

# 고려시대 동전의 주조 원료와 산지(Ⅰ) —海東通寶—

강형태 | 김규호\* | 정광용\*\*

국립중앙박물관 보존과학실

\*공주대학교 문화재보존학과

\*\*한국전통문화학교 보존과학과

## Raw Material and Provenance of Coin Minted in Goryeo Dynasty(I) : "Haedong-Tongbo(海東通寶)"

Hyung Tae Kang | Gyu-Ho Kim\* | Kwang Yong chung\*\*

National Museum of Korea, Seoul 140-026, Korea

\*Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University, Kongju 314-701, Korea

\*\*The Korean National University of Cultural Heritage, Buyeo 323-812, Korea

**초록** 청주시 신봉동유적 목곽분 20호에서 해동통보 1점을 입수하였다. 이 해동통보는 서기 1,102년에 주조된 것이다. 해동통보의 성분분석을 위하여 미소부 탐침 형광X선분석 및 ICP분석을 통하여 Cu, Pb, Sn, Zn, Fe, Mn, Sb, Co, As, Ag, Ni 등 11종 원소의 성분함량을 결정하였다. 또한 해동통보를 주조하기 위하여 가져다 쓴 원료의 입수처를 추정하기 위하여 납동위원소비를 분석하였다.

해동통보의 성분 배합비는 Cu 75.5%, Pb 13.3%, Sn 6.0%이었다. 이러한 배합비는 조선시대의 조선통보 및 상평통보와는 아주 다른 것이다. 납동위원소비는 한국 남부의 방연석 범위에 포함되었다.

**Abstract** One piece of Haedong-Tongbo(海東通寶) minted at 1,102 A.D. was excavated from No. 20 wooden coffin, Sinbong-dong, Cheongju. It was analyzed by micro-XRF and ICP and determined the concentrations of ten elements such as Cu, Pb, Sn, Zn, Fe, Mn, Sb, Co, As, Ag and Ni. The measurement of lead isotope ratios was also carried out in order to predict the provenance of raw materials used for minting of Haedong-Tongbo.

It was found that Haedong-Tongbo was minted with three compositions of Cu 75.5%, Pb 13.3% and Sn 6.0%, which were different from the typical composition of Choson-Tongbo and Sangpyung-Tongbo used in Choson dynasty. Lead isotope ratios of Haedong-Tongbo showed that the provenance of lead used for minting of it suggested the possibility to be originated from Southern part of Korea.

### 1. 머리말

우리나라 최초의 관전(官錢)은 건원중보(乾元重寶)로서 『高麗史』 「食貨志」에 의하면 성종 15년(996)에 주조한 것으로 되어 있다<sup>1,2</sup>. 이 건원중보는 당(唐)의 건원중보를 모방한 것인데 이후 중국의 그것과 구별이 어려워지자 목종때 동국중보(東國重寶), 동국통보(東國通

寶)를 만들어 유통하였다<sup>3</sup>. 그후 숙종 6년(1101)에 주전도감(鑄錢都監)을 설치하고 숙종 7년(1102)에 고주법(鼓鑄法)을 제정하여 해동통보 1만 5,000관(貫)을 주조하였으며 해동중보(海東重寶), 삼한통보(三韓通寶), 삼한중보(三韓重寶)등을 차례로 주조하였다<sup>2,3</sup>.

해동통보 주조를 위해 고주법을 사용하였는데 이 방법은 풀무질로 금속을 녹인 다음 거푸집에 넣어서 기물

을 만드는 것으로서 주로 화폐나 활자를 만드는데 사용되었다<sup>4</sup>. 송응성(宋應星)의 『천공개물(天工開物)』<sup>5</sup>에는 주전(鑄錢)을 할 때 풀무질하여 금속을 녹인 뒤 모전(母錢)에 넣는다고 고추의 방법을 설명하고 있다.

그러나 해동통보를 주조하기 위해 어떤 금속을 활용하였으며, 어떻게 배합하였는지 또 어디에서 가져다 썼는지에 대한 내용은 찾아보기 힘들다. 따라서 이러한 방면의 조사 연구는 동전 주조를 위한 금속의 선택과 제련 기술 등 당시의 기술 수준과 경제적 여건을 살펴볼 수 있는 근거가 된다. 또한 이와 같은 일련의 과학적 연구는 고려시대 동전을 이해하는데 중요하며, 향후 고려시대에서 조선시대에 이르기까지 주조된 동전의 주전사(鑄錢史)를 체계적으로 구명하는데 필수적이라 할 수 있다. 더 나아가서는 이웃 중국 및 일본 동전을 비교하기 위한 과학적인 기초 데이터<sup>6</sup>를 축적 할 수 있는 계기가 마련된다.

본 연구는 해동통보의 성분 조성과 납동위원소비를 분석하고 미세조직을 관찰하여 해동통보의 특성을 밝히고 주전을 위해 사용한 원료의 산지를 추정하기 위한 것이다. 본 연구를 위하여 입수한 해동통보 1점은 충북대학교박물관에서 발굴한 청주시 신봉(봉명)동 V지구 토광묘 유적에서 출토된 것이다. 동전의 성분 함량을 결정하기 위해서 형광X-선분석(XRF) 및 유도결합프라즈마 분광분석(ICP)을 실시하였으며, 납동위원소비는 열이온화질량분석법(TIMMS)으로 분석하였다. 또한 해동통보의 미세조직을 관찰하여 위의 분석 결과와 함께 검토하였다.

## II. 납동위원소비<sup>7</sup>

원자번호가 82인 납은 질량수가 204, 206, 207, 208 인 4가지의 동위원소를 갖는다. 질량수가 204인 <sup>204</sup>Pb는 가장 안정한 납 동위원소로 지구 생성 시부터 존재하였던 것이며, <sup>206</sup>Pb은 <sup>238</sup>U로부터, <sup>207</sup>Pb은 <sup>235</sup>U로부터, <sup>208</sup>Pb은 <sup>232</sup>Th의 방사성붕괴에 의해 생성된다. 방사성붕괴에 의해 생성된 납(<sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb, <sup>208</sup>Pb)은 처음부터 존재하던 납(<sup>204</sup>Pb)과 혼합하여 어느 시기에 방연광(方鉛礦)을 형성하게 되는데 이때 방연광은 고유한 납동위원소비(<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb, <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb, <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb)를 나타낸다. 그런데 고대에 청동기를 제조하기 위해서 어느 지역의 방연광을 사용하였다면 그 방연광의 납동위원소비는 청동기에 그대로 유지된다. 따라서 여러 지역의 방연광의 납동위원소비를 분석한 다음, 청동기의 납동위원소비를 분석하여 비교하면 청동기의 제조에 사용된 납의 산지를 추정할 수 있게 된다<sup>8,9</sup>.

## III. 시료 및 실험

### 1. 해동통보(海東通寶)

해동통보는 제작 년대가 확실하며 본격적으로 유통된 최초의 동전(銅錢)으로 숙종 7년(1102)에 제정된 고주법(鼓鑄法)에 의해 주전도감(鑄錢都監)에서 주조되었다<sup>2,3</sup>. 송(宋), 요(遼)의 화폐사용을 본받아 만들었는데 유통의 활성화를 위해 해동통보 1만 5,000관을 주조하여

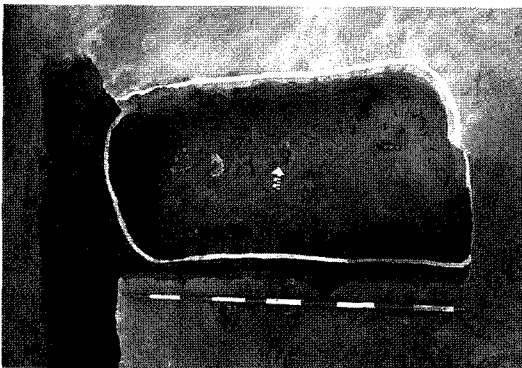
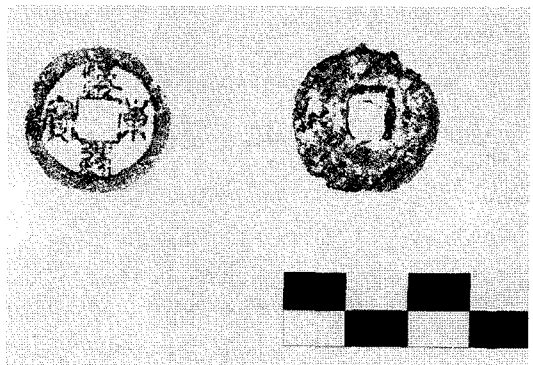


Photo. 1. No. 20 coffin, V area, Sinbong/Bongmyung-dong Cheongju, Chungnam.



(a) Fore

(b) Back

Fig. 1. Haedong-Tongbo minted at 1102 A.D.

양반, 군인들에게 나누어 주었고, 개경에 주점과 점포를 설치하여 사용토록 하였으며 주로 소액 상거래에 사용한 것으로 보고 있다<sup>3)</sup>.

본 연구를 위하여 입수한 해동통보(1102 AD) 1점은 충북 청주시 신봉/봉명동 V지구 토광묘 20호(Photo. 1)에서 출토된 것으로 충북대학교 박물관에서 발굴한 것이다. 해동통보의 양면을 탁본하여 Fig. 1에 나타내었다. 해동통보 전면의 글자의 배치와 서체는 회독전서(回讀篆書)이고 장관보(長冠寶)의 형태를 나타내고 있으며 배면은 무배자(無背字)이다<sup>3)</sup>.

## 2. 유도결합플라즈마발광분석(ICP)

해동통보 1점은 부식이 심하여 곧바로 시료채취가 어려운 상태였다. 우선 미소부형광X-선분석기(ED X-ray micro-fluorescence analyzer, KeveX, Omicron)를 사용하여 전체적인 정성분석을 실시하였다. 그 결과를 Fig. 2에 나타냈는데 Cu 및 Pb가 주요성분이며 미량으로 Fe, Ag 및 Sn이 검출되었다. 다음 동전 단면을 연마

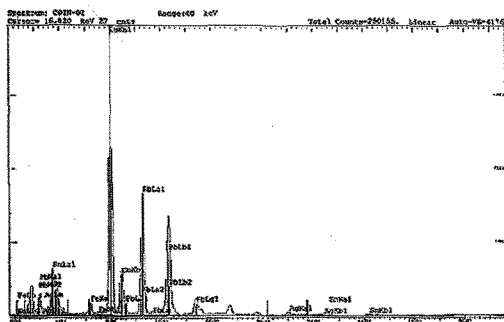


Fig. 2. Qualitative XRF spectrogram of Haedong-Tongbo



Photo. 2 Cross section of Haedong-Tongbo (X 50)

하여 부식층의 두께를 확인 하였고 비교적 부식이 심하지 않은 단면의 중심 부분에서 시료를 채취하였다 (Photo. 2).

ICP분석용 시료 50mg 정도를 정확히 칭량하여 Teflon digestion vessel(가압용기)에 넣고 왕수(1 vol HNO<sub>3</sub> : 3 vol HCl) 3 ml와 HF 1ml을 넣고 뚜껑을 닫고 밤새 가열하였다. 상온에서 서서히 식힌 후 뚜껑을 열고 시료가 완전히 용해되었는지를 확인하였다. 다시 가열하여 건고 상태로 만든 다음 1% 질산용액을 넣어 20g을 만들었다. 표준용액은 원자흡광용 표준원액(1000ppm, BDH spectrosol)을 사용하여 묽혔는데 분석시료의 매트릭스를 맞추기 위하여 왕수를 1ml 씩 첨가하였다. 시료분석은 유도결합플라즈마발광분석기(ICPS-1000III, Shimadzu, Japan)을 사용하여 11종의 성분원소(Cu, Pb, Sn, Zn, Fe, Mn, Sb, Co, As, Ag, Ni)를 분석하였다. 각 성분원소의 함량은 3회 분석하여 나타난 값을 평균값으로 하였다.

## 3. 열이온화질량분석(TIMS)<sup>9)</sup>

시료 약 2~3 mg을 10 ml 석영 비이커에 넣고 아세트산 용액에서 1~2 분간 초음파로 세척한 다음 건조시켰다. 이 시료에 질산 100~200  $\mu$ 를 첨가하여 용해시키고 증류수로 희석하였다. 이산화 납을 양극으로 하여 DC 2 V로 전기분해하여 납을 양극에 석출시키고, 석출된 양극의 납을 질산 50~60  $\mu$ 와 과산화수소 50~60  $\mu$ 를 가하여 용해시킨 후 희석하여 원자흡광분광광도계로 농도를 결정하였다. 70~80 ng의 납을 분취하여 인산-실리카겔법으로 Re-필라멘트에 납을 고착시켰다. 이를 질량분석기(Finnigan MAT Model 262)에 장착하고 납동위원소비를 측정하였다. 이때 측정온도는 1200  $^{\circ}$ C였으며 압력은  $5 \times 10^{-6}$  mbar 이하였다. 분석결과는 표준물질(NBS, SRM-981)의 측정치를 사용하여 보정하였다<sup>10,11)</sup>.

## 4. 미세조직

시료가 작아 에폭시 수지로 마운팅(mounting) 한 후 사포의 조밀 순서에 따라 #300, 500, 1000, 1200, 2400, 4000의 순서대로 연마한 후 물로 세척하였다. 그

Table 1. Chemical Compositions of Haedong-Tongbo by ICP analysis

No.	Minted age	Cu (%)	Pb (%)	Sn (%)	Zn (%)	Fe (%)	Ni (%)	Ag (%)	Co (%)	Sb (%)	Mn (%)	As (%)
①	1102 A.D.	75.5	13.3	6.03	-	0.03	0.08	0.02	0.03	0.01	-	-

리고 끝마무리 연마는 연마포(MD-MOL, MD-NAP, Struers)에 연마제(DP-suspension 3 $\mu$ m, 1 $\mu$ m, OP-U, Struers)를 뿌리면서 시료에 스크래치가 없을 때까지 연마하였다.

연마가 끝난 시편은 부식액(FeCl<sub>3</sub>+HCl+Ethyl Alcohol)을 이용하여 시편을 부식시켰으며, 부식된 시편은 금속현미경(Metallurgical Microscope, OLYMPUS PMG3, JAPAN)을 사용하여 조직을 관찰하였다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 성분 조성

고려시대 해동통보(1102) 1점의 성분 조성을 유도결합플라즈마발광분석법으로 분석하고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 해동통보는 고주범으로 주조된 것인데 표에서 보듯이 삼원합금으로서 약 76% Cu, 13% Pb 및 6% Sn으로 주조되었다는 것을 알 수 있다.

최근까지 필자가 분석한 조선시대(1423~1883) 동전을 살펴보면 대부분 동전은 Cu, Pb, Sn, Zn의 함량을 조절하여 만드는 것이 주종을 이루었고, Cu, Pb, Zn으로 된 경우도 확인할 수 있었다. 또한 조선말 혼련도감

에서 주조한 상평통보(1828)에서 Cu와 Pb이 주성분인 동전을 발견할 수 있었으나 Fe의 함량이 상당량 포함된 동전이였다.

이번 연구에서 선정할 분석시료는 해동통보가 1만 5,000관 주조된 것 중에서 1점 만을 분석한 것이며 부식이 심하여 빠져나간 성분도 있을 것 이라고 생각된다. 향후 해동통보를 더 수집하여 분석한 결과를 가지고 검토하고자 한다.

##### 2. 미세조직

주조조직에서 보이는 수지상( $\alpha$ 상, dendrite)조직과 수지상 사이에 ( $\alpha+\delta$ ) 공석상인 기지상이 보인다. 또한 냉각 시 구리와 주석의 확산속도 차이에 의해서 나타난 결정편석현상이 보이며 Pb가 떨어져 생성된 hole도 관찰된다(Photo. 3).

##### 3. 원료의 산지

열이온화질량분석법에 의한 납동위원소비(206/204, 207/204, 208/204, 207/206, 208/206)의 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Lead Isotope Ratios of Haedong-Tongbo and Score

No.	Lead isotope Ratios					Score	
	206/204	207/204	208/204	207/206	208/206	DS1 <sub>J</sub>	DS2 <sub>J</sub>
①	18.815	15.809	39.253	0.840	2.086	-0.485	0.583

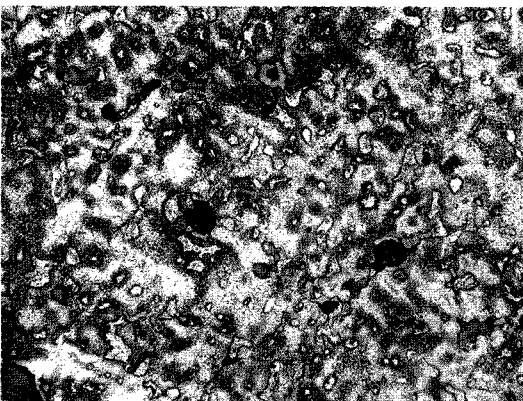


Photo 3. Microstructure of Haedong-Tongbo(X500)

본 연구에서는 한국, 중국 및 일본의 방연광을 분석한 Mabuchi의 납동위원소 분석 데이터<sup>12)</sup>를 사용하여 비교하고자 하였다. Brill<sup>8,9)</sup> 및 Mabuchi 등<sup>10-13)</sup>이 산지추정에 응용한 납동위원소비에 의한 방연광의 분류는 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb : <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb (type-A) 및 <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb : <sup>208</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb (type-B)의 도시법이 일반적으로 사용되고 있다. 이 방법으로 한국, 중국 및 일본의 방연광의 납동

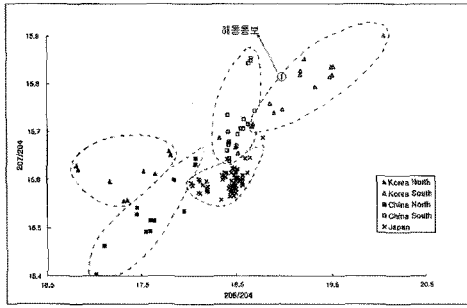


Fig. 3. Plot of lead isotope ratio of Haedong-Tongbo (type A)

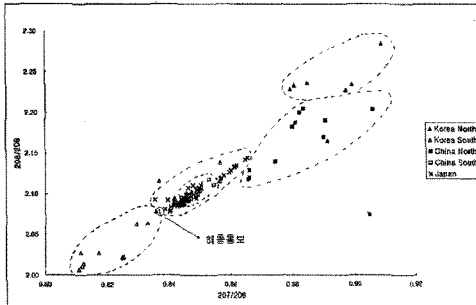


Fig. 4. Plot of lead isotope ratio of Haedong-Tongbo (type B)

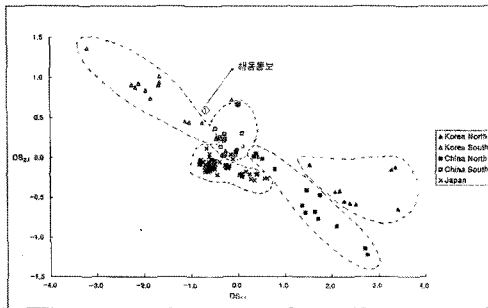


Fig. 5. Plot of lead isotope ratio of Haedong-Tongbo (SLDA)

위원소비를 도시한 것이 Fig. 3과 Fig. 4이다. Fig. 4에서는 중국남부(□) 시료와 일본(×)시료가 일부 겹쳐 있어 이들 두 지역 간의 분류에는 다소 어려움이 있다는 것을 알 수 있다. Fig. 3 및 4를 비교해 보면 방연광 시료의 분포는 크게 한국남부(△), 한국북부(▲), 중국남부(□), 중국북부(■) 및 일본(×) 지역의 5개 시료 군으로 분류됨을 알 수 있어 납 원료의 산지 추정 가능성이 있을 수 있다. 그러나 각각의 그림은 일부 납동위원소비 데이터가 누락되어 있어 모든 데이터를 동시에 사용할 수 있는 선형판별식분석법(SLDA)을 사용하였다. 선형판별식분석법은 방연광의 납동위원소비의 모든 데이터를 이용하여 각 시료 군을 분류하기 위한 판별함수를 구하

는 것이다.<sup>14-16)</sup>

해동통보의 납동위원소비를 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타내었다. 그 결과 해동통보는 한국남부 방연석 범위에 속한다고 속하였다. 또한 선형판별식분석에 의한 결과로서 Fig. 5를 살펴보면 해동통보의 납동위원소비는 한국남부에 포함된다고 볼 수 있다.

## V. 맺음말

충북 청주시 신봉(봉명)동 V지구 토광묘 20호 유적에서 고려시대 숙종7년(1102)에 주조한 해동통보 1점을 입수하였다. 동전의 과학적 연구를 위하여 성분조성, 미세조직 및 납동위원소비를 측정하였다.

1. 해동통보는 Cu, Pb, Sn의 삼원합금으로 주조된 동전임을 확인하였다. 그러나 동전의 부식이 심하고 단 1점만 분석한 것이어서 향후 분석데이터의 보완이 요구된다.
2. 해동통보의 납동위원소비 데이터를 사용하여 원료의 산지를 추정한 결과 한국남부의 납광석을 가져다 쓴 것으로 판단되었다.

## 사의

본 시료를 제공해 주시고 평소 많은 연구가 이루어질 수 있도록 조연해 주신 충북대학교 고고미술사학과 故 권학수 교수님께 사의를 표합니다.

## 참고문헌

1. \_\_, 한국화폐전사, 53~68, 한국조폐공사, (서울, 1971).
2. \_\_, 韓國의 貨幣, 22~55, 한국은행, (서울, 1994)
3. 崔虎鎮, 韓國貨幣小史, 61~76, 瑞文文庫, 瑞文堂, (서울, 1979).
4. \_\_, 韓國과 中國의 古錢, 58, 계명대학교박물관, (2000).
5. 宋應星, 天工開物, 191~197, 대동문화사, (1997).

6. H.T. Kang et al., Chemical Compositions and Lead Isotope Ratios of Joseon Coins in Korea, 295~302, *Proceeding of BUMA V*, (2002).
7. G. Fanre, *Principles of Isotope Geology* 2nd Ed., 309~334, (1977).
8. R. H. Brill and J. M. Wampler, *Am. J. Archaeol.*, 71, 63 (1967).
9. R. H. Brill, I. L. Barnes and B. Adams, *Recent Advance in Science and Technology of Materials*, 3, 9 (1974).
10. 平尾良光, 考古學でのアイント-づの利用, *RADIOISOTOPES*,
11. H. Mabuchi, Y. Hirao and M. Nishida, *Archaeometry*, 27, 131 (1985).
12. 馬淵久夫, 平尾良光, 考古學雑誌, 73(2), 199~245 (1987).
13. 平尾良光, "古代日本の青銅器の原産地を訪ねて", *計測と制御*, 28~48(1989)
14. D. Coomans and D. L. Massart, *Anal. Chmi. Acta*, 112, 97 (1973) 42~257(1993).
15. 강형태, 문선영, 홍태기, 김승원, 김규호, 허우영, *한국상고사학보*, 26, 33(1997).
16. 佐野有司, 野津憲治, 富永 健, 多變量解釋法を用いる古錢の化學組成の研究, *古文化財の科學*, 28, 44~58 (1983).