

울산지역 토양의 미립 녹니석($<0.2\mu\text{m}$)의 산출과 토양환경광물학적 중요성; 고구배자력분리 (HGMS : high-gradient magnetic separation)방법을 중심으로

역상진¹, 김수진¹, D.C.Bain²

¹서울대학교 자연과학대학 지질학과 (sssvip@plaza1.snu.ac.kr)

²Macaulay Land Use Research Institute, UK

1. 서론

토양은 지표환경에서 일어나는 물리화학적 그리고 생물학적 변화의 총체적 산물이며 이러한 토양환경의 변화는 토양광물, 조직 등의 토양구성요소에 직접적으로 반영된다. 이들 중 토양광물의 변화는 그 지역의 환경 변화를 해석할 수 있는 중요한 요인인 동시에 광물조성변화 자체가 식생 등 토양성질에 영향을 준다. 따라서, 토양을 다루는 모든 분야에서 토양광물에 대한 이해는 필수적이며 기본적인이라 할 수 있다. 특히, 토양시료를 이용하여 화학적인 실험을 할 경우에는 토양광물 조성에 대한 정확한 정보가 없다면 그 실험결과를 해석하는 데 많은 어려움이 있을 수 있으며 해석자체가 오류에 빠질 수 있다.

토양광물 중에서도 점토광물은 그들이 지니고 있는 여러 가지 특성때문에 매우 중요하다. 토양광물에 대한 연구는 주로 모래, 실트, 점토의 세 가지의 size fraction으로 나뉘어 이루어진다. 이 중 점토는 단지 입자의 크기로 봤을 때 $2\mu\text{m}$ 이하인 것들을 의미한다. 그러나, 그보다 더 작은 size fraction에 대한 연구는 토양광물학적으로 매우 중요함에도 불구하고 일반적이지는 않다. Laird 등(1994)은 토양점토광물의 size fraction별 변화를 보기 위해 토양 입도 크기를 여섯 가지의 범위로 나누어 연구하였다 (<0.02 , <0.026 , <0.036 , <0.045 , <0.060 , $<0.090\mu\text{m}$).

토양광물에 대한 보다 세밀한 연구를 위하여 고구배자력분리(HGMS : high-gradient magnetic separation)의 방법이 도입되었으며 Sayin 등(1990)은 이 방법을 점토 혼합물의 정제에 사용하였다.

본 연구에서는 HGMS를 이용하여 토양광물에 대해 보다 세밀한 연구를 하였으며 그 중요성에 대해 언급하고자 한다.

2. 연구 및 실험방법

토양단면으로부터 채취된 토양 시료를 우선 2mm체로 친 다음 퇴적법에 의하여 $2\mu\text{m}$ 이하를 분리하였다. 분리된 시료들에 대해 상온 X선회절분석을 실시하였으며 팽윤성과 녹니석의 확인을 위하여 ethylene glycol 처리와 550℃ 열처리를 각각 실시하였다.

원심분리를 이용하여 $0.2\mu\text{m}$ 이하의 시료를 분리하였으며 1회전법을 이용하여

HGMS를 실시하였다. HGMS는 영국의 Macaulay Land Use Research Institute의 장치와 서울대학의 장치를 사용하였다. HGMS의 구성은 전자석과 전류를 공급해 주는 power supply 그리고 정압펌프로 되어 있다. 전극 사이에는 투명한 튜브가 지나가며 그 속은 stainless steel wool로 채워져 있어서 high-gradient를 발생시킨다.

HGMS를 실시한 시료들은 magnetic fraction 과 tails로 구분하여 여과지로 거른 후 상온 및 550℃에서 X선회절분석을 실시하였다.

3. 결과

2 μm 이하 fraction의 광물조성

2 μm 이하의 fraction에 대한 XRD결과가 그림 1에 나타나 있다. 주로 카올리나이트, 일라이트, 버미큘라이트, mica/vermiculite mixed layer clay 그리고 석영으로 구성되어 있다. 보다 정확한 동정을 위해 ethylene glycol, 550℃처리를 실시한 후 XRD를 실시하였으며 그 결과가 그림 2와 3에 있다. ethylene glycol처리 후의 결과를 보면 팽윤성광물이 거의 없는 것을 알 수가 있으며 550℃ 열처리 후의 결과를 살펴보면 카올리나이트가 완전히 사라졌으며 14Å에 위치하고 있던 피크들이 10Å으로 붕괴됨을 볼 수 있다.

0.2 μm 이하 fraction의 광물조성

B horizon으로부터 분리해 낸 0.2 μm 이하의 fraction에 대한 상온 XRD결과가 그림 4에 있다. 광물조성은 큰 변화는 없으며 석영이 많이 사라졌으며 10Å부터 14Å까지의 피크 intensity가 작아졌다. 보다 정확한 광물동정을 위하여 550℃ 열처리를 한 후 XRD를 실시하였다. 그 결과 앞의 2 μm 이하에서는 볼 수 없었던 14Å 피크가 강하게 살아남으며 클로라이트의 존재가능성을 보여주었다. 즉, 2 μm 이하만을 관찰했다면 클로라이트의 존재는 무시되었을 것이다.

0.2 μm 이하에 대한 HGMS적용

위의 상태로는 클로라이트의 피크인지를 정확히 알 수 없었으므로 HGMS의 방법을 적용하여 magnetic fraction을 분리하였다. 그 결과가 그림 5에 나타나 있다. 그림 5를 보면 상온에서 실시한 magnetic fraction에 대한 XRD결과 철분이 많은 클로라이트의 피크를 잘 관찰할 수 있으며 소량의 일라이트도 관찰된다. 그러나, 그림 4에서는 명확히 볼 수 없었던 깨끗하고 뾰족한 피크를 볼 수 있다. 보다 확실한 감정을 위하여 550℃ 열처리를 한 후 XRD를 실시하였고 그 결과가 그림 5의 아래에 있다. 550℃ 열처리 이후에도 14Å의 피크가 더 강해졌으며 나머지 피크들은 사라졌으며 이는 클로라이트 특유의 피크이다.

4. 결론 및 토의

2 μm 이하에서는 열처리 후에도 관찰할 수 없었던 클로라이트가 0.2 μm 이하에서는 열처리 후에 명확히 14 \AA 에서 피크를 보여주었다. 보다 확실한 토양광물 연구를 위해 HGMS를 실시하였으며 HGMS 후 실시한 XRD 결과는 정확한 클로라이트 피크를 보여주었다. 클로라이트의 기원에 대한 연구는 본 연구에서는 수행되지는 않았지만 원래 모암에 존재하던 것들이 녹고 남아 있는 것들로 추정된다.

본 연구 결과는 미량이지만 토양 내에 존재하는 광물을 <2 μm 뿐만 아니라 <0.2 μm 에 대해서도 정확하게 동정하는 것이 필요하다는 것을 보여준다. 서론에서도 말한 바와 같이 만일 soil column 실험, 흡착 및 dissolution 실험 등 토양 시료를 이용하여 ppm이나 ppb 단위를 다루는 화학적 실험을 할 경우 어떤 이온의 제공자나 또는 저장고 등으로 사용될 수 있는 광물을 모를 경우 해석자체가 의미가 없어진다. 예를 들면 본 연구에 사용된 토양시료와 같은 경우 클로라이트의 존재를 모르고 해석을 하게 된다는 것이다.

또 하나 본 연구의 중요한 의미는 환경변화에 의한 토양 내 광물조성변화를 연구하는 데 있어 변화의 산물로써 어떤 광물이 생성 또는 용해되었을 때 그러한 변화를 bulk mineralogy에서는 찾기가 힘들며 이 때 극미립의 fraction을 광물학적으로 연구함으로써 환경변화의 증거를 찾을 가능성이 높을 수 있다는 것이다.

5. 참고문헌

- Barnhisel, R. I. And Bertsch, P. P. (1989) Chlorite and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: J. B. Dixon and S. B. Weed (eds.) Minerals in Soil Environments. 729-788.
- Laird, D. A. and Dowdy, R. (1994) Preconcentration techniques in soil mineral analysis. In: R. J. Luxmoore (ed.) Quantitative Methods in Soil Mineralogy. 236-266, SSSA, Madison, WI.
- Sayin M., Mermut A. R. and Tiessen, H. (1990) Phosphate sorption-desorption characteristics by magnetically separated soil fractions. Soil Si. Soc. Am. J. 54, 1298-1304.