강릉 강문동 저습지유적의 유리구슬과 슬래그

강형태 · 조경미*· 권혁남

*국립중앙박물관 보존과학실 · 국립춘천박물관 보존과학실**

Glass and Slag Analysis Exacavated from Gangmun-dong Site, Gangneung

Hyung Tae Kang, Kyung Mi Jo* and Hyuk Nam Kwon

*National Museum of Korea and Chunchon National Museum of Korea**

I. 머리말

강릉 강문동 저습지 유적은 강문동교회 신축 예정부지로서 부지의 서쪽 경계지점부터 동쪽으로 A, B, C, D로 구획하고 A1, A2, A3 조사갱을 중심으로 확장하여 정밀조사를 실시하였다[1].

A3 조사갱 북서편에 지표하 1m 깊이인 IV-1층에서 조개무지가 발견되었는데 여기에서 철기시대 무문토기 구연부편, 타날문편, 패류, 동물뼈, 생선뼈, 새뼈, 옥, 씨앗류 등이 출토되었다. 이 IV층은 IV-1층(회갈색 모래, 회갈색 모래+패각층), IV-2층(흑회색 토탄층)로 나눌 수 있는데 IV-1층에서는 철기시대 무문토기편, 타날문토기편, 동물뼈, 구슬류, 씨앗류 등이 출토되었다.

강원도 내 유적에서는 최근까지 유리구슬이 발견된 예가 적어 연구된 보고서가 거의 없다. 유리구슬은 형태가 단순하여 고고학적으로도 연구하기 어려운 유물이다. 따라서 이에 대한 과학적 연구는 차후 강원문화권의 유리 제작 기술 및 유리 특성 연구에 중요한 기초 자료가 될 것이다.

고대유리의 주요 원료가 되는 산화물을 몇 가지를 분석하면 유리의 종류와 특성을 알 수 있다. 즉, 소다유리, 칼리유리, 납유리, 및 납-바륨유리 중 어느 계열의 속하면서 어떠한 배합 비를 갖는 지를 밝힐 수 있다. 그리고 유리의 색깔을 나타내는데 어떠한 착색제가 주요한 역할을 하는지를 알아낼 수 있다. 유리의 이러한 정보는 당시의 유리제작기술 및 사용 원료와 매우 밀접한 관련이 있다[3,4].

본 연구는 강릉시 강문동 저습지 유적에서 입수한 유리구슬 편의 분석결과를 정리한 것이다. 분석방법으로는 전자현미경분석을 수행하였으며 모두 10종의 산화물을 분석하였다. 유리시료를 분석하는 과정에서 한 개 시료는 성분조성 및 조직을 관찰한 결과 슬래그(slag) 임을 알게 되었는데 이에 대한 연구결과를 함께 기술코자 한다.

Ⅱ. 시료 및 분석

강릉시 강문동 저습지 유적 Ⅳ-1층에서 입수한 유리시료 4점과 슬래그 1점을 입수하였다(사진 1). 유리시료는 소형 구슬형태로서 깨진 편들이며 색깔은 적갈색, 남색, 녹색이었다.

유리의 성분분석에는 주사전자현미경(Hitachi S-3500N, Japan)과 에너지분산형분광기(Kevex Superdry Detector, USA)를 사용하였다. 가속전압 20 KeV, 분석시간 200sec, 분석면적은 60x60 μm^2 이었다. 1차 표준시료를 사용하여 표준파일(standard file)을 작성하였고 2차 표준시료를 사용하여 분석하였다. 2차 표준시료의 각각 다른 위치 10개소를 분석하고, 유리시료는 5개소를 분석하여 평균과 표준편차를 구하였다[5].

Ⅲ. 분석결과

1. 유리구슬의 성분조성

강문동 저습지유적 Ⅳ-1층에서 입수한 유리시료 4점의 성분조성을 Table 1에 나타내었다. 4점의 유리는 주성분으로서 SiO_2는 58~68% 정도이며 Na_2O 13~15%, CaO 2~3% 범위로 일정하게 제조된 소다-석회계통(Na_2O-CaO-SiO_2)의 유리임을 알 수 있다. 그밖에 MgO 2~3%, Al_2O_3 10~12%, CuO 2~3%, TiO_2 2%로서 거의 같은 농도범위를 나타내고 있는데 이는 동일한 원료를 사용하여 제조했을 것으로 판단된다.

유리의 제조에는 융제가 들어가기 마련인데 대부분 천연광물에서 얻기도 하고 초제류 또는 목재를 태운 재로부터 얻어진다[3,4]. 이때의 유리는 불안정하며 부식되기 쉬워 용해도를 감소시키기 위해 안정제로서 석회를 첨가하는데 대부분 자연적으로 첨가된다. 강문동 유리 구슬의 융제로서 Na_2O는 약 14~15% 정도이며, 안정제로서 CaO 및 MgO는 각각 3% 정도를 나타내었다.

강문동 유리구슬의 색깔을 성분 함량과 연결해서 고려해 볼 수 있다. 유리에서 Cu는 이온상태에 따라 다른 색깔을 내는데 Cu^{2+} 경우 남색, 녹색을 띄고 Cu^{+}는 적색,

흑색을 띈다[3]. 강문동 저습지유적의 유리 4점에는 Cu의 함량이 모두 2% 이상 높아 유리에 나타난 여러 가지 색깔은 구리의 이온상태 뿐 아니라 불순물로 유래한 미량성분이 착색제로 작용한 결과로 판단된다.

Table 1. 강문동 저습지 유적(IV-1층) 출토 유리구슬의 성분조성(단위 %)

번호	종류	색깔	SiO_2	Na_2O	CaO	K_2O	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CuO	SO_3	Total
1	구슬	적갈색	68.3	13.1	2.74	0.64	3.42	6.74	0.37	2.10	3.02	0.19	100.7
2	구슬	남색	63.0	14.7	2.46	0.94	2.70	11.2	0.33	2.10	2.28	0.20	99.9
3	구슬	적갈색	62.7	14.5	2.88	0.84	2.82	10.9	0.32	1.87	2.67	0.18	99.7
4	구슬	청녹색	58.8	15.4	3.27	0.87	2.87	12.9	0.39	2.10	2.34	0.19	99.1

2. 슬래그

처음에는 형태로 보아 유리구슬인 것으로 생각되었으나 성분분석 결과 다량의 철 성분을 60%정도 함유하고 있으며 그 분석 데이터를 Table 2에 나타내었다. 또한 시편에 대한 미세구조를 사진 3에서 볼 수 있으며 부분적인 EDS분석을 실시하였다. 이 시편은 4.5mm의 작은 알갱이로 표면이 매끄럽고 자성은 띄지 않고 있으며 다른 유리와 달리 끈으로 연결할 수 있는 구멍이 없다. 미세구조를 관찰한 결과 회색을 띄는 다량의 fayalite(b)가 수지상으로 성장하여 있으며 그 사이에 밝은 빛깔의 wüstite(a)가 형성되어 있고 진한 회색은 유리질이다. 이러한 조직은 대체로 제련온도가 높지 않은 고대의 철 제련 과정에서 생성되며 1200℃ 내외에서 fayalite가 형성되면서 나타나기 쉽다.

Table 2. 강문동 저습지 유적(IV-1층) 출토 슬래그의 성분조성(단위 %)

번호	종류	색깔	SiO_2	Na_2O	CaO	K_2O	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CuO	SO_3	Total
5	슬래그	흑갈색	24.77	1.12	1.55	0.56	2.83	6.35	60.12	-	-	0.25	97.6

그런데 이 알갱이가 왜 유리와 같이 출토되었는지가 문제가 된다. 먼저 제련 과정에서 생성된 슬래그가 유리와 섞여 발굴된 것으로 생각할 수 있고, 두 번째는 제련하면서 생성된 슬래그가 유리처럼 표면이 매끄럽고 작아 유리와 같이 쓰였을 수 있으며, 세 번째는 의도적으로 어두운 빛깔을 얻고자 소규모로 제작한 것으로 볼 수 있다.

그러나 주변에 철기 제작과 관련된 유물이나 유구가 출토되지 않아 유리와 같이 장식용으로 사용된 것은 확실하나 시료가 단 한 점에 불과하고 내부에 구멍이 없는 등 자료가 충분하지 못하여 정확한 용도와 제작에 관하여 규정할 수 없다.

IV. 맺음말

강릉 강문동 저습지 유적은 강문동교회 신축 예정부지로서 강릉대학교 박물관에서 발굴조사를 실시하였다. IV-1층에서 작은 유리구슬 4점과 슬래그 1점이 출토되었으며 이에 대한 과학분석을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 유리구슬 4점은 모두 소다 13~15%, 칼슘 2~3% 정도를 함유한 소다-석회계통(Na_2O-CaO-SiO_2)유리임을 알았다. 또한 성분조성으로 보아 구리(CuO)의 함량이 2~3%로 높아서 착색제로 사용됐을 것으로 생각되나 불순물로 유래한 미량성분이 착색제로 함께 작용하여 유리구슬의 색깔을 냈을 것으로 판단된다.
2. 슬래그는 철 성분을 60%정도 함유하고 있었으며 미세구조를 살펴본 결과 회색을 띄는 Fayalite가 수지 상으로 성장하고 있으며 그 사이에 wüstite가 형성되어 있었다. 이러한 조직은 대체로 철 제련과정에서 생성된다.
3. 유리구슬과 함께 이 슬래그가 왜 출토되었는지에 대하여는 여러 방면으로 생각할 수 있으나 주변에 철기와 관련된 유물 및 유구가 발견되지 않아 정확한 용도나 제작에 관해서는 차후의 연구과제로 남겨둔다.

참 고 문 헌

1. 강릉대학교, 1999, <강릉시 강문동 134번지 교회신축부지 발굴조사 약보고>.
2. 강형태, 정광용 <강릉 강문동유적의 절대연대측정>, (미발표)
3. Zvigoffer, 1980, <<Archaeological Chemistry>>, 136-166, John Wiley & Sons.
4. S. Bowman, 1991, <<Science and the Past>>, 37-56, British Museum Press.
5. 조경미, 유혜선, 강형태, 1999. 9, <황남대총 98호분 출토 유리의 과학적 분석>, <<박물관 보존과학>> 창간호, 61-74, 국립중앙박물관.

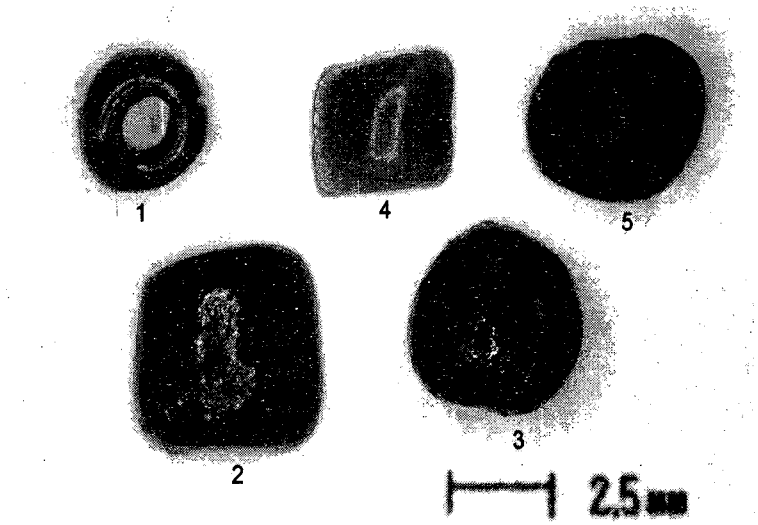
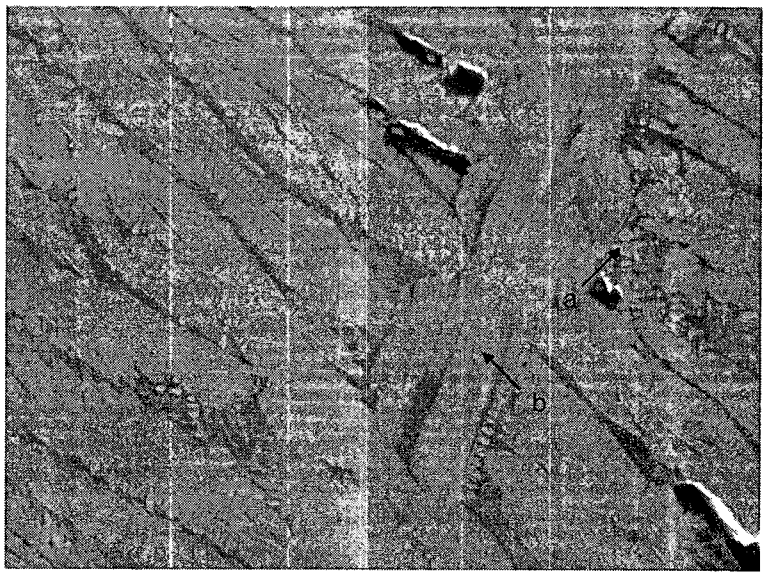


사진 1. 강문동 저습지유적 출토 유리구슬(1~4) 및 슬래그(5)



시편 #5의 미세구조(×1000), a 및 b 부분

사진 2. 슬래그의 전자현미경 사진