고효율 저온 폐수 혐기처리법

<과학기술부 · 연구개발정보센터 제공>

Gatze Lettinga를 비롯한 네덜란드 와게닝엔 농업대학(Wageningen Agricultural University) 과학자들과 러시아 과학아카데미 미생물학연구소 과학자들은 저온에서 폐수를 처리할 수 있는 고효율 혐기처리법을 연구했다. 산업폐수의 혐기처리는 적용범위가 넓은 잘 확립된 기술로 생각되고 있다. 지금까지 완전규모로 세워진 혐기처리는 18℃를 넘은 온도로 농축된 폐수에 한정되고 있다. 그러나 적당한 기후 조건에서 가정 폐수와 산업 폐수를 포함해서 많은 희석된 폐수들은 낮은 대기 온도에서 방출되고 있다. 유기물 농도가 낮아 대기 리터당 COD가 0.3~1.0g인 이 폐수들은 대개 용존 산소가 높고 종종 리터당 10㎎까지 산소를 함유하고 있다. 그래서 호랭성 조건하에서 그와 같은 희석된 폐수를 처리하려는 노력이 큰 성공을 거두지는 못했다. 온도가 혐기성 역전과정속도에 크게 영향을 끼치기 때문에 기존의 고속반응기 디자인에 어떤 핵심적인 개선이 이루어져서 미생물 메탄형성 집단이 효과적으로 희석된 폐수를 저온에서 분해할 수 있도록 해주어야 한다. 기존의 호기성 처리시스템에 비하여 혐기성 처리시스템이 갖는 많은 장점 때문에 호랭성 고속 혐기처리시스템의 개발은 경제적으로나 생태적으로 큰 효과를 거둘 수 있을 것이다. 차가운 폐수를 쓰는 고속 혐기성 반응시스템의 성공 가능성은 주로 (i)반응기에서 쓰이는 종자 슬러지의 품질과 저온 조건하에서의 발달, (ii)폐수속의 유기 오염물질의 성질, (iii)반응기의 구성, 특히 살아 있는 슬러지를 유지하는 능력에 달려 있다. 저온 혐기폐수처리에는 단일, 혹은 다구획 입상슬러지반응기가 응용될 수 있다. 많은 경우 다구획 반응기가 단구획 반응기보다 전망이 좋다. 저온에서의 메탄 형성은 주로 툰드라 토양, 연못 침전물, 깊은 호수의 침전물 같은 자연 환경에서 연구되었다. 이러한 환경으로부터 저온성 수소-소비 메탄 형성균과 저온성 호모아세테이트 형성(homoacetogenic) 세균이 분리되었다.

자연환경에서는 메탄 형성균보다는 호모아세테이트 형성이 수소를 소비하는 것으로 나타나고 있다. 이것은 아세테이트(초산염)가 메탄형성에 주요 전구물질이라는 것을 의미할 수 있다. 그러나 이것은 과다하게 지방산을 분해할 수 있는 위험이 있다. 메탄형성 환경에서 수소환원 아세테이트 형성 세균과 메탄 형성세균의 신트로피성(synthrophic) 공동체가 프로피오네이트(propionate)와 부티레이트(butyrate)와 같은 지방산을 분해한다. 신트로피즘(synthrophism)이란 영약 요인이나 대사 효소들 면에서 상호 보완하는 관계를 말한다. 중온성 메탄 형성 과정에 대해서는 일반적으로 수소에 대한 호모아세테이트 형성자들의 친화성이 너무 낮아서 프로피오네이트와 부티레이트 산화자들이 자랄 수 없을 것으로 받아들여지고 있다.

그러나 자가영양성 수소-소비 메탄 형성자들은 낮은 온도에서 잘 자랄 수 있다. 혐기 폐수처리시스템에서 안정한 저온성 지방산-분해 미생물 조합체가 얻어져서 유지될 수 있는지는 분명치 않다. 연구팀은 리터당 12㎎의 산소를 함유하고 있는 저온(3~8℃), 희석 폐수(0.5~0.9g COD/L) 처리에 혐기성 고속화 확장입상슬러지베드(EGSB:expanded granular sludge bed)시스템을 개시하여 운영하고자 하는 새로운 시도를 했다. 반응기는 중온성 메탄 형성 입상슬러지를 접종하고 휘발성 지방산 혼합물을 넣어주었다. 이 단계 시스템에서 지방산은 잘 제거되었다.

첫번째 단계 유출물에서 프로피오네이트가 비교적 높은 수준으로 남아 있었지만 두번째 단계에서는 효과적으로 제거되었다. 수소분압이 낮고 아세테이트염 농도가 낮은 것이 프로피오네이트 산화에 유리했다. 각 모듈에서 특이적인 슬러지의 휘발성 지방산-분해 활성은 150일간 시스템을 운영한 후에 배가되었다. 이것은 그와 같이 낮은 온도에서 메탄 형성 세균과 수소-환원 아세테이트 형성 세균이 잘 자랐다는 것을 보여주는 것이다. 1.5년이 지난 후 얻어진 생물량은 여전히 생장적온이 30~40℃ 사이였다. 環境保全