

## 유기 벤토나이트에 의한 중금속 흡착특성 Adsorption of Heavy Metals on Organobentonite

유지영 · 최재영 · 박재우

이화여자대학교 국가지정 지하환경연구소

sleepy00@hanmail.net

### ABSTRACT

Organobentonite modified with hexadecyltrimethylammonium (HDTMA) was used to quantify an adsorption of heavy metals. Based on preliminary experiments, optimal soil/solution ratio, a range of pH, and electrolyte were selected. Adsorption experiments of cadmium and lead were conducted to quantify an adsorption selectivity to bentonite and organobentonite. Adsorption of cadmium and lead to bentonite was increased with increasing a soil/solution ratio. Adsorptions of heavy metals to organobentonite were slightly reduced relative to bentonite. This study used the principle of hard-soft-acid-base (HSAB) to interpretate an adsorption mechanism. Because of competition between cadmium and lead, adsorption of cadmium and lead was reduced in mixture of heavy metals. Adsorption selectivity of lead was higher than cadmium.

---

**Key word** : Bentonite, Organobentonite, Heavy metal, Adsorption

### I. 서론

대표적인 점토 광물인 벤토나이트는 매립지 주변 토양이나 지하수 오염 예방을 위한 차수재로서 널리 이용되어 왔다. 낮은 투수성과 높은 흡착능으로 오염물질의 이동을 억제하고 유해 오염물질을 제거하는데 많이 사용되고 있으나, 점토가 가지는 친수성질로 인해 소수성 유기 오염물질 제거에는 적합하지 않다. 이러한 점을 보완하여 개발된 유기 벤토나이트는 양이온성 계면활성제와 점토 내의 금속 양이온들을 이온교환시켜 친유기성 성질로 변화시킨 것으로 유기 오염물질 제거에 효과적이다. 그러나 상대적으로 유기 벤토나이트로의 중금속 흡착능은 벤토나이트에 비해 감소할 것으로 예상된다. 실제 환경에서는 유기 오염물질 뿐만 아니라 여러 가지 중금속들도 함께 존재하게 되므로 이에 대한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 유기 벤토나이트의 실제 적용 가능성을 알아보기 위해 대표적인 중금속 오염물질인 납과 카드뮴을 이

용하여 유기 벤토나이트로의 중금속 흡착에 대한 연구를 수행하였다.

## II. 실험 방법 및 분석

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용된 벤토나이트는 국내 광산에서 채취한 것으로서 동해 화학에서 제조한 상업용 나트륨-벤토나이트이다. 이 벤토나이트는 양이온교환능(CEC)이 63.9 meq/100g이고, pH는 9.8이었다. 유기 벤토나이트 합성을 위해 CEC의 100%에 해당하는 농도의 양이온성 계면활성제인 HDTMA(hexadecyltrimethylammonium) 용액을 벤토나이트에 혼합하여 24시간 동안 교반시킨 후, 증류수로 3번 세척한다. 건조시킨 후 분쇄하여 흡착제로 사용하였다. 벤토나이트와 합성한 유기 벤토나이트의 미세구조는 TOC(organic carbon content)와 XRD(X-ray Powder diffraction), SEM(scanning electron microscope)을 통하여 분석하였다.

### 2. 회분식 흡착 실험

합성된 유기 벤토나이트와 벤토나이트의 중금속 흡착능을 알아보기 위해  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ 을 대상으로 흡착실험을 행하였다. 50mL 폴리프로필렌 원심분리용 병에 벤토나이트와 유기 벤토나이트를 각각 0.1g씩 담고, 중금속 물질의 초기농도가  $1\mu M$ 에서  $50\mu M$ 이 되도록  $0.1M$  과염소산나트륨( $NaClO_4$ )과  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Cd(NO_3)_2$  용액을 혼합하였다. 용액의 pH는  $1M HNO_3$ 를 이용하여 6이 되도록 조절하였다. 24시간동안  $20^\circ C$  250rpm에서 충분히 교반시킨 후, 10000rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 초미량 중금속 순간 분석기 (PDV 3000)으로 분석하였다.

용액 대 벤토나이트 비에 따른 흡착능을 비교하기 위해 흡착제 0.5g에 용액 25ml, 0.1g에 용액 10, 20, 40ml로 변화시켜 1/50, 1/100, 1/200, 1/400의 비로 위의 실험을 반복하였다.

## III. 실험 결과 및 고찰

### 1. 벤토나이트와 유기 벤토나이트에서의 중금속 흡착 경향

벤토나이트에 비해 유기 벤토나이트에서의 흡착량이 적은 것을 볼 수 있다. 그러나 유기 벤토나이트에서의 중금속 흡착능이 현저히 떨어질 것이라는 예상과 달리 2가지 중금속 모두 벤토나이트에서의 흡착량과 큰 차이를 보이지 않았다. 특히 카드뮴의 경우는 유기 벤토나이트에서의 흡착량 감소가 납의 경우보다 작은 것을 볼 수 있다. 이는 벤토나이트 CEC의 100%를 치환시켰음에도 불구하고 중금속이 흡착될 수 있는 자리가 존재한다는 것을 의미한다. 따라서 저농도의 중금속이 존재하는 실제 환경에서는 유기 오염물질 뿐만 아니라 중금속 제거를 위해서도 유기 벤토나이트의 사용이 효과적일 것으로 생각된다.

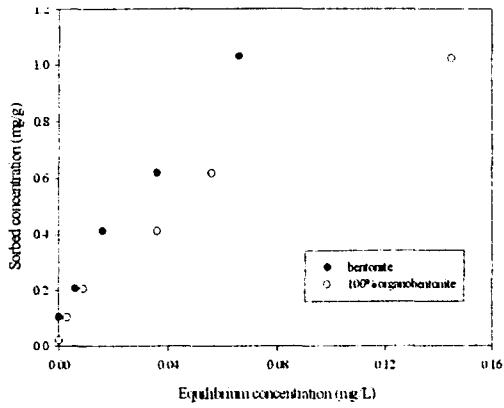


Fig. 1. Pb adsorption onto bentonite and organobentonite

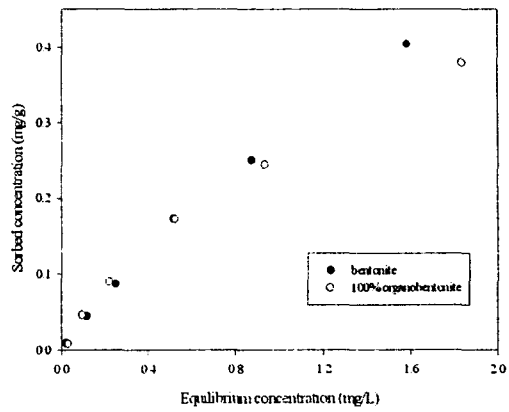


Fig. 2. Cd adsorption onto bentonite and organobentonite

## 2. 중금속간의 경쟁적인 흡착 경향

카드뮴, 납 모두 단독으로 존재할 때보다 함께 존재할 때 흡착량이 감소하였다. 이는 중금속간 경쟁에 의한 영향으로 생각된다. 벤토나이트와 유기 벤토나이트 모두 비슷한 경향을 보인다.

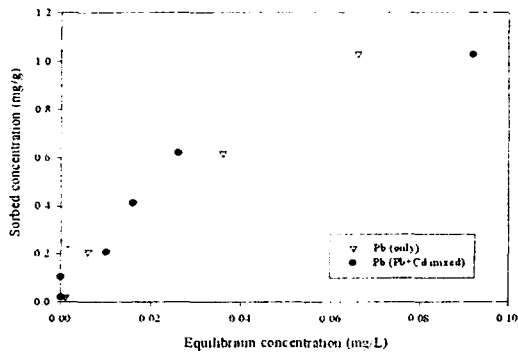


Fig. 3. Pb competitive adsorption on bentonite

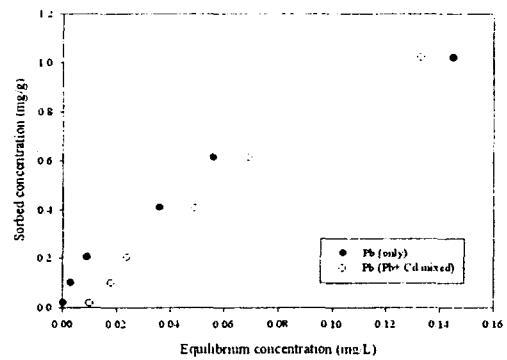


Fig. 4. Pb competitive adsorption on organobentonite

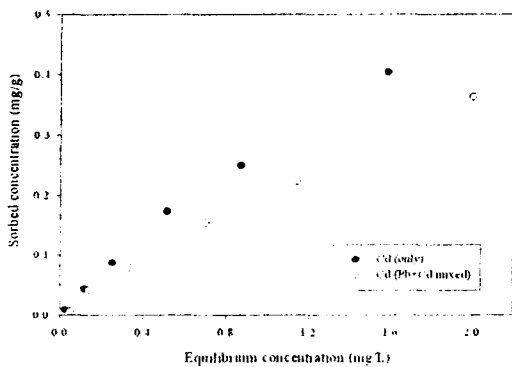


Fig. 5. Cd competitive adsorption on bentonite

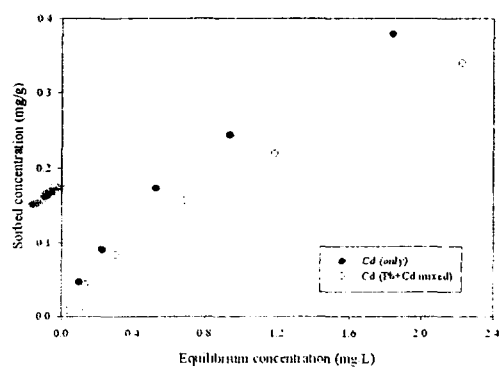


Fig. 6. Cd competitive adsorption on organobentonite

### 3. 용액 대 흡착제 비에 따른 흡착 경향

용액 대 흡착제의 비가 커질수록 흡착량이 커지는 것을 볼 수 있다. 또한 그 결과가 직선으로 나타난다. 이는 용액 대 흡착제의 비가 커짐에 따라 이온세기가 약화되어 상대적으로 중금속 흡착이 증가하기 때문으로 생각된다.

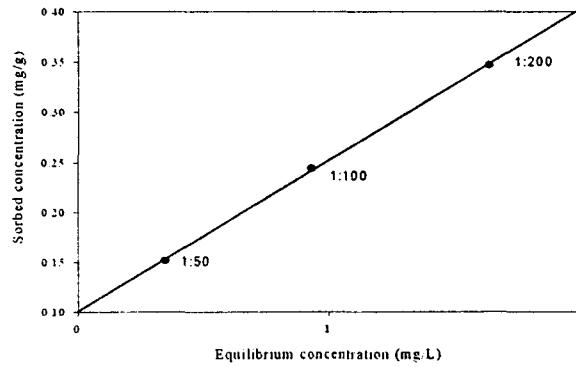


Fig. 7. Adsorption of Cd onto organobentonite using various soil:solution ratios

### IV. 참고문헌

1. H. A. Elliott, M. R. Liberati, and C. P. Huang, 1986, "Competitive Adsorption of Heavy metals by soils", *J. Environ. Qual.* 15:214-219
2. Robert W. Puls and Hinrich L. Bohn, 1988, "Sorption of Cadmium, Nickel, Zinc by Kaolinite and Montmorillonite Suspensions". *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:1289-1292.
3. Sheng, G. et al., 1999. A Dual Function Organoclay Sorbent for Lead and Chlorobenzene. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:73-78
4. G. Spósito, 1989, "The Chemistry of soils" *Oxford Univ. Press, New York.*