

부여 쌍북리 출토 금동보살입상의 정량분석을 통한 도가니와의 관계 및 제작기법 해석

이찬희* · 박진영** · 박대순***

*공주대학교 문화재보존과학과, **충청남도역사문화원 보존과학실,

*** (재)충청문화재연구원

Interpretation of Making Techniques and Relationship Between
Crucibles Based on Quantitative Analysis of Gilt Bronze
Bodhisattva from the Ssangbukri Remains, Buyeo, Korea

Chan Hee Lee*, Jin Young Park**, Dae Soon Park***

*Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University,
Kongju, 314-701, Korea

**Division of Conservation Sciences, Chungnam Institute of History and Culture,
Kongju, 314-140, Korea

***Chungcheong Cultural Properties Research Institute, Kongju, 314-923, Korea

1. 서 언

부여 쌍북리 유적의 건물지에서는 다량의 도가니가 출토되어 이 유구의 성격이 공방지로 규명된 바 있으며, 유적 내에서의 공예품 가공 및 제작기술 연구의 필요성이 제기되었다. 따라서 이 연구를 위해 쌍북리 유적 출토 백제시대 금동보살입상의 재질 특성과 화학조성을 정량 분석하였다. 또한 청동용융 도가니의 내부 용융물질을 대상으로 동일 분석기법을 적용하여 금동보살입상과의 재료학적 상관관계를 규명하였다. 이 분석결과를 종합하여 유물의 제작환경 및 원료의 산지를 해석하였다.

금동보살입상은 원형을 훼손하지 않는 범위에서 파손된 목과 대좌를 중심으로 미량의 금속층을 분리하였으며, 도가니 내부에서도 소량의 청동 용융물질을 채취하였다 (그림 1). 분리된 시료를 대상으로 정밀기재, 대자율 측정, 현미경 관찰, 주사전자현미경 관찰 및 분석(SEM-EDX), 전자현미분석(EPMA), X-선 회절분석(XRD), 열이온화 질량분석(TIMS) 등의 분석을 통해 재질특성과 화학조성을 정량적으로 규명하였다.

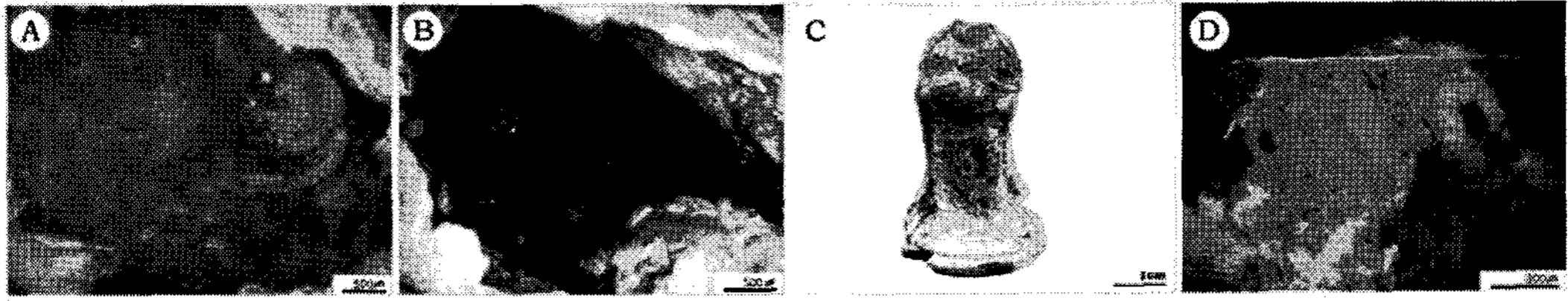


그림 1. 쌍북리 출토 유리질 물질과 금동보살입상의 산출상태. (A, B) 도가니에서 수습한 연녹색 및 적갈색 용융물질. (C) 금동보살입상. (D) 금동보살입상 소지의 내부조직.

2. 고찰 및 결론

현미경 관찰과 EPMA를 이용한 정량분석 결과, 쌍북리 유적에서 출토된 금동보살입상은 주조된 청동소지의 외부에 고순도(98.36%)의 금성분을 아말감 기법을 이용해 도금한 유물로 확인되었다. 도금층의 두께는 약 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 내부의 소지금속은 구리의 함량이 높고 불순물의 함량이 낮은 청동으로 확인되었으며, 고도로 정련된 원료를 사용했던 것으로 판단된다.

부식물과 도금층에서는 공작석, 적동석, 진사, eugenite 등이 검출되었다. 공작석과 적동석은 도금층의 균열에서 발생한 청동의 대표적 부식산화물이다. 진사의 화학 조성은 HgS 로 수은의 원료물질이며, eugenite는 Au_5Hg 로 아말감 형태를 가진 물질이다. 이는 금동보살입상의 제작기법과 광물학적 변화를 해석할 수 있는 중요한 결과이다. 또한 도가니의 청동 용융물질은 Cu, Sn, Pb의 합금으로 구성되어 있다.

이들은 크게 고순도로 정련된 구리를 이용해 제작된 청동과, 합금 이전에 납과 주석의 정련단계에서 제작된 청동으로 분류하였다. 용융물질에서는 석석(cassiterite)이 검출되어 주석의 원료 형태가 확인되었다. 이들의 상관관계를 규명을 위해 실시한 납 동위원소 분석결과, 금동보살입상의 소지금속과 청동 용융물질은 비평형 상태의 동위원소 교환반응으로 인해 산지해석이 불가능한 상태로 나타났다. 이는 반복적 용융과정을 거치는 유물의 제작과정과 휘발성을 갖는 납의 특성이 반영된 것으로 보인다.

그러나 도가니 내부 청동 용융물질과 금동불 소지금속의 납 동위원소 조성이 매우 상이하게 나타남에 따라 분석된 도가니를 이용해 금동보살입상을 제작했을 가능성은 낮을 것으로 보인다. 이 유적에서 금공예 관련 유물은 확인되지 않았다. 그러나 도가니 내부의 청동과 마찬가지로 금동보살입상의 제작에도 고도의 청동 가공술이 적용되었음을 감안할 때, 외부에서의 유입보다는 유적 내에서의 제작되었을 가능성이 높을 것으로 해석된다.