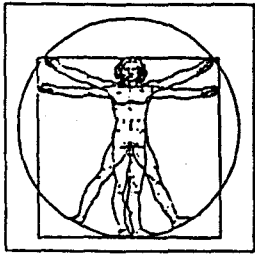


PARTICLE COUNTER 신뢰성 확보와 계측오차



1. 서 론

Cleanroom 등의 미립자계측에 있어서는, 대상입경이 매우 작으며 그 농도가 매우 낮은 이유때문에, 정밀한 계측기술이 요구되며, 계측치의 신뢰성에 관해서도 충분한 배려가 필요하게 된다. 현재, 일반적으로 Cleanroom에서 사용되고 있는 계측기로서는 광산란식 Particle Counter와 응축핵 Counter를 들수 있다.

응축핵 Counter는 $0.1\mu\text{m}$ 이하의 미소 입경범위에서도 계측이 가능하므로 매력적이긴 하지만, Sampling Volume이 적은것, 입경분포의 정보를 얻기 위해서는 적당한 입경분급장치와의 병용이 따라야 하는 결점이 있으며 아직까지 입경분급치의 신뢰성에 관해서도 분명하게 밝혀지지 않고있다. 광산란식 Particle Counter는 입자수와 입경분포가 동시에 측정이 되며, 매분 1cft정도의 Sampling Volume을 갖는 것도 개발되어 시판되고 있다. 이러한 장점때문에 현재 Cleanroom의 감시용으로 많이 사용되고 있으며 앞으로도 그 사용이 증대되리라 생각된다.

본고에서는, 실제로 Particle Counter의 계수치에 대해 의문을 갖는 경우도 많고 해서, 그러한 대책을 생각하는 의미에서 미소립자의 계측기술의 개요와 계측상의 문제점, 계측기의 신뢰성 시험결과에 관해 기술한다.

2. Particle Counter의 개요

1) 광산란식 Particle Counter

현재, 가장 많이 사용되고 있으며, 개개의 입자로 부터의 산란광을 측정해서 입자수 및 입자경을 측정하는 것으로써, 광원의 종류 및 산란광의 수광방식에 의한 많은 기종이 발표되어 있다.

구형입자로 부터의 산란광은, 다음과 같다.¹⁾²⁾³⁾

$$I_s = I_{0s} \frac{1}{k^2 R^2} \frac{i_1(a, m, \theta) + i_2(a, m, \theta)}{2}$$

$$= I_{0s} \frac{\lambda^2}{8\pi^2 R^2} (i_1 + i_2) \quad (1)$$

여기서 I_s 는 산란광강도, I_{0s} 입사광강도, λ 는 입사광의 파장, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, R 은 입자로 부터의 거리, $a = 2\pi r/\lambda$ 이며 Size Parameter로 불리지고 있다. r 은 입자반경, m 은 매질에 대한 입자의 굴절율, θ 는 입사광과 산란광과의 각도, $\theta = 0$ 는 전방산란을 의미한다. 무차원량의 i_1, i_2 는 intensity function으로 불리우며, 각각의 진동방향이 관측면에 수직 또는 수평 직선편광성분을 나타내는 량이다.

중요한 것은, 산란광강도가 식(1)과 같이 빛의 파장(λ), 입자경(r), 입자의 굴절율(m), 산란각(θ)에 관계하고 있는 것이다. 따라서 입자경이 같아도, 다른 factor가 다르면 산

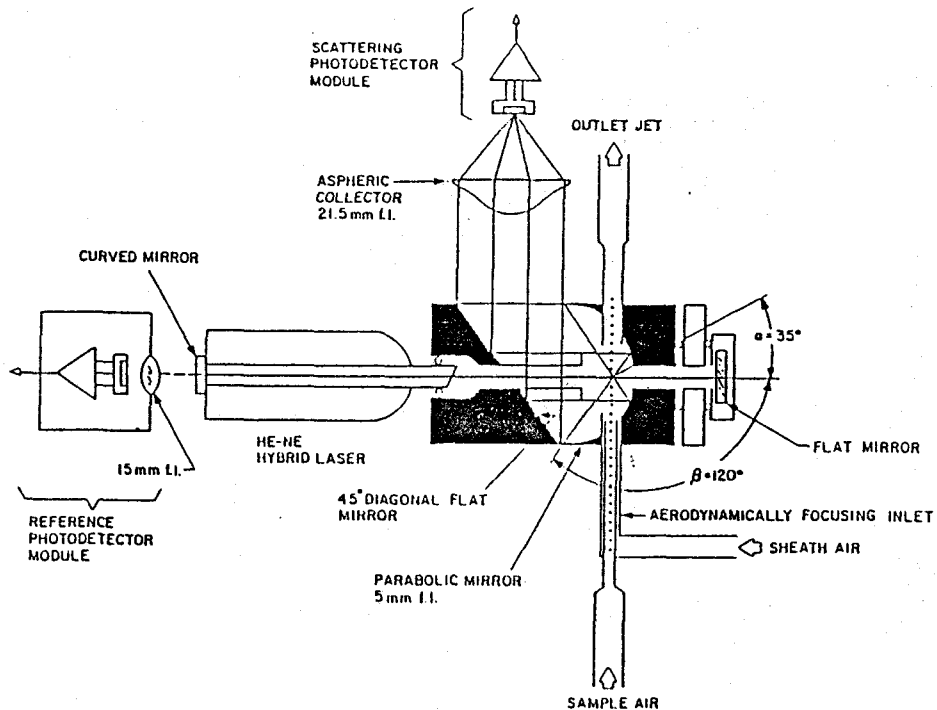


그림 1 Laser 광원의 particle counter의 개략도

란광수광면에서의 응답이 달라지게 된다.

그림 1은 Laser 광원의 Particle Counter의 예로서, 입자로 부터의 산란광은, Parabola 형 거울에 의해 집광되어 $\theta = 35^\circ$ 로부터 120° 까지의 산란광을 적분한 것으로 된다.⁴⁾

2) 응축핵 Counter

상기의 광산란식 Particle Counter에서는, 광원과 noise 등에 주의하면 입경 $0.1\mu\text{m}$ 입자까지는 계측가능하다. 고성능의 경우에 $0.05\mu\text{m}$ 까지 계측가능한 것도 있지만, 그 이하의 미소립자의 계측은 곤란하다. 현재, 그와 같은 미소립자계측에는 응축핵 Counter가 사용되고 있다.

직경 d 의 액적이, 성장할 것인가 증발할 것인가는 입경과 증기의 포화도에 의한다. 성장

할 것인가 증발할 것인가의 한계입자경 d^* 는, 일반적으로의 다음의 Kelvins Equation에 의한다.⁵⁾

$$\ln \frac{P}{P_\infty(T)} = \frac{4M}{\rho R T d^*} \quad (2)$$

여기에서, $P_\infty(T)$ 는 온도 T 에서의 포화증기압, $P/P_\infty(T)=S$ 는 포화비, M 은 액체의 분자량, ρ 는 밀도, R 은 가스정수이다. 이 관계를 그림 2에 나타내며, 포화비를 높여서 증기의 과포화상태를 만들면 미소립자도 성장을 계속해서 관찰할 수 있게끔 된다. A, B 를 정수로 하면, 포화증기압은 일반적으로

$$\ln P_\infty(T) = A - \frac{B}{T} \quad (3)$$

이며, 온도만의 함수로 되기 때문에, 계의

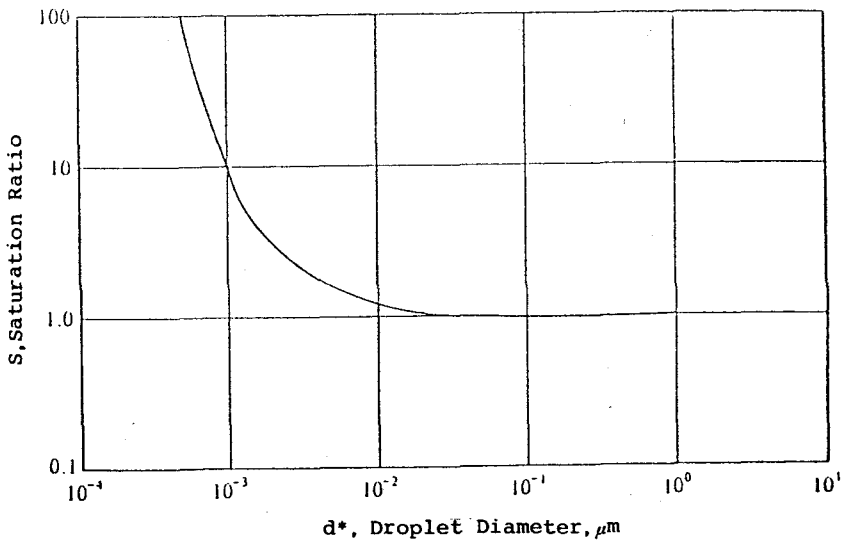


그림 2 Kelvin식에 의한 한계입자경과 포화비와의 관계

온도를 일시적으로 변화시키면, 기체는 열에 대해서 그렇게 좋은 전도체이지 않기 때문에, 과포화상태를 만들 수 있게 된다. 단 열팽창에 의해서 온도를 변화시켜 과포화상태를 만들어, 입자를 크게 만드는 것이 Aitken Counter 와 Pollak Counter라고 불리우는 것이며,⁶⁾⁷⁾ 가스류중에서 온도변화를 시켜 입자를 성장시키는 것이 Particle Size Magnifier, Flow Reactor로 불리워지고 있는 것이 있다.⁸⁾⁹⁾

그림에 나타나 있는 바와 같이, 입경 0.01 μm 이하의 범위에서는, 입자의 성장에 높은 포화비를 필요로 하지만, 입자가 전기를 띄고 있는 경우에는 표면장력을 약하게 하기 때문에, 보다 낮은 포화비에서 입자성장이 된다. 또, 증기성분에 대해 용해성의 응축핵이 존재하는 경우에는, Raoult의 법칙에 의해 용해물질을 함유하는 액적의 평형증기압이 감소하기 때문에, 낮은 과포화도에서 입자는 성장한다. 이와 같이 응축핵 Counter는, 과포화도를 높이면 아주 미소한 입자도 관측되지만, 너무 과포화도를 높이면, 증기의 자기응축핵이 생길 가능성이 있어서 주의할 필요가 있다.

3) 그외의 측정법

미소입경범위에 있어서, 응축핵 Counter는 유력한 계측수단이지만, 그대로서는 과포화도를 계통적으로 변화시키지 않는 한 입경분포의 정보는 얻을 수 없다. 따라서, 미리

입경을 분류해 놓고, 그 수를 응축핵 Counter로 계측해서 입경분포의 정보를 얻을 수 있게끔, 미분형이동도 Analyzer¹⁰⁾ 또는 확산 Battery가 사용되고 있다. 전자는 입자의 전기적 이동도(k)가 구해지면,

$$k = \frac{pe C_c}{6\pi\eta r} \quad (4)$$

의 관계로 부터 입자반경 r 이 구해지기 때문에, 입자의 이동도분포로 부터 입경분포를 알 수 있다. 여기에서 e : 소전하, P : 소전하수, C_c : Cunningham보정계수, η : 기체점성이다.

후자의 확산 Battery에 의한 방법은, 예를 들면 입자를 원통형 Tube (반경 R)를 통과시켜, 입구농도를 n_0 , 출구농도를 n 로 하면, 그 농도비⁽¹¹⁾

$$\frac{n}{n_0} = 0.819 \exp(-3.675\mu) + 0.097 \exp(-22.3\mu) + 0.032 \exp(-57\mu) \quad (5)$$

(단, $\mu > 0.04$)

여기에서 $\mu = D\ell/R^2\bar{v}$ 이며, ℓ : tube 길이, \bar{v} : 평균유속, D : 입자의 확산계수이며, 결국 n/n_0 은 D 의 함수관계이다. 따라서, 실험 Parameter를 변화시켜, D 분포를 얻으면,

$$D = kTB, \quad B = \frac{C_c}{6\pi\eta r} \quad (6)$$

의 관계로 부터, 입경분포를 알 수 있다. 이 경우에 k : Boltzmann정수, T :절대온도이다. 이러한 수법으로 미소립자를 분급해서, 입자수를 응축핵 Counter로 측정하면 입경분포를 알 수 있다.

3. 광산란식 Particle Counter의 문제점

1) 표준입자에 의한 장치의 교정

광산란식 Particle Counter는 전술한 바와 같이, 입자로 부터의 광산란특성을 이용한 것으로, 입자의 형상과 굴절율의 차이에 따라 그 응답특성도 달라지게 된다. 따라서, 무엇을 가지고 장치의 교정을 하는가는 논의할 여지가 있지만, 통상 Poly-

styrene Latex(PSL)의 구형입자를 표준으로 해서, 그것에 대한 응답으로 장치를 교정하고 있다. 실제로 그와 같은 입자가 자연계에 존재하지는 않지만, 이론적으로 응답곡선이 얻어져서 장치의 성능을 판단할수 있는것, 전자현미경에 의해 입경이 정해진 입자의 입수가 비교적 간단하다는 실용적인 이유때문에 이와 같은 수법이 사용되어 왔다. 따라서, Particle Counter에 의해서 얻어지는 입자경은 어디까지나 PSL 입자의 상당경에 지나지 않는다.

2) Particle Counter의 응답과분해능력

산란광의 수광에는, 통상 광전자증배관이 사용되지만, 광학계에서 집광하기 때문에

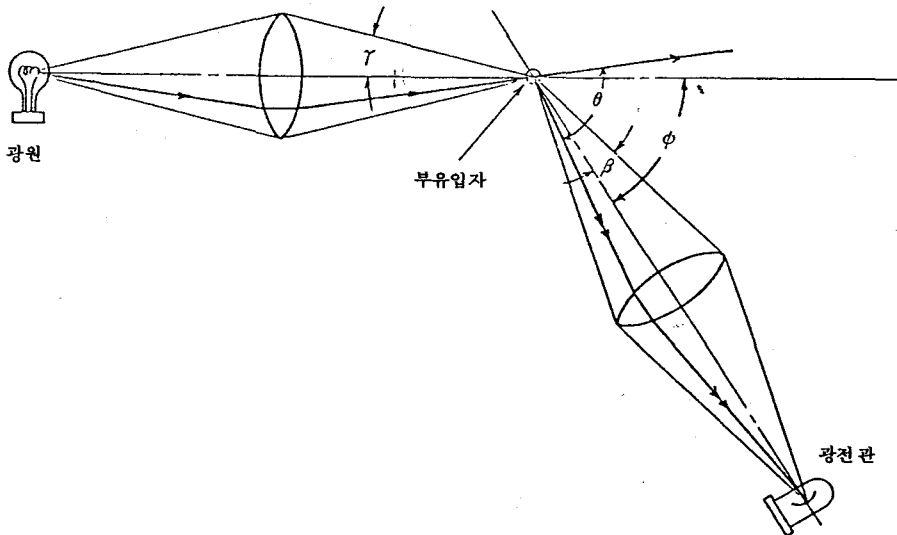


그림 3 측방산란형 Particle Counter의 광학계

어느 정도의 입체각내에 들어오는 산란광을 적분하는 형식이 된다. 그림 3에 측방산란형의 Particle Counter의 광학계를 나타낸다.¹²⁾ 광전자증배관이 받는 산란광속량 I_c 는 그림에서 알수 있듯이 최대 $\phi + \beta + \gamma$, 최소 $\phi - \beta - \gamma$ 의 각을 갖는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 I_c 를 각전체에 대하여 적분해서 산란광속량 I_c 를 구할수 있다.

$$I_c = \int_{\phi - \beta - \gamma}^{\phi + \beta + \gamma} I_\lambda \cdot \omega \cdot R^2 d\theta \quad (1)$$

여기에서 R은 입자의 중심으로 부터 수광면까지의 거리, ω 는 산란각도 θ 의 산란광이 광전자증배관면에 집광되는 기하학적인 비율을 나타내는 함수이다. 이때 광전자증배관의 출력 pulse의 크기 I_p 는,

$$I_p = K \int_0^\infty I_c \cdot P(\lambda) d\lambda \quad (8)$$

여기에서 $P(\lambda)$ 는 광전자증배관의 파장감도특성이다. 따라서, $I_\lambda = \frac{\lambda^2}{8\pi^2 R^2} (i_1 + i_2)$ 의 관계로 부터 광전자증배관의 출력은,

$$I_p = K' \int_0^\infty \int_{\phi - \beta - \gamma}^{\phi + \beta + \gamma} \lambda^2 (i_1 + i_2) P(\lambda) \omega d\theta d\lambda \quad (9)$$

여기서, 상수 K, K'는 광전변환특성에 관계하는 비례계수로 여길 수 있다. 따라서 장치의 기하학적인 배치에 관한 상수와 수광계의 파장특성, 입자의 굴절을 등이 결정되면, 입자경의 함수로써 광산란강도에 대응

하는 응답전압출력을 결정할 수 있다. 이것에 관해서는 많은 계산예가 발표되어 있다. 그러므로, 이 계산에 의한 이론적 응답과 표준입자를 사용해서 얻은 실험적응답과를 비교하면 장치의 성능을 알 수 있다.

표준입자(입경 d_0)를 Particle Counter에 연속적으로 도입시켜, 그것들의 출력파형을 관찰하면, 거의 같은 파고치의 Pulse열이 보여질 것이다. 이것을 파고분석기에 의해 출력파고분포를 측정하면 평균 입경 d_0 의 주위에 Gauss분포를 하는것이 보통이다.¹³⁾ 그 원인을 크게 분류하면,

- ① 입자자체의 입경오차에 기인하는 Gauss분포 (표준편차 σ_0)
- ② 수광기로 부터의 광전자의 통계적인 불규칙에 기인하는 Gauss분포 (표준편차 σ_g).
- ③ 전기회로의 안전성과 열Noise에 기인하는 Gauss분포 (표준편차 σ_t).

이다. 이러한 요인들이 중복되어서, 최종적인 파고분포는 Gauss분포를 나타내게 된다. 따라서, 측정되는 파고분포는, 표준편차를

$$\sigma_{tot} = (\sigma_0^2 + \sigma_g^2 + \sigma_t^2)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

이 되어, 입경분해능력은

$$\left(\frac{\Delta d}{d_0}\right)^2 = \left(\frac{\Delta d_0}{d_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d_g}{d_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d_t}{d_0}\right)^2 \quad (11)$$

로 된다. σ_0 를 다른 방법에 의해서 정확히 알 수 있게 되면, 장치의 전기적 특성에 관련된 분산(마지막 2항) 정도를 알 수 있게 되어, 장치의 분산능력을 나타낼 수 있다. 전자현미경에 의해서 분급된 PSL 입자의 σ_0 와 관찰과형으로 부터 구해지는 σ_{t_0} 와의 비교에 의해서, 장치의 전기적 요인에 의한 분해능력을 알 수 있다. 최근에 σ_0 의 값에 관해서 많은 보고가 있지만 그 값에 오차가 있다.^{14) 15)}

그외에, 입자의 관찰공간에서 빛강도의 불균일성에 의해서도 입경분해 능력은 변화한다. 이것에 의한 경우에는, 파고치의 Gauss 분포가 아닌 다른 형태로 나타난다. 분포 형이 비틀어진 경우에는 입자의 흐름과 광축을 조정할 필요가 있다. 그 외에도 일반적으로 입자관찰공간은 밀폐되어 다른 곳으로부터의 입자의 유입이 없도록 주의하여야 하며, 입자는 가능한 한 종류가 확보되어 관찰공간내에서 순환하지 않도록 하여, 산란광 이외의 미광이 수광되지 않도록 한다. 또 공기분자로 부터의 산란광도 최소한으로 줄이기 위해서는 관찰공간도 작게하는 것이 바람직하며, 입자류와 광로의 위치관계는 매우 정밀하게 조정되어야만 하며, 그 외에도 주의할 문제점이 많다.

3) 동시계수손실

입자가 계측구간에 2개 이상 동시에 들어오는 경우에는, 계수손실이 일어난다. 동

시계수손실은 입자의 농도가 높은 경우에 확률적으로 생기며 다음의 식으로 표시된다.

$$C = 1 - \exp(Q \cdot t \cdot n) \quad (12)$$

여기에서, C : 동시계수손실, Q : 시료공기유량, t : 입자가 광로를 통과하는 시간, n : 입자농도이다. 동시계수손실이 5% (0.05) 정도로 되는 입자농도를 최대계수농도라 하며, 그이상의 입자농도의 경우에는 미리 회석해서 계측해야 한다. 입자의 광로 통과시간은 빛의 직경과 흡인공기속도로 부터 알 수 있지만, 출력 Pulse를 Oscilloscope로 관찰해서도 알 수 있다. 어쨌든, 얻어진 계수치로 부터 동시계수손실에 의한 보정이 어느정도인가를 알아둘 필요가 있다.

4. 광산란식 Particle Counter의 신뢰성 시험¹⁶⁾

1) 시험의 개요

Particle Counter의 개별적인 성능 평가가 비교적 용이하게 행해질 수 있는 것에 대해서는 개별시험을, 종합적인 평가를 위해서는 여러대에 의한 동시계수치의 비교 실험을 했다. 개별시험은 일본 (재)기계전자 검사검정협회의 광산란식 Particle Counter의 성능시험에 준했다. 시험에 사용한 Particle Counter는 User에 의뢰해서 사용했으며 표 1 과 같다.

표 1. 시험대상의 계수기

No.	광 원	흡인 구기류량
①	Laser	대
②	Laser	대
③	Laser	대
④	Laser	중
⑤	Laser	소
⑥	Laser	대
⑦	Laser	소
⑧	Laser	대
⑨	백 색	중
⑩	백 색	소
⑪	백 색	중
⑬	백 색	소
⑭	백 색	소
⑮	백 색	소
⑯	백 색	소
⑰	백 색	대
⑱	Laser	소

주 1) 흡인 공기유량은 소 : 1ℓ/min이하
 중 : 1 ~ 10ℓ/min, 대 : 10ℓ/min
 이상

주 2) 계수기 ⑫는 제외되었으므로 계 17대

2) 개별성능시험

① 공기류량

Particle Counter에서는, 공기류량의 오차가 직접개수오차로 되기 때문에 공기유량의 정확성은 매우 중요하다. 본 시험

에서는 Particle Counter의 시료공기배출구에 습식적산체적계를 접속시켜, Particle Counter에 흐르는 시료공기의 실유량을 측정했다.

측정결과는 표 2와 같으며, 일반적으로 수%의 오차이지만 심한 경우에는 20%에 가까운 오차를 나타내는 것도 있다. 규정유량의 크기와 유량오차간에 특별한 경향을 없었다.

표 2. 유량측정결과

측정기 No.	측정유량	오 차
1	대	- 8.1 %
2	대	+ 6.4
3*	대	+ 3.9
4*	중	+ 18.4
5	소	- 2.4
6	대	+ 4.0
7	소	+ 3.2
9	중	- 0.1
10	소	- 19.2
11*	중	+ 0.7
13	소	- 3.2
14	소	- 1.7
15	소	+ 0.5
16	소	- 0.2
17	대	- 2.0
18	소	+ 4.6

*는 면적식류량계에 의한 측정

② 위계수

위계수는 실제로 입자가 존재하지 않는데, Particle Counter가 계수하는 것이다. 최근에 측정대상으로 하는 공기청정도가 엄격해짐에 따라 Particle Counter의 위계수의 유무는 계수치의 신뢰성을 결정짓는데 매우 중요하다. 위계수의 원인으로서는, 검출기로부터 발생하는 전기적 Noise와 검출기내에 부착한 입자의 재비산, Sampling Air Flow에서 이탈되어 순환하는 입자 등의 영향을 들 수 있다.

위계수의 성능시험을 하는데 있어서, 각 Particle Counter의 흡인류량이 다르기 때문에, 일정체적(1cft = 28.3ℓ)의 청정공기를 흡인했을 때의 최소가측입경의

표 3. 위계수의 측정결과

No.	위 계 수	No.	위 계 수
1	0.07	10	0.71
2	0.95	11	0.11
3	1.24	13	0
4*	3.35	14	0
5	0	15	0
6	0	16	0
7	0	17	0
8	0.035	18	0
9	0.71		개 / ℓ

*는 Sampling Tube내의 오염가능성이 있음.

Channel에 있어서의 위계수의 유무를 조사했다. 그때의 흡인공기의 청정도는 응축핵 Counter로 확인했다.

단위흡인량에 대한 위계수의 측정결과를 표 3에 나타낸다. 위계수가 보여지는 것이 약반수인데 거의가 중~대 유량의 것임을 알 수 있다. 여기에서 알 수 있듯이 청정도가 높을수록 Sampling 오차를 작게 하는 의미에서 흡인류량이 큰 Counter를 사용하는 경우가 많지만, 그 때에는 위계수에 특히 주의할 필요가 있으리라 생각된다.

③ 계수의 시간적 응답

Particle Counter는, 청정도의 감시 중에 급격한 오염이 발생할 경우, 빠른 응답이 필요하다. 이와 같은 시간적 응답은 역으로 농도가 높은 Sampling 공기를 급격하게 청정공기로 바꾸었을 때의 계수치의 시간적 변화에 의해 평가할 수 있다.

여기에서는, PSL 입자의 비교적 고농도의 공기를 1분간 흡인한 후에 청정공기로 바꾸었을 때의 최소가측입경 Channel에서의 계수치의 시간적 변화를 1초 간격으로 측정했다. 시험은 각 Counter별로 3회 했으며 그 평균치의 일부를 그림 4~6에 나타낸다. 그림중의 수직선은 청정공기로 바꾸었을 때의 시점을 나타낸다. 각 Counter는 청정공기 교환후 10초이내로 계수치가 0로 되고 있으며, 특별히 문제점은 없었다. 그

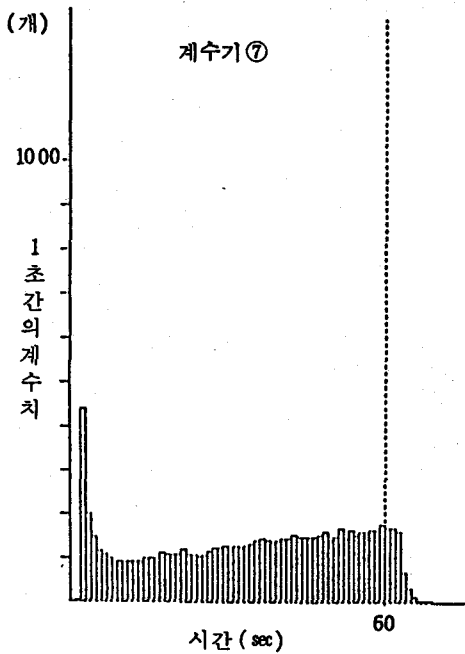


그림 4 계수의 시간적 응답 (계수기 ⑦)

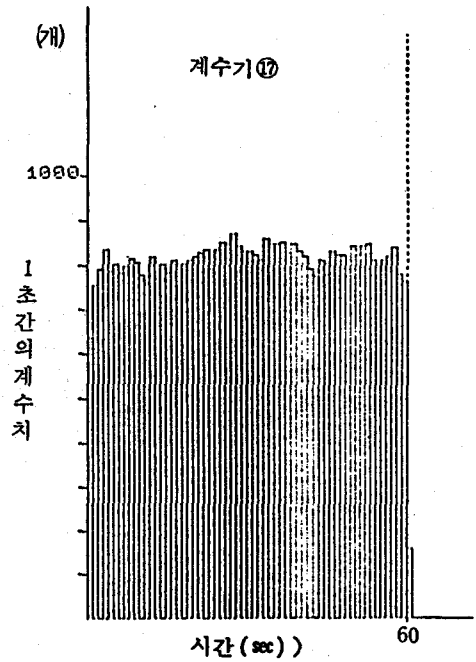


그림 6 계수의 시간적 응답 (계수기 ⑰)

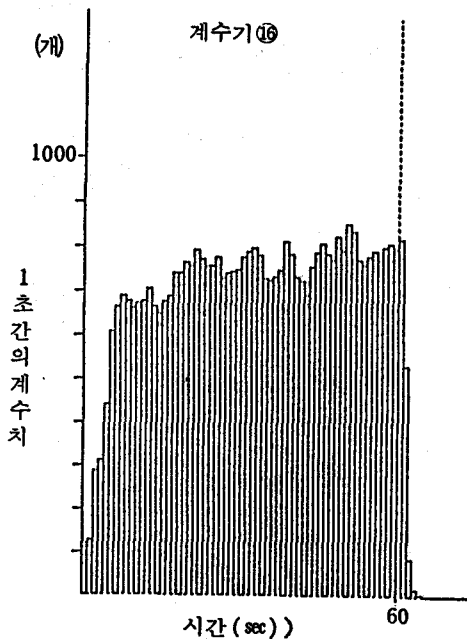


그림 5 계수의 시간적 응답 (계수기 ⑯)

그림 6의 ⑰의 계수기는 다른 것과 비교해서 흡인공기유량이 많기 때문에 유속이 빨라서 응답도 빠른 것으로 생각된다.

④ 입경선별기능

Particle Counter는, 입자가 검출기를 통과하면, 입자 1개에 대해서 Pulse 신호 1개를 발생해서 그 Pulse 신호의 높이 (파고치)에 의해 입경을 분류한다. 따라서, 입경이 일정한 입자를 함유한 시료공기를 측정해서, 그때의 검출기의 출력(파고치)의 분포를 측정하는 것에 의해 입경의 분류능력의 평가가 가능하다. 또, 파고치의 분포 Peak치 (또는 50%누적치)와 입경분류

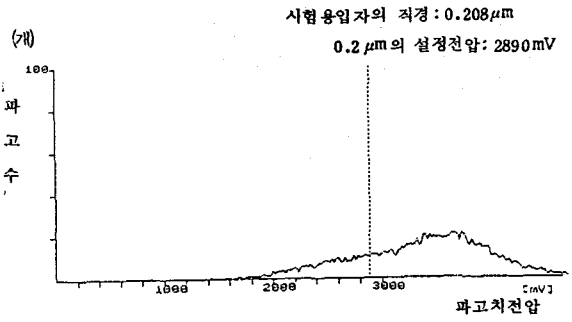
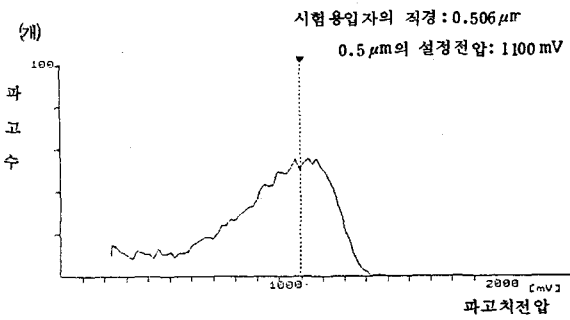
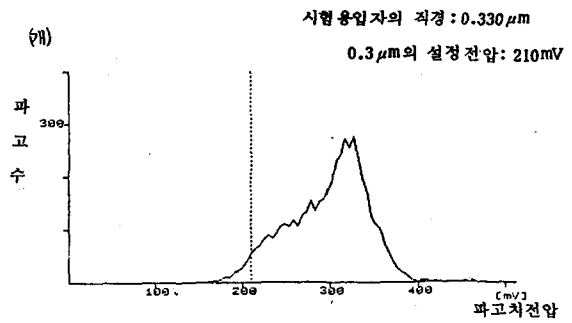
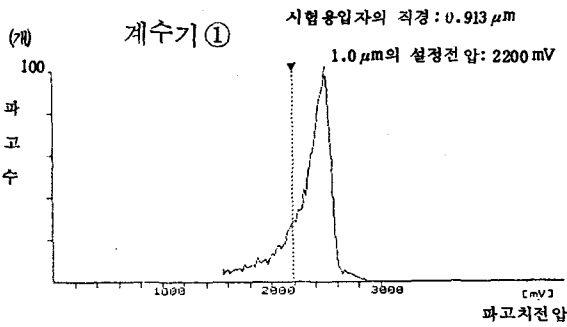


그림 8 입경선별기능 (계수기 ⑤)

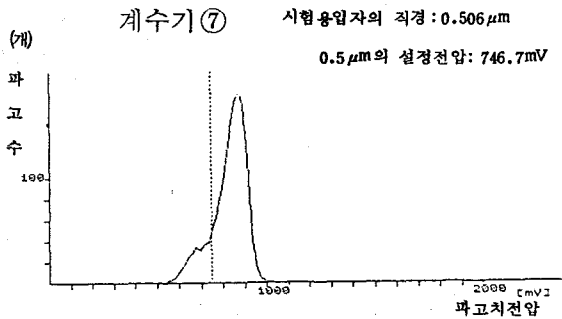
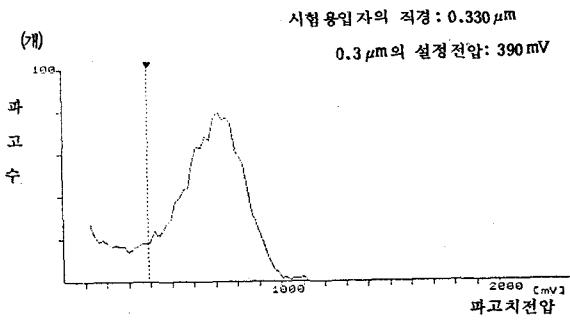
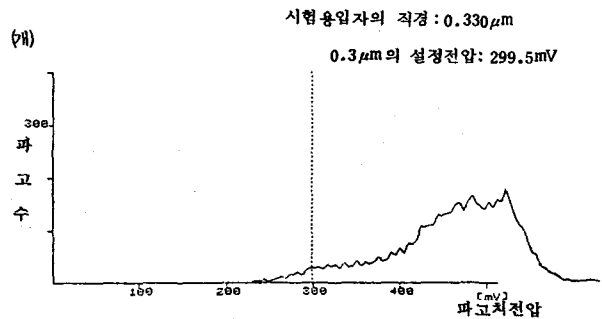
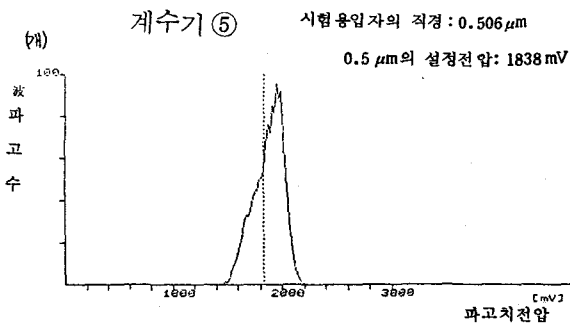


그림 7 입경선별기능 (계수기 ①)



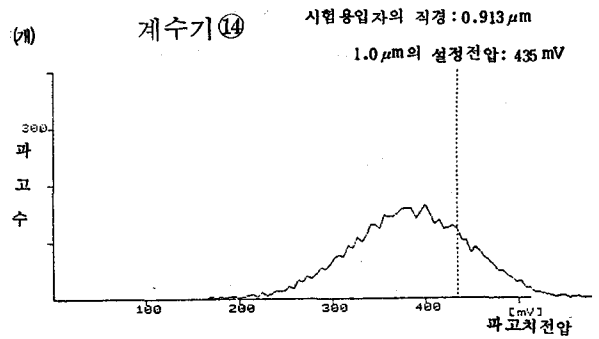
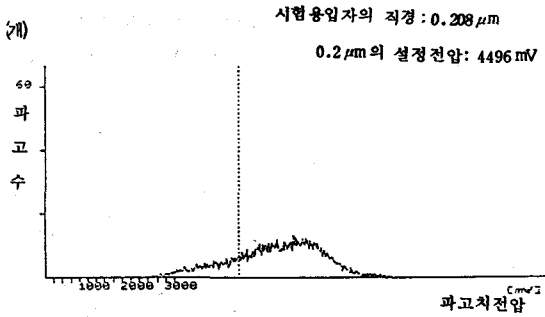


그림 9. 입경선별기능 (계수기 ⑦)

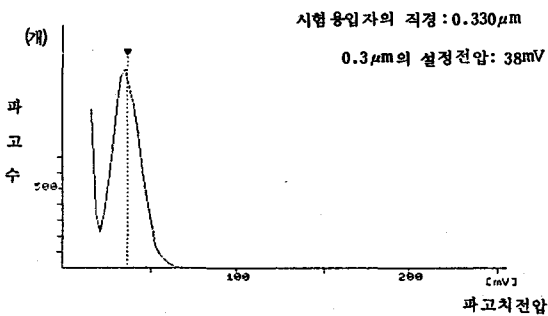
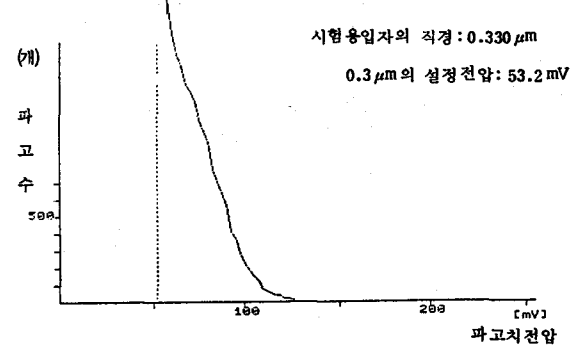
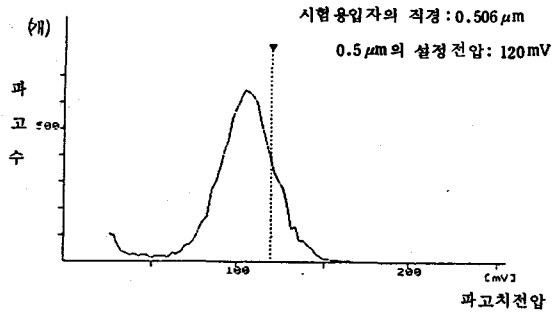
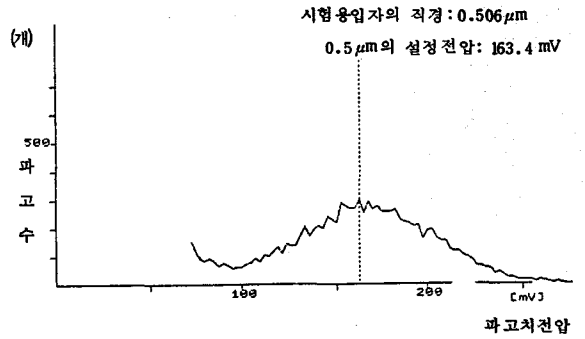
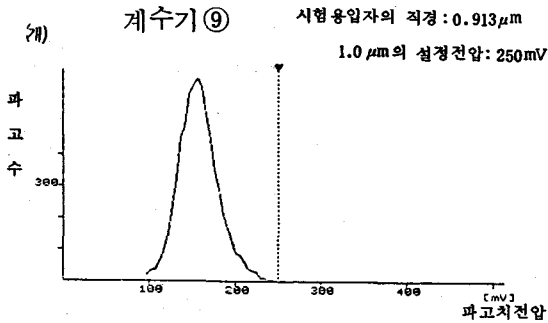


그림 11. 입경선별기능 (계수기 ⑭)

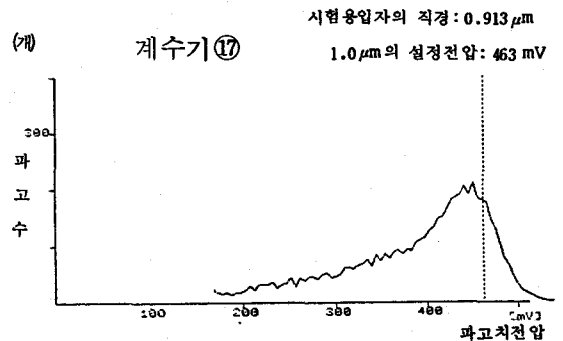


그림 10. 입경선별기능 (계수기 ⑨)

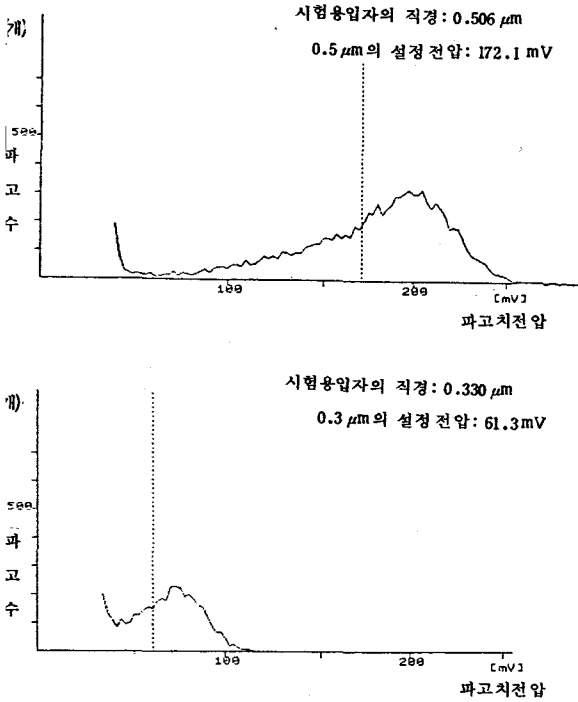


그림 12. 입경선별기능 (계수기 ⑩)

치 (threshold)의 설정치와의 관계로부터 입경선별기능의 정확성을 평가할 수 있다.

본 시험에서는, Particle Counter의 각입경 Channel치에 가까운 입경을 갖는 PSL입자의 시료공기를 흡인해서, 그때의 응답파고치의 분포를 다Channel 파고분석기로 측정했다. 시험용 PSL입자는 Maker 표시치로 0.208, 0.330, 0.506, 0.913 μm 이다. 시험결과를 그림 7 ~ 12에 나타낸다. 그림중의 수직의 점선은 Particle Counter의 각 Channel의 설정치를 조사해서 표시한 것이다. 각 Particle Counter의 응답파고치분포의

Peak위치와 Channel설정치의 상대위치관계에 의해 입경선별기능이 정상인가를 확인할 수 있다. 본 시험결과에서 이상이 발견된 Particle Counter는 전체 14대 중 4대였다.

3) 비교시험

시료입자로서는 PSL입자 2종류(표시치 0.913, 0.330 μm)와 대기진, 계 3종류를 사용했다. 그림 13과 같이 시료공기는 30ℓ의 Glass Chamber에 도입되어, Chamber 측면에 설치된 10개의 Sampling 구로부터 1m정도의 Sampling Tube를 통해서 Counter에 흡인된다.

Sampling 수의 제한, PSL 발생장치의 공급가능공기량이 약 60ℓ/min이므로, 17대의 Counter의 동시계수가 불가능하기 때문에 표 4와 같이 5개의 Group으로 나눠서 동시계측했다. Group(1)은 소류량, (2)는 중류량, (3)~(5)는 대류량의 Counter가 중심이 되어 있다. 계수시간은 2분으로 했으며, 그것이 어려운 Counter에 대해서는 2분에 가까운 범위에서 설정했으며, 계수의 개시는 동시에 했다. 다른 Group간의 계수치의 비교를 위해, Monitor기으로써 2대의 Counter(No. ⑦, ⑩)를 전체 Group에 포함시켰다.

해석에 있어서는, Monitor기으로써 사용한 Counter의 제 1 Channel의 계수치를 기준으로 한 상대농도치로 표시했다.

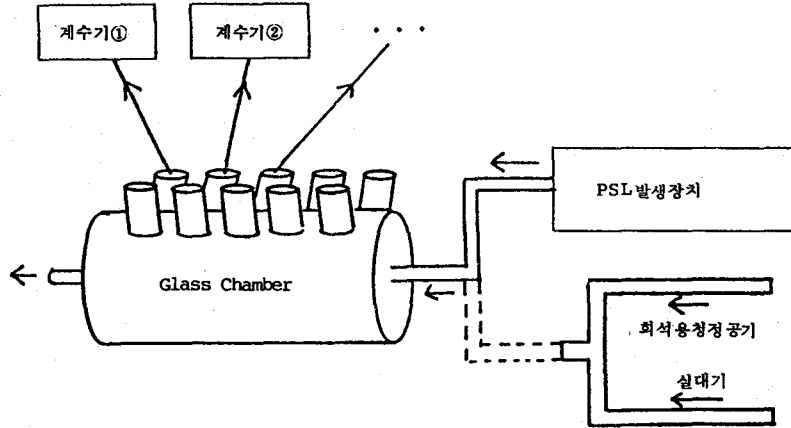


그림 13. 비교실험을 위한 장치

Monitor기의 신뢰성에 관해서는 5개의 Group에 대한 5회의 실험을 통해서 안정된 입경분포가 얻어지는 것을 확인했다.

표 4. 계수기의 Group분류

Group	계 수 기 번 호
(1)	④, ⑤, ⑦, ⑩, ⑬, ⑭, ⑮, ⑯, ⑰, ⑱,
(2)	⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑪, ⑰
(3)	①, ⑦, ⑰,
(4)	②, ⑦, ⑰,
(5)	③, ⑦, ⑰,

시험결과를 그림 14 ~ 16에 나타낸다. 일반적인 경향으로서, ① 소류량의 Counter가 중·대유량의 Counter보다 기종간의 차가 적다. ② 특별한 경우를 제외시켜도, 계수치간에 2 ~ 5배 정도의 차가 있다. ③ Counter간의 차는 Channel간 뿐만 아니라, 동일 Channel에서도 입자의 종류에 따라 변하는 등 매우 복잡한

양상을 보이고 있다. 이상의 결과는, Counter간의 차가 흡입공기유량의 오차, 입경구분의 설정치의 오차만으로 결정되는 것이 아니라는 것을 의미하고 있으며, 입경분류능력의 차이, 입자의 굴절율, 입자형상에 따른 응답성의 차이 등의 다른 Factor와 복잡하게 관련되는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

이상, Cleanroom의 청정도 평가에 직접적으로 관련되는 계측기술과 그것들의 문제점에 관해 기술했으나, 현재 Cleanroom에서 중요하게 생각되는 0.1 ~ 0.5 μm 입경범위에서 일반대기진은 큰 농도구배를 갖는 것, 입자의 특성, 형상에 대한 응답특성의 상이를 고려하면, 종래의 PSL입자에 의한 Particle Counter의 교정이외에, 실제의 대기진에 의한 입경, 계수치에 대한

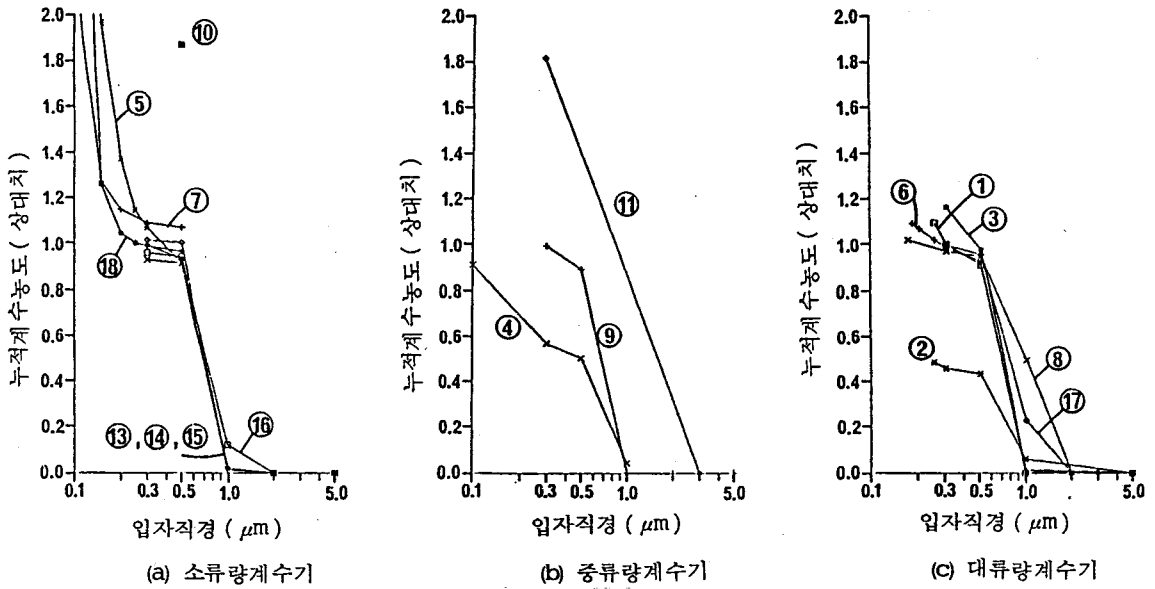


그림 14. 0.913 μ m PSL입자에 대한 비교시험결과

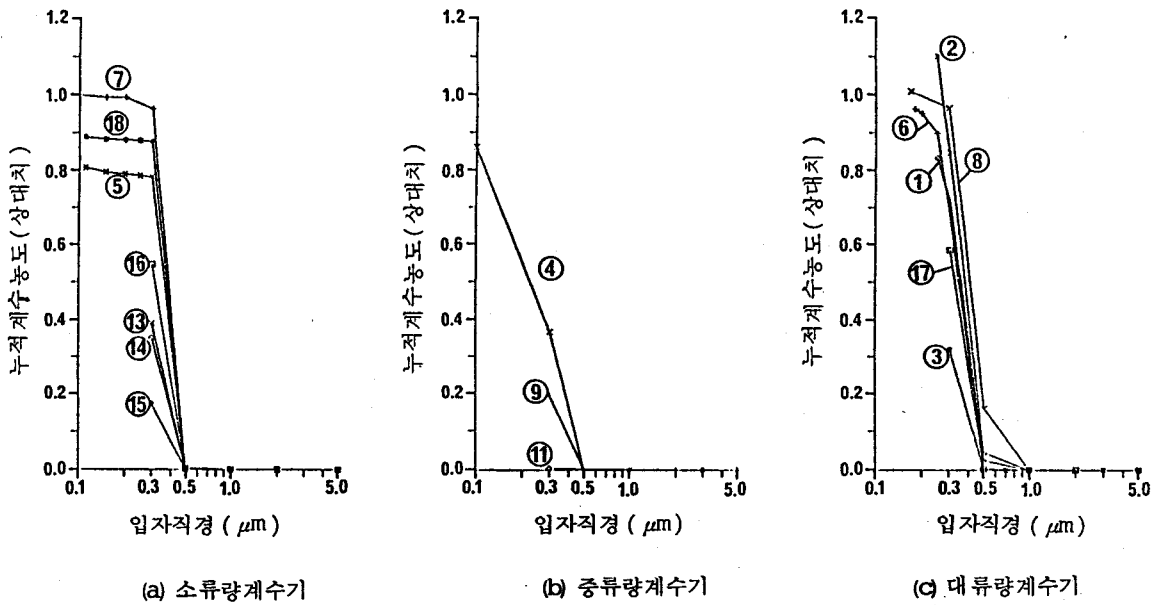


그림 15. 0.330 μ m PLS입자에 대한 비교시험결과

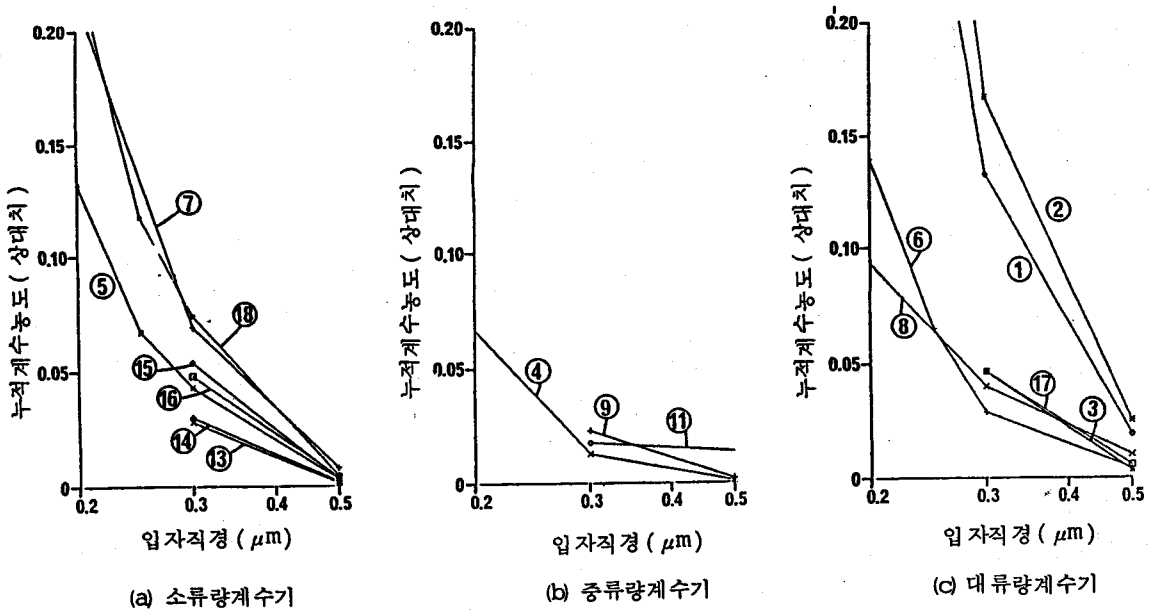


그림 16. 대기진에 대한 비교실험결과

교정과 검사기술의 개발이 필요하리라 생각된다.

참고 문헌

<p>1) 高橋幹二, 基礎エアロゾル工學, 養賢堂 (1972).</p> <p>2) 中江茂, サブミクロン粒子の計測技術, 空氣清淨 Vol. 20, No. 6.</p> <p>3) H.C. Hulst, Light Scattering by small particles, John Wiley and Sons (1957).</p> <p>4) D.M. Garvey and R.G. Pinnick, Aerosol Sci. Tech., Vol.2 (1983).</p> <p>5) P.C. Reist, Introduction to Aerosol Science, Macmillan Pub. Co. (1984).</p> <p>6) L.W. Pollak and A.L. Metnieks, Geof. Purae Appl., Vol.43 (1959).</p>	<p>7) P.J. Nolan, Proc. Roy. Dublin Soc. Ser.A, Vol.4, No.2 (1972).</p> <p>8) Y.I. Kogan, et al., Zh. fiz. Khin., Vol.34 (1960).</p> <p>9) J.K. Agarwal, et al., J. Aerosol Sci., Vol.11 (1980).</p> <p>10) B.Y.H. Lin and D.Y.H. Pui, J. Colloid Interf. Sci., Vol.47 (1974).</p> <p>11) J.W. Thomas, J. Colloid Sci., Vol.10 (1955).</p> <p>12) 金川昭, 化學工學 Vol. 34(1970).</p> <p>13) J. Heyder, et al., Aerosol Sci., Vol.2 (1970).</p> <p>14) A.W. Wims and M.E. Myers, J. Colloid Interf. Sci., Vol.39 (1972).</p> <p>15) G. Dejelic and J.P. Kratochvil, J. Colloid Interf. Sci., Vol. 16 (1961).</p> <p>16) 超清淨空間評價基準に係わる調査研究報告書 (社)日本機械工業聯合會 (1988).</p>
---	--