

# 국립중앙박물관 소장 청동유물의 납동위원소비 데이터베이스 구축(II)

강형태\* · 안주영 · 전효수

국립중앙박물관 보존과학팀

## Lead Isotope Ratio Data Base for Bronze Objects at the National Museum of Korea ( II )

Hyungtae Kang, Jooyoung Ahn and Hyosoo Jeon

Conservation Science Team, National Museum of Korea

**요 약** 국립중앙박물관 보존과학팀에서는 금속 유물의 보존처리 과정에서 얻은 청동 녹의 과학적 연구로서 납동위원소비 데이터베이스를 구축하고 이로부터 청동기 원료의 산지와 관련된 연구를 수행하고자 한다. 청동 녹의 납동위원소비 분석을 위한 분석 장비는 한국기초과학지원연구원의 열이온화질량분석(Thermal ionization mass spectrometer ; TIMS)를 활용하였다. 본 연구의 일환으로 2차 년도인 2008년에는 백제시대의 금동환형좌금 2점, 낙랑시대의 동전두 2점, 통일신라시대의 청동제화형접시 10점, 元豐通寶(1078년-북송)의 청동기 4점(1점은 시대미상)등 총 18점의 납동위원소비를 분석하였다.

**Abstract** The Conservation Science Team of National Museum of Korea has established the data base of lead isotope ratio as the scientific research of bronze patina, which was acquired from conservation process of metal objects, and based on this result, it intends to conduct the research related to the origin of raw material for the bronze objects. As the equipment for analysis of lead isotope ratio of the bronze patina, the thermal ionization mass spectrometer(TIMs) was used. As a part of this study, in 2nd year 2008, lead isotope ratios of total 18 samples including 2 samples of Round-type gold-bronze belong to Baekje period, the 2 items of head of bronze arrow belong to Nangnang(Lelang) and 10 items of the flower-shaped bronze dishes from the Unified Silla period, the 4 items of the bronze patina from the objects(era of 1 item not identified) of Wopungdongbo(year 1078-North Sung) were analyzed.

\* Corresponding Author : Conservation Science Team., The National Museum of Korea  
Tel : 02)2077-9420 | Fax : 02)2077-9449 | E-mail : akdntm@museum.go.kr

## I. 머리말

국립중앙박물관 보존과학팀에서는 금속 유물의 보존처리를 위한 과정의 하나로서 유물로부터 일부 청동 녹(부식물)을 제거하는데 청동 녹은 그 유물을 제작하기 위해서 사용한 원료의 산지를 추정할 수 있는 중요한 정보 자료가 되며 향후 유물의 과학적 연구에 있어서 청동 녹의 중요성이 확대될 것으로 판단하고 있다. 불과 10여년 전만해도 청동기의 산지연구를 위해서는 부식되지 않은 신선한 금속 시료가 필요했으나 첨단 기기의 발달과 녹에 대한 연구 결과로부터 충분히 그 유용성을 입증하고 있다. 이에 국립중앙박물관 보존과학팀에서는 금속 유물의 보존처리를 수행하면서 자연스럽게 발생하는 청동 녹을 수집하고 분석하여 그 결과를 소장품의 데이터로 축적하고 이들 자료가 모아지면 유물별, 시기별, 지역별로 유물의 산지연구를 위한 자료로 활용하고자 한다.

본고는 2008년 국립중앙박물관 보존과학팀의 청동제 유물을 보존처리하는 과정에서 소량의 녹을 입수하고 이에 함유된 납동위원소비를 분석하여 원료의 산지를 추정하는 과정과 결과를 정리한 내용이다. 물론 이 산지 추정 결과는 유물의 명료한 원료 산지를 지정해 주는 것은 아니지만 이러한 결과와 함께 고고학적 해석을 종합하면 그 유물을 이해하는데 도움이 될 수 있다고 생각한다. 향후에도 보존처리를 하면서 꾸준히 청동 녹을 수집하여 국립중앙박물관 소장 금속유물에 대한 납동위원소비 데이터를 구축하고자 한다. 그리고 이들 분석결과는 한국, 일본 및 중국과 관련되는 유물들의 납동위원소비 데이터와 상호 비교할 수 있으며 해석도 가능하다.

## II. 납동위원소비

청동기는 대부분 구리와 주석을 기본으로 하면서 필요에 따라 납을 첨가하여 주조한 것이다. 청동에 납을 첨가하는 목적은 주조할 때 유동성을 좋게 하고 용융온도를 낮추기 위해서, 또 값비싼 주석을 얻기 어려워서 대신 납을 첨가하기도 한다. 이렇듯 청동기를 제조하기 위해서 납은 당시의 기술적, 경제적인 측면을 고려하면서 용도에 따라 그 양을 조절하여 첨가하지만 동시에 이 납을 언제, 어디서 입수 하였는지를 밝혀내는 것이 중요하다. 그래서 청동 원료의 산지를 추정하기 위한 자연과학적인 방법으로 납동위원소비를 이용한 산지 추정법이 응용되고 있다.

납은 질량수가 서로 다른 4가지 동위원소 (204, 206, 207, 208)가 존재하는데 이들 4종의 납동위원소 비율을 측정하여 원료의 산지를 추정하는 방법이다. 45.6억 년 전 지구가 생성되었을 당시, 지구상에 존재하는 원소의 동위원소비는 일정하게 정해져 지구 어느 곳에 서나 같은 값이었다. 대부분 원소의 동위원소 조성은 시간이 경과 하더라도 동위원소의 조성비는 변하지 않으나, 일부 원소는 예외적으로 시간이 지남에 따라 그 조성비의 값이 변한다. 그러한 예외적인 원소 중 하나가 납이다.

납에는 안정적인 동위원소인 Pb-204, Pb-206, Pb-207, Pb-208인 4가지의 동위원소를 지니고 있으며, 지구가 생성되면서 그 비율은 정해져 있었다. 그러나 시간이 경과함에 따라 방사성붕괴에 의해 납광석(방연석; galena) 속에 함께 존재하였던 U-238, U-235, Th-232는 스스로 방사능을 방출하여 원자 속의 양자와 중성자 수를 점점 변화시켜 마지막에는 Pb-206, Pb-207, Pb-208로 변화한다. 이렇게 해서 납의 동위원소는 처음에 지구가 생겼을 때의 양에서 서서히 증가해 결국에는 우리들과 토륨의 양이 감소한 만큼 납의 양이 증가하게 된다. 납동위원소의 존재량과 그 비는 광석 중에 존재하는 우리늄, 토륨, 납의 양과 공존시간 등에 따라 변화하며, 각 납 광산마다 고유한 값을 지닌다. 따라서 현재 유물의 Pb-204의 양과 Pb-206, Pb-207,

Pb-208의 양을 측정하고 이를 각 지역의 납광석 납동위원소비와 비교함으로써 유물의 산지 추정이 가능하게 된다.

유물의 산지 추정과 관련하여 한국, 중국 및 일본의 방연석을 처음 분석한 연구자는 馬淵久夫와 平尾良光이다. 이들은 각 국가의 방연석을 입수하여 각각의 납동위원소비를 분석 하여 납동위원소비 지도를 작성하였고 이를 기초로 유물의 산지를 추정하고 있다. 따라서 이들 데이터는 3국 간의 청동 원료의 수입과 분배, 문화교류 등 상호 관계를 이해하는데 반드시 참고해야 할 자료이다.

### III. 청동 시료

국립중앙박물관 소장 청동기를 보존처리하는 과정에서 각 유물마다 입수한 청동 녹 18점에 대한 유물의 명칭, 시대 및 특징을 Table 1에 정리하였고 시료의 위치를 Photo 1~6에서 화살표(→)로 나타내었다. 청동 시료는 그 양이 일정하지 않았지만 최소 약 3 mg 정도이다.

#### 3.1. 본관4912 전 - 元豊通寶(Photo. 1, 2)

京畿道 江華郡 內可面 外浦里 俗稱庚에서 발견되었고 元豊通寶(1078년-북송)인 중국동전으로 확인되며, 표면에 부식이 진행되고 있는 상태이다. 18점의 유물 중 4점의 유물에서 시료를 채취 하였으며 3점의 전에서는 元豊通寶(1078년-북송)가 확인되지만 잔편은 부식이 진행되어 확인할 수 없었다. 시료는 보존처리 중 떨어지는 녹 부분이 적어 극히 미량만을 분석하였다. 부분적으로 밝은 녹색(Bright green)의 녹이 관찰되며 분석 시료는 유물의 소지 부분과 떨어지는 편을 중심으로 3점의 시료에서 각각 1곳씩 채취하였다.(가로 28.8mm, 세로 29.0mm), (가로 29.0mm, 세로 29.0mm), (가로 24.8mm, 세로 24.8mm)

#### 3.2. 본관5992 금동환형좌금(Photo. 3)

백제시대의 유물로 忠南 扶餘郡 扶餘面 陵山里 第5墳에서 출토되었다. 3점의 유물 중 1점에서 시료를 채취하였으며 3점 중 어느 유물인지는 알 수 없으나 떨어진 편을 분석하였다. 부식으로 인해 금도금층의 결실이 심하며, 소지 금속도 매우 약한 상태이다. 전체적으로 밝은 녹색(Bright green)의 녹이 관찰되며 유물의 소지 부분과 떨어지는 편을 중심으로 시료를 채취하였다.(가로 40.5mm, 세로 39.5mm)

#### 3.3. 본관12362 동전두(Photo. 4, 5)

낙랑시대의 유물로 平南 大同郡 大同江面 梧野里에서 출토 되었으며 5점의 유물 중 상태가 양호한 4점에서 시료를 채취하였다. 2점의 시료는 국립중앙박물관 소장 청동 유물의 납동위원소비 데이터베이스 구축(I)에 결과를 고찰하였으며 이번에 2점을 분석하였다. 2점 모두 결실 부분이 관찰되며 표면에는 흙 등의 이물질이 얇게 고착되어 있고 회청색을 띠는 분상의 부식화합물이 존재한다. 이 부분을 중심으로 시료를 채취하였다.(잔존길이 63.0mm, 너비 13.5mm), (잔존길이 65.5mm, 너비 12.5mm)

#### 3.4. 본관13562 청동제화형접시(Photo. 6~15)

통일신라시대의 유물로 黃海道 平山郡 平山面 山城里 91田에서 출토되었다. 41점의 유물 중 국립중앙박물관 소장 청동유물의 납동위원소비 데이터베이스 구축(I)에서 8점의 결과를 고찰하였으며 이번에 10점을 분석하였다. 약간의 균열이 관찰되지만 완형을 이루며, 유물의 상태는 안정한 편이다. 전체적으로 흙이 얇게 고착되어 있으며 접시의 중앙 부분을 중심으로 앞·뒤면에 공작석(Malachite)로 보이는 짙은녹색(Dark Green)의 녹이 형성되어 있다. 이 녹을 중심으로 시료를 채취하였다.

(청동제화형접시 10점에 대한 최대길이 155.1~165.8mm, 최대높이 18.0~22.0mm)

Table 1. Archaeological Data for Bronze Objects of National Museum of Korea




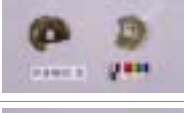














Serial number	Museum object no.	Item	Era	Excavated location	Bronze sampling part
1	Bongwan 4912	coin(錢)-(18-2)	Wonpungdongbo (1078 year-North Sung)	Sokchinggyung Oepo-ri Naega-myun Ganghwa-gun Gyeonggi-do	
2	Bongwan 4912	coin(錢)-(18-3)	Wonpungdongbo (1078 year-North Sung)	Sokchinggyung Oepo-ri Naega-myun Ganghwa-gun Gyeonggi-do	
3	Bongwan 4912	coin(錢)-(18-7)	Wonpungdongbo (1078 year-North Sung)	Sokchinggyung Oepo-ri Naega-myun Ganghwa-gun Gyeonggi-do	
4	Bongwan 4912	coin(錢)-coin fragment	not identified	Sokchinggyung Oepo-ri Naega-myun Ganghwa-gun Gyeonggi-do	
5	Bongwan 5992	round-type gold-copper (3-1)(金銅丸形座金)	Baekje	5th Tomb Neungsan-ri Buyeo-myun Buyeo-gun Chungnam	
6	Bongwan 5992	round-type gold-copper fragment(金銅丸形座金)	Baekje	5th Tomb Neungsan-ri Buyeo-myun Buyeo-gun Chungnam	
7	Bongwan 12362	head of bronze arrow (銅箭頭)-(5-3)	Nakrang(Lelang)	Oya-ri Daedonggang-myun Deadong-gun Peongnam	
8	Bongwan 12362	head of bronze arrow (銅箭頭)-(5-4)	Nakrang(Lelang)	Oya-ri Daedonggang-myun Deadong-gun Peongnam	
9	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-(41-9)(青銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
10	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-(41-10)(青銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
11	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-(41-11)(青銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
12	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-(41-12)(青銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	

Table 1. (continued)

Serial number	Museum object no.	Item	Era	Excavated location	Bronze sampling part
13	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-13)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
14	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-14)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
15	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-15)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
16	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-16)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
17	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-17)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	
18	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish- (41-18)(靑銅製花形 dish)	Unified Silla	91 Jeon Sanseong-ri Pyeongsan-myun Pyeongsan-gun Hwanghae-do	

## IV. 분석 및 데이터 해석법

### 4.1. 열이온화질량분석법(TIMS)

시료는 약 3 mg 정도를 채취하여 테프론 바이알에 넣어, 정제된 염산을 2~3 ml 첨가하고 150℃의 가열판에서 약 10시간 이상 가열하였다. 다음 바이알 뚜껑을 열고 가열하여 건조시켰고 6N 염산 2 ml 정도를 사용하여 다시 건조시킨 후 1N 염산 1ml로 녹였다. 원심분리 시켜 녹인 시료를 음이온교환수지와 1N 염산을 사용하여 납을 분리시켰다. 분리한 납은 single filament에 얹어 열이온화질량분석기(VG Sector 54-30)를 사용하여 동위원소비를 측정하였다. 분석결과는 표준물질(NBS SRM 981)

의 측정치를 사용하여 보정한 것이다. 분석과정의 총 바닷값은 1ng 내외이었다. 본 납동위원소 분석은 대덕연구 단지에 있는 한국기초과학지원연구원에서 수행하였다.

### 4.2. 다변수분석법(Multivariate analysis)

청동기에서 얻은 납동위원소비 데이터를 사용하여 시료의 분포 형태를 한 눈에 볼 수 있도록 2차원 공간에 나타내는 통계적인 방법으로 다변수분석법이 있다. 이 다변수 분석법을 사용하면 시료간의 유사성 및 상호관계로부터 시료가 몇 개의 군으로 분류되었는지를 알아낼 수 있으며 또 시료의 근원이 동일한지 여부를 판단할 수 있다. 또 미지의 시료가 어느 군에 소속되는지를 판별할 수 있다.

**Table 2. Lead isotope ratios of bronze objects and their expected provenances**

No	Original Number	Item	Lead isotope ratio					Score		Source expected
			206/204	207/204	208/204	207/206	208/206	DS <sub>1</sub>	DS <sub>2</sub>	
1	Bongwan 4912	coin-2	17.920	15.529	38.488	0.8666	2.1477	0.658	-0.479	?
2	Bongwan 4912	coin-3	17.780	15.557	38.487	0.8750	2.1647	1.103	-0.417	?
3	Bongwan 4912	coin-7	18.177	15.642	38.684	0.8606	2.1282	0.382	-0.051	?
4	Bongwan 4912	coin-fragment	18.176	15.641	38.716	0.8605	2.1301	0.404	-0.065	?
5	Bongwan 5992	round-type gold-copper	19.523	15.735	40.503	0.8060	2.0746	-1.589	0.178	?
6	Bongwan 5992	round-type gold-copper	19.424	15.730	40.374	0.8098	2.0786	-1.444	0.163	?
7	Bongwan 12362	head of bronze arrow-3	17.642	15.517	38.436	0.8795	2.1785	1.344	-0.587	Northern China
8	Bongwan 12362	head of bronze arrow-4	17.566	15.548	38.612	0.8851	2.1980	1.755	-0.548	Northern China
9	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-9	18.511	15.700	38.742	0.8482	2.0929	-0.308	0.250	Southern China
10	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-10	18.450	15.688	38.681	0.8503	2.0964	-0.223	0.204	Southern China
11	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-11	18.170	15.640	38.534	0.8608	2.1207	0.291	-0.013	Southern China
12	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-12	18.604	15.746	39.019	0.8464	2.0971	-0.253	0.359	Southern China
13	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-13	18.660	15.735	38.980	0.8433	2.0888	-0.447	0.351	Southern China
14	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-14	18.444	15.689	38.703	0.8506	2.0984	-0.189	0.199	Southern China
15	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-15	18.307	15.658	38.496	0.8553	2.1026	-0.053	0.107	Southern China
16	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-16	18.158	15.664	38.357	0.8625	2.1119	0.249	0.123	Southern China
17	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-17	18.512	15.722	38.919	0.8493	2.1021	-0.142	0.273	Southern China
18	Bongwan 13562	flower-shaped bronze dish-18	18.267	15.655	38.601	0.8571	2.1134	0.124	0.052	Southern China



최근까지 납동위원소비 데이터를 주로  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 과  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 을 두 축으로 한 방연석 분포도(Fig. 1-a) 및  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 과  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 을 두 축으로 하는 방연석 분포도(Fig. 1-b)에 시료를 표시하여 그 산지를 추정하고 있다. 이 경우  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 의 데이터는 무시되고 있다는 점과 시료를 판별할 수 없는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하는 방법으로서 모든 데이터를 동시에 사용하여 선형판별식분석으로 방연석의 분포도를 작성하였다.

본 연구에서는 馬淵久夫와 平尾良光이 기 분석한 한국, 중국 및 일본의 방연석의 납동위원소비 데이터(134개 시료 세트)를 기초로 선형판별식분석(statistical linear discriminant analysis ; SLDA)을 수행하여 판별함수(discriminant function)를 계산하였다. 선형판별식분석으로 구한 판별함수에 미지시료의 납동위원소비 데이터를 넣으면 판별점수(discriminant score ;  $DS_{i,1}$  및  $DS_{i,2}$ )를 구할 수 있다. 이 값을 SLDA에 의해 작성된 한국, 중국 및 일본의 방연석 분포도(Fig. 1-c)에 적용하면 이 미지 시료를 점으로 나타낼 수 있는데 그 지점의 위치가 원료의 산지로 추정하고 있다.

## V. 결과 및 고찰

청동 유물의 보존처리 과정에서 18점의 청동 녹에 대한 납동위원소비를 측정하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 그리고 한국·중국·일본의 방연석 데이터를 사용하여 도시한 Fig. 1의 분포도에 Table 2의 납동위원소비 데이터 값을 넣어 각 청동 유물이 어느 지역에 포함되는지를 확인하였다.

### 5.1. 도식 A와 B

청동기 원료의 산지추정을 위해  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 와  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 을 축으로 한 Fig. 1-a(도식 A)와  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 와  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 를 축으로 한 Fig. 1-b

(도식 B)를 사용하였다. 여기에서 보는 바와 같이 한국, 중국 및 일본의 방연석 영역이 잘 나타나 있어 납의 산지 분류에 유용하게 사용되고 있다. 그러나 한국 남부의 납광석(▲)과 중국 남부의 납광석(■) 분포가 일부 겹쳐 있어 이 영역에서의 산지 추정은 어려움이 있음을 알 수 있다.

### 5.2. 선형판별식분석

다변수분석법 중 선형판별식분석법(SLDA)으로 납광석의 분류를 위한 판별함수를 구한 바 있다. 한국, 일본 및 중국 납광석 시료 134종의 전체 납동위원소비 데이터를 사용하여 선형판별식분석을 수행한 결과이며 Fig. 1-c(SLDA)에서 나타내었다. 여기에서도 한국 남부(▲)와 중국 남부(■)가 일부 겹쳐있다는 것을 알 수 있다. 판별함수로서 18점의 납동위원소비를 위의 판별식을 사용하여 각 시료의 판별점수를 구하고 그 결과를 Table 2의 오른쪽 칼럼에 함께 나타내었다.

Table 2의 판별점수( $DS_{i,1}$ ,  $DS_{i,2}$ )를 사용하여 Fig. 1-c에 나타 내었고 Fig. 1-a 및 Fig. 1-b의 결과와 일치하는지를 검토하였다.

18점의 시료를 선정하여 Table 1에서 유물별로 元豐通寶(1078년-북송)의 전 4점(1점은 미상), 백제시대의 금동환형좌금 2점, 낙랑시대의 동전두 2점, 통일신라의 청동제화형접시 10점을 각각 Fig. 2~5에 나타내었다. Fig. 2에서 전의 위치를 살펴보면 Fig. 2-a에서는 중국 북부와 중국남부에 위치하지만, Fig. 2-b 및 2-c에서는 중국 북부에 가깝게 위치하고 있다. 이름을 확인 할 수 없어 시대미상으로 확인 하였던 4번의 시료가 3번의 시료와 비슷 하게 일치하는 것으로 보아 4번의 시료 또한 元豐通寶(1078년-북송)으로 추정되며, 이렇게 전의 범위가 넓게 나타나는 것으로 보아 사용 원료의 재사용 가능성 또한 추정된다. 여기에서 전의 범위는 넓게 나타나지만 중국의 영역에는 포함 되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 백제시대의 금동환형좌금을 Fig. 3에서 살펴보면 한 영역에 포함 되어 있지는 않지만 한국남부에 가깝게 위치하고 있으며 채취한 시료와 떨어진 편이 일치하지 않는 것으로

보아 채취하지 않은 2점의 유물 중 떨어진 것으로 추정된다. 낙랑시대의 동전두 2점은 Fig. 4의 3개 그래프 모두 중국 북부에 포함되어 있으며, 이는 데이터베이스 구축(I)의 동전두 2점과 같은 결과이다. Fig. 5에서 통일신라시대의 청동제화형접시도 데이터베이스 구축(I)과 같은 결과인 중국 남부에 가까이 포함되어 있는 것이 확인되나 분포가 벗어나 형성되어 있는 접시에 대한 재검토는 필요하다. 이번 연구의 결과에서 동전두만이 산지 추정 가능성이 높고 다른 청동유물들은 여러 가지의 고려 사항들로 산지 추정이 어려우므로 이를 위해서는 청동기의 재질에 대한 확인이 요구된다.

## VI. 맺음말

국립중앙박물관 보존과학팀에서는 금속 유물의 보존처리 과정에서 청동 녹을 제거 해 왔는데 이에 대한 과학적 연구로서 청동 녹의 납동위원소비 데이터를 구축하고 이로부터 청동기 원료의 산지와 관련된 연구를 수행하였다. 최근에는 첨단 기기의 발달로서 극미량의 청동 시료 분석이 가능하며 그 유용성이 입증 되었다. 따라서 보존과학팀에서는 금속 유물의 보존처리를 수행하면서 얻을 수 있는 청동 녹을 최대한 수집하고 분석하여 이들 자료를 모아 유물의 종류별, 시기별, 지역별 산지연구를 위한 자료로 활용할 것이다.

본 연구의 일환으로 2008년에는 전 4점, 금동환형좌금 2점, 동전두 2점, 청동제화형접시 10점의 납동위원소비를 분석하였다. 그리고 이에 대한 해석은 馬淵久夫와 平尾良光에 의해서 분석한 한국, 중국 및 일본의 방연석 납동위원소비 데이터를 기초로 산지를 추정하였다.

## VII. 참고문헌

1. 이강승, 강형태, 정광용, 2001, 「대전광역시유적 청동기의 성분 조성과 납동위원소비」, 『考古學誌』, 第 12호輯, 국립중앙박물관, pp.119~131.
2. 崔姓外, 1998, 「大田廣域市 比來洞 出土 琵琶形銅劍의 組成 및 납同位元素比」, 『전통과학기술학회지』, 제4·5권 합본 제 1호, p.16.
3. 馬淵久夫, 平尾良光, 1987, 「東アジア鉛鑛石의 鉛同位體比」, 『考古學雜誌』, 73, pp.199-245.
4. Brill, R. H and J. M. Wampler, 1967, 『American Journal of Archaeology』, p.71.
5. Brill, R. H et al., 1974, 『Recent Advance in Science and Technology of Materials』, 3.
6. 히라오 요시미즈, 2001, 『문화재를 연구하는 과학의 눈』, 학연문화사, pp.56~59.
7. 강형태 외, 2003, 『고고자료의 자연과학 응용(II) -익산 미륵사지 납유리의 제조 및 유통』, 국립문화재연구소, pp.241~266.



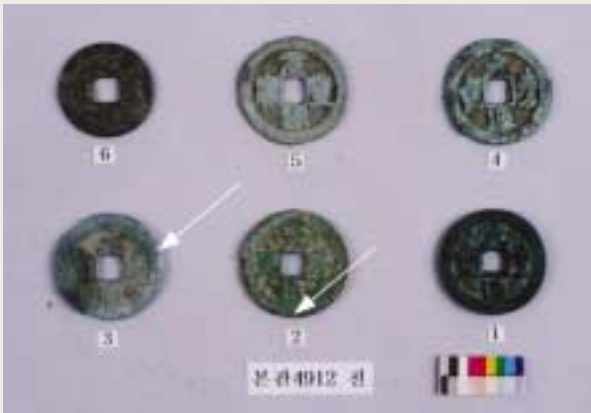


Photo 1. Coin(錢)-Wopungtongbo



Photo 2. Coin(錢)-Wopungtongbo



Photo 3. Round-type gold-copper(金銅丸形座金)



Photo 4. Head of bronze arrow(銅箭頭)



Photo 5. Head of bronze arrow(銅箭頭)



Photo 6. Flower-shaped bronze dish(10 dishes all are same pattern in this study)(青銅製花形dish)

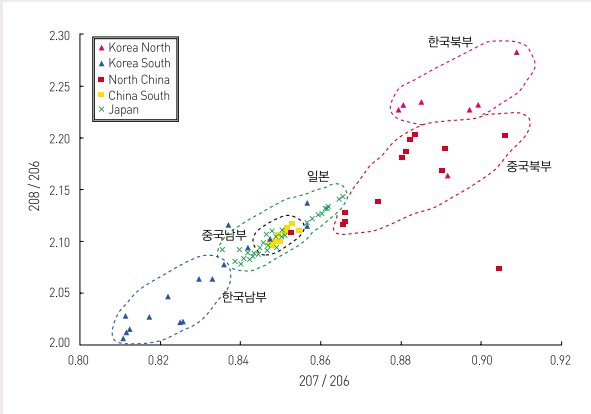


Fig. 1-a Plot of lead isotope ratio of galena of Korea, China and Japan(type-A)

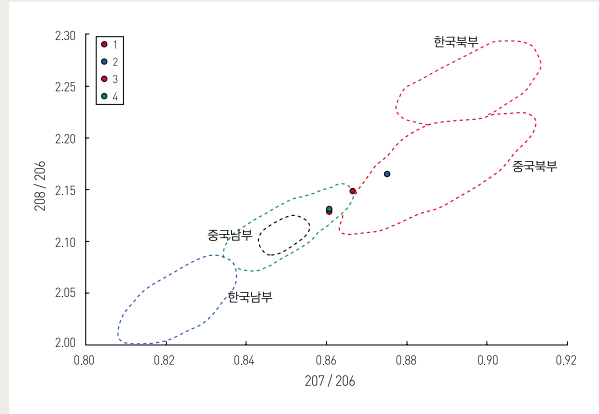


Fig. 2-a Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 4912 coin (type A)

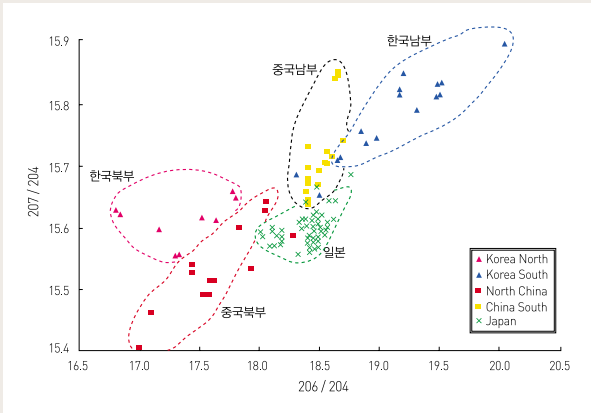


Fig. 1-b Plot of lead isotope ratio of galena of Korea, China and Japan(type-B)

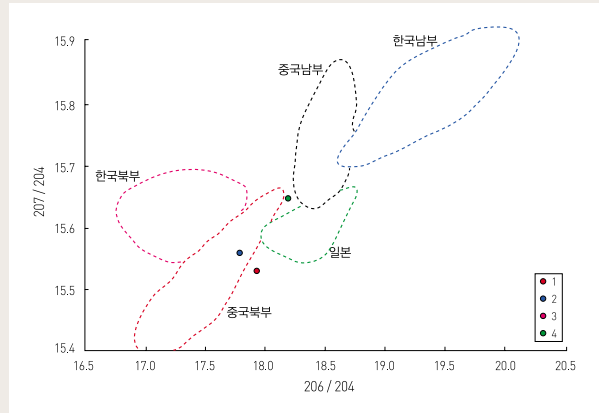


Fig. 2-b Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 4912 coin (type B)

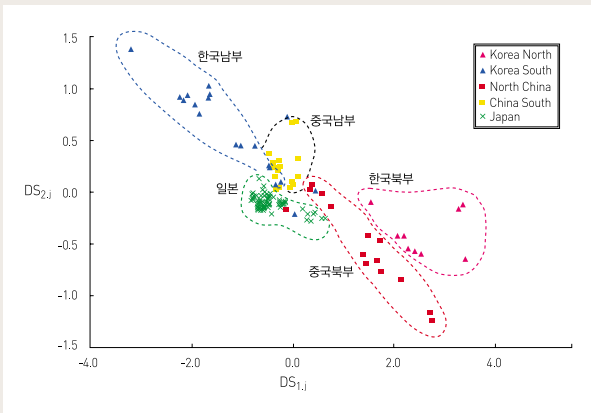


Fig. 1-c Plot of lead isotope ratio of galena of Korea, China and Japan(SLDA)

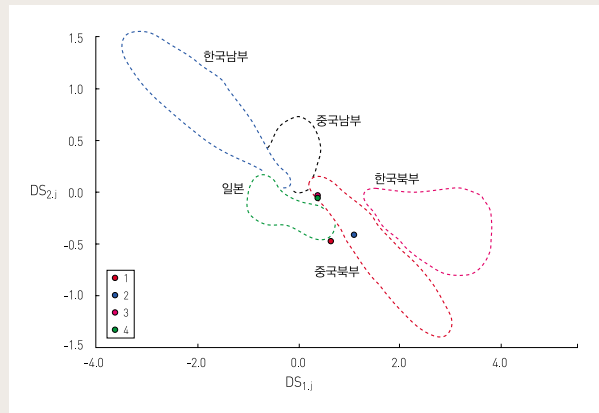


Fig. 2-c Distribution of main bldg. 4912 coin(SLDA)

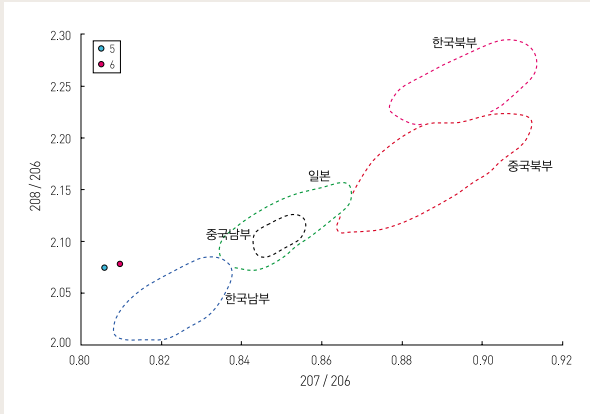


Fig. 3-a Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 5992 Round-type gold-copper washer (type A)

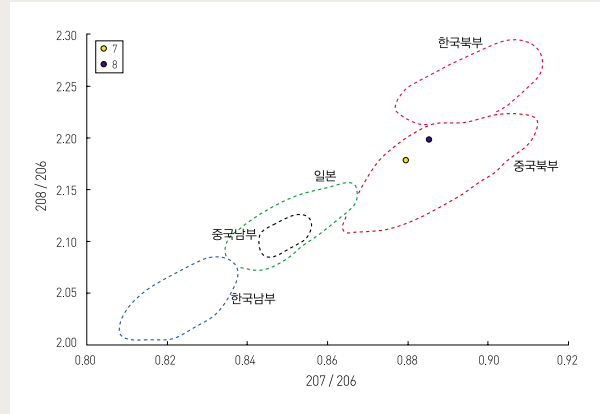


Fig. 4-a Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 12362 copper arrow head (type A)

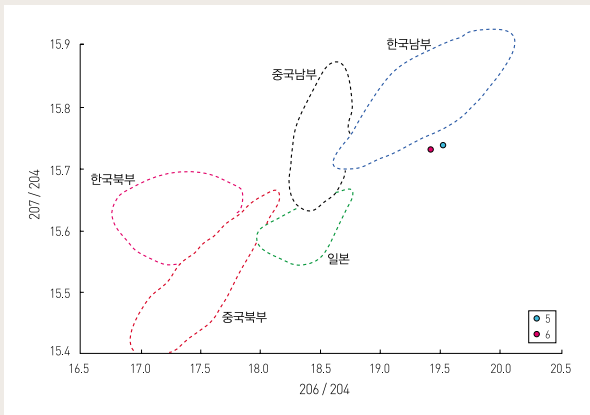


Fig. 3-b Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 5992 Round-type gold-copper washer (type B)

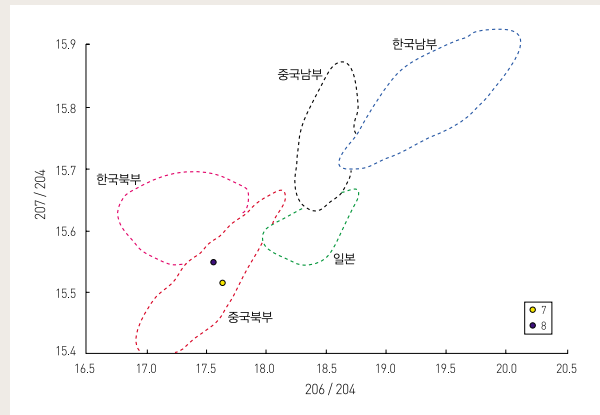


Fig. 4-b Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 12362 copper arrow head (type B)

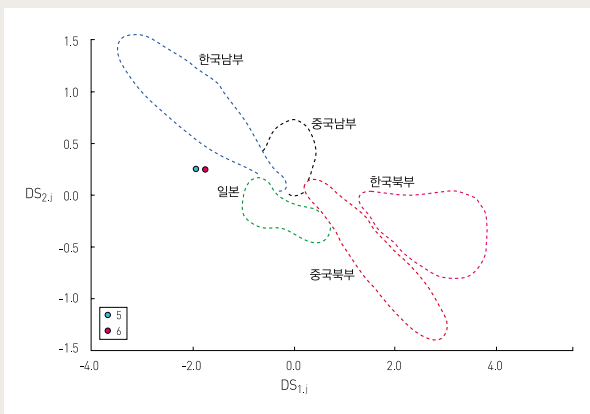


Fig. 3-c Distribution of main bldg. 5992 Round-type gold-copper washer (SLDA)

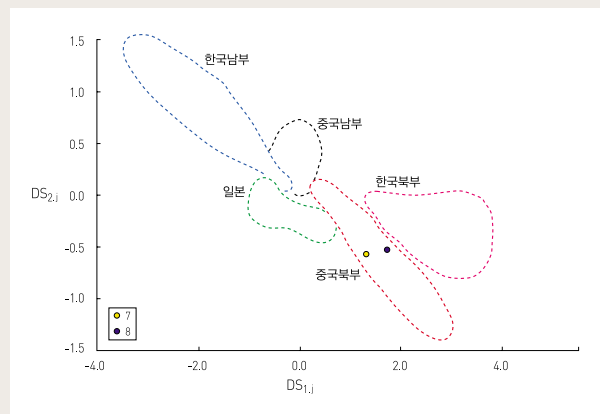


Fig. 4-c Distribution of main bldg. 12362 copper arrow head (SLDA)

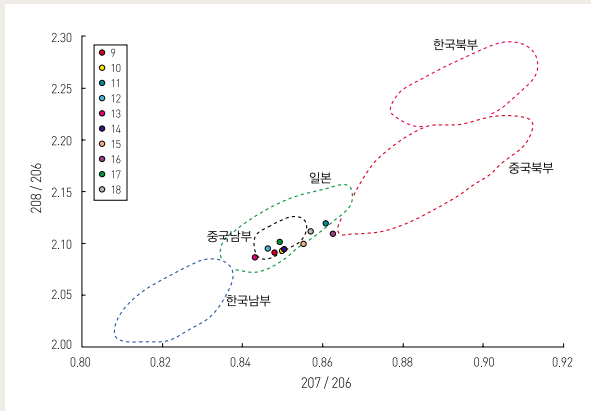


Fig. 5-a Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 13562(41-)~(41-18) Bronze-made flower pattern dishes(type A)

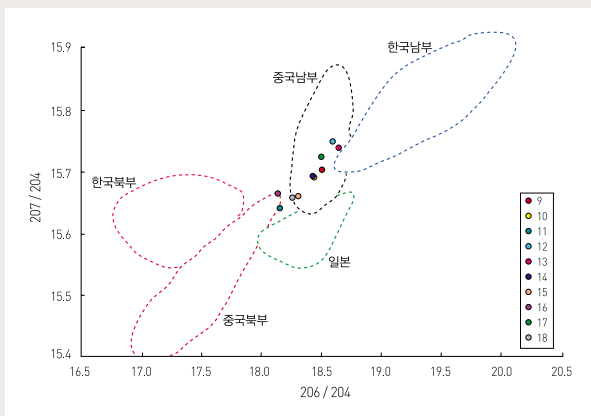


Fig. 5-b Distribution of lead isotope ratio of main bldg. 13562(41-)~(41-18) Bronze-made flower pattern dishes(type B)

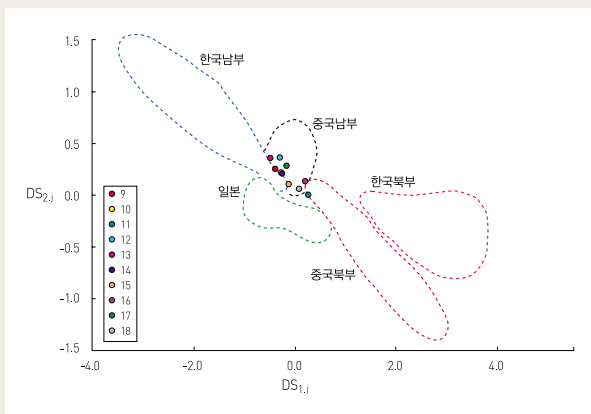


Fig. 5-c Distribution of main bldg.13562(41-)~(41-18) Bronze-made flower pattern dish(SLDA)