

## 일라이트 정제에 미치는 광물학적 특성

최영준, 조성백\*, 김상배, 조건준  
한국지질자원연구원 자원활용소재연구부

### 1. 서론

현재까지 알려진 대부분의 점토광물 정제공정은 사용하는 매체에 따라 습식정제기술과 건식정제기술이 알려져 있다. 습식 정제기술은 침강법을 이용한 수비, 자력선별, 부유선별 등의 물리적인 처리법을 비롯하여 화학처리법, 미생물 처리법 그리고 이들을 병용하는 정제기술 등이 알려져 있다. 습식 선별법은 선별효율은 뛰어나다는 장점을 가지고 있으나, 매체로써 물을 사용하기 때문에 수 $\mu$ m 정도의 미립 정제 고령토를 탈수, 건조, 해쇄 등 복잡한 공정을 거쳐야 한다는 단점이 있다. 이와 같은 습식 공정의 문제점들을 해결하기 위하여, 습식 공정에 비해 공정이 매우 간단하며 경제적인 선택적 파분쇄와 분급기술을 이용한 건식 정제기술이 최근에 점토광물의 정제에 이용되어 실용화 되고 있다. 본 연구에서는 최근에 유해물질의 흡착 특성 등을 이용하여 웰빙산업 소재원료로 주목을 받고 있는 일라이트를 대상으로 하여 고품위의 일라이트를 얻기 위한 정제연구를 수행하고자 하였다. 특히 일라이트의 광물학적 특성이 정제 특성에 미치는 효과에 대해 알아보하고자 하였다.

### 2. 시료 및 실험시료 준비

#### 2.1 시료

본 연구에서는 충북 영동지역에서 산출되고 있는 덕암산업과 동창일라이트(주)의 일라이트 원광을 대상 시료로 하였다. 일라이트 원광석은 수분을 상당량 함유하고 있으며, 피상이므로 105°C±5에서 충분히 건조 후 조 크렛서와 콘크렛서를 사용하여 3mm 이하로 파쇄하여 사용하였다. 파쇄된 시료는 시료 채취기를 사용, 일정량씩 채취하여 별도로 보관, 실험용 시료로 사용하였다. 원료광물의 특성을 검토하기 위하여 X선 회절(XRD : X-Pert MPD, Philips, Netherlands)분석 및 X선 형광(XRF : MXF-2100, Shimadzu, Japan)분석을 이용한 정량분석을 행하였다.

#### 2.2 정제 실험

##### 2.2.1. 수비에 의한 정제

본 연구에서는 원광을 물과 혼합하여 해쇄시킨 후, 정수 중에서 침강시켜 입자를 분리하는 방법을 택하였다. 먼저 시료 500gr.을 평량하여 셀에 넣은 후 500ml의 물을 넣어 슬러리를 제조하였다. 임펠러를 이용해 일라이트를 30분간 해쇄시키 후 슬러리를 Fig. 1에 나타낸 것과 같은 침강조에 넣고 전체의 용량이 4000ml가 되도록 물을 추가한 다음 다시 슬러리를 교반시키 후 정지하였다. 일정시간이 지난 후 일정한 높이에서 상등액을 취하여 미립과 조립으로 분리한 후, 고-액 분리를 위해 여과하고 105°C의 건조기에 넣어 24시간 이상 충분히 건조한 후 XRF를 이용한 정량분석과 XRD를 이용한 구성광물의 종류를 조사하였다.

##### 2.2.1. 자력선별에 의한 정제

미분쇄한 일라이트 원광 500gr.을 스테인리스 셀에 넣고 물을 500gr. 넣은 후 임펠러를 사

용하여 30분간 교반한 후 습식 자력선별기를 사용하여 자성산물을 분리하였다. 메디아로서 불과 메쉬의 두 종류를 사용하여 인가전류를 변화시켜 가며 자력선별 실험을 수행하였으며 자성산물과 비자성산물로 분류하여 건조한 후 정량분석과 구성광물의 종류를 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 원광의 특성 평가

##### 1) 영동지역 일라이트의 광물학적 특성 평가

먼저 Fig. 1에 덕암산업 일라이트 원광과 동창일라이트의 원광에 대한 X 선 회절 pattern을 나타내었다. 덕암산업 일라이트의 주구성광물은 석영, 장석 및 견운모임이며, 동창일라이트(주)의 일라이트는 덕암산업의 일라이트에 비해 비교적 견운모의 양이 많았으며, 주 구성광물은 석영과 운모류임을 알 수 있었다.

덕암산업 일라이트 원광과 동창일라이트의 원광에 대해 연마편과 박편을 제작하여 관찰한 결과, 덕암산업 일라이트에는 황철석(pyrite)이 vein 상으로 발달되어 있고, 황철석 내에 섬아연석(Sphalerite)이 산출되기도 하였다. 또한 중립질의 석영 입자들도 다량 존재하지만 극세립질의 석영이 견운모(sericite) 또는 녹니석 사이에서 산출되기도 하며, 불투명 광물이 운모류 사이에 산출됨을 알 수 있었다. 한편 동창 일라이트의 편광현미경 관찰결과에서는 불순광물인 황철석 결정 내에 맥석과 함께 섬아연석이 혼재하고, 황동석(chalcopyrite)도 산출됨을 알 수 있었다. 미세한 백운모(muscovite) 결정도 보이며 대부분 견운모로 존재하고 있음을 알 수 있었다. 미세한 crack을 따라 불투명 광물(Ti 또는 Fe)도 볼 수 있었다.

두 원광의 화학조성을 XRF에 의해 분석한 결과, 덕암산업 일라이트의 화학조성은 SiO<sub>2</sub> 70.85wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.31wt%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.48wt%, CaO 2.64wt%, K<sub>2</sub>O 3.70wt%, Na<sub>2</sub>O 1.36wt%, Ig.loss 4.61wt%이었다. 일부광물의 탄산화 작용에 의해 탄산염 광물이 존재하고 있었으며 CaO의 함량이 2.64wt% 정도로 존재하는 것은 바로 이 탄산염광물의 존재에 기인하는 것으로 사료되었다. 한편, 동창일라이트의 원광의 주성분은 SiO<sub>2</sub> 72.36wt%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 17.26wt%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.54wt%, CaO 0.11wt%, K<sub>2</sub>O 4.66wt%, Na<sub>2</sub>O 0.43wt%, Ig.loss 3.05wt%임을 알 수 있었다.

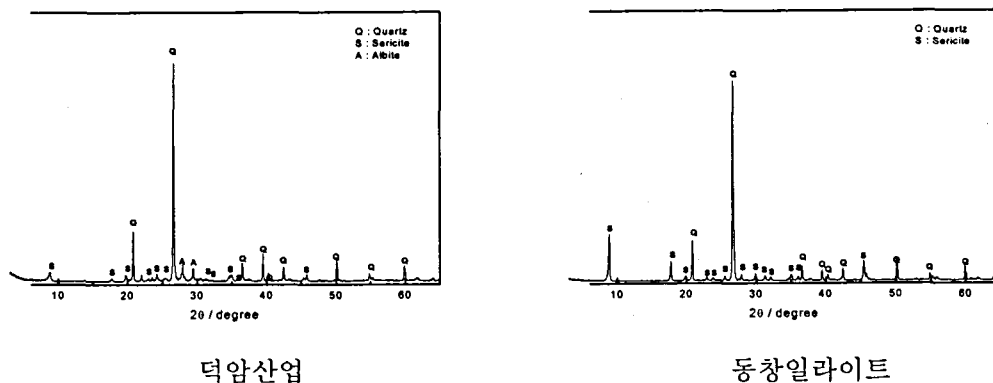


Fig. 1. 일라이트 원광의 X 선 회절 pattern

### 3.2. 일라이트의 파분쇄 특성 평가

일라이트를 구성하고 있는 광물들은 광물의 종류나 특성에 따라 어느 입도범위에 국한되어 존재하는 경우가 있다. 따라서 충북 영동지역의 일라이트 원광을 아래에 나타낸 방법으로 큰 크럿셔까지 파쇄한 후 습식사분실험을 하여 각 입단별로 분리하고 입단별 산물의 품위와 구성광물의 종류 등을 알아보았으며 그 결과를 Fig. 2에 각각 나타내었다. 덕암산업의 일라이트는 -400mesh 이하의 미립자를 제외하고 거의 차이가 없는데 반해 동창 일라이트는 굵은 입자에 SiO<sub>2</sub>가, 미립자에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 많아지는 경향을 보이고 있어 석영이 굵은 입자에 농축되고 견운모가 미립자로 농축되고 있음을 알 수 있었다.

덕암산업 일라이트와 동창일라이트 원광의 파쇄특성을 알아보기 위하여 불 밀로 파쇄실험을 수행하였으며 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3의 덕암산업과 동창일라이트의 사분실험 결과인 입도분포를 살펴보면, 덕암시료는 동창일라이트 보다 파쇄가 어려워 파쇄후에도 비교적 굵은 입자들이 많이 존재하고 있었다. 120분정도 분쇄하면 거의 유사한 입도를 얻을 수 있음을 알 수 있으나, 파쇄초기에는 덕암산업의 일라이트가 파쇄가 곤란하였으며, 이로 인하여 덕암산업의 일라이트 파쇄에는 직경이 큰 볼 매디아를 사용하는 경우가 파쇄효과가 큼을 알 수 있었다. 이와는 반대로 동창일라이트의 경우는 작은 볼 매디아를 사용하는 것이 미립화에 효과적임을 알 수 있었다.

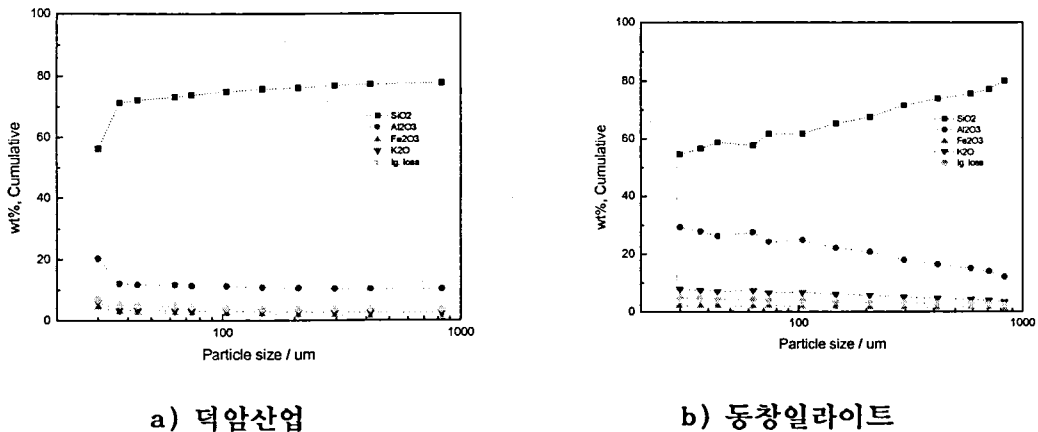


Fig. 2. 일라이트 원광을 사분한 시료의 입도별 화학성분

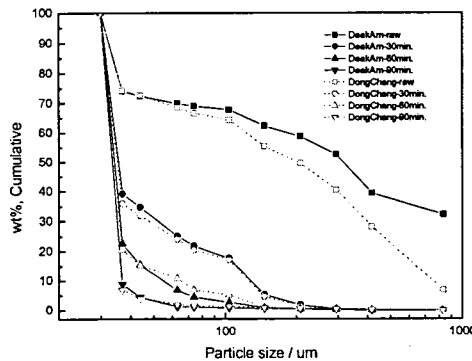
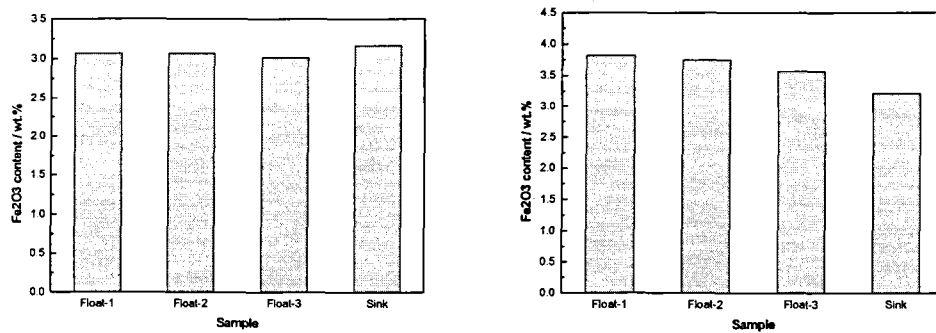


Fig. 3. 덕암 및 동창 일라이트 원광의 분쇄시간별 사분시료의 입도분포

### 3.3. 일라이트의 정제 특성

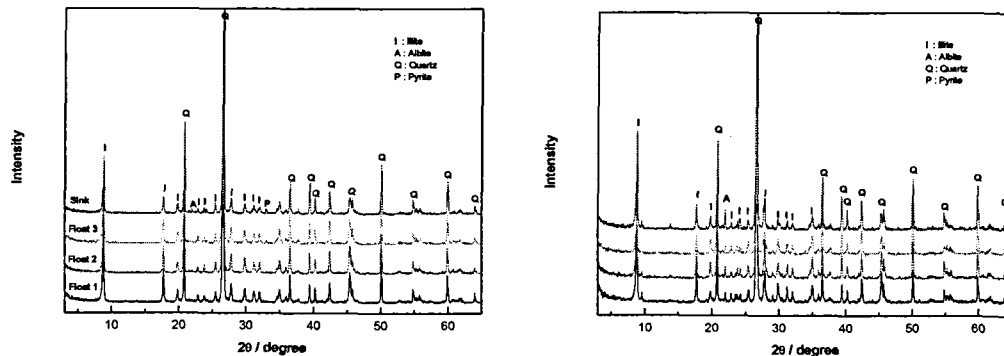
Fig. 4에 동창일라이트와 덕암 일라이트를 수비에 의해 정제한 산물을 XRF로 정량분석한 결과를 나타내었다. Fig. 2의 결과로부터 수비에 의해서는 철분의 제거가 쉽게 이루어지지 않음을 볼 수 있었다. 동창일라이트 원광인 경우 sink 산물에  $Fe_2O_3$ 의 함량이 약간 높아지는 데 비해, 덕암산업 원광인 경우 sink 산물의  $Fe_2O_3$ 의 함량이 약간 낮아짐을 알 수 있었다. 각각의 산물을 XRD 회절분석한 결과인 Fig. 4을 살펴보면 덕암산업 원광의 float 산물에는 일라이트 입자가 주로 모이고 sink 산물에는 조장석 등의 경질광물이 섞여 있음을 알 수 있었다. 이에 비하여 동창일라이트의 경우에는 sink 산물에 조장석 이외에도 황철석 등이 혼재하고 있어서  $Fe_2O_3$ 의 함량이 약간 높아지는 원인으로 생각된다.



(a) 동창일라이트

(b) 덕암산업

Fig. 4. 수비법에 의해 얻은 정광 중의 Fe 농도변화.



(a) 동창일라이트

(b) 덕암산업

Fig. 5. 수비법에 의해 얻어진 각종 산물의 XRD patterns.

매디아로서 불을 사용하여 인가전류를 변화시켜 가며 자력선별 실험을 수행하였으며 회수된 자성산물의 XRD patterns을 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6의 결과를 살펴보면 자력선별시 인가전류가 작은 경우는 siderite나 goethite와 같은 강자성 산물이 주로 회수되고 있으나, 인가 전류의 세기가 클수록 일라이트의 회절 피크가 증대되고 상대적으로 siderite나

goethite와 같은 강자성 산물의 회절 피크 강도가 작아지고 있음을 알 수 있었다. 따라서 인가전류의 강도가 크면 함철광물을 함유하고 있는 일라이트도 자성산물로 함께 회수되게 된다는 것을 알 수 있었으며 최종적으로 얻어진 정광의 X선회절 pattern을 Fig. 7에 나타내었다. 회수된 정광은 주로 일라이트와 석영으로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 미디어로서 불과 메쉬를 각각 사용하여 자력선별 실험한 산물의  $Fe_2O_3$  함량의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 미디어로서는 메쉬보다는 불을 사용하는 것이 탈철효과가 큰 것을 알 수 있었다.

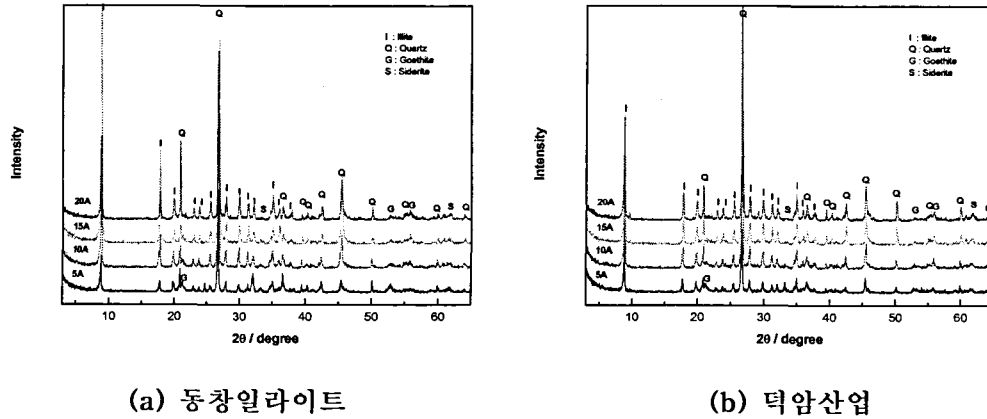


Fig. 6. 자성산물의 XRD patterns

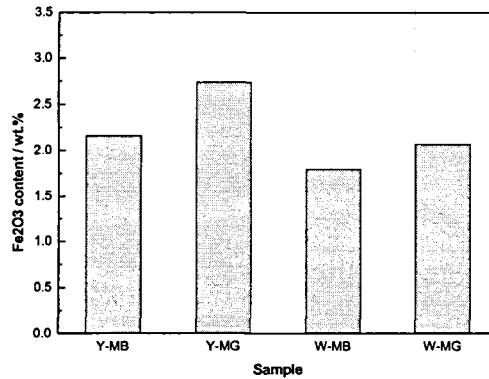


Fig. 7. 자력선별 조건에 따른 정광의  $Fe_2O_3$  함량

#### 4. 결론

국내 영동지역에서 산출되는 일라이트의 고품위화를 위한 정제실험시 미치는 광물학적 특성을 조사한 결과 수비법이나 자력선별 단독으로 정제를 수행할 경우 탈철효과가 매우 미비함을 알 수 있었다. 이는 철산화물들이 미립의 일라이트 입자들에 혼재해 있거나 황철석과 같은 형태로 존재하기 때문이었다. 따라서 국내 영동지역의 일라이트 정제를 위해서는 산처리를 통해 철산화물을 용출시키거나, 황철석을 제거하기 위한 부유선별과 같은 공정을 복합화하는 것이 고품위의 일라이트를 얻기 위해 적합할 것으로 사료되었다.