

# 백제지역 출토 동경과 동종의 과학적 조사

허일권 · 조남철 · 강형태  
국립중앙박물관 보존과학실

## Scientific Analysis of Bronze mirror and Bronze bell Excavated from Baekje Region

Il-kwon Huh, Nam-chul Cho and Hyung-tae Kang  
*Conservation Science Lab., The National Museum of Korea*

### I. 서론

미륵사지는 백제시대 창건되어 16세기경 까지 존속되었던 사찰로서 백제 말경의 초창기 건물터를 비롯하여, 통일신라시대, 고려시대, 조선시대 등 여러 시대에 걸친 건물터가 확인되었다. 또한 이들 건물터에는 청동기유물을 비롯하여 다양한 재질의 유물이 출토되었다. 그러므로 본 유적지에서 출토되는 유물들은 각 시대별 특징을 알아볼 수 있는 귀중한 자료이며 또한 과학적 조사를 통하여 미륵사지에서 출토된 유물의 시대별 제작기법을 알아볼 수 있는 귀중한 자료가 될 것이다. 본 연구는 미륵사지에서 출토된 동경과 동종의 성분 및 미세조직을 관찰하여 제작기법 추정하고자 하였다.

### II. 분석 방법

#### 1) 성분분석

유도결합플라즈마발광분석기(Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry : ICP, Seico, Japan)를 사용하여 10개(Cu, Sn, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, As, Sb, Fe)의 성분원소를 분석하였다. 시료는 전처리 후 수 시간 내에 분석하였으며, 각 시료를 5회 분석하여 최대, 최소값을 제외한 3개 값을 평균하여 정량하였고, 표준샘플(UE13-1 및 UE52-2, : Center Technique des Industries de la Fonderie, 프랑스)을 동시에 측정하여 그 값으로 보정하였다.

## 2) 미세조직 관찰

시료가 작아 에폭시 수지로 마운팅 한 후 사포의 조밀 순서에 따라 #300, 500, 1000, 1200, 2400, 4000의 순서대로 연마한 후 물로 세척하였다. 그리고 끝마무리 연마는 연마포(MD-MOL, MD-NAP, Struers)에 연마제(DP-suspension 3 $\mu$ m, 1 $\mu$ m, OP-U, Struers)를 뿌리면서 시료에 스크레치가 없을 때까지 연마하였다.

연마가 끝난 시편은 부식액(FeCl<sub>3</sub>+HCl+Ethyl Alcohol)을 이용하여 시편을 부식시켰으며 부식된 시편은 금속현미경(Metallurgical Microscope, OLYMPUS PMG3, JAPAN)을 사용하여 조직을 관찰하였다.

## III. 분석결과

### 1) 성분분석

미륵사지 출토 동경과 동종의 성분분석결과는 표 1과 같다.

동경편의 경우 구리가 75.3% 주석이 21.6%, 납이 0.54%로 검출되었다. 본 동경의 경우 주석이 21.6%로 다량 첨가한 것으로 보아 대체로 외력에 의한 변형을 막고, 거울로 볼 수 있는 거울면의 반사 성능을 높이기 위해 주석을 다량 첨가한 것으로 본다. 또한 동경의 제작 시 주조할 때 유동성을 좋게 하고 뒷면의 무늬가 잘 나타나도록 하기 위하여 Pb을 소량 첨가하나 본 동경의 경우는 납을 거의 첨가하지 않고 구리와 주석으로 합금하여 동경을 제작한 것으로 보인다.

동종편의 경우 구리가 73.4% 주석이 12.2% 납이 15.5%로 나타났다. 동종의 경우 특유의 맑고 은은한 소리를 내고 적당한 강도와 경도, 연성을 지니기 위해서는 주석 함량은 12-18%가 적당하다. 본 동종의 경우도 주석의 함량은 일반 동종에서 보이는 조성과 유사하나 납의 함량은 다른 동종들에 비하여 상당히 높은 것을 볼 수 있다. 종 제작 시 납을 다량 첨가하면 주조성은 좋아지나, 종의 강도를 떨어뜨리고, 문양을 좋게 하지만 합금에서 편석 되기 쉬우며 소리를 둔화시키는 작용을 하므로 억제하는 것이 일반적이다. 그러나 본 동종의 경우는 15.5%로 높게 나타나므로 이는 동종을 제작 시 납을 의도적으로 다량 첨가한 것으로 보인다.

번호	유물명	Cu	Sn	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Sb	Fe	As	Total
1	동경편 (파수6273)	75.3	21.6	0.54	0.02	0.58	0.15	0.05	0.50	0.41	0.00	99.2
2	동종편 (4284)	73.4	12.2	15.5	0.01	0.09	0.03	0.01	0.14	0.11	0.29	101.8

표 1. 동경편과 동종편의 화학 조성

## 2) 미세조직 관찰

그림 1은 동경편의 미세조직을 보여주고 있다. 입자들은  $\alpha$ 상들로 이루어져 있고 기지는 마르텐사이트 조직에서 보이는 침상인  $\beta$ 상들을 관찰할 수 있다. 침상구조의  $\beta$ 상은 급냉 시 나타나는 구조이므로 이는 동경 제작 시 급냉 했음을 알 수 있다.

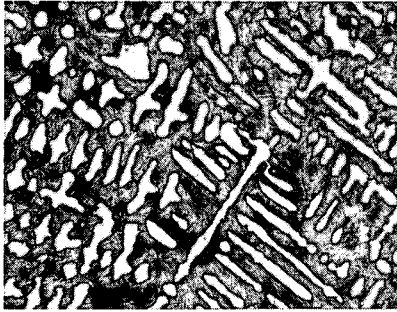


그림 1. 동경편의 미세조직(200×)

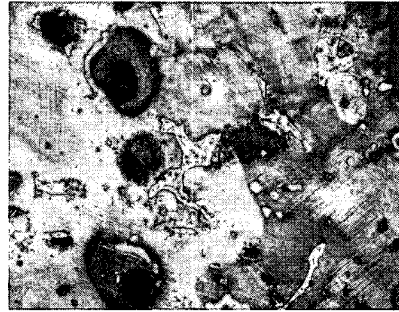


그림 2. 동중편의 미세조직(200×)

그림 2는 동중편 미세조직을 보여주고 있다. 주조 시 서냉 되어 수지상 조직이 아닌 입자가 큰 균질한  $\alpha$ 상들로 이루어져 있으며,  $\alpha$ 상 사이에는 ( $\alpha+\delta$ ) 공석상이 보인다. 또한 본 동중편의 경우 납의 함량이 상당히 높은 것으로 보아 검은 입자부분은 납 편석물이나 또는 납 편석물이 떨어져 생성된 hole로 생각되어진다. 일부 미세하게 납 편석물 이외의 편석물들도 관찰된다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 전라북도 익산시 미륵사에서 출토된 동경과 동중의 성분조성과 미세조직을 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

동경편의 성분분석 결과 구리가 75.3%, 주석이 21.6%, 납이 0.54%로 검출되었다. 특히 본 동경은 제작 시 납을 거의 첨가하지 않고 구리와 주석의 합금으로만 제작한 것으로 보인다. 또한 동경편의 미세조직을 관찰한 결과 입자들은  $\alpha$ 상들로 이루어져 있고 기지는 마르텐사이트 조직에서 보이는 침상인  $\beta$ 상들을 관찰할 수 있었다.

동중편의 성분분석 결과 구리가 73.4%, 주석이 12.2%, 납이 15.5%로 나타났다. 본 동중의 경우 납의 함량이 15.5%로 높게 나타나므로 이는 동중을 제작 시 납을 의도적으로 다량 첨가한 것으로 보인다. 또한 동중편의 미세조직을 관찰한 결과 주조 시 서

냉 되어 수지상 조직이 아닌 입자가 큰 균질한  $\alpha$ 상들로 이루어져 있으며,  $\alpha$ 상 사이에는  $(\alpha+\delta)$  공석상이 관찰되었다.

#### 참고 문헌

1. David A. Scott, Metallography and microstructure of ancient and historic metals, The Getty conservation institute, The J. Paul Getty Museum, 1991.
2. 염영하, 한국전통기술의 국제화에 관한 연구 -청동기 분야-, 한국과학재단, 1995.
3. 염영하, 한국의 종, 서울대학교출판부, 1991.
4. 이난영, 한국의 동경, 한국정신문화연구원, 1990.
5. 정광용, 미륵사지 출토 청동유물의 금속학적 연구, 한양대학교 석사학위 논문, 1992.
6. 정영동 · 박장식, 경주분황사지 출토 청동기에 나타난 기술변천에 관한 연구, 대한금속 · 재료학회지, 2005.
7. 황진주 · 조남철 · 이명희 · 강대일, 기증 고려범종의 금속학적 고찰, 고려범종, 국립문화재연구소, 2000.