

# 캐올리나이트와 할로이사이트의 구리흡착 비교연구

## A Comparative Study of the Copper Sorption on Kaolinite and Halloysite

장세정 (Sae Jung Chang), 김수진 (Soo Jin Kim)  
서울대학교 대학원 지구환경과학부 ( saejung@snu.ac.kr )

캐올리나이트와 할로이사이트 모두 Si사면체판과 Al팔면체판이 1:1로 구성된 점토광물이다. 그러나 캐올리나이트는 육각형의 얇은 판의 외형을 가진 반면, 할로이사이트는 층간에 존재하는 물로 인해 판상이 구불어져 튜브 형태로 산출된다. 본 연구에서는 pH를 변수로 한 배치형 구리흡착 실험 결과를 전기적 일정용량 모델 (Constant capacitance model)을 이용하여 각 광물에 대한 구리흡착 메커니즘을 알아보고 또한 모델링 결과로부터 각 광물의 외형에 따른 거시적인 구리흡착 거동 차이를 살펴보았다.

구리흡착은 캐올리나이트는 pH4.5에서 할로이사이트는 pH3.5에서 시작하여 모두 pH7 정도가 되면 100% 흡착된다. 이 배치형 구리흡착 실험결과와 두 광물 모두  $\text{Cu}^{2+}$  이온이 Si반응자리( $\equiv\text{SiOH}$ )와 Al반응자리( $\equiv\text{AlOH}$ )에 bidentate로 흡착된다고 가정한 모델링 결과와 잘 일치한다. 모델링 결과 반응자리에 따른 구리흡착에 대한 평형상수값들은 캐올리나이트인 경우  $\text{p}K_{(\equiv\text{SiO})_2\text{Cu}}=3.004$ ,  $\text{p}K_{(\equiv\text{AlO})_2\text{Cu}}=1.606$ 로 할로이사이트인 경우  $\text{p}K_{(\equiv\text{SiO})_2\text{Cu}}=1.942$ ,  $\text{p}K_{(\equiv\text{AlO})_2\text{Cu}}=0.367$ 로 계산되어지며, 두 광물 모두 pH5-7 범위에서는 Si반응자리가 pH6에서부터 Al반응자리가 구리흡착에 주로 참여하는 것을 알 수 있다. 특히 할로이사이트의 경우 구리흡착에 대한 Al반응자리의 참여경향이 캐올리나이트와 매우 유사하나 특히 pH5-7 범위에서의 Si반응자리의 참여경향은 차이점을 보인다. 이 결과로부터 할로이사이트가 캐올리나이트보다 흡착경계 (sorption edge)가 pH1 정도 낮은 이유가 Si사면체판이 바깥으로하여 굽은 형태를 지닌 할로이사이트의 외형 때문에 Si사면체판상의 step에 존재하는 Si반응자리가 캐올리나이트에 비해 많이 존재하므로 pH5-7 범위에서 구리흡착을 더 많이 할 수 있는 것으로 해석할 수 있다. 또한 화학반응에 참여한 각 반응자리의 총농도는 캐올리나이트는 [ $\equiv\text{SiOH}$ ]  $1.188\text{E}-4$  M, [ $\equiv\text{AlOH}$ ]  $1.071\text{E}-4$  M로 할로이사이트는 [ $\equiv\text{SiOH}$ ]  $1.162\text{E}-4$  M, [ $\equiv\text{AlOH}$ ]  $1.040\text{E}-4$  M로 계산되어진다. BET방법으로 측정한 비표면적이 캐올리나이트 ( $14.45\text{m}^2/\text{g}$ )에 비해 할로이사이트 ( $39.59\text{m}^2/\text{g}$ )가 두 배정도 넓지만 화학반응에 참여한 반응자리의 총농도가 비슷한 이유는 할로이사이트가 튜브형으로 말린 탓에 반응에 주로 참여하는 edge 반응자리가 캐올리나이트에 비해 노출이 용이하지 않은 것으로 해석할 수 있다.