

新石器時代 朱漆土器의 科學的 分析(II)

俞惠仙[†] · 張誠允

國立中央博物館 保存科學室

Scientific Analysis of the Neolithic Red Earthenwares(II)

Hei-sun Yu[†] and Sung-yoon Jang

Conservation Science Lab., The National Museum of Korea

요약 본 연구는 동남해안 및 도서지방의 신석기시대 주칠토기 23점에 대한 과학적 분석의 일환으로서 먼저 태토성분, 소성온도, 안료성분 및 안료두께를 분석한 데에 이어 태토성분에 대한 통계적인 고찰 및 경도분석을 통한 안료성분의 역할을 보강하여 재정리한 것이다. 유도결합플라즈마분광기(ICP-AES)와 엑스선형광분석기(XRF)를 사용하여 태토의 성분분석을 실시하였고, 이 분석결과에 대한 다변량해석(PCA : 주성분분석법)을 수행한 결과, 토기의 태토는 범방, 욱지도, 나머지 지역의 3개 군으로 분류되었다. 또 태토와 안료의 경도를 토기 표면으로부터 깊이별로 측정된 결과, 산화철이 다량 포함된 안료층의 경도가 태토층보다 높았고 이를 통해 산화철이 고온소성시 경도를 크게 하는 역할을 했음을 알 수 있었다. 또한 안료층의 경도가 태토층 보다 높은 것은 안료층도 소성되었음을 의미하는 것으로, 토기성형시 안료를 먼저 바른 후 토기가 구워졌음을 유추해 볼 수 있다.

Abstract This study, a part of scientific analysis of the 23 Neolithic red earthenwares excavated from southeastern coast and islands. We analyzed earthenware through statistical method and hardness analysis of clay, following the analysis of clay composition, its firing temperature, pigment composition and its thickness. Clay composition was analyzed by using ICP-AES and XRF, and then Principal Component Analysis (one of multivariate methods) was used for classification. As a result, clay of the earthenware was classified into 3 groups(Bumbang, Youkjido and other sites). In addition, hardness analysis of pigment and clay based on the depth of earthenware surface showed that pigment layer containing lots of Fe_2O_3 had higher hardness than clay part, which can be interpreted that Fe_2O_3 contributes to raising hardness in case of high temperature firing. The fact that pigment hardness is higher than that of clay part implies that pigment was applied before firing.

I. 서 론

토기는 다양한 퇴적환경에서도 잘 보존되고 본질이 크게 변하지 않는 장점 때문에 고고학 연구의 기본적인 자료로 널리 이용되어 왔다. 특히 태토에 대한 과학적인 분석으로 지역이나 시대별로 태토의 미량성분의 함량분포가 다르다는 것을 알 수 있었으며, 지역이나 시대를 분류한 연구결과도 발표되고 있다¹⁾. 이에 반하여

안료층이 존재하는 토기에 대한 분석, 특히 신석기시대 ‘丹塗磨研土器’로 통칭되는 주칠토기에 대한 과학적인 분석은 전무하고, 단지 靑銅器時代의 소위 ‘단도마연토기’ 혹은 ‘紅陶’에 대한 胎土 分析 結果를 참조하여 붉은색 안료의 주성분을 철광석(Fe_2O_3)으로 추정하고 있으며 과학적인 분석의 필요성이 제기되었다²⁾.

토기에 대한 연구방법에는 위와 같은 화학적인 성분 분석법 이외에도 물리 및 기계적 방법이 이용되는데 주로 경도(hardness), 강도(strength), 기공크기(pore size) 측정, 미세구조(microstructure) 관찰 등의 방법이 채용되고 있다. 특히 경도(hardness)는 소성조건, 불순물의 존재유무, 미세구조, 표면처리 등과 같은 다양한 변수의 영향

[†]Corresponding author : Hei-sun Yu, Conservation Science Lab., The National Museum of Korea
Tel : (02) 398-5146
Fax : (02) 398-5130
E-mail : heisun@hanmail.net

을 많이 받는다. 예를 들면 환원분위기에서 소성될수록, 불순물이 많을수록, 미세구조상 고운 입자일수록, 표면에 칠이 된 토기일수록 경도가 커진다고 알려져 있다³⁾.

본 고는 東南海岸 및 島西地方의 신석기시대 토기 23점에 대한 과학적 분석의 일환으로서 1차로 태토 및 안료의 성분분석, 안료두께 분석 및 소성온도 분석을 실시하여 이미 발표한 바 있으며⁴⁾, 앞의 결과와 함께 태토성분의 통계적인 고찰 및 경도분석을 통한 안료성분의 역할을 보강하여 재 정리한 내용으로서 신석기시대 주철토기에 관한 2차 연구결과이다.

II. 분 석

1. 분석시료

신석기시대 주철토기에 대한 분석을 위하여 煙台島, 欲知島, 凡方, 東三洞遺蹟에서 출토된 토기편과 下西里遺蹟의 채집품 등 23개의 토기편을 이용하였다. 각 유

적별로 가능하면 신석기시대 내에서의 시기 차이를 고려할 수 있도록 여러 층에서 출토된 시료를 선정하였으며, 지역적으로는 모두 우리나라 동남해안과 도서지역에서 출토된 것으로 한정하였다.

분석대상 시료가 갖고 있는 특징은 Table 1에 나타내었다. 안료층의 두께는 광학현미경으로 측정하였으며, 나머지는 육안으로 관찰한 결과이다.

2. 1차 분석

2.1. 태토층 분석

2.1.1. 정량분석

유도결합플라즈마-원자발광분광법(Inductively coupled plasma-Atomic Emission Spectrometry : ICP-AES) 및 엑스선형광법(X-ray Fluorescence : XRF)을 이용하여 정량분석을 실시하였다. Al을 비롯한 7개 원소(Al, Fe, K, Na, Mg, Mn, Sr)에 대한 분석은 ICP를 이용하였으며 4개 원소(Si, Ca, Ti, P)에 대한 성분분석은 XRF를 이용하였다.

Table 1. List of samples and their characteristics

Sample no.	Site	Pattern	Thickness of sample (cm)	Thickness of pigment layer(μm)	Remarks
					Observation of eyes
1	Yondaedo 11th	plain	0.7	50-130	표면주칠, 속심회백색 (○)
2	Yondaedo J. mixed soil-shell layer	needle-like decoration	0.6	10-60	표면주칠, 속심회흑색, 표면회백색 (○)
3	Yondaedo R.IIa layer	applique decoration	0.5-0.8	20-50	표면주칠, 속심회흑색, 표면회백색 (○)
4	Yondaedo R.II layer	impressed line	0.7	20-100	표면주칠, 속심·표면회흑색 (○)
5	Yondaedo M. disturbed layer	impressed line	0.6	120-320	표리면주칠, 구연하갈곡 (◎)
6	Yondaedo Q.IV layer	plain	0.7-0.9	30-60	표리면주칠, 속심회흑색, 표면적갈색 (◎)
7	Yondaedo R.IV layer	plain	0.5-0.8	20-60	표리면주칠, 구연하갈곡 (◎)
8	Youkjido disturbed layer	applique decoration	0.6-0.7	20-80	표리면주칠, 구연하갈곡 (◎)
9	Youkjido disturbed layer	applique decoration	0.6-0.8	120-490 20-400	표리면주칠, 속심회흑색, 2차소성(Black) (◎) (Red) (◎)
10	Youkjido stone-filed area	plain	0.6	70-120	표리면주칠, 속심적갈색, 2차소성 (◎)
11	Bumbang B.4 layer	plain	0.4	90-180	표리면주칠, 속심적갈색, 2차소성 (◎)
12	Bumbang C.6 layer	plain	0.5	10-30	표리면주칠, 속심적갈색, 2차소성 (◎)
13	Bumbang D.9 layer	rows of dotted line	0.7	50-100	표리면주칠, 속심회갈색 (◎)
14	Bumbang D.12 layer	plain	0.5	10-120	표면주칠, 속심회갈색 (○)
15	Bumbang H.VI layer	plain	0.8	20-70	표면주칠, 속심회갈색 (○)
16	Bumbang H.IX layer	plain	0.6	100-150	표리면주칠, 속심적갈색 (◎)
17	Dongsam IV.②-3 layer	plain	0.4-0.6	50-200	표리면주칠, 속심황갈색 (◎)
18	Dongsam IV.③-5 layer	plain	0.8	60-250	표리면주칠, 속심흑갈색 (◎)
19	Dongsam IV.③-9 layer	plain	0.5-0.7	100-190	표리면주칠, 속심황갈색 (◎)
20	Dongsam FV.②-3 layer	plain	0.5-0.7	250	표리면주칠, 속심적갈색 (◎)
21	Dongsam FV.③-2 layer	plain	0.5	20-120	표리면주칠, 속심적갈색 (◎)
22	Dongsam GV.⑤ layer	plain	0.4	50-150	표리면주칠, 속심적갈색 (◎)
23	Yangnam Haseori	plain	0.6	150-400	표리면주칠, 속심흑갈색, 2차소성 (◎)

○ : reddish outer surface

◎ : reddish outer and inner surface

2.1.2. 광물종류 및 구조분석

편광현미경 및 X-선 회절분석기(X-ray diffractometer: XRD)를 이용하여 토기를 구성하고 있는 鑛物種을 파악하였다. 편광현미경 조사는 토기편을 epoxy수지로 mounting하여 제작한 薄片에 대하여 실시하였고, XRD 분석은 토기의 태토를 200목 이하의 분말로 분쇄하여 부정방위 시료로 만든 후 Bruker X-선 회절분석기[X-선 발생 선원 Cu-K α 선, 가속전압 30 kV, 전류 20 mA]를 이용하여 13~50°, 2 θ 구간에서 분석하였다.

2.1.3. 소성온도 추정

열중량-시차열 분석기(Thermogravimetry-Differential thermal analysis : TG-DTA)를 이용하여 온도변화에 따른 토기의 무게 감량 및 열 변화량을 측정하여 토기의 소성 온도를 추정해 보았다. 토기의 태토를 200목 이하의 분말로 만들어 120°C에서 2시간 동안 건조시킨 후 약 40 mg을 취하여 Mac Science TG-DTA를 사용하여 승온 온도 12°C로, 1100°C까지 상승시켜 열중량 및 시차열분석을 실시하였다.

2.2. 안료층 분석

2.2.1. 정성분석

顔料와 胎土 成分의 차이점을 파악하고자 顔料層과 胎土層이 공존하고 있는 파편을 epoxy수지로 mounting 한 후 연마하여 단면에 대하여 SEM-EDS로 정성분석을 실시하였다. 분석은 시료의 대표성이 유지되도록 하기 위하여 낮은 배율($\times 50$)에서 3부분으로 나누어 수행하였다.

2.2.2. 광물종류 및 구조분석

편광현미경 및 X-선 회절분석기를 이용하여 태토 분석의 경우와 동일한 조건에서 실시하였다.

3. 2차 분석

3.1. 주성분분석(Principal Component Analysis : PCA)

각 지역별 시료의 분포상태를 알아내기 위하여 태토 성분 분석결과에 대한 다변량해석(PCA : 주성분분석법)을 수행하였다.

즉, N개의 시료에서 M개의 변수를 측정했을 때 이들은 한 set의 데이터 매트릭스(N \times M)를 구성한다. 이때 데이터구조를 용이하게 관찰하기 위해 M차원의 데이터 구조를 2~3차원으로 나타내는 일이 필요한데, 특히 시료에 대한 사전 정보가 없는 경우에 Unsupervised learning이라고 하며 그 중 주성분분석법이 있다⁵⁾. 이 방법으로 시료가 몇 개의 군으로 분류되는지 알 수 있었다.

3.2. 미소경도의 측정

3.2.1. 태토의 경도측정

토기시료를 epoxy수지로 mounting한 후 연마하여 그 단면에 대해 미소경도계(microhardness tester, Wilson Tukon 200)로 knoop 경도를 측정하였다. 하중은 시료의 경도에 따라 차이를 두었으며, 약 25~100 g이 사용되었다. 토기 단면을 반사현미경($\times 625$)으로 관찰하면서 기질부위에 대해서만 5~10회 정도 knoop 압입자(indenter)로 경도를 측정하였고, 그 평균값을 취하였다.

3.2.2. 안료와 태토층 사이의 경도 변화측정

위와 동일한 방법으로 제조한 시료(no. 5, 6, 7, 11, 14, 16)^{a)}에 대해 25~50 g의 하중에 5~10 μ m간격으로 knoop경도를 측정하였다.

III. 1차 분석결과 요약

東南海岸 및 島西地方의 신석기시대 토기 23점에 대하여 1차로 수행한 분석으로서 태토 및 안료의 성분, 안료두께 및 소성온도 분석을 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 태토의 성분은 각 출토지별로 차이를 나타내고 있으며, 특히 P₂O₅의 함량차이가 큼을 알 수 있었다. P₂O₅의 경우 凡方 出土 土器에서는 거의 검출되지 않은 반면에 옥지도 출토 토기에서는 3.8~5.7%로 비교적 높은 함량을 나타내고, 연대도와 동삼동 토기의 경우는 1~3%의 낮은 P₂O₅가 포함되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 CaO의 경우는 P₂O₅의 함량이 가장 높았던 옥지도 토기에서 낮은 함량을 나타내는 것도 특이한 점으로 파악되었다(Table 2. 참조).

2. 태토의 광물조성은 XRD 분석결과 거의 모든 시료에서 석영(Quartz)과 장석(Microcline, Albite)이 주종을 이루고 있었고, 소량의 운모와 점토광물 등으로 구성되어 있음을 알 수 있었다. 편광현미경 조사($\times 400$)에서는 기질 내에 거정질의 석영, 장석, 토기편으로 보이는 물질(시료 8, 12, 22)이나 큰 암편(시료 15, 23)이 포함된 경우를 볼 수 있었다. 시료 4, 6, 8, 14에는 석영과 장석이 혼재되어 성장한 밀멕카이트(myrmekite)가 관찰되었고 시료 2, 10, 11, 19에는 석영과 장석이 공존하여 화강암 퇴적물을 사용했다고 추정된다. 모든 시료에서 산화철(Fe₂O₃)로 확인된 검붉은 불투명질과 공극을 가지고 있었다.

3. 열중량 및 시차열분석 결과 시료 18을 제외한 모든 원소들은 900°C 이하의 온도에서 소성되어졌고 시

a) 토기는 불균일한 입자로 구성되어 있어 경도측정에 부적합한 경우가 많기 때문에 현미경조사를 통하여 경도측정에 적합한 시료를 선별하여 분석하였음.

Table 2. Component analysis result of raw materials

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SrO	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	Total
1	69.12	16.44	1.80	0.01	0.33	1.16	2.25	0.04	2.58	2.05	3.59	99.37
2	68.98	17.58	2.47	0.02	0.40	1.11	1.64	0.04	1.12	1.55	4.70	99.61
3	69.69	15.88	1.69	0.03	0.46	0.97	2.17	0.04	1.74	2.13	4.69	99.49
4	60.18	20.79	4.08	0.01	0.66	0.92	1.49	0.03	1.67	2.41	4.20	96.44
5	60.18	16.25	5.02	0.05	0.76	0.96	1.30	0.04	1.43	1.97	7.27	95.23
6	63.79	15.31	3.46	0.07	0.73	1.09	2.54	0.04	2.88	2.03	3.92	95.86
7	63.14	17.01	3.30	0.03	0.55	1.48	1.67	0.04	2.27	1.80	4.30	95.59
8	59.40	15.69	2.85	0.06	0.45	2.18	2.04	0.03	5.68	2.10	2.38	92.86
9B	62.13	14.36	4.65	0.02	0.20	1.46	1.86	0.02	3.91	1.32	1.33	91.26
9R	63.22	15.31	4.59	0.06	0.20	1.15	1.58	0.02	3.82	1.28	1.27	92.50
10	63.80	14.18	4.36	0.03	0.20	1.28	1.54	0.02	3.83	1.30	1.55	92.09
11	64.91	17.01	5.23	0.08	0.73	1.42	2.28	0.02	0	1.85	5.50	99.03
12	65.85	16.63	5.76	0.10	0.63	1.16	1.83	0.01	0	1.25	2.64	95.86
13	61.68	13.80	4.42	0.06	0.56	1.00	1.43	0.03	0.64	1.97	6.56	92.15
14	70.62	13.80	1.76	0.04	0.40	1.66	1.89	0.02	0.46	1.25	2.97	94.87
15	74.16	13.04	2.03	0.09	0.48	0.77	2.10	0.01	0.49	1.04	2.33	96.54
16	67.68	13.23	3.19	0.11	0.40	1.67	2.00	0.02	0.34	1.26	3.08	92.98
17	59.56	15.69	4.26	0.08	0.42	1.00	1.92	0.02	2.35	2.06	4.11	91.47
18	62.65	13.61	3.33	0.08	0.73	1.06	1.55	0.07	3.95	1.46	5.10	93.59
19	64.78	16.44	3.20	0.04	0.70	1.02	2.22	0.03	1.34	1.54	3.65	94.96
20	63.51	16.82	5.39	0.040	0.86	1.12	2.12	0.04	0	1.90	5.05	96.85
21	59.77	15.69	4.93	0.04	0.75	1.32	1.23	0.08	2.78	1.52	7.29	95.40
22	61.01	17.77	5.89	0.04	0.83	1.04	1.34	0.03	0.61	1.91	4.24	94.71
23	70.47	15.12	2.93	0.03	0.60	1.85	1.77	0.02	0.62	1.63	2.09	97.13

료 18은 900~1000°C부근에서 소성되었음을 추정할 수 있었다.

4. 안료층은 SEM-EDS 정성분석을 통해 Fe의 함량이 태토층보다 2~7배 가량 높게 나타나 주철토기가 붉은 색을 띠게 되는 주원인이 산화철(Fe₂O₃)에 기인함을 알게 되었다. 즉, 철의 함량이 비교적 높은 토양을 토기의 표면에 입혔거나 일반 토양에 산화철을 첨가해서 태토의 표면에 붉은 색이 나타나도록 제작한 것으로 추측할 수 있었다. XRD 분석결과에 의해서도 안료층에 산화철(Hematite : Fe₂O₃)이 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다.

IV. 2차 분석결과 및 고찰

1. 주성분분석

태토의 정량분석결과를 이용하여 다변량해석(PCA: 주성분분석법)을 수행한 결과 크게 3개 그룹(범방, 옥지도, 나머지 지역)으로 분류되었다(Fig. 1). 특히 옥지도

와 범방토기의 경우 태토성분이 지역적 특징에 의해 분류됨을 알 수 있다.

2. 미소경도 측정

2.1. 태토층분석

토기의 경도를 미소경도계(microhardness tester)로 분석하였다. Knoop방식으로^{b)} 하중 25~100 g을 사용하였고 결과는 Table 3에 나타내었다.

동삼동 토기[no. 17~22]의 경도가 대체로 낮은 값을, 연대도 토기가 비교적 높은 경도를 갖고 있음을 알 수 있었다.

한편 같은 토기시료로서 한쪽은 원래의 적색을 가지고 있고(9R) 다른 한쪽은 불에 탄 흔적을 가진(9B) 9번 시료의 경우 태토의 성분은 거의 같지만 경도에 있어서 9B가 더 높은 값을 가지고 있는 것으로 보아 불에 직접 닿은 부분(9B)이 고온에서 소성 되어, 높은 경도를 갖게 된 것으로 추정해 볼 수 있다. 물론 토기의 경도

b) Knoop 방식의 경도계산, $HK = P/A_p = P/d \quad c = P/0.07028d = 14.229P/d^2$

P = load, A_p = 압입자의 누른 영역, d = 압입자 장축의 길이, c = 압입자 계수

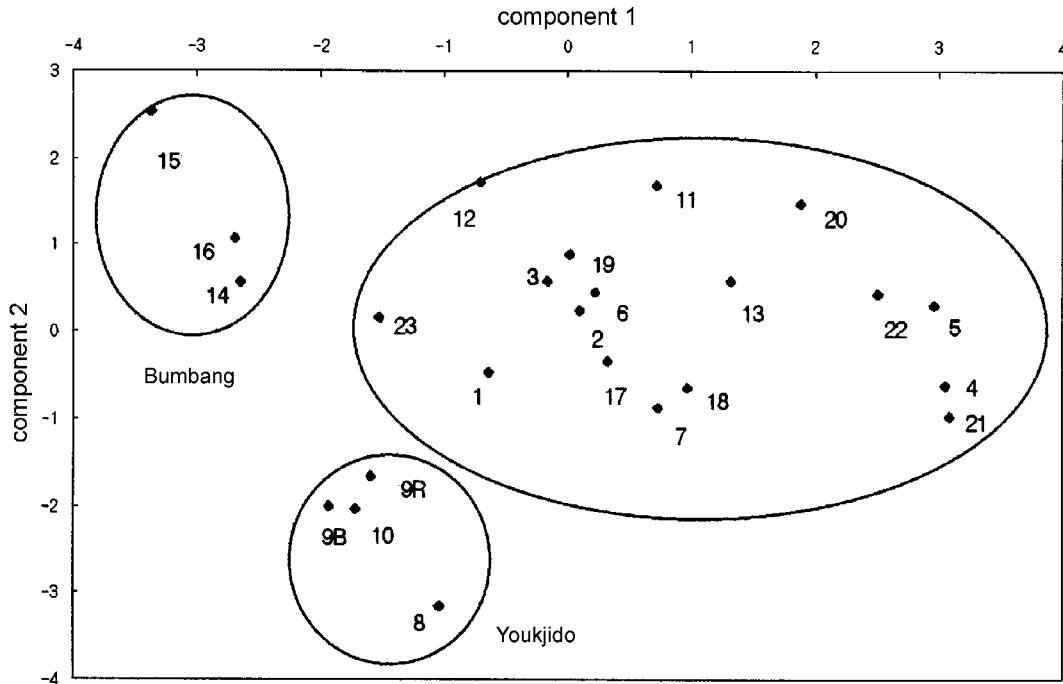


Fig. 1. PCA analysis for component of raw materials.

Table 3. Average microhardness value of raw materials^{c)}

Sample no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9B	9R	10	11
Average hardness	85.3	69.3	95.9	111.2	85.3	58.2	66.5	72.2	62.0	48.4	73.7	83.4
Sample no.	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	
Average hardness	58.8	61.1	66.3	72.3	84.4	71.8	70.7	31.7	32.1	20.4	51.8	

는 앞서서도 언급했듯이 다양한 요인들이 관여하기 때문에 높은 경도를 가진다고 해서 소성온도가 높다거나 환원 환경이라고 단정할 수는 없다. 다만 본 실험의 모든 토기시료들은 지역적 차이가 크지 않고 현미경 관찰 결과에서 보듯 잘 정제된 토양이 아니며, 신석기시대 토기이므로 발달된 형태의 가마(窯)에서 소성된 것이 아니었다고 가정해 보면, 큰 경도값을 갖는 토기가 고온에서 소성되었을 가능성이 큼을 추정해 볼 수 있다. 이와 같은 태토, 소성온도 및 경도와의 관계는 앞으로 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2.2. 안료와 태토층 사이의 경도 변화 측정

주칠토기의 표면(안료)층부터 태토층 일부까지 5~10 μm 단위로 깊이에 따라 경도를 측정하였다. 시료 5, 6, 7, 11, 14, 16의 측정결과는 Fig. 2~7에 나타내었다. 대체로 가장 바깥 안료층은 외부 풍화에 의해 경도가 약

하고 깊이에 따라 점차로 경도가 커지다가 태토층에 인접해서는 경도가 작아지는 경향을 보이고 있다. 특히 시료 6, 7, 11, 16은 태토층과 안료층의 경도차이가 크고 겉표면보다는 10~20 μm 깊이에서 경도가 커지는 현상을 관찰할 수 있다. 그러나 시료 5의 경우 안료의 경도가 일정수준을 유지하다가 태토부분에 와서 경도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 이와 같이 안료층의 경도가 태토층보다 큰 이유는 토기소성시 고온에서 안료층의 주성분인 산화철이 점토의 소결을 보다 낮은 온도에서 가능케 하고³⁾, 산화철이 토양속에서 유기물 등과 aggregate를 만들거나 결정구조를 단단하게 하기 때문인 것으로 생각된다⁶⁾. 원래 산화철은 산화분위기에서 함량이 3% 이상이고, 800~900°C까지 가열되었을 때 가장 붉은 색을 내고 1000°C이후로는 불안정해진다고 알려져 있다³⁾.

본 주칠토기들의 경우와 같이 태토보다 안료층의 경도가 높다는 것은 산화철이 높은 농도로 존재하는 안료

c) 토기단면을 현미경으로 관찰해보면 입자가 매우 불균질한 것을 관찰할 수 있다. 특히 temper로 들어가 있는 거정질의 석영, 장석 등이 경도측정의 방해요인으로 작용할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 고배율의 현미경으로 관찰해가며 기능한 기질부분에만 경도를 측정하였다.

층이 고온에서 소성되었을 때 그 경도가 태토층보다 증가하는 것을 의미한다. 즉 태토와 안료의 미소경도변화를 통해 토기성형시 산화철이 함유된 적색 토양을 표면에 바른 후에 소성 했음을 유추할 수 있다.

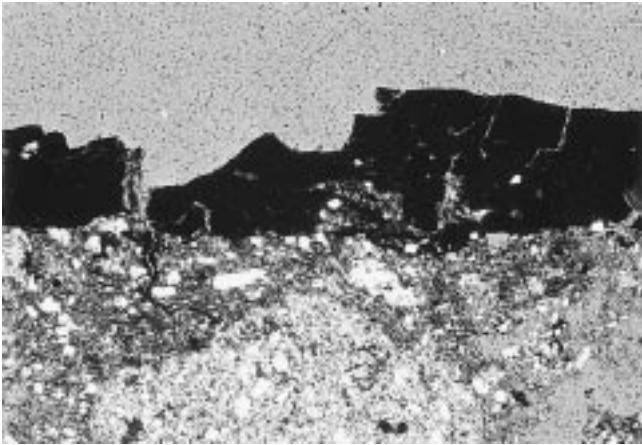


Photo 1. Pigment of sample no. 5.

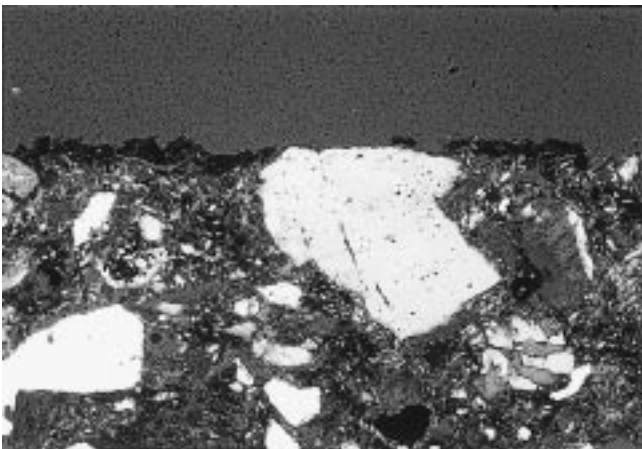


Photo 2. Pigment of sample no. 6.

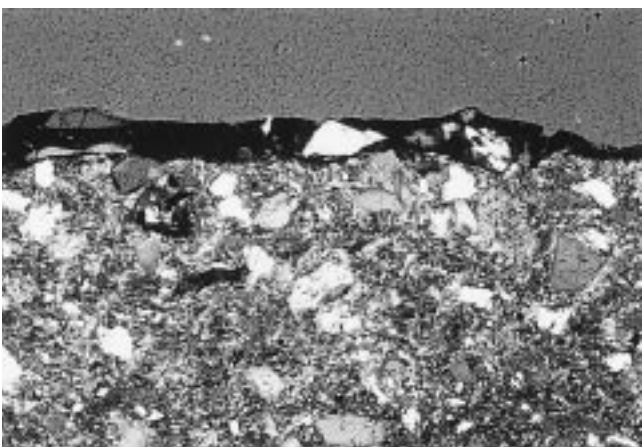


Photo 3. Pigment of sample no. 7.

V. 결 론

신석기시대의 연대도, 육지도, 범방, 동삼동, 하서리유적에서 출토된 주철토기 23점의 태토 및 안료층에 대해

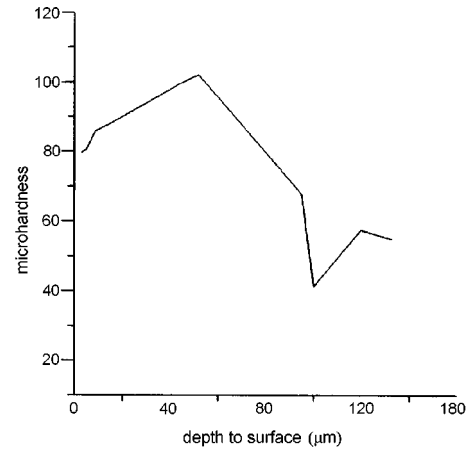


Fig. 2. Microhardness with depth for sample no. 5.

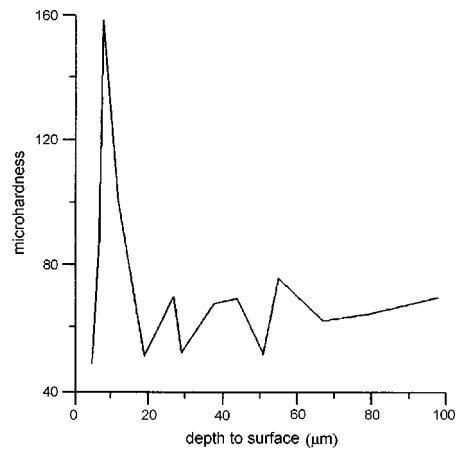


Fig. 3. Microhardness with depth for sample no. 6.

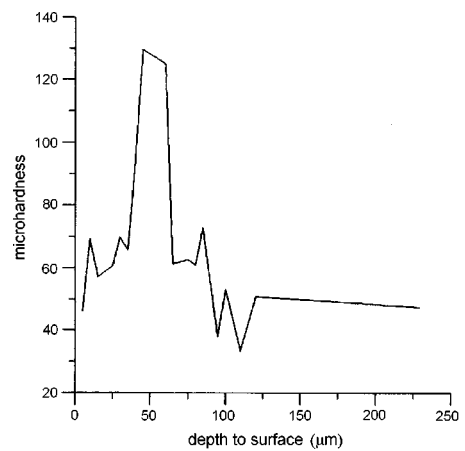


Fig. 4. Microhardness with depth for sample no. 7.

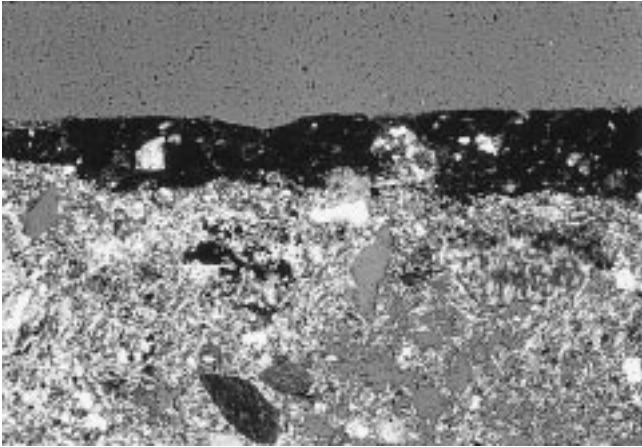


Photo 4. Pigment of sample no. 11.

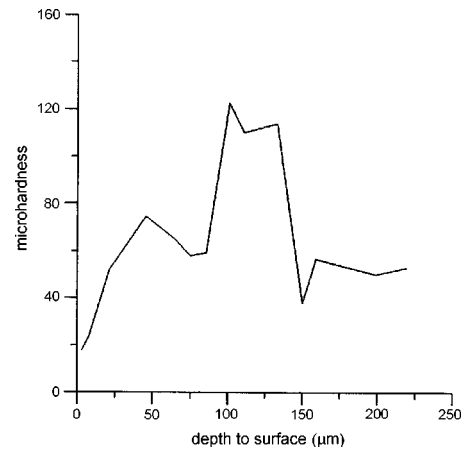


Fig. 5. Microhardness with depth for sample no. 11.

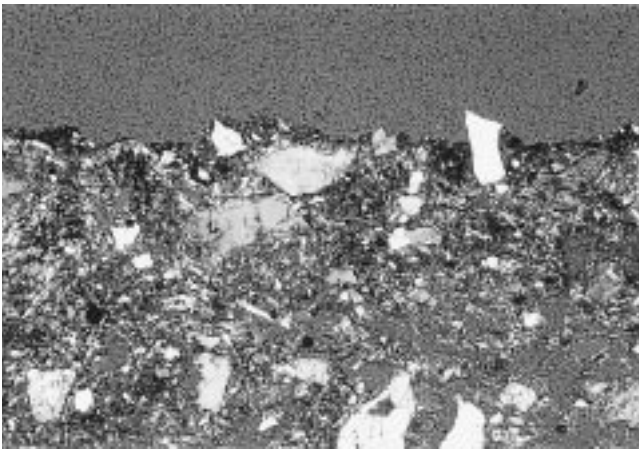


Photo 5. Pigment of sample no. 14.

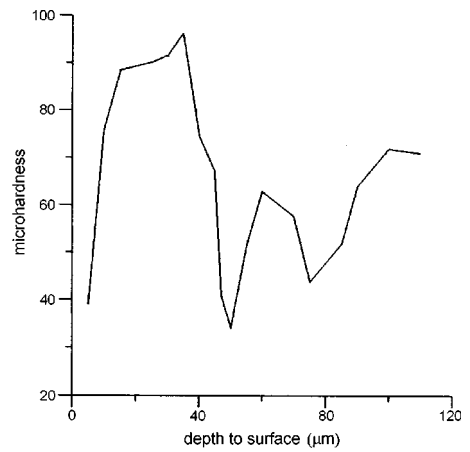


Fig. 6. Microhardness with depth for sample no. 14.

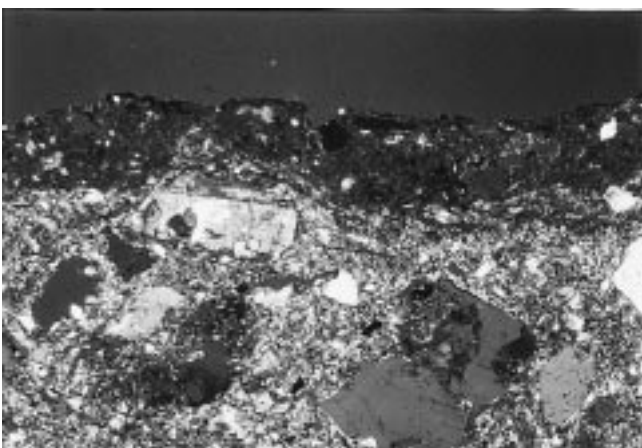


Photo 6. Pigment of sample no. 16.

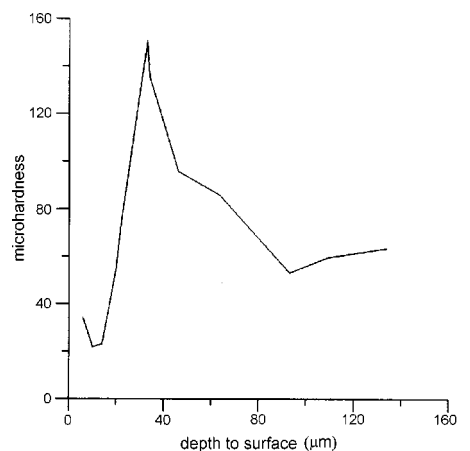


Fig. 7. Microhardness with depth for sample no. 16.

과학적인 분석을 실시하였다. 태토에 대한 정량분석은 ICP, XRF를 이용하였고, 주성분분석으로 각 시료를 분류하였다. 또한 안료층과 태토층에 대한 미소경도(microhardness)를 측정하여 토기성형 방법을 유추해 보았다.

1. 태토 분석 결과의 검토

주성분분석 결과를 통해 각 지역의 토양 특성에 따라 3개의 군(범방, 옥지도, 그리고 나머지 군)으로 구분되었다.

P_2O_5 의 경우 凡方 出土 土器에서는 거의 검출되지 않은 반면에, 欲知島 出土 土器에서는 4~6%로 비교적 높은 함량을 나타내고 있는 것이 큰 특징이다. P_2O_5 의 경우, 송국리 출토 토기의 분석⁷⁾에서도 검출된 바 있지만 본 시료의 토기분석 결과에서는 상당량이 검출되고 있어 더 연구가 필요할 것으로 본다.

2. 안료와 태토의 경도변화 비교

경도는 소성조건, 불순물의 존재, 미세구조, 표면처리 등이 그 변수로 작용하므로 높은 경도를 가진다고 해서 소성온도가 높다거나 환원환경이라고 단정할 수는 없다. 다만 본 토기시료들은 지역적 차이가 크지 않고 현미경 관찰결과에서 보듯 잘 정제된 토양이 아니므로 불순물 또는 고운 입자등의 변수보다는 소성온도나 소성조건 등과 같은 소성기술(firing technology)상의 영향이 크다고 볼 수 있다.

특히 주칠토기의 표면층부터 태토층 일부까지 5~10 μm 단위로 깊이에 따라 경도를 측정했을 때 대체로 가장 바깥 안료층의 경도가 약하고 깊이에 따라 점차로 경도가 커지다가 태토층에 닿을수록 경도가 작아지는 경향을 볼 수 있었다. 즉 산화철이 다량 함유된 안료층의 경도가 태토층보다 높는데 이는 산화철이 점토의 소결을 낮은 온도에서 가능케 한 것으로 생각되며, 토기

성형 시 산화철 함량이 높은 토양(안료)층을 표면에 바른 후 소성하였을 가능성을 제시해 주고 있다.

VI. 사 의

본 주칠토기분석 과정에서 시료제공 및 1차 분석시 공동연구를 수행해 주신 국립중앙박물관 고고부의 임학중선생님께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 유혜선, 『고대토기의 물리 및 화학적 특성에 의한 분류』, 성신여자대학교 대학원 석사학위청구논문 (1994)
2. 임학중, 「新石器時代 朱漆土器 三例」 考古學誌, 第10輯, 韓國考古美術研究所 (1999)
3. Rice P.M., 『Pottery Analysis ; a source book』 the University of Chicago (1987)
4. 임학중, 유혜선, 장성윤, 「신석기시대 주칠토기의 과학적 분석」, 考古學誌 第11輯, 韓國考古美術研究所 (2000)
5. 최성락, 이철, 김승원, 전권수, 강형태, 「다변수분석법에 의한 고대 토기의 분류」 Journal of Korean Society of Analytical Science, Vol. 4, No. 2 (1991)
6. A. C. D. Newman, 『Chemistry of Clays and Clay Minerals』, Mineralogical Society (1987)
7. 조현중·양삼렬, 「송국리유적의 토기분석」, 『新岩里 I』, 국립박물관 고적조사보고 제20책, 국립중앙박물관 (1998)