

## MA16) 중량법에 의한 환경대기중 입자상물질의 측정정도 비교(고용량공기채취기, PM<sub>10</sub> 고용량공기채취기 및 미니용량공기채취기를 중심으로)

김민영

서울특별시 보건환경연구원

### 1. 서론

환경대기중 입자상물질의 검사방법은 환경부고시 97-98호(97. 11. 5)에 의거 고용량공기포집법(high volume air sampler), 저용량공기포집법(low volume air sampler), 광산란법 및 광투과법 그리고  $\beta$  흡수법 등으로 되어 있다. 이중 고용량공기포집법, 저용량공기포집법,  $\beta$  흡수법등은 중량법의 범주에 드는 측정법으로 되어 있다. 이들 방법 중 먼지채취전후의 무게를 직접 칭량하여 분석하는 고용량공기포집법은 총부유먼지의 측정법으로, 저용량공기포집법은 PM<sub>10</sub>의 분석에 이용되는 것이며 PM<sub>10</sub> 고용량공기포집기(PM<sub>10</sub> high volume air sampler) 또한 PM<sub>10</sub> 분석에 이용될 수 있다. 이러한 중량포집법은 직접법으로서 먼지무게를 직접 칭량하게 되므로 유량교정을 비롯한 시험과정 전반을 충실히 할 경우 정확히 먼지농도를 측정할 수 있는 것으로 보편적으로 많이 사용되는 방법이다. 그러나 이들 측정법의 오차정도는 어느정도이며 측정방법간의 상대오차는 어떠한지에 대한 실측은 별로 없었던 것 같다. 따라서 동일측정방식간의 정밀도 평가와 함께 다른 측정방식의 정확도 평가를 비교측정하게 되었다.

### 2. 조사방법

서초구 양재동 202-3에 위치한 서울특별시보건환경연구원 옥상에서 총부유먼지측정용 고용량공기포집기 3대와 미세먼지측정용(PM<sub>10</sub>)으로, PM<sub>10</sub>고용량공기포집기 3대 그리고 미니용량공기채취기(mini volume air sampler)3대 등 총 9대의 장비를 설치하여 동시에 24시간을 하나의 측정단위로 하여 연속가동측정하였다. 고용량공기포집기와 PM<sub>10</sub> 고용량공기포집기에 대한 유량측정은, roots meter를 이용하고 보유하고 있는 Dwyer제 12" 마노미터와 전자식 마노미터를 교정하였으며 교정한 마노미터를 이용하여 현장에서 빈번히 사용하는 플로트식 면적유량계를 교정하였다. 고용량공기포집와기 PM<sub>10</sub>고용량공기포집기는 측정개시 후 5분과 측정종료 전에 각각 마노미터와 플로우미터를 이용하여 유량을 측정하여 계산에 이용하였다. 또한 칭량에 사용한 메틀러제 전자발란스는 Mettler Toledo E2급 표준분동으로 반복재현성 및 측정정도를 확인하였다. 이러한 칭량작업은 20°C, 50%를 유지하는 항온항습실을 이용하였고, 여지의 항량은 항온항습실내에 있는 스텝데시케이터내에서 적어도 48시간 이상을 방치한 후 다시 50% CaCl<sub>2</sub>가 들어있는 유리제 데시케이터 내에서 24-48시간을 항량시킨후 사용하여 습도와 온도에 의한 영향을 최소화하도록 노력하였다. 사용한 여지는 Whatman제의 유리섬유제 필터인 WPM2000을 이용하였다. 미니볼륨공기채취기는 미국EPA의 40CFR50에서 약술된 표준적 PM<sub>10</sub>의 인용방법의 변형장치이나 측정정도나 배터리와 외부전원사용이 공히 가능한 실내외의 먼지측정용으로 매우 간편한 장치로서 최근에 많이 이용되는 먼지측정법이다. 시료공기는 5ℓ/분 유속시 10 $\mu$ m의 입자분리가 가능한 임팩트방식의 먼지분리장치가 달려있어 이를 통과한 시료공기가 여지에 포집되는 방식이다. 여과지는 테플론코팅된 유리여과지(Palfllex제 T60A20)를 이용하였고 먼지채취전후의 무게칭량은 0.1 $\mu$ g까지 측정가능한 마이크로바란스(메틀러제 UMT-2)를 이용하였으며 역시 메틀러 Toledo급 표준분동으로 정도를 확인하였다. 두 대의 발란스 모두 방진 효과가 있는 칭량용 테이블에 설치하여 운용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 발란스의 정확성 및 정밀도

보유하고 있는 2대의 마이크로발란스(Mettler UMT-2와 Sartorius M2P)에 대한 정확성 및 정밀도를 확인하기 위하여 보유하고 있는 OIML의 표준물로 구성원이 확인된 Mettler사의 Toledo E2급의 표준분동

으로 여과지 칭량시에 많이 사용하는 중량범위에 한하여 5회씩 반복측정하여 그 정도를 파악하였다. 온도와 습도에 대한 영향을 최소화하기 위하여 온도 20℃, 상대습도 50%로 유지되는 항온항습실내에 실행하였고 또한 방진용 발란스 전용 테이블을 이용하였다. 그 결과는 표1과 같이 1mg의 표준분용으로 5회 측정된 결과 UMT-2는  $1.0007 \pm 0.0004$ mg으로 매우 양호하였고 M2P는  $1.0046 \pm 0.0021$ mg로 비교적 양호하였다.

2) 총 56회 측정 실시한 고용량공기포집기에 의한 측정결과와 정도는 표2와 같다. 각 3대로 동시측정한 평균치와 표준편차, 그리고 3대 중 최고치와 최저치의 차(range), 변동계수, 상대표준편차, 그리고 표준오차를 표시하였다. 변동계수의 최대치는 7.01, 상대표준편차는 4.06, 표준오차는 3.47로 매우 양호한 정도를 나타내고 있다.

PM<sub>10</sub>-고용량공기포집기의 경우는 변동계수 0.09~7.12, 상대표준편차는 0.05~4.04, 표준오차는 0.03~2.5를 나타내었고, PM<sub>10</sub>-고용량공기포집기는 변동계수 0.22~7.12, 상대표준편차는 0.13~4.09, 표준오차는 0.17~3.92임을 확인하였다.

### 3) 각 측정법간의 상관성

고용량공기포집기, PM<sub>10</sub>-고용량, PM<sub>10</sub>-미니용량공기포집기의 측정결과에 대한 상관관계는 그림1~3과 같다.

PM<sub>10</sub>-고용량용량공기포집기와 PM<sub>10</sub>-미니용량공기포집기의 상관계수  $r=0.9886$ 으로 t-테스트 결과 두 개의 방법간에 유의한 차는 없었다. 고용량공기포집기와 PM<sub>10</sub>-고용량공기포집기 그리고 PM<sub>10</sub>-미니용량공기포집기간의 상관관계는 각각  $r=0.9715$ ,  $r=0.9630$ 으로 나타났다.

### 4) 총부유먼지중의 PM<sub>10</sub> 부분을

고용량공기포집법에 의한 총부유먼지 중 PM<sub>10</sub> 부분은 그림4와 5의 빈도분포표와 같다. PM<sub>10</sub> 고용량공기포집기와 미니용량공기포집기에 의한 PM<sub>10</sub>의 부분에 다소의 차이가 있었다. PM<sub>10</sub>-고용량공기포집기의 경우 최소 53.9%, 최대 93.8%였으며 61~85%의 부분이 전체의 93%로 나타났다. 미니용량공기포집기에 의한 PM<sub>10</sub> 부분은 52.4~96.9%로서 PM<sub>10</sub>-고용량공기포집기보다도 range가 다소 크게 나타났다.

Table 1. Precision and accuracy of balances by Mettler Toledo E2 Accuracy class\*

Weight \ Model	Mettler UMT-2 (n=5)	Sartorius M2P (n=5)
Readability	0.1μg or 1μg	1μg
Reproducibility	0.25μg	-
1mg	$1.0007 \pm 0.0004$	$1.0046 \pm 0.0021$
2mg	$2.0003 \pm 0.00044$	$2.004 \pm 0.00071$
5mg	$5.0003 \pm 0.0008$	$5.0026 \pm 0.002$
10mg	$10.0005 \pm 0.0004$	$10.0038 \pm 0.0033$
50mg	$49.9963 \pm 0.0005$	$49.9974 \pm 0.0026$
100mg	$100.0022 \pm 0.0000$	-
200mg	$200.0064 \pm 0.0000$	-

\* Mettler Toledo weights conform to the standards of the Organization International Metrology Legal(OIML)

Table. 2 Precision levels of high volume air sampling method (TSP,  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

DATE	TSP	RANGE	CV	RSD%	SE	DATE	TSP	RANGE	CV	RSD%	SE
10/18	129±1.86	3.4	1.44	0.83	1.07	11/15	57±0.57	1.1	1.00	0.58	0.33
10/19	138±2.38	4.3	1.72	0.99	1.37	11/16	68±0.56	1.1	0.82	0.47	0.32
10/20	146±2.07	3.8	1.41	0.82	1.19	11/17	105±0.26	0.5	0.24	0.14	0.15
10/21	157±3.76	7.5	2.39	1.38	2.17	11/18	121±4.62	9.2	3.82	2.20	2.66
10/22	155±4.36	8.5	2.81	1.62	2.52	11/19	138±3.28	6.4	2.37	1.37	1.89
10/23	129±2.50	5.0	1.94	1.12	1.44	11/20	142±0.65	1.2	0.45	0.26	0.37
10/24	84±1.75	3.5	2.08	1.20	1.01	11/21	157±0.65	1.2	0.41	0.24	0.37
10/25	165±5.22	9.9	3.16	1.83	3.01	11/22	178±3.16	6.3	1.77	1.02	1.82
10/26	234±6.00	11.8	2.57	1.48	3.47	11/23	200±5.33	10.3	2.66	1.54	3.08
10/27	186±3.00	6.0	1.61	0.93	1.73	11/24	110±2.34	4.6	2.13	1.23	1.35
10/28	124±1.65	3.2	1.33	0.77	0.95	11/25	42±1.21	2.4	2.88	1.65	0.69
10/29	138±2.01	3.7	1.45	0.84	1.16	11/26	80±1.61	3.0	2.02	1.16	0.93
10/30	77±5.42	10.0	7.01	4.06	3.13	11/27	92±0.27	0.5	0.29	0.17	0.15
10/31	68±4.78	8.8	7.01	4.05	2.76	11/28	55±0.57	1.1	1.04	0.60	0.33
11/1	64±0.73	1.3	1.13	0.65	0.42	11/29	66±0.73	1.4	1.09	0.63	0.42
11/2	88±0.63	1.2	0.71	0.41	0.36	11/30	120±1.87	3.7	1.56	0.90	1.08
11/3	112±1.8	3.6	1.61	0.93	1.04	12/1	189±5.23	10.2	2.76	1.60	3.02
11/4	139±3.47	6.8	2.51	1.44	2.00	12/2	203±2.95	5.8	1.45	0.84	1.70
11/5	174±3.44	6.8	1.98	1.14	1.99	12/3	265±6.60	12.5	2.49	1.44	3.81
11/6	217±5.20	9.2	2.40	1.38	3.00	12/4	232±4.00	8.0	1.72	1.00	2.31
11/7	262±5.61	10.0	2.14	1.24	3.24	12/5	81±1.41	2.8	1.72	1.00	0.81
11/8	120±3.06	6.1	2.54	1.47	1.76	12/6	46±0.27	0.5	0.57	0.33	0.15
11/9	60±1.06	2.1	1.77	1.02	0.61	12/7	94±1.28	2.5	1.36	0.78	0.74
11/10	115±3.31	6.0	2.89	1.66	1.91	12/8	106±0.20	0.4	0.19	0.11	0.12
11/11	61±2.94	5.4	4.82	2.78	1.70	12/9	122±1.89	3.4	1.54	0.89	1.09
11/12	119±3.57	7.0	3.00	1.73	2.06	12/10	150±3.07	6.1	2.04	1.18	1.77
11/13	129±0.30	0.6	0.23	0.13	0.17	12/11	83±4.45	8.9	5.36	3.10	2.57
11/14	121±0.30	0.6	0.25	0.14	0.17	12/12	51±2.7	5.4	5.31	3.06	1.56

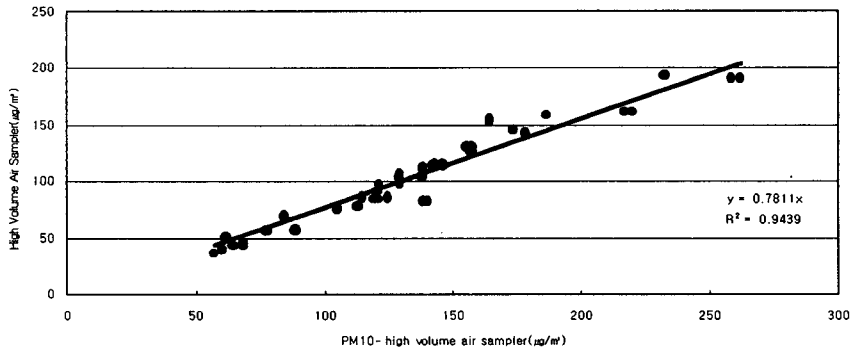
Range=Xmax - Xmin

CV=coefficient of variability

RSD% = relative standard deviation

SE = standard error

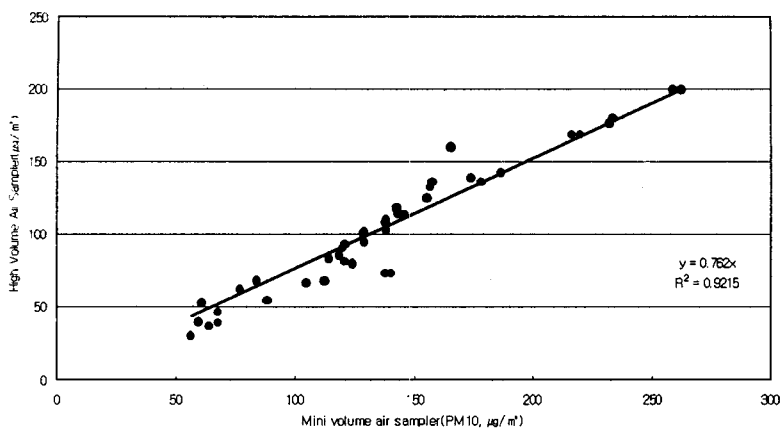
N = 3



r=0.9886

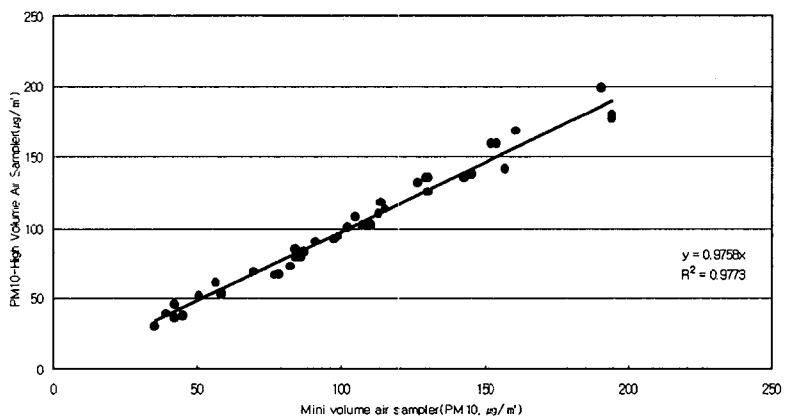
n=56

Fig. 1 Relationship between PM10-high volume air sampler and mini volume air sampler



$r=0.9630$        $n=56$

Fig. 2 Relationship between high volume air sampler(TSP) and mini volume air sampler(PM10)



$r=0.9715$        $n=56$

Fig. 3 Relationship between high volume air sampler(TSP) and PM10-high volume air sampler

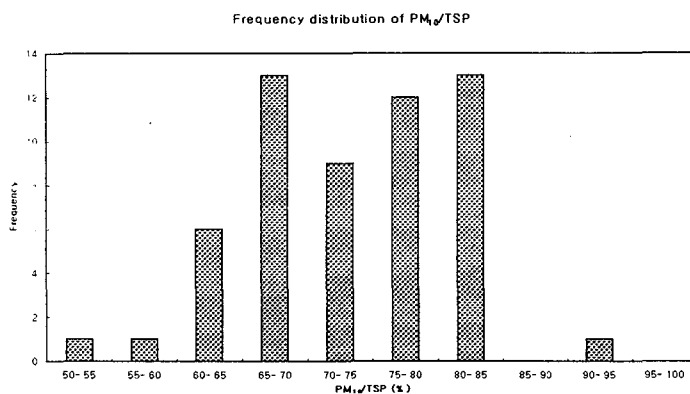


Fig.4 Frequency histogram of  $PM_{10}$ (High vol.)/TSP ratio

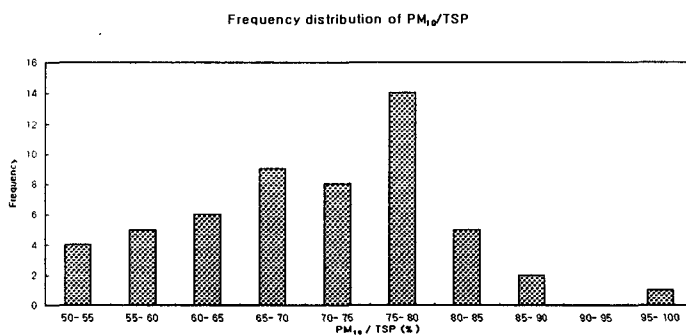


Fig.5 Frequency histogram of  $PM_{10}$ (Mini vol.)/TSP ratio