

## 서울시 주요 하수관거의 악취발생 특성

대기화학팀

이준연 · 오석률 · 차영섭 · 이제승 · 유동구 · 고현욱 · 최유리 · 권승미 · 김교봉 · 김주형

## The Emission Characteristics of Odorous Compounds in the Sewage Environment

*Atmospheric Chemistry Team*

**Jun-yeon Lee, Seok-ryul Oh, Yeong-seop Cha, Je-seung Lee,  
Dong-koo Ryu, Hyun-uk Go, Yu-ri Choi, Seung-mi Kwon,  
Gyeo-bung Kim and Joo-hyung Kim**

### Abstract

In order to examine the general aspects of odor emissions, the dilution-to-threshold (D/T) ratio and concentrations of 17 odorants were determined from 6 sewer areas in Seoul between October 2008 and January 2009. The D/T ratio values of complex odor in sewer pipes averaged as 14~639 times so that the maximum mean values reach 43 times higher than the guideline level(D/T ratio 15). According to the instrumental analysis and estimation of relative odor contribution, hydrogen sulfide(88%) and methyl mercaptan(10%) were found as the predominant constituents in the sewage environment. Conversely, the relative contributions of ammonia, dimethyl sulfide and acetaldehyde were very low; therefore, their relative contributions were regarded as being negligible.

**Key words** : odor, sewer pipe, complex odor, odor quotient

### 서론

감각공해 중 하나인 악취는 생활수준의 향상과 쾌적한 도시환경을 바라는 시민들의 요구가 높아짐에 따라 대표적인 환경 민원으로 등장했다. 매년 악취관련 민원 건수도 증가하고 있는데, 그 중에서도 악취 규제대상 관리지역 외의 민원이 급증하고 있다. 최근의 발표 자료에 의하면 2006년 규

제 외 대상지역의 민원은 규제 대상지역 민원에 비해 거의 10배에 달하며 전년에 비해 3배나 증가한 것으로 나타났다(1). 이와 같이 관리지역 외부인 도심 주거지역의 악취 민원발생이 증가함에 따라 악취관리의 필요성도 대두되고 있다. 그런데, 생활악취 배출원의 효율적인 관리를 위해서는 배출이 이루어지는 악취물질 배출원 파악, 악취물질의 배출특성 및 강도, 악취물질의 배출량 등을 포

함하는 배출원 목록작성과 모델링을 통한 기여도 분석 등이 필요하다(2). 도심 생활환경에서 감지할 수 있는 악취로는 음식물 부패 취 등 여러 가지가 있다. 하수관거나 빗물받이 등에서 발생하는 악취도 일상 생활환경에서 가장 쉽게 접할 수 있는 생활악취라 할 수 있다. 특히 하수관거는 오수를 수집 운반하고, 우수를 신속하게 배수하는 시설로 침수를 방지하고 쾌적한 환경과 깨끗한 강을 유지하기 위해서 없어서는 안 될 필수 공중시설이나 하수를 하수처리장으로 수송하는 과정에서 입자성 고형물질이 침전되기도 하고, 하수나 관거 벽면에 서식하는 미생물에 의한 오염물질 분해 등 일종의 반응기의 역할도 수행한다(3). 또한 하수관거를 흐르는 생활하수에는 유기물과 질소화합물 그리고 인과 황화합물이 다량 함유되어 처리장으로 이송되는 과정에서 부패하여 여러 가지 악취물질들을 생성한다(4). 이는 휘발성 황화합물, 휘발성 질소화합물 및 휘발성 지방산에 의해서 생성되는 것들이다. 암모니아와 황화수소는 하수 악취의 대표물질로 황화수소는 하수관 조기 부식의 원인 물질로도 지목되고 있다(5~6). 이러한 악취물질들로 인해 하수관거 관련 민원은 매년 증가하고 있다. 그러나 국내의 하수도 관련 연구는 수질부

분을 평가하는 연구가 주를 이룬다. 하수 악취를 다룬 연구들도 대부분 하수처리장과 관련된 논문들이어서 하수관거 악취와 관련된 자료는 찾기가 힘든 실정이다.

본 연구에서는 서울시내에서 민원이 빈번하고 있는 하수관거 6개 site에 대하여 악취배출 성상을 공기희석관능법과 기기분석법을 통해 분석하였다. 이를 통해, 주요 원인물질들의 상대적 기여도를 밝히고 하수관거의 관리 및 악취 저감대책의 수립에 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 조사대상 및 분석방법

### 1. 조사대상

본 연구는 하수관거 내에서 발생하는 악취물질의 배출 특성을 비교 분석하고자 하였다. 이를 위해 서울시내 소재 하수관거 중 민원 발생이 잦은 곳을 구청의 협조를 얻어 4곳(site A : 동대문운동장역 주변, site B : 숙대입구역 이면도로, site C : 서울시청 뒷골목, site D : 종로3가 귀금속상가 뒷골목)을 선정하였다. 지역적 특성이 배제된 하수관거를 조사하기 위해 물재생센터 유입 전 하수

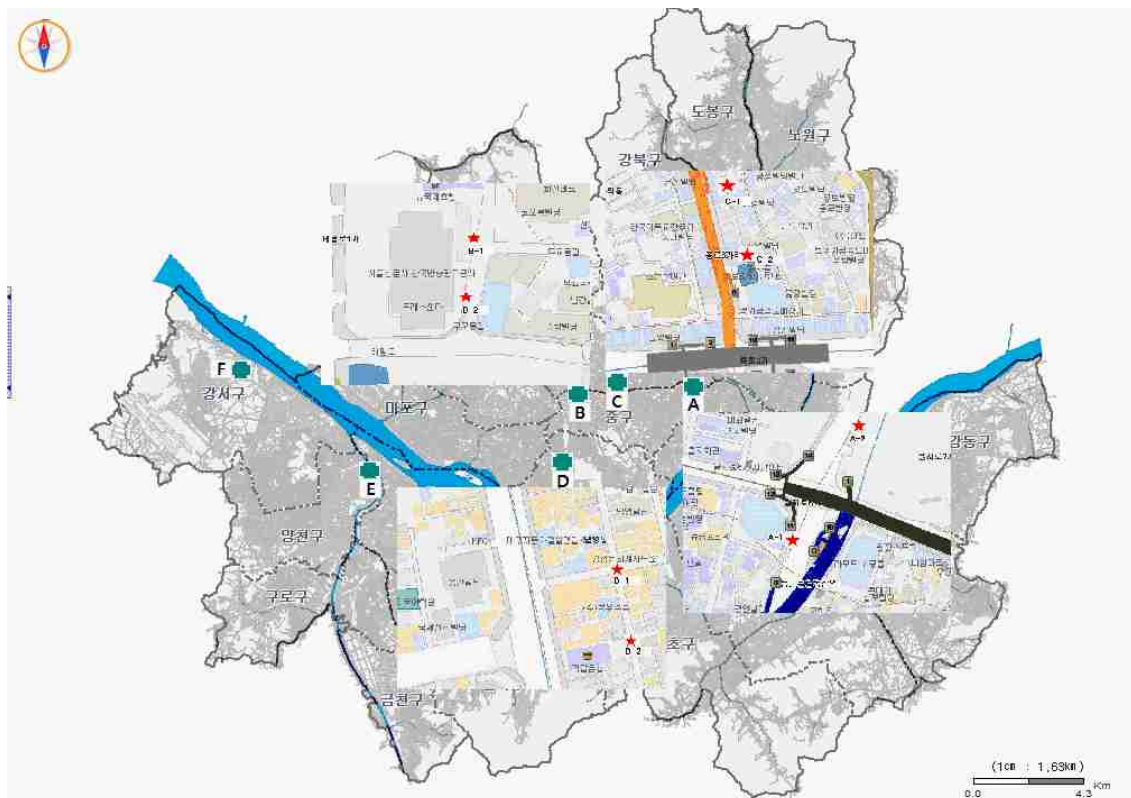
**Table 1.** Description of sampling site

Site	Sampling condition			Inside temp.	
	Sampling date	Sampling time	Number		
A-1	Jongno3ga station gate 8	2008. 12. 29	16:00~19:30	3	6~7℃
A-2	Mileore	2008. 12. 29	17:00~20:30	3	6~7℃
B-1	Hyomyeong syupeo	2009. 01. 15	14:00~17:00	3	0~1℃
B-2	Mudeokgan	2009. 01. 15	15:00~18:00	3	4~5℃
C-1	Seoul newspapers	2009. 01. 08	15:00~17:40	3	13~15℃
C-2	Press center	2009. 01. 08	15:40~18:30	3	13~15℃
D-1	Keumkang jewelry	2009. 01. 12	14:30~17:00	3	1~2℃
D-2	Cheongyong medal	2009. 01. 12	15:20~18:00	3	2~3℃
E-1	Anyangcheon	2008. 10. 30	14:00~16:30	2	11~15℃
E-2	Anyangcheon	2008. 10. 30	15:00~17:30	2	14~17℃
F	S Sewage treatment center	2008. 11. 03	14:00~17:30	2	14~18℃

관거를 2곳(site E : 안양천변, site F : S 물재생 센터 내부) 선정하였다. 각각 시료는 2008년 10월에서 2009년 1월에 걸쳐 시료채취를 하였다. 이때 하수관거의 상태에 따라 하수관거 속에 샘플링 장치를 20~100 cm 정도로 집어넣고 샘플링하였다. 비교적 민원발생이 빈번한 A, B, C, D 하수관거에서는 TRS장비(Teledyne API, USA)를 이용하여 황화합물의 농도를 실시간으로 모니터링하였다. 이를 통해, 악취가 심하게 발생하는 시간대(4곳 모두 사람 활동이 많은 오후 시간대에 고농도가 나타나 14~19시로 샘플링 시간대로 결정)를 미리 파악하여 샘플링 하였다. Site별로 50~1,000 m 떨어진 2개의 지점을 30분 이상 간격을 두고 각 3회 채취하였다. 물재생센터 유입 전 하수관거 E, F에서는 1시간 이상 시간을 두고 14~18시에 각 3회 채취하였다. 시료 측정 지점에 대한 일반적인 내용과 지점의 구체적인 위치를 각각 표 1과 그림 1에 표시하였다.

## 2. 분석방법

하수관거의 배출특성 파악을 위해 복합악취 및 지정악취물질로 규정된 17가지 악취 성분을 분석 대상으로 하였다. 이들 성분들의 분석에 활용한 분석기법의 일반적인 내용은 표 2에 제시하였다. 복합악취 및 황화합물의 시료 채취는 시료 채취 전 고순도 질소(99.999%)로 3회 이상 세척한 테들러백을 이용 5 L/min로 시료를 간접 흡입하였다. 복합 악취 분석은 3점식 공기희석 관능법으로 하였다. 황화합물은 공기분배기와 열탈착 장치(AS/TD Unity, Markes, UK)를 이용, 내부 cold trap에서 시료를 -15℃로 일정 시간 농축 하였다 그리고 이를 다시 수초 내에 250℃로 고온 탈착하여 GC/PFPD(GC-3800 Varion)로 주입시켜 분석하였다. 표준시료( $\mu\text{mol/mol}$  농도)는 인증 표준 가스(Rigas, Korea, 메틸머캅탄 9.7, 황화수소 9.9, 다이메틸설파이드 9.8, 다이메틸다이설파이드 9.9)와 테들러백(Tedlar bag : 10 L,



**Fig 1.** Geographical location of the sewage sites investigated in this study.

SKC, USA)을 사용하여 고순도 질소와 혼합희석하여 사용하였다. 암모니아의 경우 0.5% 봉산용액을 임핀저에 각각 20 mL씩 채워 직렬로 연결한 후 10 L/min으로 5분간 50 L를 채취하여 흡광광도계(Simadzu UV-1650 PC, 640 nm)를 이용 인도페놀법을 적용하여 분석하였다. 표준시료는 황산암모늄을 이용 공정시험방법에 준하여 준비하였다. 알데하이드류는 오존 스크리버를 연결한 DNPH 카트리지(LpDNPH S10, Supelco)를 사용 1.5 L/min으로 5분간 채취하여 acetonitrile 5 mL로 용출시킨 후 HPLC(Waters2695, Waters)로  $\mu\text{L}$ 를 주입하여 분석하였다. 표준시료는 알데하이드 표준용액(All aldehydes = 0.1  $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ ,

acetonitrile solution, Wako)을 단계별로 희석하여 사용하였다.

2008년 신규 약취물질로 지정된 스티렌, 톨루엔, 자일렌, 메틸에틸케톤, 메틸아이스부티르케톤, 뷰티르아세테이트의 경우 고체흡착관(Tenax TA, Supelco)에 0.2 L/min로 5분간 통과시켜 채취하였다. 그리고 흡착관을 열탈착장치(STD1000, Dani)로 전처리하고 GC/FID(GC2010, Shimadzu)로 분석하였다. 표준시료( $\mu\text{mol}/\text{mol}$  농도)는 인증표준가스(Rigas, Korea)로 스티렌 5.2, 톨루엔 5.1, o,m,p - 자일렌 4.9, 메틸 에틸 케톤 10, 메틸 아이소 뷰티르 케톤 9.8, 뷰티르 아세테이트 9.8로 준비하였다. 이들 표준가스는 희석 시스템(APK

**Table 2.** Summary of instrumental set-up and analytical conditions

Instrument	Analytical conditions
GC/FID (GC2010, Shimadzu)	Column Elite5Amine(30 m, 0.53 mm, 3 $\mu\text{m}$ ) Oven 40°C(4 min) → 15°C/min → 150°C Detector 260°C Air:400 mL/min H <sub>2</sub> : 40 mL/min
HS Sampler (TurboMatrix40, Perkin Elmer)	Transfer line 130°C Oven 50°C Carrier flow 10.0 psi
GC/FID (GC2010, Shimadzu)	Column VB-5(60 m, 0.25 mm) Oven 40°C(4 min) → 7°C/min → 75°C → 1°C/min → 80°C → 6°C/min → 110°C → 10°C/min → 230°C Detector 250°C Air:400 mL/min H <sub>2</sub> : 40 mL/min
ATD (STD1000, Dani)	Low temp 10°C High temp 300°C Tube 280°C Valve 250°C
GC/PFPD (GC-3800 Varian)	Column CP-Sil 5CB(30 m, 0.32 mm, 3 $\mu\text{m}$ ) Oven 40°C(6 min) → 8°C/min → 150°C Detector 200°C H <sub>2</sub> : 14 mL/min Air:17/10 mL/min
ATD (Unity, Markes)	Trap U-T8CUS cold trap Trap low -15°C Trap high 250°C Trap hold 5 min
HPLC (2695, Watres)	Detector UV/Vis 360 nm Column symmetry shield TM RP 18 5 $\mu\text{m}$ Column temp. 40°C Mobile phases(acetonitrile/H <sub>2</sub> O : 60/40) Flow rate 1.5 mL/min Analysis time 15 min
UV-Spectrophotometer (UV-1650PC, Simadzu)	Absorbance 640 nm

610, KnR)을 사용하여 고체흡착관에 고순도 질소로 희석하여 사용하였다. 또한 트리메틸아민도 산성여과지를 여과지 홀더에 장착하여 10 L/min으로 5분간 50 L 채취한 다음 헤드스페이스(Turbomatrix 40, Perkin Elmer)로 전처리하고 GC/FID(GC2010, Shimadzu)로 분석하였다. 표준시료는 1 µg/µL TMA 표준용액(Wako)을 사용 희석하여 악취공정시험법에 준하여 준비하였다. 각 물질마다 직선성(R<sup>2</sup>값 0.970이상)은 양호한 결과를 보였다. 분석 재현성과 검출한계는 표 3에 제시하는 바와 같다.

## 결과 및 고찰

### 1. 악취의 발생 경향과 원인물질

악취물질은 인간이 후각으로 느끼고 감지할 수 있는 후각 최소감지농도가 서로 다르게 나타난다. 따라서 각 물질 농도 측정만으로 악취의 높고 낮음을 판단하기에는 어려움이 있다. 그래서 각 악

취물질 감지 한계농도를 활용하여 악취 유발물질의 농도를 악취강도와 연계시킨다(7~9). 본 연구에서도 각 개별 악취 별 측정 농도와 악취농도지수(odor quotient : 기기분석의 측정 농도를 그 물질의 최소감지농도로 나눈 값)를 함께 활용하였다. 이를 토대로 각 악취물질별 악취기여도 %(측정한 악취의 악취농도지수×100/측정한 모든 악취농도지수의 합)도 산출하였다.

표 4에 6개 지점 하수관거 악취를 분석 종합하였다. 복합악취는 10~1,442배(지점평균 14~639배)로 일부 지점에서는 일정 시간대에 악취배출시설 배출구 기준 500배를 훨씬 넘어서는 최고 1,442배를 나타냈다. 개별 지정악취성분 17종에 대한 결과에서도 hydrogen sulfide가 최고 30.6 ppm(기준 0.02 ppm 이하), methyl mercaptan 최고 0.541 ppm(기준 0.002 ppm 이하), dimethyl sulfide 최고 0.026 ppm(기준 0.01 ppm 이하)을 나타냈다. 이와같이 황계열 지정악취배출물질들은 전반적으로 배출허용기준을 훨씬 초과하는 것으로 나타났다. 악취배출의 강도가 상당히 심각한 것을

**Table 3.** Precision and detection limits of 17 odorants by instrumental analysis

Odor compounds	Detection limit		Precision(%RSD)
Ammonia	0.003 ppm	0.08 µL	1.0
Hydrogen sulfide	0.02 ppb	0.3 ng	1.1
Methyl mercaptan	0.03 ppb	0.6 ng	2.3
Dimethyl sulfide	0.03 ppb	0.8 ng	0.4
Dimethyl disulfide	0.03 ppb	1.3 ng	1.3
Styrene	0.34 ppb	224 ng	5.1
Toluene	1.01 ppb	3.1 ng	7.8
m,p-Xylene	0.13 ppb	0.4 ng	8.7
o-Xylene	0.27 ppb	0.8 ng	8.6
Metylethyl ketone	0.57 ppb	1.8 ng	6.9
Methyl isobutyl ketone	0.31 ppb	1.0 ng	6.3
Butyl acetate	0.22 ppb	0.7 ng	7.2
Trimethylamine	0.17 ppb	21 ng	6.8
Acetaldehyde	0.10 ppb	1.9 ng	0.1
Propionaldehyde	0.09 ppb	2.3 ng	0.3
Butyraldehyde	0.12 ppb	3.8 ng	0.1
n-Valeraldehyde	0.26 ppb	9.9 ng	0.2
i-Valeraldehyde	0.21 ppb	8.0 ng	0.2

**Table 4.** Overall summary of emission concentrations of odorous pollutants in sewer pipes

Odor compounds	Unit	Avg (n=30)	Min	Max	Odor threshold(10)	Odor quotient	Contribution (%)
Complex odor	D/T <sup>a</sup>	144	10	1,442	-	-	-
Ammonia	ppm	0.6	0.13	1.64	0.1	5.96	0.1
Hydrogen sulfide	ppb	2,798	0.27	30,607	0.5	4,518	88.2
Methyl mercaptan	ppb	62.021	< 0.03	541.1	0.1	539	10.5
Dimethyl sulfide	ppb	4.51	< 0.03	25.9	0.1	49.0	1.0
Dimethyl disulfide	ppb	0.230	< 0.03	1.1	0.3	0.99	0
Styrene	ppb	0.23	< 0.34	0.7	30	0.01	0
Toluene	ppb	11.43	< 1.01	47.1	900	0.01	0
m,p-Xylene	ppb	0.23	< 0.13	1.3	41	0.01	0
o-Xylene	ppb	0.32	< 0.27	1.2	380	0	0
Metylethyl ketone	ppb	3.08	< 0.57	30.6	440	0.01	0
Methyl isobutyl ketone	ppb	1.16	< 0.31	8.1	200	0.01	0
Butyl acetate	ppb	0.54	< 0.22	4.0	8	0.01	0
Trimethylamine	ppb	0.218	< 0.17	1.4	0.1	2.29	0
Acetaldehyde	ppb	10.7	< 0.10	34.8	2	5.25	0.1
Propionaldehyde	ppb	4.41	< 0.09	14.7	2	2.20	0
Butyraldehyde	ppb	0.678	< 0.12	7.3	0.3	2.34	0
n-Valeraldehyde	ppb	< 0.26	< 0.26	< 0.26	0.7	0	0
i-Valeraldehyde	ppb	< 0.21	< 0.21	< 0.21	0.2	0	0

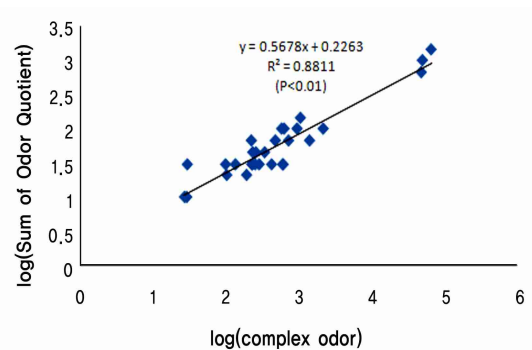
<sup>a</sup> D/T = Dilution-to-threshold ratio.

알 수 있다. 이는 하수관거 속의 악취가 맨홀이나 빗물받이를 통해 시민들의 생활환경에 흘러나오면 언제든지 악취 민원으로 발전할 가능성이 있음을 의미한다.

그림 2는 6개 지점, 총 샘플링 개수 30개에 대하여 각각 복합악취와 17개 지정악취물질의 악취 농도지수 합을 구한 후 양자간의 상관성을 조사한 것이다. 상관계수  $R^2$ 이 0.858으로 상관성이 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 17가지 악취물질로도 어느 정도 악취의 원인성분 파악이 가능함을 의미한다.

하수관거의 주요 악취 원인물질을 살펴보면 예상과 같이 황화합물 성분이 대부분을 차지했다. hydrogen sulfide의 기여도가 88.2%, methyl mercaptan가 10.5%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 또한 dimethyl sulfide와 ammonia, acetaldehyde가 소량 기여하는 것으로 나타났다. 나머

지 물질들은 거의 검출되지 않거나 검출되었다 하더라도 악취에 기여하는 정도가 극히 미미했다. 이는 이(11) 등이 대규모 아파트 단지 주변 하수관로의 악취발생특성 연구에서 악취원인이 황화수소였다는 결론과도 유사하다.



**Fig. 2.** Relationship between complex odor and sum of odor quotient.

## 2. 지점별 악취의 특성

조사대상 하수관거가 위치한 A, B, C, D 지점은 서울시내 주요 도심지역으로 시료채취 지점이 큰 대로변에 위치해 있거나 그 주변 이면도로, 또는 뒷골목에 해당하는 곳에 있다. 따라서 주변에 대형 빌딩과 상가, 음식점 등이 밀집되어 있고 유동인구가 많아 배출되는 하수의 양이 많고, 시간대에 따라 악취의 농도 변화도 클 것으로 예상되는 지역이었다. 또한, E지점은 A, B, C, D 지점들과 같은 하수들이 모여서 하수처리장으로 들어가는 중간과정 중에 위치한 지점에 해당한다. F지점은 물재생센터 내부의 하수 처리직전 지점이었다. 표 5로 각 지점별 복합악취 농도와 지정악취 물질 중 비교적 검출빈도와 악취기여도가 높은 ammonia 등 4종의 악취농도지수와 기여도 결과를 나타냈고, 그림 3으로 각 지점별로 지정악취물질들의 평균 농도를 나타냈다.

Site A는 큰 대로변에 있는 하수관거에 해당한다. 흐르는 하수유량이 일정하고 농도변화도 다른 지점에 비해 일정한 편이었다. Hydrogen sulfide가 최고 226 ppb, methyl mercaptan이 최고 51 ppb 검출되었다. 악취 농도 지수로 환산한 기여도를 보면 두 물질이 거의 비슷하게 기여하고 있었다.

Site B는 큰 도로변 이면도로에 위치한 하수관거로 큰 도로변이긴 하지만 주변에 큰 빌딩이나

하수를 발생시킬만한 상가, 음식점 등이 적어 전체적으로 낮은 악취 농도를 보이고 있다. 또한 측정지점 B-2는 측정위치가 하수 흐름과 조금 떨어져 있어 전체적으로 낮은 농도를 보였다.

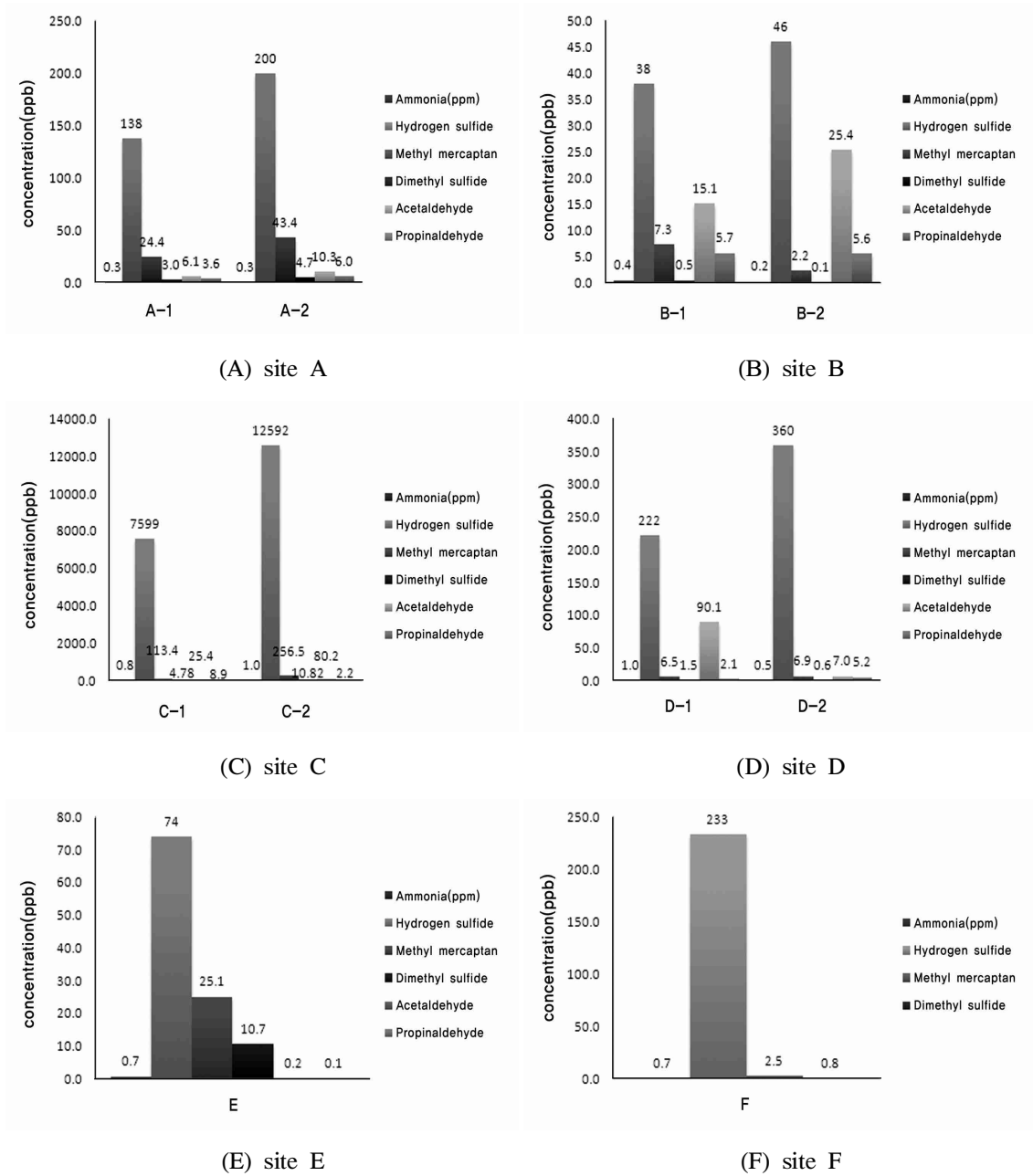
Site C는 큰 대로변 뒷골목에 위치한 하수관거로 대형빌딩과 음식점이 밀집되어 있어 하수유량 변동도 심하고 악취농도의 차이도 매우 크게 나타났다. 복합악취가 30배에서 1,442배로 50배가량 변동이 있었다. Hydrogen sulfide는 58 ppb에서 30.6 pm까지 차이를 보여, 변동 폭이 500배 이상 되었다. 이는 대형 빌딩 정화조에서 비정기적으로 오수를 일시에 다량 배출시키는 것에 원인이 있는 것으로 사료된다. 다른 지점에 비해 hydrogen sulfide의 기여도가 특히 높은 것도 이 때문인 것으로 보인다.

Site D는 큰 대로변 뒤 작은 골목길이었는 데 주로 작은 귀금속 상가들이 밀집된 곳으로 하수유량의 변동이 많고 흐름이 거의 없는 경우도 있었다. 악취 농도의 변화도 컸는데 하수유량 차이에 따라 변동이 있었던 것으로 판단된다.

Site E는 위와 같은 하수들이 모여서 물재생센터로 흘러가는 대형 하수관거였는데 하수유량이 일정하게 많고 악취농도의 변화도 크지 않은 편이었다. 이곳은 다른 지점과 달리 hydrogen sulfide와 methyl mercaptan 외에 dimethyl sulfide가

**Table 5.** Relative contribution of 4 major odorants between different sites

Site	Complex odor (D/T)	Odor Quotient / Contribution(%)			
		Ammonia	Hydrogen sulfide	Methyl mercaptan	Dimethyl sulfide
A-1	104	2.6 / 1.5	275.5 / 30.9	243.8 / 44.1	29.9 / 22.4
A-2	89	3.2 / 0.4	400.0 / 47.1	433.8 / 41.7	46.9 / 5.1
B-1	14	4.3 / 1.9	129.0 / 56.3	72.5 / 31.6	4.7 / 2.0
B-2	35	2.4 / 2.9	37.7 / 46.0	22.4 / 27.3	1.2 / 1.5
C-1	539	7.5 / 0.0	15,197.9 / 92.5	1,134.3 / 6.9	47.8 / 0.3
C-2	243	9.9 / 0.0	25,183.2 / 90.3	2,565.4 / 9.2	108.2 / 0.4
D-1	58	10.0 / 1.8	443.2 / 80.9	65.4 / 11.9	15.3 / 2.8
D-2	39	4.7 / 0.6	719.9 / 88.9	69.3 / 8.6	6.3 / 0.8
E	24	7.2 / 1.5	148.1 / 30.9	211.1 / 44.1	107.3 / 22.4
F	30	7.4 / 1.5	466.9 / 91.9	25.1 / 4.9	8.0 / 1.6



**Fig. 3.** Analysis results of odorous compounds by sites.

악취농도지수 107로 기여도가 높게 나타났다.

Site F는 물재생센터 내부 하수처리 직전의 약간 열린 하수관거였는데 hydrogen sulfide가 90%이상 악취에 기여하고 있었다.

이처럼 각 지점별 악취는 지점별 악취 농도 편

차가 아주 크게 나타나고 있었는데 이는 지점 C의 경우처럼 대형빌딩 정화조에 영향을 받는다든지 하수관거 내부에 악취가 형성되는 부분이 존재한다든지, 주변에 음식점이 밀집해 있다든지 하는 주변 상황에 따라 악취의 농도도 시시각각 변하기



때문인 것으로 사료된다. 따라서 하수악취 관련 대책을 수립할 때는 하수 악취 특성에 관한 고려도 중요한지만 각 지점별로 하수관거 내부 구조나 주변상황에 대한 점검을 병행하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

## 결 론

민원이 빈번하게 발생되고 있는 하수관거의 악취 원인물질과 악취 특성 파악을 위해 서울시내 하수관거 6개 지점을 대상으로 2008년 10월부터 2009년 1월까지 복합악취 및 지정악취물질 17종을 분석하고 특성을 평가하였다. 악취농도지수를 통한 악취 기여도를 평가한 결과 복합악취와 지정악취물질간의 상관성이  $R^2 = 0.858(p < 0.01)$ 로 아주 높은 상관성을 보였다. 하수관거에서의 복합악취는 각 지점평균 14배~639배였고 일부 지점은 최고 1,442배까지 나타나 악취배출시설 기준치를 넘어서고 있었다. 또한, 악취 배출 원인물질은 hydrogen sulfide의 기여도가 88%, methyl mercaptan이 10%로 나타나 하수관거의 주요 악취 원인물질로 파악되었다. Dimethyl sulfide와 acetaldehyde, ammonia는 소량 배출되는 것으로 파악되었으며 나머지 물질들은 거의 검출되지 않았다. 각 지점별로는 하수의 급격한 유량 변화나 주변 빌딩에서 방류하는 정화조 오수 등으로 악취 농도가 심한 편차를 보였다. Hydrogen sulfide의 경우 그 변동 폭이 500배 이상이었다. 이처럼 하수 악취는 하수의 전반적인 특성 뿐 아니라 하수관거 주변의 상황들이 주요 변수로 작용하는 것으로 나타났다. 따라서 하수 악취에 관련된 대책을 수립할 때는 하수특성 뿐 아니라 하수관거의 내부구조나 주변상황들에 대한 점검이 반드시 병행되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 환경부 대기보전국 : 06년 악취민원 실태분석 및 07년 악취 관리방향. p1~2, 2007.
2. 전의찬, 사재환, 김선태, 홍지형, 김기현 : 생활악취 배출원의 악취배출 특성 연구: 하수처리장을 중심으로. 한국대기환경학회지, 22: 337~351, 2006.
3. Hvitved-Jacobsen : Sewer process, Microbial and chemical process engineering of sewer networks. CRC Press, 2002.
4. 김정웅 : 서울시 물재생센터 부지경계 장기 악취조사를 통한 처리시설 개선. 석사학위논문, 서울시립대학교 화학공학과, 2007.
5. Stuetz RM, Fenner RA, Hall SJ, Stratful I and Loke D : Monitoring of wastewater odours using an electronic nose. Wat. Sci. Tech., 41:41~47, 2000.
6. Ruth JH : Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47:142~151, 1986.
7. 정의석 : 직 간접 관능법을 응용한 악취평가 방법 및 해석에 관한 연구. 박사학위논문, 대전대학교 환경공학과, 2004.
8. 조덕희, 송일석, 김인구, 김웅수, 김종보, 김태현, 황선민, 남우경 : 반월 시화공단 화학업종의 악취물질 배출특성에 관한 연구. 경기도 보건환경연구원보, p135~146, 2006.
9. 김성림, 김주인, 김영태 : 음식물 쓰레기 처리 설비로부터 발생하는 악취저감방안 연구. 부산시보건환경연구원보, 41~59, 2004.
10. 환경부 : 악취관리편람. 2~22, 2007.
11. 이장훈, 강선홍 : 대규모 아파트 단지주변 하수관로의 악취 발생과 대책 I : 주거지역 하수관로의 악취발생 특성. 상하수도학회지, 21:621~629, 2007.