

PA43) 수원지역 대기 중 PM₁₀과 PM_{2.5}의 농도 및 화학적 특성에 관한 연구

Mass Concentration and Chemical Characteristics in Ambient PM₁₀ and PM_{2.5} Suwon Area

양성수 · 이태정 · 김동술

경희대학교 환경·응용화학대학 및 환경연구센터

1. 서 론

대기 환경 중 분진은 유·무기 물질의 혼합물로 나타난다. 분진은 공기역학적 직경에 따라 PM₁₀(<10 μm)과 PM_{2.5}(<2.5 μm) 두 그룹으로 나눌 수 있다. PM_{2.5}는 연소활동과 산업활동 같은 인위적요인에 의해 생성되고 PM₁₀은 기계적인 요인에 의해 생성된다. 이러한 분진의 영향은 스모그나 박무에 의한 가시도의 감소, 건축물의 더럽힘, 물질의 부식과 침식, 지역적 기상변화, 식물 성장저해, 사람과 동물의 건강 악화 등의 피해를 들 수 있다. 특히 인체와 분진 노출과의 관계에 대해 많은 연구들이 수행되고 있다. 이 연구들에 따르면 분진은 폐 활동의 저하, 천식 등의 질병을 일으키며 심각한 경우 폐암과 같은 질병으로 사망할 수 있다고 보고하고 있다. 이러한 분진의 영향으로 인하여 세계적으로 분진에 대한 관심이 증가하였다(봉춘근과 김동술, 2002). 따라서 미국 EPA(Environment Protection Agency)에서는 PM₁₀과 PM_{2.5}에 대한 기준을 설정하여 사용하고 있다(EPA). 또한 WHO(World Health Organization)도 Air Quality Guidelines을 통해서 PM₁₀과 PM_{2.5}의 기준을 제시하고 세계 여러 정부들에게 이 기준을 권장하고 있다(WTO). 현재 우리나라는 1995년 PM₁₀에 관한 기준을 설정하여 관리하고 있으나 PM_{2.5}에 대한 기준은 아직 규정되지 않고 있다. 또한 이러한 미세먼지가 급격히 증가하는 황사현상은 중국과 몽고의 사막지역 또는 황하중류의 황토지역 등에서 지기압이 통과할 때 발생하는 바람이나 지형에 의해 만들어진 난류 등의 영향으로 상층으로 불려 올라가 공중에 부유하거나 장거리 수송되는 먼지를 총칭하거나 현상을 말한다. 이러한 황사는 동북아시아 지역에서 공중보건학적인 측면에서 매우 중요한 관심의 대상이 되고 있으며 국가 간의 중요한 환경문제로 인식되어 한중일 3국을 비롯하여 전 세계적인 공동연구가 진행되고 있다. 본 연구가 진행된 수원지역은 한반도의 서부지역으로 황사뿐만 아니라 대기오염물질의 강한 영향권 내에 위치하고 있지만 황사 및 미세먼지에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 수원지역에서 황사현상이 공기 중 먼지 농도 분포에 미치는 영향을 정량화하고 황사발생시 먼지의 화학적 특성을 파악하고자 하였다(강공언 등, 2007). 이를 위하여 2006년과 2007년 환경대기중의 PM₁₀과 PM_{2.5}의 중량농도와 화학적 특성을 측정·분석하였다. 또한 이를 토대로 입경별 먼지의 분포특성을 비교하여 황사 발생시 PM_{2.5}과 PM₁₀의 농도 특성과 황사가 수원지역 대기 중 먼지농도에 미치는 영향을 해석하였다.

2. 연구 방법

시료의 채취기간은 2006년 3월부터 2007년 11월까지로서 총 137개의 시료를 채취하였다. 시료는 경기도 용인시에 위치한 경희대학교 환경응용화학대학 옥상(5층)에서 시료를 채취하였다. 본 연구지역은 수원시와 용인시의 경계지역에 위치하고 있으며 구체적으로 수원시 동측 10km, 경부고속도로 신갈 나들목에서 서남측으로 약 4km에 위치하고 있다. 아울러 본 연구지역 앞쪽으로는 약 96,000명의 인구가 거주하는 영통 신도시가 위치해 있다. 대기 중 PM-10의 채취는 고용량 시료채취 장치인 high-volume air sampler(USA, General Metal Works, Model IP10)를 사용하여 평균 1.13m³/min의 유량으로 평균 24시간 동안 시료를 채취하였다. PM_{2.5}의 채취는 high-volume air sampler(GV2630-70)을 사용하여 평균 1.240 m³/min의 유량으로 채취하였다. PM₁₀과 PM_{2.5}는 동시에 평균 24시간 동안 측정하였다. 시료채취에 사용된 여지는 수정 섬유여지(quartz microfiber filter, QM-A, 8"×10", Whatman)를 사용하였다. 여지는 시

료채취 전후로 3일간 항온, 항습상태의 전자 데시게이터(Sanplatec, Corp., Model Oyin 09678BN) 내에 보관하여 항량시킨 후 0.01mg의 감도를 갖는 전자저울(A & Co., Model HM-202)로 칭량하였다. 칭량 전후의 무게차를 분진의 무게로 간주하였으며 이를 유량으로 나누어 분진농도를 계산하였다. 수정섬유여지에 채취된 대기 중 PM₁₀과 PM_{2.5}의 수용성이온성분 분석을 위해 여지를 초순수에 침적시켜 초음파 추출기로 추출하는 전처리 방법을 이용하였다. 전처리가 끝난 시료는 이온 크로마토그래피(Dionex사, Model DX-400)를 이용하여 수용성 이온성분을 분석했다. 또한 수정섬유여지에 채취된 대기 중 분진의 무기원소 분석을 위해 microwave을 이용한 질산-염산 전처리법을 사용하였다. 전처리가 끝난 시료는 ICP-AES 분석법(DRE ICP, Leeman Lab Inc.)을 이용하여 무기원소 성분을 분석하였다(황인조, 2003).

3. 결과 및 고찰

표 1은 PM₁₀과 PM_{2.5}의 질량농도와 무기원소성분을 황사기간과 비 황사 기간으로 나누어 나타냈다. PM₁₀과 PM_{2.5}의 질량농도는 황사기간이 비 황사기간에 비해 높게 나타났다. 그리고 무기원소 성분들 중 지각원소(Mn, Si, Fe, Al)가 황사기간이 비 황사 기간에 비해 높게 나타났다. 하지만 그 이외의 원소들은 수치의 차이가 있었으나 크지는 않았다. 그리고 본 연구기간 동안 측정된 PM₁₀과 PM_{2.5} 중 무기원소 성분의 농축계수를 황사기간과 비 황사기간으로 나누어 표 2에 나타냈다. 그 결과 Fe, Al, Mn은 황사에 상관없이 10 이하의 값을 나타낸 것으로 조사되었다. 따라서 토양의 비산 등의 자연적 오염원에 의해 영향을 받고 있는 것으로 사료된다. 반면, Zn, Pb, Cd, Cr은 이상의 높은 값을 보이고 있어 인위적 오염원에서 배출된 것으로 사료된다.

Table 1. Elemental concentration in PM₁₀ and PM_{2.5} for Asian dust and non Asia dust at Suwon.

Elements	PM ₁₀			PM _{2.5}		
	All	AD	NAD	All	AD	NAD
Mass	83.56	133.72	79.04	72.90	90.57	72.48
Ba	0.035	0.035	0.036	0.025	0.029	0.032
Mn	0.035	0.033	0.073	0.023	0.051	0.030
Cr	0.098	0.098	0.102	0.088	0.099	0.093
Cd	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006
Zn	0.177	0.179	0.145	0.108	0.109	0.156
Si	0.302	0.283	0.652	0.227	0.558	0.341
Fe	1.058	0.993	2.267	0.751	1.610	0.930
Ni	0.057	0.057	0.056	0.046	0.051	0.053
Al	0.440	0.393	1.305	0.214	0.824	0.418
Cu	0.076	0.071	0.152	0.142	0.139	0.338
Pb	0.059	0.060	0.047	0.035	0.030	0.052
V	0.008	0.008	0.011	0.006	0.009	0.007

Table 2. Comparison of crustal enrichment factors between PM₁₀ and PM_{2.5}.

Elements	PM ₁₀		PM _{2.5}	
	AD	NAD	AD	NAD
Al	1	1	1	1
Si	2.60	1.81	3.83	2.45
Fe	3.69	2.54	5.12	2.86
Mn	7.31	4.91	9.42	5.36
Zn	536.81	131.52	592.05	155.23
Pb	1013.73	239.54	1063.24	236.65
Cr	6957.93	1815.67	9406.91	2563.11
Cd	20528.99	6432.65	33909.03	9912.45

참 고 문 헌

- 봉춘근, 김동술 (2002) 미세먼지의 물리·화학적 특성과 오염원 관리, 첨단환경기술, 6-17pp.
- 황인조 (2003) PMF 모델을 이용한 대기 중 PM-10 오염원의 정량적 기여도 추정, 경희대학교 대학원 환경학과 박사학위논문(2001) Fine particle measurements at two background sites in Korea between 1996 and 1997, Atmospheric Environment, 35, 635-543.
- Air Quality Guidelines-Second Edition for Eroupe. WHO Regional Office for Europe, 2006.