

4A4) 2005년 가을철 익산지역 대기 에어로졸의 화학적 조성

Chemical Composition of Atmospheric Aerosols in the Iksan in Fall, 2005

강공언¹⁾ · 신대윤¹⁾ · 임국환²⁾ · 마창진³⁾

원광보건대학 보건계열, ¹⁾조선대학교 환경공학과, ²⁾고려대학교 보건과학대학,

³⁾Fukuoka Women's University

1. 서 론

대기오염물질의 자동측정망 자료에 의하면 익산지역은 도내의 다른 도시 지역에 비해 PM₁₀의 농도가 지속적으로 높게 관측되고 있다. 즉, 2001년부터 2005년까지 도내 도시지역의 PM₁₀ 평균농도를 살펴보면 군산과 전주는 각각 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 반면에 익산은 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 나타났으며, 지금까지 연평균 농도도 두 도시보다 일정하게 높은 경향을 나타내었다. 아직까지 이에 대한 정확한 이유는 밝혀지지 않고 있지만, 익산지역 인근에 석재채굴 및 가공단지가 산재해 있고, 교통의 중심지로서의 여건을 감안해 볼 때 이것이 하나의 이유가 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 익산지역은 지리적으로 국내의 다른 도시지역에 비해 한반도 남서부 지역에 위치하고 있어 다량의 대기오염물질을 배출하고 있는 중국이 풍상 측에 인접해 있으며, 서쪽으로 약 12km 지점에 남북을 가로지르는 서해안 고속도로가 개통되어 차량증가와 개발이 가속화될 전망이다. 더욱이 올해 새만금방조제의 물막이 이음공사가 완료되어 방조제 안쪽의 노출갯벌에 의한 비산먼지의 발생이 예상되고 있다. 이러한 여건들을 감안할 때 익산지역에서의 미세먼지의 오염도는 더욱 증가할 것으로 생각된다. 그러나 지금까지 익산을 포함한 한반도 남서부 지역에서 미세먼지의 화학적 조성 및 발생원에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 특히 익산지역의 경우 도심지 인근에 환경기초시설인 쓰레기 소각로 설치를 추진 중에 있으나 부지선정 단계에서부터 지역주민과의 갈등으로 어려움을 겪고 있는 실정이다. 대기 에어로졸의 화학적 조성에 대한 연구는 특히, 대기오염물질의 발생원에 대한 중요한 지표가 되고 있는 미량의 원소성분의 경우 향후 환경기초시설의 설치 및 운영시 대기질의 비교 및 평가자료로 활용될 수 있을 뿐만 아니라 인체에 미치는 영향을 평가하는데 있어 중요한 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 2005년 가을철 익산지역의 환경대기 중 PM_{2.5}와 PM₁₀의 중량농도, 수용성 이온성분 및 원소성분을 정량하여 대기 에어로졸의 화학적 조성을 파악하고 구성성분의 화학적 특성을 해석하고자 하였다. 또한 자료의 해석에 앞서 다양한 정도관리 방법을 적용하여 중량농도, 수용성 이온성분 및 원소성분의 측정자료에 대한 신뢰성을 검토하였으나 여기에서는 PM_{2.5}와 PM₁₀의 중량농도와 수용성 이온성분의 화학적 조성에 대한 분석결과만을 제시하였다.

2. 연구 방법

시료채취는 익산지역 미세먼지의 오염도 수준을 대표할 수 있도록 익산시 중심부에 위치하고 있으면서 특정한 오염발생원의 영향을 배제할 수 있는 익산상공회의소 옥상(지상 약 25m)에서 2005년 11월 6일 저녁부터 12월 10일까지 오전 8~9시 전후부터 다음 날 오전 8~9시 전후까지 하루를 주기로 이루어졌으며 일부 시료의 경우 낮과 밤으로 나누어 1일 2회 측정되었다. 환경대기 중 PM_{2.5}와 PM₁₀ 시료는 공극이 0.4 μm 인 47mm Nuclepore 여지(Pall Corporation, USA)가 장착된 미국 URG사의 사이클론 필터 팩(URG Cyclone Filter Pack, University Research Glassware, USA)을 사용하여 16.7 ℓ/min 의 유량으로 포집하였다. 이전의 대기 에어로졸 포집에서는 Zefflour 여지를 사용하였으나 PIXE(proton-induced X-ray emissions)에 의한 원소 분석시 전반적으로 검출한계치가 높아 본 연구에서는 polycarbonate 재질의 Nuclepore 여지를 사용하였다. 시료가 포집된 PM_{2.5}와 PM₁₀의 여지는 페트리디쉬에 보관한 후 파라필름으로 밀봉하여 실험실로 운반하였으며, 항량으로 하여 시료포집 전·후의 여지 무게차를 검출한

계가 10 μ g인 전자저울(Satorius CP225D electronic balance)로 칭량한 후 PM_{2.5}와 PM₁₀의 중량농도를 산출하였다. 무게 칭량이 끝난 여지의 일부에 대해서는 시료 중 원소성분의 정량을 위하여 질반으로 절단하였으며, 모든 시료는 화학성분의 분석을 위해 밀봉하여 4℃의 냉장고에 보관하였다. 수용성 이온성분의 농도는 여지에 적당량의 탈이온교환수(DI water)를 가해 초음파 추출을 한 후 여과하여 IC(DX-100 ion chromatograph, Dionex Inc.)로 분석하였다. 중금속 성분은 일본 Nishina Memorial Cyclotron Center에서 PIXE 분석법에 의해 이루어졌다. 측정기간 동안 PM_{2.5}와 PM₁₀ 모두 35개 시료가 포함되었다. 수용성 이온성분은 포함한 모든 시료에 대해 분석이 이루어졌으나 원소성분은 PM_{2.5}와 PM₁₀ 모두 각각 12개의 시료만이 분석되었다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 익산지역에서 2005년 가을철 측정기간 동안 PM_{2.5}와 PM₁₀의 중량농도와 수용성 주요이온성분의 농도에 대한 기술통계값을 나타낸 것이다. 여기에서 PM_{2.5}와 PM₁₀의 평균농도(Mean \pm STD)는 38.9 \pm 24.2 μ g/m³과 59.5 \pm 59.6 μ g/m³이었으며, 중앙값(median)과 기하평균은 PM_{2.5}의 경우 31.8과 33.9 μ g/m³이고 PM₁₀에서는 45.7과 47.7 μ g/m³이었다. 측정기간 동안 주요 이온성분은 PM_{2.5}와 PM₁₀ 모두 SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺이었으며 이들 이온성분은 대기 중에서 (NH₄)₂SO₄와 NH₄NO₃의 중화된 2차입자로 존재하는 것으로 알려져 있다. 표 1에 산출된 통계값들을 살펴보면 산출평균의 경우 PM_{2.5}와 PM₁₀의 중량농도와 이온성분농도에서 모두 중앙값과 기하평균보다 높는데 이것은 특히 고농도를 나타내는 몇몇 피크값에 의해 좌우되는 평균의 정의에서 기인한 것이다. 특히, PM₁₀ 중량농도와 이온성분 중에서는 주로 토양기원으로 예상되는 Mg²⁺, Ca²⁺ 등의 표준편차가 산출평균과 유사하거나 높게 나타나 산출평균이 전체 측정값을 대표하기에는 적절하지 않는 것으로 사료된다. 우리나라는 대기 중 입자상 물질의 농도 변동 폭이 크고 황사발생시 이례적으로 고농도를 나타내기 때문에 중앙값이나 기하평균을 산출하여 함께 해석하거나 대기 중 입자상 물질의 농도에 영향을 주는 강수 또는 황사의 영향을 받는 시료를 별도로 분류한 후 대표값을 산출하여 해석하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

Table 1. Descriptive summary of PM mass concentrations and major water-soluble ionic species concentrations in the atmospheric aerosols measured in the Iksan.

	Mass	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	nss-Ca ²⁺	
	μ g/m ³											
PM _{2.5}	Mean	38.86	1.22	3.99	4.41	4.36	0.21	2.55	0.43	0.06	0.30	0.29
	Median	31.84	1.19	3.62	2.81	2.64	0.15	2.29	0.33	0.04	0.16	0.16
	Geometric Mean	33.86	1.11	3.37	3.50	3.44	0.18	2.21	0.34	0.00	0.19	0.18
	Std. Deviation	24.19	0.51	2.51	3.55	3.53	0.14	1.41	0.35	0.05	0.38	0.38
	Maximum	130.68	2.37	12.04	15.41	15.30	0.70	6.74	1.73	0.25	2.14	2.12
	Minimum	12.40	0.36	1.08	1.15	1.13	0.08	0.57	0.10	0.00	0.03	0.03
PM ₁₀	Mean	59.48	1.62	4.93	4.93	4.82	0.48	2.63	0.49	0.13	0.82	0.81
	Median	45.65	1.55	3.95	3.23	3.20	0.27	2.34	0.36	0.08	0.45	0.44
	Geometric Mean	47.69	1.46	4.11	3.98	3.87	0.35	2.30	0.39	0.08	0.51	0.50
	Std. Deviation	59.56	0.71	3.38	3.78	3.73	0.44	1.45	0.38	0.12	0.99	0.97
	Maximum	364.98	3.39	16.04	16.38	16.10	2.18	7.04	1.79	0.63	5.44	5.35
	Minimum	16.62	0.59	1.15	1.25	1.20	0.11	0.81	0.12	0.00	0.04	0.04

그림 1은 측정기간 동안 미세입자인 PM_{2.5}, 조대입자인 PM_{2.5-10} 그리고 PM₁₀(막대의 전 높이)의 중량농도를 나타낸 것이다. 여기에서 본 연구가 시작된 11월 6일 저녁에 포함된 시료의 경우 황사가 발생하여 미세입자와 조대입자 모두 특이적으로 높은 고농도를 나타내었으며, 이때 PM₁₀ 농도는 365 μ g/m³을

기록하였다. 우리나라에서 발생하는 대부분의 황사는 주로 봄철에 집중되어 있는데 가을에 고농도의 황사가 관측된 것은 이례적인 일로 더욱이 황사발생 직전에 다량의 강수(군산 18.5mm, 전주 17.5mm)가 발생하여 황사 자체의 화학적 조성을 이해하는데 매우 유용한 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다. 측정기간 동안 비나 눈이 내린 경우 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 미세입자에 비해 $2.5\sim 10\mu\text{m}$ 의 조대입자 농도가 크게 감소하는 것으로 나타났으나 11월 7일 포집한 시료의 경우 대기 중에 남아있는 황사입자의 영향 때문에 오히려 미세입자보다 조대입자의 농도가 높은 특이적인 농도분포를 보이는 것으로 나타났다. 또한 12월 3일과 4일에는 약 10cm 이상의 많은 눈이 내렸는데 이때 포집한 시료의 경우 이전 강우 발생시에 포집한 시료와 달리 조대입자의 농도가 매우 낮은 추이변화를 보여주었다.

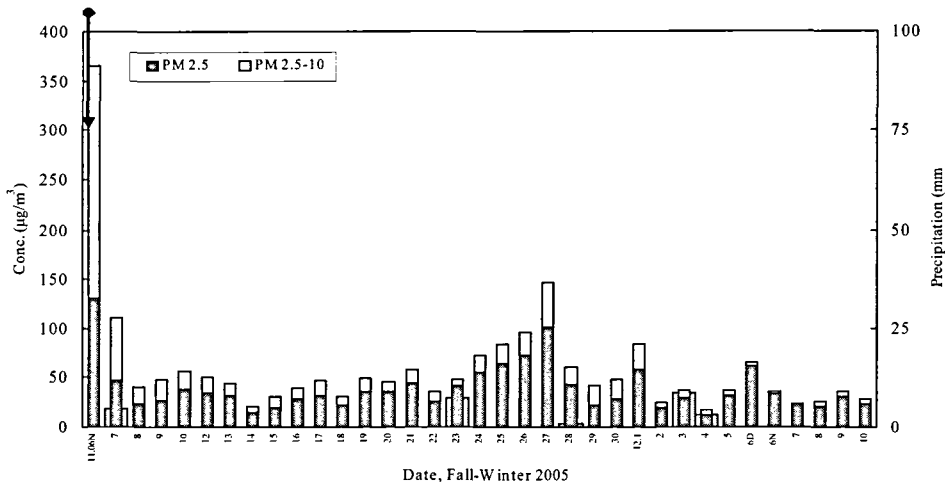


Fig. 1. Temporal variation of $\text{PM}_{2.5}$ and $\text{PM}_{2.5-10}$ as well as PM_{10} with the amount of precipitation.

참고 문헌

- 강공언, 이상복 (2005) 호흡기 침착부위에 따른 미세먼지 중 수용성 성분의 일별 농도 특성, 한국환경보건학회지, 31(5), 387-397.
- 이보경, 김영훈, 하재윤, 이동수 (2005) 자동연속측정시스템 개발 및 이 시스템을 이용한 서울 대기 중 $\text{PM}_{2.5}$ 의 화학적 조성과 특성에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 21(4), 439-458.
- 전북지역환경기술개발센터 (2005) 익산시 대기 중 중금속 및 악취 오염도 조사, 최종보고서.
- 전라북도보건환경연구원 홈페이지(<http://jihe.provin.jeonbuk.kr>) 조사자료실의 대기오염도 현황 자료.
- J.H. Lee et al. (2003) Measurements of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} in suburban area in Korea during April, 2003, The Second International Workshop on Sandstorms and Associated Dustfall, November 13~15, 2003, Nagoya Port Building, Minato-ku, Nagoya, Japan, p.91.
- Kang, G.U. and J.H. Lee (2005) Comparison of $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} in a suburban area in the Korea during April, 2003, Water, Air, and Soil Pollution 5, 71-87.
- Ma, C.J., H.K. Kim, G.U. Kang, S. Tohno and M. Kasahara (2004) Characteristics of Gas- and Particle-phase Acids and NH_3 at Urban and Rural Sites in Korea, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 20E(1), 15-28.