

## MA21) Passive Sampler를 활용한 공업단지별 VOCs 농도 비교 The Comparison of VOCs Concentration in Several Industrial Complex Using Passive Sampler

정의석<sup>1)</sup> · 인치경<sup>2)</sup> · 박민수 · 김선태

대전대학교 환경공학과, <sup>1)</sup>(사)시민환경기술센터, <sup>2)</sup>충남보건환경연구원

### 1. 서 론

차량의 증가와 각종 산업분야에서의 유기용제 사용에 따른 VOC 물질의 증가는 발암성과 관련된 환경보건 및 오존의 전구물질 등 기타 복잡한 대기화학과도 긴밀하게 연루되어 있다.<sup>1,2)</sup> 또한, VOC는 공단지역에서 지역주민에게 악취를 유발시키고 있어 악취와 건강보건에 있어서 집중적인 관리가 요구된다고 하겠다. 특히, VOC 측정을 위한 방법에는 고가의 비용과 인력, 시간을 요구하는 흡착튜브나 Canister를 이용하는 방법이 있으나, 이러한 방법은 여러지점을 동시에 측정하고, 공간적인 분포를 파악하는데 어려움이 있는 것이 사실이다.<sup>3)</sup> 이에 본 연구에서는 측정지점에 제한이 없으며, 누구나 원하는 장소에서 측정이 가능한 Passive Sampler를 활용하여 군산, 대전, 시흥, 그리고 안산 지역에 위치하고 있는 각 공업단지를 대상으로 악취가 감지되는 각각 10개 지점 이상을 대상으로 VOC를 측정하였으며, 측정지점을 업종별로 구분하여 각 공단의 배출특성을 파악하고자 하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구에 사용된 sampler는 3M OVM #3500 모델이며, 일반대기중의 시료를 채취하기 위하여 약 7일 동안 각 설치지점에서 시료를 채취하였다.<sup>1,2)</sup> 보다 명확한 VOC 배출특성을 파악하기 위하여는 각 사업장 내부에 설치하는 것이 효율적이나 설치상의 어려움으로 인하여 군산공단을 제외하고는 각 공단의 사업장 부지경계를 중심으로 10개 지점 이상 총 54개 지점을 선정하여 설치하였고, 총 측정기간은 1998년 8월부터 1999년 8월까지 1년간 이루어 졌으며, 일부 사업장은 계절별 특성을 파악하기 위하여 기간을 두고 최대 3회까지 반복하여 측정하였다. 또한, 차량 이동에 의한 영향을 최소화하기 위하여 되도록 차량 통행량이 적은 지점을 선정하였으며, 사업장의 영향이 반영되도록 풍향을 고려하여 설치하였다. 분석 방법은 이황화탄소를 이용하여 추출한 후 FID가 장착된 GC를 사용하여 분석하였으며, Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m,p-xylene, Styrene, 1,2-Dichlorobenzene 등을 중심으로 측정 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

군산, 대전, 시흥, 그리고 안산 공단지역에서 Passive Sampler를 활용하여 측정한 결과를 Table 1에 요약하여 정리하였다. 군산 공단의 경우, 톨루엔이 음료료품 업종인 한 업체에서 최대 55.3ppb까지 검출되었다. 이는 업체에서 톨루엔을 촉매로 사용하고 있어 높게 측정된 것으로 판단되며, 1,2-Dichlorobenzene의 경우에는 열소가스를 사용하고 있는 한 화학업체에서 다른 업체에 비하여 최대 49.5ppb까지 높게 검출되고 있었으며, 이외 대부분 VOC 물질은 낮게 검출되어 음료료품업이 주를 이루고 있는 군산공단의 악취 특성은 대부분 암모니아 및 아민류가 주를 이루고 있을 것으로 판단된다. 대전 공단의 경우에는 지정폐기물처리업체에서 톨루엔이 최대 92.6ppb까지 검출되었고, ethylbenzene, m,p-xylene, styrene 등은 도금 및 비철금속 업체에서 높게 검출되고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 시흥 공단의 경우, 벤젠은 석유정제업 관련 업체에서 최대 3.7ppb로 가장 높게 검출되었으며, 톨루엔은 음료료품업 관련업체가 가장 낮게, 그리고 화학업, 폐기물처리업, 석유정제업체 순으로 각각 54.1, 25.4, 22.3으로 높게 측정되고 있었고, ethylbenzene, m,p-xylene, styrene 등은 폐기물처리업체와 석유정제업 관련 업체에서 높게 검출되고 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 안산 공단의 경우에는 위의 3지역 공단에 비하여 전반적으로 모든 항목에서 높게 검출되고 있었으며, 이중 톨루엔은 전반적으로 전 업종에서 높게 검출되었고, 특히, 도금단지, 폐기물업체에서 각각 288.1, 194.9ppb까지 높게 검출되고 있었다. 또한, ethylbenzene, m,p-xylene, styrene 등은 페인트 관련 업종 및 시흥 공단과 마찬가지로 폐기물처리업체

에서 높게 검출되고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 1. Results of VOC measurement at each industrial complex(unit : ppb)

Industrial complex	Classification	Site No.	Benzene	Toluene	Ethyl-benzene	m,p-Xylene	Styrene	1,2-Dichlorobenzene
Kunsan	음식료품업 관련	7	LOD-2.5	0.3-55.3	LOD-3.7	LOD-3.8	LOD-4.2	LOD-6.4
	화학업 관련	3	LOD-1.6	0.5-7.0	LOD-2.9	LOD-2.1	LOD-2.0	LOD-49.5
	기타	3	LOD-1.3	0.4-31.1	LOD-2.6	LOD-1.8	LOD-2.3	LOD-1.9
Taejon	폐기물처리업 관련	1	LOD-1.9	5.4-92.6	LOD-2.3	LOD-1.9	LOD-1.5	<LOD
	음식료품업 관련	1	<LOD	1.3-3.7	LOD-2.9	0.4-1.8	LOD-1.9	<LOD
	화학업 관련	2	<LOD	0.8-1.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
	고무 및 섬유 관련	5	LOD-0.6	LOD-2.4	<LOD	LOD-0.9	<LOD	LOD-0.9
	도금 및 비철금속	1	0.3-1.7	6.7-13.1	7.7-10.4	6.3-6.9	6.2-6.6	<LOD
	기타	2	<LOD	LOD-1.9	<LOD	LOD-0.7	<LOD	<LOD
Shiheung	폐기물처리업 관련	2	0.7-3.0	9.5-25.4	1.6-4.5	1.3-4.2	1.0-3.4	LOD-0.8
	음식료품업 관련	2	LOD-0.9	0.5-10.7	1.0-2.2	0.5-1.7	LOD-3.1	LOD-1.3
	화학업 관련	5	LOD-1.1	8.0-54.1	0.8-3.5	0.6-2.3	0.8-2.0	LOD-1.1
	고무 및 섬유 관련	1	0.5-1.6	3.2-9.2	1.3-1.5	0.7-1.4	LOD-1.2	0.2
	도금 및 비철금속	2	0.4-1.1	3.2-20.6	0.9-1.9	0.7-1.5	0.7-1.2	1.5-2.3
	석유정제업 관련	2	0.8-3.7	19.4-22.3	1.6-4.2	1.8-3.8	1.4-3.3	LOD-2.5
	기타	1	1.2-1.6	19.4-30.7	1.4-1.6	1.0-1.3	0.8-0.9	1.6
Aansan	폐기물처리업 관련	1	1.3-2.7	75.5-194.9	8.5-15.6	7.9-13.4	7.4-9.8	3.1
	화학업 관련	2	0.5-0.9	10.1-59.1	1.0-3.1	0.7-3.1	LOD-4.0	LOD-2.4
	고무 및 섬유 관련	1	0.5-1.3	33.0-97.5	1.2-6.1	0.8-4.7	0.7-3.8	1.8
	도금 및 비철금속	6	0.2-1.4	11.7-288.1	1.2-8.7	0.8-3.6	LOD-2.3	LOD-2.9
	페인트 관련	1	1.4	67.1	29.8	17.6	12.2	-
	석유정제업 관련	1	1.3	48.9	4.5	4.2	1.3	-
	기타	2	LOD-1.3	19.6-54.3	2.5-3.4	1.7-2.9	0.6-1.8	1.7-1.8

LOD : Limit of Detection.

위의 결과에서 각 공단지역에서 배출되는 VOC 물질은 대부분 폐기물처리업, 화학업, 석유정제업 등과 관련된 업종에서 주로 배출되고 있음을 확인할 수 있었으며, 악취의 성분이 암모니아와 아민류, 그리고 황화합물 계통일 것으로 판단되는 음식료품 업종에서는 VOC 물질이 대부분 낮게 검출되어 Passive Sampler를 활용하는 방안이 공단지역의 VOC 배출특성을 파악하는데 있어서 활용성이 우수하다고 여겨진다. 물론, 이와 같은 결과의 정도는 업종별 유기용제 사용량 및 사업장 관리실태와 계절, 기상상황 등과 밀접한 관계가 있음은 부인할 수 없는 사실이나, active sampling을 통하여는 위와 같은 많은 지역의 공단과 측정지점을 대상으로 VOC를 측정하고자 한다면, 많은 비용과 인력, 그리고 시간이 소요하게 되며, 이러한 단점을 Passive Sampler를 통하여 극복하고, 각 공단의 VOC 배출특성을 파악하여 차후 공단지역의 VOC를 관리하는데 있어서 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 김조천 외(1999), '환경대기중 휘발성유기화합물의 샘플링 및 분석과정에서의 Quality Assurance', 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 107-110.
2. 김선태 외(1999), 'Passive sampler를 이용한 공업단지 VOC 측정결과 비교', 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 174-175.
3. "Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement for Air Quality", *GMES/AIR Methodology Reviews Vol. 4*, UNEP/WHO(1994).