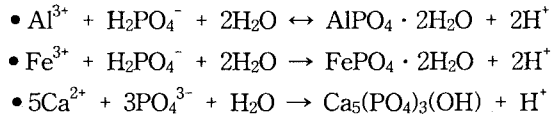


# 인산염 제거를 위한 함석고 슬러지의 이용 가능성 연구

문용희<sup>1)</sup> · 김재곤<sup>2)</sup> · 문희수<sup>1)</sup>

## 1. 서론

인은 생물의 3대 필수영양소 중의 하나이며 Limiting nutrient 으로 부영양화를 발생시키는 주요인자 중의 하나이다. 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 폐수처리 방법은 활성슬러지 공법이다. 활성슬러지공법은 폐수중의 유기 오염물질을 미생물을 활성화시켜 폐수를 처리하는 방법이다. 그러나 활성슬러지 공법으로 폐수를 처리할 때는 폐수의 부하변동에 따른 대처가 어렵고 폐수중의 질소나 인 등의 부영양화의 원인이 되는 물질을 제거하기 어렵다는 문제점이 있다. 수중의 인산이온의 농도가 0.01mg/l 이상일 때 부영양화를 촉진시킨다고 알려져 있다. 그러나 우리 나라 폐수처리장 방류 수질기준의 총 인량(Total phosphorus amount)은 8mg/l으로 부영양화를 피할 수가 없다. 인산이온은 자연상태에서 발생되어 지표수로 흘러들어 갈 수 있는 요인보다는 인간과 가축에 의한 요인이 크기 때문에 자연저감의 기대가 적어 많은 연구가 수행되어 왔다(Bastin et al, 1999., Hotan et al, 1988., Haung, 1977., etc.). 폐수에서 인산이온은 알루미늄과 철 그리고 칼슘에 의해 제거가 잘 된다는 것은 다음과 같은 식으로 일반화되어 있다(Nyle and Ray, 1999);



벤토나이트의 처리 공정에서 산출되는 슬러지(Sludge)는 다량의 칼슘과 소량의 알루미늄, 철이 함유되어 있어 이를 이용하여 인산의 제거 연구를 수행하였다.

## 2. 실험방법

실험에 사용된 시료는 벤토나이트 처리공정에서 산출되는 슬러지로 동해화학에서 제공받았다. 시료의 정성분석을 위해 X-선 회절분석과 전자 현미경(SEM)을 이용하였고 화학적 정량분석(Richard and Donald, 1996)으로 시료 내 석고의 함량과 비결정질 상의 함량을 측정하였다. 그리고 EGME 방법을 통하여 비표면적을 측정하였다(Carter et al., 1986). 슬러지의 인산염 제거능력은 Batch 실험을 통하여 이루어졌다. 슬러지와 인산의 반응 속도를 알기 위해 슬러지와 30ppm의 인산염을 함유한 matrix solution(0.01M KCl)을 1:200(25g:5L) 비율로 혼합하여 시간별로 측정하였다. 그리고 슬러지와 matrix solution내에 함유된 인산염을 농도별(0~8000)로 1:40(1g:40ml) 비율로 혼합하여 실험하였다. 슬러지와 2000ppm의 인산이온을 함유한 matrix solution을 이용하여 pH별(3~14)로 측정하였고 30ppm의 인산을 함유한 matrix solution이 40g일 때 적정 슬러지의 양을 측정하기 위해 슬러지의 양별(0.005g~0.95g)로 실험하였다. 모든 실험은 정밀도를 높이기 위해 2차 반복 실험을 하였다.

그리고 반응후의 인의 농도는 발색(Kuo, 1996)을 통하여 UV로 측정하였고 음이온은 IC 그리고 양이온은 ICP를 사용하여 함량을 측정하였다.

### 3. 결과

시료의 정성분석을 위해 X-선 회절분석과 전자 현미경(SEM)을 이용하여 실험한 결과 주 구성광물이 석고로 확인되었고 그 외 소량으로 Fe 그리고 Al, Si 등이 함유된 것을 알 수 있었다. 전자 현미경에 의해 관찰된 Fig. 1에서 보는 바와 같이 석고는 결정질로 나타나고 그 외 원소는 비결정질임을 알 수 있다.

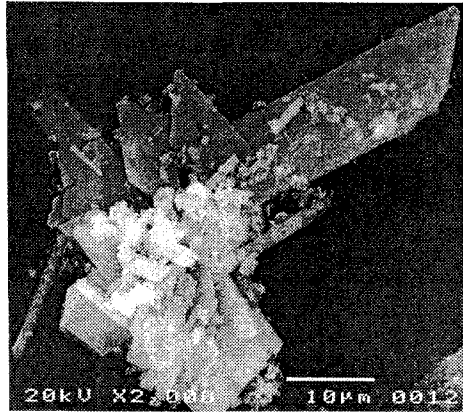


Fig. 1. Scanning electron micrograph of sludge.

EGME 방법을 통하여 슬러지와 표준석고(Reference Gypsum:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Showa Chemical Inc. in Japan)의 비표면적 측정한 결과 슬러지는  $138.1\text{m}^2/\text{g}$  이고 표준석고는  $4.2\text{m}^2/\text{g}$ 으로 나타났다. 슬러지 내 석고의 함량과 비결정질 상의 함량을 측정하기 위해 화학적 반정량 분석으로 계산한 결과 시료 내 석고의 함량이 91.2%로 나타났다.

슬러지의 인산염의 제거능력을 시험하기 위한 Batch 실험결과는 슬러지와 인산염의 반응 속도를 알기 위해 슬러지와 30ppm의 인산염을 함유한 matrix solution을 1:200(25g:5L) 비율로 혼합하여 시간 별로 측정한 결과 12시간 이상 반응하면 평형상태로 유지되어 되었고 인산염을 농도별(0~8000ppm)로 1:40 비율로 혼합하여 실험한 결과를 이용하여 그린 Isotherm을 Fig. 2에 나타내었다.

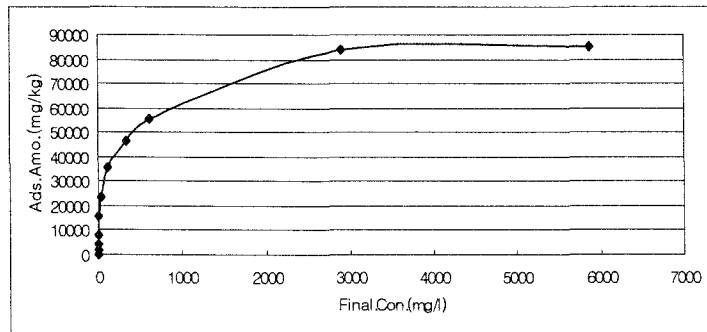


Fig. 2. Removal of phosphates by sludge with concentrations.

슬러지와 matrix solution내에 함유하는 인산염의 농도별 측정에서 인산염의 농도가 400ppm이하일 때 용액 속에 함유되어 있는 대부분의 인산염이 제거되는 결과를 얻었다. 그리고 슬러지와 2000ppm의 인

산염을 함유한 matrix solution을 이용하여 pH별로 측정한 실험은 그림 3에서 보는 바와 같이 초기 pH가 8~12일 때 제거능력이 가장 좋았다.

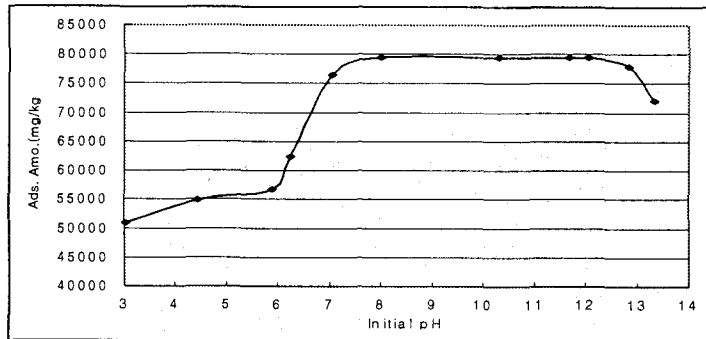


Fig. 3. Removal of phosphate with pH

30ppm의 인산염을 함유한 matrix solution이 40g일 때 적정 슬러지의 양을 측정하기 위해 슬러지의 양별로 실험한 결과는 슬러지의 양이 0.2g일 때 대부분의 인산이 제거되는 효과를 얻었다.

이번 실험에서 사용된 슬러지는 인의 제거 효과 면에서 좋은 결과를 산출했지만 산업폐기물을 재활용한다는 점에서 더 큰 의미를 가진다.

#### 4. 참고문헌

- Bastin, O. and Frederic Janssens, J., Joseph, D., Alain, P. (1999) Phosphorus removal by a synthetic iron oxide-gypsum compound. *Ecological Engineering*, 12, p.339~351.
- Carter, D. L., Mortland, M. M. and Kemper, W. D. (1986) Specific Surface. In Klute, A.(ed) *Methods of Soil Analysis*, No.5 Soil Science Society of America Book Series, Chapter 16, p.437~474.
- Holtan, H., Kamp-Nielsen, L., Stuanes, A. O.(1988) Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. *Hydrobiologia*, 170, p.19~34.
- Huang, C. P.(1977) Removal of phosphate by powdered aluminium oxide adsorption. *Journal of WPCF*, 49, p.1811~1817.
- Nyle, C. B. and Ray, R. W. (1999) Soil phosphorus and potassium. *The nature and properties of soil*. Twelfth Edition. Prentice Hall. Chapter 14, p.541~583.
- Richard, H. L. and Donald, L. S. (1996) Carbonate and Gypsum. In Sparks, D.L(ed) *In Methods of Soil Analysis*, No.5 Soil Science Society of America Book Series, Chapter 15, p.437~474.
- Shiou Kuo (1996) Phosphorus. *Methods of Soil Analysis*., In Sparks, D.L(ed) *In Methods of Soil Analysis*, No.5 Soil Science Society of America Book Series. Chapter 32, p.869~920.

주요어: 인산염, 인산이온, 부영양화, 슬러지, 석고, 제거능력, Limiting nutrient

- 1)연세대학교 지구시스템과학과
- 2)농업기반공사