

폐자원을 이용한 경기도 지역 내 개인하수처리시설의 슬러지 처리공정 개발

< 제이워터텍 김 성 철 >

I. 연구개요

해양오염 방지를 위한 런던협약이 발효됨에 따라 슬러지의 해양처분에 대한 규제가 강화되고 국내에서는 하수슬러지의 육상 직매립이 금지되고 있어 슬러지 처리에 어려움을 겪고 있다. 또한 하수슬러지 해양투기 및 매립이 금지됨에 따라 소각 및 퇴비화처리가 이루어지고 있으나, 소각의 경우 다이옥신, 비산재 및 악취 등 2차 오염으로 인한 민원이 발생되고 있다.

개인하수처리시설의 슬러지 처리방법은 대부분 유기성 슬러지를 지자체에 위탁 처리하고 있는 실정이며, 일부 개인하수처리시설의 경우 처리시설 내 발생하는 잉여슬러지를 지자체에서 처리하는데 한계가 있어 잉여슬러지를 원활하게 폐기할 수 없는 실정이다. 이에 따라 처리시설 내 생물학적 처리공정 효율저하와 방류수 수질관리 확보에 어려움을 겪고 있다. 또한 일부 개인하수처리시설의 경우 슬러지 처리비용을 줄이기 위하여 슬러지를 폐기하지 않고 전량 반송하여 처리공정 내 잉여슬러지가 순환하는 시스템으로 운영하고 있으며, 이에 따른 미생물 활성도 저하로 인해 유기물 및 영양염류 제거효율이 감소하고 있는 실정이다.

II. 연구의 목적 및 필요성

유기성 폐기물 해양투기 금지와 슬러지 함수율 75%이상 육상매립 금지 및 지자체의 유기성 폐기물 위탁처리 불허에 대응할 수 있는 개인하수처리시설의 유기성

폐슬러지 처리방안 및 공정개발이 시급하다. 또한, 굴 생산의 부산물인 굴 폐각은 연간 약 28만톤이 발생하는 것으로 보고되고 있으며, 이중 13만톤을 재활용하고 나머지 15만톤은 매립 및 방치되는 것으로 확인되었다. 따라서 연간 약 15만톤의 굴 폐각이 계속 누적되고 있는 실정이며 굴폐각을 재활용 하기 위한 연구가 진행되고 있다.

굴 폐각의 경우 자연계에서 생성된 탄산칼슘(CaCO_3)이 주성분으로 구성되어 있으며 굴 폐각을 열처리 할 경우 CaCO_3 가 CaO 로 변환되는 특성을 가지고 있다. CaO 의 경우 CaCO_3 보다 더 높은 함량의 칼슘을 함유하고 있으며, 이에 따라 미생물 체외고분자 물질에 Ca^{2+} 을 흡착시켜 탈수효율 증대와 필터프레스 탈수기 적용시 여과포의 오염을 줄일 수 있다. 따라서, 본 연구를 통해 개인하수처리시설에서 발생하는 하수슬러지를 효율적으로 처리하기 위해 폐자원을 이용하여 슬러지 처리공정을 개발하고 탈수케익 및 탈수여액의 자원화 방안을 수립하고자 하였다.

III. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 ‘폐자원을 이용한 경기도지역 내 개인하수처리시설의 슬러지 처리공정 개발’로서 본 연구의 목적은 개인하수처리시설에서 발생하는 하수슬러지를 효율적으로 처리하기 위해 굴 폐각과 약품을 이용한 슬러지 처리공정을 개발하고 폐슬러지를 자원화 하는데 목적을 두었다. 기존 개인하수처리시설에 무기탈수보조제를 이용한 탈수공정 적용을 통해 슬러지 내 EPS 농도를 감소시켜 탈수공정의 처리효율 증대를 도출하고자 하였으며, 탈수공정 적용 시 발생하는 탈수케익 및 탈수여액의 자원화 방안을 수립하고자 한다.

○ 무기탈수보조재개발

- 굴 폐각 및 약품의 최적혼합비율 도출을 통한 무기탈수보조재개발
- EPS 저감효과에 따른 슬러지 탈수효율 증대방안 도출

○ 고효율 슬러지 탈수처리기술 개발

- 슬러지 농도에 적합한 무기탈수보조제의 최적주입량 도출
- 가압부상기 적용을 통한 탈수 처리효율 증대방안 도출

○ 개발 공정의 현장 적용성 평가

- 탈수슬러지 함수율 60% 이하 만족

- 탈수여액의 알칼리도 보조제 활용방안 수립

○ 탈수부산물 자원화방안 수립

- 탈수슬러지 복토재 및 부숙토 등 자원화 방안 수립

- 경제성 평가 및 효율성 비교

IV. 연구결과

폐자원(굴폐각)을 이용한 무기탈수보조제 개발을 위하여 굴폐각 적용성을 평가하였으며, 평가를 위해 EPS 및 슬러지와의 최적혼합비율을 통하여 탈수를 진행 하였다. 그 결과 슬러지와 굴폐각의 최적 혼합비율은 1:10 으로 나타났으며 이에 따른 EPS감소와 탈수케익 함수율은 53~60%로 무기탈수보조제 적용이 가능 한 것으로 나타났다. 그러나 굴폐각의 단독 적용은 경제성평가의 문제가 발생하게 되며 이에 따라 EPS 흡착에 효율적인 칼슘(Ca^{2+})계열의 약품($Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, CaO , $CaCl_2$)을 선정하여 슬러지와 약품혼합비율에 따른 EPS농도 및 탈수케익 함수율 평가를 실시하였으며 그 결과 탈수보조제에 적합한 약품은 $CaCO_3$ 로 나타났다.

따라서 굴폐각과 $CaCO_3$ 를 혼합하여 경제성평가의 문제점을 해결하고자 하였으며, 이에 따라 슬러지 탈수 실험을 통한 슬러지와의 최적혼합비율 도출 결과 Sludge : 굴폐각 : $CaCO_3$ = 1 : 1.5 : 2.5로 나타났다. 또한 탈수보조제의 최적주입량에 따른 탈수효율 증대를 위해 슬러지 농도별 탈수실험을 진행하였으며, 그 결과 슬러지 농도가 증가 할수록 탈수케익의 함수율은 낮아지는 것으로 나타났다.

Lab. Scale 실험결과를 바탕으로 하여 Test bed 내 탈수기 및 가압부상장치를 운전하였으며, 탈수기 단독 적용 시 중력식 침전방법으로 슬러지를 농축하였으나, 농축되는 슬러지농도의 한계점이 발생하는 것으로 나타났으며, 이에 따라 미세기포를 이용한 슬러지 농축에 효율적인 가압부상장치를 추가로 설치하여 슬러지를 농축하였다. 가압부상장치 설치에 따라 농축슬러지 농도가 최소 17,000 ~ 최대 32,000 mg/L로써 중력식 침전 방법보다 약 2.5배 증가하였으며, 총 슬러지 발생량의 75%가 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 무기탈수보조제 주입량이 감소하게 되어 이에 따른 경제성이 확보될 것으로 판단된다.

휴게소 개인하수처리시설의 경우 잉여슬러지가 슬러지 농축조 및 저류조 통해 외부로 반출되는 시스템으로 구성되어 있으나 잉여슬러지 처리비용으로 인한 원활한 슬러지 처리가 어려운 것으로 나타났다. 이에 따라 슬러지 저류조 용량을 초과하게 되어 유량조정조 내 저류조 상등수 및 농축슬러지가 월류하고 있으며, 이에 따른

생물학적 처리공정의 유기물 및 영양염류제거효율에 문제가 발생하고 있는 것으로 나타났다.

따라서 잉여슬러지 처리가 원활한 탈수공정적용에 따른 고도처리공정 평가를 실시하였으며 그 결과 주기적인 잉여슬러지 폐기에 따라 생물반응조 내 미생물 활성도가 증가 하였으며, 또한 유량조정조 내 저류조 상등액 및 농축슬러지의 월류를 방지 할 수 있었다. 이에 따라 유입수 내 유기물 및 영양염류의 제거효율이 증가하였으며 이에 따른 유기물 및 영양염류의 제거효율이 증가되는 것으로 나타났다. 또한 유입수 내 유기물 및 영양염류 증가에 따라 추가 알칼리도 보충을 위한 중탄산나트륨 주입 없이도 질산화반응이 원활하게 유도되는 것으로 나타났으며, Test bed 운전 결과 탈수공정 적용에 따라 발생하는 탈수여액이 생물학적 처리공정에 유입 될 경우 처리효율에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

가압부상장치 및 탈수기 설치 운전에 따른 경제성 평가를 실시하였으며, 기존공정과 탈수기 설치에 따른 경제성 평가 결과 327,960원/월의 경제성이 확보되는 것으로 나타났으며, 또한 가압부상장치 및 탈수기 설치에 따라 648,480원/월의 경제성이 확보되는 것으로 나타났다. 이에 따라 경제성 회수기간의 경우 탈수기 단독설치의 경우 7.6년이며 가압부상장치 설치의 경우 7.9년으로 나타났다.

V. 연구결과의 활용계획

- 연구사업 완료 후 개인하수처리시설 및 공공하수처리시설의 슬러지 탈수효율 개선사업
- 잉여슬러지 처리에 대한 문제가 심각한 고속도로 휴게소 내 개인하수처리시설에 활용 가능 추진 시 활용가능

- 개인하수처리시설 위탁관리업체의 경우 운영비용 절감효과 기대
- 탈수케익의 복토재로써 재활용이 가능함에 따라 지자체 도시계획과 등 도시개발에 따른 미화에 소요되는 예산 절감효과 기대
- 탈수케익 함수율 절감 및 부피 최소화 등의 운반비용 절감 기대
- 슬러지 자원화 관련 기준을 만족함에 따라 폐슬러지의 자원화 활용범위가 넓게 적용
- 경기녹색환경지원센터 연구과제 우수성과 사례 선정
(타지역 센터 연계를 통한 성과 보급 및 확대 → 전국 확대)
- 대상지역 지자체 우수성과 사례 홍보(슬러지 처리 운영비 절감 사례)
(환경부 보도자료 배부를 통한 우수사례 선정)
- 과제 종료 후 국내 학회발표 및 학술지 논문 1~2편 작성

(슬러지 자원화의 경우 현재 환경분야에서 시급히 해결해야 하는 사안)

- 우수성과 도출에 따른 후속 연계사업 진행

(현재 대상시설 : 개인하수처리시설 → 향후 대규모 공공하수처리시설 적용)