

Energy Filtering 전자현미경을 이용한 운모류 광물의 정성분석

이영부¹, 이정후¹, 김윤중²

1. 전북대학교 지구환경과학과. 2. 기초과학 지원 연구소.

운모류 광물 (phyllosilicate)은 일반적으로 속성작용 (약 300°C 이하의 온도)에서는 비평형 상태의 화학반응으로 인하여 구조적으로 mixed-layering 또는 intergrowth 등의 mixed-phase 형태로 나타나며 (Lee et al., 1985; Ahn and Peacor, 1986; 이정후 외, 1995) 온도와 압력이 증가한 변성환경에서는 (약 300°C 이상) 평형상태의 화학반응에 의해서 균질한 광물을 형성하는 것으로 알려져 왔다. 그러나 EPMA 또는 STEM을 이용하여 변성환경에서 생성된 운모류 광물을 분석하면 그 분석 값은 대부분이 정상적인 분석 값 (stoichiometry)에서 벗어난다 (백지혜, 1994; 이영부, 1993; 이정후 외, 1995). 이러한 비정상적인 분석 값은 여러 종류의 운모광물이 함께 분석된 결과이며 따라서 각각의 이상적인 광물 화학식으로 분리가 가능하다. 이러한 mixed-phase는 그 크기가 작기 때문에 기존의 정량분석 방법으로 각각의 광물의 화학조성을 규명하기는 불가능하며 또한 서로 섞여있는 광물들의 구조가 서로 비슷하여 TEM lattice fringe image의 관찰로 명확히 구분하기는 어려움이 많다.

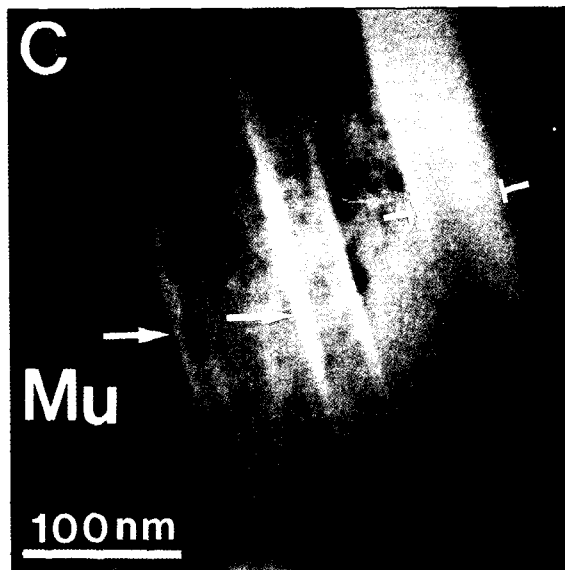
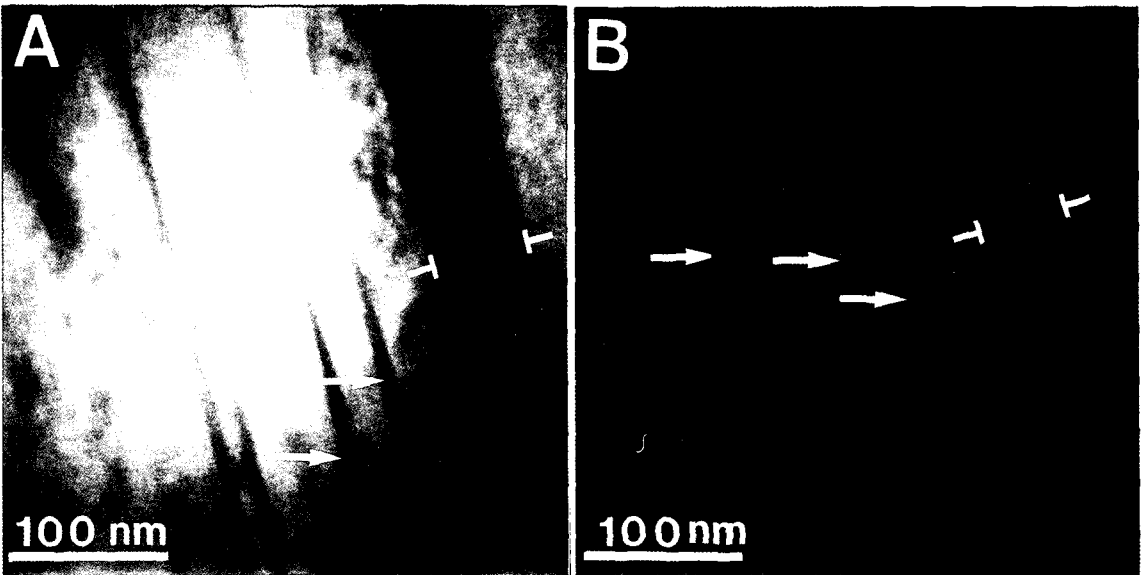
TEM에서 시편을 투과한 전자는 시료를 구성하는 원자의 전자와 충돌하여 원래의 에너지를 일부 잃어버리게 되며 잃어버린 에너지는 원소에 따라 특정한 값을 가지기 때문에 이 에너지를 분석하면 그 전자가 충돌한 원소를 알아낼 수 있고 이를 이용하여 정성분석과 정량분석도 가능하다. 기초과학 지원 연구소 대덕 본소의 ZEISS EM 912 OMEGA 투과전자현미경은 이처럼 시편의 전자와 충돌한 투과전자의 에너지 스펙트럼을 원소별로 분리하여 mapping할 수 있는 기능을 가지고 있다.

이 연구는 암석의 변성작용에서 생성되는 주요광물인 muscovite ($K_2Al_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4$)에 대하여 EPMA 분석과 함께 K (fig. A), Al (fig. B) 및 Si (fig. C)에 대한 mapping을 실시하였다. Muscovite의 TEM bright field image에서는 1nm spacing의 lattice fringe가 잘 나타나는 부분과 작은 규모의 lattice fringe가 보이지 않는 부분 (Fig. A, B 및 C의 화살표 부분)이 muscovite의 lattice fringe와 나란하게 관찰되었으며 이들 부분에서는 mapping된 각 원소의 상대적 함량이 다르게 나타났다. 즉 muscovite 부분에 비해 화살표 부분에서는 Si과 Al이 밝게 나타나 이들 성분의 함량이 더

높은 반면 K는 낮다. Muscovite에 대한 EPMA 분석 값은 이처럼 미세한 크기로 섞여있는 부분이 함께 분석된 결과로 정상적인 분석 값과 다르게 나타나는 것으로 보인다. 또한 EPMA 분석 값은 이상적인 분석 값에 비하여 일반적으로 K가 낮고 Si가 높게 나타나는데 (예: $K_{1.83}Al_{3.95}(Si_{6.15}Al_{1.85})O_{20}(OH)_4$) 그림 A 및 C의 화살표 부분에서 Si가 높고 K가 낮게 나타나는 점은 EPMA 분석 값의 이상치가 이러한 부분에 의한 결과임을 뒷받침한다.

참고문헌

- 백지혜 (1994) 옥천대 서남단 변성암에서 산출되는 Layer Silicate에 대한 광물학적 연구. 전북대학교 지구과학과 석사학위 논문, 72p.
- 이영부 (1993) 직운산층과 만항층의 속성 및 변성작용에 대한 광물학적 연구; EPMA, TEM 연구. 전북대학교 지구과학과 석사학위논문, 59p.
- 이정후, 이영부, 오창환, 김선태 (1995) 옥천변성대 남서부 지역에서의 Phyllosilicate Intergrowth/interlayer: EPMA, BSE and TEM 연구, 한국광물학회지, 8권 1호, 1-12.
- Ahn, J.H. and Peacor, D.R. (1986) Transmission and analytical electron microscopy of the smectite to illite transition. *Clays and Clay minerals*, 34, 165-170.
- Lee, J.H. Ahn, J.H. and Peacor, D.R. (1985) Textures in layered silicates: Progressive changes through diagenesis and low temperature metamorphism. *Jour. Sed. Petrol.*, 55, 532-540.



A. Image mapping of Potassium using energy filtering TEM
B. Image mapping of Aluminum using energy filtering TEM
C. Image mapping of Silicon using energy filtering TEM