

## PA17) 발생원 유형에 따른 공기 중 휘발성 유기화합물의 비산배출특성 평가 Evaluation Fugitive Emission Characteristics of Airbone VOCs from Different Source Categories

백성욱 · 김미현 · 김배갑 · 서영교 · 정복재  
영남대학교 환경공학과 대기환경연구실

### 1. 서론

일반적으로 대기 중 환경기준을 제어하기 위해서는 각 배출원에서 발생하는 오염물질의 배출강도를 정량적으로 평가 할 필요가 있다. 최근 들어, 휘발성 유기화합물질의 환경학적 중요성이 밝혀지면서 이 물질에 대한 대기 중 농도분포는 어떤 양상을 보이며 이에 영향을 미치는 각 배출원에서 비산배출(fugitive emission)되는 VOCs 종류와 농도에 대한 조사가 필요하게 되었다. VOCs 배출원은 모든 국가가 유사하겠으나 배출원별 VOCs의 배출기여도는 각국의 경제 및 산업구조의 특성에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면 용제 및 세정제를 많이 소비하는 산업구조에서는 배출량이 많아지게 된다. 이러한 관점에서 VOCs 배출량은 한 국가의 산업 구조와 발달에 따라 차이를 나타낼 수 있다(한국페인트잉크공업협동조합, 1996) 따라서, 본 연구에서는 서로 다른 유형의 배출원을 대상으로 배출원별 VOCs물질의 출현양상과 농도분포를 통해 VOCs물질의 비산배출특성을 연구하고자 한다.

### 2. 연구 방법

본 연구에서는 대기환경보전법에 규정되어있는 휘발성 유기화합물질 배출시설 중 저유소, 주유소, 세탁소, 매립장, 인쇄시설, 주정시설, 섬유시설, 조각시설, 도장시설, 자동차 정비시설을 측정대상지점으로 선정하여 시료를 채취하였다(01.8.20~01.8.24). 측정지점별로 VOCs 특성을 잘 대변 할 수 있도록 동일 장소에서 2곳을 선정하여 서로 다른 유량에서 4개의 흡착관을 이용하여 중복시료채취(duplicate sampling)를 실시하였다. 흡착관은 극성이 다른 Carbotrap과 Carbotrap C를 0.6 cm x 9 cm Stainless Steel에 충전하여 사용하였으며, 유량은 시료채취용펌프(Double take sampler, SKC, USA)를 이용하여 130~360 ml/min으로 10~40분 정도 채취하였다. 또한, 측정대상물질로는 오존전구물질과 Chloroform Trichloroethylene, Tetrachloroethylene등 할로겐화 탄화수소를 포함하는 약 80여종의 VOCs를 선정하여 측정하였다. VOCs 대상물질의 분석은 자동열탈착장치(ATD-400, Perkin Elmer, UK)가 GC칼럼(Rtx-502.2, 0.32 mm x 105 m x 1.80  $\mu$ m)으로 직접 연결된 HP GC/MS(HP6890/5973)시스템을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 측정지점 16곳을 대상으로 하여 오존전구물질과 Air Toxic물질을 포함하여 80여종의 물질을 측정 분석하였다. 표 1에는 측정대상물질의 종류를 지방족, 방향족, 할로겐화 탄화수소별로 구분하여 나타내 놓았다. 모든 Site에서 측정된 VOCs의 배출율은 지방족 탄화수소가 73 %, 방향족 탄화수소가 26 %, 할로겐화 탄화수소가 1 %로 나타났다. 저유소와 주유소, 매립장, 대규모 인쇄 시설의 경우 지방족 탄화수소는 68 %, 방향족 탄화수소는 17 %로 나타나 전체 배출율에서 큰 비율을 차지하고있음을 알 수 있었다. 그림 1을 통해 저유소, 주유소, 세탁소, 대규모 인쇄 시설, 조각장 이외의 site에서는 방향족 탄화수소가 더 많이 배출되었음을 알 수 있었고, 지방족 탄화수소의 경우 저유소에서, 방향족 탄화수소의 경우 매립장에서 가장 많이 배출되었음을 알 수 있었다. 그림 1에 나타난 방향족 탄화수소의 대부분을 차지하는 물질은 Toluene과 Xylenes과 Ethylbenzene이며 그 중 Toluene이 가장 높은 농도를 나타내었으며, 1,3,5-, 1,2,4-, 1,2,3-Trimethylbenzene(TMB)도 다른 물질보다는 높게 나타났다. 세탁소의 경우 다른 물질에 비해 nonane, decane, undecane, dodecane의 농도가 월등히 높게 나타났으며, 저유소

와 주유소, 매립장의 벤젠 농도는 각각 322, 105, 252 ppb로 대기 중 농도보다 20~60배정도 높게 나타났다. 할로젠화 탄화수소의 경우 매립장 가스공, 섬유시설 중 제판과 날염공정, 소각장 저장피트 및 투

Table 1. List of VOCs analysed for this study

Aliphatic Hydrocarbons			Aromatic Hydrocarbons		Halogenated Hydrocarbons	
Propylene	Isoprene	Cyclohexane	Benzene	1,2,4-TMB	Vinyl chloride	Chlorobenzene
Propane	2,2-Dimethylbutane	2,2,4-Trimethylpentane	Toluene	1,2,3-TMB	1,1-Dichloroethylene	Bromoform
1,3-Butadiene	2,3-Dimethylbutane	Methylcyclohexane	Ethylbenzene	m-Diethylbenzene	trans-1,2-Dichloroethylene	Bromobenzene
Isobutane	2-Methylpentane	2,3,4-Trimethylpentane	p-Xylene	p-Diethylbenzene	cis-1,2-Dichloroethylene	2-Chlorotoluene
1-butene	3-Methylpentane	2-Methylheptane	m-Xylene	tert-Butylbenzene	Chloroform	4-Chlorotoluene
n-butane	Cyclopentane	3-Methylheptane	o-Xylene	sec-Butylbenzene	1,1,1-Trichloroethane	1,3-Dichlorobenzene
trans-2-butene	1-Hexene	n-Octane	Styrene	p-Isopropyltoluene	Carbon Tetrachloride	1,4-Dichlorobenzene
cis-2-butene	n-Hexane	Toluene	Isopropylbenzene	n-Butylbenzene	1,2-Dichloroethane	1,2-Dichlorobenzene
Isopentane	2,4-Dimethylpentane	n-Nonane	n-Propylbenzene	Naphthalene	Trichloroethylene	1,2,4-Trichlorobenzene
1-pentene	Methylcyclopentane	n-Decane	m-Ethyltoluene		1,2-Dichloropropane	1,2,3-Trichlorobenzene
n-pentane	2-Methylhexane	n-Undecane	p-Ethyltoluene		Bromodichloromethane	
trans-2-pentene	2,3-Dimethylpentane	n-Dodecane	1,3,5-TMB		Tetrachloroethylene	
cis-2-pentene	3-Methylhexane		o-Ethyltoluene		Dibromochloromethane	

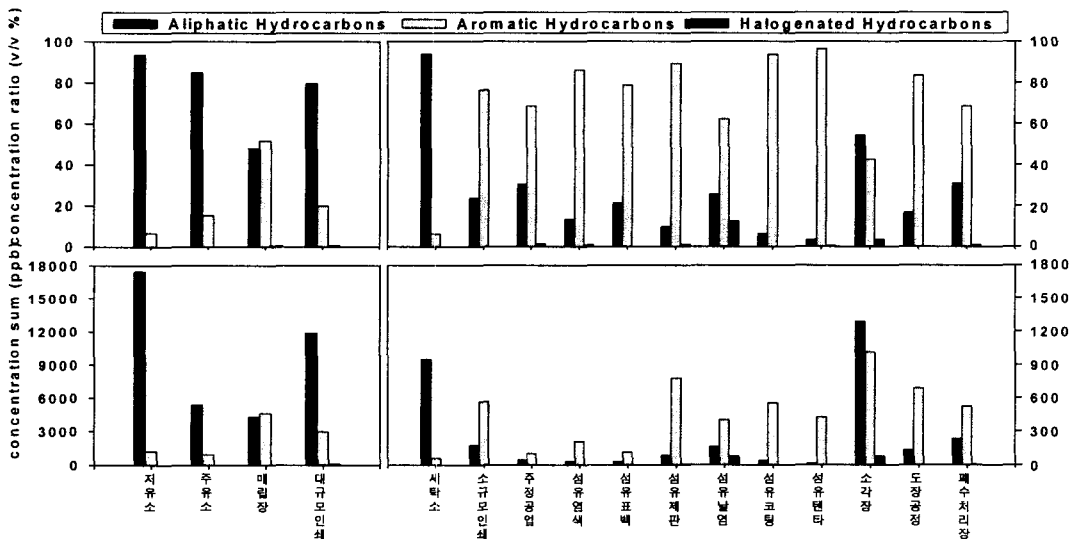


Fig. 1. Concentration ratio and sum of VOCs from each emission sources

입구에서 채취한 시료에서는 다소 높은 농도를 나타내었다. 할로젠화 탄화수소 중에서도 Chloroform, Trichloroethylene은 여러 site에서 검출되었다. 이상에서와 같이 배출시설 유형별로 VOCs물질의 종류와 농도, 배출량이 서로 다른 양상을 나타냄을 알 수 있었다. 특히, 주유소의 경우 비산배출량이 많고, VOCs물질의 종류나 농도, 대구시에 산재해 있는 수로 볼 때 다른 배출시설의 경우보다 관리가 최우선 되어야 한다고 사료된다. 앞으로도 배출시설 유형별로 발생하는 VOCs의 비산배출에 관한 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2001년도 학술진흥재단 선도연구과제의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

한국페인트잉크공업협동조합(1996), VOC 배출원별 배출량 산정 및 저감기술연구, 페인트와 잉크, Vol 102, 69~81