

미생물 탈취제를 이용한 하수슬러지 악취저감에 관한 연구

이창현*, 정준홍**, 박진영***, 김영춘****
*공주대학교 기전공학과
**공주대학교 기계공학과
***공주대학교 기계자동차공학부
****공주대학교 지능형모빌리티공학과
e-mail:yckim59@kongju.ac.kr

A Study on the Reduction of Sewage Sludge Stench Using Microbial Deodorants

Chang-Hyun Lee*, June-Hong Jung**, Jin-Young Park***, Young-Choon Kim****
*Dept. of Mechanical Engineering, Gongju University
**Dept. of Mechanical Engineering, Gongju University
***Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Gongju University.
****Dept. of Intelligent Mobility Engineering, Gongju University

요약

하수 및 유기성 폐수(가축분뇨·분뇨 등) 처리 시 발생하는 슬러지(생슬러지, 잉여슬러지)의 성상은 자연석에 근접한 무기물과 비료성분의 유기물로 구성되어 있으며, 수처리 과정에서 뿐만 아니라 슬러지 처리 과정에서도 많은 악취가 발생하고 있다. 이 악취를 해결하기 위하여 수처리 과정의 구조물 상부를 복개하거나 커버를 씌워 발생된 악취를 강제로 흡입하여 탈취기에서 탈취한 후 대기중으로 방출하고 있는 실정이다. 하지만, 악취의 확산 속도가 매우 빨라 100% 포집이 어렵고, 시설비 및 유지관리비가 높아 운영에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 연구에서는 하수처리시설 공정상 발생하는 유기성폐기물(유기성오니)인 탈수케익 생성과정에서 발생하는 악취를 잉여슬러지 저류조 내에 직접 미생물탈취제를 식중하여 슬러지 탈수과정에서 발생하는 악취를 감소시키는 연구를 수행하였다.

1. 서론

우리나라는 경제적, 문화적 성장함에 따라 환경적 문제는 해결해야 할 중요한 문제로 떠오르고 있다. 특히 하수도의 보급률이 증가하고 생활폐수 및 하수 슬러지의 발생량이 증가함에 따라 악취 문제는 해마다 급증하고 있는 추세이다. 악취 민원은 일본과 유사하게 축산, 양계 등 인구 밀도가 낮은 농촌지역에서 발생하고 있으며, 도시지역에서는 지자체에서 운영하는 하수·폐수처리장과 대규모 사업장이 위치한 국가 산업단지를 중심으로 민원이 생기고 있다.¹⁾

악취는 대부분 여러 종류의 악취 성분이 혼합되어 나타나는 복합악취의 특성이 있고 물리적 처리방법으로 흡착, 응축, 마스크 화학적 처리방법인 흡수, 연소와 생물학적 처리방법인 생물탈취를 통해 처리할 수 있다.²⁾

본 연구에서는 고농도의 악취 원인물질을 근원적으로 저감하고자하며, 이를 위해 악취 저감 기능을 가진 양질의 슬러지를 생산하여 각 공정에 유입함으로써 악취 저감 효율을 비교·분석하고, 악취 분해 미생물들을 배양·증식 하여 우점화된 미생물들이 악취 발생원인 물질을 저감 시킨 후 악취발생 농

도를 측정하여 악취 감소효과와 미생물들의 우점종 및 군집 구조를 파악하고자 한다.³⁾

2. 연구방법

2.1 하수슬러지 특성

슬러지(Sludge)란 하수나 폐수 또는 정수처리과정에서 발생하는 침전물을 의미하며, 부유성 고형물이나 활성슬러지의 고액분리과정에서 생기는 부산물로서 폐기물관리법 시행령에서는 “수분함량이 95% 미만이거나 고형물함량이 5% 이상인 것으로 한정”하고 있다.³⁾ 일반적인 하수 슬러지는 여러 종류의 유기물질과 무기물질(particle, microorganisms, colloids, organic polymers, cation)로 구성된 복잡한 혼합물질이며, 입자를 구성하고 있는 미생물들은 보통 0.2~5 μ m 정도의 크기이지만 일부는 약 80 μ m 이상 되는 것도 존재한다. 슬러지의 미생물과 이온으로 인하여 생성된 전하에 의해 다른 종류의 박테리아나 하수에 포함되어 있는 입자와 합쳐진 형태로 구성되어 있으며, floc을 형성하여 보통 100~200 μ m의 크기를 가지고 있다. 슬러지는 성상에 따라 최초침전지에서 발생되

는 생슬러지(raw sludge), 최종 침전조에서 발생하는 잉여슬러지(Excess sludge), 생슬러지와 잉여슬러지가 합쳐진 혼합슬러지(Mixed Sludge), 소화공정에서 발생하는 소화슬러지(Digested Sludge)가 있다.⁴⁾

여기서 발생하는 악취는 악취방지법에 “황화수소, 메르캅탄류, 아민류 기타 자극성 있는 기체상의 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새”로 정의되어 있다. 황화수소(H₂S)와 같은 산성악취는 부식성을 가지고 있어 주변의 시설을 부식시키므로 이로 인한 경제적인 손실과 재해 위험성이 야기될 수 있다.⁵⁾

2.2 실험장치 및 방법

저류조에 시료샘플링용 호스를 점검구 등에 삽입하여 조수면 위에서 샘플링을 실시하였으며, 현재 국내에서 시판하는 미생물탈취제를 사용하였다. 미생물탈취제 식종(seed)량은 40 l (20 l×2통) 이며, 투입장소는 농축슬러지 저류조 1조(용량 : 60m³)에 투입하였다. 사용한 미생물 탈취제에 대한 정보를 [표 1]에 나타냈으며, [그림 1]과 같이 저류조 내에서 Batch 형태로 48시간 배양(aeration)하여 측정시간은 배양 후 16,32,48 시간 순으로 총 2일간 전처리하여 악취농도를 측정하였다. 악취측정은 공기회석 관능법, 기기분석법 으로 측정하였으며, [그림 2]에 나와 있는 흡인펌프와 진공 상자를 이용하여 채취지점에서 3회씩 시료를 채취하고 채취가 끝난 테들러백은 상온(15~25℃)를 유지하여 운반 및 보관 후 악취판정은 48시간 이내에 실시하였다.

[표 1] 미생물 탈취제 구성

사양	분류
구성물질	미생물(20여종), 효소 미량원소(70여종) 다공성 액상 천연광물질 리그닌,
표면적	900,000m ² /kg
요소	Amylase, protease, lipase, cellulase



[그림 1] 미생물 탈취제 배양



[그림 2] 탈수기동 주변 악취 기기분석법

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 탈수기동에서의 악취

악취측정은 미생물 탈취제를 투입한 잉여슬러지 저류조가 있으며 농축기에 의한 농축슬러지를 원심탈수기를 통하여 탈수된 슬러지 케이크가 생성되는 장소인 탈수기동에서 기기분석법을 통해 측정하였으며, 악취측정 결과 미생물 탈취제 배양전의 암모니아, 황화수소 복합악취는 각각 1.35 ppm, 0.013 ppm, 1000 ppm으로 배출허용기준에 근접한 농도값을 나타냈었다. 배양 후(48시간) 악취측정 결과, [표 2]와 같이 1~3차 모두 암모니아 배출허용기준 1.0 ppm보다 낮은 수준으로 저감되었다. 탈수기동 주요 악취원인 황화수소, 메틸머캅탄, 트리메틸아민 또한 배출허용기준 0.02/0.005 ppm이지만 설치 후 불검출(측정값 '0')로 저감되었음을 보여주고 있으며, 검출된 악취항목 중 미생물탈취제 배양전과 후를 비교해 보았을 때 배출허용기준보다 낮은 결과 값을 나타내고 있다.

[표 2] 탈수기동 악취측정 결과

악취항목	배출기준 (ppm)	배양조		
		1차측정	2차측정	3차측정
암모니아	1	0.05	0.07	0.03
메틸머캅탄	0.002	불검출	불검출	불검출
황화수소	0.02	불검출	불검출	불검출
트라이메틸아민	0.005	불검출	불검출	불검출
복합악취	500	10	14	10

3.2 탈취제 Seeding test 결과

시판제품을 하수처리공정에 적용시켜 배양한 결과 제품 내 특수 배양 및 숙성된 Bacteria균의 첨가로 오염물질의 부하변동에 쉽게 적응하며 미생물이 활성화되어 보다 수월한 폭기조내 활성화가 가능하였으며, 난분해성 물질을 신속히 분해하고 유기물질의 미분해 원인을 원천적으로 제거하였다. 시당전 조내균수는 10⁴ CFU/ml으로 색도는 흑갈색을 띄었고 H₂S 및 메탄가스 냄새가 확인되었고, SV30(슬러지침전성)측

정값은 73으로 나타났고 약품 투입량은 50~100ppm으로 2일 간의 배양결과 색도는 진갈색으로 나타났으며, SV30값은 65로 슬러지 침전성이 저하된걸로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 하수 또는 가축분뇨 처리시 발생하는 고농도의 악취를 근원적으로 저감시키고자 실험하게 되었으며, 하수처리 공정에서 잉여슬러지 인발후 저류조에서 폭기되어 미생물탈취제를 이용한 생물학적 처리과정으로 전처리 하였을 때 시간별 효율 및 유기성 폐기물(탈수케익)의 악취 농도를 측정하여 안정적인 폐기물처리 및 악취저감효율에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 악취측정결과 미생물 탈취제 사용전에는 복합악취 배출허용기준(500ppm)에 근접하게 측정되었으나, 시간대 별 복합악취농도가 10~14ppm으로 저감되었고 악취제거효율은97~98% 이상 저감 효율이 확인되었다. 이는 탈취제 구성물질인 활성화된 리그닌 성분이 다공성분자구조로 표면적이 넓어(900,000m²/kg)황화 수소 등 악취 유발물질을 분자 구조 속에 가두어 악취가 휘산되는 것을 방지하는 것으로 판단된다.

- 암모니아(NH₃)농도 변화는 탈수기동 내부에서 1차측정(0.05ppm), 2차(0.07ppm), 3차(0.03ppm)으로 일정시간이 지난 후에 점차 감소되는 추세를 보였으며, 미생물 탈취제의 포함된 악취분해미생물과 다공성 담체가 하수슬러지 내 미생물과 상호작용을 통하여 감소된걸로 예상된다. 미생물간의 상호작용에 대한 연계성을 파악하기 위해서는 좀 더 구체적이고 세부적인 연구가 필요하다고 사료된다.

- 미생물 탈취제 요소인 Amylase, protease, lipase, cellulase는 탈취 기능 및 다양한 화합물에 대한 분해능 및 악취저감요소를 보여주었다.

- 하수특정상 잉여슬러지 농도는 계절마다 상이하여 온도차가 심한 여름과 겨울철의 비교분석이 필요하며, 향후에는 수분, 온도, PH, 악취성분의 농도를 계절별로 분석하여 악취제거 미생물의 생육과 대사활동과의 상관관계에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] 김영권. "하수처리 잉여슬러지를 이용한 유기성 폐수처리 공정의 악취저감에 관한 연구." 국내박사학위논문 木浦大學校, 2016. 전라남도

[2] 오성욱 (2007), 상용화된 악취제거제를 이용한 축산폐수에서의 악취제거효율에 관한 연구, 건영대학교 석사학위논문

[3] 이태윤(Tae-Yoon Lee),이준기(Jun-Ki Lee),and 김재진(Jae-jin Kim). "슬러지의 효율적인 처리를 위한 물리화학적 특성분석." 한국지반환경공학하수학회 학술발표회 논문집 2008.- (2008): 415-419.

[4] 우병규 (2010), 유기성슬러지 탄화시스템에서 발생하는 악취가스 제거에 관한연구, 창원대학교 석사학위 논문

[5] 이수진 (2015), 하수슬러지 탄화물을 이용한 고농도 하·폐수 전처리에 관한연구, 공주대학교 석사학위 논문