

하수처리시설에서 발생하는 악취물질 거동

대기화학팀

최종욱 · 조기찬 · 김영두 · 오석률 · 박진아 · 유병태

Behavior of Malodorous Substance in Sewage Treatment Plant

Atmospheric Chemistry Team

**Jong-wook Choi, Gi-chan Cho, Young-doo Kim, Seok-ryul Oh, Jin-a Park
and Byung-tae Yu**

Abstract

Odorous substance was analyzed to figure out the behavior of malodorous compounds emitted from Nanji sewage treatment plant as one of major odorous emission sources in Seoul using both analytical instrument method and human detection thresholds method. Two Samples were collected at sludge thickener(pt.3) and at food compost facility(pt.4) inside Nanji sewage treatment plant and one sample was collected at boundary(pt.2) of Nanji sewage treatment plant. One sample was collected at Jayoo street(pt.1) outside Nanji sewage treatment plant in order to determine the effect of odor caused Nanji sewage treatment plant. The average NH_3 concentration of pt.2 and pt.3 and pt.4 were 1.19ppm and 1.92ppm and 2.5ppm, respectively, but hydrogen sulfide and methyl mercaptan and dimethyl sulfide and demethyl disulfide were not detected. As a result of regression analysis between Pt. 2 and Pt. 3 and between Pt.2 and Pt. 4, they turned out to be highly correlated. The correlation coefficient of between Pt. 2 and Pt. 3 and between Pt.2 and Pt. 4 were 0.7892 and 0.8377, respectively. Pt.3 and Pt.4 were shown the main odor source effected the odor strength of pt.2. No odorous substance was detected at Pt. 1, therefore odorous substance emitted from sewage treatment plant was not influenced outside area near Nanji sewage treatment plant.

서 론

자연적으로 발생하는 악취는 미생물에 의한 단백질 분해 또는 물질자체가 가지는 고유한 냄새 등에 의하여 유발되고 그 종류도 다양하다. 자연적으로 발생하는 악취의 발생량은 상당히 많으나 넓은 지역에서 저농도로 발생하기 때문에 악취를 느끼지 못하는 경우가 대부분이

다.¹⁾ 최근의 산업 발달로 인해 악취의 발생원이 다양하게 생겨나면서 악취의 원인도 여러 가지 복합된 화합물에서 비롯되는 경우가 많다. 최근의 악취 주요 발생원으로는 정유공장, 화학공장, 하수처리시설, 분뇨 및 축산 폐수처리시설, 쓰레기매립지 등을 들 수 있다. 악취는 생활환경과 사람의 심리상태에 따라서 오염도에 대한 인식이 달라지는 특성이 있어 다른 대기오염물질과는 달리

효과적으로 발생원을 관리하고 저감대책을 수립하는데 어려움이 있다.

서울과 같은 대도시에서는 악취를 유발시키는 공장시설의 대부분이 없어졌기 때문에 공장에서 발생하는 악취 문제보다 도시지역에서 배출되는 생활하수를 처리하기 위한 하수처리시설과 처리 용량 증가로 인하여 유발되는 악취문제가 빈번히 제기되고 있다. 하수처리시설은 수질보전을 위해서는 필수적인 시설이나 처리과정에서 발생하는 악취로 인하여 처리장 주변에 인접한 지역 주민은 악취에 대해 신경이 예민해 지고 불만도 점점 증가하고 있는 실정이다²⁾. 대기모델을 이용한 악취의 영향도 산정결과와 현장조사 결과³⁾에 의하면 국내 환경기초시설에 의한 악취의 영향은 대부분 처리시설내의 문제에 국한되어 있는 것으로 보고되고 있으나 하수처리시설과 주거지역이 근접되게 위치함에 따라 악취발생에 대한 문제 제기가 되고 있는 것으로 보인다. 환경관련시설 등에서 발생하는 악취에 대하여 관심이 높아짐에 따라 악취 저감방법의 개발이나 평가에 이용할 악취 측정기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{4,5)}.

본 조사 연구에서는 서울시에 소재하는 4개 하수처리시설 중 2002월드컵 주경기장에 근접하면서 악취 주요 발생원의 하나인 난지하수처리시설을 선정하여 악취물질의 거동을 조사 연구하였다. 하수처리장 내부에 있는 악취 발생원과 부지경계선에서 감지되는 악취물질 거동

을 파악하고자 직접관능법과 기기분석법을 병행하여 2000년 1월에서 12월까지 매일 악취물질을 분석하였으며 분석결과를 토대로 하수처리시설의 민원해소 및 악취 저감대책에 기여하는데 그 목적이 있다.

조사대상 및 분석방법

1. 조사대상

조사대상시설로는 악취 다량 배출사업장인 하수처리시설 중 특히 2002월드컵 경기가 열리는 상암동 월드컵 주경기장과 가깝게 위치하는 난지하수처리사업소를 선정하였다. 난지하수처리사업소의 시설용량은 하수 100만 m^3 /일과 정화조 3000 kl /일로서, 처리구역은 하수는 고양시 일부와 서울시 7개 구이고 정화조는 서울시 9개 구이다. 악취물질 시료채취는 난지하수처리사업소내의 악취 발생원 2개 지점과 부지경계선 1개 지점과 하수처리사업소에서 발생하는 악취의 영향을 파악하기 위하여 정문 앞 자유로에서 이루어 졌으며 그 위치는 Fig.1과 같다.

2. 분석방법

1) 직접관능법

악취가 발생하는 현장의 부지경계선상에서 취기강도

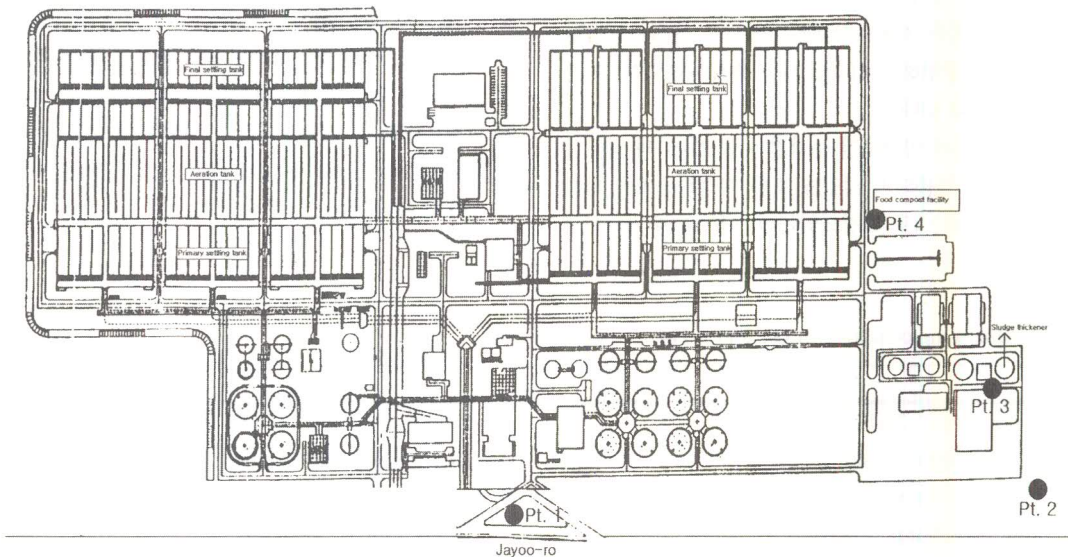


Fig. 1. Diagram of Nanji sewage treatment plant and sampling points

가 가장 높은 지점을 선정하여 조사대상지역에 거주하지 않는 사람으로서 후각이 정상이고 건강한 사람 5인으로 구성되어 악취의 취기강도를 측정하였고⁶⁾ 악취판정은 대기오염공정시험법에 의하였다.

2) 기기분석법

(1) 암모니아

대기오염공정시험방법의 용액흡수법으로 두 개의 흡수병에 0.5% 봉산용액을 각각 20ml씩 넣고 시료를 10 l/분으로 5분간 흡수시켜 640nm 파장으로 HP8452A Spectrophotometer에서 암모니아 성분을 분석하였다.

(2) 황성분 악취물질

시료를 1~2 l/분으로 5분간 10 l 테드러 백에 흡입 채취하여 on-line방법으로 PE ATD400에서 열탈착을 시킨 후 GC-FPD에서 H₂S, MeSH, Me₂S, Me₂S₂의 4 가지 황성분 악취물질을 분석하였으며 분석 조건은 Table 1와 같다²⁾.

결과 및 고찰

하수처리시설내의 악취 발생원인 정화조농축조(Pt. 3)와 음식물퇴비화시설(Pt. 4)에서는 기기분석법에 의한 암모니아와 황화합물을 측정하였고, 대기환경보전법상의 악취측정 지점인 부지경계선(Pt. 2)과 외부 영향을 파악하기 위한 자유로상(Pt.1)에서는 직접관능법과 기기분석법을 병행하여 악취물질을 측정하였으며 그 결과는 Table 2와 같다.

자유로상에서의 악취물질 분석결과 암모니아와 악취성분 황화합물은 검출되지 않았고 또한 직접관능법에 의해서도 1도(감지취기)로 판정되었는데, 이는 하수처리시설

의 넓은 부지로 인한 희석효과와 하수처리장내에서 조립되고 있는 수목에 의해 악취가 저감되어 하수처리장 외부에서는 악취의 영향이 미치지 않는 것으로 나타났다.

부지경계선 지점에서는 암모니아가 10월에 최대농도인 2.35ppm, 11월에는 최저농도인 0.37ppm, 평균농도는 1.19ppm으로 나타났으며 황성분 물질은 모두 검출되지 않았다. 직접관능법에 의한 결과는 2도로서 하수처리장에서 발생하는 악취라고 인지할 정도의 취기가 감지되었다. Fig. 2에서와 같이 계절별에 따른 변화에서는 일관성을 찾을 수가 없는데 이것은 온도의 영향보다는 측정 시점의 작업량에 더 많은 영향을 받는 것으로 여겨진다. 부지경계 지점은 정화조니처리장 앞이기 때문에 차량으로 운반된 정화조오니 처리작업에 따라 악취 강도의 변동이 많은 것으로 나타났다.

하수처리시설내부의 악취발생원인 정화조농축조와 음식물퇴비화시설에서는 5월부터 12월까지 기기분석법에 의한 암모니아와 황성분물질을 측정하였다. 분석결과에서 정화조농축조 지점에서의 암모니아의 평균농도는 1.92ppm이며 최대농도는 10월에 4.25ppm, 최저농도는 8월의 0.92ppm으로 나타났고 황성분 물질은 검출되지 않았다. 특히 정화조농축조에서 생기는 스크름을 제거하기 위하여 농축조의 창을 열고 작업을 할 때에 암모니아가 많이 검출되었다.

음식물 퇴비화시설에서 암모니아의 평균농도는 2.55ppm이며 최대농도는 10월에 7.57ppm, 최저농도는 11월에 0.97ppm으로 나타났고 황성분 물질은 검출되지 않았다. 음식물쓰레기를 퇴비화하기 위한 분해 과정을 개방된 공간에 음식물퇴비 더미를 만들어 쌓아 놓고 퇴비화시키기 때문에 악취가 심하게 발생되었는데 이 지점에서의 암모니아 농도가 4개 측정 지점 중 가장 높은 것으로 나타났다.

Table 1. Operating condition of GC and ATD

ATD 400	GC-FPD
· oven temp. : 350℃	· column : SPB-1, 30m×0.32mm×4μm
· desorb. time : 1min	· oven temp. : 40℃(8min)
· trap hold time : 5min	→8℃/min →184℃(4min)
· trap high temp. : 300℃	· carrier flow : 3.3ml/min
· trap low temp. : -80℃	· FPD temp. : 250℃
· transfer line temp. : 200℃	

Table 2. Results of measurement of malodorous compounds in Nanji sewage treatment plant

sampling date	sampling point	human detection thresholds (degree)	Concentration(ppm)				
			NH ₂	H ₂ S	MeSH	Me ₂ S	Me ₂ S ₂
2000/1/26	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	1.26	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	-	-	-	-	-
	Pt. 4	-	-	-	-	-	-
2000/2/25	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	2.15	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	-	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	-	-	-	-	-
2000/3/31	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.97	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	-	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	-	-	-	-	-
2000/4/30	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	1.60	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	-	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	-	-	-	-	-
2000/5/30	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.96	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	2.59	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	1.21	ND	ND	ND	ND
2000/6/22	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.56	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	0.95	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	1.20	ND	ND	ND	ND
2000/7/27	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	1.93	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	2.62	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	3.70	ND	ND	ND	ND
2000/8/31	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.64	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	0.92	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	1.14	ND	ND	ND	ND
2000/9/20	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.96	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	1.43	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	3.31	ND	ND	ND	ND
2000/10/31	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	2.35	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	4.25	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	7.57	ND	ND	ND	ND
2000/11/30	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.37	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	1.58	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	0.97	ND	ND	ND	ND
2000/12/14	Pt. 1	1	ND	ND	ND	ND	ND
	Pt. 2	2	0.58	ND	ND	ND	ND
	Pt. 3	-	1.01	ND	ND	ND	ND
	Pt. 4	-	1.33	ND	ND	ND	ND

ND : not detected

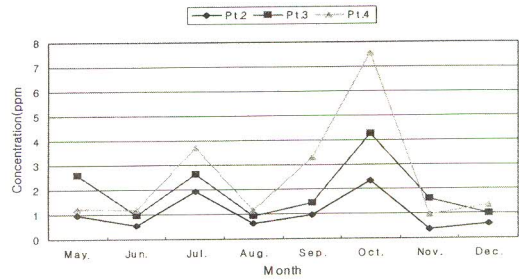


Fig. 2. Variation of NH₃ concentration at each sampling site

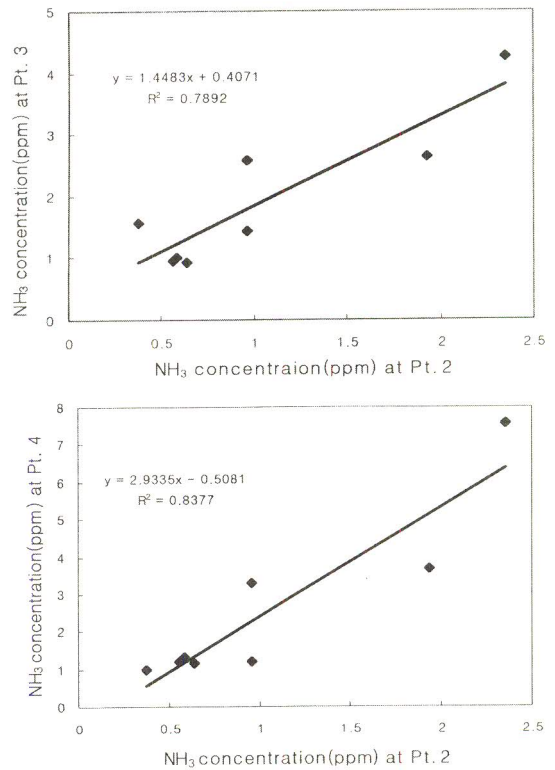


Fig. 3. Correlation of NH₃ concentration between Pt.2 and Pt.3, Pt.2. and Pt.4

정화조농축조와 음식물퇴비화시설에서 발생하는 암모니아가 부지경계선상에 미치는 영향을 파악하기 위하여 회귀분석을 실시하였다. Fig. 3과 같이 정화조농축조 지점과 부지경계선 지점의 분석결과에서 두지점간 상관계수는 0.7892이고 회귀직선식은 $y = 1.4483x + 0.4071$ 을 보였으며, 음식물퇴비화시설 지점과 부지경계선 지점의 분석결과에서는 두지점간 상관계수는 0.8377이고

회귀직선식은 $y=2.9335x-0.5081$ 을 보였다. 두 지점 모두가 악취의 주발생원으로서 부지경계선에 미치는 영향이 상당히 큰 것으로 나타났다.

결론

본 연구에서는 악취다량 배출사업장인 하수처리시설 중 난지하수처리사업소를 선정하여 하수처리장 내부의 악취 발생원과 부지경계선에서 악취물질의 거동을 파악하고 또한 하수처리장 주변지역에서 악취 영향을 조사하기 위하여 직접관능법과 기기분석법을 병행하여 악취물질을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 하수처리장 내부 악취 발생 지점인 정화조농축조에서는 암모니아의 평균 농도가 1.92ppm, 최대농도는 4.25ppm, 최저농도는 0.92ppm으로 나타났다. 음식물퇴비화시설에서는 암모니아의 평균 농도가 2.55ppm, 최대농도는 7.57ppm, 최저농도는 0.97ppm으로 나타났다. 반면에 황성분 악취물질은 검출되지 않았다.
2. 하수처리시설의 부지경계선상에서는 기기분석결과 암모니아의 평균 농도가 1.19ppm, 최대농도는 2.35ppm, 최저농도는 0.37ppm으로 나타났으나 황성분 악취물질은 검출되지 않았고 직접관능법으로는 인지취기(2도)로 나타났다.
3. 하수처리시설의 주요 악취배출원이 부지경계지역에 미치는 영향을 파악하기 위하여 정화조농축조와 부지경계선의 암모니아 농도에 대한 회귀분석결과 상관계수는 0.7892로, 회귀직선식은 $y=1.4483x+0.4071$ 로 나타났다. 음식물퇴비화시설과 부지경계선의 암모니아 농도에 대한 회귀분석결과 상관계수는 0.8377로, 회귀직선식은 $y=2.9335x-0.5081$ 로 나타났는데 이는 두 지점

에서 발생하는 악취가 부지경계선에 상당한 영향을 미치는 것으로 보였다.

4. 하수처리장 주변지역에 대한 악취의 영향을 파악하기 위한 자유로상에서의 악취분석결과 암모니아와 황성분 악취물질이 검출되지 않았고 직접관능법으로도 감지취기(1도)로 나타났다. 이는 하수처리장이 외부 주변지역에는 악취의 영향이 미치지 않는 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Kelly, D. P. and Smith, N. A. : Organic sulfur compounds in the environment. *Adv. Microbial. Ecol.*, 11: 345-385 (1990).
2. 유병태, 최종욱의 : 악취성분중 황화합물에 대한 기기분석법의 적용, *Korean J. Sanitation*, 14(4): (1999).
3. 박상진외 2인 : 하수처리장 악취의 경제적 제거방안, 한국건설기술연구원, 건기연 89-EE-111, 161-164 (1989).
4. Hobbs P. J., Misselbrook T. M. and Pain B. F., Assessment of odours from livestock wastes by a photoionization detector, an electronic nose, olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Eng. Res.*, 60: 137-144, (1995).
5. Stuetz R. M., Fenner R. A. and Engin G., Assessment of odours from sewage treatment works by an electronic nose, H₂S analysis and olfactometry. *J. Wat. Res.* 33(2): 453-461, (1999).
6. 환경부: 대기오염공정시험방법, (1999).