

Microbubble 및 초음파를 이용한 슬러지 감량화기술개발

< 성균관대학교 건설환경시스템공학과 엄익태 >

I. 연구의 목적 및 필요성

하수슬러지 처분에 대한 규제가 강화되면서 슬러지 감량화 기술에 대한 연구와 기술개발이 활발히 이뤄지고 있다. 현재까지 연구된 주요 전처리 방법은 오존처리, 초음파처리, 알칼리처리, 열처리, 효소처리, 산처리, 기계적 분쇄, 염소처리 등과 같은 단일처리와 알칼리/초음파 병합처리, 알칼리와 열 병합처리 등이 있다.

이들 방법 중 초음파와 같은 물리적 처리기술은 처리과정 중 환경에 유해한 물질을 발생시키지 않는다는 장점이 있다. 초음파 공동(Cavitation)을 이용한 슬러지 전처리의 원리는 공동(Cavitation)에 의해 액체 내부에 발생하는 Cavitation 공동과 버블의 파괴로 순간적인 고온 고압 조건이 형성되고 이에 따른 충격파와 전단력에 의해 주변의 슬러지가 파괴되는 것을 이용한 기술이다. 즉, 높은 음향 강도를 가진 초음파를 조사할 때, 초음파에 의한 에너지 투입이 물분자의 결합에너지를 넘어서면 부분적인 압력강하로 인하여 공동(Cavitation)이 발생하게 되는 것이다. 이 기술은 슬러지 처리효율이 높고 고형물 함량이나 점도의 영향을 비교적 적게 받는 장점이 있으나 에너지 투입량이 높고 시설유지비가 비교적 높다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 미세기포 발생장치와 초음파 장치의 병합처리로 기존 초음파 처리방식의 단점을 극복하여 초음파 가용화 방법에서의 최적 공정을 개발해보고자 한다.

II. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 슬러지 초음파 처리에서 가용화만이 아닌 혐기소화에서의 생분해를 통해 최종적인 슬러지 감량효과까지 보고자 한다. 혐기소화에서의 생분해성을 개선하기 위해서는 잉여슬러지에 대한 전처리가 필요한데 그 방법으로 초음파 처리를 사용하였다.

잉여슬러지에 대한 초음파 처리를 통해 기존의 초음파 전처리 방식의 특성을 파악하

였고, 여기에 미세기포 발생장치를 병합하여 기존 초음파 처리 방식을 더욱 효과적으로 하고자 한다. 미세기포 발생장치와 초음파 장치의 적절한 병합을 위해 미세기포 발생장치를 거친 슬러지의 특성을 분석하였고 이 슬러지를 초음파 처리하였을 때의 변화를 관찰하였다. 그리고 미세기포/초음파 병합 시스템을 거친 슬러지와 초음파 단독처리한 슬러지의 혐기소화에서의 가스발생량을 비교해보며 최종적인 감량효과를 비교하였다. 또한, 초음파 처리와 함께 오존, 열·알칼리 병합처리를 실시하여 각각 전처리 방법의 혐기소화에서의 생분해성을 비교 평가하여 보았다.

III. 연구결과

잉여슬러지를 대상으로 초음파 주입에너지를 달리하며 가용화 효율을 분석한 결과, 초음파 주입에너지(SE) 73,171kJ/kg-TSS에서 COD가용화율과 DDCOD가 각각 최대치 19%, 62%를 나타내었고 그 이상의 초음파 에너지 주입은 효과가 없었다. COD가용화율과 DDCOD를 기준으로 SE 73,171kJ/kg-TSS이내에서의 초음파 처리가 효율이 있었다. 초음파 주입에너지(SE) 1,829kJ/kg-TSS이하의 낮은 초음파 주입량에서 Particle Size가 급격하게 감소하였다.

미세기포 발생장치와 초음파의 조합 처리를 초음파 단독 처리와 비교 평가하며 가용화율, 감량률을 분석하였다. 미세기포 발생장치는 순환시간 30분에서 감량률과 Particle size감소가 최대로 나타나며 최적값을 나타냈다. 반면, 미세기포 발생장치에서 가용화의 효과는 미미하였다. 미세기포 발생장치와 초음파를 조합하였을 때 최대 가용화율에서 초음파 단독 처리에 비해 COD가용화율이 2%증가된 결과를 보였고, 적정 가용화율 10%에서는 3.7% 증가된 가용화율을 보였다. 미세기포 발생장치를 거친 슬러지에 초음파를 가하는 것은 초음파만으로 처리를 하였을 때에 비해 높은 효율의 슬러지 처리율을 얻을 수 있으며 미세기포가 초음파가 조사되는 초기에 큰 효과를 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다.

혐기소화에서의 생분해성을 비교하였을 때, 미세기포/초음파 병합 시스템이 초음파 단독처리에 비해 목표가스량을 발생시키는 데에 5일이 단축되는 것을 볼 수 있었다. 따라서 미세기포 발생장치와 초음파의 조합으로 초음파 단독 처리에 비해 적은 에너지의 초음파 조사로도 높은 가용화율을 얻을 수 있고 혐기소화에서 슬러지 감량효율 또한 증가하는 것을 확인하였다. 또한 초음파 단독처리가 미세기포/초음파 병합 시스템에 비해 150%의 에너지를 필요로 하며 경제성면에서도 경쟁력이 있음을 입증하였다.

혐기소화조에서 오존, 열·알칼리를 이용한 전처리 방법과 생분해성을 비교해 보았을 때 초음파를 이용한 처리가 초기 메탄발생량이 크게 나타났다. 이로 인해 초음파 처리한 슬러지가 다른 전처리 방법에 비해서 혐기소화에서의 빠른 순응으로 슬러지 감량에 필요한 혐기소화에서의 수리학적 체류시간을 단축시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

IV. 연구결과의 활용계획

비용이나 효율측면에서 경쟁력이 있는 슬러지 전처리 신기술이 개발되면 슬러지 감량형 하폐수 처리 시스템의 상용화에 가장 큰 제약요인이 해소될 것으로 판단된다. 특히 현재 유럽 일본 등 선진국을 중심으로 초음파 슬러지 전처리 기술의 상용화가 시도되고 있는바 선진국 기술대비 현격한 비용측면에서의 우위를 점할 수 있을 것으로 판단되며 이를 이용한 슬러지 감량형 하폐수 처리의 본격적인 상용화가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 완성되는 기술은 현재 주목받고 있는 초음파를 이용한 슬러지 감량화 기술의 효율을 획기적으로 향상시킬수 있는 기술로서 초음파 조사와 미세기포 발생장치의 시너지 효과를 이용하여 초음파 단독처리 대비 초음파 조사량을 저감할 수 있는 시스템을 개발하여 처리비용 절감을 이뤄낼 수 있을 것으로 생각된다.