

4C5) 하수처리장 공정별 주요 악취원인물질간 상관성 조사 Correlation Analysis Between Malodorous Factors in a Wastewater Treatment Plant

김선태 · 김학민 · 정구희 · 정재호 · 고장석¹⁾
대전대학교 환경생명공학과, ¹⁾충청남도 보건환경연구원

1. 서 론

환경 민원의 20% 이상을 차지하는 악취현상은 생활환경에 직접적으로 영향을 주고 있으며, 법적인 규제 대상으로써 쾌적한 삶에 대한 요구와 더불어 중요 관심대상이 되고 있는 현실이나, 악취의 발생원과 종류가 다양하고 악취의 노출정도가 인간 개인의 후각특성에 따라 주관적이고 감각적이라는 이유로 이에 대한 방지기술 및 객관적인 평가 방법의 연구에 많은 어려움을 겪고 있다. 정부에서는 악취의 중요성을 인식하여 1992년 12개 업종과 2000년 하수처리장을 포함하여 17개 업종을 추가한 총 29개 업종에 대하여 생활악취 규제대상시설로 지정 후 규제기준에 따른 관리를 수행하고 있다. 그러나, 관리상태, 기상조건 및 발생원의 특성에 따라 악취배출원에서 발생하는 악취물질이 크게 달라지며, 이에 각 시설에서도 악취현상 감소를 위한 악취관련시설의 밀폐 등 다양한 대책이 수립 및 시행되고 있으나 실효성에 대한 객관적 평가는 상대적으로 미흡한 현실이다. 더욱이 도시지역의 주요 악취발생원으로 주목받는 하수처리장의 경우는 인근에 대규모 주거지역 및 공공시설이 입주되어 있어 주변으로의 악취영향을 클 것으로 예상되고 있으며, 또한 실제 악취 민원의 대상이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 하수처리장 내 단위시설에서 발생하는 주요 악취원인물질을 도출하고 악취평가방법간의 상관성을 조사함으로써 악취관련 민원제기에 따른 합리적인 대처와 관리방안 수립의 한 부분을 제공하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 하수처리장의 주요 단위시설에서 발생하는 악취 원인물질을 도출하기 위하여 농축장치를 장착한 GC-MS, GC-AED, GC-FID, GC-NPD-SPME를 이용하여 악취물질을 분석하였으며, 주요 악취유발물질 선정을 위하여는 악취유발물질의 농도를 그물질의 악취감지한계농도(Odor threshold)로 나누어 준 값인 악취농도지수(Odor Quotient)를 활용하였다. 기기분석을 이용한 단일취기물질 분석과 병행하여 복합취기에 의한 냄새수준을 정량적으로 평가하고자 공기희석관능법을 이용하여 단위시설별 악취농도(ou/m³)를 평가하였으며, 하수처리장의 하수 성상에 따라 외부로 발산되는 냄새유발물질의 정도가 다르게 나타날 수 있을 것으로 판단하여 수질오염지표 항목에 대한 분석을 실시하였다. 또한 모든 발생원에서 공통적으로 수체내에 포함되어 있는 악취유발물질이 외부로 발산되어 악취문제를 야기하게 된다는 사실을 고려하여 각각의 공정에 대한 악취발생가능성을 객관적으로 평가할 수 있는 악취발생능을 평가하였으며, 황화수소의 산화특성을 고려하여 passive sampler에 의한 아황산가스 분석결과를 토대로 동일지점에 대한 평가방법별 상관분석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

표 1과 표 2는 연구대상 하수처리장 내 각 단위시설의 주요 악취유발물질을 나타낸 것으로서, 계절적인 차이로 인하여 하계조사에서의 악취농도지수의 합(Sum of Oodr Quotient : 이하 SOQ)이 상대적으로 높게 나타났으며, 황화수소, 메틸머르캅탄 등의 황화합물이 주요 악취유발물질로 나타났다. 또한 하수처리 공정별로는 최초침전지와 가압부상농축조의 SOQ가 높게 나타났으나, 밀폐 및 탈취시설 운영에 따른 외부발산의 영향이 작을 것으로 예상되지만 부대시설에서의 개방구로 인한 주변으로의 확산 개연성이 존재함에 따라 이에 대한 대책이 필요한 것으로 판단되었다. 표 3은 하절기에 실시한 항목별 평가 결과의 상관조사 결과를 나타낸 것이다. 수질지표인 암모니아성 질소는 황화수소, 아황산가스, SOQ, 그

리고 악취농도와의 상관성이 0.8이상으로 다소 강하게 나타났으며, 대표적인 악취물질인 황화수소는 악취발생능, SOQ, 악취농도와의 상관계수가 0.9이상으로 강한 상관성을 보였다. 또한, passive sampler에 의한 아황산가스는 황화수소와 상관계수가 0.915로 강한 상관성을 보임으로써 수표면에서 대기로 발산되어 아황산가스로 산화하는 황화수소의 순환특성을 보여주는 결과로 판단할 수 있었다. 비록 이러한 평가결과가 1~2회의 분석자료에 의해 산출된 것으로 상관관계를 단정적으로 판단하기는 어렵지만 SOQ를 통해 악취농도를 간접적으로 판단할 수 있을 것으로 보이며, 수질지표 중 암모니아성 질소의 변화에 따라 외부로 발산되는 악취유발물질 특성이 변화될 가능성과 아황산가스로서 황화수소의 발산특성을 간접적으로 판단할 수 있는 개연성이 높은 것으로 판단되었다.

이와 같은 사실을 종합해 볼때, 하수처리장 운영과정에서 나타나는 악취현상의 저감을 위해서는 황화합물의 효과적인 제어가 가능한 탈취시설의 도입과 암모니아성 질소의 생성을 최소화 할 수 있는 시설 운영방안에 대한 검토가 필요한 것으로 나타났다.

Table 1. Major odorant caused in each process(winter).

Site	SOQ	1st (OQ)	2nd (OQ)	3rd (OQ)	4th (OQ)	5th (OQ)
Plant 1 Grit chamber	2.7	H2S Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds	DMDS Sulfur compounds	m,p-xylene aromatic hydrocarbons	Toluene aromatic hydrocarbons
Plant 1 Primary sedimentation basin	3068.9	H2S Sulfur compounds	MeSH Sulfur compounds	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds	Butanal Aldehydes
Plant 1 Aeration tank	4.3	DMS Sulfur compounds	DMDS Sulfur compounds	m,p-xylene aromatic hydrocarbons	α -pinene monoterpene	isopropylbenzene aromatic hydrocarbons
Plant 1 Final sedimentation basin	5.9	DMDS Sulfur compounds	H2S Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds	m,p-xylene aromatic hydrocarbons	isopropylbenzene aromatic hydrocarbons
Air flotation thickener	2499.2	MeSH Sulfur compounds	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds	H2S Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds	DMTS Sulfur compounds

Table 2. Major odorant caused in each process(summer).

Site	SOQ	1st (OQ)	2nd (OQ)	3rd (OQ)	4th (OQ)	5th (OQ)
Plant 2 Grit chamber	6,884.9	H2S Sulfur compounds	MeSH Sulfur compounds	Octanal Aldehydes	Hexanal Aldehydes	DMTS Sulfur compounds
Plant 2 Primary sedimentation basin	12,811.0	H2S Sulfur compounds	MeSH Sulfur compounds	n-Propyl mercaptan Sulfur compounds	DMTS Sulfur compounds	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds
Plant 2 Aeration tank	209.2	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds	H2S Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds	DMDS Sulfur compounds	α -pinene monoterpene
Plant 2 Final sedimentation basin	60.6	MeSH Sulfur compounds	H2S Sulfur compounds	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds	Carbon disulfide Sulfur compounds	DMDS Sulfur compounds
Air flotation thickener	5,248.7	MeSH Sulfur compounds	H2S Sulfur compounds	DMDS Sulfur compounds	Methyl allyl sulfide Sulfur compounds	DMS Sulfur compounds

Table 3. Correlation between concentration and unit value in process(summer).

	DO	Temp.	pH	Conductivity	SS	COD _{mn}	NH ₃ -N	T-N	T-P	H ₂ S	SO ₂	NH ₃	OEC	SOQ	ou/m ³
DO	1														
Temp.	0.759	1													
pH	-0.853	-0.984	1												
Conductivity	-0.400	0.143	-0.055	1											
SS	-0.174	0.444	-0.329	0.909	1										
COD _{mn}	-0.210	0.423	-0.304	0.921	0.998	1									
NH ₃ -N	-0.864	-0.860	0.879	0.213	-0.148	-0.103	1								
T-N	-0.317	0.284	-0.176	0.977	0.976	0.982	0.049	1							
T-P	0.130	0.582	-0.543	0.835	0.829	0.833	-0.180	0.838	1						
H ₂ S	-0.784	-0.991	1.000	-0.171	-0.454	-0.393	0.924	-0.297	-0.372	1					
SO ₂	-0.968	-0.852	0.914	0.241	-0.056	0.011	1.000	0.113	0.034	0.915	1				
NH ₃	0.997	0.748	-0.829	-0.406	-0.119	-0.186	-0.981	-0.285	-0.208	-0.831	-0.985	1			
OEC	-0.657	-0.486	0.571	-0.058	-0.181	-0.122	0.677	-0.099	-0.302	0.997	0.943	-0.871	1		
SOQ	-0.621	-0.749	0.743	-0.156	-0.466	-0.411	0.879	-0.303	-0.375	1.000	0.918	-0.835	0.825	1	
ou/m ³	-0.841	-0.698	0.776	0.059	-0.149	-0.093	0.855	-0.022	-0.310	0.981	0.976	-0.923	0.951	0.878	1

참 고 문 헌

J.A. Zahn, A.A. DiSpirito, Y.S. Do, B.E. Brooks, E.E. Cooper and J.L. Hatfield (2001) Correlation of Human Olfactory Responses to Airborne Concentrations of Malodorous Volatile Organic Compounds Emitted from Swine Effluent, J. Environ. Qual 30: 624-634.