

3D1) 강화도 지역의 PM₁₀ 특성 연구를 위한 수용모델의 적용

Application of Receptor Model For Estimation of PM₁₀ at Ganghwa Sites

김혜민 · 김유정 · 남중식 · 유준영 · 강창희¹⁾ · 한진석²⁾ · 김조천 · 선우영
건국대학교 환경공학과, ¹⁾제주대학교, ²⁾국립환경과학원

1. 서론

중국에서 장거리 이동되는 오염물질은 그 성상이 서해안을 거치는 동안 일부는 해염입자와 함께 변화하여, 그 농도가 일반적인 국소적 오염물질 이동과는 구별되는 양상으로 나타날 것으로 생각된다. 이렇게 장거리 이동되는 오염물질 중 이온성분은 2차 오염물질로서 그 중요성을 지니게 된다. 이 지역의 풍향은 주로 서풍이기 때문에, 중국의 풍하측에 위치한 한반도와 일본 등지에서는 중국에서 발생한 대기 오염물질로 인한 피해가 급증하고 있으며, 이에 대한 대책마련에 노력과 관심을 쏟고 있다.

PMF(Positive matrix factorization) 모델은 측정 자료 값의 표준편차를 고려하여 인자부하량이 항상 양의 값으로 계산되게 하는 인자분석의 한 종류이다(Paterson et al., 1999). 인자분석과 PMF 분석의 주된 차이점으로 PMF의 경우 인자부하량이 항상 양의 값으로 계산되며 상관행렬의 정보에 의존하는 것이 아니라 개개 자료의 최소 자승값이 최소가 되게 하는 알고리즘을 가지고 있다. 즉, 개개 자료에 대한 오차 추정 정보에 의존한다(하재성, 2004).

본 연구는 배경농도 지역인 강화도에서의 PM₁₀ 이온성분 및 중금속 성분의 특성을 파악하고 오염원 분류표를 확보하지 못하였을 경우 적용 가능한 PMF 모델을 이용하여 이 지역에 영향을 미칠 수 있는 오염원에 대하여 기여도를 파악해 보았다.

2. 연구 방법

본 연구는 2000년부터 2004년까지 총 5년간의 데이터를 사용하였으며 측정위치는 배경농도 지역인 강화군 화도면 장화2리로 채취장비는 지상 4m 정도의 높이를 갖는 철탑 위에 설치되었다. 질량 및 이온농도의 자료는 5년간의 자료를 모두 사용하였으나 금속 및 황 성분은 2000년 자료가 그 이후의 자료와 분석항목이 일치하지 않아 2001~2004년의 자료를 사용하여 분석하였다. 측정기간 중 사용된 PM₁₀ 포집장치는 유량 16.7lpm이고 절단입경이 10 μ m인 사이클론(URG, 16.7 lpm)을 필터팩 및 진공펌프(Dayton, Max, 100 lpm)에 연결하여 사용하였다. PM₁₀ 측정항목은 무게농도와 이온성분, 금속성분을 측정 분석하였으며 분석된 이온성분은 NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺의 5종 양이온 SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻의 3종 음이온이고 금속 및 황 성분 분석은 Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn, Ba, Sr, Zn, V, Cr, Pb, Cu, Ni, Co, Mo, Cd의 19개 금속 성분과 S 성분을 합쳐서 총 20 가지에 대하여 이루어졌다. 측정장비는 이온의 경우 Ion Chromatography(Metrohm, Modula IC)법으로 동시에 분석하였으며 금속 및 황 성분은 ICP-AES(Thermo Jarrell Ash사, model IRIS-DUO)를 사용하였다. 측정기간은 5년 동안의 연속 측정이 아닌 계절별로 약 10일 정도 에피소드하게 측정을 수행하였으며 1일 단위로 측정하였다.

PM₁₀ 오염원의 기여도를 추정하기 위하여 EPA에서 윈도우 버전으로 개량하여 제공 중인 PMF 1.1 프로그램을 이용하여 오염원 분석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1은 강화에서 측정된 PM₁₀ 이온성분의 평균농도를 나타낸 것이다. 5년 동안의 전체 평균농도를 보면, 이차오염물질로 알려진 SO₄²⁻, NH₄⁺, NO₃⁻의 농도가 가장 높았으며 그 순서는 SO₄²⁻>NH₄⁺>NO₃⁻으로 나타났다. 그리고 토양입자에서 기원한다고 알려져 있는 Ca²⁺, K⁺과 Mg²⁺는 Ca²⁺>K⁺>Mg²⁺의 순서를 보이고 Mg²⁺의 경우는 모든 이온성분 중에서 가장 낮은 농도로 측정되었다. 그림 1은 각 이온성분의 연

간 평균농도 변화를 나타낸 것이다. 2004년의 경우 대부분의 이온성분들이 다른 연도에 비해 평균농도가 낮은 것으로 나타났는데 이는 2004년의 경우 봄 측정이 이루어지지 않고 가을에만 측정이 이루어져 이런 결과가 나타난 것으로 사료된다.

Table 1. Summary of concentration of PM₁₀ water soluble ions. (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻
Mean	6.06	5.38	3.36	0.64	0.13	0.60	0.47	0.73
S.D	7.12	6.18	2.76	1.26	0.26	0.93	0.50	0.98

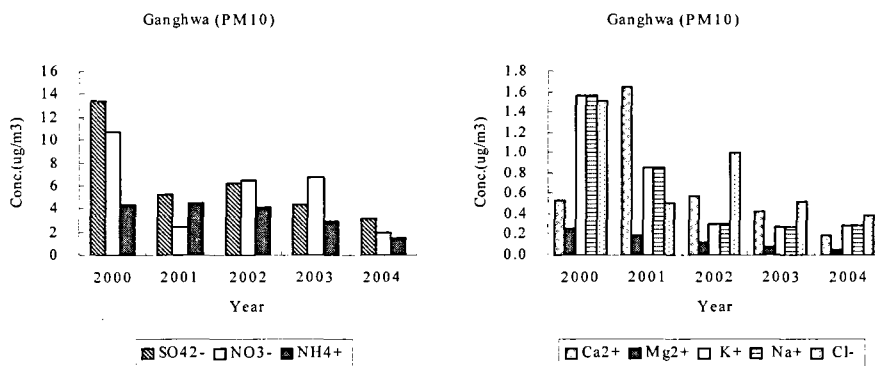


Fig. 1. Summary of annual concentration of PM₁₀ water soluble ions.

표 2는 금속 및 황의 4년 동안의 평균 농도를 나타낸 것이다. Al이 246.8ng/m³으로 가장 높은 농도를 보였으며 S의 경우 386.2ng/m³로 나타났고 Cd이 1.8ng/m³으로 가장 낮은 농도를 보였다.

Table 2. Summary of concentration of metal components and sulfur. (unit : ng/m³)

	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	S	Ti	Mn	Ba	Sr	Zn	V	Pb	Cr	Cu	Ni	Co	Mo	Cd
Mean	246.8	430.2	235.2	118.2	241.9	176.8	386.2	12.0	13.5	4.9	4.0	63.9	4.6	40.4	6.6	10.6	14.7	2.0	1.9	1.8
S.D	485.3	562.9	269.3	242.5	293.8	226.7	422.9	18.3	32.6	6.3	4.6	76.3	5.7	43.2	9.8	13.9	25.1	2.9	2.1	2.4

사 사

본 연구는 국립환경과학원 '배경농도지역 장거리이동오염물질 집중 조사 V'의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Paterson, K.G., J.L. Sagady, D.L. Hooper, S.T. Bartman, M.A. Carroll, and P.B. Shepson (1999) Analysis of air quality data using positive matrix factorization, Environ. Sci. & Technol., 33(4), 635-641.
- 하재성 (2004) 수용모형을 이용한 배경농도지역 PM₁₀ 오염원의 정량적 기여도 추정, 건국대학교 환경공학과 석사학위 논문.