

PB5) 전주공단 주요사업장 VOCs 배출분석 및 오염원 기여도 추정

Measurements Analysis and Source Apportionment of VOCs at Jeonju Industrial Complex

김득수 · 양고수¹⁾ · 박비오¹⁾ · 김대선

군산대학교 토목환경공학부 환경공학전공,

¹⁾전북대학교 화공환경공학부 환경공학전공

1. 서 론

도시 지역과 공업단지를 중심으로 산재한 배출시설이나 일상생활로 인한 오염물 중 악취를 비롯한 휘발성유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)의 대기배출량은 점차로 증가추세에 있다. 이러한 물질들은 인체로의 직접적인 유해성은 물론 오존을 비롯한 광화학소모구를 생성시키는 전구물질(precursor)로서 도시, 주거 및 공업지역의 대기환경을 악화시키는 주 오염물질로 주목받고 있다 (전준민 등, 2005; Na et al., 2001). 특히 도심지역의 경우 자동차 등으로부터 배출된 탄화수소(hydrocarbon)는 대기환경 중의 라디칼(radical)의 생성을 촉진시키고, 질소산화물을 포함하는 광화학과정을 유도하여 이차 에어로졸의 생성과 함께 대기 중 오존농도를 증가시키는 원인물질로 작용하고 있다 (봉춘근 등, 2003; Doskey et al., 1999). 다양한 종류의 사업장이 밀집되어 있는 공업단지의 경우 원료사용과 제품생산 공정, 부산물 및 폐수처리, 소각 공정 등으로부터 여러 종류의 VOCs물질이 다양한 수준으로 배출되고 있는 것으로 보고되고 있다(김영성, 1999; 전준민 등, 2003). 결국 도심 뿐 아니라 공단과 그 인근 지역에서도 이러한 수준의 오염물로 인한 건강상의 위협을 받을 수 있으며, 그로 인한 피해를 줄이고 지역 대기질 관리를 위해서는 공단과 주변지역에 대한 대기질 조사를 통한 추이 연구도 절실히 필요한 실정이다. 이번 연구에서는 전주공단 주요 사업장의 배출원 조사와 도시에 산재한 일부 주요배출원조사, 그리고 인근 주거지역의 대기환경 조사를 위한 샘플링을 병행하여 주요 오염물질의 정성·정량 평가를 함으로서 주요 배출물질의 배출형태를 조사하며, 공단지역내의 배출업체 밀집 지점과 주변 마을 지점의 환경대기 중 농도비교를 통하여 배출물질이 주변 지역에 미치는 영향을 조사하였다. 의 규명, 기존의 data를 확보하고 인근 지역에 대한 공단 배출물질의 기여도를 추정 할 것이다. 한편으로 CMB8.2(U.S. EPA, 2005) 수용체 모델을 이용하여 공단 내부와 주변지역 각 1개 지점에서 VOC배출원에 대한 연평균 기여도를 추정하였다.

2. 연구 방법

전주 1, 2 산단 내의 주요 업종인 목재제품 제조업, 화학제품 제조업, 종이제품 제조업, 금속제품 제조업, 비금속제품 제조업, 음식료품 제조업, 도장제품 제조업을 대상으로 업종별로 1개의 대표 업체 를 선정하여 주요 배출원 1~2곳에서 직접 시료채취(총 7개 업소에서 9회 시료측정)를 하여 VOCs(TO-14 물질)를 측정 조사하였다. 또한, 일반 지역의 주요 VOCs 배출원인 자동차, 주유소, 인쇄소, 세탁소 중 대표 업체를 각 1개소와 도로포장 시를 선정하여 주요 배출원에서 시료채취 후 VOCs(TO-14 물질)를 측정 및 조사하였다(표 1). 시료채취기간은 연구개시 월인 4월 이후부터 8월까지의 기간 중에 수행되었으며, 시료채취일, 측정지점, 측정 시의 기상인자 등을 포함한 세부 사항들은 표 1과 그림 1, 2에 나타내었다. 공단 VOCs 기여도 평가를 위한 수용지점으로 공단 지역 내부와 공단 주변지역에 각각 1개 지점씩을 선정하여 24시간 연속 상시 측정을 계절별로 실시하였다. 측정 위치 선정 방법은 최근VOCs 측정 결과(2002~2004년)와 과거 전주 기상자료를 바탕으로 공단지역을 대표할 수 있는 1개 지점과 연중 주풍향 분석 결과 공단의 풍하지역에 위치하여 공단 지역으로부터 발생하는 오염물질로부터 직접적인 영향이 나타날 수 있는 주변 마을 1개 지점을 선정하였다.

Table 1. Sampling sites and information

	Sampling sites		Sampling No.	Remark
	Details	No.		
Jeonjoo 1, 2 area	<ul style="list-style-type: none"> Industrial park sources (9 points) <ul style="list-style-type: none"> - Wood manufacture; 1 - Chemical manufacture; 2 - Paper manufacture ; 2 - Metal manufacture ; 1 - Food manufacture ; 1 - Non-metal manufacture ; 1 - Painting ; 1 	7(9)	<ul style="list-style-type: none"> VOCs: 9 points × 2 seasons instantaneous sample 	<ul style="list-style-type: none"> warm season cold season
Residential area	<ul style="list-style-type: none"> General sources 5 points) <ul style="list-style-type: none"> - Vehicle exhaust: tunnel 1 - Gas station: 1 - Dry cleaning: 1 - Printing shop: 1 - Pavement site: 1 	5	<ul style="list-style-type: none"> VOCs: 4 points × 2 seasons instantaneous sample 	<ul style="list-style-type: none"> warm season cold season
Receptor point	<ul style="list-style-type: none"> 2 receptor points <ul style="list-style-type: none"> - Center of the Industrial park; 1 (24hrs) - Downwind residential area; 1 (24hrs) 	2	<ul style="list-style-type: none"> VOCs: 2 points × four seasons 24 hrs (3days continuously) 	<ul style="list-style-type: none"> Spring Summer Fall Winter

시료채취는 canister를 이용하여 일정유량으로 배출구에서 약 10분간 순간 시료를 흡입하였으며, 공단 VOC 기여도 평가를 위한 2곳의 수용지점에서의 대기환경 중 시료 채취는 24시간동안 3일간 연속 수행하였다. Canister 에 포집된 시료를 preconcentrator에 의해 일정량을 흡착 시킨 후 농축된 대기 중의 샘플을 탈착시켜 저온농축장치를 통해 GC(Agilent 6890N)로 주입하여 MSD(Agilent 5973N)를 사용하여 분석하였다. GC/MSD의 분석 조건은 표 2에 나타내었다.

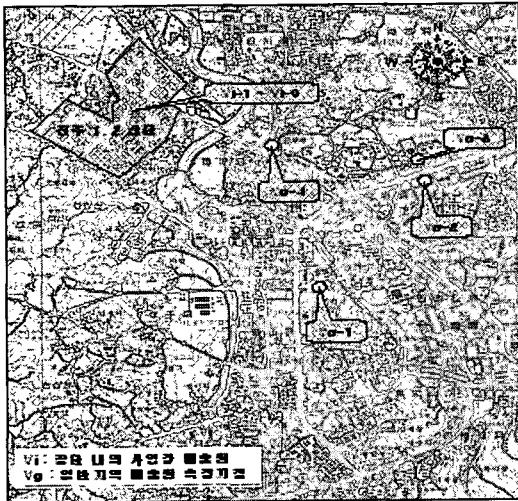


Fig. 1. Location of the sampling sites for source apportionment(Vi: industrial sources, Vg: residential sources).

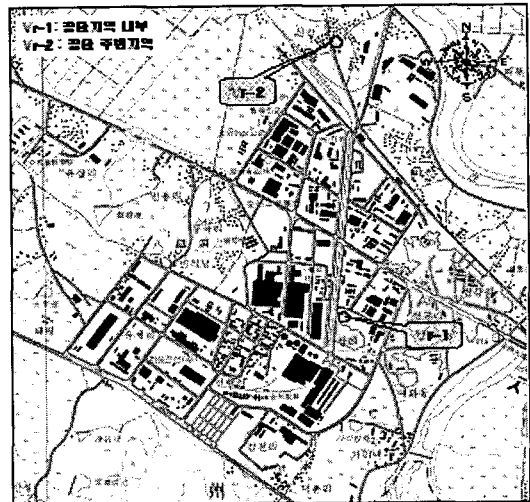


Fig. 2. Location of the sampling sites for the ambient VOCs concentration (Vr-1; receptor 1, Vr-2; receptor 2).

Table 2. Sample canister and GC/MSD operating condition for the VOCs analysis

Canister	• SILONITE(Fused silica, 6L)
Preconcentrator	- Tenex& Glass bead Trap(Cry : -150, Desorb : 20℃) - Tenex Trap(Cryo : -10℃, Desorb : 180℃) - Focuser(cryo : -160℃, Desorb : 80℃)
GC/MSD	- Column : HP-1 capillary column(60m × 0.32mm × 5μm) - Column temp. : 50℃(5min) → 80℃(5min) → 220℃(20min) - Ramp rate : 5℃/min to 220℃ - Column flow : 1.8 ml/min

3. 결과 및 논의

사업장 배출원은 배출원에서 시료 채취 특성상 그 측정시기와 사업장 내 측정지점에 따라 매우 상이하게 나타날 수 있다. 총 40종의 VOCs 물질이 분석되었으나 이 중에서 14종의 물질은 검출한계 이하 수준 또는 불검출로 판독되었으며, 각 동종의 사업장에서는 대체적으로 측정대기와 상관없이 동일한 종의 물질이 검출되기는 하였으나 그 양에는 차이가 있었다. 각 사업장의 경우 주요 VOCs 물질로는 이성체를 포함하여 BTX (benzene, toluene, xylene)가 주종을 이루었으며, 그림 3은 연중측정기간 동안의 자료를 가중평균한 VOC총량에 대한 배출원별 중량비를 나타낸 것이다. 공단 내 사업장에서의 배출이 90%이상을 차지하고 있었으며, 일반 배출원 중에서는 세탁소, 주유소 등이 높은 기여를 하고 있는 것으로 나타났다.

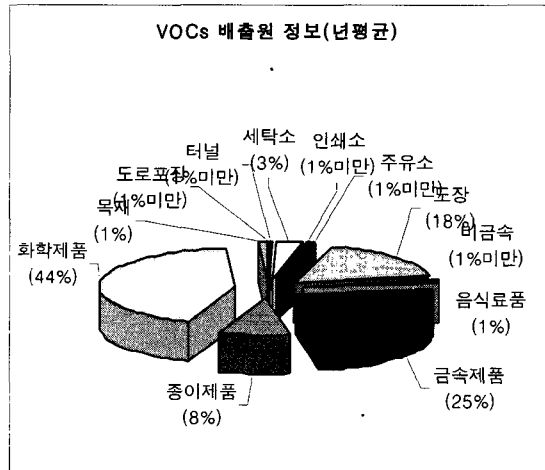


Fig. 3. Source apportionments for annual average in mass ratio at sampling area.

연평균 배출원자료를 활용한 CMB모델 수행결과 산업지역 내 수용지점(INS)의 경우 $r^2=0.6$, 총 측정량에 대한 모델에서 계산된 총 VOC 질량비율은 55.5%로 나타났으며, 충분한 수행조건을 만족시키지는 못했지만 9개의 VOCs 주요배출원으로 부터의 기여가 있는 것으로 나타났으며, t-통계 값도 모델에서 요구하는 수준으로 나타나 일별 기여도평가가 결과보다는 매우 개선되었다. 한편, 산업지역의 수용지점(OUT)에서의 수용모델 분석결과 $r^2=0.79$, 총 측정질량에 대한 모델에서 추정된 총 질량의 비율도 86.3%로 향상되었으며, t-통계값도 모든 경우에 2.0 이상으로 매우 양호하게 나타났다. 산업단지지점(INS)에서 연간 기여하는 배출원의 경우 비금속제조업(24%), 도로포장(8%), 식품제조업(6%), 금속제품사업장(6%) 등의 순으로 나타나 수용지점 인근 사업장 배출원의 기여가 상대적으로 높게 나타났으나, 전체의 44%는 미지의 배출원으로 평가되어 여전히 배출원 파악이 중요함을 시사하고 있다. 인근 주거지역 수용지점의 경우(OUT)는 14%가 미지의 배출원으로 인한 영향인 것으로 평가되었으며, 도로포장(24%), 터널(22%), 복사(인쇄)소(20%), 비금속제조업(20%) 등 순으로 수용점에 기여한 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 2005년도 전북지역환경기술개발센터와 전북친화기업협의회 연구비 지원에 의해서 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 전준민, 허 당, 김동술 (2005) 여수석유화학산단 내 VOCs에 대한 오염원 분류표의 개발 및 CMB모델에 의한 기여도 산정, 한국대기환경학회지, 21(1), 83-96.
- Na, K. S. and Y. P. Kim (2000) Seasonal characteristics of ambient volatile organic compounds in Seoul, Korea, Atmos. Environ., 35, 2603-2614.
- 봉춘근, 윤중섭, 황인조, 김창년, 김동술 (2003) 서울지역에서의 VOCs 오염원 기여도 추정에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 19(4), 387-396.
- Doskey, P. V., Y. Fukui, M. Sultan, A.A. Maghraby, and A. Taher (1999) Source profile for nonmethane organic compounds in the atmosphere of Cairo, Egypt, J. Air & Waste Manage. Assoc., 49, 814-822.
- 김영성 (1999) 산업단지 대기질 관리, HAP인가 VOC인가?, 한국대기환경학회지, 15(4), 513-517.
- 전준민, 허 당, 김동술 (2003) 여수산단 대기중 휘발성유기화합물질 농도 경향, 한국대기환경학회지, 19(6), 663-677.