

SAPS의 탄소원 공급을 위한 유기물 연구

이지은, 고주인, 김선준, 유상희*

한양대학교 지구환경시스템공학과, *(재)자원산업연구원 (metallica79@hanmail.net)

<요약문>

The experiments on some organic materials used in SAPS are carried out for the better sulfate reduction efficiency and the longer lifetime. Organic materials include spent mushroom compost, sewage sludge, oak chip compost and the combination of there. Reactors with mushroom compost, sewage sludge, the mixture of mushroom compost and sewage sludge, and the mixture of mushroom compost and oak chip compost maintained pH higher than 6.0. Reactors with mushroom compost, the mixture of mushroom compost and sewage sludge, and the mixture of mushroom compost and oak chip compost maintained reduction condition. Reactors with sewage sludge, oak chip compost and the mixture of sewage and oak chip compost produced COD less than 2,000ppm. Reactors with sewage and the mixture of mushroom compost, sewage sludge, oak chip compost showed about 60% of sulfate removal ratios.

key word : organic material, sulfate reduction efficiency, sulfate removal ratio

1. 서론

SAPS(Successive Alkalinity Producing System)를 이용하는 처리에서는 가동 초기 수 십 일간 다량의 유기물이 배출수에 용해되어 나오게 된다. 이는 기질물질이 녹아 나오는 것으로, 가동초기 고농도 유기물 배출문제는 다음 공정으로 이어지는 산화조나 호기성 소택지를 통해 어느 정도 제거가 된다하여도 가동초기에는 주변 하천에 대한 또 다른 오염원으로 작용하고 있다(지상우, 2004). 또한 탄소원의 고갈은 정화시설의 수명을 단축시키므로 장시간 탄소원을 공급할 수 있는 유기물의 개발이 필요하다.

따라서 본 연구는 현재 유기물원으로 주로 이용되는 버섯퇴비 뿐만 아니라 그 밖의 다른 유기물원들에 대하여 초기의 황산염 환원 박테리아(SRB; Sulfate Reducing Bacteria)의 활성화에 영향을 줄 수 있고, SRB의 요구량에 충분하게 오랫동안 지속될 수 있는 유기물원을 찾고자 실험을 수행하였다.

2. 본론

2.1. 유기물원 및 실험재료

현재 황산염환원을 위한 유기물원으로 가장 많이 사용되고 있는 것은 버섯퇴비다. 일반적으로 버섯퇴

비에는 약 10% 정도의 CaCO₃ 성분이 존재하고 있어 완충작용을 할 뿐만 아니라 풍부한 유기물을 지니고 있는 것으로 알려져 있다(Hedin et al., 1994). 본 연구에서 사용된 버섯퇴비는 충청남도 부여의 버섯농장에서 사용하는 버섯퇴비를 이용하였다.

하수슬러지를 대체물질로 쓰는 이유는 분해성 및 난분해성 유기물을 다량으로 함유하고 있어 낮은 유기물과 높은 황산염 농도를 갖는 광산폐수 특성을 고려할 때 적합한 유기물 공급체이며 구입이 용이하고 재활용 측면도 있다. 또한 황산염환원에 의한 황화금속을 고정시키는 역할을 하는 SRB의 군수가 다량(10⁵/MLSS · mg 정도) 존재하고 계절적인 변동에서도 그 군수는 일정하다고 알려져 있다(성낙창 외, 1997). 본 연구에서 사용된 하수슬러지는 중량천 하수종말처리장에서 발생한 것이다.

참나무퇴비는 주로 이온교환이나 -OH 와 -COO- 등의 작용기에 의한 흡착에 의해서 중금속을 처리하며 미생물이 자랄 수 있는 장소를 제공하고 이온교환과 chelating, 흡착, entrapment 등을 통해 중금속을 제거한다(김경호 외, 1997). 본 연구에서 사용된 참나무 역시 충청남도 부여에서 버섯 재배에 사용된 참나무이다.

석회석은 단양석회석광업소의 석회석(-8 mesh)을 사용하였다. 석회석의 순도는 CaCO₃로 98.3 Wt.%에 이르며, 버섯퇴비 내의 유기물(CH₂O) 함량은 56.7Wt.%이다. 실험에 사용된 인공 AMD는 pH 2.76, Fe_T 116.24mg/l, Al³⁺ 106.07mg/l, SO₄²⁻ 1315.7mg/l 였다.

2.2. 실험 및 분석방법

사용된 반응조의 용량은 1L이며, 침전물로 인한 막힘을 방지하기 위하여 유기물 반응조 바닥에는 자갈을 깔고, 상향류식 흐름으로 하였다(Fig. 1). 각 반응조에 충전된 유기물의 양은 Table 1과 같다. 실험 온도는 15℃로 유지하였고, 수리학적 체류시간(HRT; Hydraulic Retention Time)은 4일로 하였다.

실험은 약 70일간 진행되었으며, pH, 산화-환원전위(ORP), 총 용존 고형물(TDS), 온도, DO, 전기전도도 및 COD는 2일 마다 측정하였으며, 황산염이온의 농도는 평균 6일 마다 분석되었다.

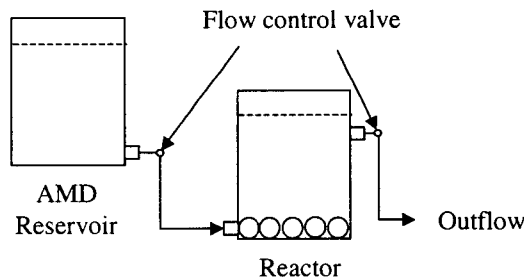


Fig. 1. Schematic sketch of experimental reactor.

Table 1. 각 반응조의 유기물 충전량

반응조	유기물	질량 또는 질량비	부피비
1	버섯퇴비	665g	1
2	하수슬러지	684g	1
3	참나무	102g	1
4	버섯퇴비+하수슬러지	333g : 342g	1 : 1
5	버섯퇴비+참나무	333g : 51g	1 : 1
6	하수슬러지+참나무	342g : 51g	1 : 1
7	버섯퇴비+하수슬러지+참나무	222g : 228g : 34g	1 : 1 : 1

3. 결과 및 고찰

각 반응조의 pH 변화를 보면 버섯퇴비(SMC)와 하수슬러지(SS)만을 사용한 반응조와 버섯퇴비와 하수슬러지를 혼합한 반응조, 버섯퇴비와 참나무(OC)를 혼합한 반응조에는 pH가 6.0이상으로 유지되고 있었다. 반면, 참나무만을 사용한 반응조에서는 pH가 계속 낮아져 가동된지 70일이 경과 했음에도 pH는 3.60의 값으로 낮게 나타나고 있다. 또한, 하수슬러지와 참나무를 혼합한 반응조와 3가지(버섯퇴비, 하수슬러지, 참나무) 유기물을 혼합한 반응조에서도 역시 pH는 계속 낮아져 4.97, 4.61의 값을 보이고 있다(Fig. 2(a)). 이것은 참나무의 반응 면적이 작아 광산배수와 반응이 적게 일어나기 때문인 것으로 판단된다. ORP 변화에서도 버섯퇴비만을 사용한 반응조와 버섯퇴비와 하수슬러지, 버섯퇴비와 참나무를 혼합한 반응조에서 각각 평균 ORP -178.4mV, -146.8mV, -180.8mV로 적절한 환원 환경이 이루어지고 있는 반면에 참나무만을 사용한 반응조와 참나무와 하수슬러지를 혼합한 반응조에서는 각각 평균 188.9mV와 144.9mV로 환원 환경이 이루어지지 않고 있다(Fig. 2(b)). 이것은 유기물 층과의 반응이 적게 일어나거나 SRB의 활동성이 약하게 되는 것을 의미하게 된다.

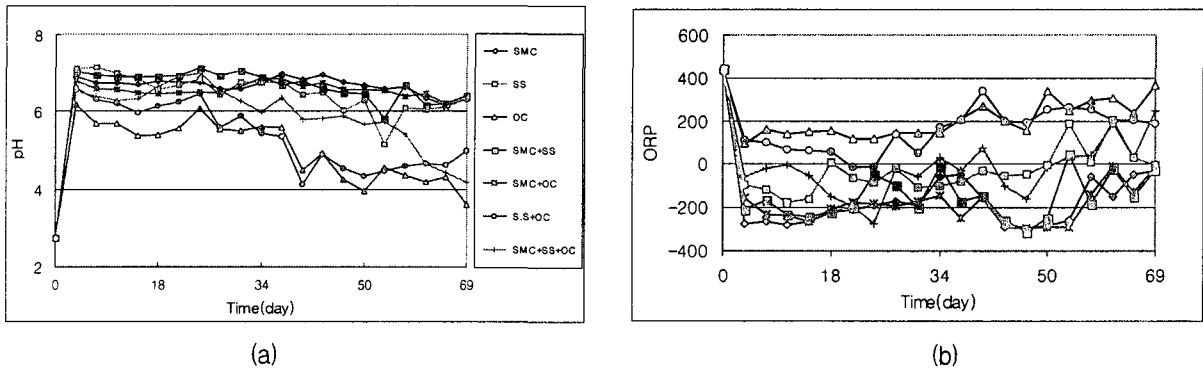


Fig. 2. The variations of pH and ORP in each reactor with time.

버섯퇴비만을 사용한 반응조는 실험 초기 COD가 높게 나타나다가 낮아지지만 하수슬러지, 참나무만을 사용한 반응조와 하수슬러지와 참나무를 혼합한 반응조에서는 초기에도 2,000ppm을 넘지 않는 COD가 배출되었다(Fig. 3(a)).

하수슬러지만을 사용한 반응조(56.1%)와 3가지(버섯퇴비, 하수슬러지, 참나무) 유기물을 혼합한 반응조(59.3%)에서 가장 높은 황산염 제거율을 나타내는데, 이는 하수슬러지가 초기 황산염환원에 효과적임을 보여준다(Fig. 3(b)). 또한 참나무만을 사용한 반응조에서는 초기 황산염 이온의 용출이 없는 것으로 나타났다.

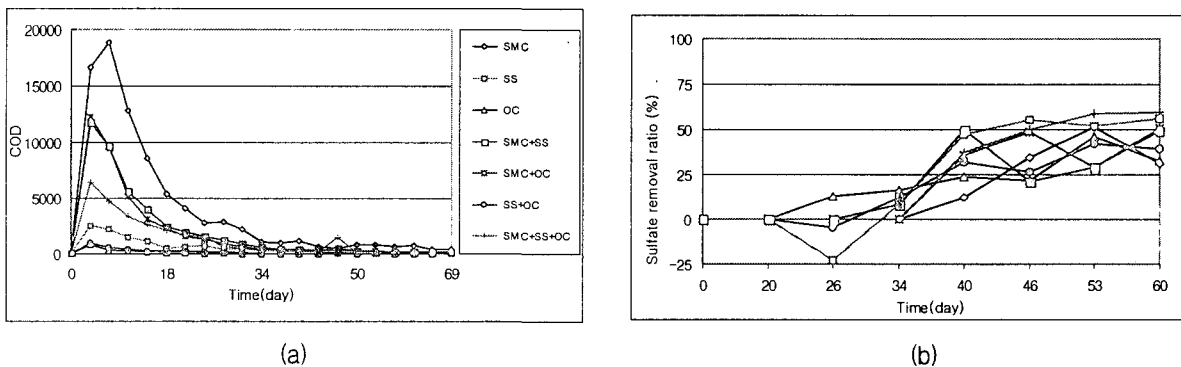


Fig. 3. (a) The variations of COD in each reactor with time.

(b) The variations of sulfate removal ratio in each reactor with time.

4. 결론

버섯퇴비와 하수슬러지만을 사용한 경우와 버섯퇴비와 하수슬러지를 혼합한 경우, 버섯퇴비와 참나무를 혼합한 경우 pH가 6.0이상 유지되었다. 버섯퇴비만을 사용한 반응조와 버섯퇴비와 하수슬러지를 혼합한 반응조, 버섯퇴비와 참나무를 혼합한 반응조에서는 환원환경이 유지되었다. 하수슬러지, 참나무만을 사용한 반응조와 하수슬러지와 참나무를 혼합한 반응조에서는 초기에도 2,000ppm을 넘지 않는 COD가 배출되었다. 하수슬러지만을 사용한 반응조와 3가지(버섯퇴비, 하수슬러지, 참나무) 유기물을 혼합한 반응조의 경우 약 60%에 이르는 황산염 제거율을 보였다.

5. 참고문헌

- (1) 지상우, 2004, 국내 산성광산배수 자연정화시설의 분석과 갭내 황산염 환원시설 모형실험 연구, 한양대학교 박사학위논문, pp. 80-90
- (2) Hedin R. S., Nairn R. W. and Kleinmann R. L. P., 1994, Passive treatment of coal mine drainage, US Bureau of Mines IC 9389, p. 35
- (3) 성낙창, 강현찬, 임재명, 김정권, 1997, 폐탄광폐수의 자연정화식처리의 효율증진과 성능향상을 위한 연구, 석탄산업합리화사업단, 97-04
- (4) 김경호, 나현준, 이성택, 1997, 산성 광산 폐수 처리용 생물반응기에 사용되는 유기물의 연구, 한국토양환경학회지, Vol. 2, No. 1, pp. 45-50
- (5) 김은호, 장성호, 1999, 하수슬러지와 제지슬러지를 탄소원으로 이용한 폐탄광 폐수의 생물학적 처리에 관한 연구, 한국토양학회지, Vol.4, No.2, pp. 63-75

6. 사사

이 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:3-5-1)에 의해 수행되었다.