

# PA51) PMF를 이용한 구미시 전자산업단지 VOCs 오염원 확인 Identification Sources of VOCs in Electronic Complex using Positive Matrix Factorization

조영혁 · 최우건 · 황인조<sup>1)</sup> · 김태오

금오공과대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>대구대학교 환경공학과

## 1. 서 론

최근 대기오염물질 중 오존농도 저감과 관련하여 VOCs에 대한 관심이 고조되고 있다. 이전까지는 인체의 위해성 평가나 농도변화 추이, 분포특성에 관한 연구가 대부분이었지만, 근래에 들어서 VOCs 농도변화 추이 연구뿐만 아니라 오염원에 대한 효율적인 제어와 방지대책 수립에 관한 연구가 다각도로 이루어지고 있다. 오염원을 평가하는 방법의 하나인 수용모델은 개별오염원에 대한 평가 및 예측을 위해 수용체 위치에서 특정 오염물질의 물리·화학적 특성을 분석한 후, 오염원 기여도를 정량적으로 파악하여 합리적인 대기오염 관리를 수행할 수 있는 통계적 방법이다.

본 연구는 수용모델의 한 종류인 PMF 모델을 이용하여 전자산업이 주류를 이루고 있는 구미시의 VOCs 오염원을 확인하였으며, 최종적으로 정량적 기여도를 추정하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 미국 EPA가 인체유해성 물질로 분류한 TO-14 물질 중 29종의 VOCs를 대상으로, 2002년부터 2004년까지 구미시 각 국가산업단지와 주거지역에서 142개 시료를 측정, GC/MSD(Agilent 6890/5973N)로 분석하였다. VOCs의 오염원 조사와 정량적 기여도를 추정하기 위하여 수용모델 중에서 PMF 모델을 적용하였다. 이 PMF 모델은 세부적인 오염원 추정이 어렵고, 정량적으로 각 오염원의 기여도를 파악하지 못하는 인자분석의 단점을 극복하기 위해 가장 최근에 개발된 수용방법론이다. 또한 인자의 회전시에 발생하는 모호성, 음수의 인자부하량 출현 등의 인자분석의 단점을 보완한 수용방법론으로 일반적인 인자분석보다 정확한 오염원의 정성적 분류가 가능하다. 국내의 경우 PMF 모델을 이용한 입상상 오염물질의 오염원 조사에 관한 연구는 활발히 이루어졌지만, VOCs와 같은 가스상 오염물질과 관련된 연구는 미비한 실정이다.

## 3. 결과 및 고찰

본 연구는 2002년부터 2004년까지 채취한 142개 시료의 29종 VOCs를 분석한 원자료를 바탕으로 PMF 모델을 수행하였다. 이들 분석자료를 바탕으로 PMF 모델링을 수행하여 오염원을 확인하고 정량적 기여도를 추정하였다. 그림 1은 위와 같은 방법으로 얻은 오염원 분류표이다.

본 연구지역의 PMF 모델링 결과, freon relation source, electronic industrial complex source, organic

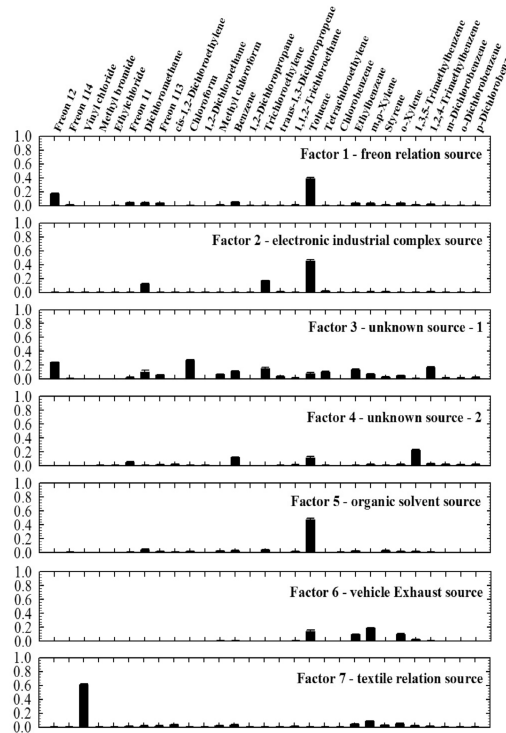


Fig 1. Chemical compositions of factors for Kumi VOCs samples constructed using PMF model.

solvent source, vehicle exhaust source, textile relation source와 확인하지 못한 unknown source - 1, 2 총 7개의 오염원이 확인할 수 있었다. 첫 번째 오염원은 freon relation source로 산업공정에서 냉매, 세정제로 많이 사용되는 프레온 12와 프레온 11, 프레온 113 등 프레온 계열 물질이 다른 오염원에 비해서 높게 나타났고 기여도는 17%로 나타났다. Electronic industrial complex source는 27.86%로 주 marker 물질은 톨루엔, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄 등이 나타났다. 다음 오염원은 다른 물질에 비해 톨루엔이 주로 나타난 organic solvent source로 확인하였으며, 기여도는 19.26%로 전자산업 관련 오염원 다음으로 높게 나타났다. 주로 톨루엔, 벤젠, 에틸벤젠, 자일렌 등 방향족 화합물들이 나타난 vehicle exhaust source는 EPA source profile를 통해 확인하였으며, 17.59%의 기여도를 보였다. 섬유산업 관련 오염원인 textile relation source의 기여도는 8.31%로 나타났다. 플라스틱의 한 종류로 절연성과 난연성을 지니기 때문에 주로 전기배선의 피복 재료로 사용되며, 합성수지 및 합성섬유산업에 주로 사용되는 것으로 알려진 vinyl chloride가 다른 물질에 비해 높게 나타났다. 미확인 오염원 unknown source - 1, 2로 기여도는 각각 2.96%과 7.02%로 나타났다.

Table 1. Distribution of contribution rate.

Source	Contribution	
Electronic industrial complex source	27.86%	Industrial source(72.43%)
Organic solvent source	19.26%	
Freon relation source	17%	
Textile relation source	8.31%	
Vehicle Exhaust source	17.59%	Urban source(17.59%)
Unknown source - 1	2.96%	etc.(9.98%)
Unknown source - 2	7.02	

구미지역의 경우 산업 활동으로 인한 VOCs 배출원의 약 72%가 대기오염에 기여하는 것으로 유추할 수 있다. 또한 다른 오염물질에 비해 높게 검출된 톨루엔, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄을 구미지역의 VOCs 최우선 관리 대상물질로 선정하여 집중적인 관리 대책을 강구하여야 한다.

#### 참 고 문 헌

- 이태정, 진준민, 황인조, 김동술 (2005) 석유화학산단의 PMF 모델에 의한 VOCs의 오염원 분류, 한국대기환경학회 2005년 춘계학술대회 논문집, 368-369.
- 최우건, 배상호, 박덕신, 정연구, 김태오 (2004) 구미산업단지 대기중 휘발성유기화합물(VOCs)의 농도특성, 한국환경과학회지, 13(3), 205-214.
- 한진석, 문광주, 김록호, 신선아, 홍유덕, 정일록 (2006) PMF를 이용한 수도권지역 VOCs의 배출원 추정, 한국대기환경학회지, 22(1), 85-97.
- 황인조, 조영혁, 최우건, 이혜문, 김태오 (2008) PMF를 응용한 구미시 PM-10 오염원의 정량적 기여도 추정연구, 한국대기환경학회지, 24(1), 100-107.
- Kim, E., P.K. Hopke, and E.S. Edgerton (2004) Improving source identification of Atlanta aerosol using temperature resolved carbon fractions in positive matrix factorization, Atmospheric Environment, 38, 3349-3362.
- Yu Song, Wei Dai, Min Shao, Ying Liu, Sihua Lu, William Kuster, and Paul Goldan (2008) Comparison of receptor models for source apportionment of VOCs in Beijing, Environmental Pollution, 156, 174-183.