

경남 진해시 두동리도요지 출토 백자의 과학기술적 분석 연구

고민정, 김규호, 김지태*, 이영은**, 고경신**

공주대학교 문화재보존과학과 고고화학연구실, * 경남발전연구원 역사문화센터,

** 중앙대학교 자연과학대학 화학과, 일반대학원 과학학과

A Scientific Study of White Ware from Kiln Sites at Doodong-ri in the Province of Kyongsangnam-do

Min-Jeong Koh, Gyu-Ho Kim, Ji-Tae Kim*, Young-Eun Lee**,
Kyong-Shin Koh**

*Department of Cultural Heritage Conservation Sciences, Kongju National University,
Kongju 314-701, Korea*

** Center of History and Culture Kyongnam Development Institute, Masan 631-210, Korea*

*** Department of Chemistry, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea*

I. 서론

경상남도 진해시 두동리요지는 2002년 6월~11월에 경남발전연구원이 발굴한 지역으로 분청사기에서 백자로 이행한 임진왜란 이전인 조선시대 전기의 가마터로 알려져 있다.¹⁾ 이 요지에서는 분청사기, 회청사기, 백자, 흑유자기, 제기, 용기 등 다양한 종류의 자기가 출토된 것으로 발굴조사 결과 확인된 바 있다. 출토 자기 편 의 특징 중에 하나는 백자가 경질백자와 연질백자로 뚜렷하게 구분된다. 연질백자는 다른 지역에서 나타나지 않은 독특한 태토의 특징이 관찰되는데, 이는 지역적인 사용 원료에서 기인하는 것으로 추정하고 있다.

본 연구에서는 두동리요지 출토 경질백자와 연질백자에 대하여 과학기술적

- 1) a. 「진해 웅천 자기요지 (I) -진해시 웅동면 두동리 웅천 자기 요지 시굴조사 약보고서-」, 진해시·경남발전연구원 역사문화센터, 2001.
- b. 「진해 웅천 자기요지 지도위원회 자료집」, 경남발전연구원 역사문화센터, 2002.

분석을 통한 비교 자료를 검토하고자 하였다. 과학기술적 분석은 색도, 비중, 흡수율, 기공률 등 물리적 방법과 함께 태토와 유약의 조성 성분을 통한 화학적 방법으로 구분하여 측정하고 이를 통한 분류 기준을 제시하고자 하였다. 또한, 태토 및 유약의 반사도를 측정하여 제작 당시의 조성분위기를 추정해 보았다.

II. 시료 및 분석방법

분석 시료는 육안 관찰에 따라 경질백자와 연질백자를 구분하여 각각 5점씩 선정한 다음, 다음의 분석 방법으로 측정하였다. 색도 및 반사도는 분광측색계 (Minolta, CM-2500d)를 이용하여 측정하였고 태토의 비중, 흡수율 및 기공률은 비중측정기(GX-13)를 부착한 디지털저울(GX-200)을 이용하였다. 태토의 조성은 X-선형광분석기(XRF, X-ray Fluorescence Sequential Spectrometer, Model: Philips Inc. PW2404 , WD-XRF)를 이용하여 Rh target으로 30 keV/100 mA(단, Mn 및 Fe : 60 keV/50 mA) 측정 조건에서, 유약 조성은 에너지분산형분광분석기(EDS: Energy Dispersive Spectroscopy, Model: OXFORD 6025EDS)가 부착된 주사전자현미경(SEM: Sanning Electron Microscope, Model: JEOL SUPERPROBE JXA-8600SX)으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

육안으로 관찰되는 경질백자 태토의 색상은 주로 회백색이고 연질백자의 태토 색상은 황백색으로 나타난다. 이를 명도(L^*) 및 채도(a^* , b^*)의 색도로 측정 한 평균 수치로 표시하면 경질백자의 경우, 태토는 $L^* = 79.46(\pm 3.52)$, $a^* = -0.20(\pm 0.86)$, $b^* = 2.50(\pm 2.28)$ 이고 유약은 $L^* = 72.06(\pm 3.09)$, $a^* = -0.40(\pm 1.43)$, $b^* = 9.52(\pm 2.24)$ 이다. 반면에 연질백자의 경우, 태토는 $L^* = 84.09(\pm 5.21)$, $a^* = -1.64(\pm 0.72)$, $b^* = 12.91(\pm 2.24)$ 이고 유약은 $L^* = 74.12(\pm 4.67)$, $a^* = 5.52(\pm 1.04)$, $b^* = 19.89(\pm 1.20)$ 로 측정된다. 이 결과에서 태토는 유약에 비하여 명도는 높으나 채도는 낮아지며 경질은 연질에 비하여 전반적으로 명도 및 채도가 낮다는 것을 알 수 있다. 태토의 비중, 흡수율, 기공률은 경질백자가 2.29(± 0.05), 1.80 %(± 1.88), 3.88 %(± 4.00)이고 연질백자가 2.40(± 0.04), 10.9(± 3.1), 20.5 % (± 5.2)로 흡수율과 기공률에서 뚜렷한 차이가 나타나며 이와 같은 물리적 특성은 경질

과 연질에 대한 객관적 분류 기준으로 제시될 수 있다. 태토와 유약 조성은 그 결과를 제계르식으로 계산하고 평균값으로 나타내면 다음과 같다. 경질 태토는 RO_2 와 $RO+R_2O$ 가 각각 7.663과 0.460인 반면에 연질 태토는 5.570과 0.275로 분류되며 이 결과에서 사용 원료가 차이가 있음을 알 수 있다. 그러나 유약에서는 경질과 연질은 뚜렷한 구분이 없이 RO_2 와 R_2O_3 가 각각 2.392~4.517와 0.295~0.674 범위에 고루 분포하는 양상으로 유약보다는 태토에 따라 경질백자와 연질백자가 구분되는 것으로 확인할 수 있다. 또한, 반사도는 산화 및 환원 소성에 따라 경향성이 다르다는 연구 결과²⁾을 바탕으로 측정된 결과에서 두동리 요지는 도편에 따라 소성 분위기는 다를 수 있지만 전반적으로 경질백자는 환원 분위기로, 연질백자는 산화분위기에서 소성된 것으로 판단된다.

그러나 경상남도지역에서 나타나는 경질 및 연질 백자의 특성은 다양한 원인 요소를 가지고 있으므로 미세구조 분석, 미량성분 분석, 소성온도 추정, 재현 실험 등 다각적인 비교 분석을 통한 검토로 밝혀야 할 연구 과제이다.

2) 高鳴廣夫, 「陶磁器釉の科學」, 內田老鶴圃, p47~61, 1994.