

扶餘 陵山里 出土 金銅龍鳳蓬萊山香爐의 科學的 分析

文化財研究所 保存科學研究室*

**Scientific Analysis of Paekche Gilt-bronze Pongnea-San
Incense Burner from Nungsan-ni site in Puyŏ**

Conservation Science Dept.

National Research Institute of Cultural Properties*

Conservation Science Dept. National Research Institute of Cultural Properties,

Seoul, 110-050, Korea

*姜大一, 韓成熙, 姜炯台, 安喜均, 黃振周, 林善基(Kang, Dea Ill, Sung Hee Han, Hyung Tae Kang, Hee Kyun Ahn, Jin Ju Hwang and Sun Ki Lim)

1. 서 론

백제는 우리 민족에 있어 다른 어느 시대 못지 않게 찬란한 문화의 꽃을 피웠으며, 세련되고 우아한 아름다운 문화는 신라와 고대일본문화에 적지 않은 영향을 주었다. 백제는 수도의 이름을 따라 한성시대, 웅진시대, 사비시대의 3시기로 구분하는데, 백제의 찬란한 문화가 가장 화려하게 꽃피워졌고 완숙한 경지에 이른 시기가 바로 사비시대이다. 이번에 금동용봉래산향로가 출토되었던 부여는 백제의 마지막 수도가 정해진 곳으로서 백제문화의 절정기를 이루었으며, 특히 이 시대의 문화는 유연하고도 넉넉함을 보여주기도 하며, 각종 금속공예품에서도 뛰어난 조형감각을 유지하여 보는이로 하여금 화사하고 풍요로움을 느끼게 해준다. 특히 지난 71년 공주 무녕왕릉고분 발굴 이후 최대의 발굴성과로, 백제미술의 우수성을 다시 한번 인지할 수 있는 계기가 되었던 부여 능산리에서 출토된 금동용봉래산향로의 발견은 유물의 형태나 무늬장식 그리고 제작기법이 놀랄만큼 매우 탁월하여 백제문화의 정수를 보여준다.

본고는 본 향로에 대하여 고대 백제의 금속 제조기술과 그 우수성을 밝히고자 최신의 과학분석장비를 응용하여 도금기법 및 야금법, 주조법 등을 분석한 내용이다.

2. 실험재료 및 실험방법

실험에 사용한 시료는 자연적으로 박락된 도금 부분의 파편과 향로내부 뚜껑부분에서 채취된 시료를 사용하여 유물에 손상을 주지않는 범위내에서 실시하였다.

본 향로시료의 검사에는 일반적으로 널리 이용

되는 광학 금속현미경(Metallurgical Microscope)을 사용하였는데 금속현미경검사는 금속 재료의 조직을 통하여 재료의 성질과 결합상태 및 그 원인을 조사하는데 필요 불가결하다. 우선 시료의 청동-금동피막 계면의 단면조직과 내부 소지 금속의 조직 및 부식되고 일부 남아있는 조직을 관찰하였다. 향로시료의 표면은 현미경으로 직접 관찰하였으며, 그 단면은 시료의 경면을 얻기 위하여 Epoxy계 합성수지로 마운팅(mounting)한 후에 그라인딩(grinding)과 연마(mechanical polishing)를 하였고, alcohol(순도99.99%)로 세척한 후 건조시켜서 ferric chloride($FeCl_3$ 5g, HCl 2ml, ethyl alcohol 96ml)에 의해 부식(etching)시켜 조사하였으며, 금속현미경에 부착된 상분석장치(Image Analysis system, Leica cambridge, Quantimet Q520)를 사용하여 도금두께 측정용 소프트웨어를 이용하여 시료의 도금피막층 두께를 측정하였다. 또한 향로의 조성성을 알기 위하여 향로내부 뚜껑 부분에서 채취된 시료에 대해서 원자흡광 분광분석법(PERKIN-ELMER 3030)으로 정량분석을 실시하였다. 그리고 금동향로의 도금부위에 포함되어 있는 수은(Hg)등의 원소성분을 확인하기 위하여 자연발생적으로 박락된 파편 9.8mg을 왕수(HCl 3ml, HNO_3 1ml)에 완전히 녹여 100ml가 되게 희석시켜 시료용액을 만든 후 표준용액을 제조하여 유도 결합형 플라즈마 원자발광 분광분석장치(ICP-AES; SEIKO, SPS 1500VR)로 정량분석을 실시하였다. 또한 시료에 대하여 금으로 도금된 표면의 미세구조와 상태를 주사전자현미경(Scanning Electron microscope: SEM, PHILIPS Model 515)을 사용하여 관찰하였으며, 부착된 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)를 사용하여 시료의 도금막 및 소지금속에 대한 정량

성분 분석을 실시하였다.

3. 실험결과

금동용봉봉래산향로의 소지부분을 원자흡수분광분석기를 이용하여 분석한 결과 전형적인 구리:주석(80:15)의 청동합금 조성으로서, 그 밖의 미량성분으로는 Pb(0.07%), Sb(0.22%), Ag(0.04%), Ni(0.04%), Co(0.02%), Fe(0.07%) 등이 검출되었다. 또한 금도금층의 분석결과 도금층 두께가 0.01mm로서 상당히 균일하고, 도금표면층은 금:구리(6:4)로 수은을 사용한 금-구리 아말감도금법을 사용하였음을 알 수 있었다.

4. 고찰

본 향로는 첨단 문화재 분석장비를 사용하여 본체(소지) 및 도금층에 대한 분석을 실시한 결과, 지금까지 비교적 잘 알려진 신라나 가야의 금동제품에서 흔히 사용되는 금-은 아말감도금법이 아닌 획기적이고 독특한 도금기법인 금-동 아말감

도금법이 사용되었음을 확인할 수 있었다. 이는 백제 미륵사지 출토 금동분석에서도 확인¹⁾된 바 있어, 백제만의 독특한 도금기법이 아닌가 사료된다. 또한, 도금층의 피복기술은 0.01mm로서 현재의 아말감도금기술로도 재현하기 어려운 매우 정교하고도 균일한 도금기술임을 확인할 수가 있었다.

이와같은 금-구리 아말감도금법 및 정교한 도금 피복 기술의 출현은 당시의 도금합금의 색상 및 경제성 또는 도금의 강도보완 등을 숙지한 백제 금공기술의 우수성을 나타낸 것으로서 당시 백제의 사상 및 공예기술을 종합적으로 보여주며, 절정기 내지는 완성기 백제문물의 찬란함을 보여주고 있다.

參考文獻

1. 강대일, 임선기: "백제 미륵사지 출토 금동유물의 도금분석", 한·일 보존과학 공동연구 발표요지, 문화재연구소, 100~110(1994)

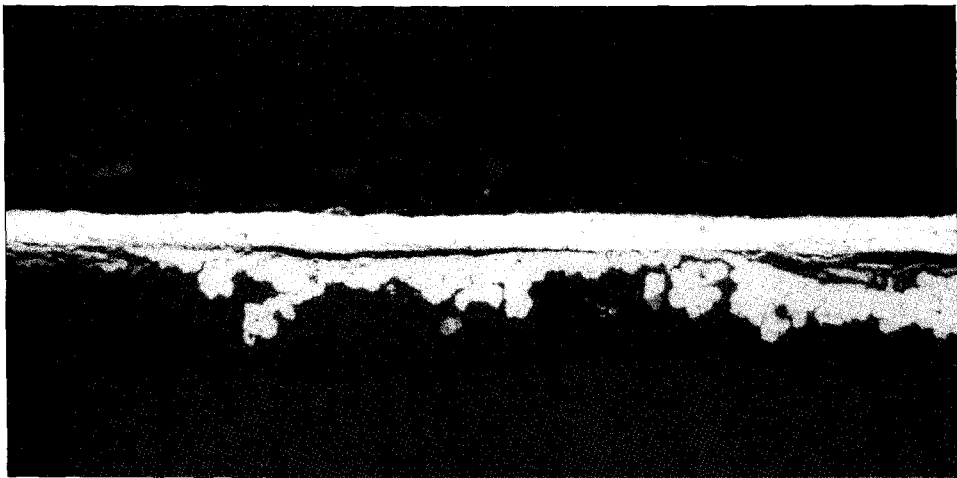


Photo 1. 금동용봉봉래산향로의 도금층 단면부위(×200)

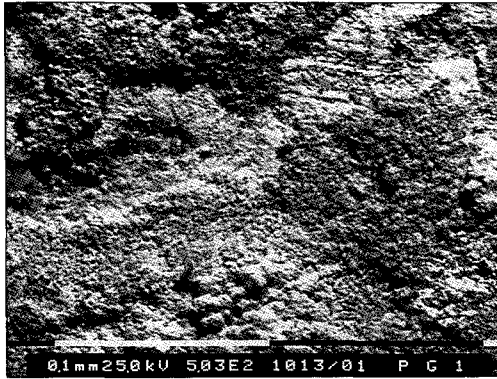


Photo 2. 전자현미경에 의한 도금 표면부위 관찰 (SEM-EDS)

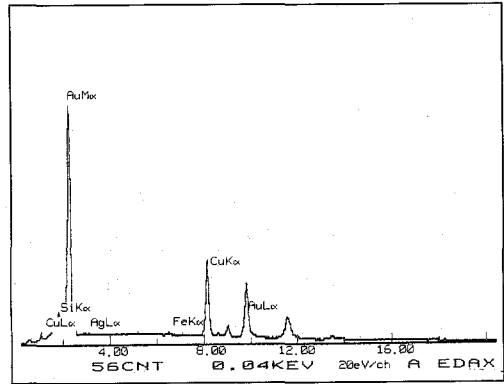


Fig. 1. 금동용봉봉래산향로 도금층의 성분분포도 (SEM-EDS)

Table 1. 금동용봉봉래산향로 본체(소지)부위의 A.A에 의한 정량분석 결과

원소(%) 분석기기	Cu	Pb	Sn	Sb	Ag	Ni	Co	Fe	비 고
A. A	81.5	0.07	14.3	0.22	0.04	0.04	0.02	0.07	시료량 mg

Table 2. 금동용봉봉래산향로 도금부위의 정량분석 결과

원소(%) 분석기기	Au	Cu	Ag	Hg	Fe	비 고
SEM-EDS	78.4	19.6	0.2	-	0.5	시료는 도금편 1개에 대한 분석 결과
ICP-AES	57.3	42.3	0.4	2.4	0.2	시료는 자연발생적으로 박락된 파편 9.8mg