

# 경주 왕경지구 금동제풍탁(金銅製風鐸)의 성분조성과 납동위원소비

정영동·강형태\*

국립경주문화재연구소 · 국립중앙박물관 보존과학실\*

## Chemical Composition and Lead Isotope Ratio of Small Gilt Bronze Bell from Wanggyung Site, Gyeongju

Young Dong Chung and Hyung Tae Kang\*

*Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage  
Conservation Science Laboratory, National Museum of Korea\**

### I. 머리말

신라 왕경지역은 행정구역상 경상북도 경주시 구황동 355-4번지 일대에 위치하며 황룡사지 동남편 외곽에 해당한다. 발굴조사는 편의상 황룡사 금당지 중앙대좌에서 남쪽으로 23.5m 거리에 위치한 지점을 좌표의 기준으로 삼아 구역이 설정되었다. 이 구역에서 남북향 및 동서향의 도로가 발견되었는데 거의 평면정방형을 띠고 있으며, 안쪽으로 대형과 중형의 배수로가 도로와 평행하게 조성되어 배수기능이 있음을 확인하였다. 동쪽 외곽에는 남북도로가 위치하고 있는데 도로 폭은 대략 5.5m를 유지하고 있으며 도로에서 토기, 토제품, 석제품, 완전 및 금속제품 등 36점이 발견되었다.

본 연구는 동편 남북도로에서 발견된 금속제품 중 금동제풍탁을 중심으로 과학적 분석을 수행한 결과를 정리한 것이다. 풍탁은 작지만 신라시대 중의 형태 및 구조를 갖추고 있어 대형 청동종의 축소판으로 볼 수 있다. 따라서 풍탁의 과학적 연구는 신라시대 청동종의 기원과 구조를 이해하는데 기초 자료가 될 것이다.

본 연구에서는 금동제풍탁의 성분조성, 미세조직 및 납동위원소비를 분석하여 풍탁을 주조하기 위한 합금 성분의 배합비 및 원료의 산지를 추정하였다. 이러한 결과는 향후 신라종의 제작기술과 그 기원을 연구하는데 기초 자료가 되리라 판단된다. 성분조성은 유도결합플라즈마분광분석법(ICP)을 사용하여 10종의 성분함량을 결정하였고

납동위원소비(Lead Isotope Ratio)는 열이온화질량분석법(TIMs)을 채용하였다.

## II. 금동퐁탁

금동퐁탁(Photo. 1)이 발견된 지점은 왕경지구 동편 남북도로(S130E280-1지점)의 지표하 30cm 암갈색점질토층이다. 상단에 방울을 끼웠던 것으로 보이는 구멍이 보이며 동제품에 금박을 얇게 입혔다(높이 5.1cm, 폭 3.5cm, 두께 0.25cm, 중량 56.92g)

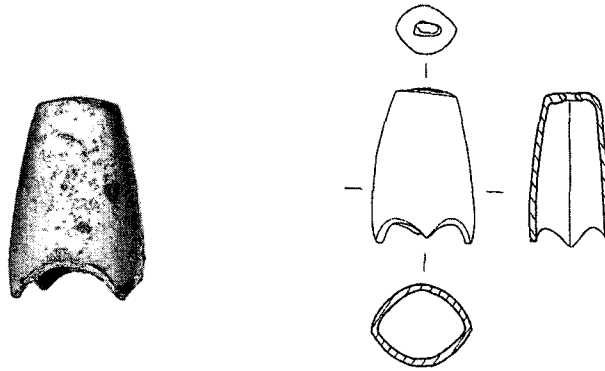


Photo 1. 퐁탁의 보존처리 후 모습 및 실측도

## III. 분석결과

### 1. 성분조성

유도결합플라즈마분광분석법(ICP)을 사용하여 10종의 성분함량을 결정하였으며 그 분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 Cu와 Sn의 합금으로 그 비율은 92 : 4 정도임을 알 수 있다.

Table 22. ICP에 의한 경주 왕경지구 퐁탁의 성분조성(%)

| No.  | Cu   | Sn  | Pb | Zn | Fe | Ag   | Ni   | As | Sb | Co | Total |
|------|------|-----|----|----|----|------|------|----|----|----|-------|
| 금동퐁탁 | 91.8 | 4.3 | tr | tr | tr | 0.18 | 0.06 | tr | tr | tr | 96.7  |

## 2. 미세조직

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 스크래치가 없을 때까지 연마하였다.

연마가 끝난 시편은 부식액(FeCl<sub>3</sub>+HCl+Ethyl Alcohol)을 이용하여 시편을 부식시켰으며, 풍탁의 경우는 암모늄을 이용한 부식액(NH<sub>4</sub>OH+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+Distilled water)을 사용하였다. 부식된 시편은 금속현미경(Metallurgical Microscope, OLYMPUS PMG3, JAPAN)를 사용하여 조직을 관찰하였다.

주조조직에서 보이는 수지상(dendrite) 조직이 잘 발달하였으며, 불균질한  $\alpha$ 상으로 이루어져 있다.

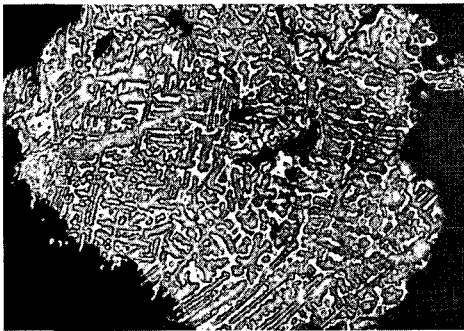


Photo. 2A 풍탁의 미세구조(100X)

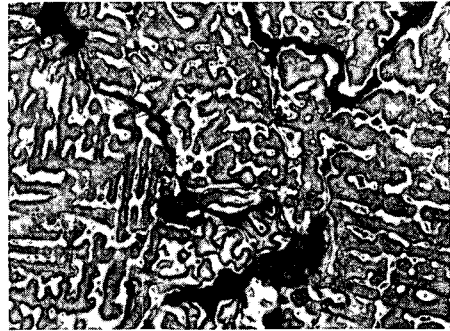


Photo. 2B 풍탁의 미세구조(200X)

## 3. 납동위원소비

금동풍탁의 성분조성에서 납은 미량으로 존재한다. 대부분 납의 함량이 2% 이상이면 의도적으로 첨가한 것으로 보고 있는데 풍탁은 납 함량이 1% 이하로서 미량으로 존재한다. 따라서 풍탁의 납은 광석(구리 또는 주석)에서 불순물로 함유된 것이므로 이때의 납동위원소비는 광석의 산지와 관련 있다는 것을 의미한다. 풍탁의 납동위원소비 분석 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. 경주 왕경지구 풍탁의 납동위원소비 및 판별점수

| 명칭   | 출토위치  | 납동위원소비  |         |         |         |         | 판별점수            |                 |
|------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|-----------------|
|      |       | 206/204 | 207/204 | 208/204 | 207/206 | 208/206 | DS <sub>1</sub> | DS <sub>2</sub> |
| 금동풍탁 | 경주 왕경 | 19.416  | 16.040  | 39.783  | 0.8260  | 2.049   | -1.077          | 1.469           |

산지추정을 위해 도식-A( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ), 도식-B( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ) 및 판별식분석(SLDA)을 수행하였다. 풍탁은 한국남부 지역 방연석에 속한다는 것을 알 수 있으며 세 방법에 의한 산지추정 결과는 모두 일치하였다.

#### 참고문헌

1. \_\_\_\_\_, 신라왕경 발굴조사보고서 I(본문), 학술연구총서 32, 국립경주문화재연구소, 2002 12.
2. H.T. Kang et al., Chemical Compositions and Lead Isotope Ratios of Joseon Coins in Korea, 295~302, *Proceeding of BUMA V*, (2002)
3. G. Fanre, *Principles of Isotope Geology* 2nd Ed., 309~334, (1977)
4. R. H. Brill, I. L. Barnes and B. Adams, *Recent Advance in Science and Technology of Materials*, 3, 9 (1974)
5. 平尾良光, 考古學でのアイントープの利用, *RADIOISOTOPES*,
6. 馬淵久夫, 平尾良光, *考古學雜誌*, 73(2), 199~245 (1987)
7. 平尾良光, "古代日本の青銅器の原産地を訪ねて", *計測と制御*, 28~48(1989)