

PA24) 수용모델을 이용한 수도권 및 연안지역 PM_{2.5} 배출원기여도 평가

강민성·손장호¹⁾

동의대학교 산업기술개발연구소, ¹⁾동의대학교 환경공학과

1. 서론

최근 미세먼지가 인체에 미치는 영향에 대하여 사회적 문제로 부각되고 있다. PM_{2.5}는 입자의 특성상 다양한 질병을 유발하여 그 기원에 관한 연구 필요성이 대두되어지고 있다. 이러한 PM_{2.5}의 배출원에 대한 성분 분석 및 각 배출원에 대한 기여도 평가를 통한 발생원인을 파악하는데 수용모델이 사용되어지고 있다. 국내에서는 한 지역 또는 다수의 지역으로 구성하여 내륙지역에 국한되어 배출원 기여도 평가를 수행하고 있었다. 본 연구에서는 연안지역 인근의 대상지역을 선정하여 해양에서 직·간접적으로 발생하는 배출원까지 고려할 수 있는 배출원 기여도 평가를 실시하였다.

2. 자료 및 방법

배출원별 기여도 평가를 위한 수용모델로서는 PMF, CMB, PCA/APCS 모델을 활용하였다. PMF 모델은 측정 화학종의 농도와 다수의 요인 p, 각 오염원의 화학종 profile f, 개개의 샘플 각각의 요인에 의해 기여하는 질량 g를 가지는 source profile 사이의 화학질량균형 방정식의 해를 구하는 방식을 써서 기여도 평가를 한다. 본 연구에서는 EPA PMF 버전 5.0 모델을 사용하였다. 결측치는 측정값의 기하평균으로 대체되며, 이들의 불확실도는 기하평균의 4배로 가중치를 주어 이들의 영향을 최소화하였다. 검출한계(DL) 이하의 측정값은 DL/2로 대체하며, 불확실도는 5/6*D로 지정, PM_{2.5}의 중량농도를 PMF 모델에 사용하며, 불확실도는 측정값의 4배로 지정하였다. 자료의 상세 정보가 이용 불가능할 경우는 signal-to-noise (S/N) 비를 사용하여 화학종을 범주화하였다. CMB 모델은 측정소에서 source profile 화학종의 분율(F)와 기여율(S)의 곱의 선형 조합으로서 측정된 n 화학종의 질량균형(C)을 나타내는 선형방정식의 해를 구하여 기여도 평가를 한다. 본 연구에서는 EPA-CMB8.2 모델 사용하였다. PCA/APCS 모델은 SPSS v.22의 varimax 회전법을 적용하였다. 본 연구에서는 2013년 1년간의 자료를 이용하였으며, 서울 구의동, 인천 백령도, 인천 구월동을 대상지역으로 선정하였다.

3. 결과 및 고찰

구월, 구의, 백령 관측소에서 측정된 자료를 사용하여 PMF 모델 수행 결과, 측정값과 모의값간 높은 상관관계를 보여주고 있었다(0.88~0.96). 그리고 배출원 개수 산정에 있어서 백령은 8개, 구의는 7개, 구월도 7개가 적합(Bootstrap≥80%)한 것으로 나타났다. 일반적으로 PM_{2.5}에 영향을 많이 미치는 2nd sulfate+road dust/2nd sulfate+biomass burning과 2nd nitrate 가 세 지역에도 높은 비중(50%이상)을 차지하고 있었다. 해양에서 주로 나오는 성분인 해염과 교통과 관련된 배출원이 백령(15.9%)과 구의(16.2%)에서 그 다음으로 높은 설명력을 나타내었으며, 구월(9.8%)에서도 높은 비중을 차지하는 편에 속했다. 그리고 지각 구성성분으로 이루어진 토양 배출원이 그 다음으로 높은 비중을 차지하고 있었다(8.6~9.9%). 또한 선박에서 나오는 배출원도 높은 비중을 차지하고 있었다(구의, 구월에서 10.7~13.5%). PCA/APCS 모델에 의한 배출원별 기여도 평가에서 백령에서는 토양에 의한 기여도가 2nd sulfate나 2nd nitrate+traffic 보다 높은 29.3%를 보여주고 있었으며, 구의에서도 토양에 의한 비중이 높게 나타났다. 이는 PM_{2.5} 기여도 분석을 위한 배출원군이 적은 이유도 있겠지만, 다중 회귀분석에 의한 음의 상관관계에 대한 해석에 대한 오차로 사료된다. CMB 모델에 의한 배출원별 기여도 평가에서는 일반적으로 보편화된 PM_{2.5}에 대한 비중이 높은 이차황산염이나 이차질산염, 가솔린이나 디젤차량에 의한 배출원군이 높은 설명력을 나타내었다. 선박에 의한 배출원이나 해양성분, 그리고 토양에 의한 비중은 거의 나타나지 않았다.