

# 클린룸에 대한 부유미립자 농도분포의 이동측정

( 제 11 회 공기청정과 오염제어에 대한 연구대회 논문집에서 )

자 료 제 공  
력키엔지니어링(주)

## 1. 서론

클린룸내에서 입자는 亂流의 영향을 받아서 확산한다. 정류형 클린룸 내의 기류는 亂流인것을 확인할 수 있으며, 부유미립자의 확산 및 확산속의 계측이 중요한 과제로 되고 있다. 기존연구에서는 기류의 속도에 대한 입자확산에 있어서 수치해석을 실시, 실험에 의해서 명확하게 된 것도 있다.

그러나 입자 확산에 영향을 주는 요인에 대해서 검토하고 있는 연구는 적다. 또 유효한 측정방법에 대해서 기술하고 있는 것도 적다.

따라서 亂流확산에 영향을 주는 요인에 대해서 검토하고 실험을 실시하였다. 실험은 샘플링관을 이동시켜, 연속적인 전체농도분포를 구하는 측정(이동측정)과 측정점마다 샘플링관을 정지시켜 일정량인 샘플링양에 대한 입자 농도를 구한 것에 의해서 전체 농도분포를 구하는 측정(정점 측정)으로 실시하였다.

본 연구에서는 입자의 확산 폭을 실험에 의해 구하고, 영향 인자가 확산폭에 미치는 정도를 파악, 이동측정의 유효성을 명확하게

하는 것을 목적으로 하고 있다.

## 2. 확산폭 계측 실험

### (1) 실험개요

Fig 1은 실험장치의 개요이다. 풍동에는 대진방지 가공을 하며, 풍량조절은 Invertor 제어에 의해 실시하였다. 입자는 PSL(폴리스틸렌 라팅스) 표준입자를 사용하며 아트마이저(Atomizer)방식의 PSL 발생장치에 의해 발생시켰다.

Fig 2는 풍동내의 난류도 분포이다. 각 필터의 기준풍속에 대해서 풍동단면내의 유속 분포 및 각 방향의 변동성분 분포를 열선 풍량계로 측정하였다.

본 연구에서는 입자가 확산하는 범위는 중심에서 거리가  $\pm 15\text{cm}$  부분이며 이 범위에 있어서는 풍동주위벽면의 영향이 없는 것을 확인하였다. 측정위치는 필터면에서 20cm(D 20), 50cm(D 50), 100cm(D 100)의 풍동단면 내로 하였다. 또, 확산폭에 영향이 있다고 생각할 수 있는 각 요인을 실험계면법으로 비율실험을 하였다.(Table 1) 각 Factor와 수준

은 다음과 같다.

A : HEPA 필터의 종류

- ① 두께 292mm Separator삽입 폭 9.4mm
- ② 두께 150mm Separator삽입 폭 9.4mm
- ③ 두께 292mm Separator삽입 폭 17.5mm
- ④ 두께 65mm Separator삽입 폭 3.75mm

B : Pin Hole를 여는 위치

- 필터 상부
- 필터 하부

C : 측정방향

- Separator 삽입에 대하여 평행
- Separator 삽입에 대하여 직각

D : 입자경

- PSL 표준입자 0.3 $\mu$ m
- PSL 표준입자 1.0 $\mu$ m

E : 기준풍속

- 30cm/sec
- 50cm/sec

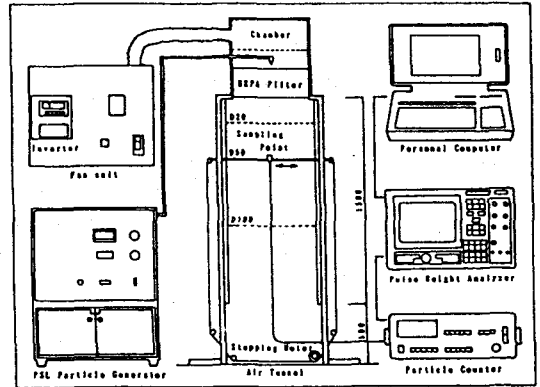


Fig. 1 Measuring system

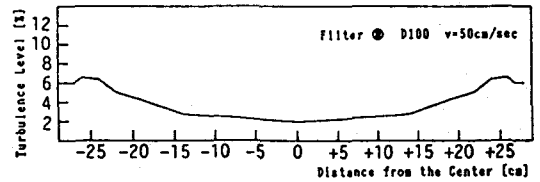


Fig. 2 Turbulence level distribution in air tunnel

Table 1 Experimental Program

Factor	Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A : Filter	① HEPA 292mm W=9.4mm	■	■	■	■												
	② HEPA 150mm W= 9.4mm					■	■	■	■								
	③ HEPA 292mm W=17.5mm									■	■	■	■				
	④ HEPA 85mm W=3.75mm													■	■	■	■
B : Position of Pinhole	Pleated Convex	■	■					■	■	■	■						
	Pleated Concave			■	■	■	■					■	■	■	■		
C : Direction of Measurement	Parallel to the Separator	■	■					■	■	■	■						
	Right Angle to the Separator			■	■	■	■					■	■	■	■		
D : Diameter of PSL	0.3 $\mu$ m	■	■	■	■			■	■	■	■						
	1.0 $\mu$ m			■	■	■	■					■	■	■	■		
E : Air Velocity	30[cm/sec]	■	■	■	■			■	■	■	■						
	50[cm/sec]		■	■	■	■	■					■	■	■	■		

W : Distance between Pleated Concaves(Convexes)

본 연구에서는 이동 측정과 정점측정 2가지를 실시하였다.

여기에서 이동측정이라고 하는 것은 트라버스 장치를 사용하여 샘플링관을 이동시켜 연속적인 농도 분포를 구하는 방법이다. 샘플링관의 이동에는 Steplag Motor로 사용, Personal Computer를 제어하였다.

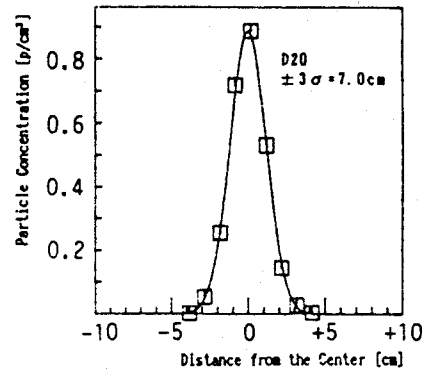
이동속도는 1.5cm/sec이다. 이동측정에서는 Particle counter(흡입유량 3lit/분, 측정대상입경 0.3 $\mu$ m이상)를 본래의 목적으로서 사용하지 않고 입자를 감지하는 센서로써 사용하였다. Particle counter의 출력신호를 파고 분포기로 연속적인 농도분포를 구하였다. 본 연구에서는 단위 시간을 0.3초로 하였다. 그동안의 이동거리는 0.45cm이다.

또 정점측정에서는 측정간격을 1cm로 하고, 각점마다 샘플링관을 정지시켜 1,000cm<sup>3</sup>의 샘플링을 실시하였다. 각점의 농도를 기본으로 전체의 농도분포를 구하였다.

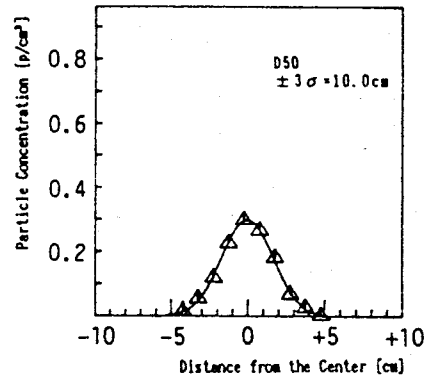
즉, 샘플링관의 구경은 기준 풍속에 맞추어, 풍속 흡인이 되도록 설정하였다.

(2) 측정결과

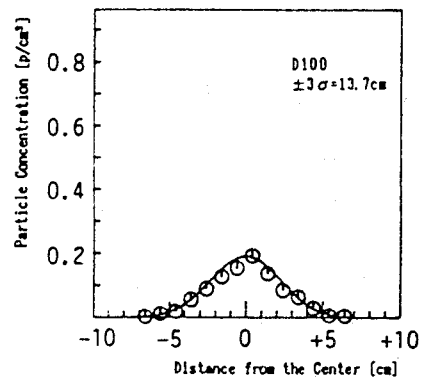
Fig 3은 농도분포의 측정결과의 한 예이며, 어느 것의 경우도 정규 분포에 잘 일치하고 있다. 본 연구에서는 평균치에서  $\pm 3\sigma$ 의 폭을 확산폭으로 하였다. 또 Fig 4는 필터 면에서의 거리와 확산폭과의 예이다. 정점측정에 의한 확산폭을 필터 면에서의 거리에 대해 직선 회귀하며 연직방향과의 열림을 확산각도( $\theta$ )로 하였다. 어느 경우에 있어서도 필터 직하부 20cm까지 급격히 확산되는 폭이 증대한 후, 완만하게 증대되는 경향이 있다. Tabel 2는 전체 실험에 대해서 확산폭과 확산각도를 구한 결과를 나타내었다.



(1) Distance from Filter : 20cm



(2) Distance from Filter : 50cm



(3) Distance from Filter : 100cm

Fig. 3 Particle Concentration Distributions(No. 9)

Table 2. Measured Results of Width and Angle

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
D 20	FIX	4.6	6.7	3.6	6.8	5.0	2.9	3.8	1.9	7.0	5.6	8.6	8.0	8.0	8.6	9.0	10.3
	MOVE	4.6	6.2	6.2	6.6	7.5	5.3	5.5	4.0	7.1	7.6	8.7	5.4	9.4	7.5	23.3	18.5
D 50	FIX	3.6	7.7	3.4	8.3	8.6	4.3	6.3	2.8	10.0	8.2	12.3	10.2	12.3	8.4	23.1	23.3
	MOVE	6.1	8.0	7.1	8.4	8.8	6.1	6.8	4.9	9.3	7.7	13.3	9.4	9.9	11.1	25.6	18.6
D100	FIX	4.8	15.4	4.2	11.5	11.0	9.0	6.8	4.3	13.7	10.9	15.9	13.1	18.8	20.0	19.3	23.3
	MOVE	6.6	9.4	6.1	9.0	8.0	8.1	8.8	5.3	13.7	10.8	14.9	13.7	16.5	14.3	23.0	20.6
ANGLE( $\theta$ )		0.1	3.2	0.2	1.7	2.1	2.2	1.8	0.3	2.4	1.9	2.6	1.8	3.9	4.3	3.1	4.3

D : Distance from Filter [cm], Width of Diffusion [cm], Angle[deg]

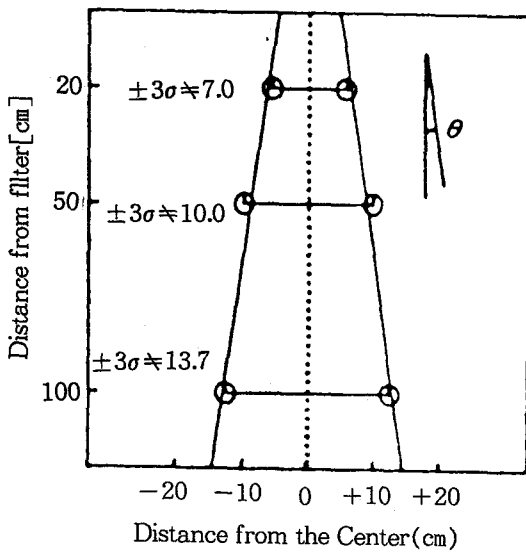


Fig. 4 Profile of width of particle diffusion(No. 9)

Tabel 3은 각 인자의 확산폭에 대한 영향을 분산 분석에 의해서 구한 결과이다. F검정에 의해서, 필터에 의한 영향이 정점측정, 이동측정 모두 1%의미로 되었다. 즉 이동측정에서는 풍속이 의미있는 것으로 되고 있지 않다. 이것은 기류에 대한 측정점의 이동속도에 원인이 있다고 생각할 수 있다. 각 필터마

다 확산폭의 추정결정은 Fig 5에 나타내었다. 확산폭은 필터 ①, ②에서 적고, 미니프릭형이라고 불리는 필터 ④에서 가장 크고 필터 ①의 거의 2배가 확산되는 폭이라는 것을 알 수 있다.

### 3. 이동측정의 유효성

이동측정에서는 정점측정과 비교하여 샘플링량은 적지만, 샘플링관을 이동시키면서 측정하기 때문에 측정을 단시간에 실시하는 것이 가능하다. Fig 6은 이동측정의 확산폭의 분포를 측정회수 마다 나타낸 것이다. 실선은 정점 측정의 측정치이다.

본 측정에서는 5회 이상의 이동측정을 실시하였고, 정점측정과 오차가 10%이내로 되는 것을 확인하였다.

다음으로 정점측정과 이동측정의 관계를 Fig 7에 나타내었다.

필터 직 하부 20cm의 범위에서는 상관관계가 0.69로 그다지 높게 되지 않고 이동측정을 실시하는 것은 곤란하지만 50cm 이상 떨어진 부분(측정점 D50, D100)에서는 상관관계가

**Table 3. Variance Analysis**

(1) Fixed Measurement(D 100)

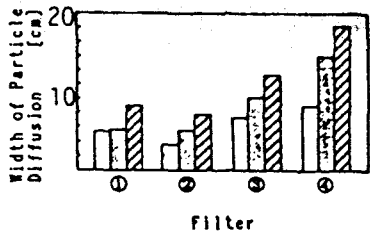
Factor	Degree of Freedom	Fluctuation	Variance	Ratio of Variance	Net Fluctuation	Contribution Rate
A	3	369.9	123.3	22.8**	353.7	69.8%
B	1	0.6	0.6			
C	1	0.6	0.6			
D	1	24.0	24.0			
E	1	77.4	77.4	14.3**	72.0	14.2%
E * C	1	0.3	0.3			
E * D	1	0.8	0.8			
e	6	33.2	5.5			
e'	11	59.5	5.4		81.1	16.0%
Total	15	506.8				100.0%

\*\* · Significant at 1% of Risk

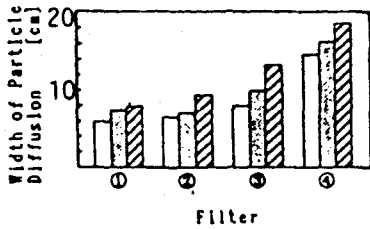
(2) Moving Measurement(D 100)

Factor	Degree of Freedom	Fluctuation	Variance	Ratio of Variance	Net Fluctuation	Contribution Rate
A	3	330.7	110.2	17.2**	318.1	79.2%
B	1	3.6	3.6			
C	1	12.3	12.3			
D	1	24.5	24.5	3.8	20.3	5.1%
E	1	4.6	4.6			
E * C	1	0.2	0.2			
E * D	1	2.0	2.0			
e	6	23.7	4.0			
e'	11	46.4	4.2		63.2	15.7%
Total	15	401.6				100.0%

\*\* · Significant at 1% of Risk



(1) Fixed Measurements



(2) Moving Measurements



Fig. 5 Widths of particle diffusion of the pour kinds of filters

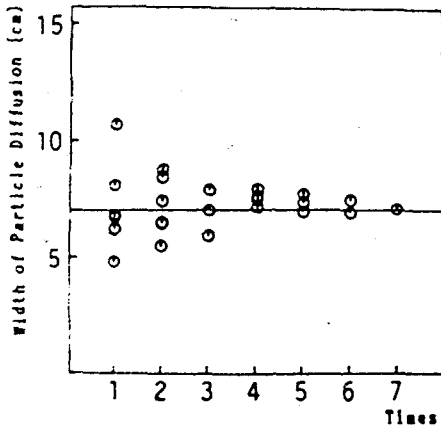
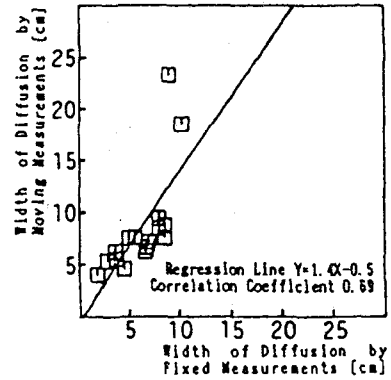
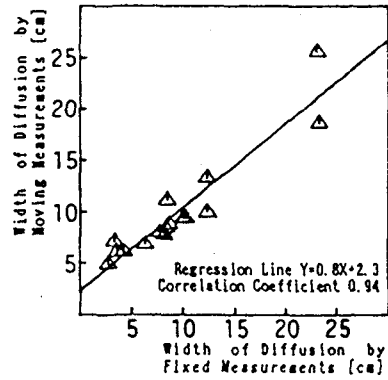


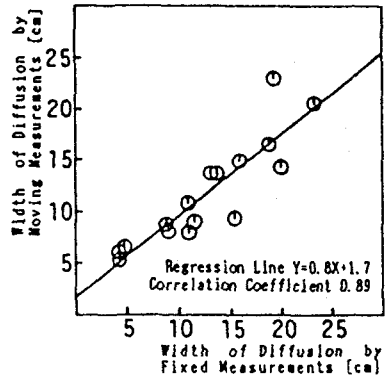
Fig. 6 Relation between number of measuring times and width of particle diffusion through a run of moving measurement



(1) Distance from Filter : 20cm



(2) Distance from Filter : 50cm



(3) Distance from Filter : 100cm

Fig. 7 Correlations between fixed measurements and moving measurements

0.9정도로 높은 상관관계를 나타내어 이동측정이 유효하다고 생각할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 난류확산에 영향을 주는 요인에 대해서 검토하고, 계측실험을 실시하였다. 더우기 이동측정의 기초적 검토를 한 결과, 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 입자확산인 필터 직 하부 20cm까지 급격히 확산하는 폭이 증대한 후, 완만하게 증대하는 경향이 있다.

(2) 입자의 확산폭에 영향을 주는 요인은 필터와 풍속이다.

(3) 정점측정, 이동측정모두 필터 ①, ②보다 필터 ③, ④를 사용한 경우의 것이 확산하는 폭이 증대하며, 필터 ④의 확산하는 폭은 필터 ①의 거의 2배이다.

(4) 필터 직 하부인 기류의 난류가 큰 범위에서는 이동측정은 조금 곤란하지만, 비교적 안정 되어 있는 범위에서는 충분히 가능하다. 금후는 풍속, 난류에 대해서 상세한 검토를 실시, 이동속도(특히 1.5cm/sec 이하의 저속이동)와의 관계를 명확히 할 필요가 있다.

#### — 참 고 문 헌 —

1. 蘇井他, 整流型クリーンルームにおける亂流特性, 第10回空氣清淨とコソシミネーションソコソトロール研究大會子稿集, (社) 日本空氣清淨協會, 1991.4
2. Thomas H.Kuehn, David Y. H. Pul and Jenes P. Gratzek: NUMERICAL RESULTS OF CLEANROOM FLOW MODELING EXERCISE, Particle Tech. Lab. Mechanical Engineering Department, Univ. of Minnesota Winesote

## 뉴스

### ■ 2백56MD개발 6천2백억 투입 ■

6월 9일 과기처가 마련한 2백56MD램 개발계획에 따르면 특히 이에 필요한 개발비는 정부출연금 가운데 9백10억여원(33.5%)은 과기처가 부담하고 나머지 1천7백80억여원은 상공부와 체신부가 각각 8백90억여원씩 부담하게 되며, 삼성전자, 現代電子, 金星일렉트로닉스 등 반도체업체들이 전체의 56.5% 정도를 부담하게 된다.

그러나 과기처는 정부출연금의 경우 美·日 등 주요 경쟁국들과의 통상 마찰을 우려, 정부부담액 전부를 연리 4%선의 장기저리융자 형태로 지원하고 일정기간이 지난 후 전액 회수키로 했다.

과기처는 이와 관련, 11일 상공·체신·경제기획원 등 관계부처 국장급 관계자들이 참석하는 HAN프로젝트 전체회의를 열어 각 부처의 개발지원금 부담률 등을 협의할 계획인데, 상공·체신부 등 관련부처는 물론 예산당국조차 정부부담액에 난색을 표하고 있어 논란이 예상되고 있다.

과기처는 그러나 소자개발·소재기초기술·장비기술 등 개발계획은 당초 2백56MD램기획안이 기획한 안을 토대로 개발을 추진키로 하고 핵심장비의 경우 국내 기술수준 등을 감안, 개발전략에서 필요장비를 확보하는 데 주력키로 했다.