

# 조선왕실 주조 금속활자 복원활자의 과학 분석

The Scientific Analysis of Movable Types Replicated from  
the Movable Metal Types Cast in the Joseon Period

윤 용 현(Yun, Yong-hyun)\*

## ◁ 목 차 ▷

- |         |                |
|---------|----------------|
| 1. 머리말  | 4. 시료 처리       |
| 2. 분석대상 | 5. 성분분석방법 및 결과 |
| 3. 분석방법 | 6. 맺음말         |

## < 초 록 >

이 글에서는 '조선왕실 주조 금속활자의 복원 주조 시 합금비율의 산정, 주조 방법의 기준 마련, 복원을 통한 조선시대 금속활자 합금 조성 제시에 그 목적이 있다. 금속활자 복원 합금비율은 국립중앙박물관 소장 임진자의 평균값인 구리80% : 주석 10% : 납 10%에 맞추었다. 임진자의 합금비율에 맞추기 위하여 구리 80% : 주석 15% : 납 15%로 110%의 비율을 정하였다. 이를 백분율로 하면 구리 72.8% : 주석 13.6% : 납 13.6%이다.

금속활자 주조는 제 1단계로 구리80% : 주석 15% : 납 15%로 모합금을 주조하였다. 제 2단계로 모합금을 녹여 금속활자를 주조하였으며, 2단계 금속활자 주조에서 생성된 가지쇠를 녹여 한글금속활자(석보상절)를 주조하였다. 위의 모합금과 복원된 금속활자를 습식 분해하여 ICP-AES(유도결합 플라즈마 방출분광분석기)법으로 성분분석하여 각 원소를 정량화 하였다. 먼저 모합금의 성분분석은 분석 값의 오차를 줄이기 위해 두 차례에 걸쳐 실시하였다. 모합금의 1·2차 성분분석에서 고른 값을 보이는 7점의 구리 성분의 평균값은 77.1%이다. 주조 2단계인 갑인자계열 금속활자 가운데 고른 값을 보이는 4점(구리 78~79%)의 평균값은 구리 78.8% : 주석 9.88% : 납 9.75%로 분석되었다. 이 번에 복원되는 조선왕실 주조 금속활자 성분비율로 정한 구리 80% : 주석 10% : 납 10%와 잘 맞는 결과로 사료된다.

이러한 결과는 조선시대에 주조한 금속활자의 원 합금비율을 밝히는데 크게 기여할 것으로 생각된다. 이상의 분석결과에 비추어 조선시대 임진자를 주조하기 위한 원 합금비율은 2가지로 가정할 수 있다. 첫째는 모합금을 사용하였을 경우는 구리 72.8% : 주석 13.6% : 납 13.6%로, 둘째는 직접 주조 하였을 경우는 77.0% : 주석 11.5% : 납 11.5%이다. 또한 국립중앙박물관 소장 임진자 가운데 성분비(구리)에서 큰 편차를 보이는 활자는 임진자의 1차 주조에서 생성된 가지쇠를 녹여 만든 활자일 것으로 사료된다.

\* 국립중앙과학관 과학기술사연구팀 연구관(yh-yun@hanmail.net)

접수일: 2007년 11월 21일 최초심사일: 2007년 11월 24일 심사완료일: 2007년 12월 20일

이러한 연구결과는 앞으로 조선시대에 주조한 금속활자를 비롯하여 청동으로 주조한 청동유물의 원 합금 비율을 밝히는데 한 기준이 될 것으로 기대 된다.

要語: ICP-AES(유도결합 플라즈마 방출분광분석기), 가지쇠, 갑인자, 금속활자, 모함금, 복원, 석보상절, 임진자, 주조, 한글금속활자, 합금

<ABSTRACT>

The purpose of this paper is to present the composition ratio of different metals in printing types cast in the Joseon Period, and prepare for the guidelines for casting, following the standard technique used in the Joseon Period, in order to replicate those metal types. The Imjinja in the collection of the National Museum of Korea, show the alloy ratio, on the average, which consist of 80% of copper , 10% of tin and 10% of lead. To produce an alloy of that ratio, 80% of copper, 15% of tin, and 15% of lead of the desired weight, respectively, are mixed. (That is, of the constituent metals, 72.8% is copper, 13.6% is tin and lead 13.6%).

Metal printing types are first cast using the pre-alloy of copper 80%, tin 15% and lead 15%. Any extra metal remaining inside the mold after removing types was recovered and re-used. This metal, known as 'Gajisoi' was re-melted and used to cast printing types known as 'Seokbosangjeol'.

The constituents of pre-alloys and replica metal printing types were analyzed by ICP-AES. The quantitative analysis of the pre-alloy was performed twice to reduce errors. The average of copper ingredient from seven well-made pieces was measured to be 77.1%. The average ratio of alloy from four well-made pieces was measured to as copper 78.8%, tin 9.88% and lead 9.75%. The result is very similar to the ratio of the original Joseon Imjinja metal printing types, which were measured as copper 80%, tin 10% and lead 10%.

This fact seems to contribute to figuring out the original alloy ratios of Joseon metal printing types. To cast Joseon Imjinja, two different ratios could be assumed: First, when pre-alloy is used, the ratio could be copper 72.8%, tin 13.6% and lead 13.6%. Second, when types are directly cast, the ratio could be copper 77.0%, tin 11.5%, and lead 11.5%. Futhermore, some of Imjinja metal printing types in the collection of the National Museum of Korea which show quite different alloy ratios are considered to be made of 'Gajisoi' left over from the first step of casting.

The results of this research is expected to help identify further not only the alloy ratios of metal printing types made in the Joseon Period but also other historical bronze relics.

Key words: ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer), Gajisoi, Gabinja, Metal printing types, Pre-alloy, Restoration, 'Seokbosangjeol,' Imjinja, Casting, Hangeul metal printing types, Alloy

## 1. 머리말

올해 학술연구용역사업으로 ‘2007 조선왕실 주조 금속활자 복원’이 수행되고 있다.<sup>1)</sup>

이 학술연구용역의 연구범위는

첫째, 조선왕실 주조 금속활자(官鑄活字) 가운데 <甲寅字; 1434> 계열의 6종의 漢字 활자 및 이 활자와 관련이 있는 <월인천강지곡(석보상절) 한글 금속활자(1447)> 등 4종의 한글 금속활자를 포함한 10종의 금속활자 복원

둘째, 활자주조 및 조판기술 특별전을 개최하여 조선왕실 복원과 관련한 ‘활자주조 및 조판’ 과정의 복원자료들을 전시

셋째, 고인쇄문화 관련 국제학술회의를 개최하여 조선왕조의 인쇄출판 정책이 조선의 건국과 정치·경제·사회·문화 및 조선의 사회 전반에 어떠한 영향을 끼쳤는가를 照明하고, 동·서양 초기 금속활자 인쇄기술사에 대한 연구결과를 발표하는데 있다.

이번의 과학분석<sup>2)</sup>은 이러한 학술연구용역을 바탕으로 조선왕실 금속활자의 체계적이고 과학적인 복원을 위하여 청동 합금비율과 금속활자 주조 후의 성분결과에 대한 과학적인 분석의 필요성으로 이 연구를 진행 하였다.

과학 분석은 국립중앙박물관 소장 오주갑인자인 임진자(壬辰字; 1722)의 성분비 평균값(구리 80%: 주석 10%: 납 10%)<sup>3)</sup>을 근거로 하여 이 번 학술연구용역으로 복원하는 조선왕실 금속활자의 주조 1단계인 1차 합금 비율(구리 80%: 주석 15%: 납 15% → 백분율로 환산하면 구리 72.8%: 주석 13.6%: 납 13.6%)로 정하여 만든 모합금, 2단계인 모합금을 이용한 갑인자계열 금속활자, 3단계로 2단계 주조

- 
- 1) 본 학술연구용역사업(책임연구원 남권희 경북대학교 교수)은 청주 고인쇄박물관이 주관하고 경북대학교 영남문화연구원, 청주대학교 한국문화연구소, 한국학중앙연구원 장서각연구실의 3개 연구소가 공동 컨소시엄(consortium)을 구성하여 수행하고 있다.
  - 2) 필자는 ‘2007 조선왕실 주조 금속활자 복원’ 학술연구용역의 공동연구원으로 참여하여 주조기술의 검증 및 복원활자의 과학 분석을 담당하고 있다.
  - 3) 평균값을 제시 하여준 국립중앙박물관 보존과학실 유혜선 박사께 감사의 마음을 전한다.

에서 만들어진 가지쇠를 녹여 만든 한글(석보상절) 금속활자를 대상으로 하였다.

본 연구는 금속활자 주조 시 합금비율의 산정, 주조방법의 기준 마련, 복원을 통한 조선시대 금속활자 합금 조성 제시에 그 목적이 있다.

## 2. 분석대상

분석 대상은 위에서 언급한 바와 같이 주조 1단계의 모합금, 2단계인 갑인자 계열 금속활자, 3단계인 한글 금속활자를 대상으로 성분비를 분석하였다.

금속활자 합금 비율은 임진자(壬辰字; 1722) 성분비의 평균값을 기준으로 하였으며, 합금 시 주석과 납이 기화되어 날아가 성분비율이 줄어드는 것을 감안하여 구리 80%: 주석 15%: 납 15%로 주석과 납을 각 5%더하는 것으로 하였다(사진 1~4).

금속활자 주조는 위의 비율로 모합금(사진 5~14)을 만든 뒤 그것을 이용하여 금속활자를 주조하였으며, 과학분석을 위하여 금속활자 주조시에 생긴 가지쇠를 녹여 한글활자 일부를 주조하였다.

분석 시료는 크게 3유형으로(그림 1 참조) 3단계로 구분하여 진행하였다.

먼저 주조 1단계인 모합금은 다섯 차례에 걸친 합금과 주조로 만들었는데, 시료는 각 1점씩 무작위로 표본을 추출하여 5점을 선정하여 분석대상으로 하였다.

둘째, 주조 2단계로 1단계의 모합금을 이용하여 주조한 금속활자로, 이번 학술 연구용역으로 복원하는 조선왕실 주조 금속활자 가운데 6종의 갑인자 계열 漢字 활자인 ① 초주갑인자인(甲寅字; 1434) 자치통감, ② 재주갑인자로 경진자(庚辰字; 1580)인 서전, ③ 삼주갑인자로 무오자(戊午字; 1618)인 시전대전, ④ 사주갑인자로 무신자(戊申字; 1668)인 논어집주대전, ⑤ 오주갑인자로 임진자(壬辰字; 1722)인 아송 ⑥ 육주갑인자로 정유자(丁酉字; 1777)인 사기영선을 대상으로 각 활자마다 1점씩 표본을 추출하여 6점을 선정한 뒤 분석대상으로 하였다.

셋째, 주조 3단계로 2단계 금속활자 주조 시 생성된 부산물인 가지쇠를 녹여

조선왕실 주조 금속활자 복원활자의 과학 분석

만든 한글활자인 석보상절(1447) 금속활자 5점 가운데 3점을 표본 추출하여 분석 대상으로 하였다.



<사진 1> 구리



<사진 2> 주석



<사진 3> 납



<사진 4> 합금 비율 정하기



<사진 5> 화적, 도가니, 구리



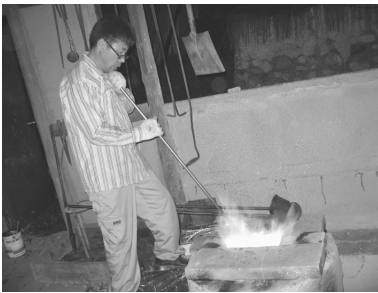
<사진 6> 구리 녹이기



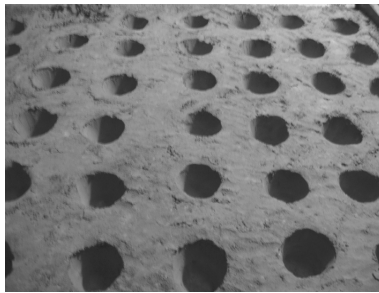
<사진 7> 주석 넣기



<사진 8> 납 넣기



<사진 9> 청동 쇠물 용융 가능하기



<사진 10> 모합금 주물사 거꾸집



<사진 11> 청동 쇠물 붓기



<사진 12> 완성 된 모합금

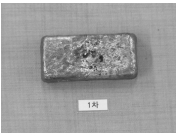
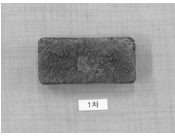
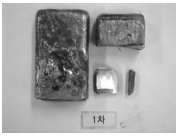


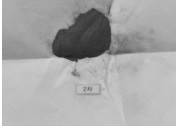
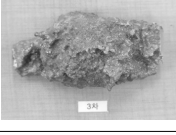
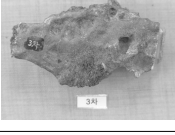

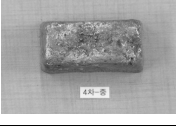
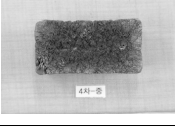
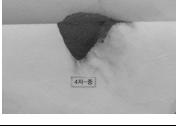
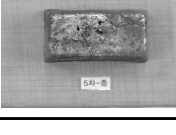
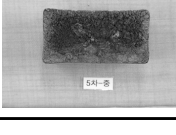
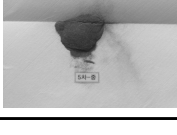
조선왕실 주조 금속활자 복원활자의 과학 분석



<사진 13> 쇳물 붓기



<사진 14> 완성 된 모합금

시료 명	앞 면	뒷 면	분석시편
1차 모합금			
2차 모합금			
3차 모합금			
4차 모합금			
5차 모합금			

<그림 1> 분석 대상: 주조 1단계 모합금 시료

시료 명	앞 면	뒷 면	분석시편
초주 -자치통감			
2주 -서전			
3주 -시전대전			
4주 -논어집주대전			
5주 -아송			
6주 -사기영선			

<그림 2> 분석 대상: 주조 2단계 갑인자계열 금속활자(漢字) 시료

시료 명	앞 면	뒷 면	옆 면	분석시편
3단계 주조 한글활자 (석보상절)				-
라		-	-	
부		-	-	-
셔		-	-	
오		-	-	
ㅎ		-	-	-

<그림 3> 분석 대상: 3단계 주조(가지쇠 이용) 금속활자(한글) 시료

### 3. 분석방법

#### 3.1 분석개요

모합금과 복원한 금속활자의 성분분석은 한국기초과학지원연구소(동위원소환경연구부 환경추적자팀 신형선 박사)에 의뢰하여, ICP-AES(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer; 유도결합 플라즈마 방출분광분

석기) 법으로 하였다.

### 3.2 기기원리

ICP-AES는 시료를 RF(Radio Frequency)가 흐르는 고주파유도코일에 의하여 고온(6000K<sup>4</sup>)이상의 아르곤 플라즈마(Argon plasma<sup>5</sup>): 아르곤 가스를 플라즈마 가스로 사용)로 원자를 들뜨게 하고 이때 방출되는 빛을 분광하여 광전 증배관으로 검출하여 각원소의 정성 정량 분석하는 방법으로, Optima 4300 DV 모델( Perkin Elmer, USA, 사진 15 )을 이용하여 아래표의 측정조건 에서 분석하였다.



<사진 15> ICP-AES

고주파 출력량(RF Power)	1300W
주파수 영역(RF Frequency)	40.68MHz
아르곤 가스(Argon Gas)의 유량	
Coolant Gas Flow	15L/min
Nebulizer Gas Flow	0.7L/min

<표 1> ICP-AES의 분석시 측정조건

- 
- 4) K(절대온도): 19세기 켈빈경이 정한 온도 눈금인 절대온도는 국제 표준으로 사용하는 온도 체계이며 절대온도 0K는 이론적으로 가능한 최저온도이며 이상적인 기체의 부피가 0이 되는 절대영도로 -273℃(정확히는 -273.15℃)에 해당된다.
  - 5) 플라즈마(plasma)는 일종의 물질의 상태를 나타내는 말로써 물질이 가지고 있는 에너지 단계에서 고체, 액체, 기체 다음으로 이어지는 상태이기 때문에 물질의 제4의 상태라고 일컫는 일종의 이온화된 뜨거운 가스를 말한다.

## 4. 시료전처리

### 4.1 시료의 채취

앞에서 제시한 바와 같이 분석 시료는 크게 3유형으로(그림 1~3 참조), 주조 1단계인 모함금 5점, 주조 2단계인 모함금으로 주조한 6종의 갑인자 계열 漢字금속활자 각 1점씩 6점, 3단계인 가지쇠로 주조한 한글활자인 석보상절(1447) 3점 등 모두 13점을 시료로 선정하였다.

#### 4.1.1 시편의 절단

ICP-AES로 분석할 때 필요한 시료의 양은 0.5g~1g 정도 이므로, 분석시편의 한 그룹은 국립중앙과학관의 금속시편절단기(Diamond cutter) Metsaw모델(사진 16)을 이용하여 절단하였다. 금속시편절단기(Diamond cutter)는 커터날이 다이아몬드로 되어있으며 속도조절 및 길이조절이 가능하여 일정한 크기로 절단이 가능하다.



<사진 16> Diamond cutter

#### 4.1.2 시편의 분쇄

시편크기의 제한으로 금속시편절단기의 사용이 불가능한 분석시편의 다른 그룹은 보존처리용 모터툴(Motortool)을 이용하여 갈아서 0.5g~1g 정도의 가루로 분쇄하였다.

#### 4.2 산분해

ICP-AES의 시료 주입방법은 직접 분무방식이 이용되고 있으며 시료는 액상으로 만들어야 하기 때문에 산을 첨가하여 묽혀서 사용된다. 이는 각각 적당량으로 절단, 분쇄된 시편을 왕수(王水, 진한염산(HCl)과 진한 질산(HNO<sub>3</sub>)을 3:1로 섞은 용액)에 녹여서 처리하였다.

### 5. 성분분석 방법 및 결과

#### 5.1 분석방법

분석방법은 습식 분해하여 ICP-AES를 이용하여 각 원소를 정량화 하였다.

#### 5.2 분석결과

ICP-AES분석을 통하여 얻는 1단계인 모합금(표 2 참조), 2단계인 갑인자계열 금속활자(표 3 참조), 3단계인 가지쇠 이용 한글활자(표 4 참조)의 성분분석 결과는 다음과 같다.

조선왕실 주조 금속활자 복원활자의 과학 분석

<표 2> 모합금의 성분비 분석 값

항목	주 성분						미량 원소					
	구리 Cu		납 Pb		주석 Sn		아연 Zn	은 Ag	철 Fe	망간 Mn	니켈 Ni	안티몬 Sb
	1차	2차	1차	2차	1차	2차						
(단위)	%		%		%		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1차	82.1	78.6	8.6	4.7	7.9	12.3	2199 (0.2199%)	83.8 (0.00838%)	3939 (0.03939%)	1.69 (0.000169%)	298.2 (0.02982%)	불검출
2차	75.2	77.6	15.3	3.9	9.1	13.3	60 (0.006%)	83.3 (0.00833%)	125 (0.0125%)	0.87 (0.00087%)	55.7 (0.00557%)	불검출
3차	85.1	79.3	10.3	2.6	4.4	14.5	56 (0.0056%)	87.8 (0.00878%)	107 (0.0107%)	1.11 (0.000111%)	70.9 (0.00709%)	불검출
4차	68.3	76.9	16.1	3.0	14.3	14.8	121 (0.0121%)	79.5 (0.00795%)	186 (0.0186%)	0.72 (0.00072%)	76.8 (0.00768%)	불검출
5차	76.1	76.6	11.7	9.6	11.2	10.1	230 (0.023%)	88.6 (0.00886%)	720 (0.072%)	1.85 (0.000185%)	59.0 (0.0059%)	불검출
평균값	77.67	78.10	12.57	3.55	8.93	13.73						

<표 3> 갑인자계열 활자의 성분비 분석 값

항목	주 성분			미량 원소					
	구리 Cu	납 Pb	주석 Sn	아연 Zn	은 Ag	철 Fe	망간 Mn	니켈 Ni	안티몬 Sb
(단위)	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
초주 자치통갑	78.6	9.2	9.1	459 (0.0459%)	80.6 (0.00806%)	250 (0.025%)	0.22 (0.000022%)	142.4 (0.01424%)	불검출
2주 서전	78.3	10.9	10.6	472 (0.0472%)	104.5 (0.01045%)	550 (0.055%)	0.58 (0.000058%)	154.0 (0.0154%)	불검출
3주 시전대전	73.9	11.9	12.4	160 (0.0161%)	73.9 (0.00739%)	633 (0.0633%)	0.2 (0.00002%)	114.0 (0.0114%)	불검출
4주 논어집주	79.0	10.4	9.8	450 (0.045%)	79.0 (0.0079%)	540 (0.054%)	0.30 (0.00003%)	140.7 (0.01407%)	불검출
5주 아송	72.4	14.1	13.4	35 (0.0035%)	70.6 (0.00706%)	149 (0.0149%)	1.1 (0.00011%)	68.8 (0.00688%)	불검출
6주 사기영선	79.3	9.0	9.5	435 (0.0435%)	67.6 (0.00676%)	535 (0.0535%)	0.24 (0.000024%)	134.0 (0.0134%)	불검출
평균값	76.92	10.92	10.80						

< 표 4> 가지쇠 이용 한글활자(석보상절)의 성분비 분석 값

항 목	주 성분			미 량 원 소				
	구리 Cu	납 Pb	주석 Sn	아연 Zn	은 Ag	철 Fe	망간 Mn	니켈 Ni
(단위)	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
한글활자(오)	83.1	2.3	12.6	88.3 (0.00883%)	258 (0.0258%)	1646 (0.1646%)	14.0 (0.0014%)	151.3 (0.01513%)
한글활자(라)	82.4	2.0	13.7	77.1 (0.00771%)	199 (0.0199%)	1350 (0.1350%)	12.6 (0.00126%)	125.8 (0.01258%)
한글활자(서)	85.3	2.1	12.2	98.3 (0.00983%)	262 (0.0262%)	1698 (0.1698%)	13.7 (0.00137%)	169.0 (0.0169%)
평 균 값	83.60	2.13	12.83					

### 5.3 분석결과 고찰

위의 과학분석 결과는 주조 1단계인 모합금, 2단계인 모합금으로 주조한 갑인자 계열 금속활자, 3단계인 가지쇠 이용 한글활자(석보상절)에 대한 3개의 영역으로 구분할 수 있다.

주조 1단계인 모합금의 성분분석은 5점의 시료에 대하여 같은 분석 방법으로 2번에 걸쳐 진행하였다. 한 시료에서 2차례 성분분석을 실시한 이유는 첫 번째의 성분분석에서 제시된 고르지 못한 성분분석 값을 재검토하기 위해 진행하였다.

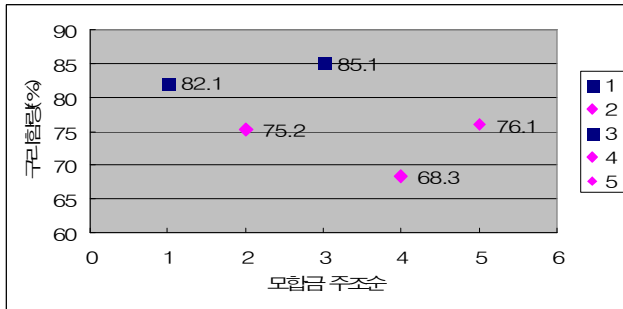
먼저 모합금 1차 성분분석 결과를 보면, 구리(Cu), 주석(Sn), 납(Pb)이 주성분을 이루고 있으며, 아연(Zn), 은(Ag), 철(Fe), 망간(Mn), 니켈(Ni) 등이 미량 검출되었다.

모합금 1차 성분비의 평균값은 구리 77.36%: 납 12.40%: 주석 9.38%이며, 크게 구리 80%대와 구리 70%대의 2개의 그룹으로 구별된다.

보통 성분분석을 위하여 시료 편을 녹일 때 불용성 입자가 존재할 수 있기 때문에 일부원소 값이 다르게 나올 수 있음을 감안하여 ±2~3% 정도 에러를 인정할 수 있지만 모합금 1차 성분분석에서 6%이상의 차이는 특이한 결과라 하겠다.

이러한 고르지 못한 1차의 성분분석 값을 재검토하기 위해, 1차에 사용된 같은 시료를 대상으로 1차 시편 채취의 반대 면에서 시편을 채취하여 2차 성분분석을 진행하였다.

<표 5> 모함금 1차 성분분석 구리함량 분포도



모함금 2차 성분비의 평균값은 구리 77.80%: 납 4.76%: 주석 13.0%로 검출되었다. 구리 함량의 경우 1차 분석결과와는 달리 비교적 고른 값을 보이고 있는데, 편차(최소 76.6%~최대 79.3%)는 예리 인정 범위인  $\pm 2\sim 3\%$ 안에 들어 있을 정도로 안정된 값이다.

모함금의 1차와 2차 성분분석에서 일부 시료에서 큰 편차를 보이는 현상은 이해하기 어려운 점이지만, 금속활자 공방의 합금과 주조시의 환경에 따라 나타나는 현상으로 생각하여 볼 수 있을 것이다. 여기서 환경이라 함은 그날의 날씨, 불의 조건, 모함금 주조시 사용 되는 거푸집(흙, 금속), 불순물 유입에 따른 용융점과 시간 편차, 각 성분의 섞임 정도 등을 들 수 있다.

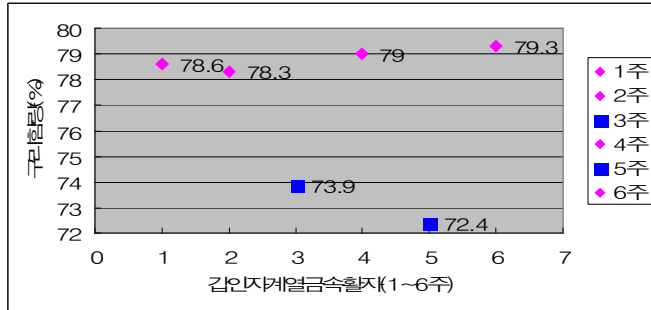
모함금의 1·2차 성분분석에서 특징적인 것은 1차의 구리 75%와 구리 76% 값의 시료 2점과 2차 5점의 시료를 합친 7점의 평균값인 77.1%이다. 이 77.1%는 주조 2단계인 금속활자주조 시의 구리 80% 비율을 얻기 위한 모함금 성분비율에 잘 맞아 필자가 의도한 결과에 따른 성분비라 하겠다.

주조 2단계인 모함금으로 주조한 6종의 갑인자 계열 漢字활자 시료 6점의 성분 분석결과도 모함금과 같이 구리(Cu), 주석(Sn), 납(Pb)이 주성분을 이루고 있으며, 아연(Zn), 은(Ag), 철(Fe), 망간(Mn), 니켈(Ni) 등이 미량 검출 되었다.

갑인자계열 시료 6점의 성분비 평균값은 구리 76.92%: 납 10.92%: 주석 10.08%이며, 이 또한 크게 구리 78~79%대와 구리 72~73%인 2개의 그룹으로

나뉘어 진다.

<표 6> 갑인자 계열 금속활자 구리함량 분포도



특히 구리함량이 78~79%인 갑인자계열 금속활자 4점의 성분비 평균값이 구리 78.8%: 납 9.88%: 주석 9.75%를 나타내어, 이 번에 복원 되는 금속활자의 성분비율로 정한 구리 80%: 주석 10%: 납 10%와 잘 맞는다. 이러한 결과는 조선 시대에 주조한 금속활자의 원 합금 비율을 밝히는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

다시 말해서 임진자의 성분비 평균값인 구리 80%: 주석 10%: 납 10%<sup>6)</sup>에 근거하여 이번에 복원하는 조선왕실 주조 금속활자의 성분비를 임진자의 평균 성분비에 맞추기로 결론을 내린바 있다.<sup>7)</sup>

이 비율을 맞추기 위해서는 합금 시 주석과 납이 기화되어 날아가 성분비율이 줄어드는 것을 감안하여 모합금을 주성하기 위한 각원소의 성분비율을 구리 80%: 주석 15%: 납 15%로 비율을 맞추어 주조하였다. 이러한 비율을 백분율로

6) 이재정, 유혜선. “국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석,” 『서지학연구』, 제33집 (2006).

7) 이번 학술연구의 책임연구원 남권희교수와 공동연구원인 박문열교수, 김성수교수, 윤용현 연구관, 옥영정교수, 이승철박사가 참여한 공동연구위원회에서 필자의 제안으로 복원하는 금속활자의 성분비율을 국립중앙박물관 소장 임진자의 성분비 평균값인 구리 80%: 주석 10%: 납 10%에 맞추어 복원하기로 결정하였으며, 이러한 비율을 맞추기 위해서 모합금을 주성하기 위한 각 원소의 성분비율을 구리 80%: 주석 15%: 납 15%로 결정한바 있다.

하면 구리 72.8%: 주석 13.6%: 납 13.6%로 이 성분비가 조선시대 임진자를 주조하기 위한 원 합금비율이었을 것으로 제시 할 수 있겠다. 단 당시에 모합금을 만들어 금속활자를 주조하였다는 가정이 전제조건이다.

만약에 당시에 모합금을 만들지 않고 각 주성분을 합금하여 직접 주조를 하였을 경우는 주조 1단계 성분분석 값 가운데 구리함량에 비교적 고른 값으로 보이는 시료 7점의 평균값인 구리 77.1%를 기준한 구리 77.1%: 주석 11.5%: 납 11.5%의 성분비가 조선시대 임진자를 주조하기 위한 원 합금비율로 제시 할 수 있을 것이다.

이러한 연구결과는 조선시대에 주조한 금속활자를 비롯하여 우리나라 청동기 시대부터 조선시대에 이르기까지의 청동으로 주조한 청동유물의 원 합금 비율을 밝히는데 한 기준이 될 것으로 기대 된다.

주조 3단계인 가지쇠 이용 한글금속활자(석보상절)에 대한 성분분석결과도 앞의 모합금, 갑인자계열 금속활자와 같이 구리(Cu), 주석(Sn), 납(Pb)이 주성분을 이루고 있다.

한글금속활자의 성분비 평균값은 구리 83.60%: 주석 12.83 %, 납 2.13%로 시료 3점 모두 비교적 고른 값을 보이고 있다.

이번 조선왕실 금속활자 복원에서 구리함량을 기준으로 한 3유형 3단계의 구리 성분비 변화를 살펴보면, 주조 1단계인 모합금 77.1% → 주조 2단계인 갑인자계열 금속활자 78.8% → 주조 3단계인 가지쇠 이용 금속활자 83.60%이다.

주조 1단계에서 2단계로의 주조 시 구리 1.7%가 증가 되었으며, 주조 2단계에서 3단계로의 주조 시 구리 4.8%가 증가되었다. 이러한 현상은 용융할 때 구리가 녹기 전에 주석과 납 등이 일부 기화되어 날아감에 따라 반대급부로 구리의 함량이 늘어 난 것으로 보이는 것이다.

특히 가지쇠를 녹여 만든 한글금속활자에서 보이는 구리의 성분비 변화는 국립중앙박물관 소장 임진자<sup>8)</sup>와 한글활자<sup>9)</sup>에서 각기 보이는 성분비의 큰 편차에 대한 원인 규명에 도움이 될 것으로 기대된다.

8) 이재정, 유혜선. “국립중앙박물관 소장 한글금속활자의 고증 및 성분분석,” 『서지학연구』, 제37집(2007).

9) 이재정, 유혜선. <앞의 논문> 2006.

예를 들자면 임진자의 경우 평균값의 오차범위에서 벗어난 활자번호 13번(구리 84.67%: 주석 7.79%: 납 5.91 %), 활자번호 14번(구리 84.17%: 주석 9.58%: 납 5.89%), 크게 벗어난 활자번호 17번(구리 87.30%: 주석 6.49%: 납 4.62 %), 활자번호 20번(구리 88.31%: 주석 2.49%: 납 8.92 %)와 활자번호 5번(구리 90.19%: 주석 4.66%: 4.58%)과 활자번호 28번(구리 93.56%: 주석 2.54%: 납 3.08%)<sup>10)</sup>의 경우는 임진자의 1차 또는 2차 주조에서 생성된 부산물인 가지쇠를 녹여 만든 활자일 것으로 추측되어진다.

## 6. 맺음말

이번의 조선왕실 주조 금속활자의 복원에 사용되는 각 소재의 성분비율은 국립중앙박물관 소장 임진자의 평균값인 구리80%: 주석 10%: 납 10%에 맞추었다.

이러한 임진자의 성분 비율에 맞추기 위하여 하나의 기준을 제시하였다. 즉, 임진자의 성분비율에 맞추기 위해 주석과 납을 각기 5% 더하여 구리80%: 주석 15%: 납 15%로 110%의 비율을 정하였으며, 이를 백분율로 하면 구리 72.8%: 주석 13.6%: 납 13.6%이다.

금속활자 주조는 구리80%: 주석 15%: 납 15%로 모합금을 주조한 뒤, 그 모합금으로 금속활자를 주조하였으며, 금속활자 주조시에 생성된 가지쇠를 녹여 한 글금속활자(석보상절)를 주조하였다.

이상 조선시대 금속활자 복원사업의 일환으로 주조된, 활자 주조를 위한 모합금과 모합금으로 주조한 금속활자의 성분분석 방법은 습식 분해하여 ICP-AES (유도결합 플라즈마 방출분광분석기)법으로 각 원소를 정량화 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

먼저 모합금의 성분분석은 고르지 못한 1차의 성분분석 값을 재검토하기 위해, 1차에 사용된 같은 시료를 대상으로 1차 시편 채취의 반대 면에서 시편을 채취하

---

10) 이재정, 유혜선. <위의 논문> 154, 155쪽, 2006.

여 2차 성분분석을 진행하였다. 모함금의 1·2차 성분분석에서 특징적인 것은 고른 값을 보이는 1차 시료 2점과 2차 5점의 시료를 합친 7점의 평균값인 77.1%이다. 이 77.1%는 주조 2단계인 금속활자주조 시의 구리 80% 비율을 얻기 위한 모함금 성분비율에 적합한 것으로 사료된다.

모함금의 1차와 2차 성분분석에서 일부 시료에서 큰 편차를 보이는 것은, 금속활자 공방에서 합금과 주조 할 때의 날씨, 불의 조건, 모함금 주조시 사용 되는 거꾸집(흙, 금속), 불순물 유입에 따른 용융점과 시간 편차, 각 성분의 섞임 정도 등에 기인하는 것으로 생각된다.

모함금으로 주조한 갑인자계열 6종의 성분비 평균값은 구리 76.92%: 주석 10.92%: 납 10.08%이며, 크게 구리 78~79%대와 구리 72~73%인 2개의 그룹으로 분류된다.

특히 고른 값을 보이는 구리 78~79%(4점)의 갑인자계열 금속활자는 성분비의 평균값이 구리 78.8%: 주석 9.88%: 납 9.75%로 계측되어, 이 번에 복원 되는 금속활자의 성분비율로 정한 구리 80%: 주석 10%: 납 10%와 잘 맞는다. 이러한 결과는 조선시대에 주조한 금속활자의 원 합금 비율을 밝히는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

이상의 분석결과에 비추어 조선시대 임진자를 주조하기 위한 원 합금비율이 당시에 모함금을 사용하였을 경우는 구리 72.8%: 주석 13.6%: 납 13.6%를, 직접 주조하였을 경우는 77.1%: 주석 11.5%: 납 11.5% 등 두 가지 성분비율을 제시 하였다.

또한 국립중앙박물관 소장 임진자와 한글활자에서 각기 보이는 성분비의 큰 편차를 보이는 활자는 임진자의 1·2차 주조에서 생성된 부산물인 가지쇠를 녹여 만든 활자일 것이라는 의견을 제시 하였다.

이러한 연구결과는 앞으로 조선시대에 주조한 금속활자를 비롯하여 청동으로 주조한 청동유물의 원 합금 비율을 밝히는데 한 기준이 될 것으로 기대 된다.

< 참고문헌 >

- 이승철. “금속활자 주조기술 규명을 위한 복원 실험.” 박사학위논문, 경북대학교 대학원, 2006.
- 이재정. “국립중앙박물관 소장 한글활자 연구.” 『서지학연구』 제31집(2005).
- 이재정. “국립중앙박물관 소장 활자에 대한 일고찰.” 『서지학연구』 제29집(2004).
- 이재정, 유혜선. “국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석.” 『서지학연구』 제33집(2006).
- 이재정, 유혜선. “국립중앙박물관 소장 한글금속활자의 고증 및 성분분석.” 『서지학연구』 제37집(2007).
- 정광용, 윤용현. 『문화재 복원제작기술연구』. 한국전통문화학교, 한국문화예술교육진흥원, 2007.
- 정동찬, 윤용현과. “겨레과학인 우리종.” 『충북사학』 제15집(2005), 충북대학교 사학회.
- 정동찬, 윤용현과. 『겨레과학기술조사연구(XI) -무쇠술 주물기술-』. 국립중앙과학관, 2003.
- 정동찬, 윤용현과. 『겨레과학기술조사연구(XII) -청동종 주물기술-』. 국립중앙과학관, 2004.
- 정동찬, 윤용현과. 『주철장』. 도서출판 피아, 2006.
- 조형진. “일본 駿河版 동활자의 제작과정에 관한 연구.” 『서지학연구』 제25집(2002).
- 청주고인쇄 박물관, <금속활자 주조 및 인쇄기술사 복원 연구 결과 보고서>(2006)