

## 室内空間에서의 空氣中 먼지 測定方法에 關한 比較分析

鄭鍾洽 · 韓天吉 · 李相七 · 申載英 · 李圭男

서울特別市 保健環境研究院

## Comparison of Analytical Method for Measuring Particulate Matter in Indoor Air

Jong-Heub Jung, Chun-Kil Han, Sang-Chil Lee, Jai-Young Shin and Kyu Nam Lee  
*Seoul Metropolitan Government of Health and Environment*

### ABSTRACT

Since most people spend a large majority of their time indoors (at least in the industrialized countries), indoor air may affect human health more than outdoor air. This study was carried out to characterize the reference and equivalent methods against the low volume method which was promulgated by the Ministry of Health and Social Affairs. The Laser and Piezo air sampler offer the advantage of real time data and low labor costs. The arithmetic mean concentrations were found to be 102.9% (Laser-2 min method) and 65.9% (Piezo method) against low volume method (100%). The statistical analysis procedure for this comparison is linear regression. The linear regression line of low volume method had slopes of 0.5487 and 0.9697 and Y intercepts of 0.0266 and 0.0110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  about Laser (2 min) and (24 h) method respectively. And the correlation coefficients were 0.7271 and 0.9433.

**Keywords :** Comparison, particulate matter, indoor air.

### I. 緒 論

近來 經濟發展과 더불어 人口의 都市集中 및 各種 建物의 大型化, 高層化에 隨伴하여 室內空間을 利用하는 人口가 急激히 增加하고 이り한 室內環境에 的 滞留時間이 길어짐에 따라 室內環境이 室外의 環境보다 더 人間의 健康에 影響을 줄 수 있으며<sup>1)</sup> 이에 따라 室內空間의 環境汚染問題에 대한 關心이 漸增하고 있는 趨勢이다. 一般的으로 室內空氣汚染은 여러 가지 要因에 의해 發生될 수 있으나 크게 大別하면 室外的 要因과 室內的 要因으로 나누어 볼 수 있다.

그 중 浮遊粉塵,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  같은 室外的 汚染物質이 外部에서 建物内로 浸透되기도 하지만 實質의인 室內環境汚染의 問題는 不適切한 換氣나 排氣 및 室內에서의 汚染物質 放出과 蕊積 등 實내적 要因에 의해 더 큰 영향을 받는 것으로 보인다.<sup>1)</sup> US EPA (1988)에 의한 室內環境 主要污染物質을 보면 吸煙

(무기 가스, 重金屬, 먼지, 挥發性有機物質 및 不完全燃燒物 生成), 石綿(斷熱, 防火, 칸막이, 天障, 바닥, 타일 등에 使用), 家具等에 使用된 formaldehyde, 發泡斷熱材, dry-cleaned clothes, paints, cleaning compounds에서 排出되는 perchlorethylene과 煙房, 換氣, air conditioning system과 加濕裝置等이 清潔하게 維持管理가 이루어지지 않았을 때 이들로부터 放出되는 生物學的 汚染物質等을 列舉하고 있다.<sup>1)</sup>

一般的으로 室內空氣의 換氣狀態를 評價하는 指標로  $\text{CO}_2$ 가 使用되고 있으나 癌癥性 혹은 變異原性原因物質로 알려진<sup>11)</sup> 부유분진의 人體에 대한 影響에 대해서도 많은 研究가 遂行되고 있다. 이러한 부유분진은 그 粒徑에 따라 大氣中에서의 滞留時間이 相異하여 10~1  $\mu\text{m}$ 의 粒子는 대체적으로 堆降하지만 1  $\mu\text{m}$ 이하의 粒子는 沈降速度가 특히 작아 空氣를 分散媒로 하여 colloid 運動을 한다고 생각되어지고 있으며<sup>10)</sup> 5~10  $\mu\text{m}$ 粒徑의 먼지는 90%가 氣道 및 肺胞에 沈着되고 肺胞에의 沈着率은 2~4

$\mu\text{m}$ 의 粒徑이 最大로 알려져 있다.<sup>8,9)</sup> 또한 이들 粒徑의 空間에서의 滯留時間은 相當히 긴 것으로 報告되고 있다. 이에 따라 大氣粉塵의 規制도 直接的으로 人體에 影響을 줄 수 있는 10  $\mu\text{m}$ 以下의 粒子(PM10)를 制御하는 方向으로 바뀌는 傾向에 있으며<sup>4)</sup> 이는 室內環境의 一般 大氣環境과의 差異에서 오는 粗大粒子의 低減으로 人體의 呼吸器에 浸透될 수 있는 입경 10  $\mu\text{m}$ 以下의 分진이 主污染源인 室內環境에서 더욱 중요한 意味를 갖게 될 것으로 보인다.

保社部에서도 1990. 12. 27. 公衆衛生法施行規則의 改正으로 衛生的 室內環境의 確保를 위해 制度의 規制를 시작하였으며 公衆利用施設管理基準에 依據 부유분진, CO, CO<sub>2</sub>, 溫度, 濕度, 照明 등 7個項目에 대해 規制基準을 設定하고<sup>5)</sup> 이들項目에 대한週期的인 測定으로 室內環境污染의 制御를 誘導하고 있다.

本研究에서는 人體에 대한 影響으로 여러 分野에서 많은 關心을 끌고 있는 부유분진 측정 방법에 有意하여 公衆利用施設 衛生管理基準에 대한 公定試驗法에 規定된 low volume method와 impinger method로 실내 부유분진을 測定하는 동안 發生하는 騒音과 오랜 포집시간 등 現實的으로 여러 가지 불편한 點들이 發견되어 携帶 및 운반의 簡便하고 測定時間이 짧으며 操作이 簡便한 portable laser method 및 piezo method로 比較測定하여 공중이 용시설에 대한 공정시험법에 명시된 측정법과의 相關關係를 분석하여 室內空間에 대한 부유분진測定裝備로서의 使用可能性을 檢討해보고자 實施하였다.

## II. 實驗方法

### 1. 測定機器 및 測定方法

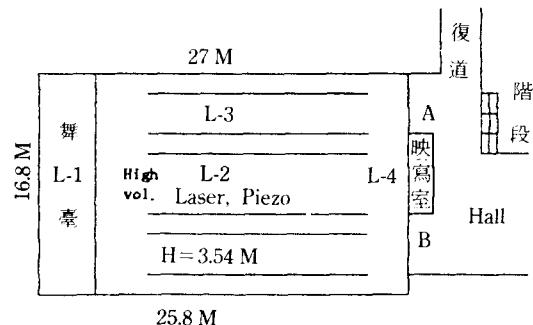
#### (1) High volume air sampler

G.M.W.社製品으로 48時間以上 恒溫, 恒濕機에 放置한 8' × 10' 濾紙를 秤量하여 24時間 試料採取後 恒溫, 恒濕機에서 48시간 保管後 무게를 秤量하였다. 流量은 機器稼動 5분後 및 試料採取 完了 5분前에 測定하였다.

#### (2) Low volume air sampler

Gillian AirCon-2 model을 使用하여 20 l/min 吸引流量에서 浮遊粉塵中 10  $\mu\text{m}$ 以上의 粒經을 100% cutting(PM10) 할 수 있는 Filter holder 8005-3552(Model C-20)에 Φ55 mm filter paper를 附着하여 24時間 試料를 採取하였으며 濾紙는 위의 (1)과 같은 方法으로 處理하였다.

本機器는 試料採取時 0~4.5 psi의 壓力變化에



25.8 M

\*L1~L4 : Low vol. & impinger sampling sites.

Fig. 1. Sampling sites.

대해서는 流量을 自動으로 一定하게 維持시켜 주는 機器이다.

#### (3) Laser air sampler

SIBATA社의 レーザ粉じん計 LD-1H型을 利用하여 吸引流量 3.4 l/min으로 2分 동안 10回 測定한 결과의 算術平均을 구하였으며 11회 측정부터는 24시간 連續測定을 施行하였다.

機器의 測定範圍는 0.001~1 mg/m<sup>3</sup>(×1), 0.01~10 mg/m<sup>3</sup>(×10)이다.

#### (4) Piezo balance air sampler

KANOMAX社의 Piezo balance Model 3511을 使用하여 吸引流量 1 l/min으로 2분간 10回 測定하여 算術平均을 구하였다. 器機의 測定範圍는 0.2~10 mg/m<sup>3</sup>이다.

#### (5) Impinger air sampler

위 (2)의 機器에 filter holder를 75 ml 蒸溜水를 가한 impinger로 代替하여 20 l/min으로 30분간 試料를 採取하였다.

### 2. 測定地點과 測定期間

측정기간 동안 사람의 출입이 없고 창문도 모두 닫힌 상태로 외부 환경과 어느 정도 차단되어 실내 부유분진의 background적 농도를 나타낼 것으로 생각되는 본 研究院 管理棟 2層 講堂에서 Fig. 1과 같은 測定 地點으로 1992년 11월 28일~12월 21일 까지 試料를 採取하였으며 11월 29일~12월 5일까지는 A, B出入門 開放 및 흡연 등 부유분진 發생을 유도한 기간이며 그 외의 기간은 出入門 閉鎖 및 非吸煙期間으로 區分하여 試料를 採取하였다.

## III. 結果 및 考察

實驗結果 測定期間 中 出入門 開放 및 吸煙이

**Table 1.** Variation of concentrations (24 hour sampling)

Sampling No.	Temp. (°C)	Humid. (%)	Concentration by method, mg/m <sup>3</sup>				
			High vol.	Low vol.	Laser	Average	S.D.
1	10.0	56.0	0.0378	0.0296		0.0337	0.0041
2	9.0	54.0	0.0742	0.0609		0.0675	0.0067
3	10.5	48.0	0.1393	0.0890		0.1141	0.0252
4	8.5	47.0	0.1094	0.0729		0.0911	0.0183
5	10.0	56.0	0.1822	0.0850		0.1336	0.0486
6	12.0	65.0	0.2040	0.1488		0.1764	0.0276
7	12.5	59.0	0.1266	0.0820		0.1043	0.0223
8	12.0	65.0	0.2044	0.1356		0.1700	0.0344
9	12.0	59.0	0.1793	0.1104		0.1449	0.0345
10	9.0	68.0	0.0608	0.0325		0.0467	0.0142
11	12.0	65.0	0.0623	0.0387	0.0351	0.0454	0.0121
12	13.0	60.0	0.0311	0.0248	0.0137	0.0232	0.0072
13	13.5	56.0	0.0620	0.0317	0.0249	0.0395	0.0161
14	9.5	67.0	0.0507	0.0284	0.0231	0.0341	0.0120
15	7.5	42.0	0.0485	0.0327	0.0159	0.0324	0.0133
16	7.0	45.0	0.0787	0.0472	0.0249	0.0503	0.0221
17	9.4	49.0	0.0963	0.0555	0.0400	0.0639	0.0237
18	8.5	49.0	0.1102	0.0656	0.0576	0.0778	0.0231
19	9.0	42.0	0.1299	0.0761	0.0655	0.0905	0.0282
20	8.0	52.0	0.0810	0.0417	0.0353	0.0527	0.0202
21	9.3	55.0	0.0714	0.0393	0.0304	0.0470	0.0176
22	10.0	51.0	0.0476	0.0201	0.0145	0.0274	0.0145
Average	10.1	55.0	0.0994	0.0613	0.0317	0.0757	
S.D.	1.8	7.8	0.0528	0.0350	0.0157	0.0456	

있던期間 동안에는 Table 1과 2에서 나타난 것과 같이 瞬間濃度值(Laser 2회)나 24시간 测定值(High vol. 4회, Low vol. 1회(L-4地點))가 公衆衛生法上 부유분진許容基準值인 0.15 mg/m<sup>3</sup>을 超過하는 것으로 나타났으나 非吸煙期間에는 모두 基準值인 0.15 mg/m<sup>3</sup> 以下로 나타나 室內에서의 吸煙이 室內環境汚染에 直接的으로 影響을 미치는 것으로 나타났으며 특히 Fig. 2의 sampling No. 5.(L-4지점, conc. : 0.2055 mg/m<sup>3</sup>)에서와 같은 측정기 주위에서 흡연은 실내에서의 흡연이 실내 부유분진 농도에 미치는 영향을 단적으로 보여주고 있다. 이러한 결과는 都心一般事務室의 室內浮遊粉塵속에서 담배 연기의 粒子性物質이 30% 前後를 차지하고 있다는 報告와 우리 나라 20歲 以上의 男子 70% 이상이 吸煙하는 것으로 調査된 資料와<sup>2)</sup> 關聯하여 볼 때 실내에서의 흡연에 대해 示唆하는 意味가 큰 것으로 생각된다. 또 Repace 등<sup>14)</sup>은 restaurants, sport arenas, residences에서 행한 respirable particles의 测定結果에서 吸煙時濃度가 非吸煙時濃度보다 약 10배 정도 높은 것으로 報告하고 있으며 John E.Cuddeback

등<sup>15)</sup>도 흡연자가 비교적 많은 장소인 2곳의 Tavern에서 측정한 부유분진의 농도는 환기장치의 유무에 따라 차이가 있지만 0.310, 0.986 mg/m<sup>3</sup>으로 실내환경 부유분진 기준치를 상당히 초과하고 있는 것으로 보고하고 있다.

한편 Low vol. 측정법(L-1~L-4지점)에 의한 측정 대상 실내공간의 부유분진 농도 분포는 Fig. 와 같이 측정지점별로 약간의 농도차가 있으나 Table 3과 같이 실내공간 면적이 약 430 m<sup>2</sup>인 본 실험공간에서의 지점별 상관성은 Site L-1~L-3 사이에 모두 0.98이상의 높은 상관성을 나타내고 있으며 사람의 출입등으로 기류의 변동이 심한 출입구쪽에 설치된 Site L-4의 상관계수만 0.72~0.79로 다소 낮아지는 것으로 나타나, 보편적으로 기류가 0.5 m/sec이하인 실내공간에서의 부유분진 측정지점수는 출입구쪽 지점을 포함한 2~3개 지점만을 선정하여도 실내공간에 대한 부유분진 측정이 가능 할 것으로 나타났다.

Table 1과 2에서 보면 24시간 测定值의 最小값이 12회째 측정치에 集中되는 것은 측정일 전, 후 내린

**Table 2.** Variation of concentrations (short sampling)

Sample No.	Concentration by method, mg/m <sup>3</sup>				
	Laser (2 min)	Piezo (2 min)	Impinger (30 min)	Average	S.D.
1	0.0273	0.0140	0.7051	0.2488	0.3227
2	0.0255	0.0089	0.6878	0.2407	0.3162
3	0.0474	0.0160	0.1680	0.0771	0.0655
4	0.0976	0.0842	1.1378	0.4399	0.4935
5	0.1010	0.0738	0.6495	0.2748	0.2652
6	0.1134	0.0967	0.3830	0.1977	0.1312
7	0.1698	0.1177	1.8375	0.7083	0.7987
8	0.1669	0.1154	0.5003	0.2609	0.1706
9	0.1133	0.0750	1.5878	0.5920	0.7043
10	0.0792	0.0500	0.4253	0.1848	0.1705
11	0.0798	0.0127	0.3510	0.1478	0.1462
12	0.0276	0.0444	0.4670	0.1797	0.2033
13	0.0226	0.0129	0.3255	0.1203	0.1451
14	0.0378	0.0378	0.6495	0.2417	0.2884
15	0.0155	0.0075	1.6980	0.5737	0.7950
16	0.0142	0.0100	1.0245	0.3496	0.4773
17	0.0188	0.0100	1.0895	0.3728	0.5068
18	0.0859	0.0467	1.2495	0.4607	0.5580
19	0.0434	0.0200		0.0317	0.0117
20	0.0505	0.0240		0.0373	0.0133
21	0.0237	0.0060		0.0149	0.0089
22	0.0274	0.0050		0.0162	0.0112
Average	0.0631	0.0404	0.8298	0.2623	0.3002
S.D.	0.0464	0.0363	0.4914	0.1915	0.2473

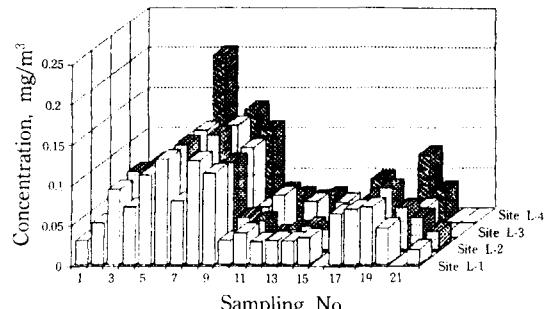
**Table 3.** Correlation coefficients of Low vol. samples sites

	Site L-1	Site L-2	Site L-3	Site L-4
site L-1	1.00000			
site L-2	0.98368	1.00000		
site L-3	0.98120	0.95846	1.00000	
site L-4	0.73872	0.78716	0.72292	1.00000

\*p&lt;0.05.

비의 影響을 받은 것으로 보여지며 이는 測定空間이  
外部와 전혀 無關하지는 않은 것 같으나 16, 17회째  
측정치에 最低值를 나타낸 瞬間濃度値와의 時差가  
나는 것으로 보아 본 실험공간과 같이 외부와 차단된  
실내공간의 瞬間濃度値는 外部의 影響을 적게 받는  
것으로 생각되며 같은 기간 동안 실외환경에 대한  
양재동 측정소 부유분진 농도변화(Table 4)와 비교  
해 보면 Low vol. 측정법에 의한 실내 부유분진 농  
도와 양재동 측정소에서 측정된 실외 부유분진 농  
도와의 상관성은 0.55로 나타났다.

측정기간 동안 Low vol.법에 의한 부유분진 농

**Fig. 2.** Concentrations of Low vol. method.

도는 Fig. 1에서와 같이 L-1~L-4의 4개 地點에서  
각 20 l/min으로 시료를捕集하여 4개 지점에 대한  
算術平均值를 Table 1에 나타내었으나 測定時間 을  
1 hour으로 하였을 경우 濾紙의 分진포집 前後의  
무게를感知하지 못하는 경우가發生하였으며 測定  
期間中 濾紙의 무게 차가 0.5~1.0 mg 差異로 나타난  
때는 L-4지점(No. 5)등 5개 지점으로 이때의 分진  
농도는 0.015~0.025 mg/m<sup>3</sup>으로 나타났으며 이러한  
濃度의 分진을 包含하고 있는 室內에서는 浦集時間

**Table 4.** Concentrations of Yangjaedong auto monitoring station

Sampling No.	Temp. (24 h)	Temp. (inst.)	Humi. (24 h)	Humi.(inst.)	TSP (24 h)	TSP (inst.)
	(°C )		(%)		(mg/m <sup>3</sup> )	
11	7.7	8.3	59.6	63.0	0.1260	0.1280
12	1.0	4.3	79.0	78.0	0.1280	0.0790
13	-4.9	4.7	59.6	44.0	0.1160	0.1350
14	1.2	9.7	85.0	64.0	0.2030	0.2110
15	-10.2	-4.1	51.0	35.0	0.0480	0.0700
16	-6.1	2.8	52.0	36.0	0.1430	0.1070
17	1.1	7.8	62.0	36.0	0.1820	0.0720
18	-1.9	3.2	80.0	47.0	0.2880	0.0760
19	-0.4	4.2	72.0	37.0	0.2100	0.1830
20	0.9	3.7	66.0	46.0	0.2860	0.2190
21	4.7	7.7	64.0	59.0	0.2530	0.2530
22	3.5	1.2	72.0	68.0	0.0800	0.0570
Average	-0.3	4.5	66.9	51.1	0.1719	0.1325
S.D.	4.7	3.6	10.5	14.1	0.0749	0.0650

**Table 5.** Concentrations of non-smoking duration

Sampling No.	Temp (°C )	Humid. (%)	Concentration by method, mg/m <sup>3</sup>				
			High vol.	Low vol.	Laser	Laser	Piezo
			(24 hour)			(2 min)	
11	12.0	65.0	0.0623	0.0387	0.0351	0.0798	0.0127
12	13.0	60.0	0.0311	0.0248	0.0137	0.0276	0.0444
13	13.5	56.0	0.0620	0.0317	0.0249	0.0226	0.0129
14	9.5	67.0	0.0507	0.0284	0.0231	0.0378	0.0378
15	7.5	42.0	0.0485	0.0327	0.0159	0.0155	0.0075
16	7.0	45.0	0.0787	0.0472	0.0249	0.0142	0.0100
17	9.4	49.0	0.0963	0.0555	0.0400	0.0188	0.0100
18	8.5	49.0	0.1102	0.0656	0.0576	0.0859	0.0467
19	9.0	42.0	0.1299	0.0761	0.0655	0.0434	0.0200
20	8.0	52.0	0.0810	0.0417	0.0353	0.0505	0.0240
21	9.3	55.0	0.0714	0.0393	0.0304	0.0237	0.0060
22	10.0	51.0	0.0476	0.0201	0.0145	0.0274	0.0050
Average	9.7	52.8	0.0725	0.0418	0.0317	0.0373	0.0198
S.D.	2.0	7.9	0.0274	0.0161	0.0157	0.0230	0.0145

을 1時間以上으로設定하여야 하는 것으로 나타나測定值의 精密度와 分粒裝置의 分진 Cutting 粒徑을 10 μm(PM10)로考慮하였을 경우 分진 採集時間은 最少 2時間以上 3~5時間이 適當할 것으로 생각되나 一般事務室의 勤務時間과 機器稼動時發生하는 騒音 등의 影響을 考慮하여 決定되어져야 할 것으로 보인다.

Laser測定法에서는 Table 2의 No. 7에서 0.1698 mg/m<sup>3</sup>으로 室內環境基準値를 上廻하는 것으로 나

타났으며, Table 5에서와 같이 24時間連續測定을 시작한 11회째 측정치부터의 24時間測定值의 平均은 같은 기간 동안의 瞬間濃度平均値와 거의一致하는 것으로 나타났으며 이期間中의 측정치는 0.0859 mg/m<sup>3</sup>~0.0137 mg/m<sup>3</sup>으로 나타나 Low vol.의 최소 分진 测定時間인 1시간 以內의 分진 채집에서도 分진 감지 농도 0.01 mg/m<sup>3</sup>(×10) 부근까지 실내의 부유분진 농도를 파악할 수 있었다.

Low vol.법 등 24시간 측정한 장비별 부유분진

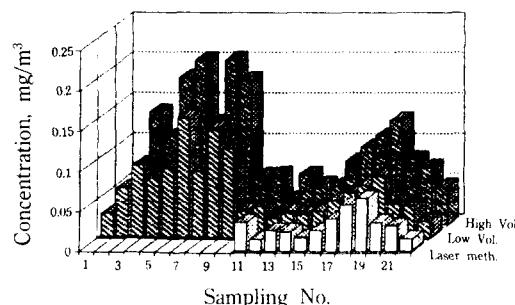


Fig. 3. Variation of concentration (24 h).

농도는 Fig. 3과 같으며 전체적인 변화 모습은 서로 상관적인 것으로 각 장비별 상관관계도 높은 것으로 나타났다.

Piezo法에서는 부유분진의 농도가 평균  $0.404 \text{ mg}/\text{m}^3$ 을 나타내 本 實驗에 使用된 裝備들의 測定值 中 最小值를 나타내고 있다.

이는 담배 연기에 대해 Low vol.보다 15%정도 낮게 测定되었다는 Repace 등의 報告보다 약 20% 더 낮게 测定되었으며 부유분진 측정에 이용할 수 있는 여러 가지 Potable 直讀式 분진측정기의 種類와 特性은 Table 6에 나타낸 것과 같다.

實驗에 使用된 裝備中 High volume 以外의 裝備는 모두  $10 \mu\text{m}$ 以下(PM10)의 분진을 测定하게 되어 있는데 High volume에 대한 각 裝備別 평균 측정 농도 比率은 Table 7과 같으며 이들 중 金<sup>2</sup>, Takashi 등<sup>8)</sup>에 의해 報告된 結果(High volume 测定值의 60~70%)와 類似하게 测定된 裝備는 Low volume과 Laser 瞬間測定值로 本 實驗에서도 High volume에 대해 62% 정도의 测定농도를 나타내고 있으며 Low volume을 基準으로 하였을 경우 Table 7에서 보는 것과 같이 濃度가 높은 期間에는 Low volume과 Laser method의 测定值가 비슷한 濃度를 나타냈으나 濃度가 낮은 期間에는 두 裝備의 濃度差가 벌어지는 것으로 나타났는데 이는 各 裝備別 濃度測定의 特

Table 7. Portion of measurements

Sampling No.	High vol.	Low vol.	L-24 h	Laser (inst)	Piezo
1~22	100%	61.7%	—	102.9% 63.5%	65.9% 40.6%
12~22	100%	75.8% 57.7%	89.2% 43.7%	47.4% 51.4%	27.3%

Table 8. Coefficients of linear regression analysis

Method	Y = A + BX (Y : Low vol. method)		
	A	B	R
High vol.	-0.0022	0.6386	0.9624
L-24 h	0.0110	0.9687	0.9444
Laser(inst.)	0.0267	0.5486	0.7270
Piezo	0.0332	0.6955	0.7215
Impinger	0.0634	0.0020	0.0272
Yangjae auto monitoring Station	0.0387	0.0231	0.0928 (inst.)
	0.214	0.1187	0.5533 (24 h)

\*p<0.05.

性과 吸引流量等에 原因이 있는 것으로 생각된다.

Impinger法에서는 测定結果가 다른 裝備들과 相異하게 나타나 正確한 测定資料로서의 信賴性을喪失하였으며 이는 보통의 實驗的 方法으로서는 誤差의 確率이 너무 큰 것으로 思料되며 實際 本 實驗에서는 公衆利用施設衛生管理基準에 대한 公定試驗法上의 試料採取量( $0.15\sim1.2 \text{ m}^3$ )인  $0.6 \text{ m}^3$ 의 試料를採取하였을 때 液滴의 飛散 等에 의해 試料採取期間中  $0.08\sim0.22 \text{ psi}$ 의 壓力增加(平均  $0.14 \text{ psi}$ )가 發生하였으며 이때 室內環境 부유분진 기준치인  $0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$ 의 濃度를 测定하기 위해서는  $0.09 \text{ mg}$ 의 무게 변화를感知할 수 있어야 하나 이는 試料採取量을 最大로 하여  $1.2 \text{ m}^3$ 으로 試料를採取하였을 경우에도

Table 6. Characteristics of direct-reading particle monitors (portable)

Instrument	Analytical method	Type of measurement	Effect particle size range
Aerosol photometers	Light scatter at a fixed angle	Indirect measure of aerosol	<1.0~10.0 $\mu\text{m}$
Light scattering optical counters	Light scatter at a fixed angle	Particle number distribution	0.3~10.0 $\mu\text{m}$ in up to 10 size ranges
Aerosol mass monitor	Piezoelectric crystal	Particle mass concentration	0.01~10.0 $\mu\text{m}$

**Table 9.** Concentrations of low vol. and laser method in sampling period, mg/m<sup>3</sup>

	1 hour		2 hour		3 hour		4 hour		5 hour	
	Low vol.	Laser								
No. 1	0.167	0.064	0.167	0.057	0.111	0.056	0.083	0.049	0.042	0.043
No. 2	0.167	0.090	0.125	0.094	0.139	0.093	0.125	0.093	0.100	0.090
No. 3	0.125	0.102	0.167	0.108	0.125	0.105	0.146	0.106	0.100	0.104
No. 4	0.250	0.155	0.167	0.156	0.167	0.157	0.167	0.156	0.133	0.151
No. 5	0.292	0.158	0.167	0.156	0.069	0.122	0.068	0.092	—	—
Average	0.200	0.114	0.159	0.114	0.122	0.106	0.118	0.099	0.094	0.097
S.D.	0.068	0.041	0.019	0.042	0.036	0.037	0.042	0.038	0.038	0.044

0.18 mg의 무게 차이를感知할 수 있어야 하기 때문에實驗에 사용된 도가니 무게가平均 20 g 정도인 것을 감안하였을 때測定誤差의發生確率이增加할 것으로 생각되며 이測定方法으로室內環境부유분진기준치인 0.15 mg/m<sup>3</sup>以下の濃度를測定하기에는 상당한 어려움이 따를 것으로豫想된다.

이方法은日本衛生試驗法註解도一般環境大氣에 대한測定法으로서는使用하지 않고作業環境이나 연도 가스測定 등에使用하는 것으로 되어 있다.

한편 이를裝備들에 대한室內環境污染測定機器로서의使用可能性에 대한相互間의相關關係 및回歸分析한結果는 Table 8과 같다.

위相關表에서 Low volume method와 High volume method 사이에는 0.96의相關性을 나타내었으며 Laser(24 h) method와는 0.94의相關性을, Laser(2 min) 및 Piezo method에 대하여는 0.73 및 0.72의상관성을 나타내 직독식 측정 장비의 시료채취시간이 길 때가 상관성이 높게 나타나 직독식 측정장비의 시료채취 시간을 늘릴 때 따라 Low vol. method와의 상관성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며 Table 9에서와 같이 짧은 시간 동안에 시료를 채취해야 할 때는 오히려 Low vol. 보다 Laser로 측정하는 것이 더 안정된 측정치를 얻을 수 있는 것으로 나타나 이를 직독식 측정장비의 감도교정방법을 표준화 함으로써 Low vol. method에 대한 Factor 등을 산출하면 직독식 부유분진 측정기도 실내부유부진 측정장비로 사용할 수 있을 것으로 보인다.

본 실험에서 Low vol. 측정법과 Laser 측정법의 시료채취 시간별 부유분진 농도는 Table 9와 같다.

Table 9에서 Low vol.의 시료채취 시간별 농도변화폭이 Laser보다 크게 나타나는 것은 측정 전, 후 여지 무게차(최소 0.1 mg)와 흡인유량(1.2~6.9 m<sup>3</sup>)에 기인하는 것으로 시료채취시간의 증가에 따라 여지 단위 무게당 농도변화폭이 줄어 5시간 시료를

채취했을 때 Low vol. 측정법과 Laser 측정법 사이의 상관성은 0.9735( $p<0.05$ )로 Table 8의 24시간 시료를 채취했을 때의 상관계수 보다 크게 나타나 이들 두 장비를 병용해서 사용하기 위하여 5시간의 시료채취가 필요한 것으로 나타났으며 이때 Laser 측정법의 Low vol. 측정법으로의 변환계수는 0.969로 나타났다.

한편 Portable 직독식 측정기인 Laser(2 min)과 Piezo method 사이에는 0.93의相關性이 있는 것으로 나타났다. 參考로 각裝備들에 대해 1.5 m 떨어진位置에서 1 min-Leq로騷音을測定한結果室內反射音등의影響을考慮하지 않았을 때 High vol. 62.5dB(A), Low vol. 56.6dB(A), Impinger 55.9 dB(A), Laser & Piezo 31.8dB(A) 및 暗騷音 27.0dB(A)로 나타나一般事務室에서 Low vol.裝備로 실내부유분진을測定할 경우半徑 1.5 m以內의 사람들은 분진捕集時間동안 57dB(A)의騷音에暴露되는 것으로 나타나室內라는限定된空間에서使用되는測定裝備라는側面에서도 Laser測程器等低騷音裝備의使用이追加되어져야 할 것이다.

#### IV. 結 論

- ① 室內環境의 浮遊粉塵測定裝備中 Low volume 외에 Laser粉塵計도 Low volume에 대해 平均測定濃度比 102.9~75.8% 및 相關係數 0.727~0.951로 良好한 室內環境中의 浮遊粉塵測定裝備로 使用可能한 것으로 나타났다.
- ② Laser와 Low vol. 측정법으로 시료를 5시간 채취했을 때 두 장비간에 상관계수 0.9735, Factor 0.969를 나타났으며 짧은 시간동안의 시료채취시에는 Low vol. 보다 Laser로 측정한 결과가 더 안정적인 측정치를 나타내는 것으로 나타났다.
- ③ Low volume으로 浮遊粉塵測定시 粒徑 10 μm

- 以下(PM10)의 浮遊粉塵을 吸引하는 流量 20 l/min로 室內環境 浮遊粉塵 許容基準인 0.15 mg/m<sup>3</sup>의 濃度를 測定하기 위해서는 最少 1時間 以上試料를 採集해야 하는 것으로 나타났으며 1시간 時間을 捕集했을 때에는 測定前後의 最少 濾紙 무게 차(0.1 mg)에 의해 濃度測定이 不可能한 境遇가 發生하였다.
- ④ 室內環境汚染度 測定項目中 浮遊粉塵은 吸煙에 의해 크게 影響을 받는 것으로 나타났으며 測定中 測定機 周邊에서 吸煙이 있을 境遇 室內環境汚染基準 0.15 mg/m<sup>3</sup>을 上廻하였다.
- ⑤ Impinger法에 의한 浮遊粉塵의 測定은 室內環境 浮遊粉塵의 許容濃度基準인 0.15 mg/m<sup>3</sup> 정도의 濃度를 正確히 測定하는 것은 많은 어려움이 있다.
- ⑥ 室內環境에 대한 浮遊粉塵의 影響因子中 室內氣流許容值인 0.5 m/sec 以下로 창문을 닫아 외부와 차단된 環境에서는 外部因子보다 内部因子(사람의 移動, 吸煙 等)에 더 影響을 받는 것으로 나타났으며 이러한 公간에서는 실내 부유분진 측정지점수를 5개지점 이하(출입구쪽 지점 포함 2~3개 지점)로 선정하여도 5개지점 모두 측정했을 때와 큰 차이가 없었다.

## 參考文獻

- 1) Paolo Zannetti : Air Pollution Modeling. Van Nostrand Reinhold, pp. 281-284, 1990.
- 2) 金潤信 : 우리나라 室內空氣污染現況과 對策. 韓國環境衛生學會誌, p. 18, 1991.
- 3) Harold M. Englund : Handbook of air pollution technology. John Wiley & Sons. Inc., pp. 98-99, 1984.
- 4) 서영화, 구자공 : 大氣粉塵의 無機化學的 組成分析

과 Chemical Mass Balance에 의한 汚染源 寄與度 算出. 韓國大氣保全學會誌 8(2), 112, 1992.

- 5) 保社部 : 公衆利用施設衛生管理基準에 대한 公定試驗法. 保社部告示 第 90-91 號, 保社部, 1990.
- 6) 環境處 : 大氣汚染公定試驗法. 環境處告示 第 91-73 號, 環境處, 1991.
- 7) 金旻永 : 環境大氣質 測定現況 및 課題. 大韓保健協會, p. 137, 1992.
- 8) Takashi Kimoto and Li Liu Jun : Measuring technique for suspended particular Matter in Ambient air. p. 36, 1990.
- 9) 日本藥學會 : 衛生試驗法·註解. 金原出版株式會社, 1986.
- 10) 金永煥 : 空氣의 變異原性 Monitoring을 위한 方法과 動向. (私)大韓保健協會誌, p. 57, 1991.
- 11) Richard A. Wadden and Peter A. Scheff : Indoor air pollution. John Wiely & Sons, 1983.
- 12) 윤순창, 이용근, 金潤信 : 大氣環境基準 設定 및 大氣環境指標開發에 관한 研究. 韓環境科學 研究協議會, p. 29, 1992.
- 13) ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists) : Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Containments, Cincinnati, Ohio, 1978.
- 14) Repace, J. L. and Lowrey, A. H. : Indoor Air pollution, tobacco smoke and public health Science, pp. 464-472, 1980.
- 15) John E. Cuddeback, James R. Donovan and William R. Burg : Occupational aspect of passive smoking. American Industrial Hygiene Association Journal, p. 265, 1976.
- 16) C. V. Mathai and David H. Stonefield : Transactions PM-10: Implementation of Standards. APCA, San Francisco, California, pp. 157-166, 1988.