

多變數 分析法에 의한 朝鮮時代 銅錢의 分類研究

李 昶 根

姜 炯 台

高 成 僖

目 次

1. 序 言

나) 原子吸收 分光分析

2. 實 驗

3. 結果 및 考 察

가) 中性子 放射化分析

4. 主成分 分析法

1. 序 言

최근 化學分析法의 발달로 考古學的 試料중에 함유된 많은 數의 元素含量을 비교적 간단한 操作으로 단시간내에 결정할 수 있게 되었다. 分析方法으로는 器機中性子放射化分析法, 誘導結合플라즈마 分光分析法, 에너지分散形 X - 綫分析法이 많은 元素의 同時 分析法으로 사용되고 있다.¹⁾ 그외에 原子吸收 分光分析法도 사용되고 있다.²⁾ 그러나 이와같이 定量된 여러 元素중에서 가장 중요하다고 여겨지는 1개 또는 2개 元素만의 含量을 사용하여 作成한 含量分布를 나타내는 그림으로서 試料간의 類似性 또는 特異性을 檢討하는 경우가 많으며 選定되지 못한 元素의 分析値는 단지 分析結果로서 提示될 뿐 論議 밖에 놓이는 경우가 많다. 따라서 分析된 모든 元素의 定量値를 사용하여 試料相互간의 類似性 및 特異性을 찾는 多變數데이터 分析法^(3,4)이 발달되어 사용중에 있다. 本 研究에서는 朝鮮時代 古錢試料중에 含有된 元素의 分析데이터를 統計的 方法인 主成分 分析法(Principal component analysis)⁵⁾을 사용하여 試料간 類似性 및 特異性을 檢討하였다.

古錢의 化學組成의 變動은 그 時代의 鑄造技術 혹은 鑄造時 品質管理의 좋고 나쁜 정도를 反映하고 있다고 생각된다. 그 밖에 어떤 王朝가 鑄造한 古錢의 化學組成의 時代的 變遷을 조사해 보면 化學組成이 當時의 經濟狀態와 관련있을 가능성이 크다. 微量元素의 分布패턴이 다른 原料鑛石의 產地 및 種類가 다를을 反映한다고 생각한다.¹⁾

本 研究에서는 器機 中性子 放射化分析法을 주로 사용하였으며⁶⁾ 主成分 元素중 Cu, Pb, Zn 은 原子吸收 分光分析法을 사용하였다.⁷⁾ 古錢중의 主成分 Cu, Pb, Sn, Zn과 微量成分 Fe, As, Ag, Co, Sb, Ir, Ru, Ni의 12元素를 定量하였으며 이 定量데이터를 사용하여 각 鑄造官廳에서 製造된 古錢의 群 形成 與否와 群과 群사이의 分

離程度를 研究 檢討하였다.

2. 實驗

가) 中性子 放射化分析法

각 古錢試料 전체를 대표할 수 있다고 提示된 3部位로부터 가는실의 굵기의 金屬을 낚알상태로 약 5mg씩 도려낸 다음 韓國에너지研究所에 있는 TRIGA MARKIII 原子爐의 回轉試料照射台에 Co 및 Au 비교체를 附着한 후 15시간 中性子로 照射하였다.^{8,9)}

이 照射位置에서의 中性子速은 $1 \times 10^{13} \text{ncm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ 이다. 약 4일간 放置시킨 후 0.1N窒酸으로 金屬 낚알表面을 沈漬시켜 試料表面이 光澤이 나도록 했다. 이 試料를 4일간 冷却시킨후 물 및 아세톤으로 씻어서 말린 다음 무게를 稱量하였다. 非破壞的으로 감마線을 1,000秒동안 計測하였으며, 同 目的으로 4,000채널 波高分析機(OPTEC Model 7050)와 電子計算組織에 連結된 75cc Ge(Li) 半導體檢出機를 使用하였다. 먼저 As 및 Cu의 含量을 비교체법으로 定量하였다.^{8,9)} 약 30日間 放置한 후 재차 3,000秒동안 計測하여 얻은 감마線 스펙트라로부터 Sn, Ag, Fe, Zn, Co, Sb의 含量을 위와 같이 결정하였다. 약 50日間 冷却되었을 때 다시 5,000秒間 計測하여 Ir, Ru 및 Ni을 定量하였으며, Ni의 檢出은 (n,p)核反應에 의해 生成된 ^{58}Co 를 測定하였으므로 絕對含量대신 相對的 放射能을 使用하였다.

本 研究에서는 試料의 相互分類에 目的이 있으므로 絕對含量대신 相對含量만으로 만족된다.¹⁰⁾ 定量에 使用한 核種, 核種의 半減期 및 使用한 特性 감마線에너지는 Table 1과 같다.

Table 1. Half - life and energy of nuclides

Element	Radionuclides	Half - life	Energy (KeV)
As	^{76}As	26.32 h	559.1
Cu	^{64}Cu	12.70 h	1,345.60
Sn	^{113}Sn	115.1 d	391.69
Ag	^{110m}Ag	252 d	657.75
Fe	^{59}Fe	44.6 d	1,099.22
Zn	^{65}Zn	244 d	1,115.5
Co	^{60}Co	5.27 y	1,332.47
Sb	^{124}Sb	60.2 d	1,691.02
Ir	^{192}Ir	74.2 d	316.5
Ru	^{103}Ru	39.4 d	497.08
Ni	^{58}Co	70.9 d	810.8

나) 原子吸收 分光分析

主成分元素중 中性子 放射化分析法으로는 定量하기 곤란한 Pb는 原子吸收 分光分析法를 使用하여 定量하였다. 그리고 主成分元素중 Cu 및 Zn은 中性子 放射化는 비교적 잘되나 이 方法으로 定量할때는 誤差가 큼을 勘案하여 誤差가 적은 原子吸收 分光分析法으로 定量하였다. 本 目的을 爲하여 考古遺物의 구리합금 分析을 다음과 같이 行하였다.⁷⁾

試料 약 10mg을 取하여 25ml짜리 파이렉스 비커에 옮긴다음 王水(1vol. conc.HNO₃ : 3 vols conc. HCl) 1ml를 添加하여 加熱板(60℃)에서 溶解시켰다. 室溫에서 冷却시킨 후 王水 1ml를 添加하였고 25ml짜리 메스플라스크에 옮겨 蒸溜水로 메니스커스까지 채웠다. 각 標準溶液은 原子吸光用 標準原液(Junsei Chemical Co. 제)을 使用하여 試料의 濃度範圍에 맞도록 묽혀 5N HCl溶液 2ml를 添加한 후 蒸溜水로 25ml짜리 메스플라스크의 메니스커스까지 채워 製造하였다.

本 研究에 使用한 原子吸收 分光分析機는 Perkin-Elmer 3030이며 C₂H₂-Air불꽃으로 Cu는 249.2nm(슬릿나비 : 0.7nm)에서, Pb는 283.3nm(슬릿나비 : 0.7nm)에서, Zn은 213.9nm(슬릿나비 : 0.7nm)에서 吸光度를 測定하여 定量하였다.

3. 結果 및 考察

主成分이 Cu, Pb, Sn으로 되어있는 靑銅貨와 主成分이 Cu, Zn으로 되어있는 黃銅貨의 分析結果를 箇箇名稱 및 鑄造 年代別로 Table 2에 나타내었다. Table 2에서 보는바와 같이 分析된 古錢중 朝鮮初期(1423)에 鑄造된 朝鮮通寶 2점과 朝鮮末期(1828)에 鑄造된 常平通寶 4點만이 靑銅貨이고 그 외는 모두 黃銅貨에 屬하고 있다. 中國의 靑銅貨는 主成分元素인 Cu, Pb, Sn의 比가 7 : 2 : 1의 比를 가지고 있는데 비해 朝鮮通寶는 90 : 4 : 3으로 되어있다. 朝鮮末期(1828) 訓練都監에서 鑄造된 常平通寶 4點은 主成分 Cu, Pb, Sn의 比가 7 : 2 : 0이므로 이 靑銅貨는 Cu, Pb의 2成分이라 할 수 있으며 Sn의 含量은 거의 무시될 程度라는 特徵을 가지고 있다.

靑銅化에서 黃銅貨로의 轉換年代를 살펴보면 中國에서는 15~16世紀이고 日本에서는 18世紀로 報告되어 있다. 本 研究에서 分析된 常平通寶중 제일빠른 年代가 Table 2에서 보는 바와 같이 17世紀이므로 中國보다는 1世紀 늦고 日本보다는 1世紀 빠르다고 할 수 있다.

黃銅貨를 살펴보면 中國 및 日本에서는 Cu, Zn의 造成比가 약 6 : 4인데 비해 朝鮮時代의 그것은 Cu, Zn, Pb의 比가 7 : 1 : 1인 3成分으로 되어 있는 特徵을 가지고 있다.

分析된 元素의 含量間 相關關係를 알아보기 위해 다음과 같이 相關메트릭스를 구하였다.

相關메트릭스가 元素의 含量間 좋은 相關關係를 나타내기 위해서는 濃度變數(X_{ij}) 또는 로그濃度變數(ln X_{ij})가 正規分布를 나타내어야 하나 人爲的 바이어스가 加味되어 있으므로 地球化學的 法則이 保全되리라 期待하기 힘들다.¹⁾ 여기서 指標 i 및 j는

각각 試料 및 分析된 元素의 番號를 나타내고 있다. 먼저 分析데이터 X_{ij} 가 正規分布를 한다고 看做하고 다음과 같이 오토스켈링하여 新變數의 데이터셋트 메트릭스 Z 를 구하였다. 含量이 定量限界 以下로써 데이터가 없을 때에는 平均값에 26값을 빼준 값을 대신 使用하였다.

Table 2. Archaeological data and chemical compositions of Choson coins

Serial No	Group No (symbol)	Name	Age(A.D.)	Minting office	Cu (%)		
1	(○)	Choson Tongbo (朝鮮通寶)	1423	(?)	91.3		
2		"	1423		87.0		
3	1(△)	Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1679	Yeoyong-Chong (御營廳)	77.5		
4		"	1742-1752		82.6		
5		"	1742-1752		75.6		
6		"	1752		71.3		
7		"	1752		75.6		
8		"	1752		70.7		
9		"	1752		65.1		
10		"	1752		79.8		
11		"	1752		73.9		
12		"	1742		71.7		
13		"	1742		71.6		
14		"	1742		71.7		
15		2(⊕)	Sangpyong Tongbo (常平通寶)		1679-1688	Pyongan-Ganyong (平安監營)	68.4
16			"		1679-1688		69.3
17	"		1679-1688	79.0			
18	"		1727	77.1			
19	"		1727	54.4			
20	"		1727	60.2			
21	"		1721	68.1			
22	3(▲)	Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1679	Ho-Jo (戶曹)	70.0		
23		"	1679		84.4		
24		"	1742-1752		81.8		
25		"	1742-1752		82.5		
26		"	1742-1752		83.3		
27		"	1742-1752	75.0			

Sn	Zn	Fe	As	Ag	Co	Sb	Ir	Ru	Ni	Total
(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(relative)	(%)
1.77	0.79	0.21	0.06	3.4×10^3	3.7×10^1	3.1×10^2	-	9	2.4×10^{-1}	97.5
3.74	0.22	0.72	0.19	1.9×10^3	8.6×10^1	9.4×10^2	-	-	3.6×10^{-1}	96.5
0.61	19.7	0.27	0.10	2.8×10^2	4.2×10^1	3.0×10^2	-	7	-	101.2
2.74	6.73	0.56	0.02	5.7×10^2	1.0×10^2	9.4×10^1	-	5	1.0×10^{-1}	100.8
3.44	6.77	0.30	0.01	3.8×10^2	7.8×10^1	4.2×10^1	2.5×10^{-2}	4	2.8×10^{-1}	95.1
3.24	6.86	0.17	0.17	1.5×10^3	1.3×10^2	1.3×10^3	-	-	4.0×10^{-1}	91.5
4.34	7.92	0.78	0.21	1.4×10^3	1.1×10^2	1.5×10^3	-	25	2.6×10^{-2}	102.1
3.16	7.57	0.29	0.20	8.9×10^2	1.2×10^2	1.1×10^3	-	10	-	95.4
5.28	4.73	0.34	0.25	8.9×10^2	1.7×10^2	1.8×10^3	4.5×10^{-2}	3	1.9×10^{-1}	88.6
1.45	5.42	0.30	1.21	3.0×10^3	9.2×10^1	7.1×10^2	2.1×10^{-2}	5	4.6×10^{-1}	108.0
3.28	5.96	0.34	0.23	1.3×10^3	1.9×10^2	1.4×10^3	4.2×10^{-2}	-	2.1×10^{-1}	105.8
0.53	13.7	0.30	0.04	5.4×10^2	2.7×10^1	6.2×10^2	-	2	4.1×10^{-1}	100.7
0.27	14.6	0.31	0.04	5.8×10^2	3.0×10^1	4.3×10^2	-	-	1.2×10^{-1}	101.9
0.26	16.5	0.57	0.19	5.3×10^2	6.6×10^1	3.1×10^2	2.1×10^{-2}	-	1.9×10^{-1}	104.8
0.27	13.3	0.21	0.04	4.5×10^2	6.1×10^1	5.1×10^2	9.0×10^{-3}	-	-	100.2
0.30	8.70	0.22	0.06	3.2×10^2	4.4×10^1	3.2×10^2	2.8×10^{-2}	2	8.2×10^{-2}	99.5
2.98	1.96	0.21	0.22	9.7×10^2	1.8×10^2	8.9×10^2	-	3	1.6×10^{-1}	100.9
1.07	4.65	1.89	1.03	1.1×10^3	1.1×10^1	1.9×10^2	2.9×10^{-2}	25	-	103.5
1.55	26.7	0.90	0.85	3.1×10^2	5.2×10^2	2.8×10^3	-	2	2.3×10^{-1}	93.8
2.14	28.6	0.58	0.86	2.8×10^2	7.4×10^1	1.5×10^3	-	3	4.6×10^{-2}	102.2
0.15	4.43	2.07	0.81	1.9×10^2	1.8×10^1	2.7×10^2	4.0×10^{-3}	2	3.4×10^{-2}	100.0
3.78	3.16	0.63	0.39	1.1×10^3	1.7×10^2	1.4×10^3	-	5	7.4×10^{-2}	98.9
2.20	5.71	0.12	0.10	4.2×10^2	6.3×10^1	8.2×10^2	9.0×10^{-3}	9	9.8×10^{-2}	99.8
0.86	12.2	0.27	0.02	3.2×10^2	8.6×10^1	1.8×10^2	-	6	-	98.6
0.91	12.4	0.40	0.02	2.0×10^2	8.1×10^1	8.7×10^1	1.1×10^{-2}	-	1.7×10^{-1}	101.3
0.20	12.6	0.20	0.02	2.4×10^2	7.9×10^1	4.4×10^1	-	6	3.8×10^{-2}	101.6
2.94	6.29	0.32	0.17	4.9×10^2	1.2×10^2	4.3×10^2	-	-	6.6×10^{-1}	98.7

Serial No	Group No (symbol)	Name	Age(A.D.)	Minting office	Cu (%)
28		Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1731		63.8
29		"	1731		65.3
30		"	1731		65.3
31	4 (▲)	"	1883	Ho-Jo	70.3
32		"	1883	(戶曹)	63.2
33		"	1883		71.1
34		"	1866		70.8
35		"	1866		68.6
36		Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1692-1752		81.1
37		"	1757		67.2
38	5 (▼)	"	1757	Chongyung-Chong	65.5
39		"	1757	(摠戎廳)	70.6
40		"	1757		61.4
41			Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1742-1752	
42		"	1742-1752		85.2
43	6 (□)	"	1828	Hunryun-Dogam	68.5
44		"	1828	(訓練都監)	75.7
45		"	1828		77.2
46		"	1828		59.3
47		Sangpyong Tongbo (常平通寶)	1807		72.6
48	7 (+)	"	1807	Kyunyok-Chong	70.0
49		"	1883	(均役廳)	61.6
50		"	1883		69.5

Pb	Sn	Zn	Fe	As	Ag	Co	Sb	Ir	Ru	Ni	Total
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(relative)	(%)
13.6	0.31	17.8	0.80	0.15	2.8×10^2	8.5×10^1	6.1×10^2	-	2	4.0×10^{-1}	96.5
16.5	0.23	13.4	0.24	0.02	2.2×10^2	1.1×10^2	5.4×10^1	2.4×10^{-2}	2	5.5×10^{-2}	95.6
18.8	0.45	12.7	0.36	0.10	3.5×10^2	3.3×10^1	4.5×10^2	-	8	7.1×10^{-2}	97.8
25.8	0.68	1.78	0.85	0.93	1.9×10^2	8.4×10^1	9.1×10^2	-	12	3.6×10^{-2}	100.5
4.72	0.64	24.2	1.69	0.40	3.2×10^2	4.5×10^2	5.5×10^3	5.4×10^{-2}	48	2.0×10^{-1}	95.5
17.7	0.18	1.75	4.38	1.65	1.1×10^2	1.3×10^2	3.6×10^2	-	-	5.6×10^{-2}	96.8
13.5	6.12	4.62	0.54	1.49	3.2×10^2	1.8×10^2	3.1×10^2	2.9×10^{-2}	9	3.9×10^{-1}	97.1
9.34	3.14	15.5	1.45	0.49	3.4×10^2	2.6×10^2	2.5×10^3	1.3×10^{-2}	9	-	98.8
4.87	1.17	12.7	0.59	0.14	4.0×10^2	5.9×10^1	3.6×10^2	1.8×10^{-2}	-	-	100.6
12.6	2.60	16.7	0.44	0.17	7.9×10^2	7.5×10^1	1.3×10^3	3.7×10^{-2}	32	3.7×10^{-1}	99.8
11.6	1.26	20.3	0.49	0.14	8.6×10^2	7.5×10^1	1.4×10^3	4.1×10^{-2}	-	1.0×10^{-1}	99.5
12.5	4.35	13.9	0.53	0.52	1.2×10^3	1.1×10^2	1.7×10^3	1.5×10^{-1}	-	2.3×10^{-1}	102.7
8.91	1.47	25.5	0.49	0.16	5.3×10^2	1.1×10^2	9.5×10^2	3.8×10^{-2}	7	-	98.1
4.23	1.56	9.57	0.23	0.02	3.2×10^2	4.6×10^1	2.5×10^2	-	28	1.9×10^{-1}	92.5
2.78	0.59	11.6	0.42	0.06	3.8×10^2	1.6×10^2	2.3×10^2	-	-	2.0×10^{-1}	100.6
23.7	0.15	0.54	4.38	2.22	1.5×10^2	5.5×10^1	3.1×10^2	1.0×10^{-2}	2	1.8×10^{-2}	99.5
19.3	0.12	0.61	2.26	1.92	1.3×10^2	2.2×10^1	1.7×10^2	-	10	2.1×10^{-2}	99.9
20.7	0.11	0.62	2.13	2.33	1.5×10^2	1.6×10^1	8.1×10^1	-	1	-	103.4
25.5	0.12	1.55	3.07	2.74	2.8×10^2	1.6×10^1	8.3×10^1	2.3×10^{-2}	-	-	92.3
16.8	0.81	10.1	0.47	0.04	7.8×10^2	2.3×10^2	6.4×10^2	5.6×10^{-2}	22	7.9×10^{-1}	100.9
19.9	0.90	10.8	0.51	0.04	4.9×10^2	2.8×10^2	1.5×10^3	3.1×10^{-2}	14	9.2×10^{-1}	102.3
21.8	2.61	11.4	0.23	0.24	3.8×10^2	8.4×10^1	1.7×10^3	4.2×10^{-2}	23	5.0×10^{-1}	98.2
15.3	0.89	14.7	0.46	0.35	3.9×10^2	2.0×10^2	1.0×10^3	2.7×10^{-2}	10	1.6×10^{-1}	101.4

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{\sigma_j} \quad (1)$$

$$Z = (Z_{ij})_{N \times M} \quad (2)$$

여기서 \bar{X}_j 와 σ_j 는 각각 j 번째 元素의 全平均濃度 및 標準偏差이다. 그리고 N 및 M 은 각각 分析된 試料數 및 分析元素의 數이다. 다음으로 分散一共分散메트릭스 R 을 구하였으며

$$Z'Z = R \quad (3)$$

그 結果를 Table 3에 나타내었다.

Table 3, Variance and covariance matrix of 12 elements

	As											
As	1.000											
		Cu										
Cu	-0.223	1.000										
			Sn									
Sn	-0.165	0.055	1.000									
				Ag								
Ag	-0.175	0.373	0.370	1.000								
					Fe							
Fe	0.804	-0.203	-0.323	-0.302	1.000							
						Zn						
Zn	-0.390	-0.474	-0.169	-0.248	-0.324	1.000						
							Co					
Co	-0.105	-0.334	0.218	-0.019	-0.041	0.361	1.000					
								Sb				
Sb	-0.105	-0.442	0.251	0.064	-0.023	0.439	0.750	1.000				
									Pb			
Pb	0.510	-0.440	-0.176	-0.141	0.402	-0.398	-0.157	-0.124	1.000			
										Ir		
Ir	-0.039	-0.260	0.267	0.084	-0.076	0.194	0.196	0.341	0.092	1.000		
											Ru	
Ru	-0.096	-0.108	0.052	-0.042	-0.006	0.160	0.283	0.497	-0.092	0.189	1.000	
												Ni
Ni	-0.198	-0.041	0.099	0.161	-0.251	0.054	0.317	0.119	0.051	0.212	0.146	1.000

Table 3에서 보는 바와 같이 相關係數가 0.4~0.95範圍에 있는 뚜렷한 陽의 相關關係를 가지고 있는 元素의 組合은 (Fe, Pb, As)뿐이며 主相成分인 Cu, Pb, Sn, Zn 사이에는 적은 關係數이든지 陰의 係數값을 가지고 있음을 알 수 있다. Fe, As는 그 含量이 적은 것으로 보아 Pb와 함께 不純物로 原料에서 由來되었음을 짐작할 수 있다. 主成分元素는 事전에 高純度로 鑄造하여 銅錢鑄造時原料로 使用되었음을 알 수 있다.

4. 主成分 分析法(Principal Component Analysis : PCA)

각 主成分은 다음과 같이 線形組合으로 이루어진다.^{6,11)}

$$Y_{ij} = K_1Z_1 + K_2Z_2 + \dots + K_mZ_m \quad (4)$$

메트릭스 記述法으로는 $Y = ZK$ 가 된다. 여기서 $Z(N, M)$ 는 試料의 數가 N 이고 分析된 元素의 數가 M 인 데이터 메트릭스이다.(式2參照) $K(M, P)$ 는 固有벡터係數 메트릭스이고 $Y(N, P)$ 는 成分得點 메트릭스이며 P 는 式(3)의 分散 - 共分散 메트릭스의 順位이다. 最大可變度를 가질 때 各 固有값(L_1, L_2, \dots, L_p)과 이에 對應하는 固有벡터係數 K 를 產出할 수 있으며, 이 固有벡터係數를 式(4)에 代入하여 各 成分의 得點스코어를 얻을 수 있다.^{6,11)}

이와 같이 구한 固有값을 Table 4에 나타내었으며 各 固有값이 寄與하는 %와 累積%를 함께 나타내었다. 各 成分元素의 主成分別 固有벡터係數를 Table 5에 나타내었고 成分元素가 各 主成分에 寄與하는 程度를 나타내는 共同性(communality)을 함께 나타내었다.

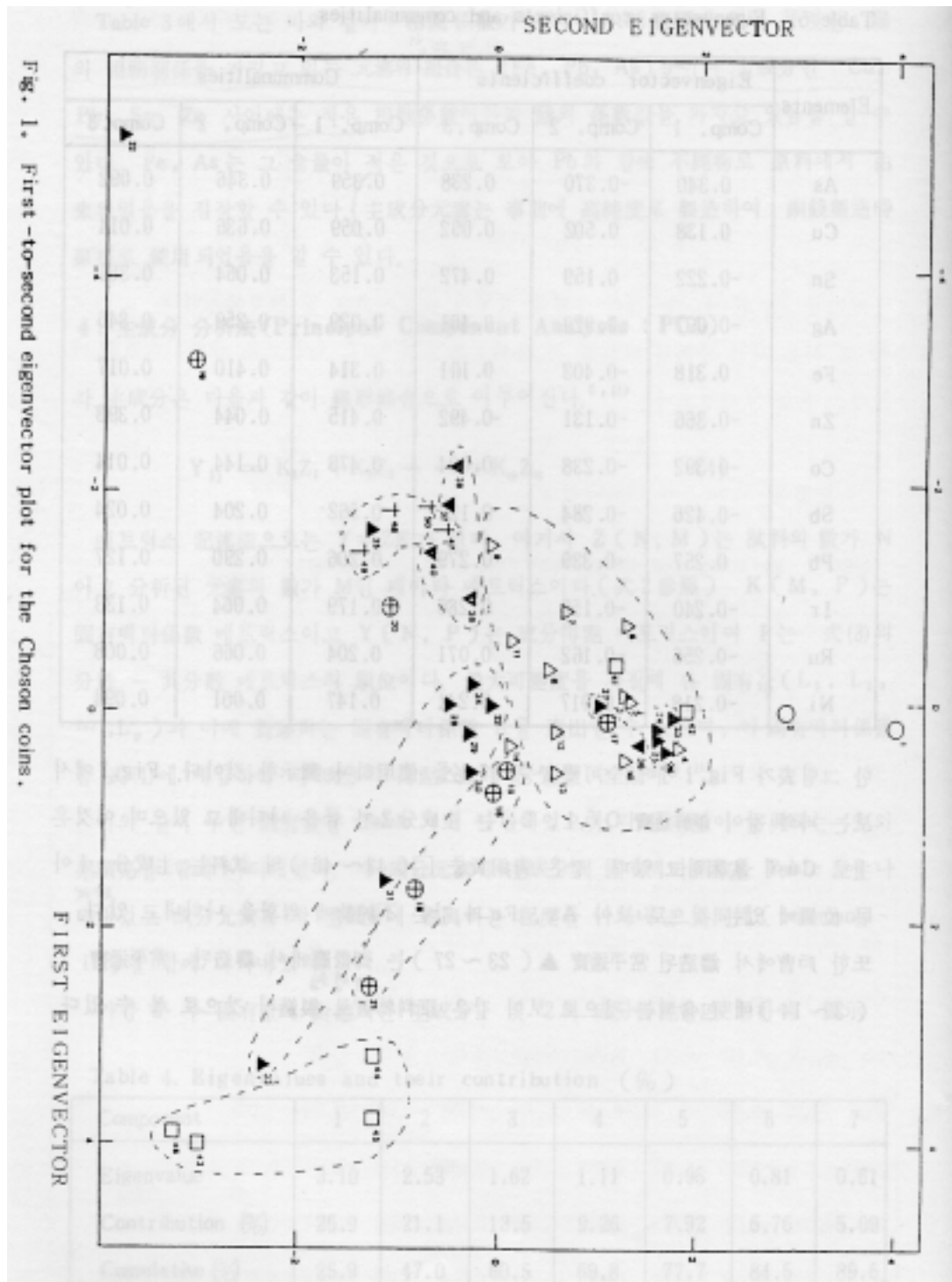
Table 4. Eigenvalues and their contribution (%)

Component	1	2	3	4	5	6	7
Eigenvalue	3.10	2.53	1.62	1.11	0.95	0.81	0.61
Contribution (%)	25.9	21.1	13.5	9.26	7.92	6.76	5.09
Cumulative (%)	25.9	47.0	60.5	69.8	77.7	84.5	89.6

Table 1. Half - life and energy of nuclides

Element	Radionuclides	Half - life	Energy (Ke V)
As	⁷⁶ As	26.32 h	559.1
Cu	⁶⁴ Cu	12.70 h	1,345.60
Sn	¹¹³ Sn	115.1 d	391.69
Ag	^{110m} Ag	252 d	657.75
Fe	⁵⁹ Fe	44.6 d	1,099.22
Zn	⁶⁵ Zn	244 d	1,115.5
Co	⁶⁰ Co	5.27 y	1,332.47
Sb	¹²⁴ Sb	60.2 d	1,691.02
Ir	¹⁹² Ir	74.2 d	316.5
Ru	¹⁰³ Ru	39.4 d	497.08
Ni	⁵⁸ Co	70.9 d	810.8

가장 큰 두 固有값에 對應하는 主成分1 및 2의 成分得點을 使用하여 圖示한 그림
 表가 Fig.1이며 全可變度중 47%를 使用하여 圖示한 것이다. Fig.1에서 보는 바와 같
 이 朝鮮通寶 O(1, 2)는 主成分2가 큼을 나타내고 있으며, 이것은 主로 Cu에 基因하
 고 있다. 같은 靑銅貨중 □(43~46)의 試料는 主成分 1이 큰 位置에 있는 것으로 보
 아 As, Fe과 같은 不純物에 의함을 나타내고 있다. 또한 戶曹에서 鑄造된 常平通寶 ▲(23~27)
 는 御營廳에서 鑄造된 常平通寶 △(3~14)에 包含되는 것으로 보아 같은 原
 料物質로 鑄造된 것으로 볼 수 있다.



参考文献

1. Y. Sano, K. Notsu and T. Tominaga, 古文化財の科学, **28**, 44(1983).
2. H. Mabuchi, S. Yamaguchi, H. Kanno and T. Nakai, *ibid.*, **22**, 20(1978).
3. S. Wold, *Pattern Recognition* **8**, 127(1976).
4. S. Wold and M. Sjöström, Chemometrics, Theory and Application, ed., B. Kowalski, *Amer. Chem. Soc. Symp.*, Ser., **52**, 243(1977)
5. C. Lee, O. C. Kwun and H.T. Kang, *Bull. Korean Chem. Soc.*, **7**, 73(1986)
6. C. Lee, O. C. Kwun, N.B. Kim and I.C. Lee, *Bull. of Korean Chem. Soc.*, **6**, 241(1985).
7. M. J. Hughes, M.R. Cowell and P.T. Craddock, *Archaeometry*, **18**, 19(1976).
8. C. Lee, *J.Kor. Nucl. Soc.*, **5**, 137(1973).
9. J. I. Kim, *J.Radioanal. Chem.*, **63**, 121(1981).
10. J. Op De Beek and J. Hoste, *Analyst*, **99**, 973(1974).
11. D. Coomans and D.L. Massart, *Anal. Chimica Acta*, **112**, 97(1973).

Multivariate Classification of Choson Coins

Chang Keun Lee, Hyung Tai Kang and Sung Hee Goh

Fifty ancient Korean coins originated in Choson dynasty have been determined for 9 elements such as Sn, Fe, As, Ag, Co, Sb, Ir, Ru and Ni by instrumental neutron activation analysis and for 3 elements such as Cu, Pb, and Zn by atomic absorption spectrometry. Bronze coins originated in early days of the dynasty contain as major constituents Cu, Pb and Sn approximately in the ratio 90 : 4 : 3, whereas, those in latter days contain in the ratio 7 : 2 : 0. Brass coins which had begun in 17 century contain as major constituents Cu, Zn and Pb approximately in the ratio 7 : 1 : 1. The multivariate data have been analyzed for the relation among elemental contents through the variance-covariance matrix. The data have been further analyzed by a principal component mapping method. As the results training set of 8 class have been chosen, based on the spread of sample points in an eigenvector plot and archaeological data such as age and the office of minting.