

연천 삼거리 유적지 흑요석제 석기에 대한 산지 추정

이선복¹ · 좌용주^{2*} · 진미은² · 길영우³

¹서울대학교 고고미술사학과, ²경상대학교 지질과학과 및 기초과학연구소,

³전남대학교 자원공학과

Provenance Estimation on the Yeoncheon Samgeori Obsidian Artifacts

Seonbok Yi¹, Yong-Joo Jwa^{2*}, Mi-Eun Jin², and Youngwoo Kil³

¹Department of Archaeology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Department of Geology and Research Institute of Natural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Department of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

요약: 우리나라 선사시대 유적지 중 하나인 연천 삼거리에서 출토된 흑요석제 석기에 대한 산지를 유추해 보았다. 삼거리 흑요석제 석기에 포함된 미세결정 중 산화광물과 휘석은 연정 내지 포이킬리틱 조직을 보이며, 휘석의 미세결정은 그 조성이 헤덴버자이트 내지 오자이트의 조성을 가진다. 기질에 대한 주성분 산화물의 함량에서 삼거리 흑요석제 석기는 좁은 범위의 일정한 값을 나타내며 SiO₂ 함량이 73.8~75.5 wt.%의 산성의 유문암 조성을 나타낸다. 기질의 희토류원소 함량 역시 일정하며 뚜렷한 Eu 음의 이상을 보인다. 삼거리 흑요석제 석기의 이러한 광물학적 및 지구화학적 특징을 우리나라 주변 흑요석 대표 산지인 백두산과 일본 규슈의 흑요석과 비교해 보았을 때, 흑요석제 석기의 원석이 백두산에서 유래되었을 가능성이 크다.

핵심어: 연천 삼거리, 흑요석제 석기, 산지, 백두산

Abstract: We estimated the provenance of the obsidian artifacts from Samgeori site at Yeoncheon, one of the prehistoric sites in South Korea. Pyroxene microlites are of hedenbergite to augite compositions, and intergrown and/or overgrown with Fe-oxides showing poikilitic texture. Major oxides contents for the matrix of the obsidian artifacts exhibit a narrow compositional range, especially SiO₂ contents being 73.0~75.5 wt.% of acidic rhyolitic composition. Also, rare earth element (REE) contents are relatively constant in the obsidian artifacts, and the chondrite-normalized REE patterns show a strong Eu negative anomaly. These mineralogical and geochemical features of the Samgeori obsidian artifacts were compared with those from both the Baekdusan obsidians and Japanese Kyushu obsidians which have been thought to be two major obsidian provenances around South Korea. It is suggested that the Samgeori obsidian artifacts were possibly originated from the Baekdusan obsidians.

Keywords: Yeoncheon Samgeori, obsidian artifacts, provenance, Mt. Baekdusan

서론

연천 지역은 오랜 기간동안 사람들이 정주해 온 지역으로 풍부한 문화유산과 유적이 분포하고 있다. 그 중 삼거리 유적은 1996년도에 경기북부지역에 대한

집중호우시 임진강의 범람으로 인하여 노출된 선사 문화유적이며(Kyonggi Province Museum, 2002), 행정구역상 경기도 연천군 군남면 삼거리 722-2 일대에 위치한다. 1990년대 이후 이루어진 한탄강 및 임진강에 대한 체계적인 정밀 지표조사의 결과, 연천 지역의 구석기시대 유적이 다수 발견되었으며, 삼거리 유적지는 그 중 하나이다.

삼거리 유적지에서는 선사시대의 흑요석제 석기가

*Corresponding author
Tel: +82-55-772-1475
E-mail: jwayj@gnu.ac.kr

출토되었다(흑요석은 암석학적 용어로 흑요암이라 불려야 하지만, 고고학과 같은 타 학문분야에서의 보편적인 명칭이 흑요석이므로, 이 논문에서는 흑요석으로 기술하기로 한다). 산성의 유리질 암석인 흑요석은 날카로운 날을 얻기 쉽고 가공이 편한 장점을 가지고 있어, 흑요석으로 만든 석기(石器)는 세계적으로 선사시대 유물로서 흔히 발견되고 있다. 그리고 흑요석제 석기는 선사시대의 문화 교류, 전파, 교역관계 등을 규명하는 자료가 되기때문에 그 산출지도 중요한 정보를 제공해 준다. 흑요석은 화산분출지라는 제한된 환경에서만 산출되기 때문에 흑요석제 석기의 원산지는 흑요석 용암이 분출한 장소에서 찾을 수 있다.

한반도 주변에서는 선사시대의 흑요석제 석기의 산지로서 한중 국경의 백두산 지역, 러시아의 극동 지역, 일본의 규슈를 비롯한 혼슈, 홋카이도 지역 등이다(예: Kuzmin, 2006). 우리나라 선사시대 흑요석제 석기의 산지에 대해서는 크게 두 가지 의견이 제시되어 왔다. 즉, 백두산 기원과 일본 규슈 기원이 그것이다(Sohn, 1989; Cho *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2007; Cho and Choi, 2010, 2012; Yi and Jwaa, 2016; Chang and Kim, 2018; Jwa *et al.*, 2019). 주로 내륙의 구석기 시대 유적의 경우 백두산 기원의 흑요석제 석기가 우세하고, 남해안의 신석기 시대의 경우 규슈 기원의 흑요석제 석기가 우세한 편이지만, 경우에 따라서는 두 가지 기원의 흑요석제 석기가 함

께 산출되기도 한다(Lee and Kim, 2015; Chang and Kim, 2018; Jwa *et al.*, 2019). 따라서 흑요석제 석기의 산지가 어디인가를 밝히는 것은 선사시대 당시의 흑요석 공급과 이용에 대한 양상을 파악할 수 있게 된다.

이 논문에서는 연천 삼거리 유적지에서 출토된 흑요석제 석기를 대상으로 암석학적 및 지구화학적 방법을 이용하여 그 원산지를 규명해보고자 한다.

연구 내용

연천 삼거리 흑요석제 석기

경기도 연천 삼거리 유적지에서 출토된 흑요석제 석기들 중에서 9점의 시료를 확보하여 각 흑요석에 대한 성분 분석을 시행하였다. 9점의 시료는 1 cm 내외 크기의 작은 조각으로 대체로 어두운 색이나 검은 색을 띠는 것이 특징이다. 특히 C2-2-2, C2-2-3 시료에서는 흑요석 내 미세결정들에 의한 배열이 띠(band) 모양으로 나타나 기도 한다. 이 시료들은 연마편으로 제작하여 전자현미분석과 LA-ICP-MS 분석을 실시하였다.

FE-EPMA 분석 결과

연천 삼거리 흑요석제 석기 시료의 일부를 취하여 연마편을 제작하였고, 경상대학교 공동실험실습관의

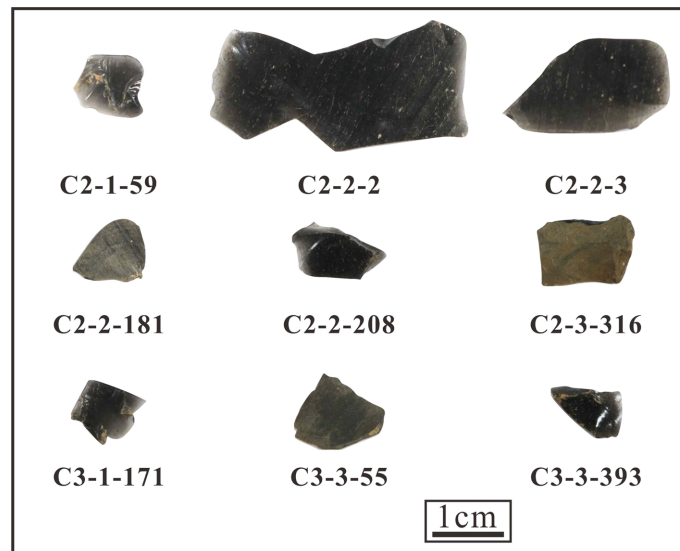


Fig. 1. Obsidian artifact samples used in this study.

Table 1. Major oxide contents of the matrix from the Samgeori obaidian artifacts (wt.%)

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MnO	FeO(t)	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	total
C2-1-59	75.46	0.09	12.92	0.02	0.03	1.27	0.04	0.55	4.06	5.07	99.5
C2-2-2	75.03	0.10	12.95	0.02	0.03	1.32	0.04	0.54	4.03	5.08	99.1
C2-2-3	73.94	0.12	12.90	0.04	0.11	1.17	0.04	0.56	3.87	5.32	98.0
C2-2-181	74.70	0.12	13.12	0.02	0.15	1.19	0.04	0.52	3.84	5.28	98.9
C2-2-208	73.81	0.11	12.86	0.01	0.08	1.26	0.05	0.56	3.83	5.28	97.9
C2-3-316	75.29	0.09	12.92	0.02	0.04	0.99	0.02	0.40	4.13	5.10	99.0
C3-1-171	74.61	0.12	12.85	0.04	0.05	1.17	0.04	0.54	3.85	5.33	98.6
C3-3-55	75.13	0.09	12.89	0.02	0.02	1.30	0.03	0.45	4.15	5.01	99.1
C3-3-393	74.25	0.12	12.96	0.05	0.13	1.31	0.03	0.56	3.80	5.29	98.4

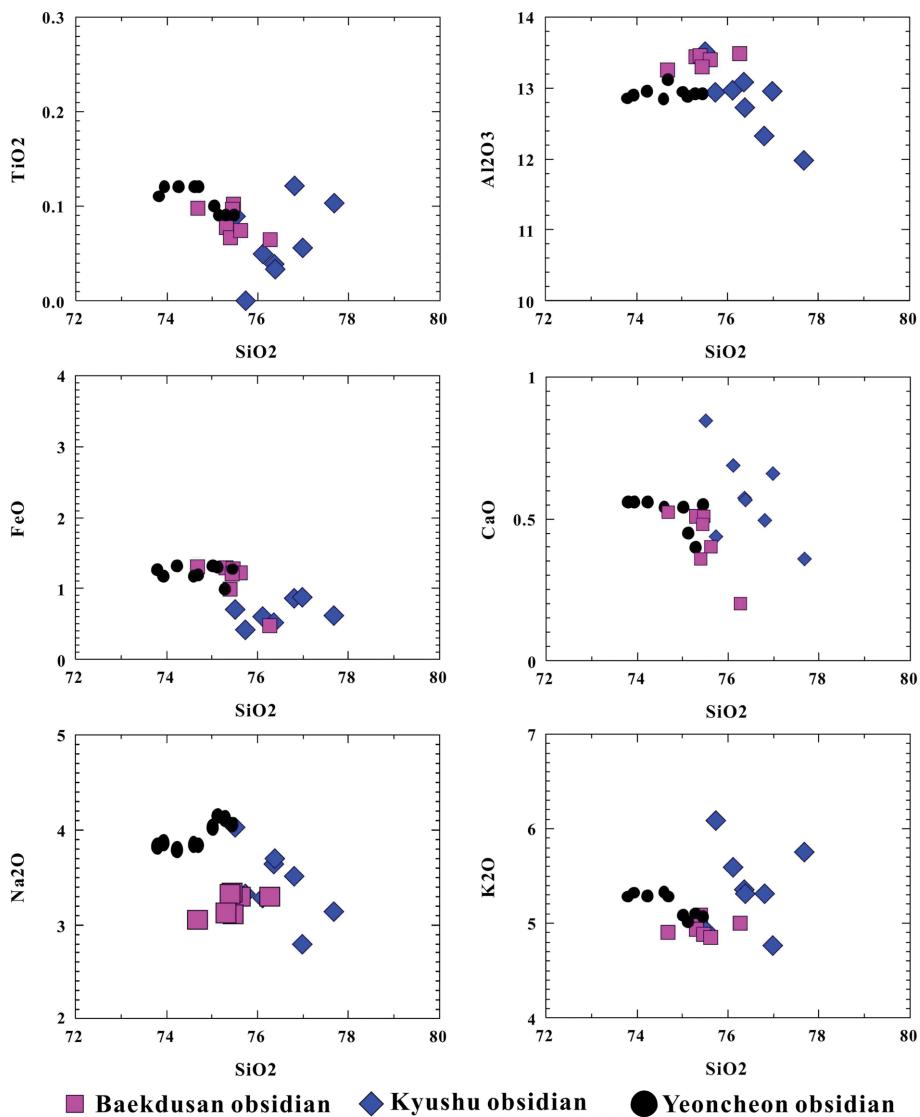


Fig. 2. Harker diagrams for the obsidian matrix compositions from the Samgeori obsidian artifacts, Baekdusan obsidians as well as Kyushu obsidians. Data from the Baekdusan and Kyushu obsidians are from Jwa *et al.* (2019).

전계방출형 전자현미분석기(FE-EPMA; Field Emission Electron Probe Micro Analyzer)인 JEOL사 모델 JXA-8530F PLUS를 이용하여 기질과 미세결정(microlites)에 대해 주성분원소 함량을 측정하였다. 기질에 대한 측정의 경우 흑요석 내 흔히 포함되는 미세결정이나 포유물(inclusion)이 없는 부분을 중심으로 분석하였으며, 분석조건은 가속전압 15 kV, 빔전류 20 nA, 빔크기 10 μm 로 3번씩 측정하여 평균하였다(Table 1). 분석결과 모든 흑요석제 석기 시료는 SiO_2 함량이 73.94–75.46 wt.%로 유문암 조성에 해당한다. 또한 FeO(t) 의 함량이 0.99–1.31 wt.%로 포함되어 있으며, 알칼리 원소인 Na_2O 와 K_2O 는 각각 3.83–4.15 wt.%, 5.01–5.32 wt.%이다. 이들 주성분 산화물 함량의 변화는 Fig. 2에 나타났다.

삼거리 흑요석제 석기 9점의 시료는 비교적 좁은 범위의 SiO_2 의 함량 범위에서 일정한 값을 보이고 있어, 거의 동일한 원석으로부터 유래되었을 가능성이 제기된다. 즉, 하나의 커다란 원석으로부터 조성적으로 조금 차이가 있는 여러 부분이 석기로 제작되었을 것이다.

한편, 흑요석 내에는 미세결정이라고 하는 아주 작은 결정들이 포함되어 있다. 기존 연구에 따르면(Jwa and Hwang, 2018; Jwa *et al.*, 2019) 미세결정의

형태와 조성에 따라 백두산 지역과 일본 규슈 지역의 산지를 구분할 수 있다. 연천 삼거리 흑요석제 석기 내에는 전반적으로 마름모꼴의 미세결정이 다량 포함하고 있으며, 이 결정들은 1 μm 내외의 크기로 존재하며, 이들의 조성은 철산화 광물과 휘석으로 구분된다. 또한 휘석 결정과 철산화 광물의 연정 혹은 휘석 결정이 철산화 광물을 포획하고 있는 포이킬리틱 조직이 특징적이다(Fig. 3). 휘석에 대한 정량분석 역시 전계방출형 전자현미분석기를 이용하였고, 분석조건은 가속전압 15 kV, 빔전류 20 nA, 빔크기 1 μm 로 측정하였으며 결과를 Table 2에 정리하였다.

분석된 휘석 미세결정들의 주성분 함량을 이용하여 세 성분, 즉 Wo(Wollastonite, CaSiO_3) - En(Enstatite, MgSiO_3) - Fs(ferrosilite, FeSiO_3) 도표에 도시하면, 대부분의 휘석 결정이 $\text{Wo}_{33-50}\text{En}_{11-26}\text{Fs}_{35-56}$ 의 조성을 가져 헤덴버자이트(hedenbergite) 내지 오자이트(augite)영역에 도시되는데, 상대적으로 Ca 함량이 풍부하고, Mg 함량에 결핍된 양상이다(Fig. 4).

LA-ICP-MS 분석결과

연천 흑요석의 희토류원소의 함량을 구하기 위해 레이저를 결합한 유도결합 플라즈마 질량 분석기(LA-ICP-MS; Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma

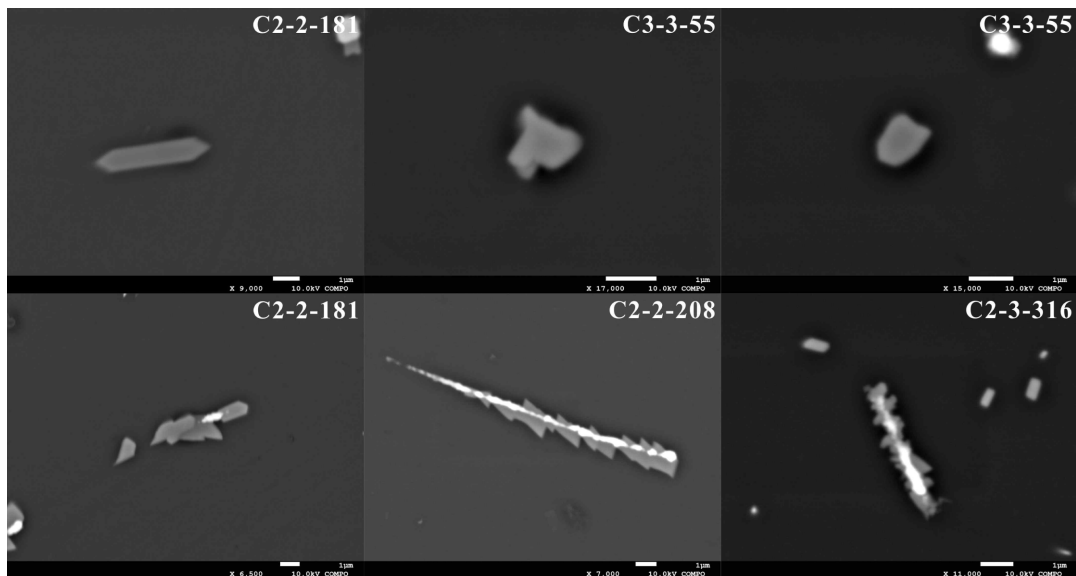
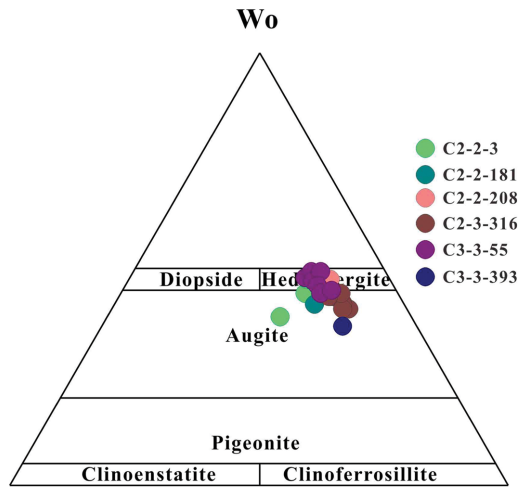


Fig. 3. Shapes of microlites included in the Samgeori obsidian artifacts. Pyroxene (dark grey) and iron oxide (bright) microlites are observed in the obsidian artifacts. Pyroxene is intergrown with iron oxide and/or included in iron oxide showing poikilitic texture.

Table 2. Chemical compositions of the pyroxene microlites in the Sangeori obsidian artifacts (wt.%)

	C2-2-3		C2-2-181		C2-2-208		C2-3-316		
SiO ₂	50.5	50.1	52.6	46.7	47.4	48.2	47.6	47.9	44.4
TiO ₂	0.43	0.24	0.16	0.19	0.48	0.08	0.03	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	7.11	6.64	8.16	7.89	7.19	8.29	7.60	7.85	7.85
FeO	16.8	18.3	15.8	20.4	20.1	20.4	21.8	21.8	24.6
Cr ₂ O ₃	0.01	0.04	0.02	-	-	0.05	0.00	0.06	-
MnO	1.05	0.72	0.85	1.06	0.79	0.59	0.60	0.55	0.62
MgO	7.53	5.40	4.36	3.61	5.20	3.43	4.15	3.84	3.80
CaO	15.5	17.8	17.3	19.9	17.1	19.2	18.1	17.6	18.2
Na ₂ O	1.34	0.87	0.49	0.63	1.21	0.49	0.36	0.49	0.39
K ₂ O	0.13	0.08	0.01	0.03	0.07	0.01	0.00	0.03	0.02
Total	100.4	100.2	99.8	100.4	99.5	100.7	100.2	100.2	99.9
Number of cations on the basis of 24(O)									
WO	38.8	44.3	47.6	47.8	42.0	47.5	43.7	43.6	42.1
EN	26.2	18.7	16.7	12.0	17.8	11.8	14.0	13.2	12.3
FS	34.9	37.0	35.7	40.2	40.2	40.6	42.3	43.2	45.6
	C2-3-316				C3-1-171				
SiO ₂	44.1	45.7	45.7	43.4	44.8	47.1	49	60.8	
TiO ₂	0.06	0.05	0.07	0.07	0.06	0.07	0.05	0.10	
Al ₂ O ₃	7.43	7.86	7.60	7.19	7.52	8.12	7.96	12.60	
FeO	25.6	22.2	22.7	25	24.6	22.5	20.7	16.1	
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0.09	-	0.07	-	-	
MnO	0.51	0.55	0.55	0.52	0.42	0.69	0.67	0.36	
MgO	3.64	3.90	3.67	3.78	3.94	3.38	4.08	1.73	
CaO	17.4	18.0	18.0	18.2	17.2	18.3	17.3	7.5	
Na ₂ O	0.34	0.38	0.44	0.27	0.43	0.42	0.46	0.70	
K ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.04	
Total	99.1	98.7	98.8	98.5	99.0	100.6	100.2	100.0	
Number of cations on the basis of 24(O)									
WO	40.6	43.8	43.7	42.0	40.7	44.5	43.6	33.0	
EN	11.8	13.2	12.4	12.1	13.0	11.4	14.3	10.6	
FS	47.6	43.1	44.0	45.9	46.3	44.1	42.1	56.4	
	C3-3-55				C3-3-393				
SiO ₂	50.3	46	47.2	47.9	46.7	49.0	46.7	58	
TiO ₂	0.05	0.00	0.03	0.09	0.17	0.06	0.07	0.08	
Al ₂ O ₃	8.17	7.55	7.44	7.85	6.83	7.18	6.84	9.79	
FeO	17.5	22.5	19.1	19	21.4	17.9	20.4	17.7	
Cr ₂ O ₃	-	-	0.07	0.04	-	-	0.17	0.02	
MnO	0.33	0.55	0.70	0.76	0.58	0.46	0.63	0.38	
MgO	4.14	3.92	4.67	3.85	4.76	4.94	4.63	3.07	
CaO	19.1	19.2	19.8	20.4	18.9	19.5	19.7	10.8	
Na ₂ O	0.50	0.38	0.39	0.54	0.45	0.37	0.37	0.93	
K ₂ O	0.05	0.00	0.00	0.04	0.02	0.03	0.00	0.04	
Total	100.2	100.1	99.4	100.4	99.8	99.5	99.5	100.8	
Number of cations on the basis of 24(O)									
WO	49.3	45.1	47.4	49.5	44.3	47.9	46.3	37.0	
EN	14.8	12.8	15.6	13.0	15.5	16.9	15.1	14.6	
FS	35.9	42.2	37.0	37.5	40.2	35.2	38.6	48.4	



En **Fs**
Fig. 4. Wo(Wollastonite, CaSiO_3) - En(Enstatite, MgSiO_3) - Fs(ferrosillite, FeSiO_3) discrimination diagram for the pyroxene microlites included in the Samgeori obsidian artifacts.

Mass Spectrometry)를 이용하였다. 분석은 한국기초과학지원연구원의 오창센터에서 실시하였으며, 미세결정의 영향을 피하기 위해 가능한 기질에 대한 분석을 실시하였으며, 측정값은 3번 내지 5번 측정하여 평균하였다. 흑요석에 대한 분석방법과 조건은 Yi and Jwa(2016)을 참조할 수 있다.

분석결과 연천 삼거리 흑요석제 석기의 희토류원소

함량은 전반적으로 비슷하며(Table 3), 콘드라이트로 표준화한 희토류원소 패턴에서는 분화된 산성 화성암의 특징이라고 할 수 있는 Eu의 음의 이상(negative anomaly)이 특징적으로 나타난다(Fig. 5).

고찰 및 결론

연천 삼거리 유적지에서 출토된 흑요석제 석기들에 대한 지구화학적 분석결과를 토대로 흑요석의 산지에 대해 간단히 고찰해 보기로 한다. 서론에서 언급했듯이 우리나라 선사시대 흑요석제 석기들의 흑요석 산지로는 크게 백두산과 일본 규슈 두 군데로 추정된다. 따라서 이번에 분석된 연천 삼거리 흑요석제 석기의 지구화학적 자료와 기존 발표된 백두산과 일본 규슈 흑요석의 자료를 비교 검토해 보기로 한다. 이런 비교 연구는 지구화학 자료 생산의 방법과 분석조건이 동일함을 전제로 한다. 따라서 지구화학 분석법과 분석조건이 동일한 상태에서 보고된 백두산과 일본 규슈의 자료를 인용하였다(Yi and Jwa, 2016; Jwa *et al.*, 2019).

지구화학 자료를 비교하기 전에 우선 흑요석 내에 포함된 미세결정의 형태도 백두산과 일본 규슈 흑요석에 다르게 나타난다. 이는 두 흑요석을 만든 마그마의 화학 조성, 냉각 및 고결 과정의 물리화학적 환경이 달랐기 때문이다(Jwa and Hwang, 2018). Fig. 3에서 나타나는 철산화광물과 휘석 결정의 연정 형태와 포이킬리틱 조직은 백두산 흑요석에서 뚜렷하게

Table 3. Rare earth element contents of the Samgeori obsidian artifacts (ppm)

	C2-1-59	C2-2-2	C2-2-3	C2-2-181	C2-2-208	C2-3-316	C3-1-171	C3-3-55	C3-3-393
La	69.2	66.6	68.2	55.0	71.0	46.2	68.5	58.7	71.7
Ce	145.7	139.7	137.6	111.6	148.9	98.4	143.6	127.7	151.4
Pr	15.3	14.6	13.9	11.5	15.4	10.0	14.8	12.6	15.3
Nd	55.2	51.6	49.9	41.3	54.9	34.9	51.1	44.9	55.0
Sm	11.3	10.8	9.9	8.4	10.8	7.3	10.6	9.1	10.8
Eu	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
Gd	10.5	9.6	8.9	7.4	9.6	6.3	9.5	8.4	10.0
Tb	1.6	1.5	1.4	1.2	1.5	1.0	1.4	1.3	1.5
Dy	10.1	9.4	8.8	7.3	9.9	6.3	9.3	7.8	10.1
Ho	1.9	1.8	1.6	1.4	1.8	1.2	1.8	1.5	1.9
Er	5.3	5.0	4.7	3.9	5.1	3.3	4.9	4.1	5.0
Tm	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.7	0.6	0.8
Yb	4.9	4.7	4.2	3.6	4.9	3.2	4.8	3.9	4.9
Lu	0.7	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6

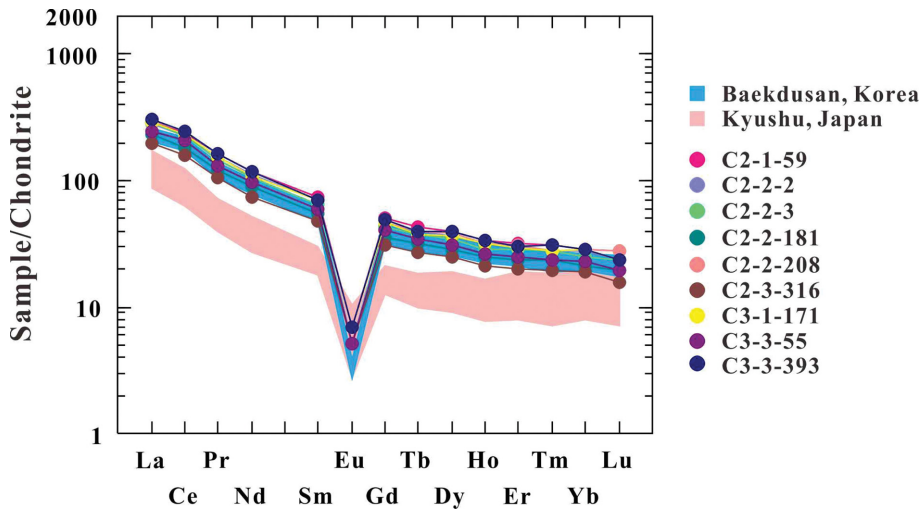


Fig. 5. Chondrite-normalized REE patterns of the Samgeori obsidian artifacts in comparison with the Baekdusan and Kyushu obsidians. Data from the Baekdusan and Kyushu obsidians are from Jwa *et al.* (2019).

관찰되는 것이며, 따라서 삼거리 흑요석제 석기는 미세결정의 형태로부터 백두산 흑요석에 가까움을 지시한다.

다음으로 흑요석의 기질부의 주성분원소 함량을 비교해 보면(Fig. 2) 연천 삼거리 흑요석제 석기는 Al_2O_3 , Na_2O 와 K_2O 를 제외한 대부분의 원소 함량에서 백두산 흑요석의 그것과 비슷한 양상을 보인다(Fig. 4). 삼거리 흑요석제 석기의 Na_2O 와 K_2O 와 같은 알칼리원소의 함량이 백두산 흑요석보다 높게 나타나는 것은 미세결정의 광물조합과 관련이 있다. 백두산 흑요석에는 미세결정으로 알칼리장석인 새니딘의 함량이 높게 나타나기 때문에 기질부에는 상대적으로 알칼리원소 함량이 낮게 나타나는 것이다(Jwa *et al.*, 2019). 반면 삼거리 흑요석제 석기의 미세결정에 새니딘은 출현하지 않는데 이는 백두산 흑요석 산지에서의 미세결정 조합의 차이로 해석될 수 있다. 한편, 삼거리 흑요석제 석기 내 Al_2O_3 함량이 백두산 흑요석보다 조금 낮은 이유는 휘석의 조성에 기인하는 것으로 유추된다. 삼거리 흑요석제 석기의 휘석 미세결정은 6.6~12.6 wt.% 범위(평균 7.9 wt.%)의 Al_2O_3 함량을 가지는 데(Table 2) 비해, 백두산 흑요석의 휘석 미세결정은 0.1~7.8 wt.%(평균 4.4 wt.%)의 Al_2O_3 함량을 가진다(Jwa *et al.*, 2019). 이는 삼거리 흑요석제 석기의 휘석 미세결정이 백두산 것보다 Al_2O_3 함량에 부화되어 있기 때문에 기질부에서는 상

대적으로 낮은 Al_2O_3 함량을 보이는 것으로 해석할 수 있다.

흑요석 내 미세결정으로 나타나는 휘석 결정의 조성에 대한 비교에서 연천 삼거리 흑요석제 석기는 대부분 헤텐버자이트 내지 오자이트 조성을 가진다(Fig. 4). 휘석 미세결정의 조성은 백두산과 일본 규슈 흑요석에서 아주 뚜렷한 차이가 있음이 밝혀져 있다(Yi and Jwa, 2016; Jwa *et al.*, 2019). 백두산 흑요석 내 휘석의 미세결정은 주로 헤텐버자이트와 오자이트 조성을 가지는 반면, 일본 규슈 흑요석 내 휘석의 미세결정은 대부분이 Ca 성분이 결핍된 페로실라이트의 조성을 가진다. 따라서 연천 삼거리 흑요석제 석기는 휘석 미세결정의 조성에서도 백두산 흑요석에 해당됨을 알 수 있다.

마지막으로 희토류원소의 패턴을 비교해 보면(Fig. 5), 비교 대상의 백두산 흑요석과 일본 규슈 흑요석의 희토류원소 패턴은 아주 뚜렷하게 구별된다(Yi and Jwa, 2016; Jwa *et al.*, 2019). 전체 희토류원소의 함량에서 백두산 흑요석이 일본 규슈 흑요석보다 높게 나타나며, 두 흑요석에서 모두 Eu 음의 이상이 나타나지만 백두산 쪽에서 음의 정도가 더 심하다. 연천 삼거리 흑요석제 석기의 희토류원소의 패턴은 백두산 흑요석의 그것과 거의 일치한다. 따라서 희토류원소의 패턴에서도 연천 삼거리 흑요석제 석기의 산지가 백두산이었을 가능성을 지시한다.

이상의 고찰로부터 연천 삼거리 유적지에서 산출된 흑요석제 석기에 대한 산지 해석은 다음과 같이 정리할 수 있다. 아홉 점의 흑요석제 석기에 대한 미세결정의 형태, 기질부의 주성분원소 함량, 희토류원소 함량 및 휘석 미세결정의 조성에 대한 분석결과를 동일 분석방법과 조건에서 산출된 백두산 흑요석 및 일본 규슈 흑요석의 그것들(Yi and Jwa, 2016; Jwa *et al.*, 2019)과 비교할 때, 삼거리 흑요석제 석기 제작에 사용된 흑요석 원석은 백두산에서 유래되었음을 알 수 있다.

사 사

이 논문은 2018년도 서울대학교 융복합 연구과제 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구이다. 연구 시료를 제공해 주신 백두문화재연구원과 논문에 대한 건설적인 비평을 해 주신 두 분의 심사위원들께 감사드린다.

References

- Chang, Y. and Kim, J.C., 2018, Provenance of obsidian artifacts from the Wolseongdong Paleolithic site, Korea, and its archaeological implications. *Quaternary International*, 467, 360-368.
- Cho, N.-C. and Choi, S.-Y., 2010, Provenance study of obsidian from Gigok paleolithic site in Donghae-si using trace elements. *Journal of Korean Ancient Historical Society*, 70, 5-20. (Korean with English abstract)
- Cho, N.-C. and Choi, S.-Y., 2012, Chemical composition and provenance study of obsidian from Sangsa-ri Paleolithic site in Cheolwon. *Journal of Korean Ancient Historical Society*, 78, 5-21. (Korean with English abstract)
- Cho, N.-C., Kang, H.-T., and Chung, K.-Y., 2006, Provenance study of obsidian artifacts found in the Korean peninsula based on trace elements and Sr isotope ratios. *Journal of Korean Ancient Historical Society*, 53, 5-21. (Korean with English abstract)
- Jwa, Y.-J., 2013, Geochemical data and their interpretation on the study of obsidian source. *Journal of The Korean Palaeolithic Society*, 28, 3-18. (in Korean with English abstract)
- Jwa, Y.-J. and Hwang, G.-H., 2018, Detailed morphology and texture of microlites in obsidian observed through electron microscopy. *Journal of Earth Science Society of Korea*, 39, 568-574. (Korean with English abstract)
- Jwa, Y.-J., Yi, S., Jin, M.-E., and Hwang, G.-H., 2019, Two contrasting provenances of Prehistoric obsidian artifacts in South Korea: Mineralogical and geochemical characteristics. *Open Archaeology*, 5, 106-120.
- Kim, J.C., Kim, D.K., Youn, M., Yun, C.C., Park, G., Woo, H.J., Hong, M.-Y., and Lee, G.K., 2007, PIXE provenancing obsidian artifacts from Paleolithic sites in Korea. *Indo-Pacific Prehistory Assoc. Bulletin*, 27, 122-128.
- Kuzmin, Y.V., 2006, Recent studies of obsidian exchange networks in prehistoric Northeast Asia, in *Archaeology in Northeast Asia: on the pathway to Bering Strait*, D.E. Dumond and R.L. Bland(eds.), University of Oregon, Eugene, OR., 61-71.
- Kyonggi Province Museum, 2002, *Yeoncheon Samgeori Yujeok*, 251p.
- Lee, G.K. and Kim, J.C., 2015, Obsidians from the Sinbuk archaeological site in Korea - Evidences for strait crossing and long-distance exchange of raw material in Paleolithic Age. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2, 458-466.
- Sohn, P.K., 1989, Provenance of obsidian found in Sangmuryong-ri. *Gangwon National University Museum*, 781-796. (in Korean)
- Yi, S. and Jwa, Y.-J., 2016, On the provenance of the prehistoric obsidian artifacts in South Korea. *Quaternary International*, 392, 37-43.

Received November 27, 2019

Rview started November 29, 2019

Accepted December 9, 2019