

## PA9) 매립장 배출공의 휘발성유기화합물의 계절 (겨울과 여름철)간 배출특성에 대한 연구

### The Seasonal Characteristics of VOC Emission in Landfill Site

오상인 · 김기현 · 최여진 · 전의찬 · 사재환<sup>1)</sup>

세종대학교 지구환경과학과, <sup>1)</sup>동신대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

매립지 내부에서 진행되는 혐기성 분해로 인한 폐기물의 부패현상은 일반적으로 악취와 관련한 직접적인 대기오염문제에서부터 메탄과 이산화탄소와 같은 온실기체의 발생 등과 같이 기후환경변화와 관련된 문제에 이르기까지 매우 심각한 오염원으로 인식되고 있다. 특히 매립지 내부의 가스상 오염물질들의 누적을 억제하기 위하여 설치하는 배출공에서는 이산화탄소나 메탄과 같은 온실기체 이외에도 약 80여 종에 이르는 다양한 휘발성유기화합물질 (Volatile Organic Compound, 이하 VOC) 성분들이 검출되기도 하였다 (Young and Parker, 1983). 매립지 내부로부터 배출공을 통해 배출되는 VOC의 농도는 일반대기 중 존재하는 것보다 수십 또는 수천 배까지 고농도인 것으로 밝혀진바 있어서, 환경위생학적 관점에서 적절한 관리방안이 절실히 요구되고 있다 (Kim and Kim, 2002).

본 연구에서는 광주광역시 운정동에 위치한 매립지를 대상으로 2002년 12월과 2003년 8월, 두 차례에 걸쳐 배출공을 통해 배출되는 VOC 성분들의 정량, 정성적인 분석을 실시하였다. 이러한 실험결과를 토대로 일차적으로 이들의 농도 수준을 평가하고, 배출공의 용적과 배출가스의 배출속도와 온도 등을 조사하여 연간 배출량 등을 산출하였다. 아울러 본 연구에서는 겨울철과 여름철의 두 차례 조사 기간 동안 동일한 배출공을 반복적으로 관찰함으로써 계절적 환경조건 (특히 기온)의 변화에 따른 VOC 성분의 배출특성에 대한 변화를 정량적으로 비교하고자 하였다.

#### 2. 연구 방법

본 연구의 대상은 K시의 위생매립시설물로서, 279,208 m<sup>2</sup> (84,460 평)의 면적과 4,369 m<sup>3</sup>의 총매립 용적으로 설계되었다. 참고로 본 연구대상지역은 면적을 기준으로 볼 때, 서울시의 대규모 비위생 매립시설물인 난지도 (2.72 Km<sup>2</sup>)의 1/10 규모에 해당하는 중규모 매립시설로 간주 할 수 있다. 본 시설물에는 매립층 내부로부터 생성된 가스를 배출하기 위해, 내경 30 cm, 지표면으로부터 1 m 정도의 높이를 유지하는 배출공을 전체 지역에 87개를 설치하였다. 그러나 2003년 8월 현재, 배출가스의 중앙회수를 위해, 배출공에 대한 제거작업이 진행 중이다.

본 연구에서는 매립지 환경에 존재하는 VOC 성분을 정량적으로 관측하기 위해, 배출공으로부터 배출되는 가스 (landfill gas, 이하 LFG) 내의 VOC 성분에 대한 분석에 주력하였다. 2002년 겨울철 (12/9-11)과 2003년 여름철 (8/9), 두 차례 현장에 대한 시료채취를 실시하였다. 배출공으로부터 배출되는 VOC 시료의 채취에는 3 리터 또는 10 리터 크기의 테들러 백을 핸드샘플러에 연결하여 기기의 최고 가동유속인 약 1 liter min<sup>-1</sup>에서 시료를 채취하였다. 배출공으로부터 배출되는 VOC 성분들은 일반대기 중에 존재하는 것보다 극단적으로 수백 또는 수천 배까지 상당히 큰 농도 차이를 보이기 때문에, 채취한 시료에 대한 분석에는 다음과 같은 고농도 분석에 용이하도록 고안된 분석시스템을 이용하였다. 겨울철에 해당하는 1차 조사기간에 채취한 시료의 경우, 주로 수 백 ppb대 이상의 고농도 관측에 용이한 휴대형 GC-PID (Voyager Assay # 1, Photovac, Inc.)를 사용하였다. 여름철에 해당하는 2차 조사기간에는 Loop (250 ul) injection 방식을 준용하는 시료주입장치 (SPIS TD, 도남인스트루먼트)가 연계된 GC/FID 분석시스템을 활용하였다. 이들 성분의 배출특성을 명확하게 설명하기 위해서 배출공으로부터 배출되는 CH<sub>4</sub>, THC, NMHC (THC와 CH<sub>4</sub> 농도의 차이로 계산), CO<sub>2</sub> 등을 위시한 탄소성분들에 대한

측정도 동시에 수행하였다.

### 3. 연구 결과

본 연구에서는 겨울과 여름철, 두 차례에 걸쳐 총 17 개 (겨울철 15, 여름철 6)의 배출공 시료를 대상으로, BTEX를 위시한 VOC 성분에 대한 배출농도를 분석하였다. 표 1에는 이들 성분에 대한 배출농도와 탄소성분의 연간 플럭스 산출량을 요약통계한 결과를 계절별로 제시하였다. 성분별 배출농도는 수 ppm에서 수백 ppb의 농도분포를 나타내었으며, toluene과 xylene류는 양 계절에서 기타 항목에 비해 가장 높은 것으로 나타났다. 관측성분의 계절별 농도의 변동은 benzene을 제외한 성분들이 2 차 조사기간인 여름철에 약 3~4배 가량 감소하는 경향이 나타났으며, styrene의 경우 극단적으로 농도가 감소하였다. 탄소성분을 기준으로 한 BTEX류의 플럭스 산출량 비교 결과, 여름철 배출량 감소현상이 훨씬 두드러지게 나타났다. Benzene을 제외한 성분이 외기의 온도와 일사량이 높은 여름철에 보다 적게 배출된다는 다소 의외의 연구결과는 다른 연구사례에서도 찾아 볼 수 있다. 백성욱 외 (2003)의 연구결과에서는 매립지 표면의 VOC 배출량 변동은 매립지점과 계절적인 요인에 따라 경향성 있게 나타나지만, 배출공에서는 계절의 변화와 상관없이 일정한 것으로 나타났다. 이러한 관측결과는 주변 환경의 변화가 매립층 내부의 배출가스 생성에 민감하게 작용하지 않는 것으로 사료된다. 한편 배출공에서 배출되는 VOC 성분 이외에도 NMHC, THC, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> 의 계절 간 배출량 변동은 앞서 언급한 성분과는 다르게 2차 조사 시점인 여름철에 높게 나타났다. 본 연구의 결과, 일반적인 예상과 달리 여름철의 배출과 겨울철의 배출이 현저하게 차이를 나타내지 않는다는 것을 확인하였다.

Table 1. A statistical summary of LFG concentrations and fluxes of aromatic VOCs

	BEN	TOL	EB	MX	OX	STR	BEN	TOL	EB	MPX	OX	STR
	(A) Winter Campaign (Dec. 2002)						(B) Summer Campaign (Aug. 2003)					
	(1) Concentration (ppm)											
Mean	0.23	10.9	2.98	2.36		2.59	0.92	2.61	0.98	1.05	2.29	0.09
SD	0.14	10.4	2.29	1.55		1.50	1.05	2.35	0.50	0.52	1.11	0.08
Min	0.04	1.02	0.60	0.45		0.90	0.14	0.66	0.41	0.51	1.03	0.04
Max	0.48	32.3	8.13	7.07		4.80	2.77	6.34	1.72	1.79	3.91	0.25
N	14	14	15	15		8	6	6	6	6	6	6
CI (90%)	0.07	4.90	1.04	0.71		1.01	0.87	1.94	0.41	0.43	0.92	0.07
	(2) Flux (Kg C/yr)											
Mean	0.54	28.3	9.34	6.67		5.68	1.14	3.72	1.93	3.97	4.43	0.16
SD	0.58	42.3	12.8	5.33		3.97	1.10	2.08	0.87	1.29	1.66	0.06
Min	0.06	2.19	1.48	1.11		1.67	0.20	1.88	0.83	2.11	2.07	0.09
Max	2.36	165	53.5	20.5		13.5	2.79	6.51	3.10	5.66	6.30	0.26
N	14	14	15	15		8	6	6	6	6	6	6
CI (90%)	0.28	20.0	5.84	2.42		2.66	0.90	1.71	0.72	1.06	1.37	0.05

### 참고 문헌

- Young, P. and Parker, A. (1983) Waste Management and Research. 2, 213-226.  
 Kim, K.-H. and Kim M.Y. (2002) Atmospheric Environment. 36(14), 2433-2446.  
 백성욱, 송정환, 김수현, 원양수, 공인철, 김승현 (2003) 대한환경공학회. 투고중.