

청주 운천동 출토 동종(보물 제1167호)의 성분조성과 납동위원소비

강형태, 김현정, 황진주

국립중앙박물관, 국립청주박물관, 국립문화재연구소

Scientific Analysis for Uncheon-dong Buddhist Bell(National Treasure no. 1167) in the Cheongju National Museum

Hyung tae Kang, Hyun jung Kim and Jin ju Hwang

National Museum of Korea, youngsan-dong 6ga youngsan-gu Seoul 140-026, Korea

Cheongju National Museum, 87 Myongam-dong, Cheongju

Chungcheongbuk-do, 360-191, Korea

National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 305-380, Korea

1. 머리말

청주 운천동 출토 동종은 통일신라시대에 완성되었으며 종체의 규모에 있어서나 예술적으로도 탁월한 걸작품으로서 보물 제1167호로 지정된 우리나라 청동문화의 정수 중 하나이다(사진 1).

운천동 동종의 과학적 연구를 위해서는 우선 동종의 크기(높이 761mm, 종구 482mm)를 감안할 때 위치에 따른 과학적 조사를 수행하는 것이 중요하다. 동종의 주조 시에 위치에 따른 성분의 편석 경향성과 이에 따른 주조 온도 및 조직의 변화 등을 고려해야 하기 때문이다. 따라서 동종의 위치별 성분 조성 데이터를 기초로 금속 조직을 관찰하고 주조 시 상변화 및 냉각속도 등을 판단하는 종합적 연구가 요구된다. 그밖에 미량성분은 불순물로서 원료에서 유래된 것이므로 원료물질의 정련정도를 검토할 수 있으며 이의 함량분포는 향후 한국 청동종의 분류 및 산지 연구에 중요한 역할을 할 것이다. 또한 청동기에 포함된 납의 함량으로부터 원료의 산지를 밝힐 수 있는 방법으로 납동위원소비 분석이 있다. 이 동위원소비는 운천동 동종의 주조를 위해 사용한 납에 그대로 유지되어 있어서 방연석의 고유한 납동위원소비와 비교하면 어느 지역의 원료를 사용했는지를 밝혀 낼 수 있다.

본 연구는 국립청주박물관에서 운천동 출토 동종에 대한 보존처리 중에 조사된 자료로서 내부에서 채취한 세 부위의 분석결과를 정리한 것이다. 운천동 동종을 제작하기 위한 원료의 배합비, 원료의 산지 등에 중점을 두고 조사한 결과이다.

2. 자료 및 분석법

2005년 국립청주박물관에서는 운천동 동종의 보존처리 과정에서 종구로부터 2cm, 27cm, 45cm 내부 3지점의 시료를 채취하여(사진1) ICP로 10종의 주성분과 미량성분을 분석하였고 TIMS를 사용하여 납동위원소비를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 성분조성 ; 동종의 ICP 분석결과를 표 1에 나타내었다. 표에서 세 지점의 분석한 결과를 보면 값의 차이가 거의 없이 균일하며 세 지점의 값을 평균하면 Cu 82.2%, Sn 12.8%, Pb 1.80% 임을 알 수 있다. 그런데 As의 함량이 1.44% 정도로 나타나 있어 동종 제작을 위해 의도적으로 첨가한 것으로 판단된다. As를 첨가한다는 것은 동종의 강도를 높이기 위한 것인데 현재까지 분석한 한국 종에서는 이처럼 높은 As 함량을 찾아볼 수 없었다. 그밖에 6종의 미량성분들은 함량이 매우 낮아 정련이 잘된 고 순도의 광석을 사용한 것으로 판단된다.

표 1. 운천동 동종의 ICP 분석 결과

원소 시료	시료위치 (cm)	Cu	Sn	Pb	As	Ag	Fe	Zn	Ni	Co	Sb	total
1	하(2)	83.4	12.7	1.10	1.55	0.40	0.10	0.07	0.05	0.02	tr	99.4
2	중(27)	82.6	12.2	1.86	1.22	0.33	0.12	0.05	0.03	0.02	tr	98.5
3	상(45)	80.7	13.6	2.44	1.55	0.26	0.12	0.06	0.04	0.02	tr	98.8

2) 납동위원소비 ; 산지추정을 위해 도식 A($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 와 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) 및 도식 B($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 와 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)를 축으로 한 그림을 사용하였다. 여기에서 보는 바와 같이 한국, 중국, 일본의 방연석의 영역이 잘 나타나 있어 청동기의 산지 분류에 유용하게 사용되고 있다. 그 결과 운천동 동종 시료 3점은 한국남부 방향에 떨어지나 지역 범위를 크게 벗어나 있어 산지를 추정하기 어렵다. 선형판별식분석법(SLDA)으로 3점의

표 2. 운천동 동종의 종구에서 시료의 위치 및 납동위원소비 분석 결과

시료 번호	시료위치 (cm)	납동위원소비					판별점수	
		206/204	207/204	208/204	207/206	208/206	DS ₁	DS ₂
1	하(2)	21.478	16.162	39.955	0.7525	1.8602	-5.334	2.767
2	중(27)	21.497	16.194	40.065	0.7533	1.8637	-5.238	2.851
3	상(45)	21.479	16.179	40.020	0.7533	1.8632	-5.259	2.805

판별점수를 구해서 표 2에 함께 나타내었다. 표 2의 판별점수(DS₁, DS₂)를 사용하여

그림에 나타낸 결과 한국 남부에서 멀리 떨어져 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 위의 동종시료 3점의 납동위원소비를 사용하여 나타낸 그림을 보면 산지를 추정하기 힘들지만 조밀하게 뭉쳐있어 동일 산지의 광석을 사용한 것으로 판단된다. 이러한 결과는 향후 한국의 다른 방연석 산지의 독특한 납동위원소비와 관련이 있을 가능성과 외국으로부터 광석의 유입 가능성을 고려하여 연구해야 할 과제로 판단된다.

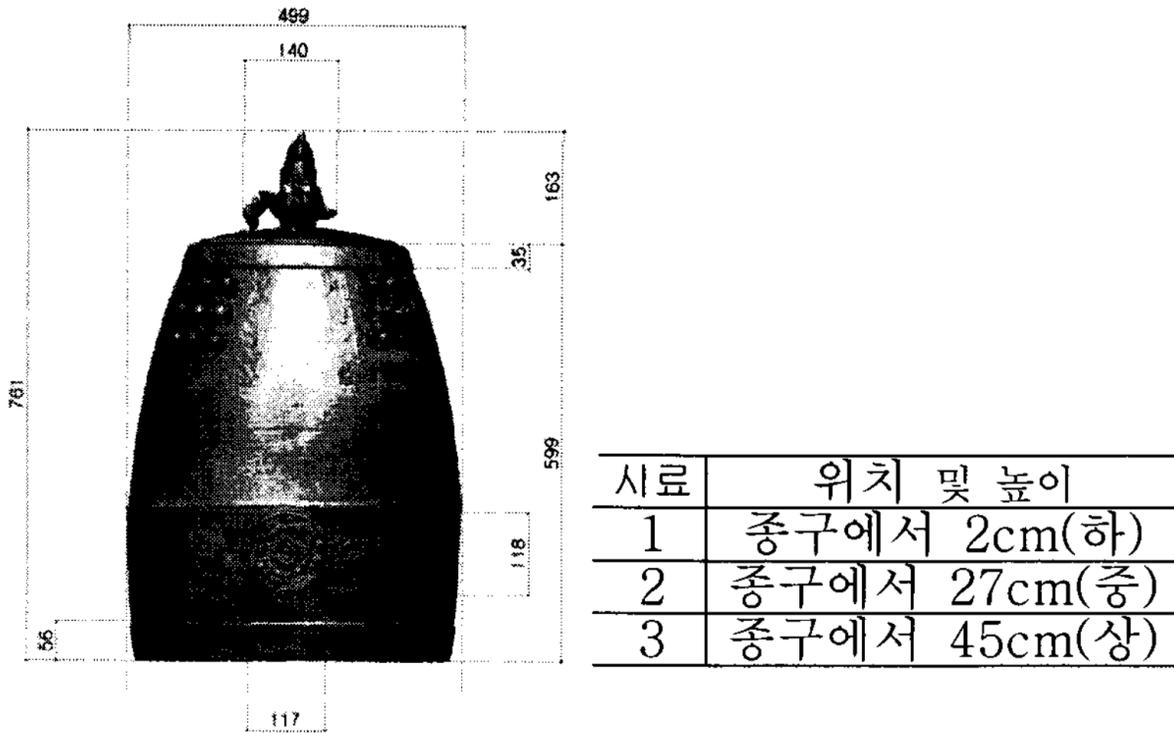


사진 1. 청주 운천동 동종의 도면사진 및 분석 시료의 위치