collecting Surface on the Impaction Efficiency of Inertial Impactors", *J. Aerosol Sci.*, 5, p. 235.
- (8) Rao, A. K. and Whitby, K. T., 1978, "Non-ideal Collection Characteristics of Ideal Impactors-1. Single Stage Impactors and Solid Particles", *J. Aerosol Sci.*, 9, pp. 77~86.
- (9) Mercer, T. T. and Chow, H. Y., 1968, "Impaction from Rectangular Jets", *J. Colloid and Interface Science*, 27, 1, pp. 75~83.