

태백지역 퇴적암에서 산출되는 일라이트와 파이로필라이트에 대한 연구

A Study on the Illite and Pyrophyllite in the Sedimentary Rocks from the Taebaek Area

최승현(Seung Hyun Choi) · 최문철(Moon Cheal Choi) · 이정후(Jung Hoo Lee)

전북대학교 지구환경과학과(mcdave1@nate.com)

1. 서 언

일라이트는 “자연에서 점토 크기($4\mu\text{m}$ 이하)로 산출되며, 팽창 특성이 없고 이판면체이면서 Al과 K를 함유하는 운모와 같은 결정구조를 갖는 광물”을 지칭한다(Srodon and Eberl, 1984). 매우 낮은 온도(50°C 이상)에서 쉽게 전이되는 �멕타이트로부터 만들어지는 일라이트는 �멕타이트에 비해 결정구조가 규칙적이지만 아직도 매우 불안정한 상태로 (00l) layer들이 전반적으로 불규칙한 배열상태를 보인다(이정후, 2003). 이들 일라이트는 더 높은 온도의 속성작용에 의해 좀 더 규칙적인 구조로 변화되며(Lee et al., 1985), 이 과정에서 일라이트는 결정구조와 화학조성이 연속적으로 변화하여 백운모로 바뀐다(이정후, 2003).

Jiang et al.(1990)은 일라이트를 파이로필라이트와 연관 지어 일라이트는 파이로필라이트와 백운모의 중간 화합물이고 백운모보다 훨씬 낮은 온도에서 생성된다고 하였다. 즉, 일라이트는 낮은 결정도의 백운모와 파이로필라이트의 혼합상이라 할 수 있고 속성작용과 변성작용의 진행으로 인하여 일라이트가 K^+ 와 Al^{3+} , Si^{4+} 이온의 이동에 따라 백운모와 파이로필라이트로 분리되어 결정화된다고 할 수 있다(이영부, 1993).

강원도 태백지역은 우리나라의 대표적 고생대 퇴적암(조선누층군 및 평안누층군)이 잘 발달되어 있다. 조선누층군의 직운산세일과 평안누층군 만항층의 암석은 비교적 낮은 온도와 압력을 받은 저급 변성암이며, 일라이트가 백운모로 전이되는 현상을 잘 보여줄 것으로 예상되어, EPMA 분석을 통한 일라이트-백운모 전이현상을 체계적으로 규명하고 TEM 분석을 통하여 일라이트와 백운모의 10\AA lattice fringe image로부터 두 광물 사이의 차이점을 규명하고자 하였다.

2. 연구 방법

일라이트의 화학조성과 혼합층상 유무를 확인하기 위하여 EPMA 분석과 BSE(Back Scattered Electron) image 관찰을 병행하였다. EPMA 분석은 한국 기초과학 지원 연구원 전주 센터의 Shimadzu EPMA 1600을 사용하였으며, 가속전압 20kV, 빔 전류 20nA의 조건에서 정량분석을 실시하였다.

일라이트-백운모의 10\AA (d_{001}) lattice fringe image를 TEM으로 관찰하여 일라이트와 백운모의 차이점을 확인하였다. 또한 일라이트가 백운모로 전이되는 과정에서 파이로필라이트의 $d_{001}(9.3\text{\AA})$ layer와 혼합층상을 이루는 것을 관찰하기 위하여 TEM 관찰을 실시하였다. TEM 관찰은 한국 기초 과학 지원 연구원 전주센터의 JEM-2200FS를 사용하여 200kV의 전압과 100K와 200K의 배율에서 lattice fringe image를 관찰하였으며 일라이트와 백운모의 결정구조와 (00l) layer들의 규칙성 및 균질성을 제한시야전자회절상(Selected Area Electron Diffraction, SAED pattern)과 함께 관찰하였다.

3. 연구 결과 및 토의

3-1 EPMA 연구

만항층에서 채취한 시료에 대한 EPMA 분석과 BSE image에서 일라이트(백운모)와 혼합층상을 이루는 파이로필라이트를 관찰할 수 있었고, 단일 결정의 파이로필라이트를 확인하였다(Fig. 1A). 일라이트에 대한 정량분석 결과 interlayer cation 값이 1.6 이하인 것들이 절반정도 산출되며, 파이로필라이트는 이상 화학식에 가까운 것으로 분석되었다.

직운산층 암석의 BSE image에서는 만항층 시료와는 달리 파이로필라이트의 단일결정은 관찰되지 않았고, 파이로필라이트가 다른 광물(일라이트 혹은 백운모)과 혼합층상을 이루는 것도 관찰되지 않았다(Fig. 1B). 일라이트(백운모)의 정량분석에서는 만항층 암석의 일라이트(백운모)보다는 interlayer cation 함량이 전반적으로 높은 것으로 분석되었다.

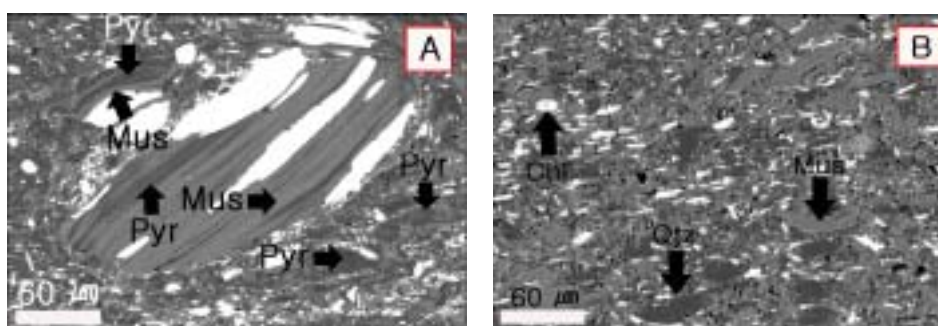


Fig. 1. BSE image of the sedimentary rock from the Manhang formation(A), and the Jigunsan shale(B). A. A large detrital grain has interlayered muscovite and pyrophyllite. Small grains in the lower region are single pyrophyllite grains.

B. There are no sign of pyrophyllite among small authigenic grains.

(Mus : Muscovite, Pyr : Pyrophyllite, Chl : Chlorite, Qtz : Quartz)

3-2 TEM 연구

만항층 암석과 직운산층 암석에 대한 TEM 관찰결과, 두 암석 모두 10Å lattice fringe를 갖는 일라이트(백운모)가 관찰되었다. 각각의 일라이트(백운모)의 lattice는 layer의 불규칙성을 가지고 있으며 각각의 layer들이 완전하게 나란하지 않고 약간 굽은 형태를 보이거나 다른 layer와 합쳐지는 모습을 보인다. 직운산층 암석에 대한 연구결과, 낮은 단계의 일라이트-백운모 전이단계에서 볼 수 있는 불규칙하고 불 균질한 layer의 모습을 볼 수 있으며, 또한 BSE image관찰에서는 볼 수 없었던 9.3Å lattice fringe의 파이로필라이트를 확인하였다. 이 파이로필라이트의 (001) lattice는 다른 방향으로 배열된 10Å의 일라이트(백운모)의 (001) lattice와 접하고 있다(Fig. 2A).

만항층 암석의 TEM 관찰에서도 10Å lattice fringe를 갖는 일라이트(백운모)가 관찰되었고, 20Å의 superlattice를 갖는 일라이트(백운모)도 관찰되었다. 이 암석 내에서 파이로필라이트는 비교적 큰 규모의 layer를 갖는 입자로 일라이트(백운모)와 나란한 방향을 보이며 접하고 있다(Fig. 2B). 일라이트(백운모)는 비교적 규칙적인 lattice를 갖는 것도 있으나 latticedml 규칙성이 직운산층에 비해 떨어지며 내부에 파이로필라이트의 lattice를 포함하고 있을 가능성도 보인다(Fig. 2B).

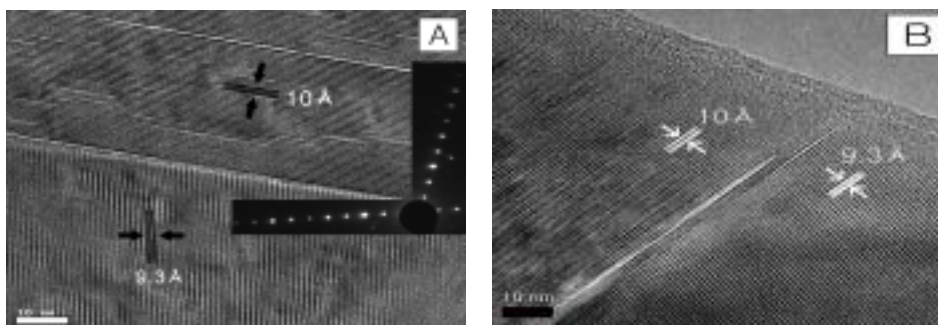


Fig. 2. TEM lattice fringe image of the muscovite and pyrophyllite in the Jigunsan shale (A) and the sedimentary rock from the Manhang formation (B)

이상의 결과를 종합하면, 일라이트와 백운모는 같은 화학조성을 골격으로 하지만 interlayer cation 함량에서 차이를 보이며, 이는 TEM lattice fringe image 관찰결과에서 나타난 바와 같이 interlayer site 내에서 K 분포가 불규칙하기 때문으로 판단되며, 변성작용에 따른 일라이트의 결정도가 증가하면서 interlayer cation 함량은 증가하게 되고, 이는 일라이트가 백운모로 전이되어간다는 것을 의미한다.

참고문헌

- 이영부(1993), 직운산층과 만항층의 속성 및 변성작용에 대한 광물학적 연구 : EPMA, TEM 연구, 전북대학교 지구과학과 석사학위 논문.
- 이정후(2003), 일라이트-운모의 생성과 산출상태, 제 4회 산업광물심포지움 논문집, 1-10.
- Jiang, W. T., Essene, E. J. and Peacor, D. R.(1990), Transmission Electron Microscopic study of coexisting pyrophyllite and muscovite : Direct evidence for the metastability of illite, *Clays and Clay minerals*, 38, 225-240.
- Lee, J. H., Ahn, J. H. and Peacor, D. R.(1985), Textures in layered silicates : Progressive changes through diagenesis and low-temperature metamorphism, *Jour. Sediment. Petrol.*, 55, 532-540.
- Srodon, J. and Eberl, D. D.(1984), Illite, in *Reviews in Mineralogy*, 13, Micas, ed. S.W. Bailey, 495-544.