장수군 장계지역 제일산업 백운석 광산에서 산출되는 세피올라이트

A Sepiolite from the Jeil Industry Dolomite Mine, Jangkye Area, Jangsu-gun

최 승 현(Seung Hyun Choi)¹ · 이 정 후(Jung Hoo Lee)^{1,2,*}

¹전북대학교 지구환경과학과

(Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

²전북대학교 지구환경시스템 연구소

(Institute of Earth's Environmental System, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea)

서 론

세피올라이트는 결정구조와 화학조성이 팔리고 스카이트(Palygorskite)와 유사한 점토광물로서, 층상구조와 쇄상구조가 혼합된 리본구조의 결정구조를 갖는 광물이며(Newman and Brown, 1987), 전 세계 매장량의 70% 정도가 스페인에 분포하고 있다(박성완과 이상현, 2006). 다양하고 유용한 특성을 가진 세피올라이트는 많은 분야에서 사용되고 있는데(Jones and Galan, 1988), 특히 뛰어난 흡습력과 악취를 발생시키는 박테리아의 번식을 지연시키는 성질을 가지고 있어서 흡습제와 방취제 등의 용도로 널리 사용되고 있다(Singer and Galan, 1984). 우리나라에서는 경북 상주지역과 울산의 사문석 광산에서 세피올라이트가 발견된 이후(Shimosaka and Kawano, 1969; 황진연, 1991), 새롭게 발견된 세피올라이트에 대한 보고와 이들에 대한 광물학적 연구가 거의 이루어지지 않았다.

전북 장수군 장계면 일대는 선캄브리아기의 흑운모 편마암과 변성퇴적암류가 분포하는 지역으로(그림 1), 과거 변성퇴적암류에 포함된 백운암질석회암을 채굴하는 광산들이 있었던 지역이다(홍승호와 윤옥, 1993). 이들 석회암 광산 중 금곡광산은 현재 제일산업에서 돌로마이트를 채굴·생산하고 있는데, 채굴 중 세맥으로 존재하는 미지의 광물시

료의 감정을 의뢰받아 분석한 결과 세피올라이트로 확인되었다. 이 단보에서는 제일산업에서 제공한 미지시료와 시추코어에 대한 X-선 회절분석과 EPMA 분석으로 존재가 확인된 세피올라이트에 대하여 보고하고자 한다.

분석방법

백운석 광산에서 산출된 미지시료를 감정하기 위하여 X-선 회절분석을 수행하였으며, 입자의 형태와 화학조성을 얻기 위하여 BSE (Back Scattered Electron) image 관찰과 EPMA 정량분석을 실시하였다. X-선 회절분석은 전북대학교 지구환경과학과의 X-선 분말회절분석기(M03XHF, MAC Science)를 사용하였으며, CuK α 특성 X-선 5~80° 2 θ 범위에서 40 kV, 40 mA 조건으로 분석을 실시하였다.

BSE image 관찰과 EPMA 정량분석은 한국기초과학지원연구원 전주센터의 Shimadzu EPMA 1600을 사용하였으며, 가속전압 15 kV 빔 전류 20 nA 조건에서 실시하였다.

결과 및 토의

시추코어 시료에 대한 X-선 회절분석 결과, 12.11 Å의 d(110) 값을 갖는 세피올라이트와 함께 방해

*교신저자: jhlee@jbnu.ac.kr

Table 1. EPMA data of the sepiolite from the Jeil Industry mine

	JSS-01	JSS-02	JSS-03	JSS-04	JSS-05	Ave.
SiO ₂	54.684	55.114	50.033	55.211	52.897	53.588
Al ₂ O ₃	0.014	0.013	0.002	0.095	0.015	0.028
FeO	0.393	0.344	0.347	0.310	0.317	0.342
MgO	30.032	29.563	29.341	29.287	28.389	29.322
CaO	0.097	0.011	0.337	1.008	0.321	0.355
Na ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.002
K ₂ O	0.004	0.000	0.003	0.013	0.008	0.006
TiO ₂	0.007	0.014	0.007	0.013	0.003	0.009
MnO	0.000	0.012	0.000	0.000	0.005	0.009
Total	85.231	85.077	80.069	85.945	81.953	83.655
Number of ions on the basis of 32 O						
Si	11.32	11.40	11.08	11.35	11.38	11.31
Al	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01
Fe	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06
Mg	9.27	9.12	9.69	8.98	9.10	9.23
Ca	0.02	0.00	0.08	0.22	0.07	0.08
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

석의 회절 피크가 검출되었다(그림 2a). 미지시료에서는 세피올라이트 이외의 다른 광물은 확인되지 않았으며, $d(110)$ 값은 12.20 Å으로 시추코어 시료와 유사한 값을 보인다(그림 2b). 이 값들을 Brindley (1959)가 제안한 α -세피올라이트의 $d(110)$ 값(12.10 Å)과, Shimoda (1982)의 β -세피올라이트(13.19 Å)와 비교하면, α -세피올라이트에 가까운 결과를 보인다.

미지시료를 BSE image로 관찰하면, 섬유상의 입자들이 모여있는 형태를 보인다(그림 3). 일반적으로 α -세피올라이트는 섬유상의 결정형을 보이며 (Fersman, 1913), 미지시료에 대한 정량분석 결과를(표 1) 각각 α -세피올라이트(Imai *et al.*, 1966; 황진연, 1991)와 β -세피올라이트의 분석 결과(Shimoda, 1982)와 비교할 때, 제일산업 광산에서 산출된 세피올라이트는 결정도가 높은 α -세피올라이트로 추정된다. 정량분석 결과를 토대로 만든 세피올라이트의 평균 화학식은 $(\text{Ca}_{0.08})(\text{Mg}_{9.23}\text{Fe}_{0.06})(\text{Si}_{11.31}\text{Al}_{0.01})$

O_{32} 로, Brauner and Preisinger (1956)가 제시한 이상 화학식 $[(\text{Mg}_8\text{Si}_{12})\text{O}_{30}(\text{OH})_4]$ 과 비교할 때 약간의 Ca가 함유되어 있으며 높은 Mg값과 낮은 Si 함량을 보이지만, 다른 원소들이 함유되어 있지 않은 순수한 세피올라이트에 가까운 결과를 보인다.

일반적으로 세피올라이트는 알칼리성 또는 염도가 높은 환경에서 해저퇴적물의 변질작용으로 만들어지는 것으로 알려져 있으며(Otsuka, 1984), 울산 사문석 광산의 세피올라이트처럼 사문석의 열수변질에 의해 생성되기도 한다(Otsuka, 1984; 황진연, 1991). 하지만 제일산업 백운석 광산의 모암이 백운암질석회암이 존재하는 점을 감안할 때, 세피올라이트는 다음의 반응에 의해 돌로마이트의 열수변질작용으로 생성된 것으로 판단된다(Yalçın and Bozkaya, 2004).

Fig. 1. Geological map of the Janggye area (Hong and Yun, 1993).

Fig. 2. XRD patterns of sepiolite from the core (a) and sample from the mine (b) (S : Sepiolite, C : Calcite).

Fig. 3. BSE image of the sepiolite from the Jeil Industry mine.

Sepiolite

전 세계적으로도 희귀하며, 우리나라에서도 거의 발견되지 않는 세피올라이트에 대한 연구는 현재 까지도 많이 수행되지 않았다. 현재 계획 중인 투과전자현미경(TEM; Transmission Electron Microscopy)을 이용한 연구가 진행된다면, 세피올라이트의 결정 구조 및 광물학적 특성을 좀 더 명확히 규명할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

원고를 심사하고 조언해주신 황진연 교수님과 익명의 심사위원께 감사드리며, 이 단보를 쓸 수 있도록 세피올라이트 시료를 제공하고, 광산조사를 흔쾌히 허락해 주신 제일산업 관계자들에게 깊은 감사의 뜻을 전한다.

참고문헌

- 박성완, 이상현 (2006) 벤토나이트와 세피올라이트. 광물과 산업, 19, 33-39.
 홍승호, 윤옥 (1993) 한국지질도(1:50,000) 장계도폭 및 설명서. 한국자원연구소.
 황진연 (1991) 울산 사문석광산에서 산출하는 세피올라이트의 광물학적 연구. 한국광물학회지, 4, 108-118.
 Brauner, K. and Preisinger, A. (1956) Struktur und Entstehung des Sepiolites. Tschermarks Mineral. Petrogr. Mitt., 6, 120-140.
 Brindley, G.W. (1959) X-ray and electron diffraction data for sepiolite. Am. Mineral., 44, 495-500.

- Fersman, A.E. (1913) Research on magnesium silicates. Zap. imp. Akad. Nauk, 32, 321-430.
 Imai, N., Otsuka, R., Natamura, T., and Inoue, H. (1966) A new occurrence of well-crystalized sepiolite from Kuzu District, Tochigi Prefecture, Central Japan. J. Clay Sci. Soc. Japan, 6, 30-40.
 Jones, B.F. and Galan, E. (1988) Sepiolite and Palygorskite. In: Bailey, S.W. (ed.) Hydrous Phyllosilicates, Reviews in Mineralogy, Vol. 19, Mineral. Soc. America, 631-674.
 Newman, A.C.D. and Brown, G. (1987) The Chemical constitution of clays. In: Newman, A.C.D. (ed.) Chemistry of clays and clay minerals, Mineralogical Society Monograph, No. 6, Mineral. Soc., London, 1-128.
 Otsuka, R. (1984) Recent problems on sepiolite. J. Clay Sci. Soc. Japan, 24, 12-20.
 Shimoda, S. (1982) So-called beta-sepiolite. Am. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 8, 97-99.
 Shimosaka, K. and Kawano, M. (1969) Sepiolite from Sangju, Kyongsangpuk-do, Korea. J. Clay Sci. Soc. Japan, 9, 10-18.
 Singer, A. and Galan, E. (1984) Palygorskite-sepiolite. Occurrences, genesis and uses. Developments in Sedimentology, 37, Elsevier Sci. Pub. Co., 253-287.
 Yalçın, H. and Bozkaya, Ö. (2004) Ultramafic-rock-hosted vein sepiolite occurrences in the Ankara ophiolitic Mélange, Central Anatolia, Turkey. Clay. Clay Miner., 52, 229-239.

접수일(2012년 3월 14일), 수정일(1차 : 2012년 3월 20일),
 게재확정일(2012년 3월 21일)