

흑요석의 미세결정과 자기적 성질과의 관계 및 산지분류

조남철 · 강형태 · 한민수*
국립중앙박물관 보존과학실
*국립문화재연구소 보존과학실

Relationship between Microlites and Magnetic Properties of Obsidians and Provenance Study

Nam-Chul Cho, Hyung-Tae Kang and Min-Su Han*

Conservation Lab., The National Museum of Korea

*Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Properties

1. 서론

흑요석은 화산활동에 의해서 생성된 천연유리이다. 고대 선사시대에는 화살촉, 칼, 굽개 등 다양한 용도로서 흑요석을 널리 사용하였다. 최근에는 이 흑요석에 대한 산지 연구를 통하여 선사시대 교역에 관한 중요한 정보를 제공하고 있다.

지금까지 흑요석에 대한 연구는 성분분석을 통한 산지분류, 또는 흑요석 수화층의 두께를 통한 연대측정 등이 많이 이루어지고 있다¹. 그러나 흑요석 내부에 존재하는 많은 비용융 불순물에 대한 연구는 미비하다. 대부분 흑요석의 경우 몸체 내부에는 각 성분들의 냉각차이에 의해서 생성된 많은 비용융 결정질 불순물들이 존재하고 있다. 이러한 결정질들의 주요 성분은 Fe로서 대부분 magnetite(Fe_3O_4)들이며 각각의 결정질들은 특이한 모양과 성질을 지니고 있다. 특히 결정질 불순물의 대부분을 차지하고 있는 magnetite들은 흑요석의 자기적 성질을 나타내는 주요 인자로서 작용하게 된다. 이러한 자기적 성질에 의해서 각 산지별 차이를 결정할 수 있다².

본 연구에서는 편광현미경 관찰을 통하여 흑요석 내부의 비용융 결정질들의 모양과 크기를 관찰하여, 시료진동형마그네토미터(VSM)로 측정된 자기적 성질과 비교하여 결정질과 자기적 성질과의 상관성을 알아보았다. 마지막으로 흑요석 연대측정에서 많이 이루어지는 수화층을 관찰하여 두께를 측정하였다.

표 1. 흑요석 시료 목록

순번	시료 원번호	출토지	비고
1	27	부산시 동삼동	
2	48	강원도 양구읍 상무릉리 파로호	
3	50	강원도 양구읍 상무릉리 파로호	
4	51	강원도 양구읍 상무릉리 파로호	
5	58	강원도 양구읍 상무릉리 파로호	
6	70	경남 통영시 상노대도	
7	79	전남 여천군 송도	
8	80	전남 여천군 송도	
9	84	백두산	
10	92	부산 동삼동	
11	94	일본 사가현	
12	97	일본 사가현	
13	98	백두산	
14	99	백두산	
15	100	백두산	
16	101	강원도 홍천군 북방면 하화계리	

2. 분석 방법

2.1. 비용융 결정질 및 수화층 관찰

이번 분석에 쓰인 흑요석 시료목록은 표 1과 같다. 각 흑요석 내부에 비용융 결정질의 관찰은 성분분석을 위하여 마운팅한 시료를 diamond cutting wheel을 이용하여 0.1 mm 두께로 자른 후 slide glass에 수지를 이용하여 기포가 없이 잘 접착시킨다. 약 24시간 경과 후 #320, #800, #1200, #1500, #2400, #4000에 차례로 연마하여 박편의 두께가 약 300 μm (0.03 mm)가 되게 만든 후 편광현미경(Polarizer Microscope, Carl Zeiss, Axioplan 2/Progress 3012)을 이용하여 흑요석의 비용융 결정질들을 관찰하였다. 또한 각 흑요석의 수화층 두께는 편광현미경으로 관찰한 후 영상분석기(Image Analyzer, Carl Zeiss, KS 300 System)을 이용하여 측정하였다.

2.2. 자성 측정

각 흑요석의 자성은 시료진동형마그네토미터(VSM: Vibrating Sample Magnetometer, Lake Shore, 7300)를 이용하여 자기이력곡선을 측정하였다. 측정시 자기이력곡선의 최대 자계는 10kOe로 하였다.

3. 분석결과

3.1. 비용융 결정질과 자성과의 관계

대체로 흑요석에서 자성을 나타내는 주요광물은 magnetite로서 이 광물의 크기, 모양, 자성입자의 수 등에 의해서 나타내게 된다³. 그림 1에는 시료진동형마그네토미터를 이용해 측

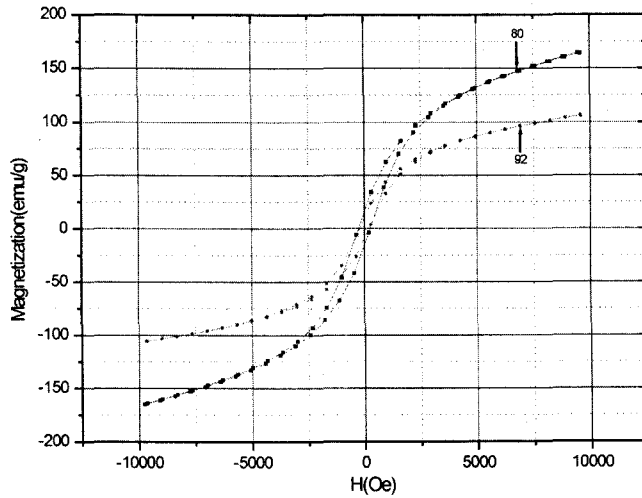


그림 1. 시료 80, 92 흑요석의 자기이력곡선.



그림 2. 시료 80 흑요석의 편광현미경 사진($\times 200$).

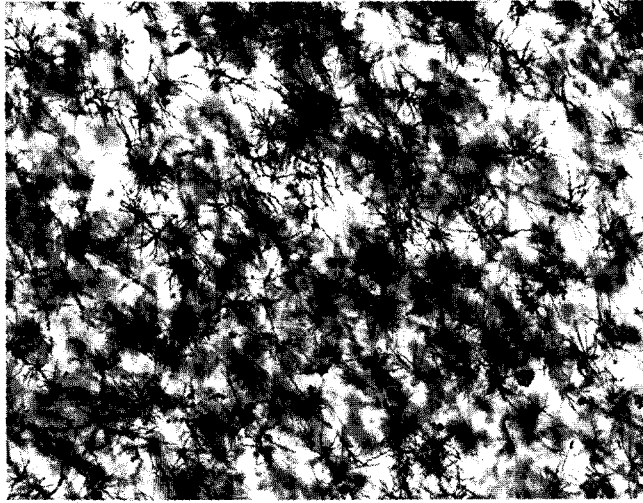


그림 3. 시료 92 흑요석의 편광현미경 사진($\times 200$).

정한 시료 80과 92의 자기이력곡선을 보여주고 있다. 측정 결과 시료 80의 경우는 보자력 (Coercive Force)이 263Oe, 잔류자화가 15 emu/g, 포화자화가 164 emu/g을 보여주고 있으며, 시료 92의 경우는 보자력이 208Oe, 잔류자화가 9.9 emu/g, 포화자화가 106 emu/g을 보여주고 있다. 또한 그림 2는 시료 80내부에 편광현미경 사진이며, 그림 3은 시료 92에 편광현미경 사진이다. 두 사진을 비교하여 보면 시료 80내부에 존재하는 불순물들의 모양은 미세한 침상체와 코일모양의 미세결정들이 보이며, 시료 92의 경우는 코일모양의 미세결정이 시료전체에 분포하고 있음을 알 수 있다. 대체로 미세입자로 존재하는 결정질의 자성의 경우는 입자크기가 작을수록 자성값들이 크게 나오게 된다. 그러므로 시료 80이 시료 92에 비하여 입자크기가 작은 미세입자들이 많이 존재함으로 자성값들이 크게 나타난 것으로 보인다.

3.2. 수화층(Hydration Layer) 관찰

모든 유리는 자연적 또는, 인위적으로 만들어지든 열역학적으로는 불안정한 상태이므로 계속적으로 대기나 토양의 수분에 의해서 풍화된다. 또한 유리표면의 경우 수분에 의해서 풍화되어진 곳은 내부와의 농도구배에 의해서 계속적으로 안쪽으로 확산하여 나가게 된다. 그러므로 흑요석의 수화층을 이용한 연대측정은 흑요석이 수분에 의해서 풍화되어 확산되어진 층 즉 수화층의 두께가 시간과 비례한다는 Fick's 확산법칙($X^2 = Dt$, X: 수화층의 두께, D: 확산계수, t: 시간)을 이용하여 연대를 측정하는 것이다.

그러므로 편광현미경 관찰과 영상분석기를 이용하여 흑요석 연대측정에 기본자료로 쓰이



그림 4. 시료 80 흑요석의 수화층($\times 400$).

는 수화층을 관찰하여 수화층 두께를 측정하였다. 그림 4는 시료 80 흑요석에 존재하는 수화층을 보여주고 있으며 두께는 약 $8.6 \mu\text{m}$ 이다.

4. 맺음말

흑요석의 비용융 결정질과 자성과의 관계를 알아본 결과, 시료 80이 시료 92에 비하여 자성값들이 크게 나타났다. 이는 시료 80이 시료 92에 비하여 입자크기가 작은 미립자들이 상대적으로 많이 존재하기 때문에 나타나는 것으로 보인다. 앞으로 더 많은 시료를 분석하여 비용융 결정질들의 모양과 산지와와의 관계 및 자기적 성질과의 관계에 대하여 연구하고자 한다.

또한 앞으로 많은 흑요석의 수화층을 관찰함으로써 흑요석의 연대측정에 기본자료로서 사용하고자 한다.

참고문헌

1. Lawrence M. Anovitz, J. Michael Elam, Lee R. Riciputi, David R. Cole, "The Failure of Obsidian Hydration Dating: Sources, Implications, and New Directions", *Journal of Archaeological Science*, 26, pp.735-752, 1999.
2. G. Poupeau, R. B. Scorzelli, A. M. Rossi, G. Cernicchiaro, "Obsidian Provenance Studies from Structural Properties", *International Association for Obsidian Studies Bulletin*, 28,

pp.2-6, 2001.

3. Carlos A. Vasquez, Hugo G. Nami, Augusto E. Rapalini, "Magnetic Sourcing of Obsidians in Southern South America: Some Success and Doubts", Journal of Archaeological Science, 28, pp.613-618, 2001.