

PA30) 인천시 대기중 미세먼지의 농도 및 화학적 특성에 관한 연구

A study on the Concentration and Chemical Characteristics in the Ambient of Incheon

허화영 · 장기원 · 원경호 · 정용원

인하대학교 환경공학과

1. 서 론

인천시는 수도권 외항으로 많은 발전을 하였으나, 반대 급부적으로 오염의 가중을 제어하지 못하고 있는 형편이다. 인천시의 여러 가지 환경문제 중에서도 대기환경 문제는 매우 심각하여 여러 가지 환경문제 중에서도 가장 민원이 많은 부분이다. 또한 최근 들어 대기 중 먼지에 대한 관심은 주로 미세먼지에 집중되고 있으며, 우리나라의 먼지에 대한 대기환경기준과 대기오염 측정망의 항목은 공기역학적 직경 $10\mu\text{m}$ 이하의 PM_{10} 으로 정해 놓고 있다. 그러나 최근 많은 연구에서 PM_{10} 보다 미세한 먼지를 기준으로 설정하고 그 기준 농도도 낮추어야 한다는 주장이 제기되고 있다. 미국 등 일부 선진국에서는 이미 공기역학적 직경 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 $\text{PM}_{2.5}$ 에 대하여 대기오염기준으로 설정하고 있으며 대기오염 측정망의 측정항목도 $\text{PM}_{2.5}$ 이다. 인천시는 항만지역, 공단지역, 매립지, 자동차운행, 발전소, 나대기, 건설현장 등 다양한 종류의 군소 먼지오염원이 산재하고, 또한 이러한 먼지오염원들이 얼마나 인천시 먼지오염에 미치는가하는 영향을 파악할 수 없으며, 이로 인해 효과적인 먼지오염 방지정책을 인천시 차원에서 수립하기가 불가능한 실정이다. 따라서, 먼지오염문제가 심각한 인천시는 시 전체의 먼지오염관리를 위해 무엇보다도 특정 지역에 대한 PM_{10} 뿐만 아니라 $\text{PM}_{2.5}$ 의 농도 파악 및 화학성분에 대한 연구 할 필요성이 있다.

2. 연구 방법

2. 1 시료채취

먼지 측정 지역은 인천시의 대표지역이라고 판단되는 남구지역의 인하대학교, 서부지역의 서곶파출소, 중구지역의 신흥중학교에 dichotomous air sampler(Thermo Andersen, SA241)를 설치하고, $16.7\ell/\text{min}$ 의 유량으로 포집하였다. 측정 시 동일한 시간에 측정하기 위하여 측정시간은 오전 10시부터 다음날 오전 10시까지 24시간 채취하였으며, $\text{PM}_{2.5}$ 와 PM_{10} 의 농도를 계절별로 조사하기 위해 봄철 측정은 2003년 4월부터 5월까지, 여름철 측정은 2003년 7월부터 8월까지 구분하여 측정하였다.

2. 2 분석방법

포집 여지(Gelman, PTFE 37mm)는 시료 포집 전에 데시케이터에 24시간 동안 넣어 항량 한 후 감도 0.0001g 의 전자 저울(Sartorius)로 무게를 칭량하였고, 포집 후에도 동일한 방법으로 무게를 칭량하여 그 전후 무게 차이로 포집된 먼지농도를 측정하였다. 칭량 후 정확히 1/2 절취한 필터는 초순수를 가하여 초음파 추출기에서 추출하였다. 추출 후 여과하여 이온성분 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 를 IC(Dionex, DX-500)로 분석하였다. 나머지 1/2필터는 마이크로웨이브(Q15 MicroPrep, Q1104)를 이용하여 추출 후 ICP-MS(Perkin Elmer Elan 6100)를 이용하여 Na, Si, Ti, Mg, Al, K, Ca, V, Mn, Fe, Zn, Pb, Cr, Cu, Cd를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 인천시의 지역별(서곶파출소, 신흥중학교, 인하대학교) 및 계절별(봄철, 여름철) 대기 중 $\text{PM}_{2.5}$ · PM_{10} 의 평균질량농도와 화학성분의 농도를 나타낸 자료이다.

$\text{PM}_{2.5}$ 의 측정 지점별 평균농도는 서곶파출소, 신흥중학교, 인하대학교의 측정 지점에서 봄철에는 각각 $90.22\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $78.46\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $61.99\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었으며, 비가 잦은 여름철의 측정 지점에서는 각각 $63.85\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $45.81\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $39.54\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 참고로 본 연구의 현재까지 측정 결과를 미국의 NAAQS의 $\text{PM}_{2.5}$ 24시간 평균 $65\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 비교하면 봄철의 경우는 높은 농도를 나타냈으며, 여름철의

경우에는 낮은 농도를 나타내었다. 그러나 미국의 NAAQS의 PM_{2.5} 연평균 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 높은 농도를 나타내었다. PM₁₀의 측정 지점별 평균 농도는 서곶파출소, 신흥중학교, 인하대학교의 측정 지점에서 봄철은 각각 127.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 118.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 100.70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었으며, 여름철은 각각 95.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 71.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 68.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 본 연구의 PM₁₀ 측정결과를 대기환경기준의 PM₁₀ 24시간 평균 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도와 비교하면 낮은 값으로 나타났으며, 대기환경기준 PM₁₀ 연평균 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 농도 보다 봄철은 다소 높게 여름철은 대체적으로 유사한 값으로 나타났다.

PM₁₀농도 중 PM_{2.5}가 차지하는 비율은 봄철의 경우 서곶파출소, 신흥중학교, 인하대학교에서 각각 76%, 73%, 69%로 조사되었고, 여름철은 77%, 71%, 67%로 측정되었다. 이 측정 결과는 측정 지점에서 PM_{2.5}이하 미세입자(PM_{2.5})가 초대입자(PM_{2.5-10})보다 대기 중에 많이 존재하는 것으로 해석할 수 있다.

각 측정 지점별 화학 성분 분석 결과는 중량농도가 높은 지역에서 높게 나타나 화학적 성분의 증감과 중량농도의 증감이 유사한 것으로 나타났으며, 각 측정 지점별 화학 성분 중 Si, Ca, Fe 등이 많이 차지하였고, 여름철은 봄철보다 Si, Ca, Fe, Al 등의 자연발생적 토양성분은 감소하였으나, Pb, Zn, Cu 등의 인위적인 발생성분은 봄, 여름의 계절적 변화가 거의 없는 것으로 측정되었다. 또한 먼지에서의 이온성분은 NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ 크기 순으로 측정되었으며 봄철과 여름철에 동일한 경향을 보였다.

현재 진행된 결과를 가지고 전반적인 해석을 하기는 어려울 것으로 판단되나, 추후의 추가적인 농도 분석 및 화학분석을 통하여 인천시의 특성을 파악 할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 1. Average particulate measurement and average concentrations of elements at three sampling sites (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Element	Spring						Summer					
	서곶파출소		신흥중학교		인하대학교		서곶파출소		신흥중학교		인하대학교	
	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀
	90.22	127.16	78.46	18.90	61.99	100.70	63.85	95.68	45.81	71.24	39.54	68.26
Na	0.2879	0.6953	0.2471	0.6904	0.2488	0.6127	0.2004	0.5180	0.3087	0.5079	0.2414	0.7909
Mg	0.1771	0.3227	0.1321	0.2671	0.1552	0.3238	0.0859	0.1495	0.1459	0.2289	0.0999	0.1902
Al	0.3013	0.9922	0.2358	0.6538	0.0590	0.3562	0.170	0.6540	0.1361	0.5124	0.0720	0.3508
Si	1.4607	3.3302	1.3716	2.8512	1.1730	2.6504	1.3646	3.1673	1.0362	2.4434	0.7570	1.8530
K	0.3807	0.6225	0.1911	0.5712	0.2345	0.4879	0.1947	0.3670	0.2082	0.4692	0.1655	0.3297
Ca	0.4092	1.2164	0.8360	1.8378	0.5016	1.1662	0.2363	0.9232	0.5076	1.3774	0.3785	0.8064
Ti	0.0147	0.0258	0.0029	0.0098	0.0170	0.0296	0.0088	0.0186	0.0140	0.0266	0.0053	0.0103
V	0.0205	0.0212	0.0128	0.0297	0.0171	0.0172	0.0102	0.0105	0.0140	0.0250	0.0002	0.0129
Cr	0.0224	0.0276	0.0031	0.0064	0.0017	0.0050	0.0192	0.0222	0.0022	0.0056	0.0026	0.0060
Mn	0.0232	0.0339	0.0308	0.0390	0.0097	0.0223	0.0068	0.0111	0.0072	0.0092	0.0030	0.0069
Fe	0.5112	1.4791	0.3720	1.0520	0.1925	0.5588	0.2418	0.8655	0.2184	0.6946	0.1728	0.5985
Cu	0.0341	0.0604	0.0251	0.0394	0.0100	0.0311	0.0313	0.0777	0.0227	0.0351	0.0158	0.0282
Zn	0.4568	0.6530	0.3734	0.4908	0.1913	0.2650	0.4047	0.5223	0.3807	0.4139	0.0374	0.1297
Cd	0.0015	0.0017	0.0044	0.0088	0.0043	0.0044	0.0011	0.0012	0.0044	0.0087	0.0001	0.0044
Pb	0.5362	0.6806	0.4895	0.5706	0.1603	0.2905	0.4665	0.5947	0.4287	0.5024	0.1306	0.2462
Cl ⁻	1.30	1.56	1.21	1.36	0.55	0.81	0.90	1.03	0.85	1.00	0.34	0.66
NO ₃ ⁻	21.30	32.32	18.87	22.56	5.03	6.49	18.78	25.37	9.26	10.64	4.92	5.78
SO ₄ ²⁻	10.67	17.87	12.76	14.03	2.94	3.88	9.23	13.82	10.90	12.17	1.26	2.20

사 사

본 연구는 서해연안환경연구센터(RRC)의 연구비 지원을 받아 수행중이며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 최민구 (2000) 강화에서의 PM_{2.5} 특성, 한국대기환경학회지, 573~583.
 이종훈 (1997) 우리나라 청정지역에서 측정된 PM_{2.5} 입자의 특성, 한국대기환경학회지, 439~450.