

주성분 분석을 이용한 우리나라 6개 대도시 지역의 PM₁₀ 중 무기물질의 발생원 평가

Source estimation of inorganic compounds in PM₁₀ using principal components analysis in the 6 major cities in Korea

정 용 · 박 성 은 · 양 지 연 · 김 미 경 · 신 동 천
연세대 의과대학 환경공해연구소

1. 서 론

자동차의 급격한 증가와 도시의 인구집중화로 교통관련 이동오염원과 화학 공정과 같은 고정오염원에 의해 도시 대기 중 10 μ m이하의 미세분진들이 인위적으로 방출되어 호흡기관을 통한 기관지나 폐의 허파 파리까지 침투하여 인체에 유해한 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(Hernandez 등, 1992). 또한, 분진의 크기가 작을수록 중금속과 이온류 등 무기물질류의 흡착이 용이하여 유해영향을 가중시키며(Simpson, 1992 ; John 등, 1990 ; Hindy, 1982), 더욱이, 대기 중 수용성 이온농도가 산성 강하물(acid precipitation)에 의한 산성우와 관계가 있는 것이 밝혀지면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 우리나라의 6대 대도시(서울, 인천, 대전, 대구, 광주 및 부산)에서의 대기 중 호흡성 미세분진인 PM₁₀ 중 수용성 이온류 및 유해 중금속의 무기물질류에 대한 오염도를 평가하고, 이들 오염도에 영향을 미치는 주요 발생원을 주요인분석(Principal component analysis; PCA)을 통해 예측하고자 한다.

2. 연구 방법

6대 대도시(서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산)에서의 PM₁₀ 중 무기물질류의 오염도를 평가하기 위해 1996년에서 1998년동안 계절별·일별 노출 평가를 실시하였다. 시료의 채취는 PM₁₀ mini-volume air sampler(5 l/min)를 이용하여 membrane filter(Whatman, England)에 포집하였다. 포집된 PM₁₀에서의 이온류(F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)는 전기전도도 검출기가 부착된 IC(Water 431 system, Waters Co, USA)로, 중금속(Zn, Fe, Pb, Cd, Cr, Mn, Ba, As, Cu)은 GF/Flame-AAS(Shimadzu 6701F, Shimadzu Co, Japan)로 분석하였다.

본 연구에서는 수용 모델의 한 방법인 주성분 분석(principal component analysis ; PCA)을 적용하여 각 지역별 주요 오염원을 예측하고자 하였으며, 주성분 분석을 통한 주성분의 해석을 용이하게 하기 위해 VARIMAX 회전기법을 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

6대 대도시 지역의 대기 중 이온류와 중금속의 오염농도는 표 1에서 제시한 바와 같다. 표 1에서 측정된 오염자료를 이용하여 PCA 분석을 한 결과, 서울, 인천, 대전, 광주에서는 5가지 주성분(soil/road dust resuspension, fuel combustion, secondary aerosol, traffic related aerosol and refuse burning)으로, 대구와 부산지역에서는 4개의 주성분(secondary aerosol, traffic related/ fuel combustion aerosol, refuse burning, soil/road dust aerosol)으로 분석되었다. 또한, 서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산의 각 지역에서 최종적으로 선택된 주성분들에 의해 서울지역은 전체분산의 66.3%, 인천지역은 76%, 대전지역은 82%, 대구지역은 69.2%, 광주지역은 83.8%, 부산지역은 71.8%의 설명력을 갖는 것으로 나타났다. PM₁₀ 중 무기물질류의 주 배출원으로서, 서울과 광주는 traffic related aerosol가, 인천 대구 및 부산은 secondary aerosol가, 대전지역은 soil/road dust aerosol이 선택되었다(그림 1).

이상의 연구결과를 바탕으로 우리나라 6대 대도시에서 PM₁₀ 중 무기물질류의 주 오염원으로는 교통 관련 및 연료 연소 분진 배출원으로 나타났다. 이러한 교통 관련 및 연료 연소 분진 배출원은 인체 발

암성 물질로 간주되고 있는 As, Pb, Cd 및 Cr과, 산성우의 주 원인물질로 밝혀진 질산 이온과 황산 이온의 주요 오염원으로 보고되고 있어(Hopke, 1985 ; Thurston과 Spengler, 1985), 대도시 지역에서의 교통 관련 및 연료 연소 분진 배출원의 적극적인 관리를 통한 대기 중 무기물질 오염 저감 정책은 큰 효과를 가져올 것으로 사료된다.

Table1. concentration of ions and metals in major six cities.

(unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

		Seoul	Inchun	Daejon	Daegu	Kwangju	Pusan
Metals	Zn	1.05 ± 2.21	0.91 ± 1.37	2.53 ± 10.59	0.77 ± 1.44	0.88 ± 1.69	1.46 ± 2.15
	Fe	7.73 ± 8.74	5.63 ± 5.32	15.16 ± 53.91	4.01 ± 4.35	7.55 ± 9.28	7.25 ± 9.88
	Pb	0.19 ± 0.29	0.20 ± 0.17	0.20 ± 0.38	0.16 ± 0.30	0.14 ± 0.41	0.32 ± 0.46
	Cd	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
	Cr	0.09 ± 0.12	0.05 ± 0.06	0.13 ± 0.22	0.07 ± 0.12	0.10 ± 0.16	0.09 ± 0.25
	Mn	0.08 ± 0.22	0.07 ± 0.10	0.07 ± 0.15	0.08 ± 0.23	0.04 ± 0.07	0.14 ± 0.26
	Ba	0.60 ± 2.11	0.54 ± 1.83	1.41 ± 5.62	0.46 ± 1.48	0.41 ± 1.38	1.14 ± 3.77
	As*	6.27 ± 13.13	4.90 ± 6.82	2.89 ± 3.65	4.00 ± 4.45	3.25 ± 5.34	6.61 ± 7.92
	Cu	0.15 ± 0.08	0.14 ± 0.06	0.16 ± 0.19	0.07 ± 0.08	0.15 ± 0.27	0.23 ± 0.20
Ions	F ⁻	0.96 ± 1.38	0.97 ± 1.19	0.67 ± 0.92	1.12 ± 1.40	1.66 ± 4.50	1.10 ± 1.06
	Cl ⁻	5.98 ± 5.33	8.90 ± 7.53	5.74 ± 6.28	8.64 ± 12.98	4.46 ± 4.35	14.90 ± 19.01
	NO ₃ ⁻	16.9 ± 17.36	19.95 ± 22.07	17.18 ± 14.35	17.09 ± 15.74	11.32 ± 12.80	12.36 ± 11.77
	SO ₄ ²⁻	20.41 ± 24.55	32.72 ± 34.82	27.62 ± 29.76	28.05 ± 31.93	17.73 ± 14.12	25.43 ± 27.60
	Na ⁺	0.50 ± 0.50	0.71 ± 0.70	0.38 ± 0.47	1.61 ± 6.73	0.35 ± 0.46	0.72 ± 0.79
	NH ₄ ⁺	6.44 ± 4.91	10.32 ± 12.93	6.18 ± 4.35	7.16 ± 11.56	4.53 ± 3.16	6.28 ± 3.46
	K ⁺	0.33 ± 0.41	1.31 ± 6.49	0.23 ± 0.40	0.19 ± 0.31	0.27 ± 0.57	0.34 ± 1.23
	Mg ²⁺	0.19 ± 0.16	0.31 ± 0.26	0.15 ± 0.13	0.64 ± 2.61	0.17 ± 0.16	0.28 ± 0.23
	Ca ²⁺	1.26 ± 0.88	2.01 ± 1.69	1.10 ± 0.92	1.10 ± 0.90	1.09 ± 1.11	1.55 ± 1.24

* As unit : ng/m³

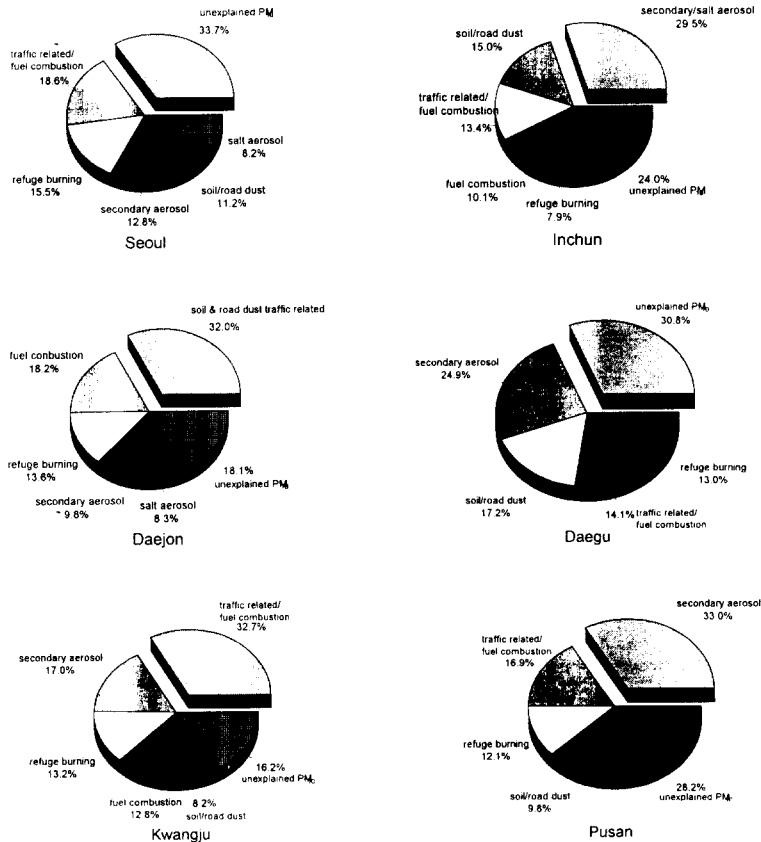


Fig 1. mean source contributions to ions and metals in major six cities

참 고 문 헌

- 백성욱, 황승만. 주성분/중회귀 분석을 이용한 대구지역의 대기 중 부유분진의 발생원별 특성평가. 대기보전학회지 1992; 8(3): 179-190.
- Hernandez, EF martin, and Valero F. statistical forecast models for daily air particulate iron and lead concentration for madrid. atmospheric environment 1992; 26b: 107-116
- Hindy, WC. aerosol technology: properties, behavior and measurement of air-borne particles. inc, USA 1982; 424
- John w, SM wall, J ondo, and W. winklmay. models in the size distribution of atmospheric inorganic aerosol . atmospheric environment 1990; 24a(9): 2349-59
- Hopke, P.K. receptor modeling in environmental chemistry. new york 1985