

CMB을 이용한 제주지역 대기중 미세입자의 오염원 규명에 관한 연구

허철구, 이기호, 양순미*

제주대학교 환경공학과

1. 서론

현재 사용중인 수학적 수용모델은 Chemical Mass Balance(CMB), 다변량 방법(multivariate), 검경적 방법(microscopic), source-receptor hybrids의 형태로 구분할 수 있다(Henry, 1984). CMB모델은 수용체(receptor)에 기원을 둔 데이터 분석방법의 하나로써 대기질 관리에 적용된다. CMB모델은 가스와 입자의 화학적 물리적 특성을 사용하며, 오염원의 존재를 검증하고, 오염원 기여도를 정량화하기 위하여 오염원과 수용체(receptor)에서 측정된다(Fujita 등, 1998) 그리고, 수용체(receptor)에서 측정된 에어로졸의 농도를 관측하고, 몇 개의 오염원구성성분(source profile)과 수용체 구성물질 사이의 관계로 평가하여 각 오염원의 기여도를 추정한다.

본 연구는 제주지역의 오염원 추정을 목적으로 하였으며, CMB모델과 다변량방법에서 Principal Component Analysis(PCA)를 동시에 사용함으로써 오염원평가의 신뢰도를 높이하고자 시도하였다. 그 외에도 입경별 농도분포특성, 입자크기별 기여도, 입자크기별 조성특성 등을 고찰하여 주요 기여 오염물질에 대해 저감방안을 마련하는데 참고자료가 될 수 있도록 하였다.

2. 재료 및 분석방법

에어로졸 시료의 포집은 제주시내 도심지에 위치한 제주지방기상청 옥상과 주변이 녹지대인 제주대학교 해양과학대학 C동 옥상에 설치하여 이루어졌다. 시료 포집장치는 다단계분진포집기(미국 Andersen사; 8 Stage Non-Viable Cascade Impactor)를 이용하여 1999년 9월부터 2000년 2월까지 9일에서 14일 간격으로 포집하였다. 에어로졸이 포집된 여지는 전처리하여 Na, Mg, Si, S, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Cr, Ba, Pb, P, Al, K, Ni는 ICP로 Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , Br^- , NO_3^- 는 IC로 Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} 는 AAs로 NH_4^+ 는 Indophenol법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 PM10 이온성분의 조성특성

측정기간동안에 채취한 에어로졸 시료 분석결과를 보면, 기상청 지점에서 조대입자의 분포가 Na^+ , NO_3^- , Cl^- 에 치중되어 있는데, Na^+ , Cl^- 는 해안과 인접

한 측정지점의 영향으로 사료된다. 또한 NO_3^- 의 농도가 높은 것은 측정지점이 교통이 번잡한 도로변과 인접한 곳이어서 NO_x 의 높은 농도의 영향을 받고 있다는 점과 겨울철 대기온도가 낮아져 자연대기 중 가스상 NH_3 와의 반응에 의해 입자상으로의 상변화가 발생하였다는 점이 복합적으로 작용하였다고 추정된다. 또한 대학교 측정지점에서 황산염의 농도는 기상청에서 보다 더 많은 비율을 차지하고 있는데 이는 황산염의 오염원이 난방, Diesel, Aerosol Transportation, Field Burning 등임을 미루어 보아 오염원에 더 많이 노출이 되어 있음을 알 수 있다.

3.2 금속성분의 조성특성

에어로졸중의 금속성분은 대부분 극미량으로 나타났고 조대입자에서 토양 기원의 성분들과 미세입자에서 황성분이 비교적 많이 검출되는 편이었으며, 오염원별 주요 화학종들은 대부분 검출되었다. Fig.1은 2000년 2월 측정자료를 토대로 하여 지점별 금속성분을 도식화하였다.

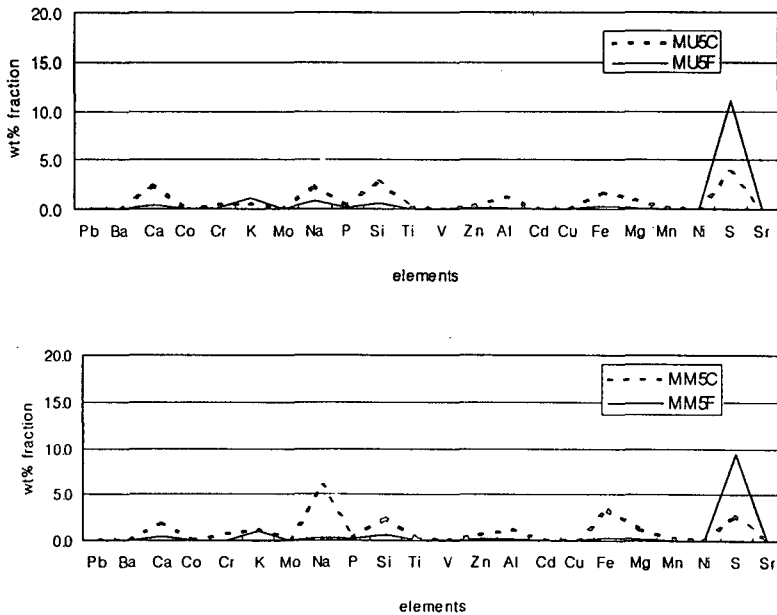


Fig.1 Mass fractions of elements on sampling site

3.3 이온성분과 미세입자와의 상관관계

수용성 성분간의 상관관계를 알아보기 위해 이온성분들의 상관계수를 구한 결과, 조대입자에서의 상관성은 Ca^{2+} 와 SO_4^{2-} (0.843), Mg^{2+} 와 Cl^- (0.901), Mg^{2+}

와 K^+ (0.924), Na^+ 와 Cl^- (0.920), Na^+ 와 K^+ (0.952), Na^+ 와 Mg^{2+} (0.954)가 높은 상관성을 보였고, 미세입자에서는 SO_4^{2-} 와 NH_4^+ (0.922), K^+ 와 NH_4^+ (0.986), K^+ 와 SO_4^{2-} (0.895), Mg^{2+} 와 NO_3^- (0.839), Mg^{2+} 와 Cl^- (0.965)가 높은 상관관계를 보였다. 또한 이온성분과 미세입자와의 상관성은 NH_4^+ (0.949), SO_4^{2-} (0.975), K^+ (0.918)로 높은 상관관계를 보였으며, 이러한 경향들은 이들 성분이 미세입자의 형태로 존재하고 있음을 알 수 있다.

3.4 CMB모델을 이용한 오염원 평가

CMB모델의 수행결과 추정된 회귀식의 결정계수(R^2)는 0.93~0.99로 높은 설명력을 나타내었지만, χ^2 은 1.14~8.14로 다소 불안정한 값을 나타내었다.

또한, 오염원 할당의 결과를 살펴보면 미세입자에서 2차오염물질이 차지하는 비율이 뚜렷하게 나타났으며, 해안과 인접한 기상청 지점에서는 조대입자에서 자연적 오염원인 MARIN의 영향이 크다는 것을 모델 결과를 통해 알 수 있었다. 대학교 지점에서 2000년 2월 측정결과, 조대입자는 노천소각(62%)이 주오염원으로 나타났으며, 디젤자동차(12%), 해염(7%), 타이어 마모로 인한 먼지(6%), 도로먼지(4%)등으로 나타났다. 미세입자는 노천소각(34%), 황산염(33%), 질산염(14%), 해염(13%), 토양먼지(2%)등으로 나타났다.

4. 요약

1999년 9월부터 2000년 2월까지 제주지역 에어로졸을 대상으로 측정분석된 자료를 토대로 오염원평가를 하고자 CMB모델을 수행하였다. 모델결과 조대입자에서는 자연적인 오염원으로 해염과 토양먼지등의 영향을 많이 받는 것으로 나타났고, 미세입자에서는 대체적으로 2차 오염물질의 영향을 많이 받고 있는 것으로 보아 오염물질이 외부에서의 유입, 대기중 오염물질의 장기체류로 인한 2차오염물질의 형성으로 사료된다.

참 고 문 헌

Friedlander, S.K.(1973), Chemical element balances and identification of air pollution sources, Environ.Sci.Technol., Vol.7, pp.234-240
Fujita, Watson, Chow, Robinson, Richard, Kumar(1998), Northern front range air quality study, Vol.C, Final Report

Henry, Lewis, Hopke(1984), Review of receptor model fundamentals, Atmospheric Environment Vol.18, pp.1507-1515

Lowenthal, Chow, Watson, Neuroth, Robbins, Shafritz, Countess(1992), The effects of collinearity on the ability to determine aerosol contributions from diesel- and gasoline-powered vehicles using the chemical mass balance model, Atmospheric Environment Vol.26A, No.13, pp.2341-2351