

# 국립중앙박물관 소장 조선 전기 금속활자의 조성성분과 통계분석

The Component and Statistical  
Analyses of Early-Joseon Metal  
Types in National Museum of  
Korea

신용비, 허일권, 이수진\*  
국립중앙박물관 보존과학부

Yong Bi Shin, Il Kwon Huh,  
Su Jin Lee\*  
Conservation Science Division,  
National Museum of Korea

## 요약

국립중앙박물관 소장 금속활자는 약 50만자로 앞서 연구된 조선 금속활자에 기초해 갑인자(甲寅字)활자 33점, 을해자(乙亥字)병용한글활자 29점 등 조선 전기 금속활자 62점의 형태 조사, 비중을 측정하고 조성성분을 바탕으로 통계분석하였다. 갑인자활자 33점, 을해자병용한글활자 24점은 2성분계 청동(구리-주석)([A]그룹), 을해자병용한글활자 5점 중 4점은 3성분계 청동(구리-주석-납)([B]그룹) 1점은 2성분계 청동(구리-주석)([C]그룹)으로 주석 함량이 높다. 본 연구에서 다수의 활자 성분 통계분석을 토대로 조선 후기 임진자(壬辰字)활자와 비교한 결과, 후기 활자는 구리 함량이 낮고 아연, 납 함량이 높은 특징이 있어 조선 전기와 후기 활자의 분류 가능성을 확인하였다.

**주제어** : 금속활자, 조선 전기, 갑인자활자, 을해자병용한글활자, 주성분분석법

## Abstract

Among about 500,000 characters in metal types in National Museum of Korea, this study conducts a statistical analysis of 62 metal types from the early Joseon Dynasty, including 33 *gabinja* (甲寅字) types and 29 *eulhaeja* (乙亥字) Hangeul types by examining the shape, measuring the specific gravity, and identifying the components based on previously-studied Joseon metal types. Among them, 33 *gabinja* types and 24 *eulhaeja* types were made of two-component bronze (copper and tin) (Group A), and four *eulhaeja* types were produced with three-component bronze (copper, tin and lead). (Group B), and one *eulhaeja* type was created with two-component bronze (copper and tin) with a high tin content (Group C). By comparing with *imjinja* (壬辰字) types of the late Joseon Dynasty based on multiple statistical analyses of type components, this study confirms that late-Joseon types have low copper content and high zinc and lead content, and therefore it may be possible to distinguish between the types of early and late Joseon Dynasty.

**Keywords**: Metal type, Early Joseon period, *Gabinja* type, *Eulhaeja* Hangeul types, Principal component analysis (PCA)

\* Corresponding Author :  
Su Jin Lee

## 1. 서론

활자의 재료는 흙과 나무로 시작하여 금속으로 발전하였다. 국내에서는 고려시대부터 목활자와 금속활자가 병용되어 오다 금속활자가 목활자에 비하여 정밀하게 많은 양의 책들을 발행할 수 있기에 조선시대에 이르러 금속활자가 더욱 발전되었다. 조선의 최초 금속활자는 1403년(태종 3)에 주조한 계미자(癸未字)로 수십만자가 제작되었다고 알려져있으며 이후 갑인자(甲寅字), 을해자(乙亥字), 갑진자(甲辰字)활자 등이 계속해서 주조되었다. 국립중앙박물관에서 소장한 금속활자는 대부분 한자 금속활자이고 750여점이 한글금속활자로 을해자(乙亥字)병용한글활자, 무신자(戊申字)병용한글활자 등이 있다<sup>[1]</sup>.

특히 갑인자활자와 더불어 을해자활자는 조선 전기에 주로 사용되어 여러 서적을 간행하는데 쓰였다. 갑인자활자는 1434년(세종 16)을 시작으로 총 여섯차례 제작된 활자이다. 조선 전기인 1434년 초주갑인자(初鑄甲寅字)활자, 1580년(선조 13) 경진자(庚辰字, 재주再鑄 갑인자)활자가 제작되었고, 후기인 1618년(광해군 10) 무오자(戊午字, 삼주三鑄 갑인자)활자, 1668년(현종 9) 무신자(戊申字, 사주四鑄 갑인자)활자, 1772년(영조 48) 임진자(壬辰字, 오주五鑄 갑인자)활자, 1777년(정조 1) 정유자(丁酉字, 육주六鑄 갑인자)활자가 제작되었다<sup>[2]</sup>. 을해자병용한글활자는 1461년(세조 7)에 간행된 능엄경언해(楞嚴經諺解), 1481년(성종 12) 두시언해(杜詩諺解) 초간본, 1482년(성종 13) 금강경삼가해(金剛經三家解) 등에 쓰인 한글활자로 알려져 있다. 을해자활자가 1455년(세조 1)에 주조되었으며 을해자병용한글활자는 능엄경언해에서 가장 처음으로 사용되었기 때문에 을해자병용한글활자의 주조시기는 1461년 이전일 가능성이 높다<sup>[3]</sup>.

금속활자는 시대에 따라 글자체와 형태, 주조 및 제작 방법 등의 차이를 보이기에 인쇄술의 발달과정을 증명하는 중요한 자료이다. 조선시대 금속활자에 관한 연구는 국립중앙박물관에서 소장한 다량의 활자 연구<sup>[1],[2],[4]</sup>를 중심으로 인쇄본과 비교한 서지학적 연구<sup>[5],[6],[7]</sup>와 활자의 성분 분석 연구<sup>[3],[8],[9],[10]</sup>, 활자의 주조법<sup>[11],[12],[13],[14],[15]</sup>, 조판 방식과 인쇄 등에 관한 연구<sup>[16],[17]</sup>, 활자의 복원 및 재현 실험<sup>[18],[19]</sup> 등이 융복합적으로 이루어지고 있다. 국립중앙박물관에 소장된 조선시대 금속활자 중 성분 분석된 활자는 무신자병용한글활자, 을해자병용한글활자<sup>[3]</sup>와 임진자활자, 정리자(整理字)활자, 한구자(韓構字)활자<sup>[9]</sup> 등이 있다.

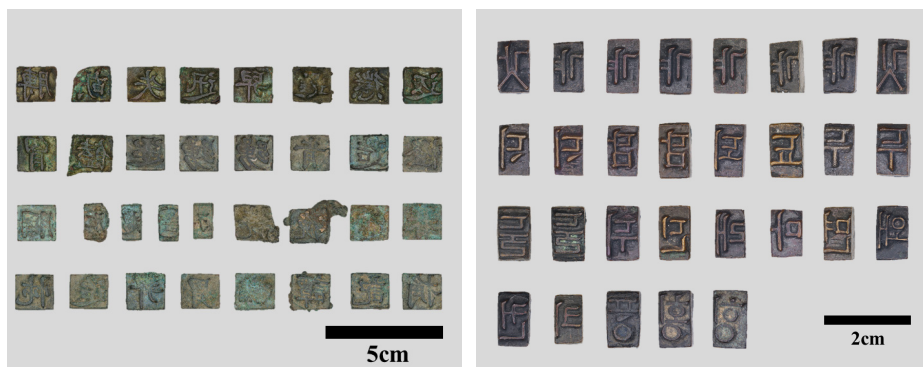
본 연구에서는 갑인자활자 33점과 을해자병용한글활자 29점 등 총 62점의 조선 전기 금속활자를 대상으로 형태 조사, 비중 측정, 성분 분석 등을 실시하여 각각의 상관관계를 확인한다. 또한 다량의 데이터를 활용한 통계분석으로 조선 전기 금속활자의 특징을 보다 명확히 밝히고자 한다.

## 2. 분석 대상

분석 대상으로 선정한 한글금속활자는 국립중앙박물관이 소장한 갑인자활자(본관12397) 33점<sup>(도1-左)</sup>과 을해자병용한글활자(본관3369) 29점이다<sup>(도1-右)</sup>.

갑인자활자는 갑인자본인 『근사록(近思錄)』, 『자치통감(資治通鑑)』(1436년)에서 확인되는 글자와 동일한 활자가 있어 1434년에 주조된 초주갑인자로 확인된다<sup>[20]</sup>.

을해자병용한글활자는 기존에 무신자병용한글활자로 분류되어 있었으나 소자 일부가 글자체, 모양, 성분, 연마흔 등에 차이를 보였고 조사를 통해 새롭게 확인된 바 있다<sup>[3]</sup>.



도1. 분석 대상으로 선정한 갑인자활자(左) 33점과 을해자병용한글활자(右) 29점

## 3. 분석 방법

활자의 질량 및 비중 측정은 디지털저울(PR503, METTLER TOLEDO, Korea, Ltd)을 이용한다. 금속 활자의 대기 중 질량을 측정한 다음 에탄올 용액(비중: 0.7893) 속에 침적시킨 상태에서 액체 중 질량을 측정하고 다음 식에 대입하여 겉보기 비중을 계산한다.

$$\text{겉보기 비중} = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \times S$$

( $W_1$ : 대기 중 질량,  $W_2$ : 액체 중 질량,  $S$ : 침적에 사용한 액체 비중)

활자의 성분 분석은 이동형 마이크로 X선형광분석기(Portable  $\mu$ -XRF Spectrometer, ArTAX, Bruker, Germany)를 이용한다. 분석 조건은 콜리메이터 직경  $650\mu\text{m}$ , 빔과 시료와의 거리  $4\text{mm}$ , 관전압  $50\text{kV}$ , 관전류  $650\mu\text{A}$ , 측정 시간 200초

이다. 분석 위치는 소지금속이 드러난 부분으로 선정한다. 최소 3회 측정하여 위치마다 유사한 값이 나오는 것을 확인 후 편차가 가장 작은 값을 사용한다. 금속 활자의 성분을 정량 분석하기 위하여 금속 표준 시료(CTF; Lation L3, MBH; 31X MNB3, 32X SN2, 32X LB11, 91X S40PR2, 93X S30APR2, 37X HK8, 91X S63Bi1, Bruker; Cu, Zn, Sn, Pb std)를 이용해 각 원소별 검량곡선(Calibration Curve)을 작성하여 100%로 표준화(Normalization)한다. 그리고 활자를 이루는 주원소인 구리, 주석, 납, 아연 4개의 원소를 각각의 변수로 구분하여 SPSS(Statistical Package for Social Science) 프로그램을 활용한 주성분분석법(Principal Component Analysis)으로 통계처리한다.

#### 4. 분석 결과

##### 4.1. 활자의 형태

활자는 글자체 외에도 뒷면 홈과 제원에서 그 특징을 살펴볼 수 있다. 세종실록에 이러한 형태에 대하여 다음과 같이 언급되었다.

“本國鑄字用蠟, 功頗多, 後改鑄字, 四隅平正, 其鑄字體制二樣矣...”

“본국의 주자(鑄字)는 납(蠟)을 사용하매 일이 자못 많고, 후에 고친 주자(鑄字)도 네 모퉁이가 평평하고 바른데다가 그 주자(鑄字)의 체제(體制)가 두 가지 모양이니...”

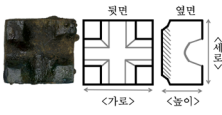
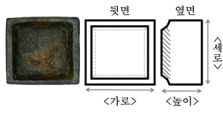
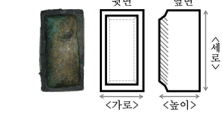
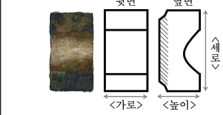
『세종실록』권69, 세종 17년 8월 24일(계해)

위 내용에 따르면 활자의 조판 과정에서 납(蠟)이 사용되었고, 1435년(세종 17)까지 제작된 활자는 네 모퉁이가 평평하고 형태가 크게 두 가지 모양이 있음을 알 수 있다. 또한 여기서 언급된 체제(體制)는 뒷면 홈 형태로 추정한다. 그러므로 1434년에 제작된 초주 갑인자는 실록 내용에 따라 뒷면의 홈 형태가 크게 두 가지로 제작됨을 추정할 수 있다. 뒷면 홈은 조판이나 주조 방식과 연관 있기에 조판 신속성, 주조 편리성 등을 고려하여 그 형태를 제작했을 것이다. 본 연구에서 선정한 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 뒷면 홈 형태는 다음과 같다.

갑인자활자 33점은 대(大)자 29점과 소(小)자 4점으로 구분되며 뒷면 홈 형태는 가로, 세로 방향으로 모두 홈이 패인 ‘십자홈’ 5점, 뒷면의 테두리를 남기고 내부를 파낸 ‘사각홈’ 27점, 가로로 둥글게 패인 ‘둥근 터널홈’ 1점 등이다<sup>(註1)</sup>. 사각홈은 대자, 소자 모두에서 확인되나 십자홈은 대자에서, 둥근 터널홈은 소자에서만 나타난다. 십자홈과 사각홈의 높이와 세로 길이가 같으므로 함께 조판할 수 있을 것으로

추정되는 반면, 1점 확인되는 둥근 터널홈은 그 크기가 상대적으로 작은 것이 특이하다.

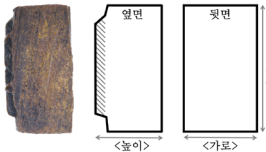
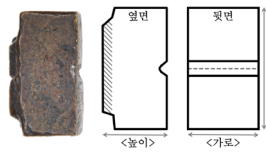
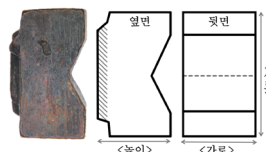
표 1. 갑인자활자의 홈 형태에 따른 제원(평균, 표준편차)

	(a) 십자홈	(b) 사각홈(大)	(c) 사각홈(小)	(d) 둥근 터널홈
형태				
가로	1.61(±0.02)cm	1.63(±0.05)cm	0.89(±0.12)cm	0.72cm
세로	1.47(±0.03)cm	1.49(±0.06)cm	1.52(±0.04)cm	1.20cm
높이	0.72(±0.01)cm	0.76(±0.04)cm	0.76(±0.04)cm	0.67cm
질량	9.50(±0.53)g	10.00(±0.87)g	5.75(±0.24)g	3.78g
수량	5점	24점	3점	1점

을해자병용한글활자 29점의 뒷면 홈 형태는 크게 세 가지이다. 뒷면을 평평하게 연마한 ‘평저형’ 12점, 가로로 얇은 둥근 홈이 패인 ‘얇은 터널홈’ 7점, 가로로 삼각형의 깊은 홈이 패인 ‘삼각 터널홈’ 10점 등이다(표2). 각 홈의 형태에 따른 제원을 비교하면, 삼각 터널홈이 얇은 터널홈과 평저형에 비하여 높기와 무게가 크다. 또한 뒷면, 옆면 등에서 연마흔이 확인된다. 홈의 형태와 연마흔을 통해 삼각 터널홈에서 점점 연마하여 얇은 터널홈, 평저형으로 형태 변화가 생긴 것으로 유추할 수 있으며 이러한 연마는 활자 조판 및 사용빈도와 연관된 것으로 판단한다.

갑인자활자와 을해자병용한글활자는 제원과 뒷면 홈 형태, 연마흔 등에서 차이가 나타난다. 활자의 조판 및 주조 방식이 달라졌기에 활자의 형태 변화가 발생했을 것으로 추정한다.

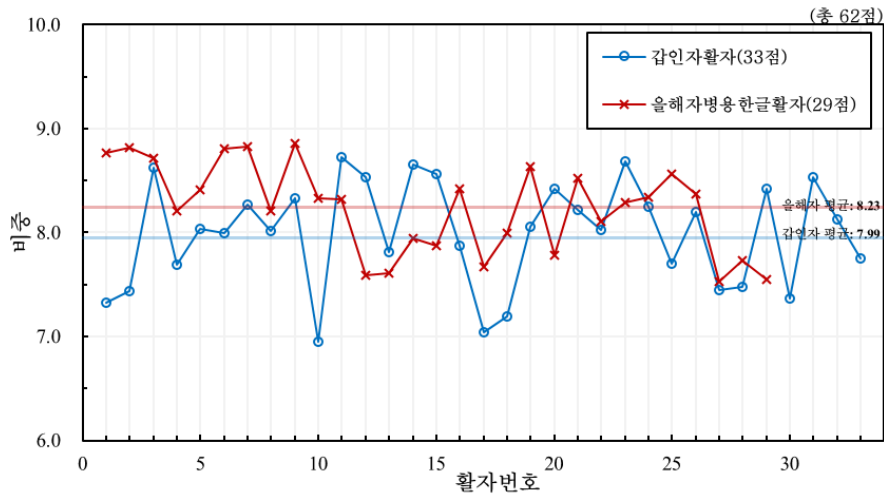
표2. 을해자병용한글활자의 홈 형태에 따른 제원(평균, 표준편차)

	(a) 평저형	(b) 얇은 터널홈	(c) 삼각 터널홈
형태			
가로	$0.72(\pm 0.03) \text{ cm}$	$0.76(\pm 0.01) \text{ cm}$	$0.75(\pm 0.04) \text{ cm}$
세로	$1.20(\pm 0.06) \text{ cm}$	$1.27(\pm 0.04) \text{ cm}$	$1.28(\pm 0.02) \text{ cm}$
높이	$0.67(\pm 0.05) \text{ cm}$	$0.75(\pm 0.01) \text{ cm}$	$0.85(\pm 0.03) \text{ cm}$
질량	$3.78(\pm 0.53) \text{ g}$	$4.64(\pm 0.12) \text{ g}$	$5.27(\pm 0.31) \text{ g}$
수량	12점	7점	10점

#### 4.2. 활자의 비중

갑인자활자 33점의 비중은 6.95~8.72 범위에 속하며 평균 비중값 7.99, 표준편차 0.50이고 을해자병용한글활자 29점의 비중은 7.53~8.86 범위에 속하며 평균 비중값 8.23, 표준편차 0.43으로 비중 분포는 다음과 같다<sup>(도2), (표3, 표4)</sup>.

갑인자활자와 을해자병용한글활자의 평균 비중값 차이는 약 0.2 정도로 큰 차이를 보이지 않는다. 갑인자활자와 을해자병용한글활자 모두 편차가 큰 편이나 을해자병용한글활자에 비하여 갑인자활자의 편차가 비교적 크다. 성분이 비슷하면 비중도 유사한 값을 가질 수 있으나 부식의 정도, 주조 시 내부 결함인 수축공(Shrinkage)이나 기공(Blowhole)으로 인하여 비중값의 차이가 생길 수 있다<sup>[21]</sup>.



도2. 갑인자활자, 을해자병용한글활자의 비중 분포도

#### 4.3. 활자의 성분

갑인자활자와 을해자병용한글활자의 성분 분석 결과, 구리(Cu), 주석(Sn), 납(Pb), 아연(Zn), 철(Fe) 등이 검출되었으며 각 원소의 함량을 다음과 같이 확인하였다(표3, 표4).

가장 많은 양이 함유된 구리와 주석의 함량을 비교하고[도3(a)], 구리, 주석, 아연, 납 등 4원소를 변수로 설정하여 주성분분석법(PCA)으로 통계분석을 실시하였다[도3(b)]. 주성분분석의 누적 기여율은 93.89%로 통계분석의 신뢰도는 높은 편이고 요인적재 값 및 공통성은 다음과 같다(표5).

구리-주석 함량을 비교하여 크게 세 그룹으로 구분지었다[도3(a)]. 갑인자활자 33점과 을해자병용한글활자 29점 중에서 24점은 [A]그룹으로, 을해자병용한글활자 4점(E-2,5,7,9)은 [B]그룹으로, 을해자병용한글활자 1점(E-15)은 [C]그룹으로 분류하였다. [A]그룹에 속하는 갑인자활자 33점은 구리 84.81~94.06%, 주석 4.55~13.56%, 납 0.17~3.52%, 아연 0.14~0.28%로 구리, 주석이 주성분인 2성분계 청동이다. 을해자병용한글활자 24점은 구리 83.46~92.61%, 주석 4.14~15.58%, 납 0.04~3.47%, 아연 0.28~0.45%로 구리, 주석이 주성분인 2성분계 청동이다. [B]그룹에 속하는 을해자병용한글활자 4점은 구리 79.75~82.38%, 주석 8.62~9.16%, 납 6.84~9.16%, 아연 0.87~1.23%로 구리, 주석, 납이 주성분인 3성분계 청동이다. [C]그룹에 속하는 1점(E-15)은 구리 76.27%, 주석 19.20%, 납 2.19%, 아연 0.56%로 구리, 주석이 주성분인 2성분계 청동이다. 구리와 주석의 함량에서 각 그룹 간 확실한 차이가 나타난다. [A], [B], [C]그룹 순으로 구리 함량이 낮아지고 [B]그룹의 주

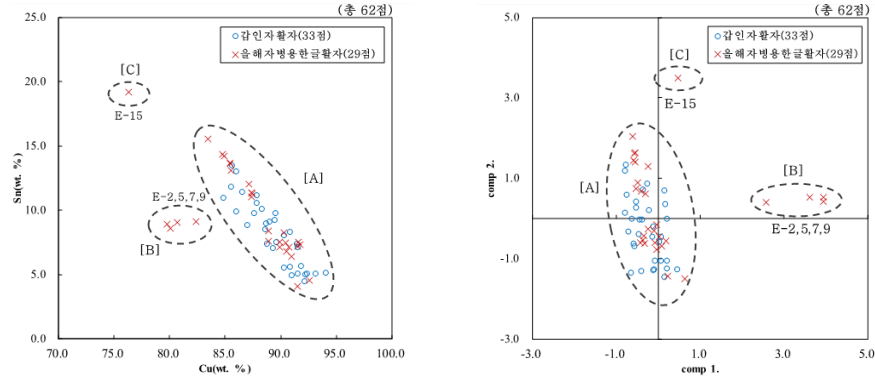


석 함량은 [A]그룹의 범주에 속하나 [C]그룹의 주석 함량이 상대적으로 높은 것이 특이하다.

주성분분석법으로 통계분석을 실시한 결과는 다음과 같다<sup>[도3(b)]</sup>. 구리-주석 함량 그래프와 마찬가지로 세 그룹으로 구분되며 각 그룹에 속하는 개체는 구리-주석 함량 그래프와 동일하다. [A]그룹과 [B]그룹이 분류되는 요인으로선 앞서 구리 함량을 확인하였으나 [A]그룹의 아연 함량이 0.14~0.45%, 납 함량이 0.04~3.52%, [B]그룹의 아연 함량이 0.87~1.23%, 납 함량이 6.84~9.16%로 아연과 납 또한 분류 요인 중 하나임을 알 수 있다. [B]그룹의 아연 함량은 재활용 등에 따른 의도치 않은 아연의 혼입으로 보인다. 특정 시기를 전후하여 아연의 의도적인 첨가가 시작되었다는 연구 결과가 있으므로 아연의 함량은 주조 시기를 구분 지을 수 있는 중요한 요인이다<sup>[22],[23],[24],[25]</sup>. [C]그룹은 납과 아연의 함량이 각각 2.19%, 0.56%로 [A]그룹의 납, 아연 함량과 유사한 값을 가지나 구리의 함량이 낮고 주석의 함량이 높아 통계분석 상에서 분류되는 결과가 나타났다.

정리하자면 갑인자활자는 33점 모두 동일 그룹으로 분류되어 함께 주조되었을 것으로 추정한다. 을해자병용한글활자 중 [A]그룹에 속하는 24점은 유사한 함량을 가지므로 함께 주조되었을 것으로 판단한다. 다만 함량 차이가 나타나는 [B], [C]그룹의 을해자병용한글활자 존재는 활자의 재활용 또는 을해자병용한글활자 29점이 모두 함께 주조되지 않았을 가능성을 시사한다. 기존 연구에서 을해자병용한글활자 대부분이 속한 [A]그룹의 활자 일부가 능엄경언해와 두시언해에 사용한 활자임을 확인하였기에 본 연구 대상인 을해자병용한글활자는 1461년 무렵에 제작되었을 가능성이 높다<sup>[3]</sup>. 더불어 뒷면 홈 형태가 29점 모두 삼각 터널홈~평저형으로 유사하기에 대부분 함께 제작되었을 수 있으나 을해자병용한글활자는 1461년 능엄경언해를 간행할 때 이외에도 1588년(선조 21)부터 3년간 출판한 경서국역본(經書國譯本) 등에서도 사용되었고 1573년(선조 6) 을해자활자의 보주(補鑄)가 있었기에 을해자병용한글활자도 함께 보주되었을 가능성이 있다. 그러므로 함량 차이를 보이는 일부 활자들은 1461년에 함께 제작되지 않고 그 이후에 제작되었거나 주조 시 기존 활자를 재활용하여 제작되었을 수 있기에 정확한 제작 시기를 언급하기 어렵다.





도3. 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 조성성분과 통계분석 결과 그래프



































(a) Cu-Sn 성분 함량  
그래프  
(b) 주성분분석 그래프

표3. 갑인자활자, 을해자병용한글활자의 주성분분석에 따른 요인적재값 및 공통성

성분	주성분 요인적재값		공통성
	1	2	
Cu	-0.514	-0.847	0.982
Sn	-0.141	0.989	0.999
Pb	0.954	-0.084	0.918
Zn	0.899	0.224	0.858

표4. 갑인자활자의 비중 및 성분 분석 결과(33점)

연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진	형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe		
1	G-1	9.82	7.32	88.93	9.19	1.35	0.15	0.02		사각흙 (大)
2	G-2	8.06	7.44	85.97	13.04	0.40	0.15	0.15		사각흙 (大)
3	G-3	9.03	8.63	86.99	8.87	3.27	0.18	0.04		사각흙 (大)
4	G-4	9.41	7.69	90.28	8.13	1.16	0.16	0.03		사각흙 (大)
5	G-5	10.61	8.03	87.56	9.80	2.10	0.15	0.02		사각흙 (大)
6	G-6	10.23	7.99	92.13	4.55	2.78	0.19	0.01		십자흙 (大)
7	G-7	11.15	8.27	93.12	5.12	0.98	0.18	0.03		사각흙 (大)

연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진		형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe			
8	G-8	10.11	8.02	90.93	4.97	3.52	0.24	0.03			사각흙 (大)
9	G-9	9.75	8.33	85.58	13.56	0.41	0.16	0.02			사각흙 (大)
10	G-10	10.85	6.95	86.54	11.47	1.49	0.19	0.01			사각흙 (大)
11	G-11	10.85	8.72	88.71	7.46	2.85	0.15	0.05			사각흙 (大)
12	G-12	10.47	8.54	90.77	5.65	2.74	0.16	0.03			사각흙 (大)
13	G-13	9.80	7.81	89.44	9.32	0.69	0.15	0.02			사각흙 (大)
14	G-14	8.64	8.65	89.57	7.58	1.96	0.19	0.04			십자흙 (大)
15	G-15	10.42	8.56	92.18	5.07	2.03	0.17	0.02			사각흙 (大)
16	G-16	10.26	7.87	91.39	7.41	0.68	0.16	0.03			사각흙 (大)
17	G-17	8.55	7.04	91.48	7.17	0.81	0.15	0.02			사각흙 (大)
18	G-18	5.92	7.19	94.06	5.20	0.25	0.18	0.02			사각흙 (小)
19	G-19	5.39	8.06	87.83	11.24	0.41	0.15	0.02			사각흙 (小)
20	G-20	5.90	8.42	91.47	5.10	2.66	0.24	0.04			사각흙 (小)
21	G-21	5.04	8.22	84.81	10.98	3.26	0.16	0.02			둥근 터널흙 (小)
22	G-22	9.93	8.03	92.35	5.09	1.70	0.23	0.03			사각흙 (大)
23	G-23	12.13	8.68	91.81	5.74	1.45	0.28	0.07			사각흙 (大)









































































연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진		형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe			
24	G-24	9.29	8.24	85.94	9.93	3.15	0.18	0.03			십자흠 (大)
25	G-25	8.67	7.70	88.27	10.13	1.12	0.15	0.02			사각흠 (大)
26	G-26	10.41	8.20	90.26	5.60	3.28	0.15	0.02			사각흠 (大)
27	G-27	9.31	7.44	87.77	10.64	1.12	0.15	0.02			사각흠 (大)
28	G-28	9.60	7.48	89.46	9.82	0.17	0.15	0.02			사각흠 (大)
29	G-29	9.49	8.42	88.67	9.05	1.48	0.15	0.03			십자흠 (大)
30	G-30	10.33	7.36	85.53	11.85	2.14	0.14	0.02			사각흠 (大)
31	G-31	10.31	8.53	89.30	7.12	2.66	0.16	0.18			사각흠 (大)
32	G-32	9.83	8.13	88.61	8.58	2.42	0.15	0.01			십자흠 (大)
33	G-33	10.14	7.75	90.78	8.39	0.32	0.16	0.02			사각흠 (大)

표5. 을해자병용한글활자의 비중 및 성분 분석 결과(29점)

연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진		형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe			
1	E-1	3.90	8.76	90.42	7.53	0.24	0.33	0.95			평저형
2	E-2	4.54	8.82	80.08	8.62	9.16	1.21	0.32			얇은 터널홈
3	E-3	5.77	8.72	90.75	7.17	1.04	0.36	0.11			삼각 터널홈
4	E-4	4.81	8.21	91.71	7.37	0.10	0.34	0.12			삼각 터널홈
5	E-5	5.72	8.41	82.38	9.16	6.84	0.87	0.15			삼각 터널홈
6	E-6	5.51	8.81	87.31	11.05	0.77	0.33	0.10			삼각 터널홈
7	E-7	4.81	8.83	80.68	9.08	8.13	1.21	0.31			얇은 터널홈
8	E-8	4.49	8.21	87.33	11.39	0.07	0.31	0.07			평저형
9	E-9	4.46	8.86	79.75	8.97	9.10	1.23	0.31			평저형
10	E-10	3.06	8.33	89.87	7.60	1.53	0.35	0.10			평저형
11	E-11	3.98	8.32	87.42	11.35	0.44	0.33	0.08			평저형
12	E-12	4.52	7.59	91.60	7.55	0.04	0.38	0.06			얇은 터널홈
13	E-13	3.66	7.61	84.85	14.29	0.12	0.32	0.05			평저형

연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진		형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe			
14	E-14	4.69	7.95	85.43	13.74	0.04	0.32	0.05			얇은 터널홈
15	E-15	3.58	7.87	76.27	19.20	2.19	0.56	1.45			평저형
16	E-16	3.66	8.42	85.43	13.64	0.12	0.32	0.06			평저형
17	E-17	4.87	7.67	88.87	7.66	1.35	0.28	0.08			삼각 터널홈
18	E-18	4.62	7.99	91.53	4.14	3.47	0.33	0.08			평저형
19	E-19	5.12	8.63	89.90	7.16	1.94	0.36	0.10			삼각 터널홈
20	E-20	4.78	7.78	84.77	14.36	0.12	0.33	0.06			얇은 터널홈
21	E-21	3.34	8.52	90.93	6.43	1.11	0.36	0.33			평저형
22	E-22	2.89	8.10	92.61	4.56	2.02	0.35	0.09			평저형
23	E-23	3.69	8.29	85.50	13.11	0.34	0.45	0.14			평저형
24	E-24	4.70	8.34	90.24	8.30	0.51	0.37	0.07			얇은 터널홈
25	E-25	5.11	8.57	88.88	8.40	1.40	0.33	0.29			삼각 터널홈
26	E-26	5.40	8.37	91.51	7.22	0.32	0.35	0.10			삼각 터널홈

연번	분석 번호	질량(g)	비중	원소 함량(wt.%)					현미경 사진	형태
				Cu	Sn	Pb	Zn	Fe		
27	E-27	5.29	7.53	87.13	12.04	0.07	0.35	0.07		삼각 터널홈
28	E-28	4.46	7.73	90.47	6.84	1.76	0.33	0.07		얇은 터널홈
29	E-29	5.14	7.54	83.46	15.58	0.11	0.31	0.04		삼각 터널홈

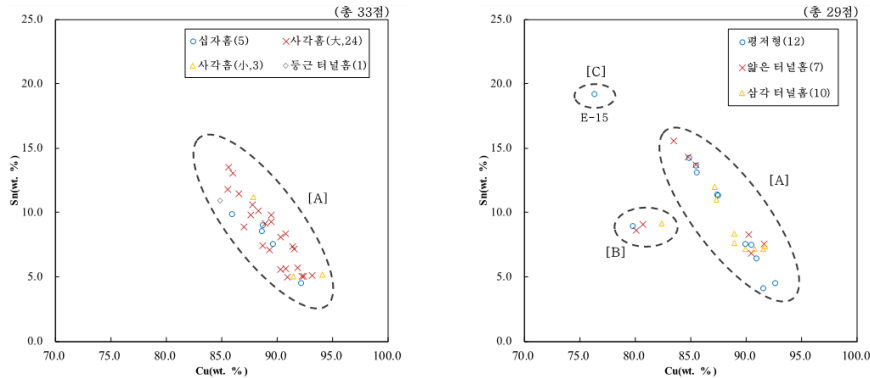
## 5. 고찰

### 5.1. 형태와 조성성분의 상관관계

활자의 뒷면 홈 형태와 조성성분의 상관관계를 알아보려고 한다. 형태가 다르므로 주조 방식의 차이가 있을 수 있기에 뒷면 홈 형태에 따라 조성성분을 확인하였다(도4).

갑인자활자는 십자홈, 사각홈, 둥근 터널홈으로 구분되며 이에 따른 구리와 주석 함량을 다음과 같이 도식화하였다<sup>[도4(a)]</sup>. 십자홈과 사각홈의 구리, 주석 함량이 구분되지 않으며 둥근 터널홈은 1점뿐이기에 경향성을 갖는 것으로 보기 어렵다. 그러므로 갑인자활자 33점의 형태와 조성성분 간의 상관관계는 확인되지 않는다.

을해자병용한글활자 29점은 삼각 터널홈, 얇은 터널홈, 평저형으로 구분되며 이에 따른 구리, 주석 함량을 다음과 같이 도식화하였다<sup>[도4(b)]</sup>. 앞서 확인하였듯 성분에 따라 크게 세 그룹으로 구분되는데 이런 경향을 뒷면 홈 형태와 연관짓기 어렵다. 각각의 홈 형태에 따라 성분이 구분되지 않으며, 특히 구리와 주석 성분 함량이 확연히 차이나는 [A]그룹과 [B]그룹은 평저형, 얇은 터널홈, 삼각 터널홈이 두 그룹 모두에서 확인되어 형태와 성분 간의 상관관계는 확인되지 않는다. 그러므로 형태에 따라 주조를 달리했을 가능성이 낮으며 앞서 활자의 형태에서도 확인하였듯 을해자병용한글활자의 얇은 터널홈과 평저형은 삼각 터널홈에서 점점 연마하여 나타나는 형태로 보는 것이 타당하다.



도 4. 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 뒷면 홈 형태에 따른 성분 그래프

## 5.2. 비중과 조성성분의 상관관계

활자의 조성성분에 따라 비중의 차이가 확인되나 주조 시 발생하는 여러 결함에 의하여 비중값은 영향을 받는다. 앞서 살펴보았던 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 조성성분에 따른 비중 차이를 확인해보고자 한다.

갑인자활자는 33점은 비중의 편차가 큰 편이므로 성분의 차이가 있을 것으로 예상되었으나 성분 분석에서 동일 그룹으로 분류되었다. 유사한 조성성분을 갖는 개체를 대상으로 비중 차이를 알아보기 위해 비중이 가장 낮은 1점(G-10)과 성분이 유사한 1점(G-19)을 비교해보았다. 1점(G-10)의 비중은 6.95로 구리 86.54%, 주석 11.47%이다. 다른 1점(G-19)은 구리 87.83%, 주석 11.24%이고 비중은 8.06으로 1점(G-10)과 비중값이 1.0 이상 차이 난다. 성분이 유사하나 비중값의 차이가 나는 것으로 보아 활자의 부식 또는 내부 결함을 그 원인으로 판단한다. 직접적인 내부 확인이 어려우나 표면 부식이 비중에 영향을 미칠 정도로 진행되지 않아 주조 당시 생성된 내부 수축공이나 기공의 영향이 큰 것으로 추정한다.

을해자병용한글활자 중에서 성분 분석 [B]그룹에 속하는 4점(E-2,5,7,9)은 납(비중: 11.34)의 함량이 높기 때문에 비중값이 높을 것으로 예상되었으며 실제 비중값은 8.41~8.86으로 평균보다 높게 나타났다. [C]그룹에 속하는 1점(E-15)은 구리(비중: 8.93)의 함량이 가장 낮기에 비중값이 낮을 것으로 예상되었으며 실제 7.87로 비중이 측정되어 예상한 바와 동일하게 나타났다. 다만 7.53의 비중을 갖는 1점(E-27)은 1점(E-15)보다 구리의 성분이 높으나 비중이 낮아 부식 또는 활자 내부의 기공 등으로 인한 것으로 판단한다. 을해자병용한글활자는 표면의 부식 상태가 양호하므로 기공 등의 영향이 더 클 것으로 생각한다. 다만 이러한 활자 내부 상태를 확인하기 위해서는 향후 X선투과촬영이나 CT 등 추가 분석을 통하여 명확한 확



(a) 갑인자활자 그래프  
(b) 을해자병용한글활자 그래프



인이 필요하다.

### 5.3. 조선 전기와 후기 주조 활자 비교

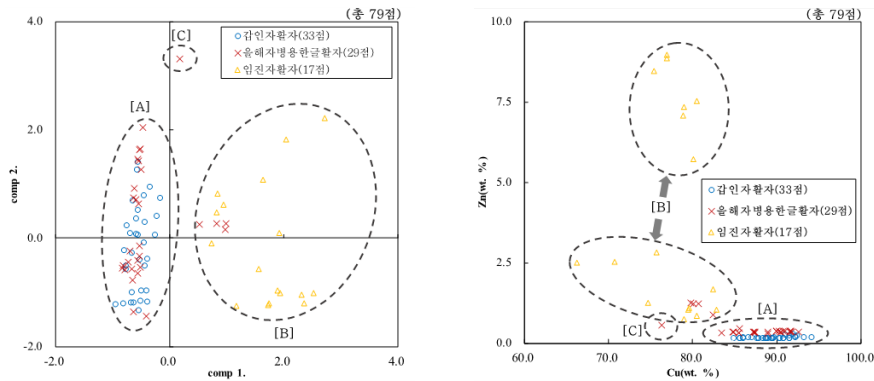
조선 전기 활자의 특성을 알아보기 위하여 선행 연구<sup>[9]</sup>된 조선 후기 임진자활자(오주五鑄 갑인자, 1772년 주조) 30점 중 납과 아연의 함량이 높은 특성을 갖는 17점을 대상으로 비교분석하였다<sup>[표6]</sup>. 구리, 주석, 아연, 납 등 4원소를 변수로 설정하여 주성분분석법(PCA)으로 통계분석하고 구리와 아연의 함량을 비교한 결과는 다음과 같다<sup>[도5]</sup>. 주성분분석의 누적 기여율은 86.84%로 통계분석의 신뢰도는 높은 편이고 요인적재값 및 공통성은 다음과 같다<sup>[표7]</sup>.

임진자활자 17점은 구리 66.20~82.83%, 주석 3.88~14.64%, 납 5.37~16.47%, 아연 0.73~8.96% 범위에 속한다. 주성분분석 결과, 앞서 성분 분석에서 분류한 것과 동일하게 그룹이 형성되었으며, [A]그룹은 갑인자활자 33점과 을해자병용한글활자 24점이, [B]그룹은 임진자활자 17점과 을해자병용한글활자 4점, [C]그룹은 을해자병용한글활자 1점으로 구분되었다<sup>[도5(a)]</sup>. 이렇게 구분된 요인으로는 갑인자활자와 을해자병용한글활자에 비하여 임진자활자는 주석의 함량이 비슷하나 구리의 함량이 낮고 납과 아연의 함량이 높기 때문이다. 그리고 을해자병용한글활자 4점과 함께 임진자활자가 함께 [B]그룹으로 분류되었으나<sup>[도5(a)]</sup> 아연의 함량은 비교적 임진자가 높다<sup>[도5(b)]</sup>. 이를 통하여 조선 전기 활자인 갑인자와 을해자병용한글활자, 조선 후기 활자인 임진자는 구리, 납, 아연 성분의 함량에 따라 구분되어 조선 전, 후기 활자 구분의 가능성을 확인하였다. 이러한 분류 방식의 타당성을 검토하기 위하여 앞으로 다양한 조선 금속활자의 분석이 필요하다. 더불어 갑인자활자가 조선 전기에 제작된 을해자병용한글활자와 같은 그룹으로 분류된 것으로 보아 본 연구 대상으로 선택한 갑인자는 앞서 초주갑인자 간행본의 활자와 동일하여 조선 전기에 제작된 초주갑인자활자로 추정된 서지학적 결과<sup>[20]</sup>와 성분 분석 결과가 일치함을 확인하였다. 그리고 임진자활자는 구리와 아연 성분함량 그래프<sup>[도5(b)]</sup> 상에서 아연 함량이 약 3% 미만인 개체와 약 5% 이상인 개체로 구분된다. 을해자병용한글활자와 마찬가지로 활자의 재활용 또는 주조 시기가 다를 가능성을 배제할 수 없다.

그리고 분류 요인 중 하나인 아연의 함량에 대하여 고찰해보았다. 국내의 아연 제련 시기는 현재까지 명확히 밝혀진 바 없으나 다양한 유물의 연구를 통하여 아연 합금의 대량생산이 본격적으로 활성화되는 시기는 17세기 이후로 추정한다<sup>[22],[23],[24],[25]</sup>. 조선 후기에 이르러서야 동합금의 아연 함량이 급증했기 때문에 이와 같은 경향이 금속활자에서도 동일하게 나타난 것으로 보인다. 임진자활자가 주조된 18세기는 아연이 어느 정도 보편화된 시점이기에 활자 동합금에 혼입되었을 가능성

이 높다. 다만 활자의 재활용 과정에서 의도치 않은 아연의 첨가가 있을 수 있기에 단순 아연의 함량만으로 금속활자 제작시기를 구분하는 것은 신중해야 한다. 따라서 다량의 활자 조성성분과 통계분석으로 경향성을 도출해 내는 것이 제작시기 구분에 큰 의의를 갖는다.

국립중앙박물관에 소장된 활자는 약 82만자이고 이 중에서 금속활자는 약 50만자에 해당한다. 본 연구에서는 조선 전기 활자의 성분 특성을 확인하였고 선행연구와 함께 통계분석을 활용하여 조성성분에 따른 조선 전, 후기의 활자 분류의 가능성을 확인하였다. 다만 개체가 전기 활자 2종류, 후기 활자 1종류로 한정되었기에 보다 명확한 분류 체계를 얻기 위하여 현재까지 미확인된 다량의 활자 성분 분석이 필요성이 제기된다.



도5. 갑인자활자, 을해자병용한글활자, 임진자활자의 조성성분과 통계분석 결과 그래프



(a) 주성분분석 그래프  
(b) Cu-Zn 성분 함량  
그래프

표6. 갑인자활자, 을해자병용한글활자, 임진자활자의 주성분분석에 따른 요인적재값 및 공통성

성분	주성분 요인적재값		공통성
	1	2	
Cu	-0.902	-0.431	0.999
Sn	-0.019	0.988	0.977
Pb	0.887	0.002	0.787
Zn	0.802	-0.261	0.711

표 7. 임진자활자의 비중 및 성분 분석 결과(17점)

연번	분석 번호	비중	원소 함량(wt.%)				
			Cu	Sn	Pb	Zn	Fe
1	I-3	8.35	80.46	6.09	5.37	7.51	0.50
2	I-6	8.64	82.42	8.21	7.48	1.66	0.14
3	I-7	8.75	78.96	5.63	14.55	0.73	0.06
4	I-9	8.66	80.49	9.71	8.79	0.83	0.11
5	I-10	8.70	75.70	8.41	12.91	2.81	0.09
6	I-11	8.42	80.01	5.48	8.18	5.72	0.49
7	I-12	8.77	79.53	10.16	9.05	1.07	0.09
8	I-15	8.65	79.46	10.88	8.27	1.03	0.20
9	I-18	8.38	74.64	11.18	12.76	1.23	0.11
10	I-21	7.93	75.34	6.50	8.39	8.45	1.23
11	I-23	8.42	82.83	3.88	12.24	1.02	0.07
12	I-24	8.71	70.71	13.83	12.53	2.51	0.31
13	I-25	7.98	76.87	6.28	6.89	8.96	0.92
14	I-26	8.72	66.20	14.64	16.47	2.50	0.11
15	I-27	8.17	76.86	6.80	6.72	8.85	0.69
16	I-29	8.63	78.91	6.82	6.50	7.33	0.34
17	I-30	8.72	78.79	6.50	7.21	7.06	0.34

\*임진자활자의 비중 및 성분 분석 결과는 [9]를 참고함

## 6. 결론

국립중앙박물관 소장 갑인자활자 33점과 을해자병용한글활자 29점에 대하여 형태 조사, 비중 측정, 조성성분 분석과 통계분석 등을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 갑인자활자는 대, 소자가 확인되며 뒷면 형태는 크게 십자홈, 사각홈, 둥근 터널홈이다. 십자홈과 사각홈의 세로 길이와 높이가 같으므로 함께 조판이 가능했음을 알 수 있다. 을해자병용한글활자는 소자이며 뒷면 홈 형태는 크게 평저형, 얇은 터널홈, 삼각 터널홈이다. 활자의 높이와 무게, 연마흔을 고려했을 때, 삼각 터널홈에서 점점 연마하여 얇은 터널홈, 평저형으로 형태가 변화한 것으로 추정한다. 이러한 활자의 크기와 뒷면 형태는 조판 방식, 사용 빈도와 연관있다.

2. 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 비중 측정 결과, 활자 간의 차이가 크지 않아 조성 성분이 비슷할 것으로 보인다. 두 활자 모두 편차가 큰 편이고 이러한 현

상은 부식 또는 주조 시 생성된 내부 결함(수축공 또는 기공)으로 추정한다.

3. 갑인자활자와 을해자병용한글활자의 조성성분 분석 및 통계분석 결과, 크게 세 그룹으로 분류되며 [A]그룹의 갑인자활자 33점과 을해자병용한글활자 24점은 구리, 주석이 주성분인 2성분계 청동이다. [B]그룹의 을해자병용한글활자 4점 (E-2,5,7,9)은 구리, 주석, 납이 주성분인 3성분계 청동, [C]그룹의 을해자병용한글활자 1점(E-15)은 구리, 주석이 주성분인 2성분계 청동이다. [B]그룹의 주석 함량은 [A]그룹의 주석 함량 범위에 속하나 구리의 함량이 낮고 납과 아연의 함량이 높다. [C]그룹은 [A]그룹과 납, 아연 함량이 유사하나 주석 함량이 높고 구리 함량이 낮은 것이 특징이다. 갑인자활자 33점의 성분이 모두 유사하게 확인되어 동일 시기에 주조된 것으로 추정되나 을해자병용한글활자는 함량의 차이가 나타나기에 활자의 재활용 또는 제작 시기가 다를 가능성이 존재한다.

4. 뒷면 홈 형태와 조성성분의 상관관계를 확인한 결과, 갑인자활자 33점은 뒷면 홈 형태에 따라 성분의 차이가 확인되지 않는다. 을해자병용한글활자 29점도 마찬가지로 상관관계가 확인되지 않으며 이러한 조성성분의 경향에 따라 형태마다 주조

## 참고문헌

1. 국립중앙박물관 역사부, *한글금속활자*, *국립중앙박물관 소장 역사자료총서 IV*, 국립중앙박물관, 서울, (2006).
2. 이재정, *활자의 나라*, *조선*, p9-15, p20-27, p58-65, 국립중앙박물관, 서울, (2016).
3. 이재정, 유혜선, 국립중앙박물관 소장 한글금속활자의 고증 및 성분분석, *서지학연구* **37**, p123-164, (2007).
4. 이재정, 국립중앙박물관 소장 활자에 대한 일고찰, *서지학연구* **29**, p311-343. (2004).
5. 이재정, 국립중앙박물관 소장 한글 활자 연구, *서지학연구* **31**, p89-120, (2005).
6. 이재정, 국립중앙박물관 소장 한글 금속활자의 특징, *한글금속활자*, p236-251, 국립중앙박물관, 서울, (2006).
7. 이재정, 국립중앙박물관 소장 무신자병용 한글 금속활자 고증, *서지학연구* **44**, p385-408, (2009).
8. 유혜선, 국립중앙박물관 소장 한글 금속활자의 과학적 분석, *한글금속활자*, p252-263, 국립중앙박물관, 서울, (2006).
9. 이재정, 유혜선, 국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석, *서지학연구* **33**, p145-166, (2006).
10. 국립문화재연구소, 문화재보존과학센터, *금속활자 과학적 조사*, p302-321, 대전, (2016).
11. 강순애, 조선조 한글 활자 판본을 통해 본 활자주조법의 기술적 발전에 관한 고찰, *서지학연구* **39**, p31-68, (2008).
12. 김성수, 조선 후기의 금속활자 주조방법에 관한 연구, *서지학연구* **39**, p113-137. (2008).
13. 윤용현, 조남철, 이병훈, 밀랍을 이용해 주조된 금속활자와 거푸집의 재료학적 특성, *서지학보* **39**, p369-388, (2012).

를 달리하지 않은 것으로 보인다.

5. 비중과 조성성분의 상관관계를 확인한 결과, 두 활자 모두 상관관계가 확인되지 않는다. 성분이 유사하더라도 비중값의 차이가 나는 이유는 주조 당시 발생한 수축공 또는 기공의 영향으로 추정한다. 이를 확인하기 위하여 X선투과촬영이나 CT 등의 추가 연구가 필요하다.

6. 선행 연구에서 분석한 조선 후기 임진자활자 17점의 조성성분을 갑인자활자, 을해자병용한글활자와 함께 통계분석하였다. 조선 전기에 제작한 갑인자활자, 을해자병용한글활자와 조선 후기에 제작한 임진자가 다른 그룹으로 분류되었다. 구리, 납, 아연의 함량이 가장 큰 분류 요인으로 확인되며 조선 후기로 갈수록 구리의 함량이 낮아지고 납과 아연의 함량이 높아지는 경향을 보인다. 이러한 경향은 조선 후기에 이르러서 아연의 사용량이 급증했기에 활자에도 동일한 시대적 특성이 반영된 것으로 보인다. 또한 임진자활자의 아연 함량에 따라 구분되는데, 재활용 과정 등에서 혼입되었거나 의도적 첨가 등에 따라 함량의 차이가 생긴 것으로 판단한다.

14. 박학수, 인베스트먼트 주조법에 의해 제작된 조선시대 금속활자의 주형재료, *대한금속재료학회지* **48(6)**, p551-556, (2009).
15. 박학수, 밀랍주조로 제작된 고 금속활자에 관한 연구, 한양대학교 대학원 재료공학과, 박사학위논문, p5-24, (2010).
16. 옥영정, 한글 금속활자 복원을 위한 주조 및 조판 실험 연구, *서지학연구* **38**, p347-376, (2007).
17. 이희재, 백운화상초록직지심체요절과 조선 초기 활자 인쇄 문화, *서지학연구* **28**, p99-136, (2004).
18. 윤용현, 조선왕실 주조 금속활자 복원활자의 과학 분석, *서지학연구* **38**, p227-246, (2007).
19. 윤용현, 조남철, 이승철, 조선왕실 주조 청동활자의 복원과 과학적 분석, *보존과학회지* **25(2)**, p207-217, (2009).
20. 국립중앙박물관, 한글활자로 처음 펴낸 석보상절과 조선 전기 갑인자로 추정되는 금속활자 공개, [https://www.museum.go.kr/site/main/archive/post/article\\_17852](https://www.museum.go.kr/site/main/archive/post/article_17852), (2021).
21. 한국주조공학회, *국제 주물결합 도해집*, p67-121, 원창출판사, 인천, (2001).
22. 노태천, 한국고대 청동기에 포함된 아연성분에 대하여, *한국고대사연구* **3**, p21-29, (1998).
23. 이찬희, 조영훈, 전병규, 마곡사 오층석탑 상륜부 금동보탑의 재질특성과 조성시기 해석, *백제문화* **52**, p47-69, (2015).
24. 장수비, 조남철, 강형태, 조선시대 상평통보의 성분 조성과 미세조직을 통한 재료학적 특성 연구, *보존과학회지* **31(3)**, p319-330, (2015).
25. 허일권, 김해술, 국내 소형총통류의 형태 변화와 제작 기술, *조선무기 조사연구보고서 I : 소형화약무기*, p406-441, 국립진주박물관, 진주, (2019).