

고대토기의 산지 및 소성온도에 관한 광물학적 연구

장성윤¹⁾ · 이수정¹⁾ · 문희수¹⁾ · 이기길²⁾

1. 서론

토기는 유적 발굴시 가장 많은 양을 차지하는 고고학적 자료로서 다양한 퇴적환경에서도 잘 보존되고, 시대별 특징을 잘 반영하고 있어 한 문화를 대표하는 유물이라 할 수 있다. 그동안 고고학분야에서 토기의 기형, 문양 및 용도에 따른 형식학적 연구가 진행되어 왔으나, 자연과학적 분석방법으로 토기의 제작기술 및 산지(産地)를 밝히려는 노력이 점차 늘고 있다. 특히 산지추정은 토기분석의 중요한 목적 중 하나로서, 화학조성이 유사한 토기는 동일한 산지에서 제작되었다는 가정 하에, 원료채취지역 토양의 지질학적 특성에 따라 그 산지를 구분하고 토기의 이동경로를 밝힐 수 있다. 또한 토기는 토양을 재료로 고온에서 구워지므로 그 광물학적인 상의 변화 등을 관찰하여 소성온도를 유추할 수 있다.

본 연구에서는 전남 영광, 광주, 순천지역의 원삼국시대 토기와 제주도지역 신석기시대 토기 총 63점과 산지 토양을 선정하였다. 시료의 주원소 함량과 희토류원소를 포함하는 미량 원소 함량을 중성자방사화분석(NAA)과 X선형광분석(XRF)으로 결정한 후, 통계분석을 실시하였다. 광물조성 및 열적 특성은 X선회절분석(XRD)과 열중량-시차열분석(TG-DTA)으로 결정하였으며, 화학분석 결과와 함께 토기의 산지 및 소성온도 유추의 기본자료로 사용되었다.

2. 연구방법

전남 영광 군동유적에서 출토된 토기 17점, 광주 치평동 유적에서 출토된 토기 16점, 순천 월평유적에서 출토된 토기 24점, 제주도에서 출토된 토기 6점과 지역 토양을 연구 대상으로 하였다.

중성자방사화분석은 La, Nd, Dy, Cr, Zr, Tb, Sm, Yb, Ce, Co, Eu, Lu, Sc의 13원소에 대해 실험용 원자로 하나로(24MW, 중성자속 2.81×10^{13} n/cm²·sec)를 중성자선원으로, 감마선 계측은 HPGe가 부착된 8000채널 파고 분석기(EG&G ORTEC MCA SYSTEM, USA)를 사용하였다. 통계처리는 SPSS(Statistical Package for the Social Science)를 사용, 판별분석 및 주성분분석을 하였다. X선형광분석(PW2404, Philips)으로 주원소 분석을 실시하였으며, 흑연단색화장치가 부착된 MXP 18A Rint-2500 X선회절분석기(MacScience, Japan)를 사용하여 Cu-K α 선, 전압 40kV, 전류 30mA, 주사속도 2 °2 θ /min로 2-45° 2 θ 구간에서 측정하였다. 시차열분석은 TG-DTA 2000S(MacScience, Japan)를 이용, 백금용기에서 승온속도 20°C/min로, 1100°C까지 공기 중에서 가열하여 최고 온도에서 1분간 유지하였고, 표준물질로는 α -Al₂O₃를 사용하였다.

3. 연구결과 및 토의

1) 연세대학교 지구시스템과학과(fkite@yonsei.yonsim.ac.kr)

2) 조선대학교 인문과학대학 역사철학부

1) 화학분석

분석에 사용한 8개 원소에 대한 시료의 중성자방사화분석 결과, 제주도 토기 및 토양은 다른 지역보다 높은 Co 함량, 낮은 Sm, Ce 함량을 보였고, 순천 토기 및 토양은 높은 Yb, Co, Sc 함량을 보였다. 각 연구지역별 주성분분석 결과, 토기와 토양이 같은 영역에서 도시되어 그 지역의 토양을 이용하여 토기를 제작하였음을 추정할 수 있다. 또 지역별로 구분한 토기와 토양이 서로 같은 영역을 가지는 group인지, 그 정확도와 기여원소를 확인하기 위하여 분석원소를 종속변수로, 영광, 순천, 광주, 제주의 4개 지역을 독립변수로 놓고 판별분석하였다(Fig. 1). 영광의 토기 및 토양은 81.5%, 순천의 경우 96%, 광주의 경우 83.3%, 제주의 경우는 100%의 정확도를 보였고, 판별에 기여한 원소는 Co, Cr, Sc, Ce, Lu, La, Yb, Zr의 순이었다. 제주도 토기시료의 경우 현무암 기원인 제주도 토양의 독특한 특성 때문에 순천, 광주, 영광 토기들과는 구분된다. 순천, 영광, 광주 토기의 판별분석 결과, 재료의 유사성, 매장 후 풍화 등과 같은 요인의 영향이 크기 때문에 명확한 분류가 어려운 것으로 판단된다. 토기와 토양의 주성분분석 결과도 미량성분 분석결과와 유사한 비교를 보인다. 연구지역별 토양과 대표적인 토기의 주성분인 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 에 대한 X선 형광분석 결과, 제주도 토양과 토기는 높은 Al_2O_3 , Fe_2O_3 함량 때문에 다른 지역과 차이를 보이고, 순천 토양, 토기의 경우에도 영광, 광주의 토양, 토기와는 구분됨을 알 수 있다. 결국 그 지역의 토양을 토기제작에 사용했으며 토양의 지질학적인 특징으로 인해 토기의 화학성분이 지역마다 다를 수 있다.

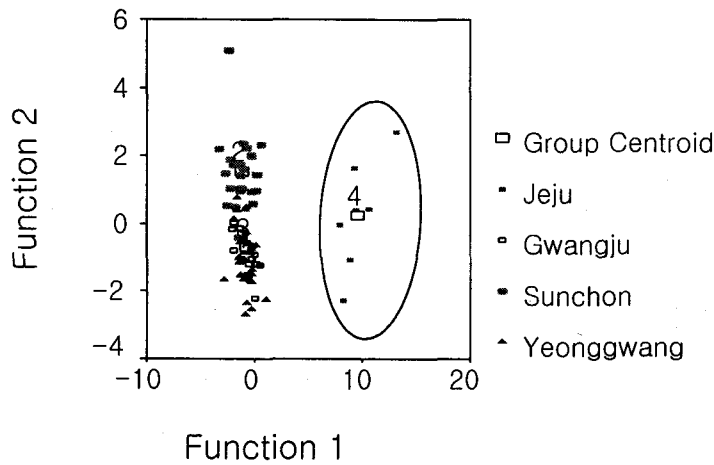


Fig. 1. Discriminant function diagram for study areas using 13 elements analyzed by NAA, showing that Jeju is distinguished from the other areas by function 1.

2) 광물조성 및 열적 특성

XRD와 TG-DTA분석에 의한 광물조성은 Fig. 2와 같다. Fig. 2는 지역마다 대표적인 토기시료의 XRD분석결과를 나타낸다. 제주지역 토기의 강한 적철석 피크와 순천, 광주지역의 강한 운모 피크는 지역마다 다른 토양광물의 차이를 보여준다. 그러나 고온에서 구워지면서 일부광물은 소멸 및 생성되어 지역적인 특징이 사라지지만 소성온도를 추정할 수 있는 근거를 제공한다. 특히 영광 토기들의 경우 토기 가마와 함께 출토되어 가마에서 고온 소

성되었음을 추정할 수 있는데, 물라이트가 새로이 생성되었음도 이를 뒷받침하고 있다. GDPU2-1의 경우 mica와 함께 feldspar peak도 사라지고 mullite의 강한 peak를 보여 비교적 높은 온도에서 소성하였음을 알 수 있다.

TG-DTA분석에서 870-900°C 구간의 발열피크가 관찰되는 시료들은 900°C 이하의 온도에서 소성되었을 것으로 유추할 수 있으나, 토기의 소성이 비평형상태에서 이루어진 점과 지하 매장환경에서의 풍화효과 등을 고려하여 보다 정확한 연구결과를 얻기 위한 연구가 진행 중이다.

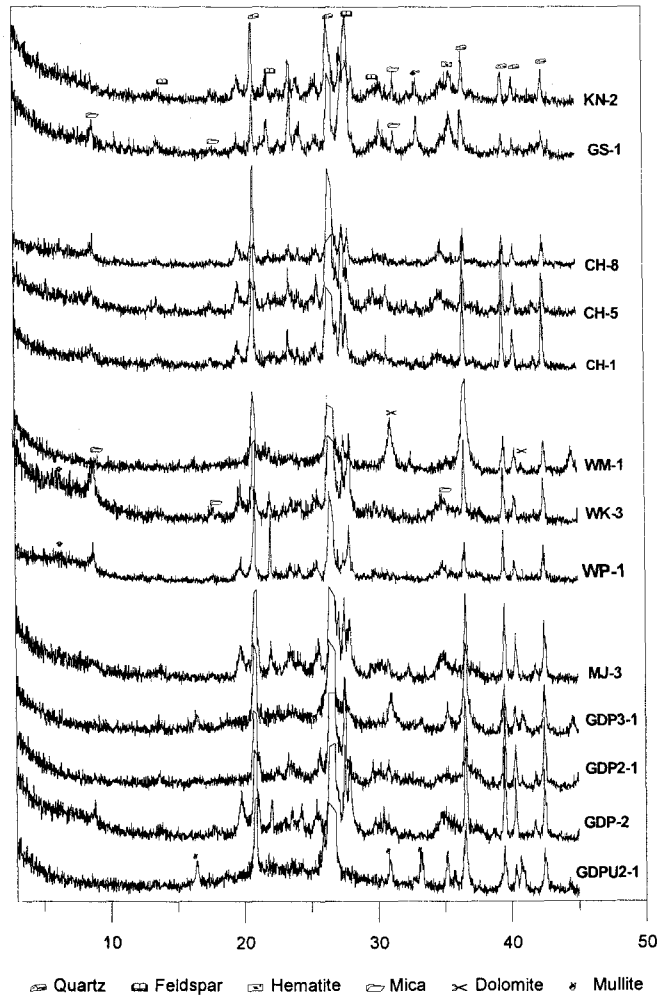


Fig. 2. Representative X-ray diffraction patterns of pottery samples ; GDPU2-1, GDP-2, GDP2-1, GDP3-1 and MJ-3 from Yeonggwang ; WP-1, WK-3 and WM-1 from Suncheon ; CH-1, CH-5 and CH-8 from Gwangju ; GS-1 and KN2 from Jeju.

3. 결론

전남지역과 제주 일부지역 고대토기를 대상으로 화학성분 분석과 광물 및 열분석한 결과 각 토기들은 그 지역의 주변토양을 토기제작에 사용한 것으로 생각되며 토양의 지질학적 특징에 따라 토기의 화학성분 및 광물상이 지역마다 차이를 유추할 수 있었다. 그러나 고온 소성과정에서 적철석, 운모, 장석 등이 소멸되거나 물라이트 등이 생성되므로 광물상이 토기의 소성온도를 유추할 수 있는 수단이 될 수 있음을 확인하였고 특히 영광지역의 일부 토기들이 그 광물상으로 미루어 고온에서 소성되었음을 알 수 있었다.