

하수관거 악취 제거를 위한 맨홀필터 악취제거장치 성능 평가 - 황화수소 제거를 중심으로 -

김충곤^{at}, 이장훈^b

Performance Evaluation of Manhole Filter to Remove Odor Inside Sewage Pipe —Focused on Removal of Hydrogen sulfide—

Choong-Gon Kim^{at}, Jang-Hown Lee^b

(Received: Dec. 6, 2018 / Revised: Dec. 17, 2018 / Accepted: Dec. 17, 2018)

ABSTRACT: The objective of this study is to evaluate the applicability of a manhole-filter odor eliminator that is installed on a manhole to remove hydrogen sulfide (H₂S) contained in the sewage of urban streets; H₂S is the very cause of offensive odor from such sewage. An analysis of the capability of impregnated activated carbon, which is contained in the manhole filter, to adsorb hydrogen sulfide shows that some 99.8% of hydrogen sulfide can be removed. A performance evaluation of the manhole-filter odor eliminator, which was made on Manhole Section 4 known as the representative malodorous manhole section of Seoul, Korea, indicates that more than 97% of hydrogen sulfide (H₂S), one of typical malodor-generating substances, can be eliminated. The results and findings of the study as described above suggest that the applicability of the manhole-filter odor eliminator to eliminate offensive odor generated from sewer manholes is satisfactory.

Keywords: Sewage pipe, Hydrogen sulfide, Manhole-filter, Impregnated Activated Carbon, Adsorption, odor

초 록: 본 연구는 도심지 거리 하수 악취 물질인 황화수소(H₂S)를 제거하기 위해 맨홀에 설치해 악취를 제거하는 맨홀필터 악취제거장치의 적용 가능성을 확인하고자 하였다. 첫번째로 맨홀필터에 들어 있는 침착활성탄의 황화수소(H₂S) 흡착 성능 평가 결과 황화수소 제거율이 약 99.8%를 나타냈다. 두 번째로 악취제거장치 성능평가를 위해 서울특별시 대표적인 악취 발생 맨홀 4지점에서 성능을 평가한 결과, 대표적인 악취 유발물질인 황화수소(H₂S)를 97% 이상 제거하는 것으로 확인되었다. 본 성능 평가 연구결과를 통해 맨홀필터 악취제거장치는 하수관거 맨홀에서 발생하는 악취를 제거하는 장치로써 적용 가능성이 충분한 것으로 판단된다.

주제어: 하수관거, 황화수소, 맨홀필터, 침착활성탄, 흡착, 악취

^a 고등기술연구원 플랜트엔지니어링본부 책임연구원 (Principal Researcher, Plant Engineering Division, Institute for Advanced Engineering)

^b 한국생활악취연구소 연구소장 (Director, Korea Living Environment Odor Institute)

† Corresponding author(e-mail: choonggon@gmail.com)

1. 서론

도심지내 거리 하수 악취는 불쾌감과 혐오감을 유발하여, 주민들의 쾌적한 생활을 저해시키며 매년 꾸준히 악취 민원이 증가하고 있는 추세이다. 도심지내 거리 하수 악취 원인인 하수관거에서 발생하는 하수 악취는 유발물질의 형태 및 흐름에 따라 발생원, 발산원 및 배출원으로 구분할 수 있다. 발생원이란 하수 중에 황화수소와 같은 악취 유발 물질이 용존 상태로 존재하는 것으로 정화조나 오수처리시설과 같은 악취 발생의 근원인 개인하수처리시설과 배수조, 관내 퇴적물이나 관벽 생물막층을 말한다. 발생한 수중 악취 물질은 개인하수처리시설이 하수관거 내로 펌핑되는 연결관 부분, 하수관거 내의 단차, 낙차 등의 발산원에 의해 대기 중에 가스 형태로 발산된다.¹⁾ 이렇게 발생한 악취는 맨홀, 빗물받이, 토구 등 배출원을 통해 외부로 배출되며, 이러한 원인으로 거리하수 악취가 발생되고 있다.

우리나라의 대표적인 대도시인 서울특별시의 경우 2014년부터 “하수 악취 없는 쾌적한 서울 만들기 추진 계획”을 발표하고 하수 악취 없는 거리 조성에 만전을 기하고자 빗물받이 악취차단장치 설치, 개인하수처리시설 공기공급장치 설치, 스프레이 방식 악취 저감장치 설치, 하수도 맨홀 내 단차 개선 및 인버트 설치 등 다양한 악취저감 방안을 추진하였으나 설치비 및 운영비, 설치 부지 확보 등의 문제점으로 인해 현재까지 확실한 저감 대책을 제시하지 못하고 있는 실정이다.²⁾

또한, 거리 악취의 주요 발생원인 서울특별시의 합류식관거의 연장은 2011년 기준 약 86%(하수관거 총 연장 10,297 km, 합류식 관거 8,819 km)를 차지하였으나,³⁾ 2016년 기준 약 90.2%(하수관거 총연장은 10,682 km, 합류식 관거 9,632 km)에 이르고 있다.⁴⁾ 이처럼 실제로 서울특별시의 합류식 관거는 증가하고 있고, 증가된 합류식 관거를 관리하고 악취를 차단 또는 저감할 수 있는 확실한 하수관거 악취 저감 대책이 마련되어야 할 것으로 보인다.

이를 위해 본 연구에서는 그간 서울특별시에서 제시한 저감 대책의 대안으로서 침착활성탄의 흡착을 이용하여 거리 하수 악취 물질인 황화수소(H_2S)를 저감시키는 악취제거장치의 성능을 평가하고자 서울특별시 거리 하수 악취 주요 발생원으로 선정된 4개 지역의 맨홀에 황화수소(H_2S) 제거가 가능한 맨홀필터 악취제거장치를 설치해 장치의 적용 가능성을 확인하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치 및 재료

본 연구에서는 도심지 거리 하수악취의 발생원인 황화수소(H_2S)를 제거하기 위해 맨홀에 설치해 악취를 제거하는 맨홀필터 악취제거장치를 Fig. 1과 같이 제작하였다.

본 맨홀필터 악취제거장치는 맨홀 내부에서 올라오는 악취를 침착활성탄을 이용해 흡착 제거하는 원

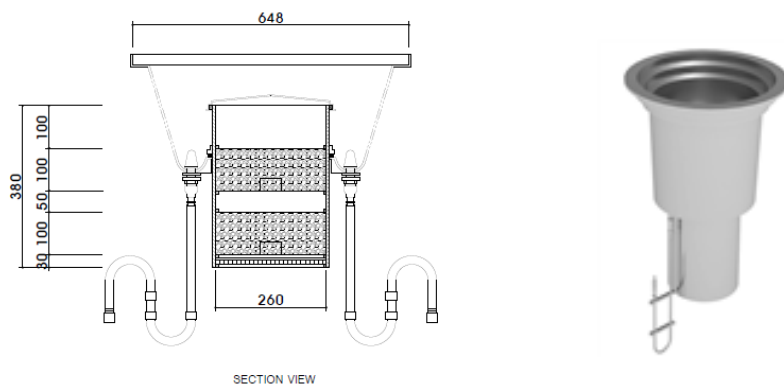


Fig. 1. Manhole filter for odor removal.

리를 이용하고 있으며⁵⁾, 얇은 필터층으로 구분하여 다단 적체가 가능한 구조를 가지고 있다. 충전재의 무게는 약 7 kg~8 kg이고, 악취제거 장치의 총 중량은 15 kg이다. 본 악취제거장치는 별도의 동력 공급이 필요 없으며 설치가 매우 용이하고 구조가 간단해 국내 설치되어 있는 모든 맨홀에 적용이 가능하도록 설계하였다. 또한 맨홀에 설치되어 하수관거 내부에서 발생하는 악취가 지상으로 배출되지 않도록 하는 악취탈취수단을 맨홀 링의 받침 턱에 걸러지는 형태이며, 침착활성탄이 들어있는 필터가 탈착 가능하고, 하수관거 내부에서 배출되는 악취는 본 악취제거장치의 필터를 통과하도록 설계하였다.

본 악취제거장치에 사용된 흡착제는 미세공이 잘 발달되고 흡착제로서의 가장 큰 비표면적과 물리적, 화학적 흡착이 뛰어난 활성탄소에 금속화합물(Fe₂O₃)을 침착시킨 침착활성탄을 사용하였으며, Table 1에 본 실험에 사용한 침착활성탄의 물성 및 성능을 나타내었다.

2.2. 실험 대상 지역

본 성능평가 실험 대상지역은 서울특별시 내의 대형정화조 방류펌프로 인하여 악취가 주기적으로 심하게 발생하여 민원이 발생하는 4개 지역이며, 선정된 4개 실험 대상 지역은 악취발생 민원 순위를 고려하여 DDM구 Y동, J구 T로, JN구 C동, DJ구 S동으로 선정하였다.

2.3. 실험 및 분석 방법

본 연구는 예비 실험으로 침착활성탄의 황화수소

흡착력을 평가하기 위해 일반 분말활성탄과 비교하여 황화수소 농도에 따른 입구와 출구 농도를 비교하는 흡착 실험을 하였으며, 본 실험인 실증 실험은 악취 발생 지역 맨홀에 악취제거장치를 설치 전후로 비교하여 악취 제거 성능 평가를 수행 하였다. 또한, 실증 실험시 악취분석은 선정된 실험대상지역의 맨홀에 실시간 측정기(TRS : Teledyne API. USA)를 설치하여 악취를 분석하였으며, 맨홀 악취 제거 장치를 설치 전과 후로 나누어 유동 인구가 없는 새벽시간대에서부터 유동인구 많은 저녁시간까지 주요 악취원인물질인 황화수소(H₂S)를 대상으로 실시간 모니터링을 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 황화수소(H₂S) 흡착 능력 평가

거리 하수 악취는 하수관로 내 발생 또는 유입된 악취가 하수 맨홀을 통해 공기 중으로 확산됨으로 발생된다. 따라서 본 실험은 악취제거장치 내부에 설치되어 있는 침착활성탄의 공기 중 악취 흡착능력을 평가 하고자 시중에서 판매되는 분말활성탄과 황화수소(H₂S) 농도에 따른 흡착능력을 비교하였다.

침착활성탄과 분말활성탄의 황화수소 흡착력을 비교 해본 결과 Fig. 2와 같이 침착활성탄을 사용한 경우 입구 농도가 저농도부터 고농도에 이르기까지 뛰어난 황화수소(H₂S) 흡착력을 나타냈으며, 최대 입구 농도인 400 ppm의 경우에도 출구 농도가 0.8 ppm으로 약 99.8%의 제거율을 나타냈다. 또한 분말활성

Table 1. Properties and performance of impregnated activated carbon

	Item	Unit	Standard	Test method	Result
IAC (Impregnated Activated Carbon)	Drying loss	%	> 30	KS M 1802-h	7.9
	Bulk Density	g/ml	0.65~0.85	KS M 1802-g	0.77
	Mesh Size	KS (seive)	70±0.5 - 70	-	70
	Fe ₂ O ₃	%	30~60	-	45.3
	H ₂ S Adsorption	%	-	-	28.9
Demister	Thickness (mm)	Width (mm)	BET(surface area, cm ² /g, N ₂)	Air permeability ml/min/cm ²	ACF content(%)
	0.2-3.0	600	> 1,000	> 3,500	90-95

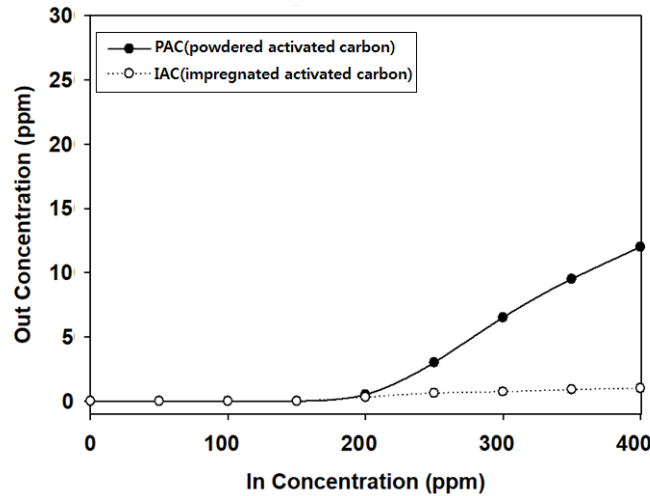


Fig. 2. H₂S adsorption capacity comparison.

탄의 경우 입구 농도가 초기 저농도에서는 침착활성탄과 비교할 때 황화수소(H₂S) 흡착력에 차이가 없으나, 200 ppm 이상에서부터 급격하게 황화수소(H₂S) 흡착력이 떨어지는 것으로 나타났다.

하수관거에서 발생하는 산성가스 중 황화수소는 활성탄소의 C와 결합하여 활성탄소 표면에 잘 흡착되나⁶⁾, 흡착량 확대를 위하여 금속화합물인 산화철을 침착하여 단위흡착량을 증가시킨 침착활성탄⁷⁾이 실험결과를 통해 나타난 것과 같이 저농도에서부터 고농도까지 고르게 황화수소를 흡착 제거하는 데 매우 효과적인 것으로 판단된다.

3.2. 성능맨홀 필터 악취제거장치 평가

악취의 문제는 삶의 질과 매우 밀접한 연관이 있으며, 특히 대도시를 중심으로 악취 문제가 더욱 심각하게 민원으로 제기 되고 있다. 우리나라의 대표적인 대도시이며, 실험 대상지역인 서울특별시의 경우 거리 악취로 인한 민원이 매년 꾸준히 증가하는 추세이며, 이를 해결하기 위한 노력이 필요하다. 우리나라는 기존 하수관거의 경우 유입되는 오수 및 우수를 처리하는데 문제점이 없다고 판단하고 있었다. 하지만 아파트 단지 내 지역이 오수와 우수 분류식 관거로 설치되어 있고 외 지역은 합류식 관거로 설치되어 있기 때문에 발생한 오수 및 우수는 차집 되는 과정에서 악취물질인 H₂S를 발산하고 발생된 악취물질은 맨홀을 통해 확산되어 악취를 유발하

는 결과가 초래되었다.⁸⁾ 이에 매설되어있는 관거를 모두 개선하기에는 많은 비용과 문제점이 발생하기 때문에 맨홀필터에 장착된 침착활성탄을 이용한 악취 제거장치의 성능을 평가하고자 본 실험을 수행하였다. 맨홀 필터 악취제거장치 성능평가 수행결과 Fig. 3는 서울특별시 DDM구 Y동 지역의 맨홀에서 맨홀필터 악취제거장치 설치 전·후의 황화수소(H₂S) 농도를 비교한 것이다. 맨홀 필터 악취제거장치를 설치한 결과 약 98.8%의 제거효과를 보였으며, 황화수소(H₂S)의 농도는 맨홀 필터 악취제거장치 설치 전 50~70 ppm에서 설치 후 0~1 ppm으로 악취 제거 효율이 매우 뛰어난 것으로 판단된다.

Fig. 4는 서울특별시 J구 T로 지역의 맨홀에서 맨홀필터 악취제거장치 설치 전·후의 황화수소(H₂S) 농도를 비교한 것이다. 맨홀 필터 악취제거장치를 설치한 결과 약 97.3%의 제거효과를 보였으며, 황화수소(H₂S)의 농도는 맨홀 필터 악취제거장치 설치 전 50~75 ppm에서 설치 후 0~1 ppm으로 악취 제거 효율이 매우 뛰어난 것으로 판단된다.

Fig. 5는 서울특별시 JN구 C동 지역의 맨홀에서 맨홀필터 악취제거장치 설치 전·후의 황화수소(H₂S) 농도를 비교한 것이다. 맨홀 필터 악취제거장치를 설치한 결과 약 97.2%의 제거효과를 보였으며, 황화수소(H₂S)의 농도는 맨홀 필터 악취제거장치 설치 전 30~40 ppm에서 설치 후 0~1 ppm으로 악취 제거 효율이 매우 뛰어난 것으로 판단된다.

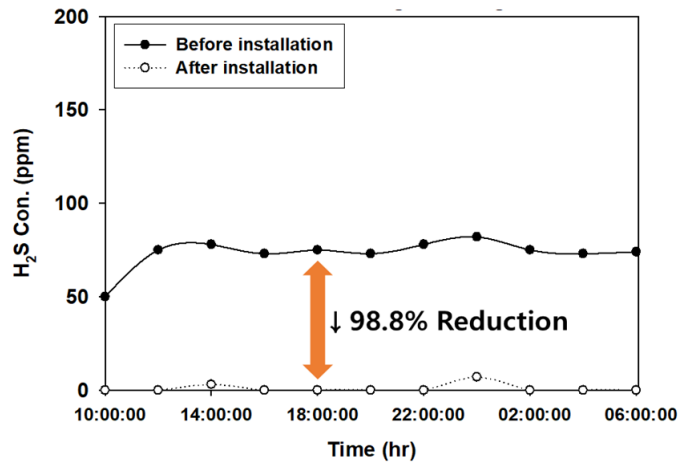


Fig. 3. Result of H₂S changes as a result of device installation (Y-dong, DDM-gu).

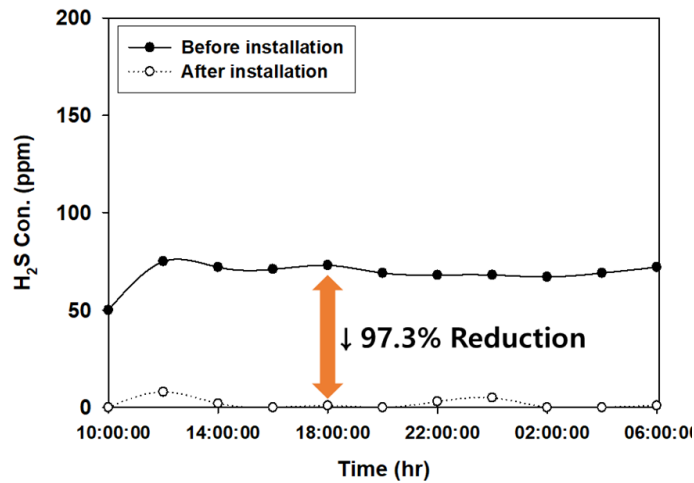


Fig. 4. Result of H₂S changes as a result of device installation (T-ro, J-gu).

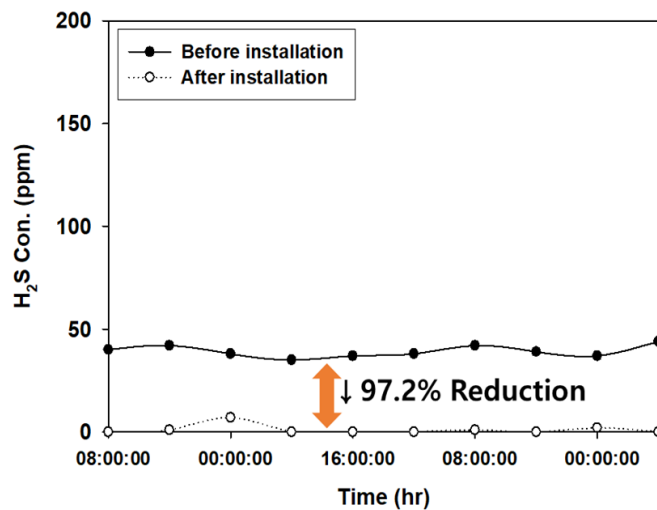


Fig. 5. Result of H₂S changes as a result of device installation (C-dong, JN-gu).

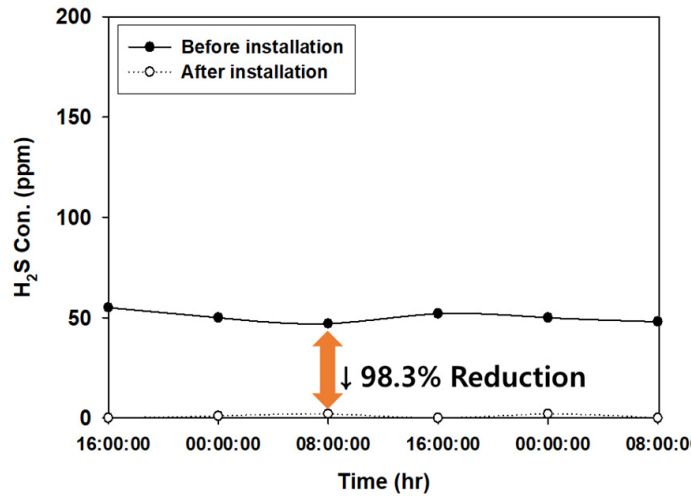


Fig. 6. Result of H₂S changes as a result of device installation (S-dong, DJ-gu).

Fig. 6은 서울특별시 DJ구 S동 지역의 맨홀에서 맨홀필터 악취제거장치 설치 전·후의 황화수소(H₂S) 농도를 비교한 것이다. 맨홀 필터 악취제거장치를 설치한 결과 약 98.3%의 제거효과를 보였으며, 황화수소(H₂S)의 농도는 맨홀 필터 악취제거장치 설치 전 40~55 ppm에서 설치 후 0~1 ppm으로 악취 제거 효율이 매우 뛰어난 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 도심지 거리 하수악취 물질인 황화수소(H₂S)를 제거하기 위해 맨홀에 설치해 악취를 제거하는 맨홀필터 악취제거장치의 적용 가능성을 확인하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 맨홀필터에 들어 있는 침착활성탄의 황화수소(H₂S) 흡착 성능 확인 실험 결과 황화수소 최대 입구농도 400 ppm의 경우에도 출구 농도가 0.8 ppm으로 약 99.8 %의 제거율을 나타냈으며, 저농도에서 고농도에 이르기까지 침착활성탄의 황화수소(H₂S) 제거 효율이 매우 우수한 것으로 판단된다.
2. 악취제거장치 성능평가를 위해 서울특별시 대표적인 악취 발생 맨홀 4지점에서 성능을 평가한 결과 대표적인 악취 유발물질인 황화수소(H₂S)

를 97% 이상 제거하는 것으로 확인되었다.

본 성능 평가 연구결과는 맨홀필터 악취제거장치는 하수관거 맨홀에서 발생하는 악취를 제거하기 위한 하나의 해결책으로 제시할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 맨홀필터 악취제거장치의 보급 확산을 위해 맨홀필터 악취제거장치의 장기간에 걸친 황화수소 제거 모니터링과 함께 맨홀필터에 들어 있는 침착활성탄 교체 주기 및 최적량 산정 등 경제성 검토가 추가 연구되어야 할 것으로 판단된다.

References

1. [환경부, 하수도시설 악취저감을 위한 로드맵 작성 연구] Ministry of Environment, Study on Roadmap for Reducing Odor in Sewage Facilities, pp. 23~25. (2011).
2. [서울특별시, 하수악취 없는 쾌적한 서울 만들기 추진계획] Seoul Metropolitan Government, Plan to promote comfortable Seoul without sewage odor, pp. 4~5. (2014).
3. [강선홍, 서울 도심내 배수설비가 생활악취에 미치는 영향 조사 연구, 서울녹색환경지원센터] Kang, S. H, "A Study on the Influence of Drainage Facilities on Surrounding Odor in Downtown Seoul", Seoul

- Green Environmental Center, pp.1-2. (2013).
4. [서울특별시, 2017 서울통계연보] Seoul Metropolitan Government, 2017 Seoul Statistical Yearbook, pp. 270~271. (2018).
 5. 김연재, “침착 활성탄을 이용한 황화수소와 암모니아의 동시제거 관한 연구”, 인제대학교 대학원 석사학위논문] Kim, Y. J., “Simultaneous Removal of Hydrogen sulfide and Ammonia by Impregnated Activated Carbon”, Graduate School of Inje University, pp. 23~29. (2003).
 6. [최태열, 서익환, 선종국, 권오준, 안용하, 악취제거 기술, 도서출판 동화기술] Choi, T. Y, Seo, I. H, Seon, J. G, Kwon, O. J, and Ahn, S. J., Odor Treatment Technology., Donghwa Techology Publication, pp. 61~62. (2016).
 7. [이정대, 천종민, 정상철, 박상숙, 안호근, “악취 성분
 - 성분에 대한 침착활성탄의 흡착특성”, 응용화학지] Lee, J. D, Chen, J. M, Jung, S. C, Park, S. S. and Ahn, H. G., “Adsorption Characteristics of Offensive Odor Substance on Acid-or Alkali-Deposited Activated Carbons”, Applied Chemistry, 4(2), pp. 208~211. (2000).
 8. [이용훈, 이장훈, 강선홍, 개인하수도가 하수관거 악취에 미치는 영향에 관한 연구, 대한상하수도학회 · 한국물환경학회 추계공동학술발표회 논문집] Lee, Y. H, Lee, J. H. and Kang, S. H., “A Study on the Effect of Individual Sewer System on the Odor from Domestic Sewer” Korean Society of Water&Wastewater · Korean Society on Water Environment, Proceedings of 2011 KSWW & KSWE Fall Meeting Dejeon, pp. 259~260. (2011).