

PA15) 대규모 산업지역 환경대기 중 VOCs 농도 분포 Atmospheric Concentrations of VOCs in Large Industrial Areas

손은성 · 서영교 · 예진 · 한진석¹⁾ · 이민도¹⁾ · 서석준¹⁾ · 백성욱
영남대학교 대학원 환경공학과, ¹⁾국립환경과학원

1. 서론

휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, 이하 VOCs)에는 강한 발암성 혹은 돌연변이원성을 가진 화합물들이 많이 포함되어 있을 뿐 아니라, 일반대중이 노출되는 주변 대기환경 어디에나 널리 분포되어 있을 가능성이 높으므로 다른 일반 대기오염물질들에 비해 더 많은 연구와 관심의 대상이 되고 있다. 또한 시화·반월지역은 공단과 주거지역이 인접하고 있어 공단지역에서 배출되는 VOCs가 지역 주민의 건강을 해칠 우려가 있어 시급히 해결해야 할 문제로 인식되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이들 지역에서 배출되는 대기 중 VOCs의 농도 분포를 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

환경부 기본계획의 우선관리대상물질 26개 항목을 포함하는 EPA TO-15 방법으로 검출될 수 있는 모든 VOCs를 연구대상물질로 선정하였다. 시료채취는 캐니스터와 흡착관을 이용하였다. 캐니스터 방법(US EPA TO-15)을 이용한 시료채취는 orifice와 diagram mass flow controller가 장착된 passive 방법으로 시화·반월의 공단 및 주거지역 4개 지점을 대상으로 오전·오후 3시간씩 하루 2개의 시료를 채취하였다. 흡착관법은 Carbotrap C(100mg)와 Carbotrap(400mg)을 스테인레스 스틸 흡착관(1/4"×9cm, Perkin Elmer, UK)에 충전하여 사용하였다. 시료의 연속 측정용을 위하여 STS25(Sequential tube sampler 25, Perkin Elmer, UK)를 사용하였으며, 약 50ml/min의 유량으로 흡착관 1개당 4시간 동안 가동하여 하루 6개의 시료를 채취하였다. 시료채취 기간은 4계절로 나누어 캐니스터 방법을 주 시험방법으로 하여 지점별로 12일간 연속 측정하였으며, 이 중 봄과 여름의 측정기간 중 1주일은 집중 측정 기간으로 선정하여 캐니스터법과 흡착관법을 모두 적용하였다.

캐니스터 시료는 한국표준과학연구원에서 중량법으로 제조한 표준시료를 사용하여 표준과학연구원과 순천제일대 환경기술센터에서 TO-15 방법에 준하여 GC/MS로 분석을 수행하였다.

흡착관 시료는 EPA TO-14·15 62종 표준가스(SUPELCO, USA)를 사용하여 TO-17방법에 준하여 자동열탈착장치(UNITY/ULTRA, Markes, UK)가 있는 GC/MS(HP6890/5973, USA)로 영남대학교에서 분석하였다. 흡착관/열탈착/GC/MS 방법의 전반적인 성능평가를 위하여 표준시료를 이용한 재현성, 시료의 검출저한계를 평가하였다. 분석재현성은 BTEX를 포함하는 주요물질이 모두 20% 이내로 나타났으며, 검출저한계 역시 시료채취량 15L 기준, 모두 0.1ppb 이하로 나타났다.

3. 결과 및 고찰

시화·반월 지역 4개 지점에서 측정된 VOCs 중 검출빈도가 높고 농도가 높게 나타나는 물질을 파악하기 위하여 중앙값 측면에서 순위 매김한 결과를 표 1에 나타내었다. 중앙값으로 정렬할 경우 검출빈도는 낮으나 일부 시료에서 극히 고농도가 나타나 평균치가 상승하는 경우를 배제할 수 있다. 또한 환경대기의 VOCs 농도는 대수정규분포를 따르는 경향이 있으므로 산술평균치 보다는 중앙값을 대표치로 사용하는 것이 보다 바람직할 것으로 사료된다.

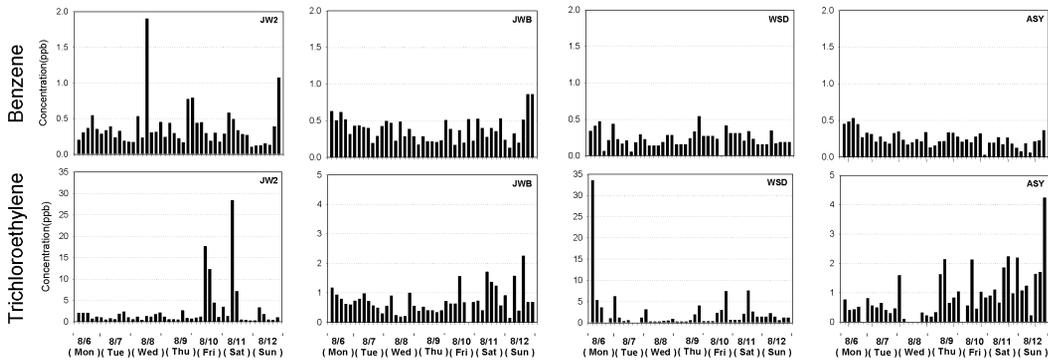
중앙값을 비교해 본 결과 전반적으로 시화공단과 반월공단은 그 주된 오염물질이 유사하게 나타나는 것으로 보인다. 즉, 공통적으로 톨루엔과 메틸에틸케톤, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄 등 4개 독성물질이 높게 나타나는 물질임을 알 수 있다. 주거지역의 경우 시화 주거지역은 시화공단과 반월공단의 영

향을 동시에 받아 고농도 출현 VOCs가 혼재되는 양상을 보이고 있으나 반월 주거지역은 시화공단 보다는 반월공단의 영향이 지배적인 것으로 보인다.

Table 1. Rank of Annual Median Concentration by Canister Method(ppb).

Rank	Sihwa				Banwol			
	Industrial Area		Residential Area		Industrial Area		Residential Area	
	Component	Median	Component	Median	Component	Median	Component	Median
1	Toluene	10.92	Toluene	4.86	Toluene	12.36	Toluene	7.24
2	MEK	3.06	MEK	2.12	MEK	7.03	Ethyl acetate	2.72
3	TRCEL	2.76	DCM	1.51	Ethyl acetate	5.33	MEK	2.53
4	m,p-Xylene	2.56	Ethyl acetate	1.21	TRCEL	3.10	DCM	1.44
5	DCM	2.43	m,p-Xylene	0.86	DCM	2.12	m,p-Xylene	1.14
6	Ethylbenzene	1.38	TRCEL	0.68	m,p-Xylene	1.52	TRCEL	0.79
7	Ethyl acetate	1.14	Freon-12	0.54	Butyl acetate	0.88	Ethylbenzene	0.62
8	MIBK	0.82	Ethylbenzene	0.50	Ethylbenzene	0.84	Butyl acetate	0.57
9	Butyl acetate	0.81	Benzene	0.49	MIBK	0.73	Benzene	0.55
10	o-Xylene	0.73	Butyl acetate	0.34	Benzene	0.53	Freon-12	0.55
11	Benzene	0.56	o-Xylene	0.30	Freon-12	0.52	MCL	0.42

본 연구에서는 흡착관법을 자동 시료채취 장치와 함께 사용하여 야간에도 무인으로 시료를 채취하였다. 그 중 주요 VOCs에 대하여 일주일간의 시계열성 변동양상을 그림 1에 나타내었다. 전반적으로 볼 때 시화·반월지역의 VOCs 농도의 주중 변동양상은 주중(특히 월요일과 수요일)이 주말(일요일)보다는 높은 농도를 나타내고 있다. 따라서 이러한 결과는 공단에 입주한 산업체의 조업 유무에 따라 VOC 배출양상이 큰 영향을 받는다는 점을 시사하고 있으며 VOCs의 주된 오염원으로서 자동차 배출가스 이외에 산업체 기여분이 상당하다는 것을 알 수 있다.



*JW2: Sihwa Industrial, JWB: Sihwa Residential, WSD: Banwol Industrial, ASY: Banwol Residential

Fig. 1. Weekly Variations of VOCs Concentration.

사 사

본 연구는 국립환경과학원 「시화·반월지역 유해대기오염물질 조사연구」의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

백성욱, 김미현, 김수현, 박상곤 (2002) 국내 대기 중 독성 휘발성 유기화합물의 오염특성(I)-측정방법론 평가, 환경독성학회지, 17(2), 95-107.