

PA66) 완주공단 사업장 VOCs 배출 분석 및 오염원 기여도 추정 Measurements Analysis and Source Apportionment of VOCs at WanJu Industrial Complex

김득수 · 마 휘 · 양고수¹⁾ · 박비오¹⁾

군산대학교 토목환경공학부 환경공학전공, ¹⁾전북대학교 환경공학과

1. 서 론

인체 유해물질 및 오존 전구물질인 VOCs는 도시지역과 공업단지를 중심으로 산재한 배출시설이나 일상 생활로부터의 발생량이 점차로 증가추세에 있다(전준민 등, 2005; Na et al., 2001). 이와 같은 대기오염물질의 관리를 위해서는 발생원, 발생량 등의 정보가 매우 중요하다. 오존농도 저감과 관련하여 대기 중 VOCs 농도를 효과적으로 제어할 수 있는 방안 마련에 대한 관심이 고조됨에 따라 수도권을 중심으로 대기 중 VOCs 오염원들의 기여도를 정량적으로 추정하는 연구가 수행되었다(한진석 등, 2005). 배출 사업장이 밀집되어 있는 공업단지의 경우 원료 사용과 제품생산 공정, 부산물 및 폐수처리, 소각 공정 등으로부터 여러 종류의 VOCs 물질이 다양한 수준으로 배출되고 있고, 공단특성과 계절요인에 따른 변동은 있으나 사업장 풍하 측 인근 대기환경 농도에 일정 부분 기여하고 있는 것으로 보고되고 있다(김득수 등, 2007). 본 연구에서는 완주공단 내 주요사업장 VOCs배출원과 주변지역에 산재한 일반배출원, 그리고 수용지점으로서 인근 주거지역의 대기환경의 VOCs농도 측정 및 분석을 통하여 배출원별 계절적 요인(warm/cold)에 따른 VOCs의 배출농도와 성분별 질량기여율을 조사하였다. 지역의 일반 대기환경에 대한 주변 배출원 기여도 추정은 완주공단 내에서 실측된 자료를 근거로 작성된 배출원 정보를 적용하고, CMB8.2 (U.S. EPA)모델을 이용하여 공단 내부와 인근주거지역 각 1개 수용지점에서 공단 배출로 인한 연평균 기여도 평가를 수행하였다.

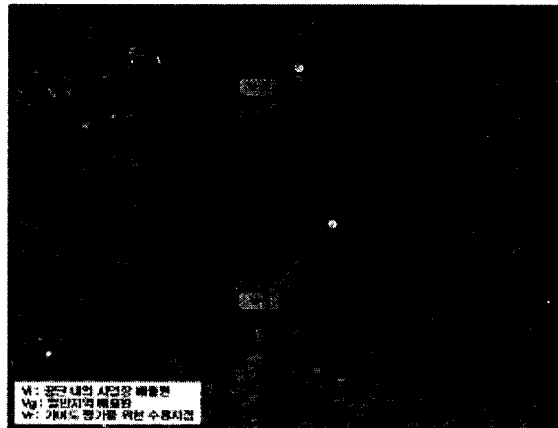


Fig. 1. Location of the sampling sites for source apportionment and ambient VOCs concentration(Vi: industrial sources, Vg: residential sources, VrL: receptor).

2. 연구 방법

완주 산업단지는 약 3,359천m² 규모로 79개의 입주업체가 있으며, 주요업종으로는 조립금속 제조업, 금속 제조업, 화학제품 제조업, 플라스틱제품제조업 등으로 이루어져 있다. 측정 대상 배출 업체 선정은 주요 업종을 대상으로 주요 배출원(배출구 또는 공정) 총 6지점을 선정하여 조사 하였다. 배출원에서의 시료채취는 canister를 이용한 순간채취방법으로 2007년 6월~2008년 1월 중에 수행되었으며, 각 특정

배출원에서의 시료채취시기, 측정지점 등을 포함한 세부 사항들은 표 1과 그림 1에 나타내었다.

산단 내부와 풍하 측 외부의 수용지점 대기환경 중 VOCs 농도 측정을 위하여 canister에 따른 24시간 동안 일정유량을 흡입하는 연속채취 방법을 사용하였으며, 수용지점의 상시 측정은 연구기간 중에 계절별로 3일간 연속으로 실시하였다. 포집된 시료는 흡착/농축/탈착 후 GC/MSD(Agilent 6890N/5973N)를 사용하여 분석하였다. 기여도 평가에는 CMB(Chemical Mass Balance)수용모델을 사용하였으며, 실측을 통한 사업장 배출원과 인근지역의 VOCs 측정 자료를 기초 자료로 활용하였다.

Table 1. Sampling sites and information.

Division	Sampling sites	Sampling No.	Remark
Wanju area	<ul style="list-style-type: none"> • Industrial sources (5 points) <ul style="list-style-type: none"> - Chemical manufacture (warm season; 1, cold season; 2) - Metal manufacture (warm season; 2, cold season; 1) - plastic manufacture (warm season; 1, cold season; 2) - assembly metal manufacture (warm season; 2, cold season; 1) 	<ul style="list-style-type: none"> • VOCs: 6 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(2 points) <ul style="list-style-type: none"> - Gas station; 1 - Dry cleaning; 1 	<ul style="list-style-type: none"> • VOCs: 2 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 - Downwind residential area; 1 	<ul style="list-style-type: none"> • VOCs: 2 points× 4 seasons (24hrs×3days continuously) 	<ul style="list-style-type: none"> • Spring • Summer • Fall • Winter

3. 결과 및 고찰

사업장 배출시료 분석결과는 특성상 채취시기와 사업장 내 배출지점에 따라 매우 상이하게 나타날 수 있다. 총 39종의 VOCs 물질을 대상으로 분석하였으나 이 중 21종의 물질은 검출한계 이하 수준 또는 불검출 되었으며, 동종의 사업장경우 일반적으로 동일한 종의 물질이 검출되기는 하였으나 그 양에는 차이가 있었다. 일반지역 배출원의 경우 도시지역에 산재하는 것으로, 주유소, 세탁소의 배출시료를 채취 분석하였다. 모두 14종 이상의 다양한 성분이 ppb 수준 내에서 검출되었으며, BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene)는 모든 배출원에서 상당부분 차지하였다. 특히, 세탁소의 경우는 염화화합물의 일부 항목이 검출되었다. 수용지점에서의 측정 결과, 공단 내부 수용지점에서의 총 VOC 농도가 공단 외곽의 인근 수용정보다 높게 나타나 인근 배출사업장의 직접적인 영향이 있음이 확인되었다. 그림 2는 연중 측정기간 동안의 자료를 가중 평균한 VOCs 총량에 대한 배출원별 중량비를 나타낸 것으로 공단내 사업장 중 화학제품과 금속제품제조업에서 95% 이상의 배출율을 보여 주고 있으며 일반배출원인 주유소와 세탁소에서 일부 기여를 하고 있는 것으로 나타났다.

연평균 배출원 자료를 활용한 CBM model 수행결과, 산단지역 내(INS) 수용지점의 경우 모델예측과 측정치 사이의 상관도를 나타내는 r^2 은 0.75이었고, 질량비는 74.3%로 나타나 측정된 4개의 VOCs 배출원으로부터의 기여가 있는 것으로 나타났다. 산단지역외(OUT) 수용지점의 분석결과는 r^2 가 0.66, 질량비=90.2%로 상관성도 높았고, 3개 배출원이 해당 일정부분 씩 기여하는 것으로 나타났다. INS에서 연간 배출기여도는 조립금속제조업(32.4%), 화학제조업(21.1%), 플라스틱제조업(18.4%), 공단 외 주유소(2.4%)순으로 나타났으며, 금속제조업의 경우는 거의 기여가 없는 것으로 나타났다. 결과적으로 산단 내부

수용지점의 경우 대부분이 공단 내 사업장 배출원으로 인한 영향을 주로 받고 있으며, 일부 인근의 주유소로부터의 영향도 있음을 보여주었다. 한편, 전체의 약 25.7%는 미지의 배출원으로 평가되었다. OUT의 경우 배출기여도는 조립금속제조(35.3%), 세탁소(29.9%), 금속제품제조(25.0%) 순이었으며, 약 9.8% 정도만이 미지의 배출원으로 평가되었다. 결과적으로 내부 수용지점의 경우 사업장 배출원에 상대적으로 근거리에 위치하여 산단의 사업장 배출원 기여가 70%이상 높게 나타나고 있지만, 주거지역 일반 배출원에 의한 영향도 일부 받고 있으며; 공단 외 수용지점의 경우는 세탁소 등과 같은 인근 일반배출원에 의한 영향도 30% 가까이 받으면서, 인접한 공단 내 사업장배출원으로 인한 영향도 상당부분 받고 있음을 시사하고 있다.

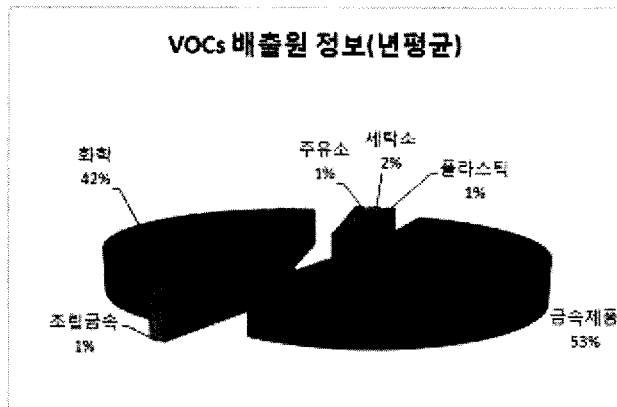


Fig. 2. Source apportionments for annual average in mass ratio at sampling area.

사 사

이 연구는 2007년도 전북지역환경기술개발센터와 전북친화기업협의회 연구비 지원에 의해서 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김득수, 박비오, 양고수 (2007) 전주공단지역의 주요 VOCs 배출농도 측정 및 배출원별 특성 분석, 한국 환경과학회지, 16(3), 299-310.
- 전준민, 허당, 김동술 (2005) 여수석유화학산단 내 VOCs에 대한 오염원 분류표의 개발 및 CMB모델에 의한 기여도 산정, 한국대기환경학회지, 21(1), 83-96.
- 한진석, 문광주, 김록호, 신선아, 홍유덕, 정일록 (2006) PMF를 이용한 수도권지역 VOCs의 배출원 추정, 한국대기환경학회지, 22(1), 85-97.
- Na, K.S. and Y.P. Kim (2001) Seasonal characteristics of ambient volatile organic compounds in Seoul, Korea, Atmos. Environ., 35, 2603-2614.