

4B8) VOCs 배출원 규명을 위한 PMF 모형의 적용

Application of PMF Model for Identification of VOC Sources

정장표 · 김무성 · 유숙진¹⁾ · 이승훈²⁾ · 권진형³⁾

경성대학교 건설환경공학부, ¹⁾부산광역시 보건환경연구원

²⁾경성대학교 환경문제연구소, ³⁾부산광역시 과학교육원

1. 서 론

대기질 개선을 위한 배출원의 적절한 통제와 대기질 개선 대책 수립을 위해서는 배출원과 수용점 사이의 관계가 우선적으로 규명되어야 하지만, 다양한 배출원으로부터 배출되는 배출량과 수용점에서 실측된 대기오염 농도 값은 종종 비선형적 관계를 가지며 이에 대한 정확한 인과관계의 규명은 대단히 어려운 실정이다.

이에 많은 선행 연구자들이 배출원과 대기오염 농도값에 대한 인과관계의 규명을 위해 노력하여 왔으며, 오염원 중심모형, 수용모형 및 배출원 목록 구축 등의 방법이 주로 사용되어지고 있는 실정이다.

오염원 중심모형은 정확한 오염원의 배출량 자료가 필요하기 때문에 모형을 적용함에 있어 배출원 목록 구축이 선행되어야 하며, 모형의 원리상 대기중에서의 오염물질의 이동 및 확산 과정의 모사에 많은 불확실성을 내포하고 있는 단점이 있는 반면, 배출원의 변화에 따른 수용점에서의 영향을 계산할 수 있는 장점이 있어, 배출원 규명보다는 오염물질 저감 시나리오 분석 등 오염물질 농도의 장래 예측에 주로 활용된다.

반면에 수용모형은 그 이론적 원리상 반드시 수용점에서 실측된 자료가 있어야 하기 때문에 배출원원 등의 변화에 따른 장래 예측이 불가능하다는 단점이 있는 반면, 배출원 목록 자료가 없어도 배출원과 수용점과의 관계 규명이 가능하기 때문에, 많은 연구자들은 분진이나 배출원 목록 구축이 이루어지지 않은 다양한 화학종들에 대한 배출원의 규명 및 할당 등의 분야에 널리 적용해 오고 있다.

VOC는 인체 및 환경에 미치는 영향이 크고, 배출원 목록 구축 정보가 현재까지 빈약한 대기오염물질로써, 배출량 목록 구축 우선순위 대기오염물질에 해당된다고 할 수 있기 때문에 본 연구에서는 VOCs 배출원의 규명을 위해 부산광역시 악취자동측정망에서 측정된 VOC 농도자료를 수용모형인 PMF 모형에 적용하여, VOC 영향배출원의 정성적/정량적 기여도를 분석하였다.

2. PMF Model의 원리 및 장단점

PMF 모델은 미세먼지 성분분석 자료를 이용하여 수용점에 영향을 미치는 배출원의 종류와 그 기여도를 산정해 낼 수 있는 일종의 자료분석 도구로써, 기존의 요인분석과는 달리 요인 부하량이 항상 양의 값으로 계산되며, 상관행렬의 정보에 의존하는 것이 아니라 각 측정 자료에 대한 가중잔차의 최소자승값의 합이 최소가 되게 하는 알고리즘 즉, 개개 자료에 대한 오차추정 정보에 의존한다.

따라서, 요인분석에서 취급할 수 없었던 검출한계 이하의 자료 및 결측 자료를 분석할 때 오차 평가에 임각하여 그와 상응하는 값을 추정할 수 있다는 장점이 있다.

PMF 모델의 기본 원리는 1993년 Paatero and Tapper에 의해 계산 알고리즘이 제안되었다. 이어 1997년 Pentti Paatero 교수는 PMF 모델을 Fortran 언어를 사용하여 DOS 기반의 독립된 프로그램으로 제작하였으며, Paatero 교수에 의해 지속적으로 수정·보완되어 오고 있는 일종의 수용 모델이다.

3. 배출량 산정결과

장립동에서 2006년도 6월 15일~6월 21일까지 1주일간(단기기간) 측정된 VOC 자료 중에서 유효자료가 30% 이상인 VOC 16종에 대해서 PMF 모형에 적용하였다. 또한 비교를 위해 2006년 6월~8월까지 3개월간(장기기간) 측정된 VOC 측정 자료중에서 유효자료가 10% 이상인 36종의 VOC에 대해 PMF 모

형에 적용하였다. PMF 결과에서 밝혀진 요인 중에서 단기기간의 배출원 구성성분비를 그림 1에 도시하였다.

그림 1을 살펴보면, 산정된 요인은 총 5개였으며, 요인 1과 2는 분리되어 산정되었지만 두 요인 모두 자동차 배기관 배출에 해당하는 성분을 각각 띠고 있었기 때문에, 요인의 해석을 위해 요인 1과 2를 합하였으며, 두 요인을 합한 결과가 자동차 배기관에서 배출되는 오염원 구성물질 성분비에 더 적합한 것으로 평가되었다.

요인 3은 iso-Pentane의 비율이 월등히 높고, Toluene의 비율이 낮아 배출원은 가솔린 증발의 영향으로 도출되었고, 요인 4는 Toluene이 월등히 높게 나타나 세정작업 및 페인팅 등에 사용되어진 Toluene의 사용이 큰 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

요인 5는 Propane과 2-Methylpentane이 높게 나타나 가스 사용 자동차의 결과로 판단되며, 공업지역에서 최근 청정연료로 많이 전환된 바 있는 LNG 연료연소 및 LPG 자동차 등의 영향으로 판단된다.

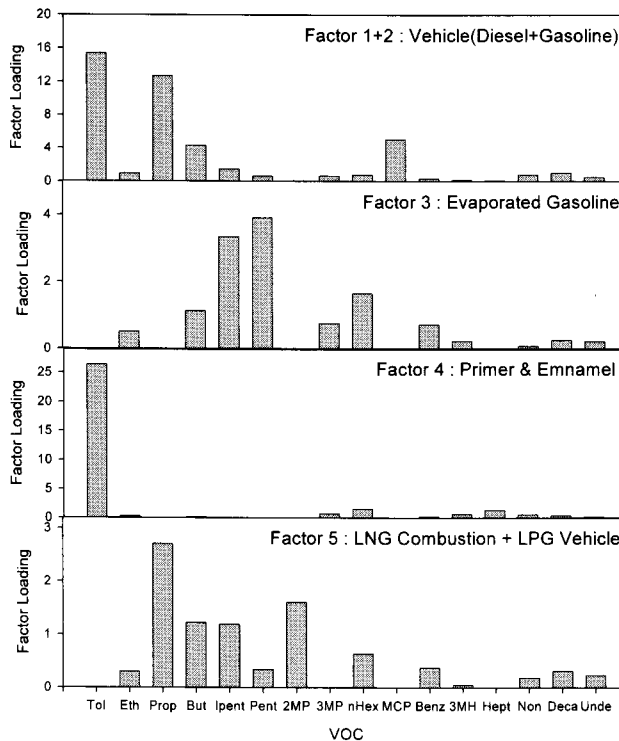


Fig. 1. PMF 모형 결과(장림동, 2006년 6월).

참고 문헌

- 국립환경과학원 (2006) 시화·반월 지역 유해대기오염물질 조사연구.
- 대기환경학회 편저 (1998) 대기환경과 휘발성유기화합물질.
- 봉춘근, 윤중섭, 황인조, 김창녕, 김동술 (2003), 서울지역에서의 VOCs 오염원 기여도 추정에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 19(4), 387-396.
- 전준민 (2004) 여수석유화합산단 내 VOCs에 대한 오염원 분류표의 개발 및 CMB 모델에 의한 기여도 산정, 경희대학교 박사학위논문.
- 한진석, 문광주, 김록호, 신선아, 홍유덕, 정일록 (2006) PMF를 이용한 수도권지역 VOCs의 배출원 추정, 한국대기환경학회지, 22(1), 85-97.