

# 경희대학교 중앙박물관 소장 승자총통의 과학적 연구

오일환 | 정연중\* | 조남철\*\*<sup>1</sup> | 강형태\*\*\*

경희대학교, \*한국기초과학지원연구원, \*\*공주대학교, \*\*\*(주)쎬크

## Scientific Study for Seungja Chongtong in the Central Museum of Kyunghee University

Il Whan Oh | Youn Joong Jeong\* | Nam Chul Cho\*\*<sup>1</sup> | Hyung Tae Kang\*\*\*

Kyunghee University, Seoul, 02453, Korea

\*Korea Basic Science Institute, Daejeon, 34133, Korea

\*\*Kongju National University, Kongju, 32588, Korea

\*\*\*SEC Co., Ltd., Soowon, 16648, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: [nam1611@kongju.ac.kr](mailto:nam1611@kongju.ac.kr), +82-10-6375-1611

**초록** 승자총통은 중국 화기를 모방하여 선조(宣祖,1552-1608) 시기에 독자적인 화기 제작방식으로 만들어진 우리나라 유통식 소화기(小火器)이다. 이 연구는 경희대학교 중앙박물관 소장 승자총통을 중심으로 명문 판독 결과와 함께 과학 분석 결과를 정리한 것이다. 경희대학교 중앙박물관에 소장하고 있는 승자총통 3점은 각 원소의 함량차이가 크지 않은 Cu-Sn-Pb 삼원계 합금으로 제작되었고 분석대상 중 미세조직 분석이 가능한 승자총통 1의 미세조직을 분석한 결과 일반적인 주조방식에 의해 제작되었으며 추가적인 열처리나 담금질 흔적은 관찰되지 않는다는 점이 밝혀졌다. 또한 승자총통 제작 시 사용한 납의 출처를 알아보기 위하여 납동위원소비 분석을 실시한 결과 한국 남부 zone 2 지역(경상북도 북부와 강원도 남부지역)의 납광석을 사용하여 승자총통을 제작한 것으로 판단된다.

**중심어:** 경희대학교 중앙박물관, 승자총통, 납동위원소비, 주조

**ABSTRACT** Seungja Chongtong is a small Korean tubular arm that made by particular arm-making way imitating a Chinese arm. This study organizes scientific analysis results with results of inscriptions reading of Seungja Chongtong in the Central museum of Kyunghee University. Three of Seungja Chongtongs are made with Cu-Sn-Pb ternary alloy which is not much different in contents and the results of microstructure analysis of Seungja Chongtong 1 which could investigate a microstructure among the Chongtongs were found out that Seungja Chongtong is made by general casting, with no evidences of an additional heat-treatment and tempering. Furthermore, in results of lead isotope ratio analysis to find out a source of lead using during the production of Seungja Chongtong, It seems that Seungja Chongtong is made with a lead ore from northern Gyeongsangbuk-do Province and southern Gangwon-do Province called Korea southern zone 2 area.

**Key Words:** the Central museum of Kyunghee University, Seungja Chongtong, lead isotope ratio, casting

## 1. 서론

우리나라의 화약무기는 고려 말 최무선이 화통도감을 설치(1337년)하면서 시작되었다. 초기에는 중국 화기를 모방하여 제작하였으나 15세기 초의 세종시기부터는 독자적인 화기 제작방식을 모색하였고 16세기 후반의 선조시기에 이르러 승자총통이 개발되었다.

승자총통은 세종시기에 제작한 소총의 단점을 선조 초기의 전라좌수사와 경상병사(1575~1578년)를 지낸 김지(金遲)가 개량한 것이다. 총 부리를 길게 하여 사거리와 명중률을 향상시킨 유통식 화기로써 지화식(指火式)의 마지막 단계의 개인 소화기이다. 특히 북방에서 여진족 니탕개의 난(尼蕩介, 1583년) 진압과 시전부락(詩錢部落, 1588년)을 소탕할 때 위력을 발휘한 바 있다.

승자총통의 형태는 대체로 다수의 죽절이 있는 취라는 부리와 화약의 폭발력을 증대시키기 위한 막음 역할의 격목통, 약통인 약실, 모병인 자루로 이루어져 있다. 자루 부분에는 제작 연대, 총통명, 무게, 장인 이름 등이 양각 혹은 음각이나 점획으로 새겨져 있다. 따라서 이는 총통의 제작 시기, 제작지 및 제작자에 관한 중요한 정보를 가지고 있을 뿐 아니라 총통 제작의 특성과도 연관 지을 수 있게 된다. 즉, 총통 제작을 위한 원료의 배합비, 제작기술에 따른 미세조직 및 원료의 출처와 같은 연구를 동시에 수행함으로써 승자총통을 특성별로 분류가 가능하다.

현재 국내에는 육군박물관 소장 승자총통(1576년), 국립중앙박물관 소장 승자총통(보물648호, 1579년), 경기도 양평군 연안김씨 묘 출토 승자총통(1583년) 등 약 20여 점이 알려져 있다. 그리고 최근에는 일부 승자총통에 대한 과학 분석이 이루어져서 전남 여천군 해저 인양 별승자총통, 연안김씨 승자총통 및 서울 군기시터 승자계총통 등 약 10 점의 분석 데이터가 확보되어 있다(Lee et al, 2005).

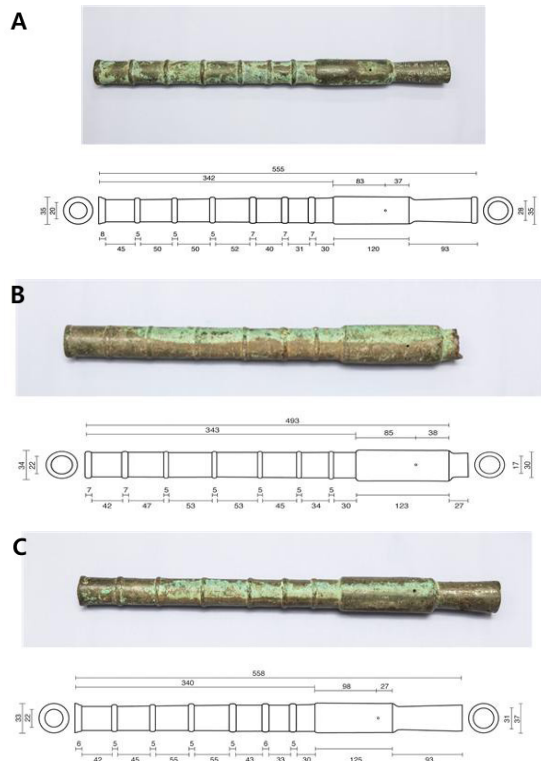
이 연구는 경희대학교 중앙박물관 소장 승자총통을 중심으로 명문 판독 결과와 함께 과학 분석 결과를 정리한 것이다. 경희대 중앙박물관에 소장하고 있는 승자총통은 모두 11점으로서 1968년에 구입한 것이다. 이 연구에서는 우선 분석이 가능한 승자총통 3점을 선정하여 총통의 크기 및 명문 등 외형적 특징을 정리하고 총통의 과학 분석을 실시하였다. 총통의 성분조성, 미세조직으로부터 제작기법을 조사하고 납둔위원소비를 분석하여 납원료의 산지를 추정하고자 한다.

## 2. 경희대 중앙박물관 소장 승자총통

경희대 소장 승자총통의 외형과 명문에 대한 조사를 하였고 총통의 약선형과 제조시 보이는 주조선을 확인하였다.

### 2.1. 외형

경희대 중앙박물관에 소장하고 있는 3점의 승자총통을 Figure 1에 나타내었다. 3점 모두 전체의 길이는 55cm 내외임을 알 수 있다. 격목통을 포함한 부리 부분의 깊이가 45~46cm, 약실부가 11.7~13cm, 자루부가 8~9cm으로 나타났다. 약선형은 자루부 쪽으로 치우쳐 있는데 자루에서 총구 방향으로 2.7~4cm 거리에 위치하고 있으며 약선형 구경은 대부분 3mm 크기이다. 자루부와 고정하기 위한 멈치못 구멍이 1개씩 나타나 있는데 약선형과 엇갈리거나 일직선을 이루고 있다. Figure 2에 약선형과 멈치못 구멍을 나타내었다. 또한 표면은 거꾸집을 사용하여 주물로 제작



**Figure 1.** Photos and satches of Seungja Chongtong in this study. (A) Seungja Chongtong 1, (B) Seungja Chongtong 2, (C) Seungja Chongtong 3.

한 좌우대칭 주조선이 나타나 있는데 연마한 후에 명문을 음각한 것으로서 Figure 3에서 볼 수 있다.

구체적으로 제원을 살펴보면 약실부에서 격목통을 포함한 총구 방향의 1~3마디까지가 3~4.5cm이고 4~5마디는 4~5.5cm, 6~7마디는 4~5cm으로 나타났다. 이로 볼 때 약실부 쪽의 3마디가 다른 부분의 죽절보다 약간 좁게 조형되었다가 중간 부분에서 약간 넓어지다가 다시 좁아지는 금추(金錐)형태를 보이고 있다(Figure 2).

총구에는 덧테가 둘러져 있으며 포신의 내부 압력 완화와 공냉효과를 위한 죽절은 대략적으로 0.5~0.7cm이었다. 총구는 외경이 3.3~3.5cm이며 내경이 2~2.2cm이며 자루부는 외경이 3.5~3.7cm, 내경이 2.8~3.1cm이다. 부리 부분의 둘레는 10.2~11cm이며 약실부는 12~13cm이고 자루부는 안쪽이 9.5~10cm, 바깥쪽이 11.2~12.5cm으로 나타났는데 자루부 안쪽으로 약간 비스듬히 기울어졌다.

## 2.2. 명문

승자총통 1번의 자루부에 쫘우기식의 명문이 음각으로 시문되어 있었음을 육안으로 관찰할 수 있으며 판독을 위한 탁본 등은 실시하지 못하였다. 명문은 약선혈과 멈치못

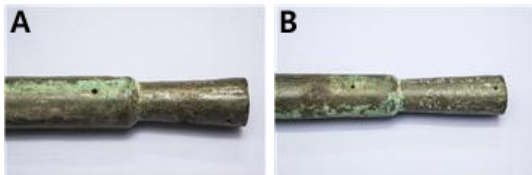


Figure 2. Powder hole(藥線穴) and Catcher hole. (A) Seungja Chongtong 1, (B) Seungja Chongtong 2.



Figure 3. Seungja Chongtong 1, Handle part inscription.

의 일직선을 중심으로 좌우로 음각되어 있다. 주조선을 연마한 다음에 음각하였음을 알 수 있다.

명문의 내용은 제작년월, 총통 명칭, 무게, 지역명, 장인 이름, 화약장전량, 탄환 수량이 음각으로 좌측에서 우측으로 주조선에 걸쳐 시문되어 있다. 이를 해석하면 아래와 같다.

명문: 萬曆 癸未 九月  
 勝字 五斤 三兩  
 金海 匠 彳 三(海?) 龍  
 藥 七 錢 中 丸 則 八 小 丸 則 十

「만력계미(1583년) 9월에 김해의 장인\*(해?)룡이 제작하였다. 승자총통으로 무게는 5근3량이며 화약은 7전이 장약되고 탄환은 중환이 8개, 소환이 10개를 장전할 수 있다」.

명문의 내용으로 볼 때 2005년 이재성에 의해 발표된 “승자총통에 대한 과학적 연구”의 연안김씨 출토의 승자총통과 제작년도는 동일하지만 제작월이 다르며 명문의 방식이나 배열순서가 다르다. 또한 무게, 탄환수량, 장약 등에서도 차이를 보이고 있으며 특히 김해(金海)라는 지명이 나타나고 있는 점이 특이하다(Lee et al, 2005).

그리고 연안김씨 출토 총통에 근거하여 총통 무게를 환산한다면 송대 이후를 기준으로 1근이 600g, 1량이 37.5g으로 추정할 때 총 중량이 3112.5g이다. 실제 무게와의 차이를 약 10% 오차로 감안하면 2801.25g 정도임을 추측할 수 있다. 이는 연안김씨 총통보다 가볍고 약간 작은 크기임을 알 수 있다(Lee et al, 2005).

승자총통 3번의 경우는 자루부가 파손되어 있어 명문 여부를 확인할 수 없었다. 승자총통 2번은 자루부에 명문이 정확으로 음각되었으나 판독이 불가능하다(Figure 4).



Figure 4. Seungja Chongtong 2(pointed intaglio inscription).

**Table 1.** Chemical compositions of Seungja Chongtong collected in Central Museum of Kyunghee University.

Findspot	Artefact name	Analysis position	Component composition (wt%)								
			Cu	Sn	Pb	Fe	As	S	Zn	Ni	Ag
Seungja Chongtong from Gimhae (purchased)	Seungja Chongtong 1	Gunpoint	82.3	10.5	3.28	0.17	0.29	-	0.02	0.07	0.09
	Seungja Chongtong 2	End of handle	83.2	11.1	3.25	0.16	0.53	-	0.06	0.10	0.12
	Seungja Chongtong 3	Gunpoint	81.1	10.4	5.37	0.08	0.77	-	0.02	0.10	0.11

### 3. 분석방법

#### 3.1. 성분분석

청동시료 10mg을 채취하여 25ml짜리 파이렉스 비커에 옮긴 다음 왕수(1 vol conc. HNO<sub>3</sub> : 3 vols conc. HCl) 1ml를 첨가하여 가열판(60°C)에서 용해시켰다. 실온에서 1시간 냉각시킨 후 왕수 1ml를 첨가하였고 25ml짜리 메스플라스크에 옮겨 증류수로 메니스커스까지 채웠다. 각 표준용액은 원지흡광용 표준원액(Junsei Chemical Co., Japan)을 사용하여 시료의 농도 범위에 맞도록 묽혀 5N 염산용액 2ml를 첨가한 후 증류수로 25ml짜리 메스플라스크에 메니스커스까지 채워 제조하였다. 본 연구에 사용한 원지흡수분광분석기는 Perkin-Elmer 3030이며 아세틸렌-공기 불꽃으로 Cu는 249.2nm, Pb는 283.3nm, Zn은 213.9nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다. Sn은 산화질소-아세틸렌 불꽃을 사용하였으며 시료용액을 제조한 후 즉시 분석하였다. 모두 9개 원소(Cu, Sn, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Sb, Fe)의 농도값을 측정하였는데 각 원소에 대하여 3회씩 분석한 다음 그 평균치를 함량으로 하였다.

#### 3.2. 전자현미경 분석

본 연구에서는 미세조직 분석이 가능한 3점의 시료를 통해 제작기법을 알아보았다. 미세조직 관찰은 시료를 에폭시 수지로 마운팅한 후 200, 400, 800, 1200, 1500, 2000, 4000mesh의 순서로 연마를 실시하고 연마제(DP-spray 3 $\mu$ m, 1 $\mu$ m, Struers)를 이용하여 미세연마를 실시하였다. 시료의 미세조직을 알아보기 위해 부식액(FeCl<sub>3</sub>+HCl+Ethyle Alcohol)을 이용하여 부식시켰다. 부식된 시편은 금속현미경(Metallurgical Microscope, Leica, DM2500M)

을 사용하여 조직을 관찰하였다. 또한 표면을 Pt coating하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-7401F, JEOL, Japan)으로 금속의 미세조직 및 개재물을 관찰하였으며, 개재물의 성분은 에너지분산형분광계(Energy Dispersive Spectrometer, INCA, Oxford)를 이용하여 분석하였다. 또한 시료의 위치에 따라 일정 성분이 편석되어 있을 가능성이 있으므로 서로 다른 부분을 3회 면분석하여 평균값을 계산하였다.

#### 3.3. 납동위원소비

총통 시료의 납동위원소비 분석은 채취된 시료 약 1~2mg을 Teflon vial에 넣고 왕수(HNO<sub>3</sub>+HCl)를 더해 150°C의 hot plate에서 밤새 가열시킨다. 용융된 시료는 Pb column chemistry를 위해 1N HBr로 매질변경한 후 음이온교환수지(AG1-X8, chloride form, 100~200#)를 이용하여 납을 분리한다. 분리된 납은 silica gel과 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>를 이용하여 Re filament에 얹어 한국기초과학지원연구원의 열이온화질량분석기(Thermal Ionization Mass Spectrometer: TIMS, Isoprobe-T)를 이용하여 static mode로 납동위원소비를 측정한다. 분석된 표준물질 NBS981의 분석값은 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 16.902±0.009, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 15.435±0.014, and <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 36.559±0.041(2 $\sigma$  SE, n=10)이고, 시료의 분석결과는 표준값을 이용하여 보정하였다. 납의 총 바탕값(total blank)은 1ng 내외였다.

### 4. 분석결과

#### 4.1. 성분조성

경희대학교 중앙박물관에 소장하고 있는 승자총통 3점

**Table 2.** Comparison of chemical compositions of Seungja Chongtong with the findspots.

Fingspot	Artefact name	Anaysis position	Component composition (wt%)								
			Cu	Sn	Pb	Fe	As	S	Zn	Ni	Ag
Gyeonggi-do Province Yangpyeong Grave of the Kims of Yeonahn <sup>a</sup>	Seungja Chongtong 1	End of handle	92.68	2.92	2.98	0.14	0.58	-	0.21	0.10	0.54
	Seungja Chongtong 2	End of handle	93.36	2.33	2.66	0.11	0.60	-	0.12	0.15	0.77
	Seungja Chongtong 3	End of handle	93.67	2.16	2.90	0.15	0.51	-	0.08	0.12	0.60
Jeollanam-do Province Yeocheon Seabed <sup>b</sup>	Seungja Chongtong	Gunpoint	93.0	5.0	5.0	0.15	-	-	0.20	0.10	0.20
	Byul-Seungja Chongtong	Gunpoint	93.8	5.2	1.8	2.0	0.20	-	0.027	-	0.23
	Byul-Seungja Chongtong3	Gunpoint	87.1	5.7	2.6	1.8	nd	-	0.18	0.076	0.25
	Byul-Seungja Chongtong5	Gunpoint	86.5	7.0	2.0	0.19	nd	-	0.20	0.10	0.16
	Byul-Seungja Chongtong6	Gunpoint	89.7	7.5	2.5	0.17	nd	-	0.20	0.10	0.16
	Byul-Seungja Chongtong8	Gunpoint	92.6	7.0	1.4	0.53	nd	-	0.18	0.10	0.15
Seoul Arsenal <sup>c</sup>	Seungjagyae-Chongtong	Gunpoint	92.32	5.48	1.34	-	-	-	-	-	-

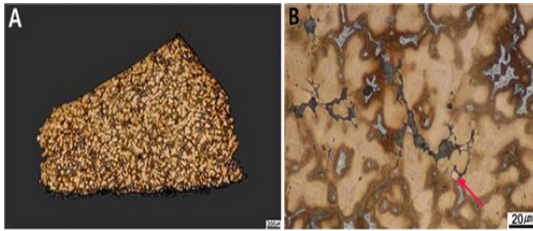
(<sup>a</sup> : Kang *et al*, 1994, <sup>b</sup> : Lee *et al*, 2005, <sup>c</sup> : Lee and Baek, 2013)

의 분석결과는 Table 1과 같다. 표에서 보는 바와 같이 Cu 81~83%, Sn 10~11%, Pb 3~5% 임을 알 수 있으며 그 외에 Fe, As, Zn, Ni, Ag 등 미량성분이 포함되어 있다 (Chung *et al*, 1992; Yun and Cho, 2012). 즉 이 승자총통은 Cu-Sn-Pb 삼원계 합금으로 제작되었으며, 주요성분의 농도 분포가 매우 일정함을 확인할 수 있었다.

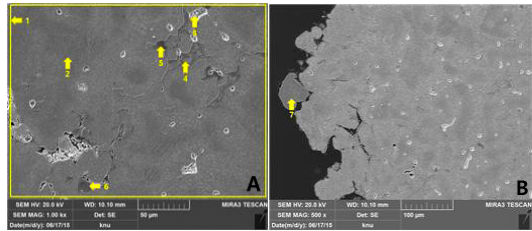
이 성분조성 데이터를 기 분석한 승자총통의 데이터와 비교할 수 있도록 Table 2에 함께 나타내었다. 이들 데이터를 비교하면 지역적으로 동일한 성분 조성으로 제작하였는지 또는 지역 특성에 따라 다르게 제작하였는지 여부를 판단할 수 있다. 표에서 보면 경기도 양평, 전남 여천 및 서울에서 발굴한 10점의 주요성분 농도에는 지역별 차이가 있음을 확인할 수 있다. 즉 경기 양평 연안김씨 묘 승자총통 3점은 Cu 92.68~93.67wt%, Sn 2.16~2.98wt%, Pb 2.66~2.98wt% 범위이며 세 점은 주요성분간 차이가 크지 않음을 볼 수 있다. 전남 여천 해저 인양 승자총통과 별승자총통은 Cu 86.5~93.8wt%, Sn 5.0~7.5wt%, Pb 1.4~5.0wt% 범위이며, 서울근기시터 승자총통은 Cu 92.32wt%,

Sn 5.48wt%, Pb 1.34wt%의 조성을 갖는다.

본 연구대상인 전 김해 승자총통의 주요성분과 비교해 보면 Sn의 함량에서 차이가 보임을 알 수 있다. 즉 전 김해 승자총통은 10wt% 내외, 경기 양평 승자총통은 2wt% 내외, 전남 여천 승자총통은 5~7wt% 내외이며, 서울 근기시터 승자총통은 5wt% 내외를 보여, 지역간 Sn의 함량 차이가 있음을 확인할 수 있다. 그 외 납의 함량은 1~2wt% 내외로서 큰 차이를 보이지 않으며, 그 외 미량성분도 큰 차이가 없다. 즉 지역에 따라 승자총통을 제작할 때 Sn의 함량을 달리하여 제작하였음을 추측할 수 있다. 이러한 결과는 지역에 따라 승자총통을 제작하는 합금비가 달랐음을 의미한다. 납의 경우는 현재 함량을 통해서 임의적으로 주입했는지 아니면 제련과정을 통해 남아 있던 성분인지는 명확하게 알아보기 어렵다. 그러나 전 김해 승자총통의 경우 납의 함량이 3wt% 이상으로 다른 지역에 비해 높은 것으로 보아 납을 임의적으로 첨가하였을 가능성이 크나, 다른 지역들은 함량의 차이가 있어 임의적인 첨가 여부는 확인하기 어렵다.



**Figure 5.** Microstructure of Seungja Chongtong 1. (A) Microstructure ( $\times 50$ ), (B) Microstructure ( $\times 200$ ). Pointed area is redeposited copper.



**Figure 6.** SEM image and EDS analysis of Seungja Chongtong 1. (A) SEM image, (B) Analysis points of EDS.

**Table 3.** EDS analysis results of Seungja Chongtong 1.

Analysis position	Elements (wt%)						Total
	Cu	Sn	O	S	Pb	Fe	
1	83.96	10.00	0.88	0.16	5.00	-	100.0
2	94.41	5.59	-	-	-	-	100.0
3	2.54	-	4.43	-	93.03	-	100.0
4	70.91	28.73	0.36	-	-	-	100.0
5	68.09	-	0.62	22.49	-	8.80	100.0
6	99.97	-	0.03	-	-	-	100.0
7	99.80	-	0.20	-	-	-	100.0

#### 4.2. 미세조직

승자총통 3점 중 미세조직은 승자총통 1번만이 분석이 가능하였다.

Figure 5는 승자총통 1번의 미세조직 사진이다. 금속 조직은 수지상 조직(dendrite)인  $\alpha$ 상과 그 사이로 ( $\alpha+\delta$ )의 공석조직이 확인된다. 또한 부식물 사이에 재침전구리(redeposited copper)로 보이는 연홍색 물질이 관찰된다.

Figure 6은 승자총통의 SEM image와 EDS 분석위치를 나타내며, Table 3은 EDS 분석 결과이다. Analysis position 1의 경우 분석 영역의 평균적인 성분 조성을 알아보기 위해 면분석을 실시한 것으로, 분석 결과 98.93wt% Cu - 10.00wt% Sn - 5.00wt% Pb의 3원계 합금임을 알 수 있다. 이 외에도 0.16wt% S이 검출되었다. position 2는 수지상 조직인  $\alpha$ 상이며, position 3은 93.03wt%의 Pb이 검출되어 납편석물임을 알 수 있다. position 4는 ( $\alpha+\delta$ )의 공석조직이며, position 5의 경우 22.49wt% S, 8.80wt% Fe가 검출되어 원광석 제련시 포함된 비금속개재물임을 알 수 있다. position 6, 7 부분은 연홍색 물질로 EDS 분석 결과 약 99wt%의 Cu성분이 검출된 것으로 보아 순수한 구리 성분

을 지닌 재침전구리임을 알 수 있다(Figure 6 (B))(Chung and Lee, 2009; Do and Chung, 2013).

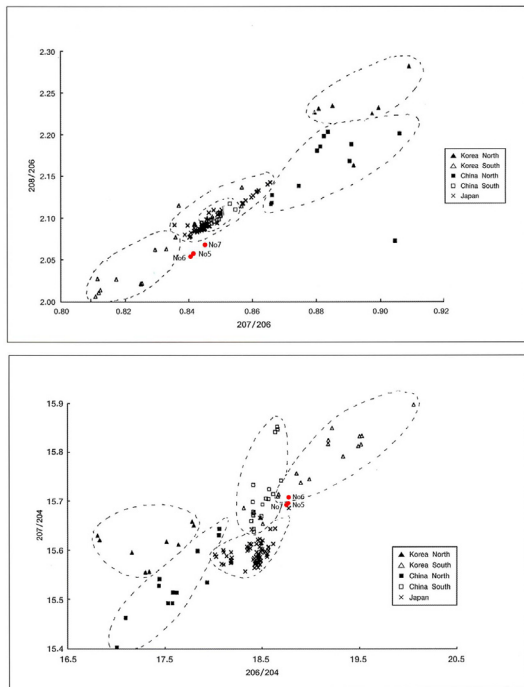
이 승자총통의 경우 미세조직 분석 결과 전형적인 주조 조직으로 추가적인 열처리나 담금질 흔적은 관찰되지 않는다.

지금까지 총통의 미세조직을 분석한 사례가 많지 않으나, 서울 군기시터에서 출토된 승자계 총통과 불량기자포의 미세조직을 분석한 사례가 있어 이와 비교분석하여 총통의 제작방법에 대해 알아보고자 한다. 서울시 군기시터에서 출토된 승자계 총통 일괄유물은 여러 점의 승자계 총통이 녹거나 파열되어 하나로 엉겨 붙은 상태로, 그 중 총통 7점에서 시편을 채취하여 성분분석을 실시하고 미세조직을 분석하였다. 성분분석 결과 Cu 92%, Sn 5%, Pb 1%의 구리합금으로 분석되었으며, 미세조직 관찰 결과  $\alpha$ 상과 결정립계에 자리한 적은 양의 Pb만이 관찰되었다. 불량기자포의 경우 Cu-Sn-Pb을 주성분으로 주조하였으며, 주성분으로 포함된 Pb의 경우 8% 내외로 비교적 많은 함량임을 알 수 있다. 이는 주조성을 향상시키기 위한 것으로 보인다. 미세조직 분석 결과 결정립이 큰  $\alpha$ 상과 납 입자가 미세조직 전체 영역에 고르게 형성되어 있으며, 표면부근에

**Table 4.** Pb isotope compositions for relics of the Bronze age.

Sample No.	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
No. 1	18.636	15.696	38.352	0.8422	2.0578
No. 2	18.683	15.714	38.382	0.8411	2.0544
No. 3	18.557	15.693	38.463	0.8456	2.0726

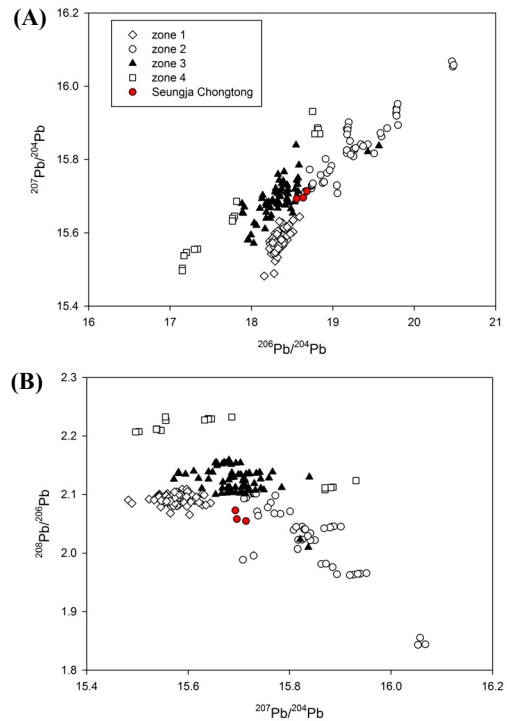
※ The 2σ standard error of the analysis results was around 0.1%.



**Figure 7.**  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  distribution of Korea, China and Japan's Galena.

쌍정이 생성되어 있다(Lee and Baek, 2013).

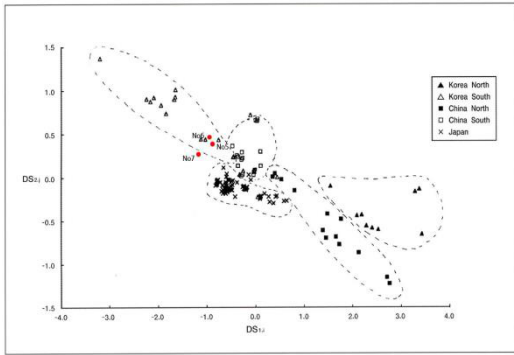
그러므로 이번에 분석한 총통의 경우 서울 근기시터 출토 승자계 총통과는 합금성분의 차이는 있으나 모두 주조 공정에 의해서 제작되었으며, 두드림이나 열처리와 같은 공정은 이루어지지 않았다. 그리고 이는 서울시 근기시터에서 출토된 승자계 총통 및 불랑기자포의 제작방법과 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과를 분석해 볼 때 총통 제작은 용해시킨 청동합금을 주조틀에 부은 후 비교적 천천히 냉각시키는 제작기술에 의해 제작되었음을 알 수 있다.



**Figure 8.** Lead isotope ratio distribution of Korea peninsula. (A)  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  Chart, (B)  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  Chart.

### 4.3. 원료의 산지

총통 시료 3점의 납동위원소비는 Table 4에 나타났다. 이들 유물의 납동위원소비 분포는  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.557 \sim 18.636$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.693 \sim 15.714$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.352 \sim 38.463$ 으로 비교적 좁은 범위 내에서 분포하고 있어 산지가 유사한 원료로 제작되었을 가능성이 높다. 납동위원소비를 이용한 산지추정은 Mabuchi 외(Mabuchi *et al*, 1985)가 발표한 한국, 중국, 일본의 방연석 자료를 이용



**Figure 9.** Lead isotope ratio classification graph using SLDA method.

하여 유용하게 사용되어 왔다(Chung *et al*, 2006; Kang *et al*, 2005; Lee *et al*, 2014). 최근 정연중 외(Jeong *et al*, 2012)와 김소진 외(Kim *et al*, 2014)가 제안한 한반도 납동위원소비 분포도는 한반도를 보다 세분화시킨 영역별 분포도로써 한반도 출토유물에 대한 산지추정연구에 활용도가 높다. 이번 연구에 이용된 총통시료의 자료를 Mabuchi 외(Mabuchi *et al*, 1985)에 의한 도표 Figure 7에 도시하면  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 와  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  도표에서는 총통시료가 한반도 남부 영역에 정확하게 포함되지는 않으나 한국 남부 영역 경계선에 위치하며,  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 와  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 도표에서도 영역에서는 벗어나 있으나 한국 남부 영역에서 가까운 곳에 도시됨을 확인할 수 있다. 이렇게 영역에서 벗어나는 것은 유물의 오염보다는 도표에 사용된 방연석의 납동위원소비 자료가 부족한 경우일 것으로 생각되며, 총통에 사용된 납의 산지는 한반도 남부 영역일 가능성이 높다.

한반도 납동위원소비 분포도를 이용한 도표인 Figure 8 (A)의  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 와  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 도표에서는 Zone 2와 3의 경계지역에 도시되며, Figure 8 (B)의  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 와  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 도표는 Zone 1과 2의 경계지역에 속하는 것으로 나타났다(Jeong *et al*, 2012; Kim *et al*, 2014). 즉 이번에 분석한 총통은 Zone 2 지역의 납광석과 유사한 동위원소비를 보임을 알 수 있다. 한반도 광역분포도에서 Zone 2지역은 한반도 남부지역 중 높은 납동위원소비를 가지고 있으며, 지역적으로는 경상북도 북부와 강원도 남부지역으로

금속광산이 많이 분포하고 있다. Figure 9는 한국, 중국, 일본 방연석 시료 134점의 납동위원소비 데이터를 다변수분석법 중 선형판별식분석법(SLDA)의 판별함수<sup>1)</sup>를 사용하여 분류한 그래프에서 총통시료가 한반도 남부에서 출토된 납광석을 이용한 것으로 분석되었음을 도시하고 있다(Choi *et al*, 2013; Huh *et al*, 2007).

총통유물의 납동위원소비 분석결과를 동북아와 한반도 영역별 분포도를 통해 산지를 추정해 보면, 총통을 제작한 납원료물질은 한국 남부 중 영역별 분포에서 Zone 2지역에 해당되는 경상북도 북부와 강원도 남부 지역일 가능성이 높은 것으로 판단된다. 그러나 총통의 경우 잘못 만들어 지거나 사용중 파손된 승자총통을 재활용하고, 범종 등 다른 청동기를 녹여 만들 수 있을 가능성도 있다. 그러므로 이번에 분석한 승자총통의 납동위원소비 분석결과를 원소재에 대한 결과로 확정하기는 어려우나 승자총통 제작시 사용한 납원료의 산지를 추정하는데 참고는 가능할 것으로 본다.

## 5. 고찰 및 결론

경희대학교 중앙박물관에서 소장하고 있는 승자총통 3점의 성분분석과 미세조직, 납동위원소비 분석하여 합금비율 및 제작기법, 납 원료의 산지를 알아보았다. 경희대학교 중앙박물관에 소장하고 있는 승자총통 3점의 화학조성을 분석한 결과 Cu 81~83%, Sn 10~11%, Pb 3~5%로 함량의 차이가 크지 않은 Cu-Sn-Pb 삼원계 합금으로 제작되었음을 확인할 수 있었다. 또한 타 지역 김해, 경기 양평, 전남 여천 승자총통의 성분조성을 비교한 결과 Sn의 함량에서 차이가 있지만 그것은 지역 간의 차이이며, 납의 함량은 큰 차이를 보이지 않았기에 승자총통을 제작한 지역에 따라 Sn 함량 차이가 있었음을 알 수 있다. 이는 지역에 따라 승자총통을 제작할 때 일정한 합금비율로 제작되지 않았음을 보여준다. 또한 승자총통 중 분석이 가능했던 승자총통 1번 시료의 미세조직으로 보았을 때에도 역시 앞서 분석한 성분분석 결과와 동일한 Cu-Sn-Pb 삼원계 합금임을 알 수 있었고 전형적인 주조방식으로 제작되었음을 알 수 있었다. 기 분석된 균기시터 출토 승자계 총통 및 불랑기자

1) 다변수분석법 중 선형판별식분석법(SLDA)의 판별함수는 다음과 같다 :

$$\begin{aligned}
 DS_{1j} &= -0.571X_{Aj} + 1.916X_{Bj} - 0.091X_{Cj} + 8.292X_{Dj} + 14.24X_{Ej} - 53.13 \\
 DS_{2j} &= 1.025X_{Aj} + 3.231X_{Bj} - 0.487X_{Cj} + 7.280X_{Dj} + 3.140X_{Ej} - 63.33 \\
 (XA_j &= ^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}, XB_j = ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}, XC_j = ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}, XD_j = ^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}, XE_j = ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})
 \end{aligned}$$



포와 비교해 보아도 제작방법에 있어 차이가 크지 않음을 알 수 있었다. 즉 경희대학교 박물관에서 소장하고 있는 승자총통의 제작은 용해시킨 청동합금을 주조틀에 부은 후 비교적 천천히 냉각시켜 제작되었음을 알 수 있다. 총통 3점의 납동위원소비는  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.557 \sim 18.636$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.693 \sim 15.714$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.352 \sim 38.463$ 의 비교적 좁은 범위에 해당하기에 산지가 유사한 원료로 제작되었을 가능성이 높다고 할 수 있다. 각 시료들이 각각의 그래프에서 도시되어 있는 위치로 미루어 볼 때 시료들에서 조사된 납동위원소들은 한국 남부 영역일 가능성이 크며, 특히 한반도 남부지역 중에서도 경상북도 북부와 강원도 남부지역에서 출토된 납광석이 이용되었음을 나타내고 있다. 그러나 총통의 경우 잘못 만들어지거나 사용중 파손된 승자총통을 재활용하고, 범종 등 다른 청동기를 녹여 만들 수 있을 가능성도 있다. 이번에 분석한 승자총통도 납동위원소비 분석결과를 원소재에 대한 결과로 확증하기는 어렵다. 그러나 향후 원소재의 사용과 재활용에 대한 제작방법을 규명하는 것은 필요하며 원료산지도 재검토할 경우 이러한 분석데이터는 중요하게 활용될 것으로 본다.

## REFERENCES

- Choi, M.R., Cho, N.C., Kim, D.M. and Yun, S.Y., 2013, Study on Manufacturing Technique and Lead Provenance of Bronze Bodhisattva from Pangyo-dong Sites in Seongnam. *Journal of Conservation Science*, 29(3), 231-241. (in Korean with English abstract)
- Chung, K.R., Kim, Y.C. and Maeng, S.C., 1992, Metallurgical Study of Bronze Artifacts Excavated from Miruksa Temple. *Journal of Conservation Science*, 1(1), 27-39. (in Korean with English abstract)
- Chung, K.Y., Lee, J.H., 2009, A Study of the Microstructure and Provenance Area of Bronze Spoons Excavated from the Ok-dong Site in Andong. *Journal of Conservation Science*, 25(4), 411-420. (in Korean with English abstract)
- Chung, Y.D., Kang, H.T., Huh, I.K. and Cho, N.C., 2006, Chemical Composition and Lead Isotope Ratio of Poong-Tag(Wind Bell) from Winggyeong Site, Cyeongju. *Journal of Conservation Science*, 19, 67-72. (in Korean with English abstract)
- Do, M.S., Chung, K.Y., 2013, Applicability for Authenticity of Bronze Artefacts using Scientific Analyses. *Journal of Conservation Science*, 29(4), 355-366. (in Korean with English abstract)
- Huh, I.K., Cho, N.C. and Kang, H.T., 2007, Provenance and Metallurgical Study on Bronze Mirrors Excavated from Mireuksaji Temple Site, Iksan. *Journal of Conservation Science*, 20, 23-30. (in Korean with English abstract)
- Jeong, Y.J., Choeng, C.S., Shin, D.B., Lee, K.S., Jo, H.J., Gautam, M.K. and Lee, I., 2012, Regional variations in the lead isotopic composition of galena from southern Korea with implications for the discrimination of lead provenance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 61, 117-119.
- Kang, D.I., Kim, S.D., Hwang, J.J., Ahn, H.K. and Lim, S.K., 1994, Scientific study for Chong-Tong(Gun) from Yochon seabed. *Conservation Studies*, 15, 41-62. (in Korean with English abstract)
- Kang, H.T., Kim, G.H. and Chung, K.Y., 2005, Raw Material and Provenance of Coin Minted in Goryo Dynasty( I ) : 'Haedong-Tongbo. *Journal of Conservation Science*, 17, 33-38. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.J., Hwang, J.J., Han W.L., Lee, E.W., Yim, S.K. and Jeong, Y.J., 2014, Manufacturing Technology and Provenance of the Lead Beads. *Korean Journal of Cultural Heritage Studies*, 47, 4. (in Korean with English abstract)
- Lee, E.W., Kim, S.J., Han, W.R., Han, M.S. and Hwang, J.J., 2014, Lead Isotope Analysis of Bronze Artefacts excavated from Inyongsaji Site. *Journal of Conservation Science*, 30(4), 345-351. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.S., Baek, S.H., 2013, A Study on Manufacturing Techniques of Gunpowder Weapons in Japanese Invasions of Korea. *Gomunhwa*, 82, 135-155. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.S., Jeon, I.H., Lee, Y.E., Baek, J.H. and Park, J.S., 2005, Scientific Study of Seungja Chongtong. *Korea Army Museum paper*, 12, 141-170. (in Korean)
- Mabuchi, H., Hirao, Y. and Nishida, M., 1985, Lead Isotope Approach to the Understanding of Early Japanese Bronze Culture. *Archaeometry*, 27(2), 131-159.
- Yun, Y.H., Cho, N.C., 2012, The Restoration Technology and Scientific Analysis of Bronze Mirror with Fine Linear Designs. *Journal of Conservation Science*, 28(4), 417-425. (in Korean with English abstract)