

글로우 방전 저온 플라즈마를 이용한 하수슬러지 저감에 관한 연구

조주인*, 김영준**, 박진영***, 김영춘****

*공주대학교 기전공학과

**공주대학교 미래융합공학과

***공주대학교 기계공학과

****공주대학교 지능형모빌리티공학과

e-mail:yckim59@kongju.ac.kr

A Study on the Reduction of Sewage Sludge using Glow Discharge Low Temperature Plasma

Ju-Ahn Cho*, Young-Jun Kim**, Jin-Young Park***, Young-Choon Kim****

*Dept. of Mechanical Engineering, Kongju University

**Dept. of Future Convergence Engineering, Kongju University

***Dept. of Mechanical Engineering, Kongju University

****Dept. of Intelligent Mobility Engineering, Kongju University

요약

하수처리장은 각종 생활하수 및 분뇨를 깨끗하게 처리하는 과정에서 필연적으로 슬러지가 발생하게 되고, 하수도 보급률의 증가로 하수슬러지 또한 증가하게 되었다. 18년~20년 기준 연간 527만톤의 하수슬러지가 발생하였고, 하수슬러지 처리방법으로 매립, 소각, 재활용이 있지만 대부분 슬러지 발생 후 처리하는 방법이기 때문에 하수슬러지 감소를 위한 해결방안이라 보기 어렵다. 본 연구에서는 글로우 방전 저온 플라즈마를 통해 활성화된 전자 및 이온을 이용하여 잉여슬러지 내 유기물질을 분해하여 탈수케이크 함수율을 저감 효율을 개선하고자 슬러지저류조(6.0mW x 3.2mL x 3.1mH)에 60m³의 유량을 3일동안 플라즈마와 반응시킨 슬러지 탈수 결과를 기존의 방식과 비교 분석하여 탈수 케이크 발생량 및 처리비용을 감소시키는 방법을 제시하였다.

1. 서론

하수처리장에서 발생하는 슬러지는 하수도 보급률의 상승에 따라 지속적으로 증가하고 있다. 하수슬러지는 2012년 ‘해양환경관리법’에 의해 해양투기가 금지되어 전량 육상에서 처리되어야 하는데 이에 소각, 매립, 퇴비화, 연료교형화 등 하수슬러지를 처리하는 다양한 방법들이 소개되고 있지만 대부분 슬러지 발생 후 처리방법이라 궁극적인 해결방안이라 보기 힘들며, 슬러지 발생량 자체를 줄이는 기술 개발이 필요하다.¹⁾

2018년부터 2020년까지 하수처리장에서 발생하는 슬러지는 연평균 527만톤으로 이중 18.4%인 80만톤을 육상매립 및 소각으로 처분하고 있고, 나머지 81.6%인 446만톤은 재이용을 하고 있으며, 슬러지 처리비용은 3650억 가량 소요된다.²⁾

일반적으로 활성슬러지법의 수처리 공정에서 발생하는 잉여슬러지는 생물반응조에서 성장한 미생물로 고형물량의 40~90%가 유기물로 구성되어 있고, 함수율이 97~99%로써 최종처분하는 데는 많은 문제점이 있다. 함수율이 높은 슬러지는 최종 처분장으로서의 운반에 많은 비용이 소요되고 또한 보

다 넓은 폐기장소를 필요로 한다. 따라서 슬러지는 기본적으로 안정화와 안전화 및 감량화가 필수적인데 잉여슬러지의 가용화, 즉 전처리는 플록의 해체 및 미생물세포를 파괴하여 슬러지의 생분해성을 높이는 방법을 말하며 물리적(열처리, 마이크로파처리, 밀파쇄 등), 화학적(오존, 알칼리, 산처리 등), 생물학적 방법(혐기소화 등) 등이 알려져 있다.³⁾

이처럼 하수도 보급률의 상승으로 하수처리장에서 발생하는 슬러지가 지속적으로 증가하고 있으며, 이런 하수슬러지를 처리하는 처리비용 또한 지속적으로 증가추세에 있다. 따라서 본 연구에서는 글로우 방전 저온 플라즈마를 통해 발생한 활성화된 전자 및 이온을 이용하여 잉여슬러지 내 유기물질 등을 분해하는 것을 통해 탈수케이크 함수율 저감 효율을 개선하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 하수슬러지의 특성

하수슬러지는 충남 H군 공공하수처리장의 슬러지저

류조에서 실험에 활용하였다. 본 실험에 사용한 기질을 반송라인에서 인발된 잉여슬러지이며, 그 특성은 표 1에 나타내었다.

[표 1] 하수슬러지 특성

항 목	단 위 (mg/L)
TSS	6000
VSS	5107
TN	21.578
TP	5.383

2.2 실험 장치 및 방법

하수처리장내에서 발생하는 잉여슬러지는 슬러지처리과정인 탈수시스템을 통해 최종적으로 탈수케이크가 된다. 본 연구에 사용한 글로우 방전 저온 플라즈마 장치는 G사에서 연구용으로 공급한 유입된 공기를 고압방전 방식으로 전자와 라디칼, 산소원자, 오존, 과산화수소 등을 생성하는 전자발생장치(a)와 전자발생장치에서 생성된 전자와 라디칼 등 활성종을 용수로 투입하고 반응시키는 활성전자폭기장치(b) 등으로 현장 설치사진을 Fig. 1에 나타내었다.

플라즈마 시스템을 평가하려면 기존 슬러지 발생량과 플라즈마 시스템 적용 후의 함수율이 비교되어야 한다. 비교를 위한 식은 식(1)과 같다.

$$W_1(100 - X_{w1}) = W_2(100 - X_{w2}) \quad (1)$$

여기서, W_1 : 초기슬러지량(kg), W_2 : 처리 후 슬러지량(kg), X_{w1} : 초기 함수율(%), X_{w2} : 처리 후 함수율(%)을 나타낸다.



(a) 전자발생장치



(b) 활성전자폭기장치

Fig.1 플라즈마 시스템

실험은 기존 탈수시스템(잉여슬러지 인발→슬러지저류조 이송→탈수기공급→탈수케이크발생)과 동일 조건에서 플라즈마 시스템을 슬러지저류조에 적용하였고 유량 60m³, 접촉시간 24~72시간으로 3일간 총 5회 반복하여 실험을 수행하였다.

H군 공공하수처리장의 슬러지저류조 1~4지중에서 4지 한곳에만 잉여슬러지 60m³를 최대 3일(72시간) 동안 플라즈마 반응을 시켰으며 1대의 탈수기에 유입되는 슬러지의 유량은 20m³/h로 유지하고 최대한 동일한 성상의 슬러지가 탈수기에 유입될 수 있도록 하였으며, 탈수케이크 함수율 특정을 위해서 케이크 배출부에서 채취하였고, 함수율은 시료를 105~110℃에서 4시간 건조하고 데시케이터에서 식힌 후 무게를 달아 증발접시의 무게차로부터 함수율을 구하는 폐기물 공정시험기준에 의해 측정하고자 한다.⁴⁾

3. 결과 및 고찰

기존 탈수시스템의 탈수케이크 함수율은 평균 87.8%였으며, 플라즈마 시스템 적용 후 1~2일차 함수율은 88.3%, 3일차 함수율은 86.8%로 약1% 절감된 것으로 나타났다. 이는 슬러지에 활성화된 전자 및 라디칼이 접촉함으로써 잉여슬러지 내 유기물질의 전처리에 도움을 준 것으로 판단된다.

20년도에 H군 공공하수처리시설에서 탈수케이크는 5,200.68톤/년 발생하였고, 처리단가는 139,674원/년이다.⁵⁾ 함수율 1% 절감은 식 1에 의해 393.99톤/년의 케이크 절감 및 55,030,159원/년의 처리비용 절감 효과를 얻을 수 있음을 확인하였다.

기존 탈수시스템과 플라즈마 시스템을 현장 적용하여 탈수케이크의 함수율에 대해 비교한 결과는 Fig.2에 나타내었다. 그러나 반응시간이 3일(72시간)으로

길고 한정된 양(60m³)만 실험하였기 때문에 연속적으로 슬러지 인발을 통한 탈수가 진행되는 현장에는 적용하기에 어려움이 있다.

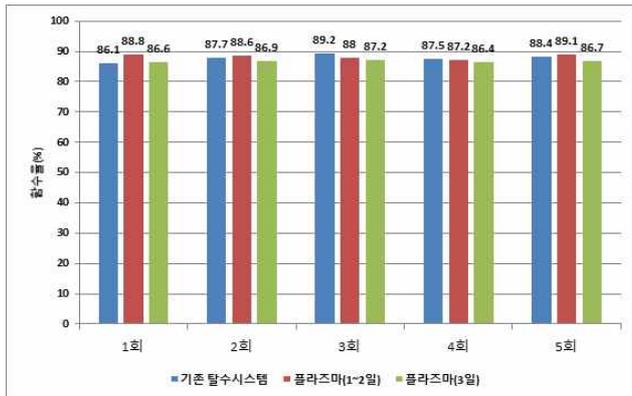


Fig. 2 함수율 실험 결과

4. 결론

글로우 방전 저온 플라즈마에서 발생한 활성화된 전자 및 라디칼이 하수슬러지에 미치는 영향을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

저류조 내에서 활성화 된 전자 및 라디칼이 잉여슬러지와 반응하여 최종적으로 발생한 탈수케이크 함수율이 반응 전 후 1% 가량 저감되어 효과적인 유기물의 분해가 이루어졌음이 확인 되었으며, 그로 인해 탈수케이크 발생량 및 처리비용은 H군 공공하수처리장 20년 폐기물자료 기준 케이크 발생량 393.99톤/년, 처리비용 55,039,159원/년 가량 절감 할 수 있을 것으로 기대된다.

글로우 저온 플라즈마 장치를 효율적으로 활용하기 위해서는 1~2일간 반응 후 함수율이 기존탈수 함수율에 비해 차도가 없고 3일 이후 함수율 저감 효과가 나타나 최소 3일(72시간)의 반응 시간이 필요하다.

잉여슬러지를 일정량(60m³)만을 분리하여 플라즈마 반응을 시켰다는 점에서 슬러지 인발이 연속적으로 이뤄지는 실제 현장과는 다르다는 한계점이 있다. 따라서 하수슬러지 저감 효율의 상승과 실제 현장에서의 원활한 적용을 위해 연속적으로 흐르는 잉여슬러지에도 적용할 수 있는 연구가 향후 요구된다.

참고문헌

[1] 박준민, 이대선, 정인철, 조현길, 강동효, 허진녕, 허승녕, “유기성 폐기물 처리 및 자원화 : 응집제 자동투입장치를 이용한 하수슬러지 탈수케이크 함수율 저감방안 연구”, 한국 폐기물 자원순환학회 추계 학술발표논문집, pp.

122-124, 5월, 2009년.

[2] 한국환경공단 국가하수도정보시스템, 연도별 하수처리시설 찌꺼기현황 자료
 [3] S.I.Perez-elvira et al. 2006; yuansong Wei, 2003
 [4] 폐기물공정시험기준 ES 06303.1
 [5] 흥성공공하수처리시설 2020년 폐기물실적보고 자료