Proceedings of the Annual Joint Conference,
Petrological Society of Korea and Mineralogical Society of Korea
The International Conference of the 10th Anniversary of Petrological Society of Korea,

벤토나이트의 물성을 지배하는 요인분석

고상모[1], 박성완[2], 손병국[1]
[1]한국지질자원연구원(kohsm@kigam.re.kr), [2]한국수드케미(주)

1. 서론

이 연구는 벤토나이트의 물성 즉 pH, 양이온교환능, 메틸렌블루 흡착량, 팽윤도, 점도, 성형압축강도, 습식인장강도, 비표면적등과 같은 물성을 지배하는 요인을 해석키 위해 시도되었다. 연구대상시료는 국내에서 최근 가행되고 있는 나아, 두산, 옥산, 동양, 연일16호광상 및 일본의 Tsukinuno광산 (Kunimine사에서 개발), Tomioka광산 (Hojun사에서 개발)의 벤토나이트광석이다. 벤토나이트는 산업적으로 활용도가 높아 주물용, 토목용, 제지용, 가축사료용, 농업용 및 쓰레기 매립장용등으로 국내에서 이용되고 있으며 일본의 경우는 국내 이용분야보다는 다소 광범위하나 고양이나 애완동물집 깔개용 (cat litter 또는 pet litter)용이 총용도의 10%를 차지하고 있음이 국내와는 다른 용도분야이다. 벤토나이트의 물성은 각 용도별 품질기준으로 활용되고 있는데 산업체에서 가장 중요시하게 생각하는 것이 몬모릴로나이트 함량비이며 이는 메틸렌블루 흡착량으로 단순하게 계산되고 있다. 그러나 벤토나이트의 물성을 지배하는 요인은 매우 다양하며 대체적으로 몬모릴로나이트 함량비외에도 불순광물의 종류, 몬모릴로나이트의 층간 양이온종이나 층전하량 및 입도분포등에 의해 지배되는 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 이러한 요인외에 몬모릴로나이트의 결정도가 주요 요인으로 작용하고 있다는 것을 말하고저 한다. 또한 일본의 고품위 벤토나이트인 Tsukinuno 광산산 광석과 Tomioka광산산 광석의 광물 및 물리-화학적 특성을 국내산 광석과 비교코저 하였다.

2. 연구 및 실험방법

이 연구를 위해서 대상 벤토나이트시료들을 X-선회절분석에 의해 badly, well, very well crystalline으로 구분하였다. 또한 X-선 회절분석에 의해 각 광석의 몬모릴로나이트함량을 SIROQUANT 프로그램을 이용하여 계산하였고, 입도분리, pH, 팽윤도, 양이온교환능, 메틸렌블루 흡착량, 점도, 비표면적, 성형압축강도 및 습식인장강도를 측정하였다. 물성측정은 전시료(bulk)와 점토입도시료(clay fraction)으로 분리하였으며 일부 물성은 상대적인 비교를 위하여 Na2CO3를 이용하여 Na-형으로 변환한 후 측정하였다.

3. 결과

한국산 벤토나이트는 모래이상입도, 실트입도 및 점토이하입도가 각각 10.0-39.1%(평균 20.4%), 51.3-75.9%(평균 66.4%), 9.6-17.6%(평균 13.1%)이나 일본산 벤토나이트는 2.8-4.3 %, 42.8-85.1% 및 12.1-52.9 %로서 한국산 벤토나이트가 많은 조립질 암편을 함유하고 있다는 것이 확인되며 이러한 특성이 벤토나이트의 품위를 저하시키는 주요요인이다.

일본의 Tsukinuno 벤토나이트는 주로 Na-몬모릴로나이트로 구성되나 연구 대상인 타 벤토나이트는 모두 Ca-몬모릴로나이트로 구성된다.

광석의 pH는 한국산이 6.7-9.8의 범위를 보이며 일본산이 5.8-8.6으로서 대체로 유사범위내에 속한다. 일반적으로 천연산 Na-벤토나이트와 불석광물인 크리놉틸로라이트를 함유한 시료에서 강한 알카리성을 보인다.

양이온교환능은 한국산 전시료와 점토입자시료가 62-103 cmol(+)/kg 및 69-130 cmol(+)/kg 이며 일본산 광석의 전시료와 점토입자시료가 84-95 cmol(+)/kg, 105-122 cmol(+)/kg으로서 일본산이 보다 높은 양이온교환능을 보인다.

메틸렌블루 흡착량은 한국산 벤토나이트의 전시료와 점토입자시료가 41-104 ml와 69-114 ml를 보이며 일본산 벤토나이트 전시료와 점토입자시료가 57-73 ml와 71-101 ml로서 큰 차별성을 보이지 않는다.

한국의 두산광산산 벤토나이트가 Tsukinuno광산산보다 몬모리로나이트 함량비는 적으나 양이온교환능과 메틸렌블루흡착량은 보다 높은 값을 보인다. 이러한 결과는 벤토나이트의 일부 물성 즉 양이온교환능이나 메틸렌블루흡착량은 몬모릴로나이트함량 비외에 다른 요인에 의해서도 지배되고 있다는 것을 보여준다.

팽윤도는 한국산 전시료와 점토입자시료가 3.0-6.5 ml/2g과 4.5-23.0 ml/2g이며 일본산이 5.5-19.0 ml/2g과 11.0-46.5 ml/2g이다. Tsukinuno산 벤토나이트가 가장 높은 팽윤도를 보이는 것은 천연산 Na-형 몬모릴로나이트로 구성되기 때문이며 팽윤도는 몬모릴로나이트의 층간양이온종에 따라 크게 지배된다는 것을 의미한다.

한국산 전시료와 점토입자시료의 점도는 11-23 cP, 12-116 cP와 일본산 시료가 26-38 cP, 51-59 cP를 보인다.

성형압축강도와 습식인장강도는 한국산 벤토나이트 전시료가 이 5.0-13.3 N/cm^2와 0.24 to 0.28 N/cm^2이며 일본산이 6.8-9.6 N/cm^2과 0.19-0.24 N/cm^2이며 두산 벤토나이트가 가장 높은 값을 나타낸다. Tsukinuno광산산은 몬모릴로나이트함량비가 87%로서 가장 높음에도 불구하고 가장낮은 강도값을 보이는데 이는 황철석이 함유되어 있기 때문인 것으로 사료된다.

EGME(Ethylene Glycol Monoethyl Ether)로 측정된 전시료의 비표면적값은 한국산과 일본산 각각 355-735 m^2/g 및 560-573 m^2/g 이다. 두산 벤토나이트가 가장 높은 값을 나타낸다.

일부 물성들은 전시료에 비해 점토입자시료가 높은 물성값을 보이는데 이는 몬모릴로나이트 함량비가 물성을 지배하는 주요인으로 작용 한것이며, 몬모릴로나이트와 물성과의 정의 상관도가 높지 않은 일부 물성은 몬모릴로나이트 함량비외 다른 요인에 의해 지배되었음을 유추할 수 있다.

4. 결론 및 토의

벤토나이트의 구성광물중 Na-몬모릴로나이트로 구성되거나 크리놉틸로라이트를 함유하는 시료는 알카린 성질을 나타낸다. 점도는 Na-형이 Ca-형보다 훨씬 높은 값을 보이며 결정도에 따라서도 일부 지배되고 있다. 팽윤도는 Na-형이 강하게 높은 값을 나타내며 메틸렌블루흡착량과 비표면적은 몬모릴로나이트함량비외 결정도에 따라서도 지배된다. 양이온교환능은 몬모릴로나이트함량비보다는 결정도에 더욱 지배되는 특성을 보인다. 성형압축강도는 몬모릴로나이트함량비에 따라 지배되나 황철석을 함유하는 경우 매우 낮은 값을 보인다.

벤토나이트의 물성측정결과는 몬모릴로나이트 함량비, 결정도 및 층간양이온종에 따라 크게 지배됨을 알 수 있다. 또한 두산벤토나이트가 대부분의 물성에서 가장 높은 값을 보이는 것은 몬모릴로나이트의 함량비가 높을 뿐만아니라 결정도도 상대적으로 높기 때문인 것으로 해석된다.

그러나 본연구에서 분류된 결정도는 단순히 X-선회절분석결과에서 피크의 세기나 강도에 따라 분류 된 것으로서 차후 전자현미경관찰에 따른 상세한 분류가 요구된다. X-선 회

절분석에서 피크의 세기나 강도의 차이는 결정형태, 결정크기 및 스맥타이트 결정편들의 적층형태나 적층밀도등에 따라 달리 나타날 수 있을 것이다.

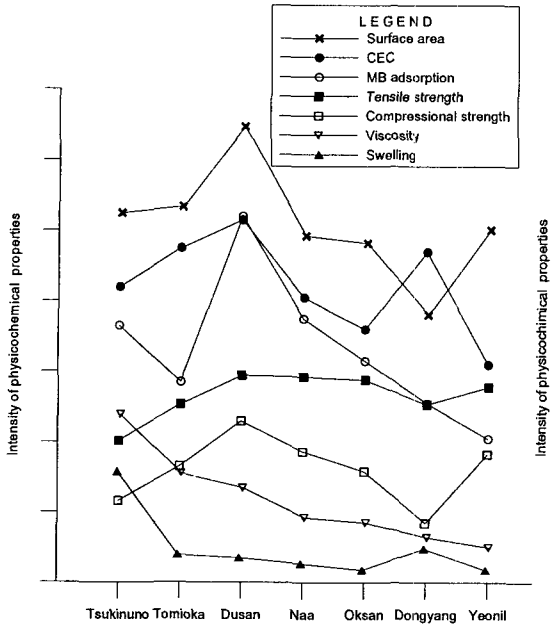

Fig.1 Some physicochemical properties of bulk activated bentonite samples.

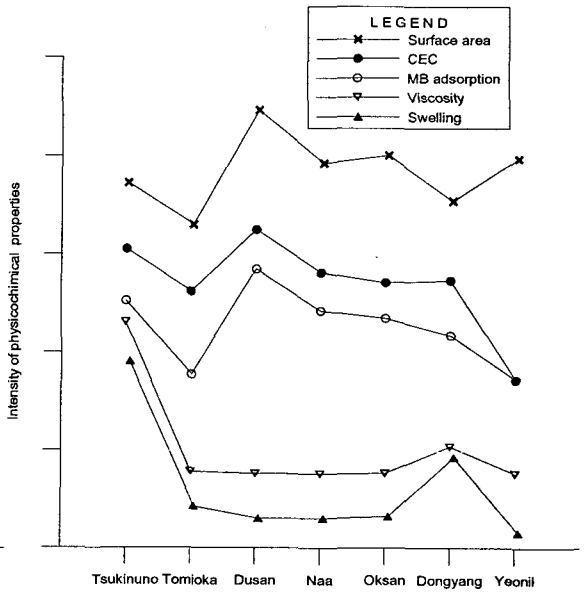

Fig. 2. Some physicochemical properties of clay fractions of bentonite samples

5. 참고문헌

노진환 (2000) 벤토나이트의 광물학적 특성과 품위 및 품질평가. 벤토나이트와 그 응용, 제1회 산업광물심포지움 논문요약집, p. 16-29.

박성완, 이상현, 이병한 (2000) 국내 벤토나이트 제품의 품질측정 및 생산공정. 제13회 한국광물학회 추계학술답사 및 벤토나이트 주제 학술발표 논문집. p. 2-12.

Carter, D.L., Heilman, M.D., Gonzalez S.L., 1965. Ethylene glycol monoethyl ether for determining surface area of silicate minerals. Soil Sci. 100, p. 356-360.

Koh, S. M., Je, E. J., Park, S. W. and Son, B. K. (2001) Factors controlling the some physico-chemical properties of Korean bentonite ores. The 45th Clay Science Meeting's Abstracts, The Clay Science Society of Japan, p. 38-39.