

PB23) 하수처리공정에서 발생하는 악취농도 및 배출량 평가
Evaluation for Odor Concentrations and Emissions
from the Sewage Treatment Processes

전재식 · 오석률 · 신진호 · 김주형 · 김민영 · 김덕찬¹⁾
 서울시보건환경연구원, ¹⁾서울시립대학교 화학공학과

1. 서론

하수종말처리장에서 발생하는 주 악취 발생원은 분뇨 및 슬러지 처리 등 고농도 배출공정과 폭기조, 침전조 등 저농도 배출공정으로 구분할 수 있다. 2003년 말 기준 전국 하수종말처리장은 243개소로 처리시설용량은 2천만 톤/일 이상의 규모로 운영되고 있으며 이중 분뇨처리 시설용량은 24,222 톤/일로, 총 191개소의 분뇨처리장중 116개소가 전처리 후 하수처리장에서 병합처리 하고 있다(환경부, 2004). 하수와 분뇨처리시설은 황화합물 및 아민류 등의 주 악취 발생원으로 하수처리시설 주변지역은 악취로 인해 쾌적치 못한 주거환경의 잠재성이 상존하고 있다. 하수 처리공정의 부산물로 발생하는 슬러지의 양은 약 5,700톤/일로 산정되고 있으며 슬러지의 매립지 직매립 금지 및 해양투기 규제 강화에 따라 하수슬러지의 소각처리 증가는 악취의 공간적 분포를 확대시킬 것으로 예상된다. 따라서 이들 공정에서 발생하는 악취에 대한 정확한 조사와 철저한 관리대책이 수행되지 않을 경우 대부분 하수처리시설이 주거지역과 인접해 있는 관계로 주변지역의 민원은 증가할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 하수처리공정에서 발생하는 악취의 주변지역에 미치는 영향과 합리적인 저감대책을 모색하기 위한 기초 자료로서 악취 배출원의 악취농도 및 배출량을 정량적으로 산정하고자 한다.

2. 연구 방법

서울시내 소재하는 A하수종말처리장에 대하여 2004년 3월부터 9월까지 7회에 걸쳐 악취 방지시설이 설치된 배출구에서 시료를 채취하였다. 시료채취 방법은 국내 대기오염공정시험방법에 준하여 Teflon bag(40L)에 채취하였으며, 대상 배출원의 주 악취 원인물질로 예상되는 단위물질의 정량을 위해 기기분석(GC-FPD, UV Spectrophotometry)을 실시하였다. 악취농도 측정을 위하여 Dynamic Olfactometer를 이용하였으며 Panelist는 총 6인으로 구성하였다. 시료 측정 전에 n-Butanol을 사용하여 Panel 구성 인원의 적정성 여부에 대한 검증은 실시하였다. 시료의 희석배율은 2배수로 하였으며 최대, 최소를 제외한 나머지를 기하 평균값으로 측정 결과를 산출하였다. 배출원으로 부터의 악취 배출량은 배출가스 유량을 표준상태로 환산하여 다음 식에 의해 산정하였다.

$$\begin{aligned} & \text{The odor emission rate from a source}(\text{OU s}^{-1}) \\ & = \text{odor concentration}(\text{OU m}^{-3}) \times \text{volumetric flow rate}(\text{m}^3 \text{s}^{-1}) \end{aligned}$$

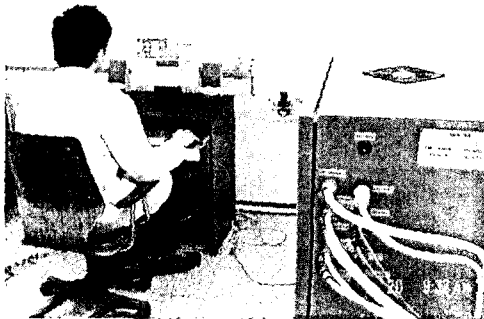


Fig. 1. Photography of operating dynamic olfactometer by olfactometry.

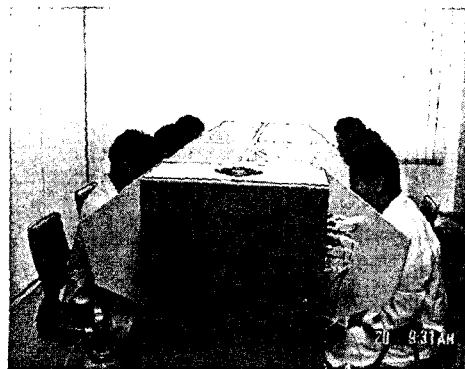


Fig. 2. Photography of analyzing odor concentration system.

과하도록 구성하였다. Dynamic Olfactometer System의 작동과정을 Fig. 1에 나타내었으며 Ofactometry에 의한 악취분석 과정은 Fig. 2에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구 대상 시설의 각 악취 발생 공정에서 측정된 단위물질 농도 및 혼합 악취농도 산정 결과를 Table 1에 나타내었다. Biofilter A에서의 평균 악취농도는 12,450(OU/m³)으로 가장 높은 농도를 나타냈으며 조사기간 중 비교적 낮은 농도변화를 보였다. Incinerator 및 Biofilter C의 경우 평균 악취농도는 낮은 반면 최소, 최대값의 차이가 각각 약 27배, 11배로 높게 나타났으며, 암모니아가 타 공정의 농도분포에 비해 높게 나타났다. 각 공정마다 황화합물 중 황화수소가 가장 높은 농도로 나타났으며, 악취농도가 높을수록 단위물질의 농도도 높게 나타났다.

Table 1. Summary of mean odor concentrations measured from main processes.

Treatment Process	Flow rate (m ³ /s)	Compound										Odor Concentration (OU/m ³)	
		(ppb)					(ug/m ³)						
		H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	DMDS	NH ₃	H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	DMDS	NH ₃		
Incinerator	Mean	3.01	71.3	49.8	77.9	1.7	108.7	99.2	97.8	196.9	6.4	75.5	1,170
	Range	2.45 ~ -3.66	40.5 ~ -105.9	11.2 ~ -99.7	0.7 ~ -198.7	ND ~ -6.2	59.9 ~ -172.1	56.6 ~ -148.0	21.9 ~ -85.6	1.7 ~ -501.7	ND ~ -23.6	41.8 ~ -119.7	181 ~ 4,871
Biofilter A	Mean	9.70	1272.2	42.7	11.1	19.0	363.2	1807.8	85.6	28.7	74.7	257.4	12,450
	Range	7.25 ~ -10.68	920.5 ~ -2078.0	13.2 ~ -76.6	2.7 ~ -25.5	4.2 ~ 80.0	81.0 ~ -1074.5	1295.7 ~ -2963.3	26.5 ~ -154.2	7.0 ~ -66.3	16.6 ~ -314.1	57.7 ~ -761.0	8,119 ~ 19,484
Biofilter B	Mean	8.21	947.1	26.4	6.8	26.3	116.3	1345.8	52.9	17.6	103.0	82.5	8,116
	Range	7.63 ~ -9.25	765.6 ~ -1354.1	10.7 ~ -52.2	3.1 ~ -11.3	11.6 ~ -64.8	62.0 ~ -185.8	1079.9 ~ -1938.2	21.4 ~ -104.8	8.0 ~ -26.2	45.4 ~ -252.6	43.9 ~ -113.0	4,871 ~ 11,585
Biofilter C	Mean	60.24	8.2	4.7	1.4	1.3	77.9	11.7	9.5	3.5	5.1	55.4	773
	Range	49.65 ~ -84.34	2.1 ~ -19.3	2.6 ~ -9.8	ND ~ -2.2	0.4 ~ -2.3	54.0 ~ -105.7	3.0 ~ -86.8	5.3 ~ -19.8	ND ~ -79.8	1.6 ~ -9.1	38.7 ~ -93.7	256 ~ 2,896

Table 2. Summary of mean odor emission rates measured from treatment processes.

Treatment Process		Emission rates					Odor (OU/s)
		Compound (ug/s)					
		H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	DMDS	NH ₃	
Incinerator	Mean	295.5	287.0	628.0	20.5	224.7	3181.4
	Range	166.7 ~ 467.5	73.7 ~ 621.3	4.1 ~ 1,688.9	ND ~ 86.6	132.1 ~ 351.5	609.3 ~ 11,927.8
Biofilter A	Mean	17,477.5	807.8	272.1	720.0	2,312.3	118,196.0
	Range	12,014.0 ~ 27,733.9	283.2 ~ 1,613.3	65.7 ~ 693.7	173.2 ~ 3,118.0	540.2 ~ 5,515.8	76,671.3 ~ 165,534.9
Biofilter B	Mean	11,049.1	427.8	143.5	864.4	679.5	66,519.5
	Range	8,774.9 ~ 16,383.0	172.1 ~ 799.4	73.8 ~ 230.7	353.6 ~ 2,338.0	353.1 ~ 1,045.6	39,203.7 ~ 90,303.5
Biofilter C	Mean	683.9	582.0	208.2	308.9	3,338.6	55,466.3
	Range	163.6 ~ 1,647.1	313.2 ~ 1,208.2	ND ~ 281.2	77.5 ~ 542.6	2,356.6 ~ 5043.3	15,006.5 ~ 244,252.8

각 처리공정의 악취 배출량은 Table 2에 나타내었다. 악취농도가 가장 높게 나타난 Biofilter A에서의 평균 악취 배출량 및 황화수소 배출량은 각각 118,196(OU/s), 17,477.5(ug/s)로 가장 높게 나타났다. Biofilter C의 경우 위에서 언급한 바와 같이 낮은 악취농도를 보였으나, 배출가스 유량이 상대적으로 큰 관계로 비교적 높은 악취 배출량을 나타냈으며 처리과정 중 가장 높은 평균 암모니아 배출량을 나타냈다. 건조시설에서 발생하는 가스물질을 이송시켜 슬러지와 함께 소각하고 있는 Incinerator는 타 공정에 비하여 상대적으로 적은 악취 배출량을 나타냈으나, 조사기간 중 악취 배출량의 변동폭이 크게 나타났다.

본 연구 대상의 하수종말처리시설은 각 하수처리 단위공정에서 발생하는 악취를 수집, 이송하여 주로 Biofilter에 의한 방법으로 악취를 저감시키고 있으나, 조사결과 주변지역의 민원 유발 소지가 잠재하고 있어 각 공정별 악취저감을 위한 사업장 측의 대책 마련과 함께 각별한 운영·관리가 요구되고 있다.

참고 문헌

- 환경부 (2004) 2003년말 기준 가동중인 하수종말처리시설 현황.
- 환경부 (2004) 전국 운영중인 분뇨처리시설 현황.