

## PA56) 부산지역 봄철 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 질량농도와 금속성분의 화학적 특성 : 2006-2008

### Characteristics of Mass Concentration and Metallic Element of Springtime PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Busan, Korea: 2006-2008

전병일 · 황용식<sup>1)</sup> · 김명우<sup>2)</sup>

신라대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>부산대학교 의학전문대학원 석면중피종연구센터,

<sup>2)</sup>Ohio University Air Quality Center

#### 1. 서 론

부산은 우리나라에서 두 번째로 큰 도시이자 제1일 항구도시로서 도시화와 산업화에 따른 자동차와 산업시설 등의 증가로 미세먼지에 대한 관심이 증가하고 있다(전병일 등, 2005). 본 연구에서는 2006년부터 2008년까지 부산지역에서 3년간 봄철(3월, 4월, 5월)에 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>를 포집하여 질량농도와 금속성분을 분석하여 그 질량농도와 금속원소의 화학적 특성을 알아보았다.

#### 2. 포집 및 분석 방법

본 연구를 위한 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 시료포집은 신라대학교 공학관 6층 옥상에서 실시하였다. 측정일수는 총 102일(2006년 35일, 2007년 33일, 2008년 34일)로, 주중에 강우가 없는 날을 대상으로 오전 9시에 시작하여 다음날 오전 9시까지 24시간 포집하였다. PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 포집은 Mini Volume Air Sampler(Air Metrics, Springfield, OR, USA)를 사용하였으며, 흡인유속은 5.0 l/min으로 조정하여 47 mm QMA Filter(Whatman Co.)에 24시간 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 시료를 흡인 포집하였다. PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub> 중의 미량 금속 성분을 정량하기 위하여 질산·염산 초음파 추출법으로 전처리한 후 ICP/AES를 이용하여 Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S, V, Zn을 분석하였으며, ICP/MS를 이용하여 Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Co, Sr, Ti, Pb를 정량하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

표 1은 2006년부터 2008년까지 봄철의 부산지역 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10-2.5</sub>, PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 비, PM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub> 비를 연별로 나타낸 것이다. 최근 3년간의 PM<sub>10</sub> 및 PM<sub>2.5</sub> 그리고 PM<sub>10-2.5</sub>의 농도는 각각 126.2±89.8 μg/m<sup>3</sup>, 85.5±41.6 μg/m<sup>3</sup>, 40.7±54.9 μg/m<sup>3</sup>로 나타났다. 우리나라의 PM<sub>10</sub> 연간 기준치인 50 μg/m<sup>3</sup>에 비해서 상당히 높은 농도를 나타내었는데, 이는 본 연구에서의 시료측정이 주중에 강우가 없는 봄철을 대상으로 하였기 때문이다. 또한 3년간의 평균 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 비는 0.70으로 북미에서 측정된 전형적인 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>의 비인 0.60보다 높은 값을 나타내었다.

표 2는 총 포집일(102일) 및 황사발생일(AD: Asian Dust) 그리고 비황사발생일(NAD: Non Asian Dust)로 구분하여 질량농도와 금속성분의 농도를 나타낸 것이다. 질량농도를 보면, 황사시 PM<sub>10</sub>농도는 302.1μg/m<sup>3</sup>으로 비황사시의 111.2 μg/m<sup>3</sup>보다 약 3배 정도 높은 농도를 나타내었으며, 황사시 PM<sub>2.5</sub>농도는 154.7 μg/m<sup>3</sup>으로 비황사시의 79.7 μg/m<sup>3</sup>의 약 2배정도 높은 농도를 나타내었다. 황사시의 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 비는 0.51이었고, 비황사시는 0.72로 황사시에 조대입자의 비율이 높다는 것을 알 수 있다. 포집일에 대한 공기를 추적하기 위해서 미국의 해양기상청(NOAA)에 의해 개발된 HYSPLIT-4 모형을 사용하여 기류의 이동방향을 추적하였다(Draxler and Hess, 1997). 공기계의 착지점의 좌표는 신라대학교로 위도 N35°06' 경도 E129°02' 지점을 설정하였다. 장거리수송의 영향을 고찰하기 위해 동북아시아를 5개 권역으로 구분하여 그 영향을 알아보았다. I 권역은 북한의 동부와 동해안을 포함하는 권역이고, II 권역은 북경을 중심으로 산둥반도와 발해만 연안지역이 포함되는 구역이다. III 권역은 상해를 중심으로 중국 남

부지방과 동지나해를 포함하는 권역이며, IV권역은 중국과 일본사이의 해양으로서 인위적인 배출원이 거의 없는 권역이며, V권역은 일본을 포함하는 태평양권역이다.

표 3은 포집일에 대한 역계적 분석의 결과로서 이동경로에 따른 미세먼지농도를 나타낸 것이다. I 권역은 전체 포집일 102일 중에 20일(19.6%)이었고 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 농도는 각각 105.1과 76.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, II 권역은 49일(48.0%)로 가장 높은 발생빈도를 나타내었고 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>의 농도는 각각 142.2와 93.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다.

Table 1. Average concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10-2.5</sub>, average ratios of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> and PM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub> at sampling site.

	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>10-2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>10-2.5</sub> /PM <sub>2.5</sub>
2006 (n=35)	128.0±59.5	85.1±28.9	42.9±38.2	0.70±0.14	0.50±0.33
2007 (n=33)	154.4±138.6	108.7±55.1	45.7±87.6	0.77±0.11	0.34±0.25
2008 (n=34)	97.0±27.2	63.5±21.4	33.5±14.5	0.65±0.13	0.60±0.36
2006-2008 (n=102)	126.2±89.8	85.5±41.6	40.7±54.9	0.70±0.13	0.48±0.33

Note: n=number of samples

Table 2. Elemental concentration( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) in PM<sub>10</sub> and coarse particle and fine particle aerosols for Asian dust(AD) and non Asian dust(NAD) at sampling site.

	PM <sub>10</sub>			Coarse (PM <sub>10-2.5</sub> )			Fine(PM <sub>2.5</sub> )		
	All	AD	NAD	All	AD	NAD	All	AD	NAD
Mass	126.2	302.1	111.2	40.7	147.4	31.6	85.5	154.7	79.7
Al	667	3742	405	374	2109	226	294	1632	179
Ca	2707	6411	2392	859	3414	642	1847	2997	1749
Cd	1.50	1.25	1.52	0.25	0.29	0.25	1.24	0.95	1.27
Co	1.09	3.45	0.89	0.49	1.97	0.37	0.60	1.48	0.53
Cr	29.6	29.7	29.6	6.63	12.4	6.14	23.0	17.3	23.5
Cu	29.6	22.0	30.2	10.8	8.52	11.0	18.8	13.4	19.2
Fe	1244	4789	942	635	2823	449	609	1966	493
K	814	1244	778	223	522	197	592	722	581
Mg	618	2488	459	287	1461	188	331	1027	272
Mn	78.6	233	65.4	25.0	131	15.9	53.6	102	49.5
Na	1746	2535	1678	471	1085	419	1275	1450	1260
Ni	14.6	16.3	14.4	4.06	8.65	3.67	10.5	7.64	10.7
Pb	55.3	48.8	55.9	11.3	13.9	11.0	44.1	34.9	44.9
Si	4965	9771	4555	2140	5377	1865	2824	4394	2691
Sr	9.69	35.6	7.48	4.64	20.5	3.28	5.06	15.1	4.20
Ti	28.5	107	21.8	14.3	61.3	10.3	14.3	45.8	11.6
V	15.5	23.4	14.9	18.7	4.22	2.56	12.8	19.2	12.3
Zn	246	170	253	57.7	42.7	59.0	189	127	194

Table 3. Occurrence frequency, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2.5</sub> concentration( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) according to divided sector in Busan.

Sector	Frequency	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
I	20(19.6%)	105.1	76.8
II	49(48.0%)	142.2	93.3
III	6(5.9%)	142.5	105.1
IV	17(12.5%)	120.8	85.1
V	10(8.3%)	87.2	56.2

### 참 고 문 헌

- 진병일, 황용식, 이혁우, 양아름, 김현정, 설재환, 강영진, 김택훈, 장현석, 2005, 2004년 부산지역 미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 중의 금속 농도 특성, 한국지구과학회지, 26(6), 573-583.
- Connell, D.P., J.A. Withum, S.E. Winter, R.M. Statnick, and R.A. Bilonick (2005) The Steubenville Comprehensive Air Monitoring Program(SCAMP): associations among fine particulate matter, co-pollutants, and meteorological conditions, J. Air & Waste Manage. Assoc., 55, 481-496.
- Draxler, R.R. and G.D. Hess (1997) Description of the HYSPLIT\_4 modeling system, NOAA Technical Memorandum ERL ARL\_224.