

중성자 방사화분석에 의한 한국산 고전(古錢)의 분류

全權秀 · 李 澈[†] · 姜炯奎* · 李權斗**

한양대학교 자연과학대학 화학과

*국립문화재연구소

**한국원자력연구소

(1994. 7. 11. 접수)

A Classification of Korean Ancient Coins by Neutron Activation Analysis

Kwon Soo Chun, Chul Lee[†], Hyung Tae Kang* and Jong Du Lee**

Department of Chemistry, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

*National Research Institute of Cultural Properties, Seoul 110-050, Korea

**Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

(Received Jul. 11, 1994)

요약 : 조선시대에 주조된 고전(古錢) 시료 50개를 입수하여 그 속에 함유된 11종의 원소(Sn, Fe, As, Au, Ag, Co, Sb, Ir, Os, Ru, Ni)는 파괴 및 비파괴 중성자방사화분석으로, 3종 원소(Cu, Pb, Zn)는 원자흡수분광분석법으로 각각 정량하였다. 이들 15종의 분석 데이터를 사용하여 주성 성분분석법으로 각 시료를 고유 벡터 평면에 나타내었다. 시료끼리 군의 형성 및 군과 군 사이의 분리는 어떤 원소들이 동일한 근원을 가짐에 기인함을 알게 되었다.

Abstract : Fifty ancient Korean coins originated in Choson period have been determined for 11 elements such as Sn, Fe, As, Au, Ag, Co, Sb, Ir, Os, Ru and Ni by destructive and non-destructive neutron activation analysis as well as for 3 elements such as Cu, Pb and Zn by atomic absorption spectroscopy. The multivariate data have been analyzed by principal component mapping method. The spread of sample points in the eigenvector plot has been attributed to common origins of some elements.

Key words : Noble Metals, Classification, Ancient Coins, Neutron Activation Analysis.

1. 서론

최근 화학분석법의 발달로 고고학적 시료 중에 함유된 많은 수의 원소 함량을 비교적 간단한 조작으로 단 시간내에 결정할 수 있게 되었다. 분석법으로는 기기 중성자방사화분석법, 유도결합플라즈마분광분석법, 에너지 분산형 X-선 분석법이 많은 원소의 동시분석

법으로 사용되고 있고¹, 그외 원자흡수분광법도 사용되고 있다.² 그러나 이와 같이 정량된 여러 원소 중에서 지구화학적으로 가장 중요하다고 여겨지는 1개 원소 또는 2개 원소만의 함량을 사용하여 작성한 함량분포를 나타내는 그림으로 시료간의 유사성 또는 특이성을 검토하는 경우가 많으며, 선정되지 못한 원소의 분석치는 단지 분석 결과로서 제시될 뿐 논의 밖에 놓이

는 경우가 많다.

고고학적 시료를 대상으로 할 경우 천연물 원료에 첨가물 등 인위적인 바이어스가 가미되어 있으므로 원재료 중에 함유된 어느 원소의 지구화학적 조성도 유지 보전되고 있지 못하다. 따라서 분석된 모든 원소의 정량치를 사용하여 시료 상호간의 유사성 및 특이성을 찾는 다변량 해석학이 발달되어 사용중에 있다. 본 연구에서는 조선시대 고전 시료 중에 함유된 원소의 분석 데이터를 통계적 방법인 주성분분석법(principal component analysis)³을 사용하여 시료간 유사성 및 특이성을 검토하였다.

고전(古錢)의 고고학적 특징을 밝힘은 고고학 및 인문과학 분야에서는 흥미가 있을 수 있으며, 고전의 화학조성의 변동은 그 시대의 주조 기술 혹은 주조시 품질 관리의 좋고 나쁜 정도를 반영하고 있다고 생각된다. 그 밖에 어떤 왕조가 계속해서 주조한 고전의 화학조성의 시대에 따른 변천을 조사해 보면 화학조성이 당시의 경제상태와 관련되어 있을 가능성이 있다. 고전의 미량원소의 분포 패턴이 다른 원료 광석의 산지 및 종류가 다름을 반영한다고 생각된다.¹

본 연구에서는 중성자방사화분석을 주로 사용하였으며⁴, 주성분 원소 중 Cu, Pb, Zn은 원자흡수분광분석법을 사용하였다.⁵

자자들은 전보⁶에서 원소분석을 통하여 고고학적 시료의 근원(출토지, 요지, 제조장소 등)을 가려내기 위한 연구의 일환으로 조선시대 동전의 주성분(Cu, Pb, Zn, Sn)과 미량성분(Fe, As, Ag, Co, Sb, Ni)을 원자흡수분광법과 비파괴 중성자 방사화분석법으로 분석한 바 있으나, 귀금속 원소(Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt, Au)들을 분석하기 위한 종합적 연구는 수행하지 못했다. 그 원인은 귀금속 원소가 극미량으로 존재하고 또한 방사화분석시 감마선 에너지가 작아서 ⁶⁵Zn ($T_{1/2} = 245$ 일, 1115keV) 등 에너지가 큰 감마선의 간섭을 받아 분석하는데 많은 어려움이 따르기 때문이었다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 저자들은 종류에 의한 방사화 분리를 추가함으로써 귀금속 원소 중 휘발성을 가진 Os과 Ru을 NAA로 분석한 바 있다.⁷

또 다른 연구에서는 동전의 주성분(Cu, Zn, Pb)으로부터 Ir, Au, Ag과 같은 귀금속을 방사화학적 방법으로 분리, 정량하기 위한 분석방법을 개발하였다.⁸

본 연구에서는 전보⁶의 원자흡수분광법 및 비파괴

중성자 방사화분석법으로 얻은 분석 데이터를 새로이 개발한 화학분리를 수반한 방사화분석법^{7,8}으로 얻은 Ir, Ru, Os, Au, Ag와 같은 귀금속의 분석 데이터로 보완 또는 수정하였다. 이 보완 및 수정된 정량 데이터를 사용하여 동일 명칭의 고전끼리 군의 형성 여부와 군과 군 사이의 분리 정도를 검토하였다. 이들 연구의 결과를 비파괴 중성자방사화분석법으로 얻은 전보⁶의 결과와 비교하였다.

2. 실험

각 고전 시료 전체를 대표할 수 있다고 제시된 3부위로부터¹ 가는 실의 굵기의 시료를 낱알상태로 도려내었다. 이 시료 100mg과 Os 및 Ru의 표준시료를 정확하게 칭량한 다음 실리카 바이알 속에 밀봉하였다. 이를 중성자 모니터로 사용한 Co와 함께 조사용 알루미늄통에 넣어 Os과 Ru의 중성자방사화분석(NAA)을 위한 한 세트의 시료로 삼았다.

별도로 고전시료를 낱알상태로 전체 무게가 약 200mg 되게 모아 알루미늄 박막으로 밀봉하고 Co의 중성자 모니터를 부착하였다. Au, Ag 및 Ir의 표준시료와 함께 조사용 알루미늄통에 넣었으며, 이를 Au, Ag, Ir의 NAA를 위한 한 세트의 시료로 삼았다.

상기 2 세트의 시료를 각각 24시간 TRIGA MARK III 원자로의 회전시료 조사대에서 중성자를 조사하였다. 이 조사 위치에서의 중성자속은 $1 \times 10^{13} \text{ ncm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ 이었다. 조사 후 두 시료 세트의 방사화학적 분리, 방사능 측정 및 정량방법은 이미 기술된 전보에서^{7,8} 상술하였다.

3. 결과 및 고찰

원자흡수분광법 및 비파괴 중성자 방사화분석에 의해 얻은 전보⁶의 분석 데이터를 새로이 개발한 화학적 분리를 수반한 방사화분석법^{7,8}으로 보완 및 수정한 정량 데이터는 Table 1과 같다. 이들 데이터를 사용하여 동일 명칭의 고전끼리 군의 형성 여부와 군과 군 사이의 분리정도를 검토하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이 분석된 고전 중 조선 초기(1423)에 주조된 조선통보 2점의 시료와 조선 말기(1828)에 제조된 상평통보 4점만이 청동화(주성분이 Cu, Pb, Sn으로 되어 있음)에 소속되고 그 외는 모두

Table 1. Archaeological data and chemical compositions of Choson coins

Serial No.	Group No. (symbol)	Name	Age(A.D.)	Minting office	Cu (%)	Pb (%)	Sn (%)	Zn (%)
1	(○)	Choson Tongbo(朝鮮通寶)	1423	(?)	91.3	2.96	1.77	0.79
2		-	1423		87.0	4.44	3.74	0.22
3		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1679		77.5	3.03	0.61	19.7
4		-	1742~1752		82.6	8.17	2.74	6.73
5		-	1742~1752		75.6	8.99	3.44	6.77
6		-	1752		71.3	9.56	3.24	6.86
7		-	1752		75.6	13.1	4.34	7.92
8	1(△)	-	1752	Yeoyong-Chong	70.7	13.4	3.16	7.57
9		-	1752	(御營廳)	65.1	12.8	5.28	4.73
10		-	1752		79.8	19.5	1.45	5.42
11		-	1752		73.9	21.9	3.28	5.96
12		-	1742		71.7	14.4	0.53	13.7
13		-	1742		71.6	15.0	0.27	14.6
14		-	1742		71.7	15.5	0.26	16.5
15		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1679~1688		68.4	17.7	0.27	13.3
16		-	1679~1688		69.3	20.9	0.30	8.70
17		-	1679~1688		79.0	16.4	2.98	1.96
18	2(⊕)	-	1727	Pyongan-Gamyong	77.1	17.8	1.07	4.65
19		-	1727	(平安監營)	54.4	9.13	1.55	26.7
20		-	1727		60.2	9.72	2.14	28.6
21		-	1727		68.1	24.5	0.15	4.43
22		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1679		70.0	20.8	3.78	3.16
23		-	1679		84.4	7.15	2.20	5.71
24	3(▲)	-	1742~1752		81.8	3.44	0.86	12.2
25		-	1742~1752	Ho-Jo	82.5	5.07	0.91	12.4
26		-	1742~1752	(戶曹)	83.3	5.24	0.20	12.6
27		-	1742~1752		75.0	13.9	2.94	6.29
28		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1731		63.8	13.6	0.31	17.8
29		-	1731		65.3	16.5	0.23	13.4
30		-	1731		65.3	18.8	0.45	12.7
31		-	1883	Ho-Jo	70.3	25.8	0.68	1.78
32	4(▲)	-	1883	(戶曹)	63.2	4.72	0.64	24.2
33		-	1883		71.1	17.7	0.18	1.75
34		-	1866		70.8	13.5	6.12	4.62
35		-	1866		68.6	9.34	3.14	15.5
36		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1692~1752		81.1	4.87	1.17	12.7
37		-	1757		67.2	12.6	2.60	16.7
38	5(▼)	-	1757	Chongyung-Chong	65.5	11.6	1.26	20.3
39		-	1757	(攄戎廳)	70.6	12.5	4.35	13.9
40		-	1757		61.4	8.91	1.47	25.5

41		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1742~1752		76.8	4.23	1.56	9.57
42		"	1742~1752		85.2	2.78	0.59	11.6
43	6(□)	"	1828	Hunryun-Dogam	68.5	23.7	0.15	0.54
44		"	1828	(訓練都監)	75.7	19.3	0.12	0.61
45		"	1828		77.2	20.7	0.11	0.62
46		"	1828		59.3	25.5	0.12	1.55
47		Sangpyong Tongbo(常平通寶)	1807		72.6	16.8	0.81	10.1
48	7(+)	"	1807	Kyunyok-Chong	70.0	19.9	0.90	10.8
49		"	1883	(均役廳)	61.6	21.8	2.61	11.4
50		"	1883		69.5	15.3	0.89	14.7

Fe (%)	As (%)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Co (ppm)	Sb (ppm)	Ir (ppm)	Os (ppm)	Ru (ppm)	Ni (relative)
0.21	0.06	56.8	3.4×10 ³	3.7×10 ¹	3.1×10 ²	2.3×10 ⁻²	8.58	12.7	2.4×10 ⁻¹
0.72	0.19	91.5	1.9×10 ³	8.6×10 ¹	9.4×10 ²	1.1×10 ⁻²	7.39	10.9	3.6×10 ⁻¹
0.27	0.10	2.85	2.8×10 ²	4.2×10 ¹	3.0×10 ²	2.0×10 ⁻²	10.4	9.52	-
0.56	0.02	4.85	5.7×10 ²	1.0×10 ²	9.4×10 ¹	1.9×10 ⁻²	6.27	13.1	1.0×10 ⁻¹
0.30	0.01	9.39	3.8×10 ²	7.8×10 ¹	4.2×10 ¹	2.5×10 ⁻²	6.55	12.9	2.8×10 ⁻¹
0.17	0.17	6.06	1.5×10 ³	1.3×10 ²	1.3×10 ³	2.7×10 ⁻²	15.4	9.29	4.0×10 ⁻¹
0.78	0.21	17.7	1.4×10 ³	1.1×10 ²	1.5×10 ³	2.2×10 ⁻²	3.76	9.07	2.6×10 ⁻²
0.29	0.20	9.53	8.9×10 ²	1.2×10 ²	1.1×10 ³	1.4×10 ⁻²	8.77	14.2	-
0.34	0.25	11.1	8.9×10 ²	1.7×10 ²	1.8×10 ³	4.5×10 ⁻²	9.62	10.5	1.9×10 ⁻¹
0.30	1.21	2.48	3.0×10 ³	9.2×10 ¹	7.1×10 ²	2.1×10 ⁻²	6.48	13.2	4.6×10 ⁻¹
0.34	0.23	22.5	1.3×10 ³	1.9×10 ²	1.4×10 ³	4.2×10 ⁻²	6.25	11.1	2.1×10 ⁻¹
0.30	0.04	3.76	5.4×10 ²	2.7×10 ¹	6.2×10 ²	1.9×10 ⁻²	10.4	12.2	4.1×10 ⁻¹
0.31	0.04	4.95	5.8×10 ²	3.0×10 ¹	4.3×10 ²	5.6×10 ⁻²	17.7	10.3	1.2×10 ⁻¹
0.57	0.19	3.26	5.3×10 ²	6.6×10 ¹	3.1×10 ²	1.8×10 ⁻²	9.25	13.3	1.9×10 ⁻¹
0.21	0.04	3.11	4.5×10 ²	6.1×10 ¹	5.1×10 ²	2.0×10 ⁻²	10.2	14.2	-
0.22	0.06	13.8	3.2×10 ²	4.4×10 ¹	3.2×10 ²	2.0×10 ⁻²	12.4	8.25	8.2×10 ⁻²
0.21	0.22	1.67	9.7×10 ²	1.8×10 ²	8.9×10 ²	1.1×10 ⁻²	4.24	7.33	1.6×10 ⁻¹
1.89	1.03	2.37	1.1×10 ²	1.1×10 ¹	1.9×10 ²	2.8×10 ⁻²	14.2	7.16	-
0.90	0.85	2.19	3.1×10 ²	5.2×10 ²	2.8×10 ³	1.4×10 ⁻²	6.48	13.1	2.3×10 ⁻¹
0.58	0.86	1.22	2.8×10 ²	7.4×10 ¹	1.5×10 ³	4.1×10 ⁻²	2.19	7.42	4.6×10 ⁻²
2.07	0.81	12.7	1.9×10 ²	1.8×10 ¹	2.7×10 ²	2.9×10 ⁻²	14.3	8.86	3.4×10 ⁻²
0.63	0.39	4.38	1.1×10 ³	1.7×10 ²	1.4×10 ³	2.2×10 ⁻²	8.24	13.6	7.4×10 ⁻²
0.12	0.10	4.22	4.2×10 ²	6.3×10 ¹	8.2×10 ²	4.0×10 ⁻²	3.39	10.2	9.8×10 ⁻²
0.27	0.02	3.85	3.2×10 ²	8.6×10 ¹	1.8×10 ²	2.0×10 ⁻²	13.1	9.26	-
0.40	0.02	6.68	2.0×10 ²	8.1×10 ¹	8.7×10 ¹	1.1×10 ⁻²	8.45	13.3	1.7×10 ⁻¹
0.20	0.02	9.69	2.4×10 ²	7.9×10 ¹	4.4×10 ¹	2.5×10 ⁻²	7.24	9.82	3.8×10 ⁻²
0.32	0.17	3.33	4.9×10 ²	1.2×10 ²	4.3×10 ²	6.9×10 ⁻²	5.24	12.3	6.6×10 ⁻¹
0.80	0.15	2.89	2.8×10 ²	8.5×10 ¹	6.1×10 ²	1.6×10 ⁻²	8.25	13.0	4.0×10 ⁻¹
0.24	0.02	1.82	2.2×10 ²	1.1×10 ²	5.4×10 ¹	2.1×10 ⁻²	4.58	10.2	5.5×10 ⁻²
0.36	0.10	8.20	3.5×10 ²	3.3×10 ¹	4.5×10 ²	3.6×10 ⁻²	9.62	11.5	7.1×10 ⁻²

0.85	0.93	2.96	1.9×10^2	8.4×10^1	9.1×10^2	2.6×10^{-2}	5.79	14.3	3.6×10^{-2}
1.69	0.40	2.37	3.2×10^2	4.5×10^2	5.5×10^3	5.4×10^{-2}	8.61	7.48	2.0×10^{-1}
4.38	1.65	5.12	1.1×10^2	1.3×10^2	3.6×10^2	1.8×10^{-2}	12.2	10.7	5.6×10^{-2}
0.54	1.49	3.88	3.2×10^2	1.8×10^2	3.1×10^2	1.3×10^{-2}	4.29	14.4	3.9×10^{-1}
1.45	0.49	11.8	3.4×10^2	2.6×10^2	2.5×10^3	1.5×10^{-2}	7.72	12.3	-
0.59	0.14	5.41	4.0×10^2	5.9×10^1	3.6×10^2	2.0×10^{-2}	7.93	14.2	-
0.44	0.17	1.23	7.9×10^2	7.5×10^1	1.3×10^3	3.7×10^{-2}	10.4	11.9	3.7×10^{-1}
0.49	0.14	1.47	8.6×10^2	7.5×10^1	1.4×10^3	3.8×10^{-2}	8.92	12.4	1.0×10^{-1}
0.53	0.52	1.24	1.2×10^3	1.1×10^2	1.7×10^3	5.5×10^{-2}	6.28	9.83	2.3×10^{-1}
0.49	0.16	2.51	5.3×10^2	1.1×10^2	9.5×10^2	2.3×10^{-2}	11.8	7.25	-
0.23	0.02	0.91	3.2×10^2	4.6×10^1	2.5×10^2	3.8×10^{-2}	8.31	9.71	1.9×10^{-1}
0.42	0.06	0.99	3.8×10^2	1.6×10^2	2.3×10^2	3.1×10^{-2}	15.9	9.36	2.0×10^{-1}
4.38	2.22	2.83	1.5×10^2	5.5×10^1	3.1×10^2	3.1×10^{-2}	3.26	8.21	1.8×10^{-2}
2.26	1.92	9.39	1.3×10^2	2.2×10^1	1.7×10^2	2.4×10^{-2}	7.42	13.3	2.1×10^{-2}
2.13	2.33	8.32	1.5×10^2	1.6×10^1	8.1×10^1	2.7×10^{-2}	12.4	20.4	-
3.07	2.74	1.67	2.8×10^2	1.6×10^1	8.3×10^1	5.6×10^{-2}	8.69	11.4	-
0.47	0.04	7.25	7.8×10^2	2.3×10^2	6.4×10^2	3.1×10^{-2}	5.42	9.62	7.9×10^{-1}
0.51	0.04	3.47	4.9×10^2	2.8×10^2	1.5×10^3	4.2×10^{-2}	15.2	7.94	9.2×10^{-1}
0.23	0.24	5.35	3.8×10^2	8.4×10^1	1.7×10^3	2.7×10^{-2}	8.95	14.1	5.0×10^{-1}
0.46	0.35	6.69	3.9×10^2	2.0×10^2	1.0×10^3	2.3×10^{-2}	6.77	12.9	1.6×10^0

황동화(주성분이 Cu, Zn로 되어 있음)에 속하고 있다. 주성분인 Cu, Pb, Sn, Zn와 불순물인 Fe, Pb, As 등의 상관관계를 분산 공분산 매트릭스로 구한 상관계수와 관련을 지어 검토해 보았다니 전보⁶⁾의 결과와 유사하였으므로 여기서는 재론하지 않으려 한다.

Table 1의 데이터를 다음과 같이 주성분 분석^{4, 6, 10)} (principal component analysis)을 하였다.

각 주성분은 다음과 같이 선형 결합으로 주어진다.^{4, 10)}

$$y_{ij} = k_1 z_1 + k_2 z_2 + \dots + k_m z_m \quad (1)$$

매트릭스 기술법으로는 $Y = Z \cdot K$ 가 된다. 여기서

$Z(N, M)$ 는 시료의 수가 N 이고 분석된 원소의 수가 M 인 분석 데이터를 오토스캐링하여 얻은 신변수의 데이터 매트릭스이다.⁶⁾ $K(M, P)$ 는 고유 벡터 계수 매트릭스이고 $Y(N, P)$ 는 성분 득점 매트릭스이며, P 는 분산 공분산 매트릭스의 순위이다. 최대 가변도를 가질 때 각 고유값(L_1, L_2, \dots, L_p)과 이에 대응하는 고유 벡터 계수 K 를 산출하였으며, 이 고유 벡터 계수를 식 (1)에 대입하여 각 주성분의 득점을 얻었다.^{4, 10)}

이와 같이 구한 고유값을 Table 2에 나타내었으며, 각 고유값이 기여하는 백분율과 누적백분율을 함께 나타내었다. 각 성분원소의 주성분별 고유 벡터 계수를 Table 3에 나타내었고 각 성분원소가 각 주성분에 기여하는 정도를 나타내는 공동성(communalities)를 함께

Table 2. Eigenvalues and their contribution(%)

Component	1	2	3	4	5	6	7
Eigenvalue	3.03	2.82	1.68	1.14	1.08	0.83	0.72
Contribution(%)	23.4	21.8	13.0	14.7	8.35	6.42	5.57
Cumulative(%)	23.4	45.2	58.2	72.9	81.3	87.7	93.2

Table 3. Eigenvector coefficients and communalities

Elements	Eigenvector Coefficients			Communalities		
	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
As	0.452	0.093	0.322	0.619	0.025	0.175
Cu	-0.085	-0.480	-0.031	0.022	0.649	0.002
Sn	-0.267	-0.096	0.373	0.217	0.026	0.234
Ag	-0.239	-0.314	0.382	0.173	0.278	0.245
Fe	0.431	0.130	0.255	0.564	0.047	0.109
Zn	-0.264	0.354	-0.385	0.211	0.353	0.249
Co	-0.272	0.368	0.253	0.224	0.383	0.108
Sb	-0.281	0.391	0.321	0.241	0.430	0.174
Pb	0.377	0.117	0.239	0.432	0.038	0.096
Ir	0.130	0.100	0.121	0.051	0.028	0.025
Ru	-0.159	0.251	0.205	0.077	0.178	0.071
Ni	-0.194	0.074	0.162	0.114	0.015	0.044
Au	-0.170	-0.360	0.300	0.088	0.366	0.152
Os	0.023	0.028	0.100	0.021	0.013	0.024

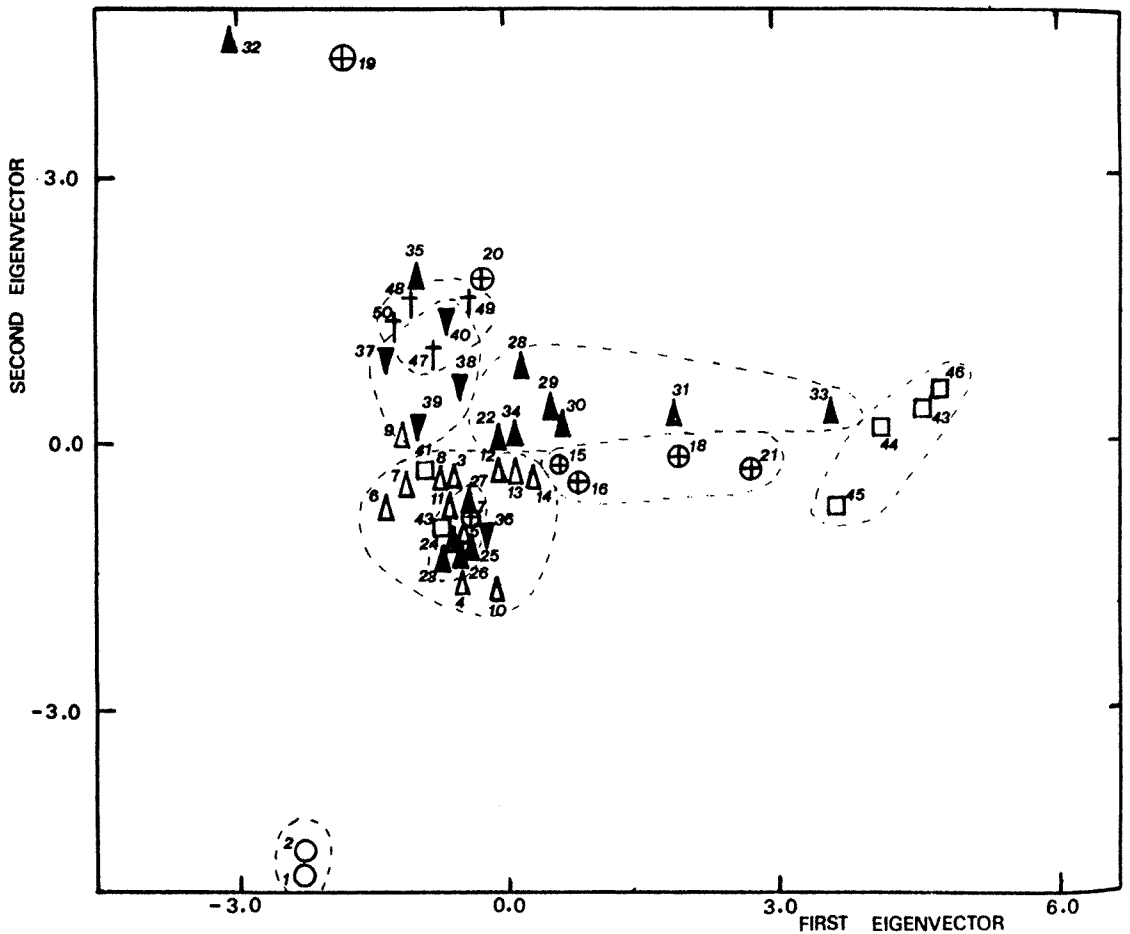


Fig. 1. First-to-second eigenvector plot for Choson coins using 14 elements.

나타내었다.

가장 큰 고유값에 대응하는 제 1 및 제 2의 주성분 득점을 사용하여 도식한 그림이 Fig. 1이다. 이 그림은 2개만의 주성분을 사용하였으므로 Table 3의 누적 %에서 보는 바와 같이 전 가변도 중 약 45%만을 사용해서 얻은 그림이 된다.

이 Fig. 1에서 보는 바와 같이 조선통보 ○(1, 2)는 주성분 2가 적음을 나타내고 있으며, 이것은 주로 Cu, Ag, Au와 귀금속류에 기인하고 있다. 같은 청동화중 □(43-46)의 시료는 주성분 1이 큰 위치에 있는 것으로 보아 As, Fe, Pb와 같은 성분원소에 의함을 나타내고 있다. 시료 ⊕(19)와 시료 ▲(32)가 열외인 것은 주성분 2가 큰 것에 해당되므로 Sb, Co, Zn와 같은 성분원소에 기인함을 알 수 있다.

이상의 결과로 Ag, Au와 같은 귀금속은 Cu광에 유래하고 있음을 유추할 수 있고 As, Fe와 같은 미량성분은 납과 그 근원을 같이하고 있음을 알 수 있다. 그리고 Sb, Co는 Zn와 그 근원을 같이하고 있음을 나타내고 있다.

본 연구에서는 전 가변도 중 약 45%만을 사용한 주성분 1, 2만으로 Fig. 1과 같이 도식하여 고전끼리 상호 유사성 또는 분리성을 검토하였다. 전 가변도를 사용할 수 있는 SIMCA(statistical isolinear multi-component analysis)와 같은 방법으로 재분류해 볼 수 있으나 Fig. 1의 결과가 전보의 결과와⁵⁾ 유사하였으므로 본 연구에서는 시도하지 않았다.

감사의 글

본 연구는 1993년도 교육부 기초과학연구소 학술연구 조성비(BSRI-93-339) 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

인용문헌

1. Y. Sano, K. Notsu and T. Tominaga, *古文化財の科學*, **28**, 44(1983).
2. H. Mabuchi, S. Yamaguchi, H. Kanno and T. Nakai, *ibid.*, **22**, 20(1978).
3. C. Lee, O. C. Kwun and H. T. Kang, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, **7**, 73(1986).
4. C. Lee, O. C. Kwun, N. B. Kim and I. C. Lee, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, **6**, 241(1985).
5. M. J. Hughes, M. R. Cowell and P. T. Craddock, *Archaeometry*, **18**, 19(1976).
6. C. Lee, O. C. Kwun, H. T. Kang, I. C. Lee and N. B. Kim, *J. Kor. Chem. Soc.*, **31**, 555(1987).
7. J. U. Choi, K. S. Chun, J. D. Lee, C. Lee and K. S. Chung, *Bull. Kor. Chem. Soc.*, **14**, 367(1993).
8. K. S. Chun, C. Lee, M. Z. Czae, J. D. Lee and K. S. Chung, *J. Kor. Chem. Soc.*, **37**, 961(1993).
9. C. Lee, *J. Kor. Nucl. Soc.*, **5**, 137(1973).
10. D. Coomans and D. L. Massart, *Anal. Chim. Acta*, **112**, 97(1973).
11. S. Wold, *Pattern Recognition*, **8**, 127(1976).
12. S. Wold and M. Sjöström, "Chemometrics", "Theory and Application", ed., B. Kowalski, *Am. Chem. Soc. Symp., Ser.*, **52**, 243(1977).