

대전 원내동과 부안 유천리 도자기의 분석

강현삼¹ · 이한형² · 박기철¹ · 김건한³ · 서만철⁴ · 서정호¹ · 최기영^{5*}

¹공주대학교 문화재보존과학과, 314-701 충남 공주시 신관동 182

²공주대학교 화학과, 314-701 충남 공주시 신관동 182

³한국지질자원연구소, 305-350 대전광역시 대덕구

⁴공주대학교 문화재비파괴안전진단연구실, 314-701 충남 공주시 신관동 182

⁵공주대학교 화학교육과, 314-701 충남 공주시 신관동 182

Analysis of Pottery Sherds from Wonnae-dong, Daejeon and Yucheon-ri, Buan

Hyunsam Kang¹, Hanhyoung Lee², Kicheol Park¹, Kunhan Kim³, Mancheol Suh⁴,
Jungho Seo¹ and Ki-Young Choi^{5*}

¹Department of Cultural Heritage Conservation Science, Kongju National University, Kongju 314-701, KOREA

²Department of Chemistry, Kongju National University, Kongju 314-701, KOREA

³Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, KOREA

⁴Nondestructive Research Lab. Cultural Property, Kongju National University, Kongju 314-701, KOREA

⁵Department of Chemistry Education, Kongju National University, Kongju 314-701, KOREA

초록 대전시 원내동 일대에서 수습된 도편 9점과 부안 유천리 청자요지에서 수습된 청자편 11점의 화학성분을 분석하고, 취합된 발표자료들과 비교하여 시료의 도자특성과 산지에 대한 정보를 유추하였다. 태토와 유약의 주요산화물분석은 XRF와 EPMA를 사용하였고, 태토중 미량원소의 함량은 ICP-MS를 이용하였다. 자료의 비교분류 방법으로, Seger식과 주성분분석법의한 방법을 병행하였다. 원내동 백자(C-1)은 매우 높은 SiO₂의 함량으로 대부분의 도편들과 상이한 결과를 보였으며, 원내동 백자(C-2)는 서울·경기 및 대전·충남 지방의 도자기들과 매우 유사한 유약 및 태토의 특성을 보였다. 원내동 청자(B-1과 B-2)는 태토의 분류에서 대전·충남지방에 속하는 것으로 나타났다. 분청은 Seger식 및 주성분 분석법으로 지방별 특성을 결정하기 어려웠다. 유천리 시료는 태토와 유약에 있어 기존의 자료와 거의 일치하는 특성을 보여 본 연구에 의한 도자기의 분류가 각 도자기별 특성과 지역적 특성을 연구하는데 어느 정도 객관성과 타당성을 가짐을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT The characterization of chemical properties and analogy of manufactured origin for the nine potsherds and eleven celadon sherds collected in Wonnae-dong, Daejeon and Yucheon-ri, Buan, respectively were performed by analyzing their body and glaze compositions and compared with previous data reported. The chemical compositions of the body and glaze were determined by XRF and EPMA, respectively. The trace elements of the body were analyzed by ICP-MS. The Seger analysis and principal components analysis were used

to compare the major compositions of body and glaze of the potteries we found with previous data. Wonnae-dong's Whiteware (C-1) showed considerably high SiO_2 concentration differently from the other potteries. Wonnae-dong's Whiteware (C-2) showed similar characteristics with potteries of Seoul-Kyeonggi and Daejeon-Chungnam provinces in chemical compositions of the body and the glaze. Wonnae-dong's celadons (B-1 and B-2) were classified as the group of Daejeon, Chungnam provincial potteries in chemical compositions of the body. It was difficult to distinguish the characteristic differences in the Buncheong data between the provinces with the Seger formula analysis and the PCA. Celadon from Yucheonri site showed the same characteristics with previous data reported. The results above demonstrated that it is reasonable to study the characterization of potteries and analogy of manufactured origin with a comparison for the chemical compositions of the body and the glaze of the potteries by using the Seger formula analysis and the PCA.

Key words: Principal Components Analysis, Goryeo celadon, Body composition, Glaze composition, Body trace element

1. 서론

토기와 도자기는 기와와 더불어 고대 유적을 중심으로 출토되고 있는 고고학적 자료 중 가장 많은 양을 차지하고 있다. 따라서 이들 도·토기 및 기와의 제작시기와 산지에 대한 정보는 고고학적으로 매우 중요한 자료가 된다. 근래에는 역사적으로 운영시기가 고증된 여러 유적과 요지에서 출토된 도·토기를 중심으로 다양한 자연과학적 접근방법을 통한 도자특성연구가 이루어지고 있다. 이러한 자연과학적 연구를 통한 자료의 축적은 고고학적으로 분류된 형태학적 자료와 더불어 제작시기와 산지가 불분명한 시료(미지시료)를 연구하는데 중요하게 이용될 수 있다. 특히, 주요산화물함량 및 미량원소함량과 이를 이용한 통계학적 분류는 도·토기의 종류와 산지를 연구하는 유용한 방법으로 주목받고 있다.¹⁻¹⁰ 그러나, 지표조사 등을 통해 수습된 미지시료에 대한 도자특성 및 산지에 대한 연구는 이제 시작단계로서, 그 결과가 아직 많지 않으며, 결과에 대한 타당성과 객관성의 정도 또한 확인하기 어려운 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 발표되어진 자료들을 취합하고 통계처리를 통한 비교분석으로 미지시료의 도자특성과 산지에 대한 정보의 유추를 시도하는 한편, 제작시기와 기법 등이 이

미 많은 부분 연구되어 왔고 산지가 명확한 시료(비교시료)를 동일한 방법으로 분석하고 분류함으로써 미지시료에 대해 유추되어진 정보의 객관성 정도를 확인하고자 하였다. 본 연구의 미지시료는 최근 대전광역시 유성구 원내동 일대의 개발에 따른 지표조사에서 수습된 9점의 각종 도자편(이하 원내동 시료라 함)이며, 비교시료는 전북 부안군 유천리 청자요지에서 수습된 청자편 11점(이하 시료 1hh라 함)이다. 부안의 유천리 요지는 이미 많은 학자들에 의한 연구로 제작시기와 기법이 많은 부분 규명되어져 있다.^{1,5,11,12} 시료 1hh는 유천리 요지의 사적비 위치에서 동쪽으로 약 250여 미터 떨어진 구릉에서 수습되었다. 두 시료군은 모두 XRF, ICP-MS, EPMA를 이용한 동일한 방법으로 주요산화물과 미량원소함량을 분석하였으며, 통계적인 분류를 위해 비교적 최근들어 도·토기 및 기와의 분류 연구에 많이 이용되어지고 있는 두가지 분류방법인 Seger식에 의한 분류와 주성분 분석법에 의한 분류를 병행하였다.

2. 실험

본 연구의 미지시료인 원내동시료는 도편의 종류에 따라 유약의 색과 두께에 많은 차이를 보였으며, 그릇의 안쪽과 바깥쪽의 유약두께도 많은

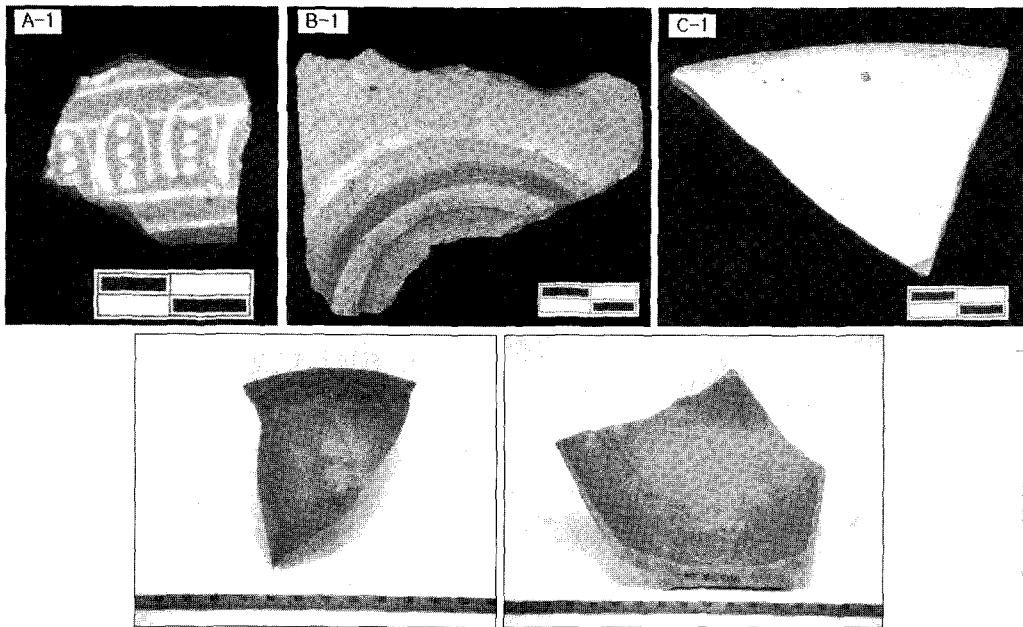


Fig. 1. Pictures of the pottery sherds.

차이를 보였다. 미지시료인 시료 lhh 중 YC-5, 6, 7은 시유가 한쪽 면만 되어있거나 불량하게 되어 있고 유약이 흘러내리거나 부글부글 끓은 것 같은 형태로 보아 어떠한 이유로 여러번 번조

되었던 것으로 추측된다. 시료 lhh의 태토는 모두 매우 조밀하고, 색 또한 모든 시편에서 매우 유사하여 상당히 정선된 원료를 사용한 것을 알 수 있었으며, 유약색에 있어서는 약간의 차이

Table 1. Body and glaze characteristics of Wonnae-dong potteries

Sample No.	Kind of fragments	Date	Decoration	Body		Glaze	
				Color	Texture	Color	Thickness (μm)
A-1		15-16C	Stamped	Gray	Medium Fine	Colorless	100-200
A-2		15-16C	Stamped	Gray	Medium Fine	Colorless	70-120
A-3	Buncheong	15-16C	Brush-painted White slip	Gray	Medium Fine	Colorless	70-200
A-4		15-16C	Iron Painted on Brush-painted White slip	Dark-Gray	Coarse	Colorless	100-200
A-5		15-16C	White slip	Light-Gray	Fine	Colorless	50-70
B-1	Celadon	11-12C	No Decoration	Light-Gray	Coarse	Grayish-Blue	400
B-2	Celadon	11-12C	No Decoration	Light-Gray	Fine	Grayish-Blue	200-300
C-1	Whiteware	15-16C	No Decoration	Beige	Medium Fine	Beige	50-100
C-2	Whiteware	17C	No Decoration	White	Fine	White	100-200

Date : The value is by guessing with shape and decoration.

Thickness : Average value of inner glaze and outer glaze (min. value - max. value).

Table 2. Body and Glaze Characteristics of Yucheon-ri Celadon

Sample No.	Kind of Celadon	Body		Glaze		
		Color CIE (L*, a*, b*) ¹	Texture	Crackled	Thickness (μm)	Color CIE (L*, a*, b*)
YC-1	Undecorated fragment	Light-Gray (67.05, +0.38, +4.78)	Fine	Finely Crackled	400-850 (630)	Brownish Green (50.34, +0.12, +12.96)
YC-2	Bowl with carved lotus petals	Light-Gray (60.41, +0.80, +1.87)	Fine	Finely Crackled	400-600 (500)	Green (53.59, -3.85, +9.13)
YC-3	Bowl with moulded decoration	Light-Gray (65.76, +0.57, +2.00)	Fine	Finely Crackled	400-500 (450)	Reddish Green (54.58, -1.80, +9.62)
YC-4	Base of vase (Maebyoung) with in laid decoration	Light-Gray (64.12, +0.37, +2.24)	Fine	Finely Crackled	200-300 (250)	Pale Green (59.83, +0.12, +11.27)
YC-5	Dish with moulded decoration	Light-Gray (62.76, +0.92, +1.33)	Fine	-	-	-
YC-6	Dish with moulded decoration	Light-Gray (61.74, +1.02, +1.62)	Fine	-	-	-
YC-7	Dish with moulded decoration	Light-Gray (68.35, +0.45, +4.52)	Fine	-	-	-
YC-8	Cover with carved lotus petals	Light-Gray (60.88, +0.60, +2.00)	Fine	Finely Crackled	300-500 (400)	Yellowish Green -
YC-9	Cover with carved lotus petals	Light-Gray (62.62, +0.13, +2.30)	Fine	Finely Crackled	300-600 (450)	Reddish Green (53.45, -0.69, +11.75)
YC-10	Dish with carved lotus petals	Light-Gray (62.00, +0.39, +1.83)	Fine	Finely Crackled	200-400 (300)	Green -
YC-11	Base of undecorated fragment	Light-Gray (62.62, +0.41, +1.72)	Fine	Finely Crackled	500-800 (650)	Green (56.27, -5.78, +7.30)

¹CIE (L*, a*, b*) is chromatic notation with CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) color system measured by colorimeter (Minolta CR-200) (significant figures are second decimal place).

Thickness : Inner glaze thickness - Outer glaze thickness (average).

를 보여주고 있다. 유약의 두께는 200 μm 에서 800 μm 정도로 시료의 안쪽과 바깥쪽, 위쪽과 아래쪽에서 많은 차이를 보이고 있다. 이들 시료의 가시적 특징은 Fig. 1과 Table 1, 2에 나타내었다.

시료의 분석을 위하여 XRF와 EPMA 및 ICP-MS를 이용하여 태토와 유약의 주요산화물분석과 태토중의 미량원소함량분석을 실시하였다. 또한 차후의 연구를 위하여 비교적 시편이 크고 측정이 양호한 유천리 청자 도편에 대하여 태토 및 유약 부분의 색도를 측정하였다.

태토의 주요산화물분석은 XRF(Shimadzu社,

MXF-2100)를 이용하여 50 kV, 100 mA의 조건에서 분석하였다. 시료는 다이아몬드 절단기로 유약부분을 제거한 뒤 태토만을 200 mesh 이하의 분말상태로 만들고, 105°C에서 건조한 후, 분말시료와 용융제(Lithium Tetraborate)를 1 : 5로 혼합하고, 백금 도가니에서 용융시켜, 원판형 disk의 형태로 만들어 측정하였다. 측정 결과는 Table 3에 보인다.

태토 중 미량성분함량의 분석은 ICP-MS를 이용하였으며, 유약층을 제거하고, 분말상태로 한 후, 105°C 에서 10시간 정도 건조하여 HF와 HCl, HNO₃, HClO₄를 이용하여 잔사를 완전히

Table 3. Body compositions of potteries

Sample No.	Oxide Concentration (wt%) ¹										Ig. loss	Total
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅		
A-1	70.92	19.11	3.01	0.50	0.74	0.86	0.89	0.89	0.04	0.34	0.34	99.66
A-2	69.90	20.16	3.16	0.45	0.79	0.53	0.81	0.81	0.06	0.18	0.18	99.68
A-3	70.80	19.24	3.15	0.40	0.74	0.49	0.79	0.79	0.05	0.18	0.18	99.69
A-4	66.81	20.75	4.67	0.87	0.89	1.31	0.85	0.85	0.07	0.15	0.15	99.61
A-5	68.30	20.48	3.11	0.47	0.74	2.46	0.82	0.82	0.04	0.09	0.09	99.68
B-1	70.09	20.21	3.08	0.61	0.71	0.74	0.71	0.71	0.05	0.07	0.07	99.7
B-2	66.73	23.70	3.08	0.26	0.50	0.94	0.51	0.51	0.03	0.37	0.37	99.68
C-1	83.96	10.23	1.11	0.33	2.71	<0.03	0.09	0.03	0.03	0.76	0.76	99.67
C-2	66.74	22.74	2.26	0.36	6.22	0.42	0.20	0.05	0.02	0.42	0.42	99.77
YC-1	73.83	17.76	2.28	0.61	0.70	2.84	0.66	0.96	0.02	0.04	0.09	99.79
YC-2	74.09	18.24	2.16	0.42	0.65	2.68	0.35	1.04	0.02	0.04	0.03	99.72
YC-3	74.06	18.58	1.82	0.45	0.56	2.83	0.52	0.98	0.01	0.02	0.31	100.14
YC-4	76.83	15.52	2.00	0.40	0.60	2.51	0.61	1.09	0.02	0.03	0.26	99.87
YC-5	72.58	18.68	2.34	0.55	0.75	2.67	0.76	0.99	0.02	0.03	0.30	99.67
YC-6	72.72	18.24	2.28	0.55	0.68	2.73	0.78	0.98	0.02	0.03	0.35	99.36
YC-7	73.68	18.44	2.02	0.43	0.66	2.57	0.58	0.97	0.02	0.03	0.38	99.78
YC-8	73.97	18.63	2.11	0.57	0.58	2.46	0.47	0.93	0.02	0.03	0.12	99.89
YC-9	75.01	17.36	1.84	0.41	0.64	2.70	0.65	0.96	0.02	0.03	0.25	99.87
YC-10	73.70	17.90	2.45	0.46	0.59	2.88	0.61	0.93	0.02	0.03	0.05	99.62
YC-11	72.84	19.07	1.99	0.42	0.53	3.09	0.73	0.89	0.02	0.03	0.19	99.8
Average ²	73.94	18.04	2.12	0.48	0.63	2.72	0.61	0.97	0.02	0.03	0.21	99.77
S/D ³	1.19	0.96	0.20	0.08	0.07	0.18	0.13	0.05	0.00	0.01	0.12	0.19

Fe₂O₃ : Total Fe.

Ig. loss : Loss of ignition.

¹Significant figures are second decimal place.

²Average of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

³Standard deviation of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

분해하고 탈이온수로 회석하여 측정하였다. 측정결과는 Table 4에 보인다.

유약층의 주요산화물분석은 EPMA(JEOL社 JXA-8900R)를 이용하여 15.0 kV, 10.26 mA의 조건에서 측정하였다. 시료는 1 cm×1 cm 정도의 일정한 크기로 단면을 절단하여 연마제(Al₂O₃ 및 Diamond paste)를 이용하여 연마하고, carbon coating한 후 측정하였다. 먼저 시료단면에 대한 반사전자상을 촬영하여 유약층을 확인하고, 확인된 유약층에 대하여 먼저 2~3개 지점을 정성분석 한 뒤 나타난 주요구성성분인 원소에 대하여 정량분석을 행하였다. 측정결과는 Table 5에 보인다. Fig. 4은 촬영된 반사전자상의 일부이다.

청자의 유약부분과 태토부분의 색도는 색도색

차계(Colorimeter : Minolta CR-200)를 이용하였고, 표준광원은 D₆₅를 이용하여 측정하였다. 본 유약의 색도 측정시에는 유약의 전체색을 대표할 수 있는 1~3개 지점을 지정하여 측정하고 평균하였다. 그러나, 도편의 굴곡과 문양 및 안팎의 유약두께 차이 등으로 인하여 정확한 측정이 곤란하여 측정치가 다소 오차를 포함하고 있다. 태토의 색도측정 시에는 유약부분을 제거하고, 태토면을 400 mesh의 연마제로 표면을 균일하고 광택 없이 연마한 후 측정하였다. 태토 역시 화기(火氣)의 작용 정도에 따라 굽부분 등의 색이 부분적으로 차이가 있었으나, 이러한 일부 다른 부분은 제외하고 전체적으로 일정한 색을 이루는 부분에 대하여 측정하였다. 측정결과는 Table 2에 보인다.

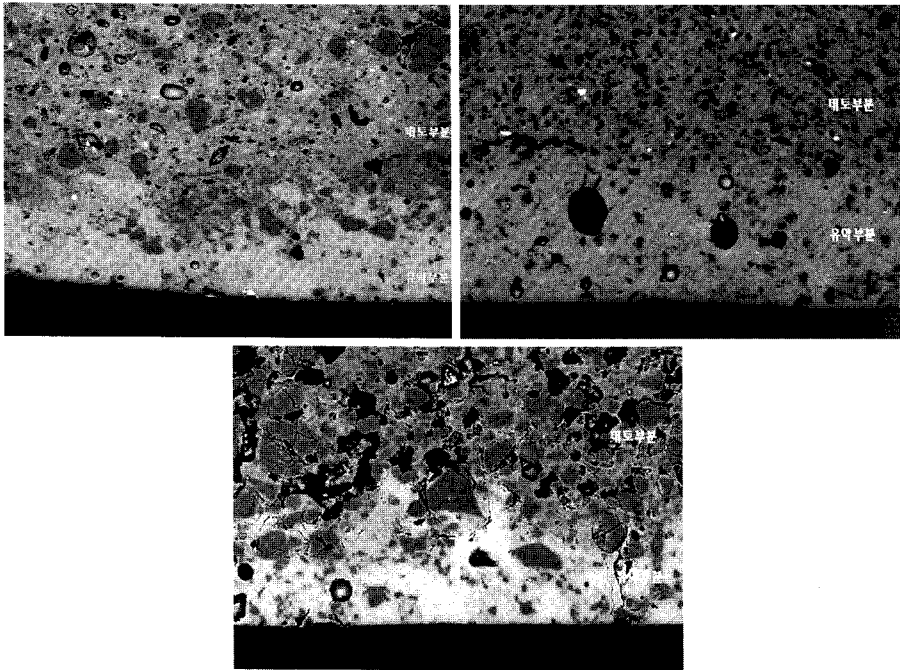


Fig. 2. Backscattered electron image.

3. 결과 및 고찰

3.1. 시료의 분류

분석된 시료는 총 436점의 도자편(청자, 분청, 백자)에 대한 기존의 문헌자료(Table 6, 7)와 본 연구에서의 대상시료를 Seger식에 의한 방법과 주성분분석법(PCA)에 의한 방법을 이용하여 분류하였다. Seger식은 도자기의 원료를 골격재료(산성산화물: RO₂)와 가소성재료(중성산화물 : R₂O₃) 및 용융제재료(염기성산화물 : R₂O + RO)로 분류하여 도자기재료의 화학적특성을 표현하는 방식으로 태토는 가소성을 가진 중성성분들의 몰 함량을 1로 하고, 이를 기준으로 염기성성분과 산성성분의 몰 비율로 표현하며, 유약은 염기성성분의 몰 함량을 1로 하고, 이를 기준으로 산성성분과 중성성분의 몰 비율로 표현한다.^{13,14,15} 주성분분석법(Principal components analysis of component analysis)은 요인분석(Factor Analysis)을 위한 요인추출방법의 하나로서, 수많은 변수들을 적은 수의 몇 가지 요인으로 묶어줌으로써 그 내용을 단순화하기 위한 목적으로 이용되

며,^{5,6,7} 일반적으로 관측된 요인의 선형결합으로 주어진다.^{16,17,18} 첫 번째의 주성분은 표본의 분산을 가장 많이 설명해주는 선형결합이며, 다음은 첫 번째 주성분과 무관하면서 분산을 가장 많이 설명해주는 것이다. 이러한 방식으로 차례로 주성분을 구할 수 있다.

주성분은 다음과 같은 식으로 주어지며,

$$F_k = \sum_{i=1}^n (W_{ki}Z_i) = W_{k1}Z_1 + W_{k2}Z_2 + \dots + W_{kn}Z_n$$

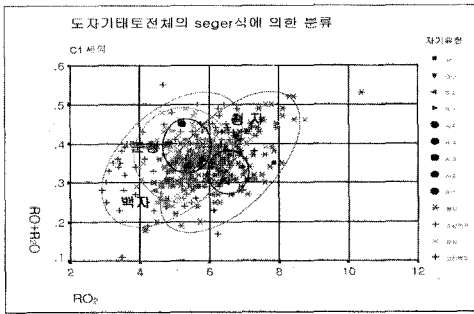
여기서 F_k 및 W_k는 각각 k번째 요인점수(주성분)와 k번째 요인점수계수를 나타낸다.

표준화된 변수값인 Z는 다음식으로 주어진다.

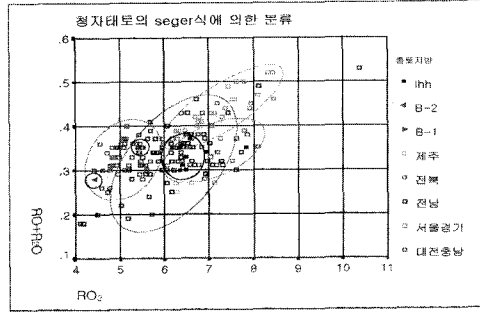
$$Z : \text{표준화된 변수값}(Z = \frac{X - \mu}{\sigma})$$

여기서 X, μ, σ는 변수값, 변수들의 평균 및 변수들의 표준편차를 나타낸다.

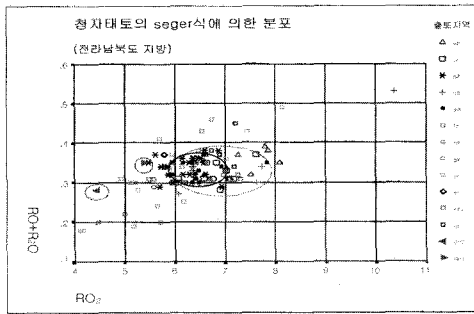
본 연구에서는 Seger식에 의한 세 구성요소의 분포를 태토와 유약에 대하여 관찰하고, 자기별, 지역별로 비교하였으며, 통계프로그램인 SPSS



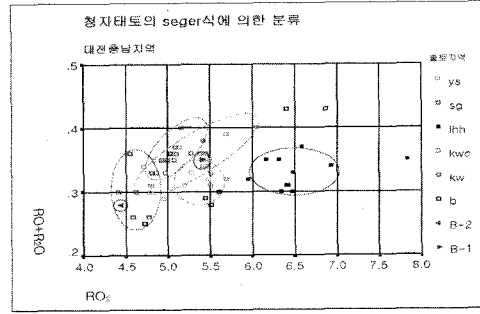
(a) Seger Distribution of All Potteries (except C-1)



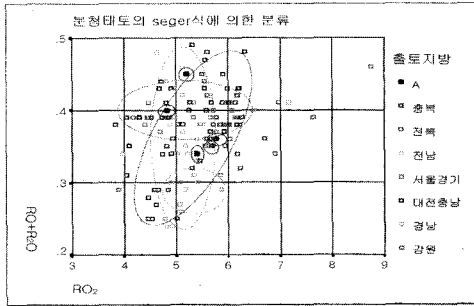
(b) Seger Distribution of Celadon



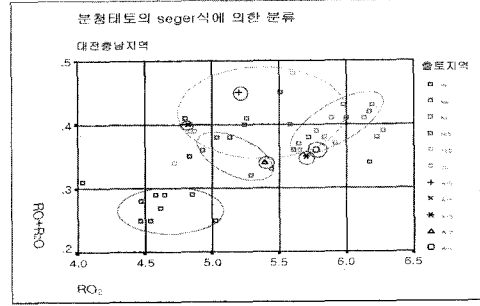
(c) Seger Distribution of Celadon from Jeolla-do



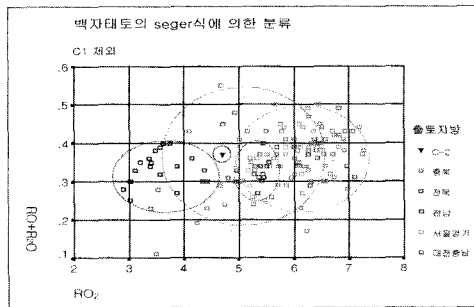
(d) Seger Distribution of Celadon from Daejeon-Chungnam



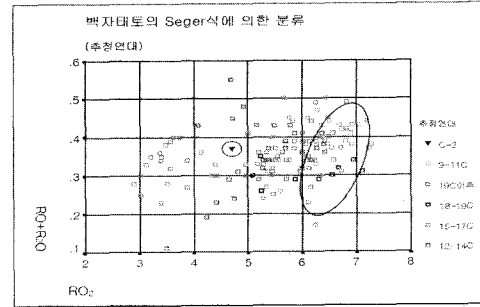
(e) Seger Distribution of Buncheong



(f) Seger Distribution of Buncheong from Daejeon-Chungnam



(g) Seger Distribution of Whiteware



(h) Seger Distribution of Period for Whiteware

Fig. 3. (a)-(h). Seger distribution of Pottery's body (unit of RO + R₂O and RO₂ is mole).

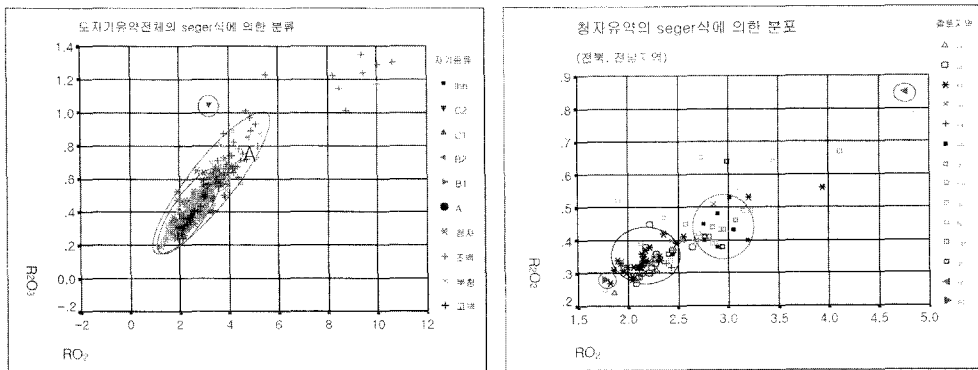
(Statistical Package for Social Science)를 이용하여 태토와 유약 및 도자기의 종류별, 지역별 주성분분석을 실시하고, 분석결과 얻어진 각각 2개의 주성분을 2차원으로 도시하여 도편들의 분포를 관찰하였다.

3.2. 태토의 Seger식에 의한 도자기 분류

Seger식에 의한 태토의 분류에서 취합된 문헌 자료의 대부분은 RO₂가 3~9 mole, RO + R₂O가 0.2~0.5 mole의 범위에 분포하며, C-1을 제외한 원내동시료와 시료 lhh의 도편도 이 범위안에 분포한다(Fig. 3(a)). C-1은 RO₂가 13.96 mole, RO + R₂O가 0.46 mole로 나타나 대부분의 도자기들과 구분되며, 매우 낮은 소성온도를 짐작케 한다. 각 도자기의 유형별분류에서 청자는 전남 지역을 제외한 대전·충남, 서울·경기, 전북지역의 도편들이 각 지역별로 밀집되는 경향을 보인다(Fig. 3(b)). 시료 lhh는 전북지역의 데이터 범위에 분포하여 원내동의 청자시료 B-1, B-2와는 구분된다. B-1과 B-2는 충남지역 데이터군과 함께 분포한다. 전라도지방내에서의 출토지별 구분은 거의 이루어지지 않았으나, 시료 lhh 11편의 분포위치가 기존의 유천리도편에 대한 자료들의 분포위치와 거의 일치한다(Fig. 3(c)). 이는 도자태토의 Seger식에 의한 분류가 청자의 산지구분에 어느 정도 기여할 수 있음을 시사한다. 대전·충남지방의 경우 명확하지는 않으나 출토지별로 약간의 군집이 관찰된다. B-2는 공주

시 사곡면 신영리 요지의 도편들이 밀집하는 범위에서, B-1은 보령용수리와 대전시 구완동 청자요지의 도편들이 밀집하는 범위에서 나타났다(Fig. 3(d)). 분청사기는 전지역에 걸쳐 특별한 지역적 특성이 나타나지 않고, 대부분의 도편들이 RO₂가 4~8 mole, RO + R₂O가 0.25~0.5 mole로 일정한 범위 안에 산재하여 분포함으로, Seger식에 의한 분류를 통한 지역구분이 어려웠다(Fig. 3(e)). 원내동의 분청시료가 대전·충남지역에서 수습된 점을 감안하여 대전·충남지역을 중심으로 도편의 분포를 살펴본 결과, 원내동 분청시료 A-1과 A-3는 비교적 높은 RO₂의 함량으로 밀집되는 공주의 가산리와 중흥리의 분청과 함께 분포하고, A-4와 A-5는 산만하게 분포하는 공주 학봉리의 도편들의 위치에 나타난다. A-2는 대전 구완동 분청들과 같이 분포하는 경향을 보이나, 출토지별 분포범위의 경계가 명확하지 않아 확실한 출토지 구분에는 무리가 있다고 판단된다(Fig. 3(f)). 원내동 백자시료 C-1은 모든 도편들과 분리되어 나타나므로 Fig. 3(g)에는 나타나지 않았다. C-2는 전남지역과 서울·경기 및 대전·충남지역의 중간정도에서 나타났다. 따라서 Fig. 3(g)의 결과만으로는 C-2가 딱히 어느 지역에 속하는지는 알 수 없다. 단지 Fig. 3(h)의 추정연대에 따른 분류에서 C-2가 고려백자와는 거리가 먼 곳에 위치하여 고려백자가 아니라는 추정이 가능할 뿐이다.

유약의 Seger식에 의한 분류에서 일부 충청지



(a) Seger Distribution of All Potteries

(b) Seger Distribution of Celadon Glazes from Jeolla-do

Fig. 4. (a)-(b). Seger distribution of pottery's glazes (unit of RO + R₂O and RO₂ is mole).

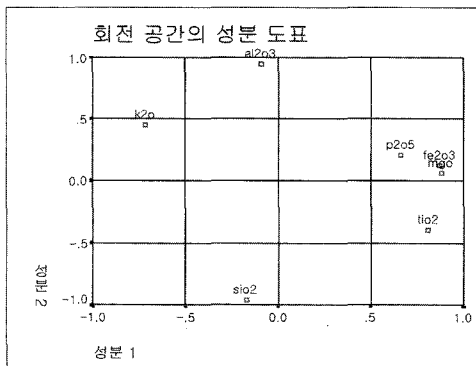
역의 조선백자를 제외한 대부분이 매우 좁은 범위에 밀집한다(Fig. 4(a)). 이는 대부분의 청자, 분청, 백자의 유약특성이 유사함을 시사하며, 유약은 모든 자기유형에 있어, 제작시 원료수비와 배합이 엄격했음을 짐작케한다. 이는 또한 유약의 특성에 따른 분류를 통하여 지역별 구분이 어려움을 시사한다. 대부분의 자료는 전반적으로 R_2O_3/RO_2 의 함량비가 0.15~0.2 정도의 기울기를 가지는 직선적 비례관계를 보인다. 또한 RO_2 와 R_2O_3 의 값은 고려백자와 고려청자 및 대부분의 분청이 조선백자보다 낮게 나타났다. 이는 유약에 있어 조선백자가 청자 및 고려백자나 분청보다 용융제의 함량이 적음을 나타내며, 이것으로 다른 도자기에 비해 높은 온도에서 소성되었음을 짐작케한다. C-2를 제외한 원내동 시료와 시료 lhh는 모두 A범위내에서 나타났다. C-2는 매우 큰 값의 R_2O_3/RO_2 비를 나타내면서 A군에 속하는 다른 대부분의 도편들과 구분되어 높은 소성온도를 짐작케한다. 각 도자기의 유형별 분류에서 청자와 분청, 백자 모두 지역별구분이 매우 어려웠다. 전라도지방의 청자데이터만의 분류에서 시료 lhh는 기존의 유천리자료와 조금 떨어져 나타났다(Fig. 4(b)).

3.3. 태토의 주요산화물에 대한 주성분분석

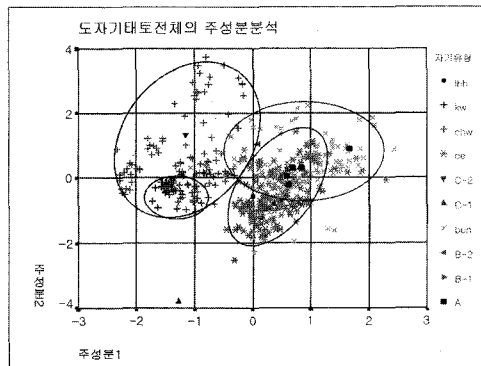
태토와 유약의 주요구성산화물을 변수로 주성분분석을 실시하고, 분석결과 공통성(Communality)이 낮다고 판단되는 변수를 제외하고 남은 변수들로 재분석을 실시하여 분포를 관찰하였다. 공통성은 각 변수가 추출된 주성분에 의해 설명되는 비율을 나타내는 값으로, 공통성이 낮은 변수는 요인분석에서 제외함이 좋다. 일반적으로 0.4 이하이면 낮다고 판정한다.^{17,18} 회전된 공간상의 성분도표는 추출된 2개의 요인이 2축을 이루고, 요인분석의 대상이 되는 변수들이 각각 공간에 자리잡고 있는 것을 나타내며, 전체 태토에 대한 주성분분석에서 실제 요인 1에 대한 각 케이스(개개 도자편)별 요인점수는

$$\begin{aligned} \text{요인점수} = & (-0.090 \cdot \text{SiO}_2) + (0.007 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) \\ & + (0.282 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.282 \cdot \text{MgO}) \\ & + (-0.211 \cdot \text{K}_2\text{O}) + (0.242 \cdot \text{TiO}_2) \\ & + (0.218 \cdot \text{P}_2\text{O}_5) \end{aligned}$$

와 같이 계산되며, 분포도 Fig. 5(b)는 요인(주성분)1과 2를 각각 X축과 Y축으로 하는 평면상에 각 케이스별 요인점수를 도시한 것으로, 도자편들이 자기유형별로 어떻게 분포하는가를 보여주



(a) Loading Plot of Component 1,2



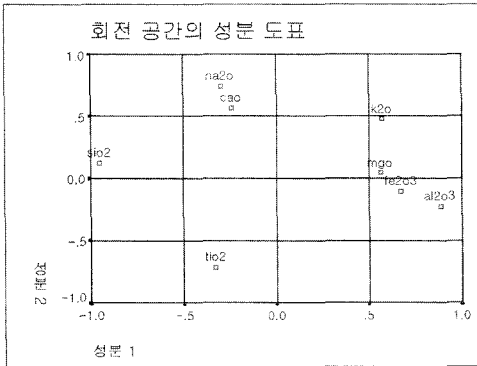
(b) Principle Component Analysis of

All Potteries (lhh: Wonnae-dong Potteries, kw: Goryeo Whiteware, chw: Joseon Whiteware, ce: Celadon, bun: Buncheong)

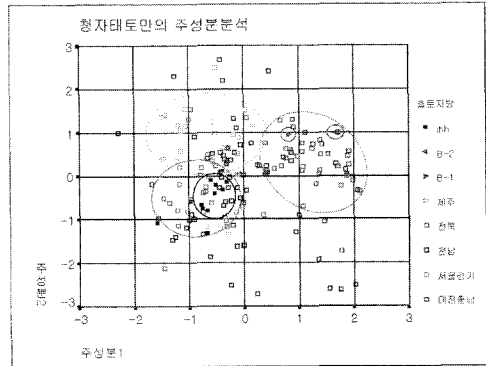
Fig. 5. (a)~(b). Principle component analysis of major composition of analyzed body (KMO-measure : 0.634, Cumulative Variance : 77.437%, Factor Score 1 = $(-0.090 \cdot \text{SiO}_2) + (0.007 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (0.282 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.282 \cdot \text{MgO}) + (-0.211 \cdot \text{K}_2\text{O}) + (0.242 \cdot \text{TiO}_2) + (0.218 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$, Factor Score 2 = $(-0.440 \cdot \text{SiO}_2) + (0.423 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (0.087 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.061 \cdot \text{MgO}) + (-0.176 \cdot \text{K}_2\text{O}) + (-0.149 \cdot \text{TiO}_2) + (0.118 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$).

고 있다. 분포도 Fig. 5(b)에서 Seger식에 의한 분류에서는 명확히 구분되지 않던 자기유형별 분포가 어느정도 구분되어 나타났다. 회전공간의 성분도표(Fig. 5(a))와 분포도(Fig. 5(b))의 비교에서, 백자는 상대적으로 높은 K_2O 값으로, 상대적으로 높은 Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 , P_2O_5 값을 가지는 분청 및 청자와 구분되어 분포하며, 청자는 분청보다 상대적으로 높은 SiO_2 와 낮은 Al_2O_3 의 값을 보이며 분포한다. 고려백자는 조선백자들이 분포하는 군에 포함되어 분포하나 낮은 Al_2O_3 를 나타내며 조선백자들에 비해 매우 좁은 범위에 군집한다. 전체적으로 분청과 조선백자는 고려청자나 고려백자에 비해 상대적으로

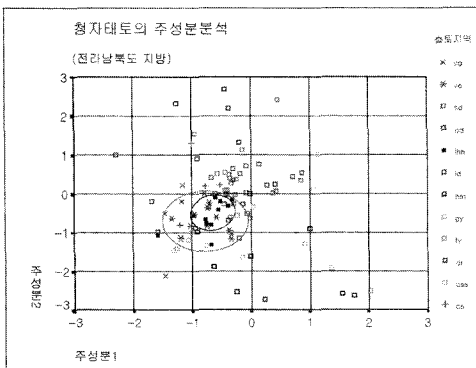
Al_2O_3 가 높아 소성온도가 높음을 추측할 수 있으며, 청자와 분청은 태토의 착색에 영향을 주는 산화물인 Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 의 함량이 백자에 비해 높게 나타나는 것을 볼 수 있다. 원내동의 분청시료 A-1~A-5는 전체 분청사기들의 분포군에서 나타나며, 청자시료 B-1, B-2는 전체 청자들의 분포군에서 크게 벗어나지 않고 분포하나, 비교적 높은 Al_2O_3 의 함량으로, 매우 좁은 범위에 밀집되어 나타나는 시료 1hh와는 구분되어 나타난다. 원내동의 백자시료 C-1은 Seger식에 의한 분포에서와 마찬가지로 전체 도편들의 분포 위치에서 크게 벗어나 따로 떨어져 나타났다. 이로서 C-1은 태토의 구성에 있어 전반적인 대부



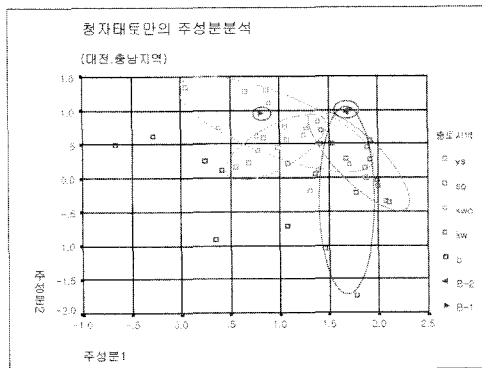
(a) Loading Plot of Component 1, 2



(b) Principle Component Analysis of Celadon



(c) Principle Component Analysis of Celadon from Jeolla-do



(d) Principle Component Analysis of Celadon from Daejeon-Chungnam

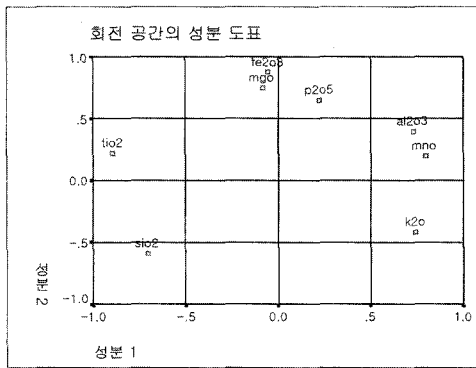
Fig. 6. (a)~(d). Principle component analysis of celadon body (KMO-measure : 0.548, Cumulative Variance : 59.167%, Factor Score 1 = $(-0.310 \cdot SiO_2) + (0.287 \cdot Al_2O_3) + (0.219 \cdot Fe_2O_3) + (-0.056 \cdot CaO) + (0.190 \cdot MgO) + (0.209 \cdot K_2O) + (-0.067 \cdot Na_2O) + (-0.137 \cdot TiO_2)$, Factor Score 2 = $(0.034 \cdot SiO_2) + (-0.100 \cdot Al_2O_3) + (-0.036 \cdot Fe_2O_3) + (0.327 \cdot CaO) + (0.048 \cdot MgO) + (0.307 \cdot K_2O) + (-0.430 \cdot Na_2O) + (-0.440 \cdot TiO_2)$).

분의 우리나라 도자기들과 매우 다름을 알수 있다. 반면 C-2는 태토의 Seger식에 의한 분류에서와 같이 백자들의 분포군 안에 위치하였다.

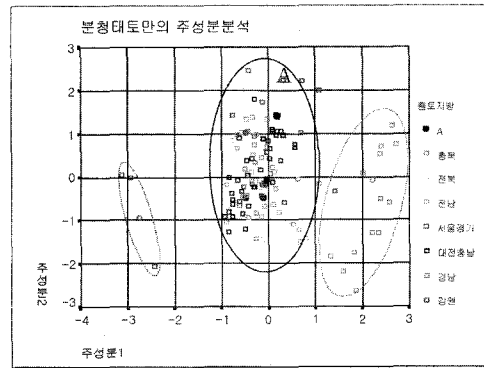
각 도자기의 유형별 분류에서 청자는 전남을 제외한 지방별 군집이 관찰된다(Fig. 6(a), (b)). 서울·경기와 전북지방은 상대적으로 높은 SiO₂ 함량으로 대전·충남지방과 구분되며, 또 서울·경기지방은 상대적으로 높은 Na₂O와 CaO 함량으로 전북지방과 구분된다. 전라도만의 분류에서는 각 요지별로 약간의 군집이 나타나며(Fig. 6(C)), 시료 lh는 유천리 청자의 자료들과 같은 위치에서 분포하여 청자태토의 주요산화물함량이 각 지방별로 특색을 내포하고 있다고 판단된다. 원내동의 청자시료 B-1과 B-2는 비교적 가

장 명확히 구분되는 대전·충남지방의 청자군에서 나타났다(Fig. 6(b)). 이는 Seger식에 의한 분류결과와 함께 B-1과 B-2의 산지가 대전·충남지방일 가능성을 시사한다. 대전·충남지방의 청자들만을 대상으로 한 분포도에서 출토지별 구분은 명확하지 않으나, 대체적으로 B-1은 대전 구원동 청자요지의 분포위치에서 나타나며, B-2는 공주 신영리와 대전 구원동 분청요지의 분포위치에서 나타났다(Fig. 6(d)). 이는 태토의 Seger식에 의한 분류의 결과와 일치한다. 그러나 전반적으로 요지별 구분이 명확하지 않아 확실한 요지별 구분은 무리라고 생각된다.

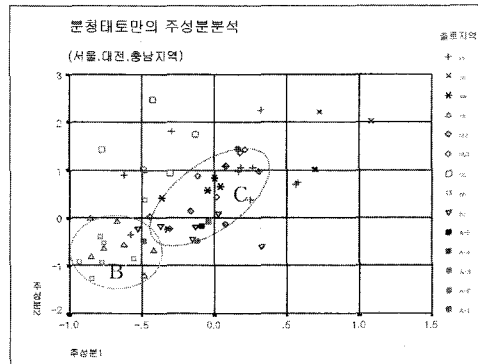
분청의 지방별 분류에서는 충북지방의 자료들이 상대적으로 높은 Al₂O₃, MnO, K₂O의 함량으



(a) Loading Plot of Component 1, 2



(b) Principle Component Analysis of Buncheong

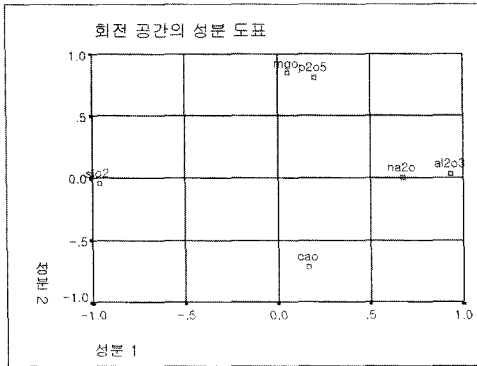


(c) Principle Component Analysis of Buncheong from Seoul, Daejeon-Chungnam

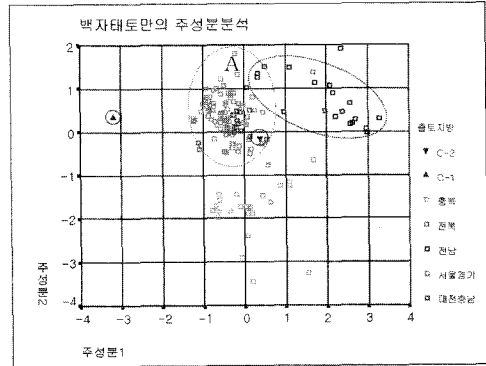
Fig. 7. (a)-(c). Principle component analysis of buncheong body (KMO-measure : 0.669, Cumulative Variance : 69.986%, Factor Score 1 = $(-0.203 \cdot \text{SiO}_2) + (0.222 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (-0.067 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (-0.066 \cdot \text{MgO}) + (0.268 \cdot \text{K}_2\text{O}) + (-0.308 \cdot \text{TiO}_2) + (0.255 \cdot \text{MnO}) + (0.040 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$, Factor Score 2 = $(-0.203 \cdot \text{SiO}_2) + (0.123 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (0.356 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.307 \cdot \text{MgO}) + (-0.209 \cdot \text{K}_2\text{O}) + (0.136 \cdot \text{TiO}_2) + (0.040 \cdot \text{MnO}) + (0.251 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$).

로 다른 지방의 자료들과 분리되어 나타나며, 강릉지방의 자료들 또한 상대적으로 높은 SiO₂의 함량으로 다른 지방들과 분리된다(Fig. 7(a), (b)). 충북과 강릉을 제외한 나머지 지역은 Seger식에 의한 분류에서와 같이 모두 한 지역에 집중되어 지방별로 분류되지 않았다. 원내동의 분청시료 A-1~A-5는 모두 충북과 강릉지방의 도편을 제외한 나머지 지방의 도편들이 군집하는 A군에 포함되어 나타나, 지역구분이 어려웠다. 시료의 수습위치를 감안하여 대전·충남 지방을 중심으로 분류한 결과 출토지역별로 약간의 군집이 관찰되었다(Fig. 7(c)). 먼저 공주의 증흥리와 가산리가 같은 위치에 분포(B군)하며, 대전 구완

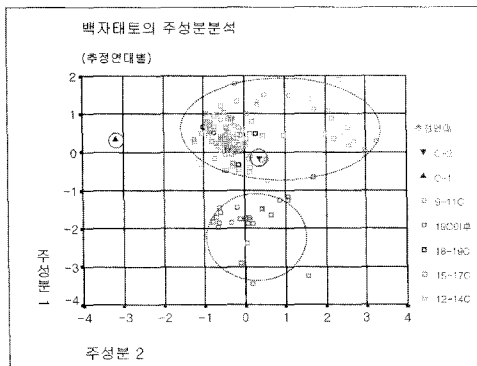
동 분청요지와 공주학봉리 요지의 도편들이 겹쳐져서 비교적 넓은 범위에서 분포한다. 보령의 용수리 데이터는 가산리와 증흥리를 제외한 전 범위에 걸쳐 매우 산만하게 분포한다. 이러한 분포는 Seger식에 의한 결과와 상통한다. 원내동의 분청시료 A-1은 공주의 가산리와 증흥리의 밀집한 B군에 위치하며, A-2, A-3, A-5의 경우는 학봉리와 구완동의 도편들이 밀집한 C군에 속하여 나타났으며, A-4는 학봉리 3호와 용수리의 도편이 군집하는 위치에서 나타났다. 그러나 역시 요지별 명확한 분리가 이루어지지 않았고, 더군다나 충남지방의 도편분포 자체도 타 지방과 구분이 어려운 점을 상기해 보면, 분청의 태토는



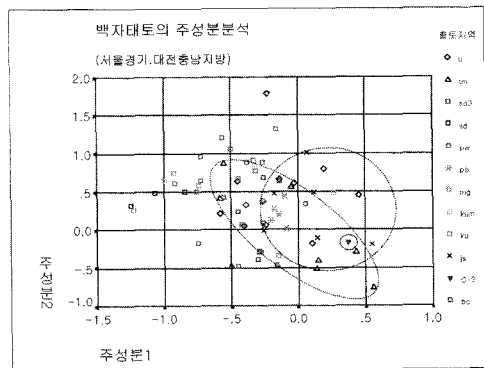
(a) Loading Plot of Component 1, 2



(b) Principle Component Analysis of Whiteware



(c) Principle Component Analysis of Whiteware(Period)



(d) Principle Component Analysis of Whiteware from Seoul, Daejeon-Chungnam

Fig. 8. (a)~(d). Principle component analysis of whiteware body (KMO-measure : 0.569, Cumulative Variance : 70.397%, Factor Score 1 = (-0.413 · SiO₂) + (0.402 · Al₂O₃) + (0.098 · CaO) + (-0.007 · MgO) + (0.291 · Na₂O) + (0.055 · P₂O₅), Factor Score 2 = (0.012 · SiO₂) + (-0.020 · Al₂O₃) + (-0.388 · CaO) + (0.449 · MgO) + (-0.024 · Na₂O) + (0.246 · P₂O₅)).

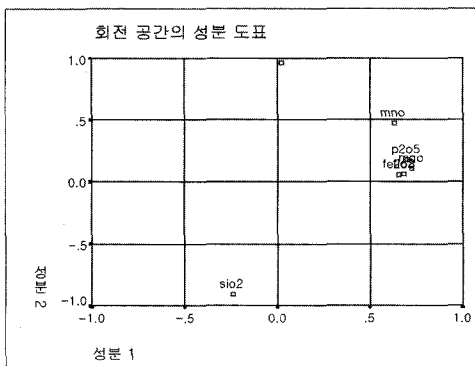
주요산화물함량에 있어 지방 및 요지에 따라 두드러진 특색이 없음을 짐작할 수 있다. 이렇게 청자나 백자보다 분청의 경우 제작지방별 분류가 두드러지지 않는 현상으로부터, 도자기의 태토중 주요산화물의 함량은 채취 원료의 지질학적 특성보다는 원료의 배합과 수비의 차이에서 원인됨을 짐작할 수 있다. 이러한 사실을 인정한다면, 청자나 백자에 비해 각지에서 산발적으로 자유롭게 생산되었던 분청사기의 경우 각 지방별 분류가 어려운 것은 어쩌면 당연한 현상이라 할 수 있다. 또한 지방별 분류가 매우 어려운 것에 비해, 한 지방내에서의 지역별 분류가 어느 정도 나타나는 현상은 앞서 언급한 원인의 타당성을 뒷받침한다.

백자는 지방별로 매우 뚜렷하게 구분되어 나타났다(Fig. 8(a),(b)). 추정연대별 분류에서 충북 지방의 도편들은 대부분 19C 후반으로 추정되는 충주 미륵리의 청화 및 철화백자임을 알 수 있다(Fig. 8(c)). 원내동의 백자시료 C-2는 서울·경기지방과 대전·충남지방의 도편들이 분포하는 A군에 위치한다. 또한 전체 태토의 주성분 분석결과(Fig. 5(b))로부터 C-2가 고려백자가 아닌 조선백자라는 것을 알 수 있었다. 좀더 세밀한 관찰을 위하여 조선백자에 대하여 서울·경기 및 대전·충남 지방을 중심으로 분류해본 결과

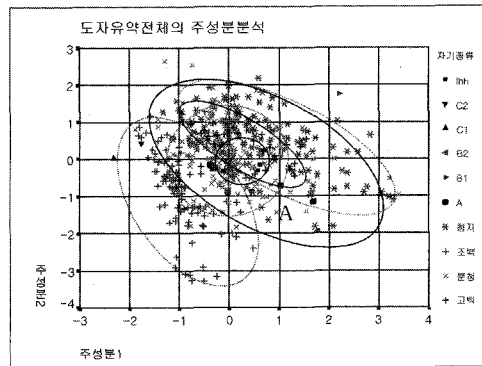
C-2가 대전의 정생동이나 경기도의 광주시 도마리 지역과 유사한 위치에서 나타남을 볼 수 있다(Fig. 8(d)). 그러나 역시 명확한 지역구분에는 어려움이 있다. C-1은 이미 앞서의 여러 분석결과로부터 매우 상이한 특성이 확인되어 다시 고려하지 않았다.

3.4. 유약의 주요산화물에 대한 주성분분석

전체 유약에 대한 자기유형별 분포를 보면, 태토에서는 태토의 착색에 영향을 미치는 TiO₂, Fe₂O₃, P₂O₅ 등의 함량차로 백자가 백자이외의 자기류와 구분된 반면, 유약에서는 조선백자가 상대적으로 높은 SiO₂ 함량과 낮은 TiO₂, MnO, Fe₂O₃, P₂O₅의 함량으로 고려백자 및 청자와 구분되어진다. 여기서 산화물 TiO₂, MnO, Fe₂O₃, P₂O₅ 등은 모두 유약의 착색에 영향을 미치는 성분으로서, 고려시대에서 조선시대로 갈수록 유약중 착색원료의 함량이 낮아지는 것을 관찰할 수 있다(Fig. 9(a), (b)). 분청과 청자 및 고려백자는 명확히 구분되지 않고 함께 겹쳐져서 A군에 분포한다. 원내동의 분청시료와 시료 1hh는 A군에 속하여 위치하며, 원내동의 분청시료 A-1~A-5에 대한 Seger식과 주성분분석에 의한 태토 및 유약의 분류결과를 종합해 보면, 시료 A-1, A-2, A-3, A-4, A-5는 모두 주요산화물함



(a) Loading Plot of Component 1, 2



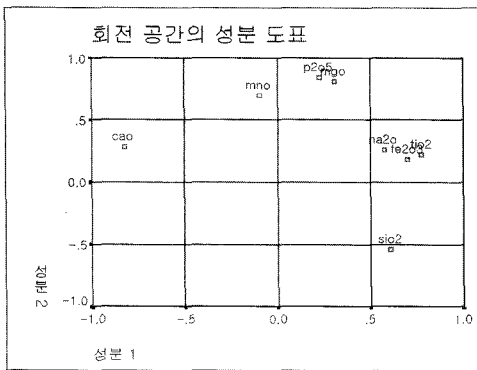
(b) Principle Component Analysis of Potteries

Fig. 9. (a), (b). Principle component analysis of all Pottery's glaze (KMO-measure : 0.653, Cumulative Variance : 62.730%, Factor Score 1 = (0.063 · SiO₂) + (0.312 · Fe₂O₃) + (-0.180 · CaO) + (0.336 · MgO) + (0.324 · TiO₂) + (0.215 · MnO) + (0.307 · P₂O₅), Factor Score 2 = (-0.474 · SiO₂) + (-0.101 · Fe₂O₃) + (0.548 · CaO) + (-0.081 · MgO) + (-0.100 · TiO₂) + (0.147 · MnO) + (-0.037 · P₂O₅)).

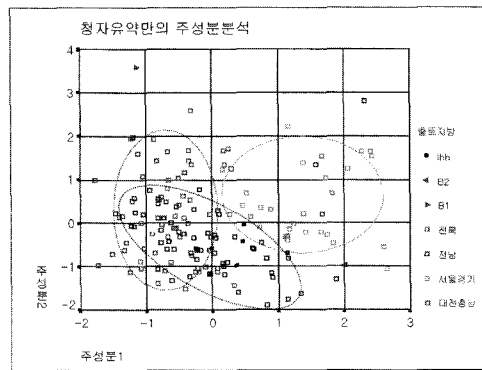
량에 있어 우리나라의 일반적인 분청사기가 가지는 태토 및 유약의 특성에서 벗어나지 않고 있음을 알 수 있었다. 원내동의 청자시료 B-1과 B-2는 A군에서 약간 벗어나는 경향을 보이며, B-1은 상대적으로 높은 MnO, P₂O₅, Fe₂O₃, MgO 함량으로 B-2와 구분되어진다. B-1, B-2에 대한 Seger식 및 주성분분석에 의한 분류결과를 종합해보면, 태토의 분류에서는 고려청자들의 군에 잘 포함되어 분류되나, 유약의 분류에서는 고려청자들의 분포군에서 약간씩 벗어난 위치에서 나타났다. 원내동의 백자시료 C-1은 조선백자군에서 약간 벗어난 위치에 분포하는 것을 볼 수 있는데, 이는 태토의 Seger식에 의한 분류 및 태토의 주성분분석에서의 분류와 일치하는 결과

로 C-1은 본 분석에 이용되어진 436편의 각종도편과 태토 및 유약의 주요산화물함량에 있어 매우 다름을 명확히 보여준다. 반면, C-2는 조선백자들의 군에 속하여 나타났다. C-2에 대한 결과를 종합해보면 Seger식에 의한 유약의 분류 결과를 제외한, 태토의 Seger식에 의한 분류 및 주성분분석에 의한 분류에서 모두 조선백자의 분포범위에 위치하여 조선시대의 백자임을 알 수 있다.

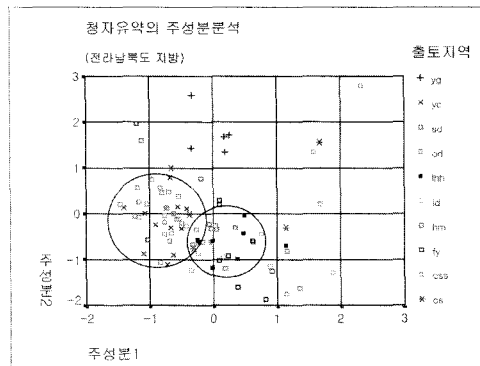
청자는 지방별로 약간의 군집을 보인다. 서울·경기지방의 도편들은 비교적 높은 Na₂O, Fe₂O₃, TiO₂의 함량으로 다른 지방의 도편들과 구분되어 분포하며, 대전·충남지방과 전북지방은 함께 겹쳐져서 분포한다(Fig. 10(a), (b)). 전



(a) Loading Plot of Component 1, 2



(b) Principle Component Analysis of Celadon



(c) Principle Component Analysis of Celadon from Jeolla-do

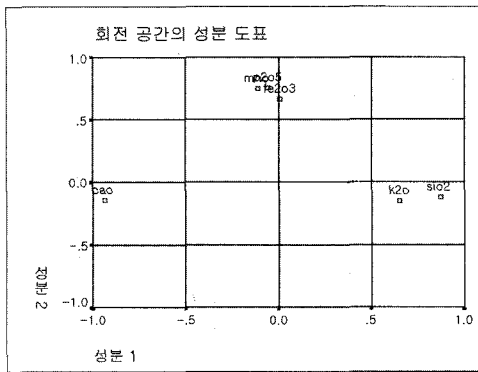
Fig. 10. (a)~(c). Principle component analysis of celadon glaze (KMO-measure : 0.613, Cumulative Variance : 62.315%, Factor Score 1 = (0.258 · SiO₂) + (0.262 · Fe₂O₃) + (-0.329 · CaO) + (0.084 · MgO) + (0.211 · Na₂O) + (0.288 · TiO₂) + (-0.067 · MnO) + (0.052 · P₂O₅), Factor Score 2 = (-0.257 · SiO₂) + (0.049 · Fe₂O₃) + (-0.156 · CaO) + (0.334 · MgO) + (0.086 · Na₂O) + (0.062 · TiO₂) + (-0.302 · MnO) + (0.350 · P₂O₅)).

남지방의 도편들은 일부는 대전·충남 및 전북 지방의 도편들과 겹쳐지고, 일부는 보다 낮은 MnO, P₂O₅, MgO의 함량으로 다른 지방도편들과 구분되면서 넓게 분포한다. 전라도지방만의 분류에서 시료 1lh는 기존의 유천리 자료들과 약간 다른 위치에서 밀집되어 나타난다(Fig. 10(c)). 원내동 청자시료 B-1은 비교적 높은 CaO, MnO의 함량으로 대전·충남 지방의 청자들이 밀집한 군에서 좀 벗어난 위치에 존재하며, B-2는 비교적 높은 SiO₂를 나타내며 서울·경기 지방의 청자들이 밀집한 군에서 조금 벗어난 위치에 존재하여 서로 매우 다른 위치에서 나타났다. 이는 유약의 Seger식에 의한 분포에서와 같은 결

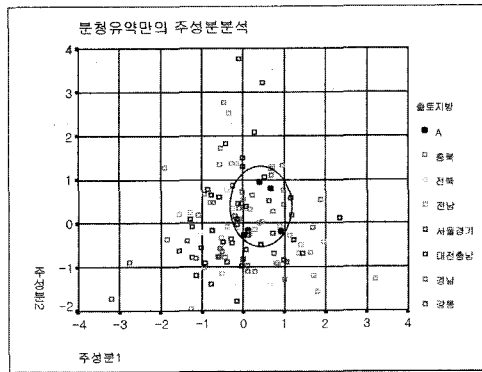
과이다.

분청 유약의 지방별 분류에서는 출토지별 구분이 전혀 이루어지지 않고 비교적 한곳에 집중되어 나타났다(Fig. 11(b)). 원내동의 분청 시료 A-1~A-5도 이들 분청들이 집중되는 영역에 위치하여 나타났다. 다시 대전·충남 지역의 분포도에서 전체 대전·충남 지역들간에도 뚜렷한 구분이 없이 분포하고 있어 유약의 주성분 분석법을 통한 지역구분은 사실상 불가능함을 알았다(Fig. 11(c)).

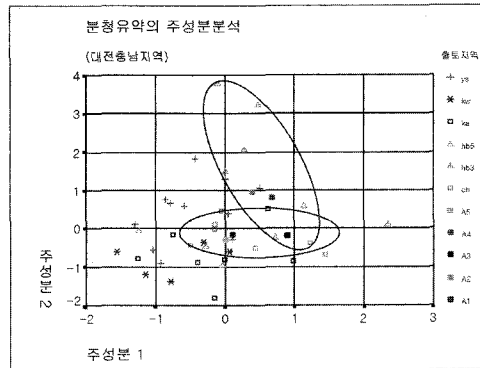
백자의 지방별 분류에서 고려백자는 상대적으로 높은 MnO, CaO, TiO₂, P₂O₅ 함량으로 조선백자와 확연히 구분된다(Fig. 12(c)). 또한 지역



(a) Loading Plot of Component 1, 2

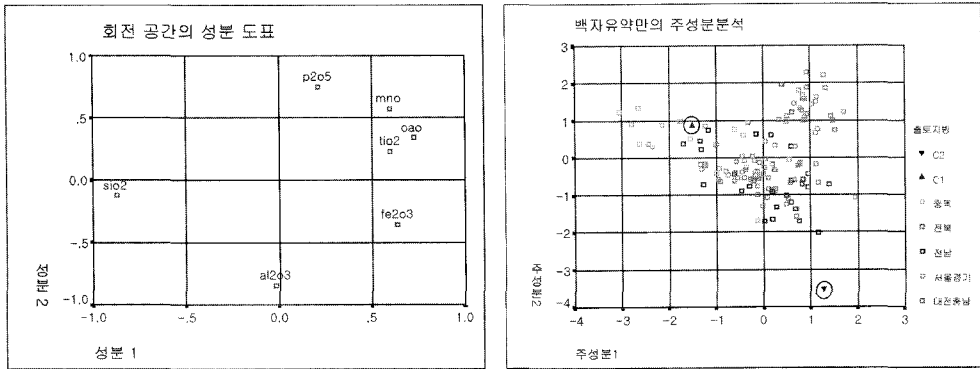


(b) Principle Component Analysis of Buncheong



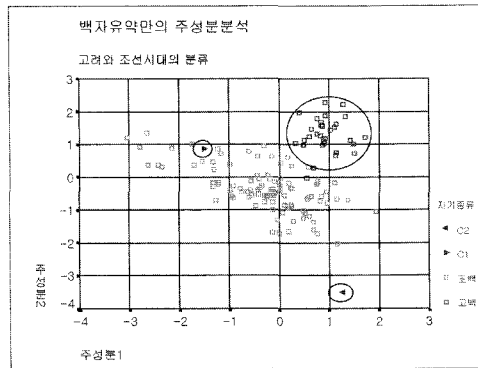
(c) Principle Component Analysis of Buncheong from Daejeon-Chungnam

Fig. 11. (a)~(c). Principle component analysis of buncheong glaze (KMO-measure : 0.468, Cumulative Variance : 61.757%, Factor Score 1 = (0.417 · SiO₂) + (0.041 · Fe₂O₃) + (-0.464 · CaO) + (0.309 · K₂O) + (-0.012 · MnO) + (0.015 · P₂O₅), Factor Score 2 = (-0.027 · SiO₂) + (0.414 · Fe₂O₃) + (-0.143 · CaO) + (-0.059 · K₂O) + (0.456 · MnO) + (0.464 · P₂O₅)).



(a) Loading Plot of Component 1,2

(b) Principle Component Analysis of Whiteware



(c) Distribution of Whiteware According to Period

Fig. 12. (a)~(c) Principle component analysis of whiteware (KMO-measure : 0.484, Cumulative Variance : 62.322%, Factor Score 1 = $(-0.386 \cdot \text{SiO}_2) + (0.155 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (0.367 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.275 \cdot \text{CaO}) + (0.236 \cdot \text{TiO}_2) + (0.171 \cdot \text{MnO}) + (-0.043 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$, Factor Score 2 = $(-0.092 \cdot \text{SiO}_2) + (-0.506 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + (-0.336 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) + (0.065 \cdot \text{CaO}) + (0.022 \cdot \text{TiO}_2) + (0.229 \cdot \text{MnO}) + (0.407 \cdot \text{P}_2\text{O}_5)$).

별로 뚜렷하지는 않으나 약간의 구분이 나타났다(Fig. 12(a), (b)). 태토의 결과에서와 같이 대전·충남지방의 백자는 서울·경기지방 백자의 넓은 범위안에 포함되어 분포하고, 충북지방과 전남지방의 백자는 서울·경기지방의 백자와 뚜렷이 구분되지 않고 겹쳐져서 분포한다(Fig. 12(b)). 원내동의 백자 시료 C-1은 태토에서의 결과와는 달리 충북지방 백자들의 분포범위에서 나타나고, C-2는 따로 떨어져서 나타났다.

3.5. 태토 중 미량성분에 대한 주성분분석

기존의 자료중 ICP-AES 및 ICP-MS를 이용하여 분석한 61점의 토기·도자기에 대한 자료를 분류에 이용하였다. 이 자료는 주로 전남지역에

국한된 자료로서 본 연구에서 분석한 17개의 원소중 이들 자료의 분석원소와 일치하는 8개의 미량원소(Y, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Dy, Yb)에 대하여 주성분분석을 실시하였다. Fig. 13(b)에서 도편들의 분포가 지역별로 구분이 뚜렷하지 않고 겹쳐져서 나타나기는 하나, 각 지역별로는 상당히 군집하는 것으로 보아 이러한 분포도가 어느 정도 산지에 대한 정보를 내포하고 있음을 알 수 있다. 원내동의 시료들은 전라도지방의 도편들과 멀리 분리되어 넓게 분포한다. 특히 백자의 경우는 이러한 현상이 두드러지게 나타난다. 원내동의 분청과 청자는 넓기는 하나 비슷한 지역에 군집하여 나타났다. 시료 1hh는 기존의 유천리 자료들의 군과는 약간 분리된 위치에

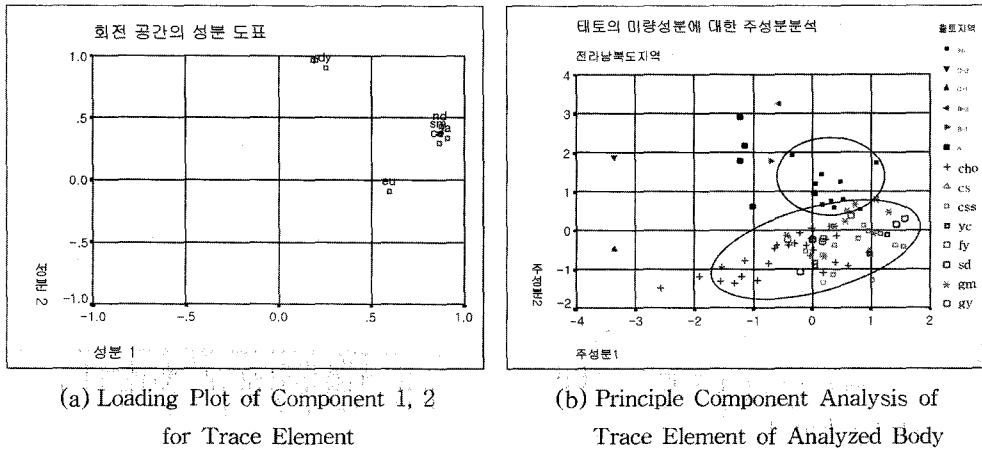


Fig. 13. (a), (b). Principle component analysis of trace element of analyzed body (KMO-measure : 0.750, Cumulative Variance : 85.142%, Factor Score 1 = (0.255 · Sm) + (0.272 · Ce) + (-0.142 · Yb) + (0.280 · La) + (0.254 · Eu) + (-0.099 · Dy) + (-0.133 · Y) + (0.246 · Nd), Factor Score 2 = (-0.028 · Sm) + (-0.061 · Ce) + (0.382 · Yb) + (-0.055 · La) + (-0.172 · Eu) + (0.337 · Dy) + (0.374 · Y) + (-0.004 · Nd).

Table 4. Trace element concentration (ppm) of Potteries

E ¹ No. ²	Y La Ce Pr Nd Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu Th U																
	A-1	48.60	59.30	113.00	12.00	47.90	7.93	1.42	7.15	1.58	6.38	1.21	3.87	0.50	3.46	0.43	16.00
A-2	53.00	44.30	91.10	9.69	40.40	7.37	1.11	6.20	1.53	6.81	1.32	4.32	0.61	4.13	1.53	18.30	5.11
A-3	65.30	48.30	98.90	10.40	43.60	8.47	1.08	7.14	1.89	8.29	1.58	5.29	0.72	5.02	0.64	17.60	5.29
A-4	43.20	45.90	91.20	9.33	37.00	6.33	1.10	5.26	1.27	5.39	1.02	3.22	0.43	3.03	0.37	14.50	10.60
A-5	57.80	45.80	110.00	9.77	40.70	7.42	1.02	6.68	1.67	7.40	1.44	4.63	0.64	4.35	0.52	18.30	4.03
B-1	54.30	54.70	86.10	11.60	46.70	8.53	1.18	7.01	1.67	7.28	1.35	4.40	0.59	3.99	0.52	15.60	6.08
B-2	70.10	62.10	91.90	13.80	55.70	10.80	0.95	8.66	2.12	9.10	1.71	5.44	0.74	5.02	0.60	26.50	6.50
C-1	22.30	17.00	24.50	3.66	15.00	3.19	0.23	2.71	0.71	3.05	0.60	2.01	0.28	1.78	0.23	12.90	2.11
C-2	49.10	21.50	45.90	5.13	21.30	4.99	0.40	5.11	1.28	6.11	1.21	4.03	0.55	3.74	0.47	21.20	3.58
YC-1	51.50	58.80	120.00	12.50	49.30	8.13	1.38	6.09	1.53	6.08	1.25	3.53	0.49	3.95	0.48	19.30	6.87
YC-2	47.00	58.10	125.00	12.20	50.70	7.51	1.28	6.12	1.34	5.23	1.06	3.24	0.43	3.47	0.38	19.70	4.62
YC-3	48.50	61.90	125.00	12.60	49.30	8.31	1.30	6.20	1.45	5.37	1.11	3.23	0.42	3.22	0.41	19.60	4.75
YC-4	50.60	58.70	114.00	12.20	49.60	8.10	1.34	6.21	1.50	5.97	1.24	3.31	0.43	3.44	0.43	18.50	4.78
YC-5	48.20	61.90	126.00	13.10	52.70	8.88	1.43	6.60	1.50	5.61	1.22	3.11	0.40	3.69	0.42	20.80	5.77
YC-6	48.30	59.60	123.00	12.80	51.00	8.49	1.36	6.20	1.37	5.48	1.14	3.09	0.46	3.59	0.37	20.80	5.63
YC-7	61.80	74.80	127.00	15.40	62.00	10.10	1.83	8.49	1.97	7.77	1.62	4.27	0.54	4.17	0.46	19.30	4.88
YC-8	63.80	55.70	113.00	11.90	48.40	8.14	1.44	7.03	1.70	6.74	1.44	4.13	0.56	4.31	0.51	18.70	5.48
YC-9	58.90	60.50	122.00	12.90	51.60	8.39	1.48	6.70	1.71	6.10	1.35	3.66	0.53	4.08	0.45	19.2	4.37
YC-10	54.60	64.10	128.00	13.70	54.20	8.53	1.51	6.90	1.55	6.19	1.31	3.57	0.49	4.01	0.48	20.20	4.84
YC-11	49.60	64.90	125.00	13.90	54.50	9.23	1.54	6.72	1.44	5.26	1.01	2.87	0.39	3.38	0.38	19.80	4.84
A ³	52.98	61.73	122.55	13.02	52.12	8.53	1.44	6.66	1.55	5.98	1.25	3.46	0.47	3.76	0.43	19.63	5.17
S/D ⁴	5.94	5.10	5.01	1.00	3.84	0.68	0.15	0.69	0.18	0.75	0.18	0.44	0.06	0.36	0.05	0.75	0.72

¹Element.

²Sample number.

³Average of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

⁴Standard deviation of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

Significant figures of the data are second decimal place.

Table 5. Glaze compositions of potteries

Sample No.	Oxide Concentration (wt%) ¹										Total
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	
A-1	60.43	14.22	2.91	13.20	1.22	2.33	1.15	0.14	0.36	0.52	96.48
A-2	59.05	16.92	5.42	7.56	1.33	4.10	0.98	0.25	0.23	0.35	96.19
A-3	60.68	15.35	4.08	10.83	1.78	3.45	0.66	0	0	0.94	97.77
A-4	57.86	25.96	0.53	10.05	0.06	0.87	3.59	0	0.02	0	98.94
A-5	57.63	15.21	2.29	15.38	1.81	2.58	1.20	0.06	0.23	0.28	96.67
B-1	51.44	12.97	3.49	20.51	3.09	2.49	0.37	0.17	1.06	2.50	98.09
B-2	64.01	18.96	3.62	5.84	1.11	4.59	1.46	0.15	0.20	0.65	100.59
C-1	61.21	14.93	0	14.45	0	5.02	0.16	0	0	0	95.77
C-2	54.53	29.82	1.07	12.61	0.15	3.33	1.26	0.04	0	0	102.81
YC-1	59.89	16.83	1.95	13.44	2.04	3.09	0.67	0.27	0.45	0.73	99.36
YC-2	58.23	15.22	1.68	13.38	2.50	3.57	1.05	0.28	0.39	0.83	97.13
YC-3	59.90	14.26	1.16	14.42	2.25	3.86	0.60	0.16	0.42	0.50	97.53
YC-4	62.50	12.52	1.44	11.62	2.11	4.19	1.56	0.30	0.35	0.77	97.36
YC-8	61.07	12.89	1.35	14.60	1.58	3.91	0.76	0.12	0.29	0.52	97.09
YC-9	58.85	15.94	1.35	13.88	1.89	3.21	0.80	0.21	0.40	0.63	97.16
YC-10	58.58	13.68	1.61	17.51	1.87	2.85	0.83	0.20	0.34	0.49	97.96
YC-11	60.70	13.77	1.33	13.24	1.62	3.66	1.13	0.22	0.33	0.58	96.58
Average ²	59.97	14.39	1.48	14.01	1.98	3.54	0.93	0.22	0.37	0.63	97.52
S/D ³	1.43	1.50	0.25	1.68	0.31	0.46	0.31	0.06	0.05	0.13	0.84

Fe₂O₃ : Total Fe.

¹Significant figures are second decimal place.

²Average of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

³Standard deviation of only Yucheon-ri Celadon (YC-1~YC-11).

서 군집하여 나타나는데, 이러한 현상의 원인으로는, 첫째, 같은 지역의 가마라도 시기에 따라 원료의 채취장소가 다를 가능성과 둘째, 본 연구에서 이용한 8개의 원소들의 통계분석만으로는 산지에 대한 정보를 충분히 담을 수 없을 가능성을 유추해 볼 수 있다. 전반적으로 비교의 대상이 전남지역의 자료에 국한되어 만족스러운 결과를 얻지 못하였다. 향후 더욱 많은 데이터의 축적과 공유가 요구되어지는 부분이다.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 도·토기에 대한 화학 성분분석 자료를 취합하고, 통계처리를 통한 비교분석으로 제작시기와 산지가 불분명한 미지시료의 도자특성과 산지에 대한 정보를 유추하는 한편, 제작시기와 기법등이 이미 많은 부분 연구되어지고, 산지가 명확한 비교시료를 동일한

방법으로 분석하고 분류함으로써 미지시료에 대해 유추되어진 정보의 타당성과 객관성 정도의 확인을 시도하였다. 본 연구에 사용되어진 미지시료는 대전시 유성구 원내동 일대의 지표조사에서 수습된 각종 도편 9점이며, 비교시료는 전북 부안 유천리 청자요지에서 수습된 청자편 11점으로, XRF와 EPMA를 이용하여 태토와 유약의 주요산화물 10성분을 분석하였고, ICP-MS를 이용하여 태토중 미량원소를 분석하였다. 또한 자료의 비교분류를 위하여 Seger식에 의한 분류 방법과, 주성분분석법을 병행하였다.

우선, 상기의 방법으로 분류되어진 기존의 총 436점의 자료에 대한 분류결과를 종합해보면, 태토의 Seger식에 의한 분류에서 우리나라 도자기들은 대부분 RO₂가 3~9 mole, RO + R₂O가 0.2~0.5 mole의 범위안에 군집하였으나, 자기유형별로 분류가 명확히 관찰되지는 않았다. 자기유형별로 세분하여 살펴본 결과, 청자는 전남지방을

Table 6. The used data on seger distribution and principle component analysis of major composition

Investigator	Method	Period/ Century	Pottery type	Province	Location	Symbol
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	L9-10		Seoul & Kyeonggi-do	Seo-ri, Idong-myeon, Yongin	ysr
		9-10C			Bangsang-dong, Siheung	bs
		11C		Daejeon · Chungcheong- nam-do	1st & 2nd celadon kiln, Guwan-dong, Jung-gu, Daejeon	kwc
		1400-1480			Buncheong kiln, Guwan-dong, Jung-gu, Daejeon	kw
		E9			Osa-ri, Seongyeon-myeon, Seosan	b
		L14-E15			Yongsu-ri, Misan-myeon, Boryeong, Chungnam	ys
Kyongshin Koh	SEM-EDX	11C		Sinyeong-ri, Sagok-myeon, Gongju, Chungnam	sg	
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	L10-E11			Yonggye-ri, Asan-myeon, Gochang	yg
		12-14C	Jeollabuk-do	Yucheon-ri, Boan-myeon, Buan	yc	
Kyung In Kang	XRF/ SEM-EDX	12-14C	Celadon		Jinseo-ri, Sannae-myeon, Buan	cs
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	9-10C			Yongun-ri, Daegu-myeon, Gangjin	fy
Kyung In Kang	XRF/ SEM-EDX				Gyeyul-ri, Gangjin	gy
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	9-10C			Yongun-ri, Daegu-myeon, Gangjin	hm
		E10	Gwangju · Jeollanam-do	Samheung-ri, Chillyang-myeon, Gangjin	id	
Kyung In Kang	XRF/ SEM-EDX	13-14C			Sadang-ri, Daegu-myeon, Gangjin	sd
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	10-11C			Undae-ri, Duwon-myeon, Goheung	od
		L11			Jinsan-ri, Sani-myeon, Haenam	css
		L14			The sea-bottom, Dopo-fi, Muan	dr
		1269-1279	Jeju-do	Beophwasaji, Seogwipo-si	skp	
		E15		Baengnyeonsa, Bukhansan, Seoul	ph	
		1415-1435	Seoul & Kyeonggi-do	Buncheon-ri 2nd kiln, Jungbu-myeon, Gwangju	bc	
		1420C	Bungcheong	Dosu 3(sam)-ri 2nd kiln, Toechon-myeon, Gwangju	ds	
		E15	Chungcheong- buk-do	Hwangbo 1st kiln, Sabu-ri, Chupungnyeong-myeon, Yeongdong	sb	
M15-E16		Sagimak-ri 3rd kiln, Cheongcheon-myeon, Goesan	sa			

Table 6. Continued

Investigator	Method	Period/ Century	Pottery type	Province	Location	Symbol
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	E16-L16	Bungcheong	Chungcheong-buk-do	Sagimak-ri 5th kiln, Cheongcheon-myeon, Goesan	sa5
		1400-1430			Buncheon kiln, Guwan-dong, Jung-gu, Daejeon	kw
		L14-E15		Daejeon · Chungcheong-nam-do	Yongsu-ri, Misan-myeon, Boryeong	ys
		1420C			Jungheung-ri, uidang-myeon, Gongju	ch
		1430-1440			Gasari, uidang-myeon, Gongju	ka
		L15-E16		Daejeon · Chungcheong-nam-do	Hakbong-ri 3rd kiln, Banpo-myeon, Gongju	hb3
		L15-E16			Hakbong-ri 5th kiln, Banpo-myeon, Gongju	hb5
		15C		Gyeongsang-nam-do	Hyoja-ri 2nd kiln, Sugok-myeon, Jinyang	hj
		L15-E16		Jeollabuk-do	Udong-ri, Boan-myeon, Buan	ud
		15C			Yonggye-ri, Asan-myeon, Gochang	yg
Kyung In Kang Youn Sook Lee	XRF/EPMA SEM-EDX	15C		Gwangju · Jeollanam-do	Chunghyo-dong, Buk-gu, Gwangju	cho
Kyung-nam Kim	SEM-EDX	15C		Gangwon-do	Bogwang-ri, Gangneung	bg
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	L9	Goryeo Whiteware	Seoul & Kyeonggi-do	Seo-ri, Idongmyeon, Yongin	ysr
		10C			Bangsan-dong, Siheung	bs
		12-14C		Jeollabuk-do	Yucheon-ri, Boan-myeon, Buan	yc
	E15-M15		Geoneop-ri, Silchon-myeon, Gwangju	ku		
	15C		Doma-ri, Toechon-myeon, Gwangju	tm		
	15-16C		Beoncheon-ri 5th kiln, Jungbu-myeon, Gwangju	bc		
	L15-E16		Usan-ri 9th kiln, Toechon-myeon, Gwangju	u		
	1640-1649	XRF/EPMA	Joseon Whiteware	Seoul & Kyeonggi-do	Seondong-ri 2nd kiln, chowol-myeon, Gwangju	sd
	1640-1649				Seondong-ri 3rd kiln, Chowol-myeon, Gwangju	sd3
	E15				Mugal-ri, Chowol-myeon, Gwangju	mg
	18C				Geumsa-ri, Namjong-myeon, Gwangju	kum
	19C				Bunwon-ri, Namjong-myeon, Gwangju	pw

Table 6. Continued

Investigator	Method	Period/ Century	Pottery type	Province	Location	Symbol
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	E16-L16		Daejeon ·	Gatjeomgol, Jeonggak-ri, Buyeo	pjk
		L16-E17		Chungcheong- nam-do	Jeongsaeng-dong, Jung-gu, Daejeon	js
Kyongshin Koh	SEM-EDX	19C 이후	Joseon Whiteware	Chungcheong- buk-do	Mireuk-ri, Sangbo-myeon, Chungju	mi
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	L15-E16		Jeollabuk-do	Yonggye-ri, Asan-myeon, Gochang	yg
Kyung In Kang	XRF/EPMA	15C		Gwangju · Jeollanam-do	Chunghyo-dong, Buk-gu,	ch
Youn Sook Lee	SEM-EDX				Gwangju	
Youn Sook Lee	XRF/EPMA	17C			Hugok-ri, Seungju	hk
This study	XRF/EPMA	E12-L12	Celadon	Jeollabuk-do	Yucheon-ri, Boan-myeon, Buan	lhh
		15-16C	Buncheon	Daejeon · Chungcheong- nam-do	Wonnae-dong, Yuseong-gu, Daejeon	A
		11-12C	Celadon		Wonnae-dong, Yuseong-gu, Daejeon	B
		15-17C	Whiteware		Wonnae-dong, Yuseong-gu, Daejeon	C

제외하고 지방별로 어느 정도 구분되어 나타났다. 추정연대가 9~10C인 서울·경기지방의 청자는 비교적 높은 RO_2 와 $RO + R_2O$ 의 함량으로 이후시기의 청자들보다 비교적 낮은 소성온도를 짐작케 하며, 10C 이후의 청자들은 $RO + R_2O$ 의 함량이 0.3~0.4 mole로 일정함 범위에서 나타나므로 이시기 이후의 청자들은 용융제의 함량이 일정하게 유지된 것으로 보인다. 분청은 RO_2 와 $RO + R_2O$ 의 함량이 4~7 mole, 0.25~0.5 mole의 범위에서 지방별 구분없이 산재하여 나타났으며, 백자의 경우는 RO_2 의 함량차로 지방별 구분이 나타났다. 총 403점의 자료에 대한 유약의 Seger식에 의한 분류결과, 전반적으로 고려시대의 도편들이 조선시대의 도편들에 비하여 용융제의 함량이 비교적 높게 나타났으며, 이는 태토에서와 같은 결과로 고려시대의 도자기들이 조선시대에 비해 조금 낮은 온도에서 소성되었음을 나타낸다. 그러나, 일부 조선백자를 제외한 대부분의 도편들이 RO_2 1.0~6 mole, R_2O_3 0.2~1.0 mole로 R_2O_3/RO_2 의 몰비가 0.15~0.2 정도의 기울기인 직선적 비례관계를 가지는 일정한 범

위 안에 군집하고 있어 도자유형에 관계없이 모든 유약의 특성이 유사함을 알 수 있었으며, 청자와 백자, 분청 모두 유약에서는 지방별 구분을 관찰하기 어려웠다. 이같은 결과는 유약의 Seger식에 의한 분류로 도자기의 지방별 특성을 연구하는데 어려움이 있음을 시사한다. 총 436점에 대한 태토의 주성분분석결과를 살펴보면 Seger식에서 보다 명확하게 자기유형별 구분이 관찰된다. 백자는 비교적 높은 K_2O 함량으로 청자 및 분청과 분리되며, 청자는 분청에 비하여 상대적으로 높은 SiO_2 와 낮은 Al_2O_3 의 분포를 보였다. 고려백자는 비교적 낮은 Al_2O_3 의 함량을 보이며 매우 좁은 범위에 밀집하며, 청자와 분청은 태토의 착색에 영향을 미치는 산화물인 Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 의 함량이 백자에 비해 높게 나타났다. 자기유형별로 세분하여 살펴보면, 청자의 경우 전남지역을 제외하고 지방별 구분이 비교적 뚜렷이 나타났으며, 서울·경기와 전북 지방은 상대적으로 높은 SiO_2 함량으로 대전·충남지방과 구분되어지고, 또 서울·경기지방은 상대적으로 높은 Na_2O 와 CaO 함량으로 전북지

Table 7. The used data on principle component analysis of trace element composition

Investigator	Method	A number of articles	Period/ Century	Pottery type	Province	Excavated sites	Symbol			
Kyung In Kang	ICP-AES	3	Unified Silla	soft-earthenware	Gwangju · Jeollanam-do	Gurim-ri, Yeongam	gm			
		2		hard-earthenware						
		2		dark-brown glaze						
		3		reenish-brown glaze						
		5	dark-brown glaze	Jinsan-ri, Haenam		css				
		5	greenish-celadon							
		3	Goryeo	Et Cetera		Jeollabuk-do	Sadang-ri, Gangjin	sd		
		3		Celadon					Yongun-ri, Gangjin	fy
		2							Gyeyul-ri, Gangjin	gy
		3		Yucheon-ri, Buan					yc	
		3								Jinseo-ri, Buan
		2								
		Kyongshin Koh	ICP-MS	5		Joseon	Buncheong	Gwangju · Jeollanam-do	Chunghyo-dong, Gwangju	cho
				2			Whiteware			
This study	ICP-MS	17		Buncheong						
		11	Goryeo	Celadon		Yucheon-ri, Buan	lhh			
		5	Joseon	Buncheong			A			
		2	Goryeo	Celadon	Daejeon	Wonnae-dong, Daejeon	B			
		2	Joseon	Whiteware			C			
SUM		81								

방과 구분된다. 전라도만의 분류에서는 각 요지 별로 약간의 군집이 관찰된다. 분청은 충북지방과 강릉지방의 소수도편들을 제외하고는 지방별 구분을 관찰하기 어려웠다. 반면 백자는 지방별로 비교적 뚜렷한 구분이 관찰되었다. 총 403점에 대한 유약의 주성분분석결과를 보면, 착색원료에 영향을 미치는 TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 등이 고려에서 조선으로 갈수록 감소함을 볼 수 있었으며, 청자와 백자의 경우는 약간의 지방별 분류가 관찰되었으나, 분청의 경우는 지방별 분류를 관찰할 수 없었다. 총 81점의 전남지방자료에 대한 태토중 미량원소(8개의 원소)의 주성분분석에서는 출토지간의 뚜렷한 구분은 어려웠으나, 각 출토지별로 밀집되는 현상이 관찰되었다.

다음으로 본 연구의 미지시료와 비교시료에

대한 분류결과를 살펴보면, 원내동 백자시료인 C-1은 매우 높은 SiO_2 의 함량으로 태토특성에 있어 대부분의 도편들과 분리되어 매우 상이한 결과를 보였다. C-2는 태토중 RO_2 와 $RO + R_2O$ 의 함량이 각각 5.42 mole, 0.31 mole, 유약중 RO_2 와 R_2O_3 의 함량이 각각 3.19 mole, 1.05 mole로서 서울 · 경기 및 대전 · 충남 지방 특히, 대전시 정생동과 경기도 광주의 도마리 백자들과 유사한 특성을 보였다. 청자 시료 B-1과 B-2는 태토의 Seger식에 의한 분류와 주성분분석에 의한 분류에서 대전 · 충남지방 특히, B-1은 대전시 구완동의 청자 및 분청요지의 도편들과 B-2는 공주시 신영리 및 대전 구완동 청자요지의 도편들과 유사한 특성을 보이며 분류됐다. 분청 시료 A-1~A-5는 태토 및 유약에 있어 기존의 분

청들이 나타내는 특성을 그대로 보여주고 있다. 기존의 분청데이터들은 Seger식 및 주성분분석법으로 지방별 특성을 결정하기 어려웠으나, 각 지방내에서의 지역적 특성은 어느 정도 나타나고 있다. 시료 A-1~A-5의 경우, 그 수습위치를 감안하여 대전·충남지역만을 중심으로 한 분류에서 A-1은 공주의 가산리 및 중흥리 분청과, A-2~A-5는 공주 학봉리 및 대전의 구완동 분청들과 유사한 특성을 보였다. 미량성분의 주성분 분석결과에서는 원내동의 시료들이 전남지방의 것들과 매우 다른 위치에서 나타났다.

본 연구의 비교시료인 시료 lhh는 주요산화물 함량을 통해 살펴본 태토의 특성이 기존 자료와 일치하는 결과를 얻었으며, 유약의 특성은 약간의 차이 있었으나, 비교적 유사한 특성을 보였다. 이같은 비교시료에 대한 결과로 청자의 경우 도자특성과 산지특성의 연구에 주요산화물함량을 중심으로한 Seger식 및 주성분분석법에 의한 분류방법이 상당부분 타당성을 지님을 확인할 수 있었다. 그러나, 백자나 분청의 경우, 태토나 유약의 주요산화물함량만으로는 산지특성에 대한 만족스러운 결과를 얻기가 어려움을 확인할 수 있었다. 가장 기대했던, 태토중 미량성분의 주성분분석에서는 시료 lhh가 기존의 자료와 약간 분리된 위치에서 관찰되었으며, 통계처리에 이용된 자료가 전남지방에 국한되었고, 각 요지별 자료의 갯수와 비교 원소수가 제한되어, 아쉽게도 신뢰성있는 결과를 관찰할 수 없었다. 향후 더욱 많은 자료의 축적과 공유가 요구되어지는 부분이다.

사사

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업으로 지원된 공주대학교 문화재비파괴안전진단연구실의 재정적 지원에 감사드리며, 연구를 위한 시편을 제공해주시고 조언을 아끼지 않으신 국립중앙과학관의 윤용현선생님께 감사드립니다.

참고문헌

1. 강경인, 정창주, "전남지역에서 출토된 고대 도자기

- 의 태토조성과 소성온도", *보존과학회지*, 6, 15-29 (1997).
2. 강경인, 최영기, "전남 지방에서 출토된 고대 기와의 태토 조성", *보존과학회지*, 9, 11-20 (2000).
3. 고경신, 도진영, "한국전통 도자기문화의 과학기술적 연구", 중앙대학교 논문집, 35, 49-81 (1992).
4. 김경남, 한상목, 신대용, "강릉 보광리 분청도편의 성분과 미세구조 연구", *보존과학회지*, 8, 10-15 (1999).
5. 이연숙, "한국 전통도자기의 원료에 대한 통계분석 연구", 중앙대학교대학원 석사학위논문 (2001).
6. 이영은, 고경신, "공주 학봉리 분청에 대한 성분과 미세구조의 분석", *보존과학회지*, 6, 3-14 (1997).
7. 이영은, 고경신, "광주 충효동 분청과 백자의 과학기술적 연구(I) - 성분분석을 중심으로", *대한화학회지*, 42(3), 251-265 (1998).
8. 강형태, "중성자 방사화 분석에 의한 한국 고대도기 및 자기분류", 한양대학교대학원 석사학위논문 (1985).
9. 김승원, "Fisher 판별식분석법에 의한 한국 고대도기의 분류 연구", 한양대학교대학원 석사학위논문 (1986).
10. 정대일, "중성자 방사화분석에 의한 한국고대도기 및 태토의 특성화에 관한 연구", 한양대학교대학원 석사학위논문 (1987).
11. 전북향토문화연구회, 부안군지, 전북인쇄공업협동조합, pp.959-960, 전주, 1991.
12. 정양모, 고려청자, 대원사, 서울, 1998.
13. 김환, 최상욱 외, 요로공학, 경문사, pp.326-329, 서울, 1989.
14. 엠미누엘 코퍼 외, 도예유약, 미진사, 서울, 1991.
15. 이복규, 도자원료, 미진사, 서울, 1991.
16. 강형태, "패턴인지에 의한 고고학적 시료의 분류법", 한양대학교대학원 박사학위논문 (1989).
17. 정충영, 최이규, SPSS WIN을 이용한 통계분석, 무역경영사, 서울, 2000.
18. 최중성, SPSS Ver10을 이용한 현대통계분석, 북두출판사, 서울, 2001.