

한국고대 청동기의 납 동위원소 분석

- 김규호 / 호암미술관 문화재보존연구소
- 히라오 요시미츠 / 일본 동경문화재연구소 보존과학부 화학연구실

Lead Isotope Analysis for Ancient Bronze Object Found in Korea

Gyu-Ho Kim, Yoshimitsu Hira^{*}

Conservation Institute of Cultural Properties, HO-AM Art Museum,
204 Kasil-ri, Pogok-myun, Yongin, Kyunggi 449-811, Korea

^{*} National Research Institute for Cultural Properties,
13-43 Ueno park, Taito-ku, Tokyo 110-0007, Japan

1. 개요

납 동위원소 분석은 고고자료의 산지 추정을 이용하는 과학적인 방법 중에 하나이다. 지금까지 발표된 청동제품 70점, 동전 53점, 유리 28점 그리고 녹유 4점 등 우리나라에 출토된 고고자료 155점의 납 동위원소비의 결과를 종합적으로 정리하고 그 결과를 기초로 시대별, 출토지별, 형태별로 납 동위원소비의 분석 결과에 대한 상호 관계성을 검토하고 한국에서 출토된 고고자료의 산지 추정에 대한 신뢰성을 확인해 보고자 하였다.

2. 납 동위원소 분석

자연과학적 분석 연구는 고고 자료와 미술품에 대한 새로운 정보를 제공할 수 있다는 점은 이미 널리 알려져 있는 사실이며 한국에서도 이 분야에 대한 다양한 연구 성과가 발표되고 있다. 그러나 자연과학적 분석 연구를 통하여 유용한 정보를 얻기 위해서는 올바른 분석법의 적용과 분석 결과에 대한 체계적인 해석이 선행되어야 한다는 전제 조건이 있다. 문화재에 대한 자연과학적 연구는 사용된 원료의 특성 분석, 제작 연대, 제작 방법, 그리고 산지 추정 등이 기본적인 목적인다고 할 수 있다. 이 중에서 산지에 대한 자연과학적 연구는 고대 문화의 변천과 상호 교역에 대한 간접적인 자료를 제공하므로 고고학에서 가장 필요로 하는 정보 중에 하나이다.

납 동위원소 분석은 1950년대부터 우주의 운석이나 지구의 암석 연대를 결정하는데

이용된 방법으로 1960년 중반에 미국에서 문화재의 산지추정에 이용 가능성이 제시되었고¹⁾ 1980년부터 일본에서 본격적으로 동아시아의 고대 청동의 산지 추정에 활용된 방법이다.^{2, 3)}

납 동위원소 분석을 이용한 산지 추정 원리는 다음과 같다. 원자번호 82인 납(Pb)은 ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{204}Pb 등 질량수가 다른 4종류의 동위원소가 존재하며 ^{208}Pb , ^{207}Pb , ^{206}Pb 은 토륨(Th)과 우라늄(U)이 방사성붕괴에 의하여 생성된다. 즉, ^{208}Pb 은 ^{232}Th 에서, ^{207}Pb 은 ^{235}U 에서, ^{206}Pb 은 ^{238}U 에서 변화하는데, 각각의 반감기는 140억 년, 7.1억 년, 45억 년으로 납동위원소 비율은 경과 시간에 따라 다르다. 이와 같이 우라늄, 토륨, 납의 양과 공존된 경과 시간에 따른 조합 결과에 따라 결정되는 납동위원소비($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)는 지역적 환경에 따라 생성된 납광산에서 특유한 값으로 나타나므로 이들 4종류의 납동위원소 양의 비율을 측정하여 사용된 납광석의 산지를 추정할 수 있고 이를 통하여 청동의 산지를 추정하는 방법이다.⁴⁾

한국에서는 최주 박사에 의해 한국에서 출토된 몇 점의 청동제품에 대한 납 동위원소 분석이 1986년에 처음 시도된 이후, 몇몇의 연구자들에 의하여 청동제품은 물론 동전, 유리 그리고 녹유 등에 적용된 바 있다. 한국에서 출토된 고고자료에 대한 납 동위원소비에 의한 산지 추정 연구는 한국에서의 고대 문화의 전파 경로뿐만 아니라 중국과 일본과 지리적, 역사적으로 밀접한 관계를 가지고 있으므로 상호 문화 교류에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있으므로 이 분석 자료에 대한 올바른 해석은 중요한 과제이다.

3. 분석 방법

납 동위원소 분석 방법은 연구 기관의 장비의 특성과 전처리 과정에 따라 다소 차이를 가질 수 있다. 본 연구에서는 동아시아 고대 청동에 관한 납 동위원소 분석 연구에 많은 성과를 가지고 있고 정리된 분석 결과 중에서 가장 많이 자료를 분석한 일본 동경문화재연구소 Hirao 박사의 분석 방법을 다음과 같이 정리하였다.

채취된 고고 시료를 초음파세척기를 이용하여 아세톤용액에서 표면의 불순물을 제거하고 혼합산(HF : HNO₃ : HClO₄ = 3 : 1 : 1)으로 용해시킨 다음 건조시키고 초순수로 희석한다.

시료 용액을 전기분해하여 백금으로 된 양극에서 납을 이산화납 형태로 포집한다. 석출된 납을 질산과 과산화수소를 가하여 적당량 희석하고 원자흡광분광광도계에서 분리 정제한 납의 농도를 확인한다. 0.1~0.2 μl 정도를 분취한 시료 용액에 인산과 실리카겔을 첨가하여 Re 필라멘트 위에 얹어 고착시키고 전자동표면분리형질량분석기(mass spectrometer, Finnigan MAT model 262)에서 납의 동위원소비를 측정한다. 동일한 조건에서 측정된 납의 표준시료(NIST SRM 981)로 규격화하고 시료의 납동위원소비의 측

정값을 보정한다.

4. 분석 결과

표 1은 2000년까지 발표된 청동제품 70점, 동전 53점, 유리 28점 그리고 녹유 4점 등 우리나라에 출토된 고고자료 155점의 납 동위원소비를 정리한 결과이며⁵⁾, 그림 1은 이를 기초로 하여 납 동위원소비의 분포를 도식하고 일본 동경문화재연구소 Hirao 박사가 연구 발표한 중국 동경의 납 동위원소비의 기초로 연구 발표된 중국의 화북 지역(A, A')과 화남 지역(B, B')과의 산지 추정 결과와 비교하여 보았다. 그림 1에서 나타난 바와 같이 한국에서 출토된 고고자료는 중국 화북, 화남 지역과 밀접한 관계가 있는 것도 나타나지만 이와 다른 분포를 나타내는 예외적인 것이 더 많이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 이는 한국에서 출토된 고고자료의 사용 재료가 다양한 산지를 가지고 있음을 제시하는 결과이다.

5. 결과 고찰

본 연구에서는 표 1에서 정리 결과를 기초로 하여 한국에서 출토된 고고자료에 대한 시대별, 출토지별, 형태별로 납 동위원소비의 분석 결과에 대한 상호 관계성을 조사하고 한국에서 출토된 고고자료의 산지 추정에 대한 신뢰성을 확인해 보고자 하였다.

납 동위원소 분석은 산지 추정에 대한 과학적인 방법 중에 하나로 유용한 정보를 제공할 수 있음을 확인하였으나, 지금까지 정리된 자료만을 가지고는 한국에서 출토된 고고자료의 산지 추정을 정확하게 구분하기에는 한계가 있음을 알 수 있다. 정리된 분석 결과에서 시대별과 형태별로 구분하면 납 동위원소비의 일정한 특징도 나타나므로 고대 청동문화의 흐름을 확인하였다. 그러나 이에 대한 역사적 배경과 분석된 자료에 대한 고고학적 정보의 재확인 그리고 얻어진 분석 결과의 신뢰성을 기초로 한 다양한 해석이 선행될 필요성이 있다.

또한 지금까지 분석된 결과를 기초로 하여 밀접한 상호 관계를 고고자료에 비교 분석을 통하여 과학적 분석 정보의 신뢰도와 활용도를 높일 필요가 있음을 알 수 있다.

문화재에 대한 과학적 분석의 해석은 주어진 정보를 기초로 이루어진다. 재현성이 있는 분석 결과를 측정하였더라도 이에 대한 해석이 잘못된다면 유용한 정보를 제공할 수 없다.

다각적인 측면에서 분석된 자료를 해석되어야 하며 상호 관계에 대한 검토가 필요하다.

본 연구의 목적은 지금까지 발표된 납 동위원소비의 자료를 정리하여 다양한 해석을 위한 기초 자료로 활용하고 한국의 고대 청동 문화를 이해를 위한 과학적 분석 연구의 방향을 제시해 보고자 하였다.

표 1의 납동위원소 분석 자료는 古代東アジア青銅の流通(平尾良光 編, 鶴山堂, 2001) 중에서 “第3章 韓國で出土した資料の鉛同位體比”를 재정리하였다.

참고 문헌

- 1) Brill, R.H.; Wampler, J.M. *American Journal of Archaeology*: 1967; 71.
- 2) Mabuchi, H.; Hirao, Y.; Nishida, M., "Lead Isotope Approach to the Understanding of Early Japanese Bronze Cululture" *Archaeometry*: 1985; 27(2), 131-159.
- 3) 平尾良光, 「古代東アジア青銅の流通」; 鶴山堂: 2001.
- 4) 히라오 요시미츠, "납동위원소비", 「문화재를 연구하는 과학의 눈」; 平尾良光 편; 학연문화사; 서울, 2001; 9장, 56-64.
- 5) 金奎虎, 李午憲, "韓國で出土した資料の鉛同位體比", 「古代東アジア青銅の流通」; 平尾良光 編; 鶴山堂: 2001; 第Ⅲ章, 63-84.

표(a), 한국에서 출토된 고고자료의 납동위원소비

번호	자료명	출토지	시대	연대	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁹ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²¹⁰ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁵ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	마형대구	진)충남 조치원	청동기	BC 1c	0.8599	2.1218	18.209	15.658	38.636
2	이형청동용기	경주 호우총	삼국	5c	0.8682	2.1343	17.986	15.615	38.388
3	청동함	경주 은령총	삼국	5c	0.8617	2.1276	18.147	15.637	38.610
4	번중	강원 원주시	통일신라	8c	0.8112	2.0126	19.562	15.869	39.370
5	번중	전북 남원 일성사	통일신라	9c	0.8129	2.0069	19.495	15.847	39.125
6	청동함-뚜껑	진)경주 미상	통일신라	9c	0.8437	2.0951	18.673	15.754	39.122
7	불산	진)북 이산 용재리	고려	11c	0.8468	2.1028	18.612	15.761	39.137
8	세형동검	진)전남	청동기	BC 4-1c	0.8810	2.1700	17.791	15.674	38.606
9	세형동검(1)	진)전남	청동기	BC 4-1c	0.8190	2.0652	19.267	15.779	39.789
10	세형동검(II)	진)전남	청동기	BC 4-1c	0.8740	2.1472	17.711	15.480	38.029
11	세형동검(III)	진)전남	청동기	BC 4-1c	0.8196	2.0675	19.219	15.752	39.736
12	동령	진)전남	청동기	BC 4-1c	0.8729	2.1539	17.754	15.497	38.240
13	비파형동검	충남 천안군 이서면 삼인리	청동기	BC 3-2c	0.7878	2.0140	20.177	15.895	40.636
14	마형대구(4)	충남 천안 청당동 5호분	원삼국	3c	0.8593	2.1197	18.214	15.651	38.608
15	마형대구(4)	충남 천안 청당동 5호분	원삼국	3c	0.8599	2.1210	18.197	15.648	38.596
16	마형대구(4)	충남 천안 청당동 5호분	원삼국	3c	0.8593	2.1200	18.208	15.646	38.601
17	마형대구(4)	충남 천안 청당동 5호분	원삼국	3c	0.8577	2.1188	18.268	15.668	38.706
18	마형대구(4)	충남 천안 청당동 7호분	원삼국	3c	0.8595	2.1210	18.216	15.657	38.636
19	마형대구(4)	충남 천안 청당동 7호분	원삼국	3c	0.8595	2.1212	18.216	15.657	38.640
20	마형대구(4)	충남 천안 청당동 9호분	원삼국	3c	0.8617	2.1250	18.158	15.647	38.586
21	마형대구(4)	충남 천안 청당동 9호분	원삼국	3c	0.8604	2.1231	18.189	15.650	38.617
22	마형대구(4)	충남 천안 청당동 9호분	원삼국	3c	0.8599	2.1213	18.198	15.648	38.603
23	마형대구(4)	충남 천안 청당동 9호분	원삼국	3c	0.8595	2.1209	18.213	15.654	38.628
24	마형대구	충남 천안 청당동 16호분	원삼국	3c	0.8539	2.1138	18.348	15.667	38.794
25	곡봉형대구	충남 천안 청당동 20호분	원삼국	3c	0.8782	2.1701	17.706	15.549	38.424
26	청동경	충북 청원군 오창면 양청리 23호	조선	16c	0.8559	2.1180	18.332	15.690	38.827
27	청동함	충북 청원군 오창면 양청리 42호	조선	16c	0.8464	2.0736	18.522	15.677	38.407
28	청동수저	충북 청원군 오창면 양청리 43호	조선	16c	0.8490	2.0881	18.484	15.693	38.596
29	청동수저	충북 청원군 오창면 양청리 44호	조선	16c	0.8592	2.1247	18.154	15.598	38.572
30	청동함	충북 청원군 오창면 상평리 4호	조선	16c	0.8146	1.9926	19.388	15.793	38.633
31	청동수저	충북 청원군 오창면 상평리 2호	조선	16c	0.8520	2.1006	18.473	15.739	38.804
32	청동함	충북 청원군 오창면 송대리 4호	조선	16c	0.8418	2.0642	18.662	15.710	38.522
33	마형대구	충북 청원군 오창면 송대리 6호	원삼국	3c	0.8581	2.1180	18.245	15.656	38.643
34	마형대구	충북 청원군 오창면 송대리 9호	원삼국	3c	0.8512	2.1010	18.409	15.670	38.677
35	청동함	충북 청원군 오창면 송대리 10호	고려이후		0.8442	2.0747	18.601	15.703	38.591

표(6), 한국에서 출토된 고고자료의 납동위원소비

번호	자료명	출토지	시대	연대	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁹ Pb	²⁴⁸ Pb/ ²⁰⁹ Pb	²⁰⁹ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰³ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb
36	창동수저	충북 청원군 오창면 송대리 10호	고려이후		0.8662	2.1008	18.287	15.667	38.417
37	마형대구	충북 청원군 오창면 송대리 11호	원삼국	3c	0.8595	2.1198	18.204	15.646	35.589
38	마형대구	충북 청원군 오창면 송대리 11호	원삼국	3c	0.8615	2.1246	18.166	15.650	38.595
39	동탁	충북 청원군 오창면 송대리 31호	원삼국	3c	0.8585	2.1192	18.247	15.665	38.669
40	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 33호	원삼국	3c	0.8595	2.1196	18.193	15.637	38.562
41	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 33호	원삼국	3c	0.8590	2.1185	18.201	15.635	38.559
42	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 33호	원삼국	3c	0.8581	2.1163	18.214	15.629	38.546
43	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 39호	원삼국	3c	0.8584	2.1181	18.235	15.653	38.624
44	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 55호	원삼국	3c	0.8591	2.1194	18.212	15.646	38.599
45	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 77호	원삼국	3c	0.8586	2.1179	18.206	15.632	38.558
46	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 97호	원삼국	3c	0.8591	2.1199	18.221	15.654	38.627
47	마형대구	경북 상주시 낙동면 성동리 104호	원삼국	3c	0.8593	2.1195	18.200	15.639	38.575
48	창동편	전북 익산 마륵사지 서구당	백제	7c	0.8397	2.0968	18.933	15.898	39.699
49	창동편	전북 익산 마륵사지 북편	백제	7c	0.7883	1.9552	20.303	16.005	39.696
50	창동편	전북 익산 마륵사지 서원회당	백제	7c	0.8327	2.0922	18.965	15.792	39.679
51	동촌편	전북 익산 마륵사지 공방지	백제	7c	0.8256	2.1132	19.131	15.795	40.428
52	광평동동모	경남 김해 양동리고분군 제200호	원삼국	2c	0.8147	2.1560	17.655	15.443	38.064
53	중평동동모	경남 김해 양동리고분군 제90호	원삼국	4c	0.8764	2.1643	17.742	15.549	38.399
54	비파형동검	충남 대천 비래동 419번지	창동기	BC 8c(?)	0.8785	2.1493	17.697	15.547	38.036
55	비파형동검	전)경북 금릉 또는 상주	창동기	BC 10-9c	0.8635	2.1222	18.044	15.581	38.294
56	비파형동검	전남 여천 정량동 4호 석곽형 석실	창동기	BC 10-9c	0.8640	2.1230	18.011	15.562	38.237
57	비파형동모	전남 여천 정량동 2호 석곽형 석실	창동기	BC 10-9c	0.8590	2.1110	18.092	15.541	38.192
58	세형동검	미상	창동기	BC 4-1c	0.7745	1.9872	20.548	15.914	40.833
59	창동검	미상	창동기	BC 4-1c	0.8884	2.1609	17.402	15.460	37.604
60	다뉴세문경	충남 논산	창동기	BC 4-1c	0.8484	2.0988	18.463	15.664	38.749
61	대구	미상	창동기	BC 1c	0.8572	2.1116	18.182	15.585	38.392
62	비파형동검	전남 여수 화장동 지석묘	창동기	BC 11c	0.8616	2.1170	18.072	15.575	38.259
63	다뉴세문경	일본	창동기		0.8233	2.0708	19.177	15.788	39.712
64	다뉴세문경	일본	창동기		0.8598	2.1336	18.146	15.602	38.716
65	다뉴세문경	일본	창동기		0.7942	2.0623	20.019	15.899	41.285
66	세형동검	일본	창동기		0.8355	2.0881	18.749	15.665	39.150
67	세형동검	일본	창동기		0.8017	2.0422	19.740	15.826	40.313
68	세형동검	일본	창동기		0.7684	1.9829	20.830	16.006	41.304
69	동탁	일본	창동기		0.8260	2.0744	19.048	15.734	39.513
70	동모	일본	창동기		0.8104	2.0574	19.509	15.810	40.138

표(C), 한국에서 출토된 고고자료의 납동위원소비

번호	자료명	출토지	시대	연대	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{209}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{209}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$
불전									
1	동국통보		고려	1097	0.8306	2.0736	19.065	15.835	39.533
2	조선통보		조선	1423	0.8529	2.1092	18.347	15.648	38.697
3	조선통보		조선	1423	0.8412	2.0834	18.711	15.740	38.982
4	조선통보		조선	1423	0.8548	2.1067	18.362	15.696	38.694
5	조선통보		조선	1423	0.8529	2.1108	18.406	15.698	38.851
6	상평통보	아영청	조선	1679	0.8644	2.1275	18.064	15.615	38.431
7	상평통보	아영청	조선	1742-1752	0.8639	2.1438	18.223	15.743	39.066
8	상평통보	아영청	조선	1742-1752	0.8615	2.1351	18.287	15.754	39.044
9	상평통보	아영청	조선	1752	0.8519	2.1068	18.471	15.735	38.914
10	상평통보	아영청	조선	1752	0.8761	2.1647	17.883	15.667	38.711
11	상평통보	아영청	조선	1752	0.8661	2.1143	18.100	15.676	38.268
12	상평통보	아영청	조선	1752	0.8472	2.1038	18.601	15.759	39.133
13	상평통보	아영청	조선	1752	0.8498	2.1057	18.499	15.720	38.954
14	상평통보	아영청	조선	1752	0.8794	2.1792	17.826	15.676	38.846
15	상평통보	아영청	조선	1742	0.8803	2.1456	17.729	15.607	38.040
16	상평통보	아영청	조선	1742	0.8694	2.1348	18.011	15.659	38.449
17	상평통보	아영청	조선	1742	0.8776	2.1422	17.816	15.636	38.166
18	상평통보	평안도감	조선	1679-1688	0.8782	2.2247	17.882	15.704	39.782
19	상평통보	평안도감	조선	1679-1688	0.8801	2.2279	17.826	15.688	39.715
20	상평통보	평안도감	조선	1679-1688	0.8687	2.1351	18.042	15.673	38.521
21	상평통보	평안도감	조선	1727	0.9220	2.2779	16.840	15.526	38.360
22	상평통보	평안도감	조선	1727	0.8998	2.1561	17.241	15.513	37.173
23	상평통보	평안도감	조선	1727	0.9085	2.1683	16.985	15.457	36.851
24	상평통보	평안도감	조선	1727	0.9157	2.2805	16.983	15.560	38.753
25	상평통보	호주	조선	1679	0.8777	2.1642	17.829	15.648	38.585
26	상평통보	호주	조선	1679	0.8807	2.1901	17.773	15.652	38.925
27	상평통보	호주	조선	1742-1752	0.8587	2.1403	18.333	15.743	39.238
28	상평통보	호주	조선	1742-1752	0.8565	2.1271	18.275	15.652	38.872
29	상평통보	호주	조선	1742-1752	0.9202	2.2753	16.944	15.552	38.552
30	상평통보	호주	조선	1742-1752	0.8724	2.1400	17.980	15.642	38.370
31	상평통보	호주	조선	1731	0.8714	2.1416	17.962	15.652	38.467
32	상평통보	호주	조선	1731	0.9017	2.2418	17.288	15.588	38.756
33	상평통보	호주	조선	1731	0.8699	2.1381	17.994	15.653	38.476
34	상평통보	호주	조선	1883	0.8449	2.0859	18.508	15.637	38.605
35	상평통보	호주	조선	1883	0.8508	2.1094	18.472	15.716	38.965

표1(0), 한국에서 출토된 고지료의 납동위원소비

번호	자료명	출토지	시대	연대	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
동전									
36	상평통보	호조	조선	1883	0.8488	2.0911	18.418	15.633	38.513
37	상평통보	호조	조선	1866	0.9144	2.2684	17.058	15.597	38.695
38	상평통보	호조	조선	1866	0.9004	2.2121	17.313	15.589	38.298
39	상평통보	충이청	조선	1692-1752	0.8726	2.1359	17.891	15.612	38.214
40	상평통보	충이청	조선	1757	0.8913	2.2025	17.507	15.604	38.559
41	상평통보	충이청	조선	1757	0.8827	2.1925	17.729	15.650	38.870
42	상평통보	충이청	조선	1757	0.8885	2.1643	17.538	15.583	37.957
43	상평통보	충이청	조선	1757	0.8638	2.1306	18.164	15.690	38.700
44	상평통보	훈련도감	조선	1742-1752	0.8325	2.0798	19.031	15.843	39.581
45	상평통보	훈련도감	조선	1742-1752	0.8706	2.1644	17.869	15.664	38.675
46	상평통보	훈련도감	조선	1828	0.9193	2.2809	16.915	15.550	38.581
47	상평통보	훈련도감	조선	1828	0.9166	2.2890	16.958	15.544	38.665
48	상평통보	훈련도감	조선	1828	0.9107	2.2907	17.189	15.654	39.375
49	상평통보	훈련도감	조선	1828	0.9095	2.2935	17.239	15.679	39.538
50	상평통보	균역청	조선	1807	0.9167	2.1665	16.867	15.462	36.542
51	상평통보	균역청	조선	1807	0.9373	2.2227	16.503	15.468	36.682
52	상평통보	균역청	조선	1883	0.8495	2.0917	18.407	15.637	38.502
53	상평통보	균역청	조선	1883	0.8476	2.0869	18.455	15.643	38.514
유리									
1	유리구슬	충남 보령군 평라리 2-7호	청동기	BC 5c	0.8601	2.1140	18.374	15.803	38.843
2	유리구슬(oxid-14)	경남 대구팔당동 72-2호	청동기	BC 2c	0.8801	2.1736	17.674	15.555	38.416
3	유리구슬(6150)	경남 창원 의창 마호리	청동기	BC 1c	0.8878	2.1965	17.450	15.492	38.328
4	유리구슬(6150)	전남 해남 군곡리	철삼국	1c	0.8398	2.0923	18.758	15.753	39.246
5	유리구슬(6150)	전남 해남 군곡리	철삼국	1c	0.8429	2.0932	18.665	15.733	39.070
6	유리구슬(6180)	경남 창원 의창 대평리	철삼국	2-3c	0.8409	2.1164	18.597	15.638	39.359
7	유리구슬(6s-27)	경북 포항 옥성리 91호	삼국	2후-3전	0.8586	2.1203	18.288	15.698	38.765
8	유리구슬(6s-41)	경북 포항 옥성리 123호	삼국	2후-3전	0.8493	2.1021	18.517	15.726	38.925
9	유리구슬(6s-13)	경북 포항 옥성리 48-3호	삼국	4c전	0.8467	2.0987	18.576	15.728	38.985
10	유리구슬(6s-14)	경북 포항 옥성리 48-3호	삼국	4c전	0.8466	2.0981	18.573	15.724	38.968
11	유리구슬(6s-16)	경북 포항 옥성리 48-3호	삼국	4c전	0.8493	2.1028	18.507	15.718	38.917
12	유리구슬(mn-13)	경기 화성 마하리 15호	삼국	4c후	0.8635	2.1099	18.247	15.756	38.499
13	유리구슬(mn-22)	경주 황남대총 남분	삼국	5c	0.8523	2.1084	18.421	15.700	38.839
14	유리구슬(mn-32)	경주 황남대총 남분	삼국	5c	0.8593	2.1348	18.505	15.901	39.504
15	유리용기(6158)	경주 황남대총 남분	삼국	5c	0.8385	2.0733	18.440	15.462	38.232

표(e), 한국에서 출토된 고고자료의 납동위원소비

번호	자료명	출토지	시대	연대	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
유리									
16	유리구슬(No.12)	경주 황남대총 북분	삼국	5c	0.8621	2.1097	18.294	15.770	38.594
17	유리구슬(No.17)	경주 황남대총 북분	삼국	5c	0.8089	2.0788	19.478	15.756	40.491
18	유리구슬(gs-32)	경남 창원 계성 30-1호	삼국	6c전	0.8641	2.1101	18.227	15.750	38.461
19	유리 편	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8943	2.2238	17.455	15.610	38.816
20	유리 편(6162)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8890	2.2167	17.594	15.640	39.000
21	유리 편(nr-1)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8954	2.2302	17.436	15.612	38.886
22	유리 편(nr-2)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8822	2.1993	17.745	15.655	39.027
23	유리 편(nr-3)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8991	2.2388	17.349	15.598	38.841
24	유리 편(nr-4)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8947	2.2289	17.454	15.616	38.903
25	유리 편(nr-5)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8995	2.2405	17.350	15.606	38.873
26	유리 편(nr-6)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8911	2.2199	17.528	15.619	38.910
27	유리 편(nr-7)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8950	2.2296	17.443	15.611	38.891
28	유리 편(nr-8)	전북 익산 미륵사지	삼국	7c	0.8954	2.2304	17.438	15.614	38.894
녹유									
1	녹유(No. 10-1)	경주 월성해자	통일신라	8c(?)	0.8038	1.9934	19.771	15.892	39.411
2	녹유(No. 10-1)	경주 월성해자	통일신라	8c(?)	0.8037	1.9934	19.776	15.894	39.422
3	녹유(No. 10-1)	경주 월성해자	통일신라	8c(?)	0.8044	1.9951	19.754	15.890	39.410
4	녹유(No. 10-1)	경주 월성해자	통일신라	8c(?)	0.8037	1.9933	19.775	15.893	39.418

참고자료: 金奎虎, 李午熹, 『韓國で出土した資料の鉛同位體比』, 『古代東アジア青鉛の流通』,

本尾良光 編, 鶴山堂, 2001, 第3章, 63-84