

# 국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석

A Scientific Analysis of Metal Types in the Collection of  
the National Museum of Korea

이 재 정(Lee, Jae-Jeong)\*

유 해 선(Yu, Hei-Sun)\*\*

## ◁ 목 차 ▷

- |            |                             |
|------------|-----------------------------|
| 1. 서 론     | 5. 동활자의 비중값과 성분조성에<br>관한 고찰 |
| 2. 분석대상 활자 | 6. 결 론                      |
| 3. 분석방법    | <참고문헌>                      |
| 4. 분석결과    |                             |

## < 초 록 >

國立中央博物館에서 소장하고 있는 중요 金屬活字인 壬辰字, 整理字, 韓構字, 鐵活字  
각 30개에 대해 비중측정 및 XRF 분석을 실행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 1) 금속활  
자의 성분조성에 의한 분류와 비중값의 분포패턴을 비교해 본 결과 같은 활자끼리는 대부  
분 동일한 양상을 보이고 있으나 제작과정 중 중금속의 편석이나 기포의 유입 등과 같은  
요인에 의하여 반대의 양상을 나타내는 경우도 있었다. 2) 동활자인 임진자는 Zn 함량의  
다소에 따라 두 가지 종류로 구분이 되었으며, 정리자는 Zn, Ni의 유무에 따라 세 가지  
종류로 구분이 되었고, 한구자는 2개의 활자를 제외하면 모두 동일한 결과를 나타내고  
있는 것으로 분석되었다. 3) 철활자의 분석결과 As의 함유량이 매우 높은 특징을 보였다.  
또 활자마다 비중값의 편차가 큰 것으로 보아 재료가 정련되지 않았고, 숙련된 기술에  
의하여 제작된 것이 아닐 가능성이 매우 높을 것으로 여겨진다. 이러한 분석결과는 향후  
국립중앙박물관 소장 금속활자의 세부적인 분류와 금속활자 복원 등에 중요한 참고자료  
가 될 것이다.

要語 : 國立中央博物館, 金屬活字, 比重測定, XRF分析

\* 국립중앙박물관 학예연구사(jjlee63@museum.go.kr)

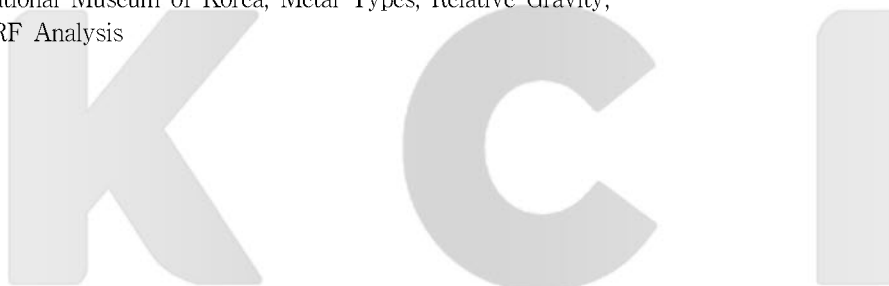
\*\* 국립중앙박물관 문화재분석 담당(consrv2@museum.go.kr)

접수일: 2006년 5월 8일 최초심사일: 2006년 5월 10일 심사완료일: 2006년 6월 16일

<ABSTRACT>

In this study, using XRF analysis, measured are the relative gravity and the composition ratios of elements of four different metal types, that is, Imjinja(壬辰字), Jeongrija(整理字), Hanguja(韓構字), and iron types, all of which the National Museum of Korea holds. Major findings are as follows: 1) As a result of classifying metal types by the composition of elements, and comparing their distribution patterns, it was found that the identical patterns were observed in the same types, but sometimes the opposite patterns were caused by such factors as the influx of heavy metal scraps or foams during manufacture process. 2) Thirty sample characters of Imjinja, the copper type, were divided into two kinds by Zn content. Thirty sample characters of Jeongrija were divided into three kinds, depending on the existence of Zn, Ni. Except for only two characters, sample characters of Hanguja also showed the same result in all. 3) An analysis of iron types showed that they contained a high percentage of As, and considered that the deviation of relative gravity value varies by types, it can be presumed that the materials were not refined, and they were not produced by highly skilled technology. Findings from this study could be used as important reference data for the detailed classification and the restoration of metal types owned by the National Museum of Korea.

Key words : National Museum of Korea, Metal Types, Relative Gravity,  
XRF Analysis



## 1. 서론

우리나라는 세계 최초로 금속활자를 만든 활자의 대국임을 자처해왔다. 하지만 금속활자와 관련된 연구는 아직 해명해야 할 과제가 많은 실정이며 지금까지 현존하는 활자에 대한 과학적 성분 분석도 제대로 이루어지지 않았다. 몇몇 금속활자의 구성 성분과 관련된 자료가 나와 있기는 하지만 이들 자료의 근거가 되는 구체적인 시료나 분석 방식에 대해 제대로 알려진 것이 없다.<sup>1)</sup> 이에 국립중앙박물관에서는 소장하고 있는 중요 금속활자에 대한 비중측정 및 성분 분석을 실행하였다. 이는 향후 금속활자의 복원에 중요한 참고자료가 될 수 있을 것이며, 중앙박물관 소장 활자의 구체적 분석 및 고증을 위한 하나의 기준이 될 수 있을 것이다.

## 2. 분석대상 활자

국립중앙박물관에는 조선총독부참사관분실과 조선총독부박물관을 거쳐 들어온 다량의 활자가 소장되어 있다.<sup>2)</sup> 이 중 금속활자는 약 50만자에 달하며 그 속에는 임진자, 현종실록자, 정리자, 한구자, 철활자 등이 포함되어 있다.<sup>3)</sup> 이번 분석에서는 이 가운데 임진자, 정리자, 철활자의 대자와 한구자를 분석대상으로 하였다. 이 활자들에 대해 지금까지 알려진 주조 연대는 다음과 같다.

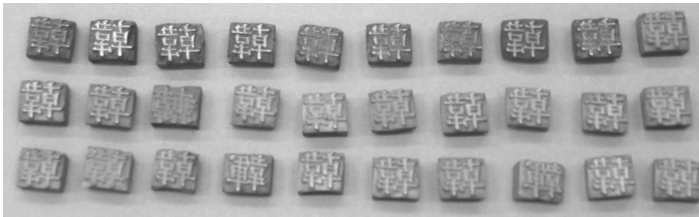
- 임진자 : 영조 48년(1772) 정조가 세손으로 있을 때 주조를 명한 활자로 세종 16년(1434) 만든 갑인자를 자본으로 다섯 번째로 만든 활자이다.

1) 손보기, 「(새판)한국의 고활자」, 서울: 보진재, 1982, 67-74에서 고려, 조선시대 몇 가지 금속활자의 성분분석 결과를 수록하였다. 하지만 분석대상 활자의 실체가 불분명하며, 어떤 방식으로 분석하였는지를 밝히지 않은 것도 있어 이 자료를 100% 신빙하기는 어렵다.  
2) 국립중앙박물관에서 소장하고 있는 활자에 대한 전반적인 소개는 이재정, “國立中央博物館 所藏 活字에 대한 일고찰,” 『書誌學研究』 제29집(2004. 12), 311-323. 참조.  
3) 이 외에도 한글금속활자가 있으며(이재정, “국립중앙박물관 소장 한글활자 연구,” 『書誌學研究』 제31집(2005. 9), 89-120. 참조) 일부 활자는 아직 활자의 성격이 제대로 고증되지 않았다.

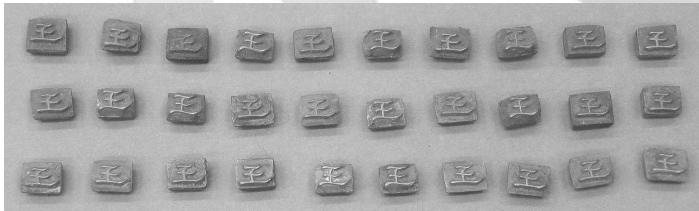
- 정리자 : 정조(재위: 1796) 처음 주조하였으며 철종 9년(1858) 다시 주조하였다.
- 한구자 : 숙종(재위: 1674~1720) 초년 김석주(金錫胄)가 처음 주조하였으며, 정조 6년(1782) 재주, 철종 9년(1858) 삼주하였다.
- 철활자 : 순조(재위 : 1800~1834) 때부터 고종(재위 : 1863~1907) 때까지 민간에서 족보, 문집 등을 편찬할 때 사용하던 활자를 궁중에서 사들이거나 차용하여 「선원속보(璿源續譜)」를 찍는 데 사용하였으며, 정확한 제작 연대에 대한 기록이 없다.



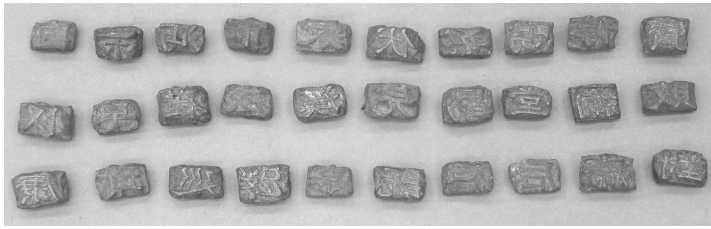
<사진 1> 임진자(而)



<사진 2> 정리자(韓, 韓, 韓)



<사진 3> 한구자(王)



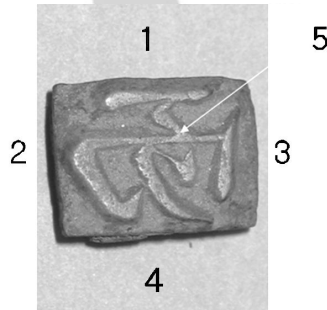
<사진 4> 철활자

본 분석에서는 이들 활자 중에서 각각 30개의 표본을 추출하여 분석대상 활자로 선정하였다(사진 1~4 참조). 이때 임진자, 정리자, 철활자는 모두 대자(大字)만 분석하였다. 임진자와 한구자는 동일한 글자인 이(而)와 왕(王)을, 정리자는 3가지 글자[한(韓), 위(韃), 운(韃)]를, 철활자는 모두 다른 글자를 선정하였다.

### 3. 분석방법

#### 3.1 세척 및 건조

위에서 선정한 금속활자 30점에 대하여 임의대로 번호(No. 1~30)를 부여하였고, 활자의 표면에 부착되어 있는 이물질들을 제거하기 위하여 증류수:에탄올(1:1) 혼합용액에 넣고 초음파로 세척한 다음 건조(105℃, 2시간)하였다. 다음으로 활자의 5단면(철활자는 2~3단면)을 비파괴 분석하였다. 5단면은 글자를 중심으로 상, 하, 좌, 우 및 글자면에 해당한다(사진 5). 철활자는 모양의 불규칙성으로 인하여 앞에서 언급한 5단면 중에서 가능한 2~3단면만을 측정하였다.



<사진 5> 활자의 5단면

### 3.2 비중측정<sup>4)</sup>

비중측정은 비중을 측정할 수 있는 디지털저울(PR503, METTLER TOLEDO, Korea, Ltd.)을 이용하였다. 먼저 세척 후 잘 건조시킨 금속활자의 무게를 측정한다. 다음 에탄올 용액 속에 침적시킨 상태에서 무게를 측정하였다. 그리고 아래 식에 대입하여 겉보기 비중을 계산하였다.

$$\text{비중} = \frac{W1}{W1 - W2} \times S$$

(W1: 공기중 시료무게, W2: 액체 중 시료의 무게, S: 액체비중)

### 3.3 X선-형광(XRF)분석

이동형 X선-형광분석기(ArtTAX  $\mu$ XRF spectrometer)를 이용하여 비파괴 분석을 수행하였다. 이때 사용한 콜리메이터의 직경은 650 $\mu$ m이었고, 빔과 시료와의 거리는 4mm, 전압은 50kV, 전류는 650 $\mu$ A, 분석시간은 200s의 조건에서 수행하였다. 동활자의 정량분석은 미국 NIST사에서 제조한 SN2(Cu 82.0%, Sn 14.0%, Pb 2.0%, Zn 0.5%, Ni 1.0%, Fe 0.1%, Mn 0.1%) 표준시료를 사용하여 100%로 normalization하였으며, 철활자는 정성분석하여 100%로 normalization 하였다.

## 4. 분석결과

### 4.1 비중값

네 종류의 금속활자에 대한 비중측정 값을 <표 1>에 수록하였고, 각 활자에

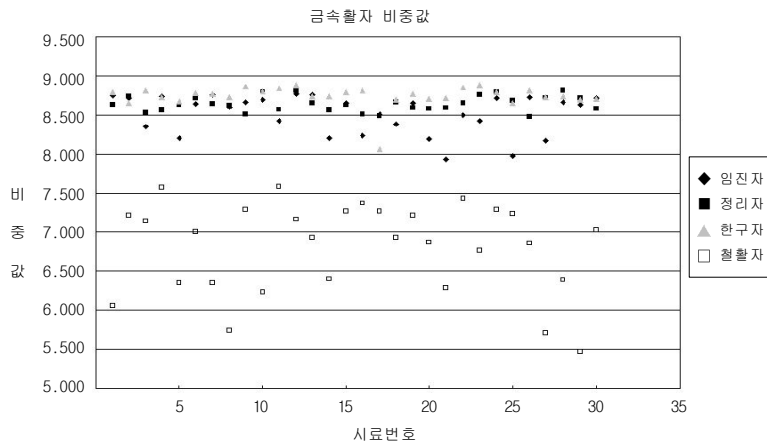
4) 금속활자의 비중을 측정함으로써 대략적인 성분비율을 예측할 수 있어, 성분분석 결과와 비교자료로 이용할 수 있다. 참고로 각 원소의 비중값을 살펴보면 Cu=8.93, Pb=11.34, Sn=7.285( $\beta$ ), 5.8( $\alpha$ ), Zn=7.140, Ni= 8.845, Fe=7.86, As=5.73이다.

따른 비중값의 변화분포를 <그림 1>에 나타내었다. 각 활자의 평균값은 <표 1>에서 보이는 바와 같이 동활자인 임진자 8.51, 정리자 8.64, 한구자 8.74이며, 철활자는 6.81의 비중값을 나타내고 있다. 그리고 각 활자의 비중분포는 <그림 1>에서 확인할 수 있는데, 그림에서 보는 바와 같이 동활자는 철활자에 비하여 비중이 월등히 크며, 비교적 비중값이 균일하게 나타나는 반면에 철활자의 경우는 균일하지 못한 비중 값을 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 활자의 성분조성 및 활자 내부의 상태, 즉 기포의 유무 등과 관련이 있을 것으로 판단된다.

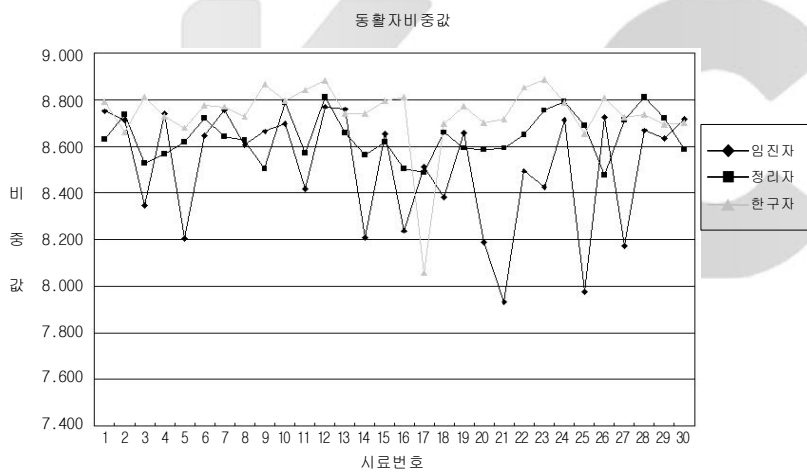
<표 1> 금속활자의 비중 측정값

활자번호	동 활 자			철활자
	임진자	정리자	한구자	
1	8.75	8.63	8.79	6.05
2	8.71	8.74	8.66	7.21
3	8.35	8.53	8.81	7.14
4	8.74	8.56	8.73	7.57
5	8.20	8.62	8.68	6.35
6	8.64	8.72	8.78	7.01
7	8.75	8.64	8.77	6.35
8	8.61	8.63	8.73	5.74
9	8.66	8.51	8.87	7.28
10	8.70	8.79	8.80	6.23
11	8.42	8.57	8.84	7.58
12	8.77	8.81	8.88	7.16
13	8.76	8.66	8.74	6.93
14	8.21	8.56	8.74	6.40
15	8.65	8.62	8.79	7.26
16	8.24	8.51	8.81	7.37
17	8.51	8.49	8.06	7.27
18	8.38	8.66	8.70	6.93
19	8.66	8.59	8.77	7.21
20	8.19	8.59	8.70	6.87
21	7.93	8.59	8.72	6.28
22	8.49	8.65	8.85	7.43
23	8.42	8.75	8.89	6.76
24	8.71	8.79	8.79	7.28
25	7.98	8.69	8.65	7.23
26	8.72	8.47	8.81	6.85
27	8.17	8.71	8.73	5.71
28	8.67	8.81	8.74	6.39

29	8.63	8.72	8.69	5.47
30	8.72	8.59	8.70	7.02
<b>평균값</b>	<b>8.51</b>	<b>8.64</b>	<b>8.74</b>	<b>6.81</b>



<그림 1> 금속활자의 비중분포도



<그림 2> 동활자의 비중분포도

각 활자별 비중의 특성을 자세히 살펴보고자 동활자의 비중분포를 <그림 2>에 나타내었으며, 각각의 특성은 아래와 같다.

- 임진자

<그림 2>에서 다이아몬드 도형(◆)이 연결된 선으로 나타내었다. 임진자는 다른 두 활자와 비교했을 때 비중값의 편차가 심한 것을 알 수 있었는데, 이와 같은 양상을 보이는 이유는 첫째, 임진자로 구분한 30개 활자의 성분조성이 크게 차이가 있거나, 둘째, 조성이 유사한 경우라면 활자 내부에 기포가 존재하여 상대적으로 비중값이 작게 나타났을 가능성을 예측해 볼 수 있다. 임진자 30개 중에서 비교적 비중이 작은 활자는 No. 3, 5, 11, 14, 16, 18, 20, 21, 23, 25, 27등 11점으로 확인되었으며, 비중이 작은 활자는 성분이나 제작과정에서 다른 활자와 다른 점이 있었을 것으로 추정된다.

- 정리자

<그림 2>에서 네모 도형(■)이 연결된 선으로 나타내었다. 정리자는 임진자에 비하여 비중의 편차가 작은 편이나, 활자 No. 2, 6, 10, 12, 23, 24, 28 등 7점은 비교적 비중이 크게 나타났다. 이와 같은 양상을 보이는 이유는 앞서도 언급한 바와 같이 활자의 성분조성이 크게 차이가 있거나, 만일 조성이 유사한 경우라면 활자 내부에 기포가 존재하여 상대적으로 작은 비중값을 나타내었을 가능성이 있다.

- 한구자

<그림 2>에서 삼각형 도형(▲)이 연결된 선으로 나타내었다. No. 17을 제외하면 큰 편차가 없이 비교적 일정한 비중값을 나타내고 있다.

## 4.2 금속활자의 성분

- 임진자

임진자로 구분한 30점의 5단면에 대한 평균 분석 값을 <표 2>에 수록하였다.

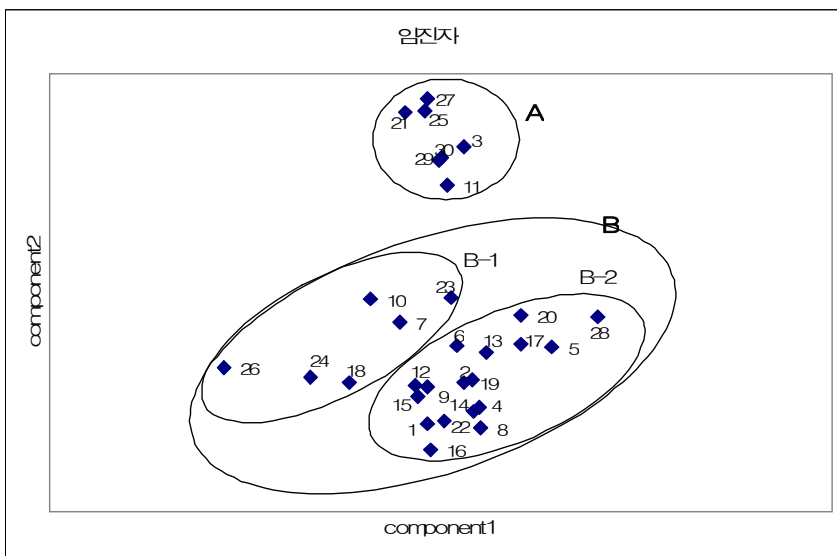
그리고 각 활자의 유사성을 확인하기 위하여 주성분분석법으로 통계 처리한 결과 <그림 3>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 임진자로 구분한 30점의 활자는 크게 두 개의 그룹(A, B)으로 구분이 되었는데, 이렇게 구분이 되는 가장 큰 원인은 Zn 함량의 높고, 낮음에 있다. 먼저 A그룹의 경우는 Cu 78.2%, Sn 6.35%, Pb 7.04%, Zn 7.70%의 평균값을 갖고 있으며, 30개의 활자 중에서 7개(No. 3, 11, 21, 25, 27, 29, 30)가 이 그룹에 속하였다. 다음으로 B그룹의 경우는 Cu 75.3~93.5%, Sn 2.5~14.6%, Pb 3.1~14.5%, Zn 0.2~2.8%로 A그룹에 비하여 각 성분원소가 다양한 값의 분포를 보이고 있으며, 두 개의 작은 그룹(B-1, B-2)으로도 구분이 가능하다. 이렇게 구분이 되는 원인은 Pb의 함유량의 높고, 낮음에 있다. 즉, B-1그룹의 경우는 Cu 74.84%, Sn 8.66%, Pb 13.58%, Zn 1.80%로 Pb의 함량이 10% 이상 많이 함유된 활자이며, B-2 그룹의 경우는 Cu 83.98%, Sn 8.78%, Pb 6.58%, Zn 0.82%로 B-1에 비하여 낮은 Pb의 함유량을 나타내고 있다.

<표 2> 임진자(30점)의 5단면에 대한 평균값

활자번호 \ 성분	Cu(%)	Sn(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
1	80.06	12.75	5.72	1.18	0.07
2	83.76	8.87	6.22	0.91	0.15
3	80.46	6.09	5.37	7.51	0.50
4	83.76	11.32	3.27	1.30	0.26
5	90.19	4.66	4.58	0.40	0.08
6	82.42	8.21	7.48	1.66	0.14
7	78.96	5.63	14.55	0.73	0.06
8	84.57	10.53	4.59	0.20	0.03
9	80.49	9.71	8.79	0.83	0.11
10	75.70	8.41	12.91	2.81	0.09
11	80.01	5.48	8.18	5.72	0.49
12	79.53	10.16	9.05	1.07	0.09
13	84.67	7.79	5.91	1.40	0.11
14	84.17	9.58	5.89	0.24	0.04
15	79.46	10.88	8.27	1.03	0.20
16	80.81	12.51	6.43	0.12	0.05

국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석

17	87.30	6.49	4.62	1.21	0.29
18	74.64	11.18	12.76	1.23	0.11
19	83.38	8.35	7.49	0.50	0.20
20	88.31	2.49	8.92	0.15	0.05
21	75.34	6.50	8.39	8.45	1.23
22	81.30	12.41	4.88	1.16	0.17
23	82.83	3.88	12.24	1.02	0.07
24	70.71	13.83	12.53	2.51	0.31
25	76.87	6.28	6.89	8.96	0.92
26	66.20	14.64	16.47	2.50	0.11
27	76.86	6.80	6.72	8.85	0.69
28	93.56	2.54	3.08	0.62	0.10
29	78.91	6.82	6.50	7.33	0.34
30	78.79	6.50	7.21	7.06	0.34



<그림 3> 임진자의 주성분분석법(PCA)에 의한 분류결과

• 정리자

정리자로 구분한 30점의 5단면에 대한 평균분석 값을 <표 3>에 수록하였다.

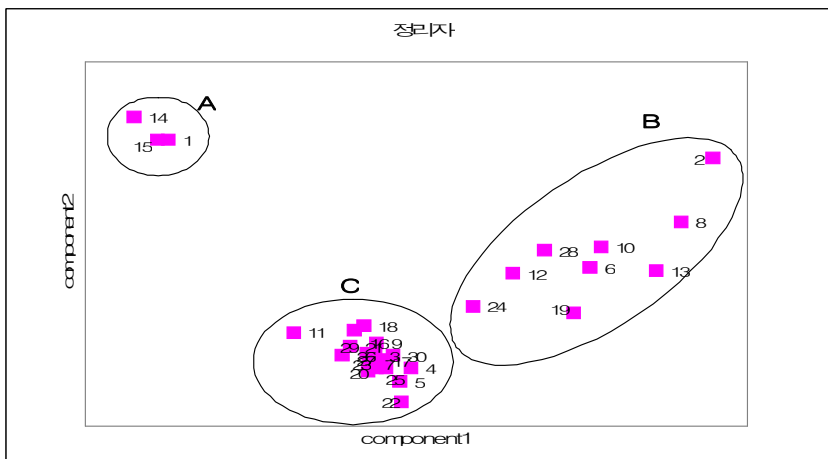
그리고 각 활자의 유사성을 확인하기 위하여 주성분분석법으로 통계처리한 결과 <그림 4>와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 결과에서 보이는 바와 같이 정리자는 크게 세 개의 그룹(A, B, C)으로 구분이 되었다. 먼저 A그룹의 경우는 Cu 71.6%, Sn 7.57%, Pb 12.7%, Zn 4.95%, Ni 2.18%의 평균값을 나타내고 있으며, 30개의 활자 중에서 3개(No. 1, 14, 15)가 이 그룹에 속하였다. 다음으로 B그룹의 경우는 30개의 활자 중에서 18개(No. 3, 4, 5, 7, 9, 11, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30)가 이 그룹에 포함되어 있다. Cu 78.2%, Sn 10.8%, Pb 6.25%, Zn 4.41%의 평균값을 나타내고 있으며, A그룹과 비교해 볼 때 Ni의 함량(0.2%이하)이 매우 낮은 것을 알 수 있었다. 마지막으로 C그룹의 경우는 30개의 활자 중에서 9개(No. 2, 6, 8, 10, 12, 13, 19, 24, 28)가 포함되어 있다. 앞의 두 그룹에 비하여 각 성분원소가 다양한 값의 분포를 보이고 있으며, Cu 69.9~77.9%, Sn 14.4~29.1%, Pb 0.64~6.9%, Zn 0.1~1.4%의 범위 값을 나타내고 있다. 즉 C그룹의 경우는 A그룹과 비교해 볼 때 Sn의 함량이 높고, Pb의 함량은 낮으며, Ni이 거의 함유되지 않은 특징을 보이고 있으며, B그룹과 비교해 보면 Zn의 함량이 1%내외로서 적은 양을 함유하고 있다. Ni은 우리나라 고대 금속에서 거의 찾아 볼 수 없는 원소인데, A그룹에 속하는 활자에서 검출되는 것은 특이한 점으로 여겨진다.

<표 3> 정리자(30점)의 5단면에 대한 평균값

활자번호 \ 성분	Cu(%)	Sn(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Ni
1	72.23	8.59	11.43	5.12	0.34	2.29
2	69.91	29.21	0.64	0.11	0.03	0.09
3	78.17	10.85	6.47	4.16	0.19	0.15
4	78.73	12.37	4.31	4.34	0.08	0.17
5	79.24	11.83	3.92	4.75	0.08	0.19
6	75.21	21.61	2.00	1.42	0.03	0.19
7	78.38	10.68	5.96	4.64	0.19	0.15
8	73.20	25.88	0.65	0.16	0.03	0.09
9	77.35	11.46	6.47	4.38	0.19	0.14
10	74.13	22.38	1.95	1.33	0.03	0.18

국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석

11	76.55	8.44	9.78	5.00	0.11	0.12
12	75.55	17.07	6.08	1.02	0.21	0.08
13	75.69	23.33	0.65	0.20	0.04	0.08
14	70.50	6.31	13.88	4.93	0.40	2.09
15	72.05	7.82	12.76	4.81	0.40	2.15
16	76.84	10.75	7.71	4.39	0.19	0.13
17	78.53	10.75	6.27	4.13	0.17	0.15
18	76.64	11.45	7.20	4.45	0.08	0.18
19	77.94	18.31	3.21	0.38	0.07	0.09
20	78.99	10.13	6.38	4.17	0.17	0.15
21	77.62	9.71	7.46	4.30	0.20	0.14
22	80.54	10.95	3.95	4.33	0.06	0.18
23	78.58	10.94	5.62	4.55	0.15	0.16
24	77.24	14.44	6.93	1.20	0.11	0.08
25	78.61	11.36	5.18	4.55	0.14	0.16
26	78.04	9.55	7.53	4.55	0.19	0.14
27	78.49	10.94	6.12	4.12	0.16	0.16
28	74.44	19.27	5.12	1.00	0.07	0.09
29	77.95	10.73	6.72	4.29	0.15	0.15
30	78.14	11.78	5.44	4.32	0.14	0.16



<그림 4> 정리자의 주성분분석법(PCA)에 의한 분류결과.

• 한구자(Cu-Sn-Pb청동)

한구자로 구분한 30점의 5단면에 대한 평균분석 값을 <표 4>에 수록하였다. 그리고 각 활자의 유사성을 확인하기 위하여 주성분분석법으로 통계 처리한 결과 <그림 5>와 같은 결과를 얻을 수 있었다. <그림 5>에서 보이는 바와 같이 한구자는 30개 중 2개를 제외한 28개 활자가 모두 같은 그룹으로 분류되었다. 활자의 성분조성은 Cu 78.3%, Sn 16.2%, Pb 5.3%의 평균값을 갖고 있는 것으로 조사되었다. 구리-주석의 청동인 석청동에다 납을 첨가시킨 납청동은 녹는점이 더욱 낮아지고, 청동쇠물의 유동성이 좋아져 주조성과 절삭성이 좋아진다. 그리고 주물의 결합인 기공 등을 없애 주어 주물표면이 매끈하게 된다. 무엇보다 값비싼 주석을 대체할 수 있어서 후기로 내려올수록 주석 대신 납의 첨가량이 증가하는 경향이 있다.<sup>5)</sup>

각 성분원소별 특징을 살펴보면, 먼저 주석(Sn)의 경우 청동에 포함된 Sn의 함량이 높으면 합금된 청동의 녹는 온도는 내려가지만 경도(굳기)는 커져서 깨지기 쉬워진다. 즉, 석청동에서 주석의 함량이 많아질수록 경도와 인장강도가 커지는데, 주석함량이 16%를 넘으면 인장강도가 감소하는 경향이 있다. 그리고 주석은 동의 적색을 백색으로 만드는 특성이 있어서, 석청동에서 주석의 함량이 높을수록 청동은 은백색의 광택을 나타내는 특징이 있다. 즉, 주석이 0-11%일 때는 동적색(銅赤色)-적황색(赤黃色), 11-15%일 때는 적황색-등황색(橙黃色), 15-26%일 때는 등황색-창백황색(蒼白黃色), 26-50%일 때는 창백황색-황창백색(黃蒼白色), 50-65%일 때는 백색, 65-100%일 때는 동회색(銅灰色)을 띤다.<sup>6)</sup> 다음으로 납(Pb)을 첨가시키는 이유는 녹는 온도를 낮추고 녹은 합금(湯)의 유동성을 높여 주조성이 좋아져서 거푸집의 구석구석까지 청동의 녹은 탕이 골고루 퍼지게 하여 주물의 겉면을 깨끗하게 하기 때문이다. 마지막으로 아연(Zn)은 청동제품의 내식성, 색깔, 주조성을 좋게 하기 위하여 첨가하였다고 해석하고 있다.<sup>7)</sup>

5) 최주, “한국야금사2,” 『재료마당』 제13권 3호(2000. 6).

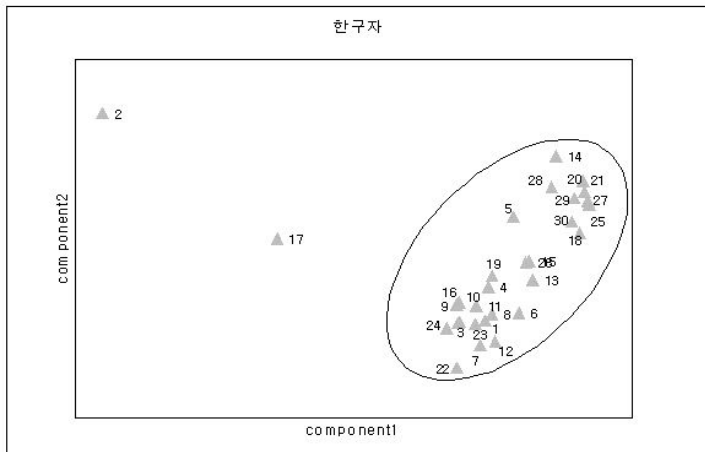
6) 後藤政治, 『合金學(銅及銅合金)』(東京: 富山房, 1927), 13.

7) 盧泰天, 『韓國古代 冶金技術史 研究』(서울: 學研文化社, 2000).

국립중앙박물관 소장 금속활자의 과학적 분석

<표 4> 한구자(30점)의 5단면에 대한 평균값

활자번호	성분	Cu(%)	Sn(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)
1		77.15	16.26	6.23	0.23	0.04
2		79.37	4.04	16.30	0.06	0.15
3		77.04	15.68	6.93	0.23	0.05
4		77.75	15.97	6.17	0.20	0.03
5		79.09	15.37	5.28	0.14	0.03
6		76.74	17.57	5.40	0.17	0.04
7		77.02	16.26	6.31	0.27	0.04
8		78.14	15.64	5.77	0.28	0.07
9		77.24	15.24	7.13	0.26	0.05
10		77.68	15.52	6.52	0.17	0.04
11		77.55	15.70	6.39	0.23	0.06
12		77.59	16.17	5.80	0.30	0.05
13		78.25	16.64	4.78	0.21	0.04
14		81.08	14.84	3.81	0.14	0.03
15		78.01	16.76	4.96	0.15	0.04
16		77.44	15.32	6.90	0.22	0.05
17		76.89	10.65	11.65	0.10	0.63
18		78.48	17.74	3.57	0.11	0.03
19		77.27	16.41	6.06	0.14	0.05
20		79.90	16.56	3.34	0.10	0.03
21		79.69	16.76	3.33	0.11	0.03
22		77.50	15.23	6.75	0.36	0.05
23		77.91	15.37	6.28	0.29	0.05
24		77.61	15.21	6.77	0.27	0.05
25		79.45	17.11	3.21	0.12	0.03
26		78.05	16.63	5.04	0.16	0.04
27		79.46	16.69	3.62	0.11	0.03
28		80.25	15.38	4.11	0.15	0.03
29		79.57	16.99	3.22	0.12	0.03
30		78.84	17.20	3.74	0.11	0.03



<그림 5> 한구자의 주성분분석법(PCA)에 의한 분류결과

• 철활자

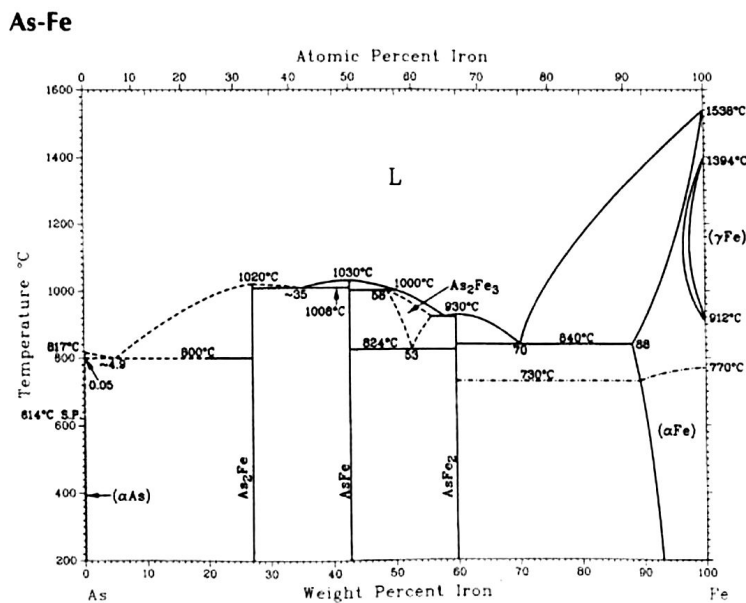
철활자 30점의 2~3단면에 대한 평균분석 값을 <표 5>에 수록하였다. 철활자는 앞의 동활자와 달리 활자의 표면이 대부분 검은색 부식층으로 덮혀 있어, 철활자 원래 소지의 성분과 비교해 보기 위하여 30점 중 6점의 표면 부식층을 제거한 다음 분석하였고 평균값을 <표 5>에 함께 수록하였다. 결과에서 보는 바와 같이 부식층 제거 전 후(No. 4, 7, 13, 16, 24 및 27)의 성분상에 큰 차이가 없어, 다른 활자의 분석값을 그대로 성분조성비로 활용하였다.

철활자의 성분조성상 가장 큰 특징은 비소(As)의 함유량이 매우 높은 것이다. As는 경도의 증가 및 철의 녹는점을 낮춰주기 위해서 첨가한 것으로 여겨진다. 즉 <그림 6>의 Fe-As의 상태도에서 보여주는 것과 같이 순수한 Fe의 녹는점이 1535℃로 높는데, As(녹는점은 814℃)가 첨가되는 양이 많아질수록 녹는점이 낮아진다. 그리고 Fe와 As의 함량이 7:3의 경우 840℃ 까지 액체상태가 유지되어 주물하기에 용이했을 것으로 여겨진다.

또한 이렇게 많은 양의 비소를 어떠한 방법으로 얻을 수 있었는지에 관심을 가질 필요가 있다. 비소는 옹황, 계관석, 비철광, 유비철광 등에서 산출되는데,

황해도 수안군에서 비철광( $\text{FeAs}_2$ )이 산출되며,<sup>8)</sup> 유비철석 광산은 충북 보은 광산, 충남 청양군, 전북 남원 금광, 경북 달성광산 및 울진군 서면 쌍전광산이 있는 것으로 알려져 있기는 하지만 보다 구체적인 자료를 확보 할 수 없어 정확한 원류를 알아내기 쉽지 않으며, 앞으로 지속적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

이상과 같이 철활자의 원료나 제작방법 등을 정확히 알 수는 없었으나 추후 우리나라 철광석의 산지 등에 관한 자료 수집과 과학적인 분석데이터 수집을 위한 연구가 진행된다면, 보다 정확하게 재료 및 제작기술 등에 관하여 알 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 6> Fe-As의 상태도

8) 조선총독부지질조사소 편, 「조선광물지」(경성 : 삼성당, 1940), 45.

<표 5> 철활자(30점)의 2~3단면에 대한 평균값

활자번호	성분	Fe(%)	Cu(%)	As(%)	비고
1		65.22	5.71	27.46	
2		57.24	6.99	34.42	
3		55.71	7.83	35.67	
4		55.31	7.28	36.29	
4(소지)		61.77	5.81	31.30	4-1, 4-3, 4-6(3단면 평균값)
5		50.55	13.28	35.28	
6		52.62	11.23	34.98	
7		64.68	6.35	27.84	
7(소지)		61.98	6.03	31.52	7-1, 7-6(2단면 평균값)
8		50.07	8.72	38.52	
9		52.12	8.19	38.65	
10		62.77	9.47	26.84	
11		55.06	8.28	35.60	
12		57.88	8.99	30.82	
13		57.33	10.21	31.04	
13(소지)		56.54	9.22	33.89	13-1, 13-6(2단면 평균값)
14		64.44	8.44	25.94	
15		54.63	7.73	36.27	
16		57.95	6.30	34.62	
16(소지)		57.88	6.17	35.64	16-1, 16-6(2단면 평균값)
17		61.71	6.50	30.47	
18		62.24	6.04	30.85	
19		59.26	6.76	32.81	
20		55.50	12.11	31.61	
21		61.12	7.26	30.71	
22		59.14	6.49	33.43	
23		55.05	8.62	35.76	
24		55.52	8.64	35.18	
24(소지)		56.69	7.50	35.47	24-4, 24-6(2단면 평균값)
25		53.51	6.58	38.69	
26		61.03	6.60	31.28	
27		67.62	5.27	25.47	
27(소지)		58.05	7.22	33.82	27-4, 27-6(2단면 평균값)
28		59.48	13.06	26.42	
29		53.14	12.89	33.49	
30		59.88	6.35	32.0	

## 5. 동활자의 비중값과 성분조성에 관한 고찰

성분조성과 비중값의 패턴은 일치해야 하지만 제작과정 중의 여러 요인들에 의하여 다른 양상을 보이는 경우가 있다. 한구자에 비하여 특히 임진자와 정리자의 경우에 비중의 차이를 많이 보이고 있어, 이 두 동활자에 대하여 아래와 같이 고찰하였다.

### • 임진자

성분 분석결과 A그룹에 속하는 7개 활자(No. 3, 11, 21, 25, 27, 29, 30)는 비중이 작은 Zn의 함량이 비교적 높았기 때문에 비중 값이 작을 것으로 예측되었으며, 실제로 5개 활자(No. 3, 11, 21, 25, 27)는 예상과 맞는 결과를 나타내었다. 예상에서 벗어난 No. 29, 30은 아마도 제작과정 중에 Pb가 편석되었거나 상대적으로 기포의 유입량이 적었기 때문에 비중이 상대적으로 큰 것으로 여겨진다. 반면에 성분분석 결과로는 비중이 클 것으로 예상되었던 No. 5, 14, 16, 18, 20, 23등 6점의 활자는 제작과정에서 기포가 많이 함유됨으로써 상대적으로 비중이 작은 결과를 나타내는 것으로 추측해 볼 수 있었다.

### • 정리자

정리자의 경우는 세 개의 그룹으로 구분되었으며, 비중이 작은 Zn의 함량이 비교적 적게 함유되어 있는 C그룹(No. 2, 6, 8, 10, 12, 13, 19, 24, 28)의 비중이 다른 그룹의 활자에 비하여 클 것으로 예상하였다. 실제로 6개 활자(No. 2, 6, 10, 12, 24, 28)에서 예상과 맞는 결과를 나타내었고, No. 8, 13, 19는 예상보다 약간 비중값이 작은 결과를 나타내고 있다. 앞서서도 언급한 바와 같이 활자의 제작과정에서 기포가 많이 들어감으로써 상대적으로 비중이 작아졌을 것으로 추정된다. 반면에 활자 No. 23은 Zn의 함유량이 비교적 높아 비중이 작을 것으로 예측되었지만 활자의 제작과정에서 Pb 등이 편석되었거나 아니면 상대적으로 기포의 유입이 적었기 때문에 비중이 비교적 높은 것으로 여겨진다.

## 6. 결 론

이상 국립중앙박물관에서 소장하고 있는 활자 가운데 동활자(임진자, 정리자, 한구자)와 철활자에 대한 비중측정 및 XRF분석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 금속활자의 성분조성에 의한 분류와 비중값의 분포패턴을 비교해 본 결과 같은 활자끼리는 대부분 동일한 양상을 보이고 있으나 제작과정 중 중금속의 편석이나 기포의 유입 등과 같은 요인에 의하여 반대의 양상을 나타내는 경우도 있었다.

2) 동활자인 임진자는 Zn함량의 다소에 따라 두 가지 종류로 구분이 되었으며, 정리자는 Zn, Ni의 유무에 따라 세 가지 종류로 구분이 되었고, 한구자는 2개의 활자를 제외하면 모두 동일한 결과를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 이와 같이 임진자로 알려졌던 활자의 금속 성분비율이 두 부류로 나누어지고 정리자의 금속 성분비율이 세 부류로 나누어지는 이유는 서로 다른 시기에 제작한 활자가 섞여있을 가능성 즉, 임진자 속에 무신자와 정유자 등이 포함되어 있고, 재주정리자 속에 초주정리자가 포함되어 있을 가능성을 보여주는 것으로 추정된다. 정원용(鄭元容)이 쓴 「수향편(袖香編)」에는 철종 8년(1857) 주자소 화재 후 불에 타지 않은 정리자와 한구자의 수량을 기록하고 있다.<sup>9)</sup> 따라서 중앙박물관 소장 한구자와 정리자 속에는 철종 9년 새로 주조한 것과 그 이전에 사용하던 활자가 혼재되어 있을 것으로 추측되며, 활자의 금속성분 분석은 양자를 구분하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3) 철활자의 분석결과 As의 함유량이 매우 높은 특징을 보이고 있으며, 활자마다 비중값의 편차가 큰 것으로 보아 재료가 정련되지 않았고, 또한 숙련된 기술에

9) 김두중, 「한국고인쇄기술사」(서울: 탐구당, 1974), 354-355.에서 재인용.

의하여 제작된 것이 아닐 가능성이 매우 높을 것으로 여겨진다. 즉, 임진자, 정리자, 한구자는 왕실에서 만든 것이고 철활자는 민간에서 만든 것이다. 철활자는 육안으로 보기에든 왕실에서 만든 활자들에 비해 조악한데, 비중 측정 결과에서도 철활자는 다른 활자들에 비해 비중이 낮아 실제 왕실에서 만든 활자들에 비해 정교도가 떨어짐을 알 수 있다. 또한 철활자에 포함된 비소는 원광석에 포함되어 있었던 것으로 보이며, 이는 철활자의 제작처를 알 수 있는 단서를 제공하는 것으로 보인다.

이상의 분석결과는 고려, 조선시대에 주조된 금속활자의 복원을 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 물론 이 분석결과가 고려 조선시대의 모든 금속활자 복원에 적용될 수는 없겠지만, 임진왜란 이후의 금속활자가 남아 있지 않은 상황에서 국립중앙박물관 소장 금속활자는 금속활자의 주조기술과 인쇄기술을 파악하는 데 귀중한 자료가 되며 이에 대한 과학적 분석자료 역시 그러한 역할을 할 수 있을 것이다.

또한 이들 분석 자료는 국립중앙박물관 소장 활자의 보다 정밀한 분류 및 분석을 위한 토대가 될 것으로 생각된다. 이상의 분석결과를 토대로 향후 국립중앙박물관 소장 금속활자에 대해 보다 다각적이고 정밀한 분석을 진행하여 조선시대 금속활자 제작 기술과 방식에 대한 연구와 국립중앙박물관 소장 활자의 체계적인 분류와 분석에 활용하고자 한다.

## <참고문헌>

- 김두중. 「한국고인쇄기술사」. 서울: 탐구당, 1974.  
손보기. 「(새판)한국의 고활자」. 서울: 보진재, 1982.  
노태천. 「한국고대 야금기술사연구」. 서울: 학연문화사, 2000.  
조선총독부지질조사소편. 「조선광물지」. 京城: 삼성당, 1940.

後藤政治. 「合金學(銅及銅合金)」. 東京: 富山房, 1927.

이재정. “국립중앙박물관 소장 활자에 대한 일고찰.” 『서지학연구』 제29집(2004. 12). 311-343.

이재정. “국립중앙박물관 소장 한글활자 연구.” 『서지학연구』 제31집(2005. 9). 89-120.

최주. “한국야금사 2.” 『재료마당』 13-3.(2000. 6)

K C I