

PB11) 수용모델을 이용한 대전지역 미세먼진의 장거리 이동 현상 평가

Evaluation for the Long Range Transport of PM_{2.5} in Daejeon City Using Receptor Model

임종명 · 김선하 · 문중화 · 정용삼 · 이진홍¹⁾

한국원자력연구원 하나로이용기술개발센터, ¹⁾충남대학교 환경공학과

1. 서 론

대기 오염은 발생원 인근 지역에만 한정된 문제가 아니고 국지적 또는 지구적 기상조건에 따라 이동하기 때문에 대기오염물질의 장거리 이동경로의 확인은 매우 중요한 요소가 된다. 인위적으로 배출된 오염물질은 오염원으로부터 수백~수천 km까지 이동될 수 있는데 편서풍대에 위치한 우리나라는 급속한 경제성장에 따라 오염물질의 배출량이 급격히 증가하고 있는 중국으로부터의 영향이 매우 큰 것으로 밝혀지고 있다. 따라서 최근 대기오염물질의 장거리 이동에 관한 관심이 높아지고 있으며 이러한 연구는 대기오염 수준에 대한 현상 규명을 위해 매우 중요하다. 대기오염물질의 장거리 이동현상의 규명을 위하여 고차원 수용모델링 중 air parcel back trajectory와 양의 인자분석법(Positive Matrix Factorization)를 결합하여 수용점의 미세먼진 농도에 영향을 줄 수 있는 가능한 오염원 지역을 평가하는 potential source contribution function(PSCF) 모델이 사용된다. 이에 본 연구는 1998년부터 2006년까지 대전 지역의 대기 중 미세먼진(PM_{2.5})을 채취하고 중성자방사화분석을 이용하여 24종의 미량원소를 분석하였으며 분석된 금속원소 자료와 공기괴의 역추적 자료를 바탕으로 양의 인자분석법과 PSCF 모델을 적용하여 대전지역을 중심으로 미세먼진의 장거리 이동 현상을 규명하고자 하였다. 한편, 중성자방사화분석법(Neutron Activation Analysis, NAA)은 소량의 시료로부터 미소량원소의 비파괴, 동시다원소분석이 가능한 분석기술이며, 대기분진중의 극미량 원소분석에 적합한 것으로 인식되었으며, 분석결과들은 역학연구, 발생원 규명, 장거리 이동현상의 연구, 인체보건 연구 등에 이용되고 있으며, 대기오염을 관리하기 위한 저비용 분석기술로 평가되고 있다.

2. 실험 및 방법

대기 중 미세먼진은 대전 1, 2공단과 대덕 연구단지에서 1998년 10월부터 2006년 9월까지 low volume Gent SFU sampler를 이용, 미세입자(<2.5 μ m)와 조대입자(2.5-10 μ m)로 구분하여 채취하였다. 시료채취는 기계적 강도가 크고 바탕원소의 농도가 낮아 방사화 분석에 적합한 polycarbonate membrane filter(47 mm Φ , Nuclepore)를 사용하였다. 시료채취 시기의 환경 기상조건들을 기록하고, 유속은 18L/min으로 조정하여 24시간동안 26m³ 되도록 유지하였다. 원소분석을 위한 시료조사는 한국원자력연구소의 연구용 원자로(HANARO)에 설치된 공압이송관($\Phi_{th} = 2.95 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$) 조사장치를 사용하였고, 감마선 검출은 고순도의 게르마늄 반도체 검출기(EG&G, ORTEC, 25% relative efficiency, 1.85keV FWHM at 1,332keV ⁶⁰Co, Peak to Compton ratio: 45 to 1)와 16K-Multichannel Analyzer(Gamma Vision, EG&G, ORTEC)를 사용하였다. 채취된 데이터로부터 원소의 농도를 계산하기 위하여 Labview로 작성한 중성자방사화분석용 함량 계산프로그램을 사용하였다.

3. 결과 및 토의

1998년부터 2006년까지 본 연구에서 측정된 미세먼진(PM_{2.5})의 평균농도는 공단지역 12.0 \pm 8.2 μ g/m³, 연구단지 지역 11.6 \pm 5.9 μ g/m³으로 두 지역에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 계절에 따른 미세먼진의 농도의 변화는 크지 않았으며, 시간에 따라 증가 추세를 나타내고 있었다. PMF는 일반 요인분석이 갖고 있는 인자부하량의 음수 문제를 해결하기 위해 측정 데이터 값의 표준편차를 고려하여 공통인자와

인자부하량을 양수로 제한한 모형이다. 사용된 원소들의 분석 감도 및 불확도에 따라 가중치를 설정하여 모델 결과치의 정확성을 높였으며, 모델링 결과의 검증 및 불확도의 계산을 위해 Bootstrapping을 이용하여 300회의 반복 모사하고 모델링 결과의 신뢰성을 재고하였다. PMF2 수용모델을 이용하여 1998년부터 2006년까지 측정된 대전지역 미세먼진의 오염원 프로파일과 기여도를 정량 분석하고 상대평균 기여도를 그림 1에 나타내었다. 오염원의 확인 작업은 여러 참고문헌을 참고하여 추정 가능한 주요 marker species를 바탕으로 이루어졌다. 본 연구에서는 오염원의 확인을 위해 각 원소의 특정오염원 비율(percent of the species for the source)과 각 오염원에서 발생하는 특정 원소의 발생량을 바탕으로 오염원을 확인하였다. 대전 1, 2공단에서의 미세먼진의 오염원은 기여도에 따라 metal-alloy(19%), oil combustion(13%), coal combustion(14%), diesel exhaust(13%), incinerator(11%), gasoline exhaust(10%), cu-smelter(8%), biomass burning(8%), sea-salt(3%), soil dust(1%)의 순이었고, 연구단지 지역에서는 incinerator(31%), biomass burning(23%), oil combustion(11%), gasoline exhaust(10.6%), diesel exhaust(9%), soil dust(8%), sea-salt(7%)로 분석되었다.

PSCF 분석 조건은 역적적 72시간, 종점고도 50 m, 시료채취일 중 4개의 시간(UTC 03 09 15 21)을 starting time으로 하였으며 계산격자의 크기는 110°~140°, 25°~50°이고 격자의 간격은 0.5°(약 50km)로 설정하였다. 고농도와 저농도의 구분 기준은 각 오염원 기여도분포의 75백분위수 고농도를 사용하였고 각 격자에 할당되는 endpoints의 수를 구하고 전체 격자에 대해 PSCF 값을 계산하였다. PSCF 분석 결과 중국 북동부 공업지역에서의 미세먼진 배출이 대전 지역의 고농도 발생일에 영향을 주는 것으로 확인되었다.

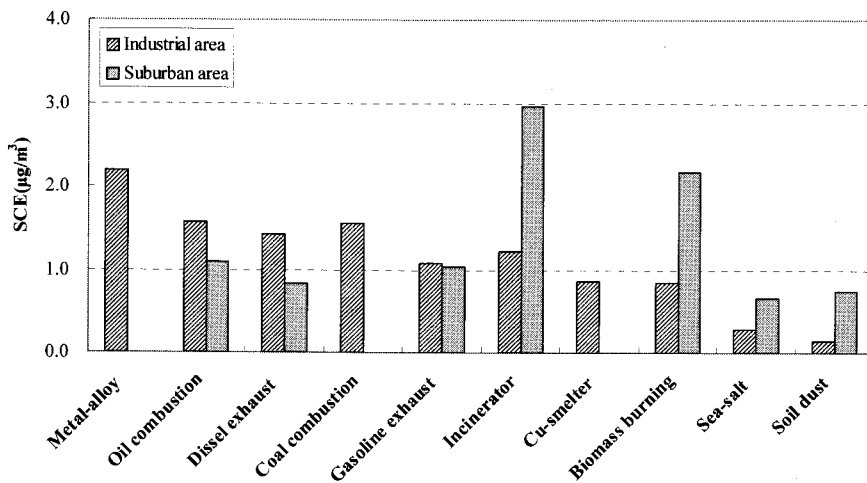


Fig. 1. Source contribution estimate(SCE) for fine fraction mass in Daejeon city.

참 고 문 헌

- Begum, B.A., E. Kim, C.H. Jeong, D.W. Lee, and P.K. Hopke (2005) Evaluation of the potential source contribution function using the 2002 Quebec forest fire episode, Atmospheric Environment, 39, 3719-3724.
- Paatero, P. (1998) User's guide for positive matrix factorization program PMF2 and PMF3, part 1: tutorial, University of Helsinki.