

〈短 報〉

蔚山蛇紋石鑛山에서 產出된 Aquacreptite

Aquacreptite from the Ulsan Serpentine Mine, Korea

黃辰淵(Jin Yeon Hwang)* · 下田右(Susumu Shimoda)**

崔壽勇(Soo Yong Choi)* · 金正珍(Jeong Jin Kim)*

*釜山大學校 地質學科

(Department of Geology, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea)

**日本 筑波大學 地球科學系

(Institute Geoscience, the University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan)

序 言

Aquacreptite는 아직 鑛物分類上의 位置가 未詳인 鑛物로서, 이에 대한 鑛物學的 研究는 흔치 않다. Aquacreptite는 물속에 넣으면 爆發音을 내는 性質이 있으므로 日本에서는 一名 水爆石이라고 불리워지고 있다. 이 鑛物은 Mg를 함유하는 含水규산염광물로 아직 精確한 結晶構造의 解析은 되어 있지 않다. Shimoda(1964, 1965)에 의하면 aquacreptite는 부분적으로 왜상구조를 가지며 또 부분적으로는 층상구조를 가지는 結晶構造의 粘土鑛物로 생각되어지고 있다. 우리나라에서는 아직까지 aquacreptite의 產出에 대해 報告된 바가 없다.

경남 울주군 농소면에 위치하는 蔚山鐵鑛에 인접하여 蛇紋岩體가 배타되어 있다. 이 蛇紋岩體內에는 작은 열극을 따라 층진되어 있는 담홍색의 細脈이 많이 발달되어 있다. 이 담홍색의 細脈狀物質에 대해 X線粉末回折分析, 化學分析, 時差熱分析 및 赤外線分光分析을 행하여 檢討해 본 結果, 이 物質은 aquacreptite인 것으로 생각되었다. 그래서 本報에서는 이 鑛物에 대한 지금까지의 檢討內容을 報告하고자 한다.

實驗 및 考察

蔚山蛇紋石鑛山에서 細脈狀으로 產出되는 담

홍색물질에 대해 X線粉末回折分析, 化學分析, 時差熱分析 및 赤外線分光分析을 행한 結果 및 그 檢討內容은 다음과 같다.

本試料의 X線粉末回折分析에 의한 回折圖形을 Fig. 1에 나타냈다. 그림에서와 같이 無處理의 回折圖形에서는, 약 11.7Å의 回折線이 14Å에서 9Å에 까지 걸쳐 아주 폭넓게 나타난다. 다른 回折線도 대부분 broad하며, 그중에서 4.55Å 回折線은 비교적 sharp하게 나타난다. 이와같은 回折圖形은 aquacreptite의 特征적인 回折圖形과 잘 부합된다.

加熱實驗은 一定溫度의 진기로에 1時間 加熱後에 즉시 X線回折分析을 하였다. Fig. 1에서 보듯이 700°C 加熱時까지 回折線의 형태는 큰 變化가 나타나지 않는다. 그러나 回折線의 d值에 약간의 變化가 보이는데 특히 無處理時의 약 11.7Å의 回折線은 200°C 加熱後에 10.4Å, 500°C 加熱後에는 10.1Å으로 加熱溫度에 따라 차츰 감소되는 경향이 있다. 또 加熱에 따라 그 回折線의 높이도 약간씩 증가되는 듯하다. 1,000°C 加熱後에는 본래의 回折線은 없어지고 enstatite에 가까운 回折線이 나타난다. 이것은 700°C에서 1,000°C 사이의 溫度에서 aquacreptite가 enstatite로 轉移된 것을 나타낸다. Table 1에는 本試料의 回折線의 d值와, 日本의 Miyamori產 aquacreptite(Shimoda, 1964)의 것과 비교하여 나타내었다. 표에서 보는 바와같이 本試料의 X線回折의 data는 Miyamori의 것과 비교적 잘 일치하

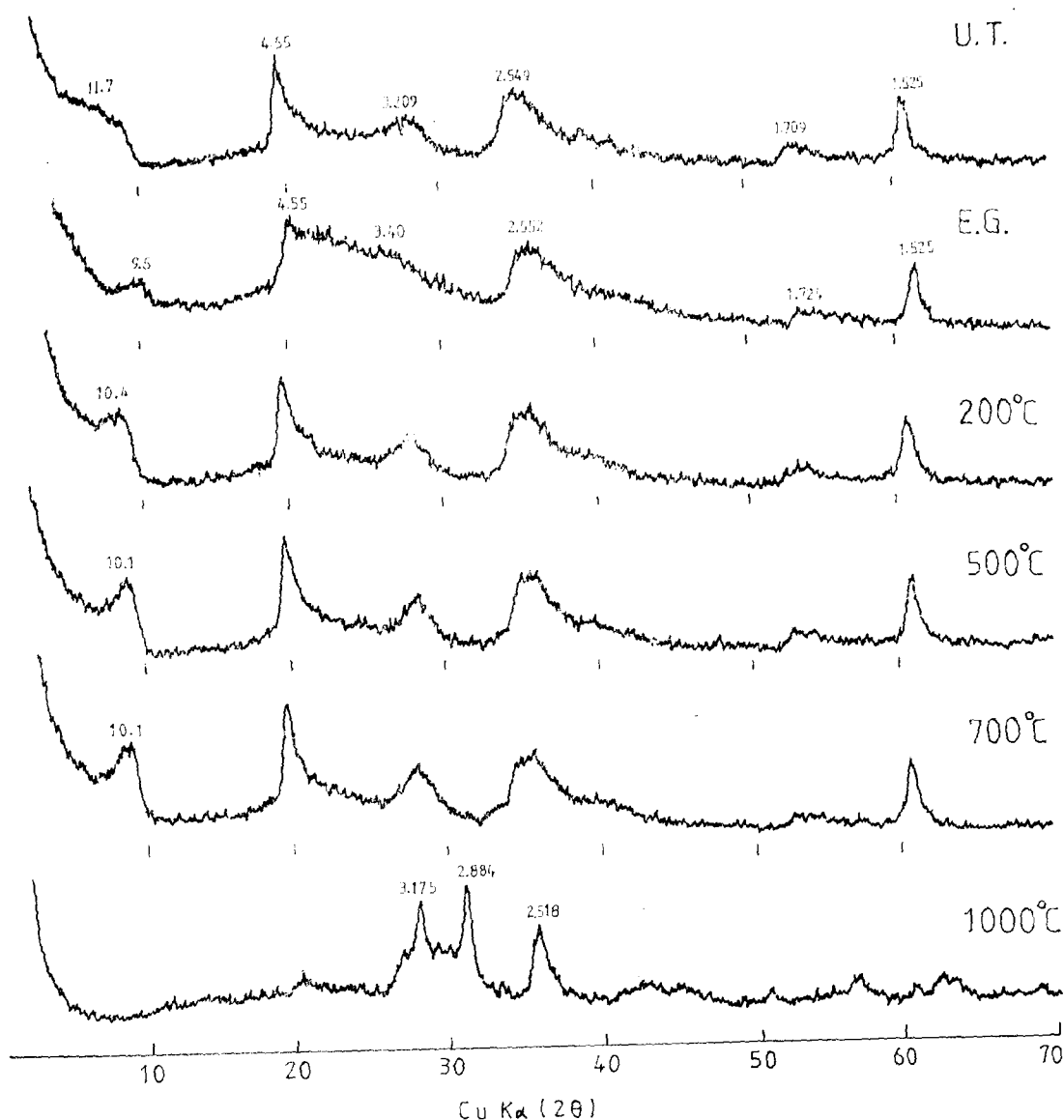


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of the Ulsan aquacreptite after various treatments. U.T.: untreated specimen, E.G.: treated with ethylene glycol.

고 있다. 本試料은 700°C까지의 가열에 의한 11.7Å→10.16Å의 d 值의 이동량이 Miyamori의 것보다 약간 많은 것이 특징이다. 本試料에는 aquacreptite에 해당되는 回折線 이외에는 다른 回折線이 나타나지 않는다. 이것으로 보아 本試料은 單一鑛種의 거의 순수한 시료인 것으로 생각된다. 本試料에 대해 에틸렌글리콜 處理를 해

보면 Fig. 1과 같이 X線回折線의 d 值의 變化가 약간 나타난다. 지금까지 報告된 바에 의하면 aquacreptite는 에틸렌글리콜 處理에 의해 回折線의 變化가 없는 것으로 알려져 있다(Shimoda, 1964, 1965). 그래서 후시 處理方法에 문제가 있을지도 모른다고 생각하여, 本試料에 대해 에틸렌글리콜의 증기에 포화시키는 법 및 용액을 직

Table 1. X-ray diffraction data of aquacryptite from the Ulsan serpentine mine.

ULSAN						MIYAMORI*					
Untreated		700°C		1,000°C		Untreated		700°C		1,000°C	
<i>d</i> (Å)	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> (Å)	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> (Å)	<i>I</i> / <i>I</i> ₀	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>
11.7	75B	10.16	80			11.04	30B	10.63	27B		
						5.06	4				
4.55	70	4.55	80	4.417	10	4.620	45	4.615	38	4.457	10
				3.310	10					3.229	66
3.209	35B	3.175	55	3.175	70	3.223	20	3.229	20B	3.151	
				2.884	100					2.937	63
2.549	100	2.542	100	2.518	60	2.560	40B	2.560	27B	2.562	28B
2.298	5			2.122	10B	2.307	5	2.280	6	2.149	10
2.191	5			2.014	10B					2.039	11
1.709	25B	1.712	25B	1.618	20	1.726	10	1.697	5	1.653	15
1.525	45	1.526	50	1.488	20B	1.534	35	1.536	23	1.507	9

*Aquacryptite from Miyamori of Japan (Shimoda, 1964).
B indicates a broad diffraction peak.

접 시료에 침투시키는 방법 등 여러가지로 처리해 보았으나 Fig. 1에 보이는 것과 모두 똑같은 결과가 나왔다. 無處理時에서 11.7Å을 중심으로 한 broad한 回折線은 에칠렌글리콜 처리에 의해 9.5Å으로 移動되며, 또 2θ 3°에서 5° 사이의 저각도쪽에도 回折線이 숨겨져 있는 듯한 형태를 하고 있다. 3.209Å의 回折線은 에칠렌글리콜 처리에 의해 3.401Å으로 移動되고 1.709Å의 回折線도 처리에 의해 저각도쪽으로 약간 이동되고 있다. 이와같은 變化는 smectite의 거동과 다소 類似하다. 그래서 本試料은 smectite와 유사한 성질을 포함하고 있다고 생각된다. aquacryptite는 garnierite와 類似한 X線回折圖形을 나타낸다. 그러나 garnierite는 無處理時에 約 10Å의 回折線이 비교적 sharp하게 나타나고, 1,000°C 加熱後에는 olivine으로 전이되어 나타나는 점이 aquacryptite와는 다르다.

습식 및 원자흡광분광분석에 의한 本試料의 化學分析值를 日本의 Miyamori 產 aquacryptite의 것과 비교하여 Table 2에 나타냈다. 표에서 보듯이 本試料은 주로 SiO₂ 및 MgO로 되며 全分析值가 Miyamori產 aquacryptite의 것과 대체로 잘 일치하고 있다. 本試料은 Miyamori것과

Table 2. Chemical analysis of aquacryptite from the Ulsan serpentine mine.

	ULSAN	MIYAMORI*
SiO ₂	51.36	49.46
Al ₂ O ₃	2.37	1.55
Fe ₂ O ₃	2.27	0.49
CaO	0.04	0.24
MgO	25.32	27.16
MnO	0.17	
Na ₂ O	0.01	0.02
K ₂ O	0.14	
H ₂ O(+)	6.59	9.95
H ₂ O(-)	10.94	10.55
Total	99.21%	99.42%

* Aquacryptite from Miyamori of Japan(Shimoda, 1964)

비교하여 SiO₂, Al₂O₃ 및 Fe₂O₃의 成分이 약간 많고, MgO와 H₂O(+)가 약간 적은 値를 나타낸다. Si/Mg의 原子比는 Miyamori의 것이 1.21인데 本試料은 1.36으로 조금 크게 나타나는 특징이 있다. 이러한 化學成分上的 차이는 미량의 불순물에 의한 것으로 볼 수도 있으나, X線回

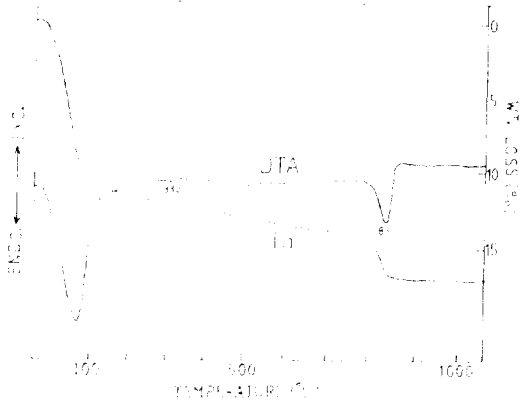


Fig. 2. DTA and TG patterns of the Ulsan aquacreptite

折分析의 결과와 함께 생각해 보면 本試料의 aquacreptite의 礦物學的인 性質에 의한 것으로 생각된다. aquacreptite와 X線回折圖形이 類似한 garnierite는 MgO 대신에 NiO가 약 24% 정도 함유하는 것으로서 本試料의 分析値와는 다르다.

Fig. 2에 本試料의 時差熱分析 및 熱重量分析의 結果를 나타냈다. 이것의 昇溫率은 10°C/min으로 測定했다. 本試料은 75°C와 835°C에 큰 두개의 吸熱反應피크가 나타나며, 330°C와 500°C에 아주 작은 吸熱反應피크가 나타난다. 이러한 時差熱分析曲線의 形態는 日本産의 aquacreptite의 것과 같다(Shimoda, 1964). 그러나 本試料은 日本産의 것과 비하여 吸熱反應피크의 出現溫度가 약간 낮게 나타난다. 835°C의 吸熱反應後에 그 曲線의 형태가 높아져 있다. 이것은 X線回折分析의 結果와 함께 생각해 볼때 835°C의 構造水의 脫水가 일어난 후 약 850°C의 溫度에서 aquacreptite가 enstatite로 轉移되는 것으로 생각된다. 加熱에 의한 重量減少는 약 100°C까지 약 10%, 750°C까지 약 3%, 850°C까지 약 3%로 크게 3단계로 나타난다.

本試料에 대한 赤外線分光分析의 吸收線을 Fig. 3에 나타냈다. 이것은 KBr 정제법에 의해 測定되었다. 本試料에는 3,670cm⁻¹와 3,200cm⁻¹의 작은 吸收帶와 함께 3,410, 1,630, 1,010, 660 및 450cm⁻¹의 비교적 broad한 吸收帶가 나타난다. 이러한 吸收線의 형태도 Miyamori産 aqua-

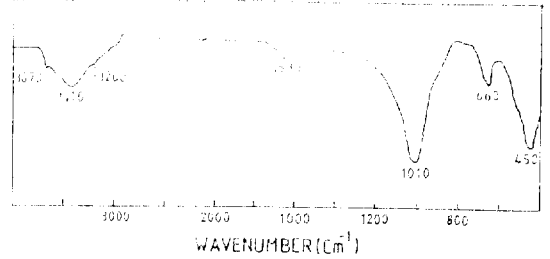


Fig. 3. Infrared absorption spectrum of the Ulsan aquacreptite

creptite의 것과 잘 일치하고 있다. Shimoda(1965)에 의하면 3,670cm⁻¹ 부근의 吸收帶는 O-H 분자에 의한 것이며, 3,410cm⁻¹는 吸着水分子, 3,200cm⁻¹는 結晶水分子에 의한 것으로 aquacreptite는 3종류의 물분자가 존재하는 것으로 되어 있다.

이상과 같은 實驗結果로 보아 蔚山蛇紋岩體에서 産出되는 細脈狀의 單晶矽물질은 aquacreptite로 생각된다. 또, 本試料을 250°C에서 1시간 加熱한 後에 물속에 넣었을 때 爆發음이 나는 것이 확인되었다. 本試料에 대한 각종 실험결과를 현재까지 報告된 aquacreptite의 資料와 大同小異하다. 그러나 本試料은 에칠렌글리콜 처리에 의한 X線回折線의 變化와, Si, Al 및 Fe의 含有量이 약간 많은 것 등의 특징을 나타낸다. 이러한 本試料의 特性을 解析하기에는 資料가 부족하다. 이것은 더 많은 aquacreptite에 대한 礦物學的 研究의 資料가 축적되어야 될 것으로 생각된다. aquacreptite는 sepiolite 및 attapulgite와 같은 터널구조의 粘土礦物과 stevensite와 같은 층상구조의 粘土礦物과의 中間에 위치하는 粘土礦物로 알려지고 있다(Shimoda, 1964). 本試料의 에칠렌글리콜에 의한 回折線의 變化 등의 광물학적 特徵은 stevensite와 같은 층상구조의 成分에 대한 기여도가 큰 것에 기인되는 것과, 혹은 混合層礦物과 같은 性質을 포함하기 때문인 것으로도 생각될 수 있다.

Kitayama and Ohkawara(1983)은 콜로이드상 의 실리카와 수산화마그네슘을 출발물질로 하여 오토클레브중에서 aquacreptite를 合成하였다. 反應溫度 200°C~300°C에서 天然産과 유사한

aquacreptite를 合成했다. 여기서 反應溫度가 높을수록 10\AA 부근의 回折線의 d 值가 작아지고 強度가 증가하는 것으로 되어있다. 이것과 연관지어 보면, 本試料는 回折線의 형태로 보아 比較的 저온에서 形成된 것으로 생각된다. 產出狀態로 보아서는 溶液에서 직접 晶出된 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Kitayama, Y. and Ohkawara, T. (1983) Synthesis of aquacreptite. Jour. Clay Sci. Soc. Japan, 23, 80-83.
- Shimoda, S. (1964) Mineralogical studies on garnierite and aquacreptite. Clay Sci., 2, 8-21.
- Shimoda, S. (1965) X-ray study of the crystal structure of aquacreptite. Clay Sci., 2, 138-146.