

1D2) Portable Aerosol Spectrometer의 실용성 평가 Estimation of Practical Use for Portable Aerosol Spectrometer

김민영 · 조석주
 서울특별시보건환경연구원 대기부

1. 서론

환경대기중의 입자상물질의 측정방법은 중량농도를 측정하는 방법, 입자의 개수농도를 측정하는 방법, 입경분포를 측정하는 방법 그리고 입경분포와 가스성분 동시 분석법 등으로 구분할 수 있다. 여지를 이용하여 시료채취 전후의 중량차를 이용한 중량농도법은 직접법과 간접법으로 구분할 수 있으나 표준적 방법은 어디까지나 직접법이라 할 수 있을 것이다. 그러나 직접법은 일정 이상의 시료 채취시간(통상 24시간)과 매번 여지를 교환해 주어야 하는 등 시험과정이 상대적으로 길고 Batch 방법으로 불편한 점이 많은 것이 사실이지만 정도가 높고 화학성분분석시료를 채취할 수 있다는 장점이 있다.

최근 우리나라에 수입되어 현장사용이 된 Portable Aerosol Spectrometer는 PM₁₀, PM_{2.5} 그리고 PM_{1.0}을 동시에 측정하고 15 size 채널을 통해 실시간 입자수를 연속적으로 계측할 수 있는 기능이 있는 장비이다.

새롭게 도입 사용되기 시작한 본 장비에 대하여, 실제로 환경대기중의 입자상물질의 측정이 가능할 것인지에 대하여 조사하였다.

2. 연구 방법

2003년 7월 8일부터 동년 7월 19일까지 10회에 걸쳐 서초구 양재동 소재 서울시 보건환경연구원 옥상에서 1차로, 동년 7월 22일부터 8월 3일까지 12회에 걸쳐 지하철역사내 등 실내외에서 각각 적용 실시하였다.

동일한 지점에서 High Volume Air Sampler, Mini Volume Air Sampler 등의 중량농도측정법과 동시에 가동하여 비교하였으며 Portable Aerosol Spectrometer(이하 PAS로 표기)는 독일 Grimm사의 Model 1108를 이용하였으며 기기의 사양은 표 1과 같다.

Table.1 Specification of test equipment(offered by manufacturer).

Range	Pm ₁₀ , PM _{2.5} and PM ₁₀
Measurement mode	Simultaneous PM concentrations
Size range	0.2 to 15 μ m
Mass range	1 to 1500 μ g/m ³
Resolution	0.1 μ g/m ³
Sample flow	1.2 ℓ /min
Accuracy	\pm 5% of Reading

장치는 측정치의 신뢰도를 높이기 위하여 Laser를 이용한 광산란법과 중량측정을 동시에 적용할 수 있도록 설계되었다. 장치의 구조는 그림 1과 같다.

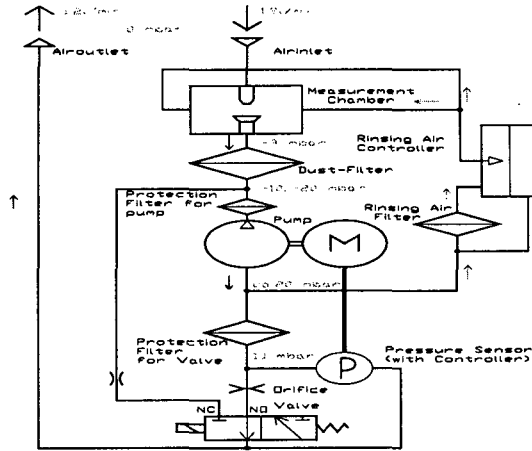


Fig. 1. Diagram of Dust monitor 1108(air flow)

단위측정시간은 24시간을 시간을 기준하였으며 PAS도 동시에 가동하여 해당 측정기간의 1시간 평균치로서 연산하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

옥외에서의 비교 결과는 표 2와 같다.

Table 2. Results of Comparison test on PAS, High-Vol and Mini-Vol

Date/time	PM ₁₀			PM _{2.5}		PM _{1.0}	PAS PM _{1.0} /PM _{2.5}
	PAS	High Vol	Mini Vol	PAS	Mini Vol	PAS	
7/8 10:23~7/9 09:33	29.9	33.1	31.6	20.4	23.0	15.7	77.0
7/9 09:37~7/10 11:10	33.7	43.8	47.9	27.4	31.4	21.8	79.6
7/10 11:15~7/11 10:09	54.6	65.4	65.4	43.6	50.1	35.7	81.9
7/11 10:11~7/12 10:39	69.9	80.7	78.6	50.3	63.2	42.3	84.1
7/12 10:43~7/14 10:46	39.1	36.1	33.4	28.7	23.3	23.0	80.1
7/14 10:58~7/15 09:37	43.8	50.7	48.6	26.8	32.0	21.5	80.2
7/15 09:42~7/16 10:19	89.5	96.6	91.7	67.3	70.9	60.2	89.4
7/16 10:22~7/18 10:05	50.0	47.0	44.9	34.7	29.9	29.3	84.4
7/18 10:13~7/19 10:51	21.7	23.8	25.1	19.0	21.4	14.8	77.9
7/19 10:59~7/21 09:41	62.8	75.7	74.0	50.7	56.3	42.5	83.8
Average±SD	49.5 ±20.5	55.3 ±23.4	54.1 ±22.3	36.9 ±15.6	40.1 ±18.3	30.7 ±14.4	74.49

옥외에서 총 10회의 비교시험을 실시하였는바, PM₁₀에 대하여 High Vol과 Mini Vol과는 각각 10회 평균이 55.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 23.4$ (mean \pm sd)와 54.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 22.3$ 으로, 두 장비간의 상관계수는 $R^2=0.97$ 로 중량농도법의 정밀성이 그대로 반영되었다.

PAS는 49.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 20.5$ 로 위의 두 중량법에 비하여 평균 10% 정도 낮게 나타났으며 High Vol이나 Mini Vol에 의한 측정값과는 5% 유의수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 PM_{2.5}에 대한 Mini Vol과의 비교에서는 동기간 중 평균 40.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 18.3$ 과 36.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 15.6$ 을 나타내 PAS가 약 8% 정도 낮게 나왔으나 t-test 결과 10% 유의수준에서도 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 PM₁₀에서

High Vol과 PAS와의 관계는 그림 2와 같이 $R^2=0.95$, $PM_{2.5}$ 에서 Mini Vol과 PAS의 관계는 $R^2=0.928$ (그림 3)로 매우 상관성이 양호하게 나타났다.

$PM_{1.0}$ 은 현재로서 이를 비교 평가할 수단이 없어 실시치 못하였으나 PAS에 의한 측정결과는 평균 농도 $30.7\mu\text{g}/\text{m}^3 \pm 14.4$ 로서 $PM_{2.5}$ 의 83.2%(77.0~89.4%)의 부분율을 나타내었다.

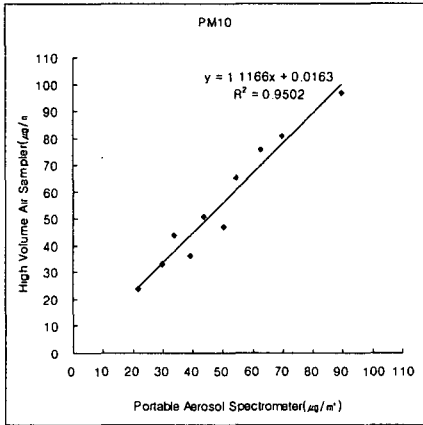


Fig. 2. Comparison of PAC to High Vol. for PM_{10}

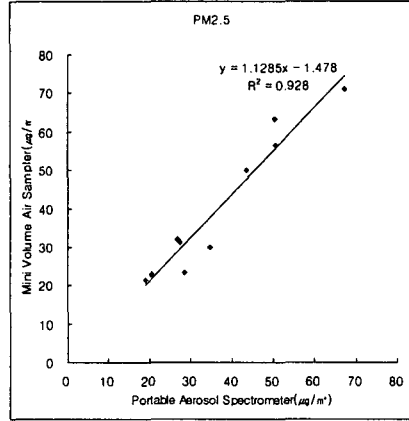


Fig. 3. Comparison of PAC to Mini Vol. for $PM_{2.5}$

지하철 역사내의 비교결과는 표 3과 같다.

Table 3. Results of Comparison test on PAS and Mini-Vol

station	Date/time	PM_{10}			$PM_{2.5}$		
		PAS	Mini	Factor	PAS	Mini	Factor
City hall	7.22 14:15-7.23 15:00	61.3	201.2	3.3	35.7	100.7	2.8
	7.23 15:05-7.24 15:08	79.8	234.5	2.9	47.7	116.6	2.4
	7.24 15:13-7.25 17:14	77.6	237.9	3.1	46.9	104.7	2.2
	7.25 17:17-7.26 19:04	129.3	228.7	1.8	94.2	100.2	1.1
	7.26 19:06-7.27 15:12	52.9	114.3	2.2	30.2	67.3	2.2
Gangnam-Gu Office	7.27 15:20-7.28 14:15	62.6	175.3	2.8	36.9	79.9	2.2
	7.29 17:35-7.30 17:13	28.2	49.6	1.8	16.5	26.5	1.6
	7.30 17:15-7.31 17:52	42.6	84.8	2.0	34.7	60.9	1.8
	7.31 17:55-8.1 16:20	57.1	112.7	2.0	50.2	91.0	1.8
	8.1 16:22-8.2 15:42	47.5	77.6	1.6	42.6	72.2	1.7
	8.2 15:44-8.3 14:50	25.3	47.6	1.9	23.2	35.2	1.5
8.3 14:50-8.4 15:15	43.2	75.6	1.8	40.2	53.1	1.3	

특수실내공간인 지하철역사는 일반외부대기환경과는 다른 결과를 보였다. 먼지오염이 높은 곳은 두 측정방법간의 차이가 크고 먼지농도가 낮은 곳은 두 측정방법간의 차이가 상대적으로 적게 나타났다.

PM_{10} 의 경우 먼지농도 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 전후는 보정계수가 2.0 전후이나 이보다 높은 농도에서는 보정계수가 최고 3을 넘고 있다.

외부대기와는 달리 특수실내공간에서 이러한 현상이 나타나는 원인을 밝히지는 못하였으나 PAS를 이

용한 실내공기 측정시 기분시험과의 비교측정이나 기기 자체에 장착된 여지를 이용한 중량측정치로서 보정계수(Factor)를 구하여 기기를 보정한 후 실측하여야만 오차를 줄일 수 있으며 실내공기측정을 위한 좀 더 상세한 조사연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 김민영, 이민환, 조석주(2003) 열차풍이 지하철역 미세먼지 농도에 미치는 영향 조사, 한국대기환경학회 추계학술대회 발표논문집, 108~110.
- 이명화, 김종호, 김신도(1998) 지하철역사내에서 열차의 유출입에 의한 환기특성 파악에 관한 연구, 한국대기환경학회 추계학술대회 발표논문집, 169~170.
- 김민영, 김동일, 조기찬, 이연수, 하광태(2003) 집진열차 및 살수차운영에 의한 지하철역 미세먼지 농도 저감효과분석, 한국대기환경학회 추계학술대회 발표논문집, 421~424.