국보 제326호 청자 ‘순화4년’명 향아리의 과학적 보존처리

Scientific Conservation Treatment of the Celadon Jar with the Inscription of ‘the Fourth Sunhwa Year’(National Treasure No.326)

이선명^{1,*}, 권오영¹, 박종서¹, 한우림²

¹국립문화재연구소 문화재보존과학센터, ²국립가야문화재연구소 학예연구실

Sun Myung Lee^{1,*}, Oh Young Kwon¹, Jongseo Park¹, Woo Rim Han²

¹Cultural Heritage Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 34122, Korea

²Researching Department, Gaya National Research Institute of Cultural Heritage, Changwon 51430, Korea

Received August 26, 2019
Revised October 01, 2019
Accepted October 04, 2019

*Corresponding author

E-mail: choro13@korea.kr

Phone: +82-42-860-9348

Journal of Conservation Science
2019;35(5):453-469
<https://doi.org/10.12654/JCS.2019.35.5.07>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록 청자 ‘순화4년’명 향아리는 굽바닥에 명문이 새겨져 용도와 사용처, 제작자를 알 수 있는 등 초기 청자의 제작 정황을 보여주는 중요한 편년자료이다. 청자 향아리는 과거에 여러 번 수리복원 되었으나 시간이 지나면서 다양한 환경변화로 인해 처리 재료가 노화되어 균열부의 이격 및 단차가 발생하는 등 구조적 안정성이 우려되었다. 보존상태를 정밀 진단한 결과, 청자 향아리는 정면의 ‘入’자형 균열, 좌면의 ‘V’자형 결실부를 포함한 균열, 후면의 ‘J’자형 균열이 주요 손상부위로 확인되었다. 균열부는 장뇌, 건성유, 송진 등이 포함된 정제 옷을 접착제로 토분을 첨가하여 접합하고 접합선은 다시 정제 옷을 칠한 후 금분으로 표면 처리한 것을 알 수 있었다. 결실부는 석고로 복원 후 아크릴 물감으로 색맞춤하였다. 이후 수리복원 재료가 노화되어 1981년에 국립중앙박물관에서 응급처리를 실시하였는데, 균열부 보강을 위해 Cemedine C를 쓰거나 Cemedine C에 Microballoon을 첨가하여 사용하였다. 보존처리는 유물의 보존상태 진단 결과를 근거로, 과거 수리복원 재료를 제거하고 물리적으로 취약한 부분을 다시 접합복원을 통해 보강하는데 중점을 두었다. 또한 추후 전시하는데 활용될 수 있도록 복원부를 중심으로 색맞춤을 실시하였다.

중심어 순화4년, 청자 향아리, 수리복원 재료, 정제 옷, 보존처리

ABSTRACT The celadon jar with inscription of ‘the Fourth Sunhwa Year’ is an important chronology that shows the conditions of production of the early celadon due to the inscription on the bottom including its purpose, application, and the producer. This celadon jar has been restored several times in the past. However, concerns over the structural stability, such as the separation and level differences in the joined cracks, have risen because of the aging of the repair materials, which were subjected to various environmental changes over a long time. By examining the conditions of preservation, the major damage was identified as the ‘入’ shaped crack on the front, the ‘V’ shaped restored part and the crack on its left side, and the ‘J’ shaped crack on the back side. In the past, the cracks were found to be joined using a refined lacquer containing camphor, drying oil, rosin, etc. mixed with soil powder. The joint line was repainted with the refined lacquer and covered with gold powder. The missing parts were restored with gypsum and colored with acrylic color. After that, the repair materials were aged and emergency treatment was performed at the National Museum of Korea in 1981. At that time, Cemedine C or Cemedine C mixed with microballoons was used for reinforcing the cracks. Conservation treatment focused on removing the past repair materials and reinforcing the physically fragile parts by joining and restoring them based on the examination of the preservation condition. In addition, the area around the restored part was colored for future exhibition.

Key Words The Fourth Sunhwa Year, Celadon jar, Repair material, Refined lacquer, Conservation treatment

1. 서론

청자 ‘순화4년’명 항아리는 형태와 유색, 명문 등으로 주목받아 왔다. 특히 명문이 있는 완형의 청자로서 현전하는 것 중 가장 오래된 것으로 알려진다. 굽 바닥에는 「淳化四年 癸巳 太廟第一室 享器 匠崔吉會 造」라는 음각명문이 새겨져 제작연도, 기명의 용도와 사용처, 제작자를 확실하게 알 수 있으므로 초기 청자를 대표하는 유일한 편년 자료이다. 또한 이 청자 항아리는 황해남도 배천군 원산리 가마터에서 출토된 ‘순화’명 파편들과 비교하여 고려왕실 제기 생산의 다양한 제작 여건이 추가로 밝혀지면서 향후 북한 지역 청자 가마터와 비교 연구를 통해 우리나라 청자 발달사를 밝히는데 매우 중요한 유물로 평가되고 있다.

청자 항아리는 과거에 수리복원되었던 것인데, 시간이 지나면서 다양한 환경변화로 인해 처리 재료가 노화되어 균열부의 이격 및 단차가 발생하는 등 구조적 안정성이 우려되는 상태였다. 소장처인 이화여자대학교 박물관의 유물점검 결과, 이 유물은 구조적으로 불안정한 상태로 유물을 취급하기 어려워 연구뿐만 아니라 전시 활용에도 어려움이 있었다. 따라서 과학적 조사를 통한 보존상태 파악 및 보존처리를 통한 구조 안정화의 필요성이 제기되었다.

우리나라의 도자기 보존처리는 구한말까지 전통적인 수리 기술이 진행되어 오다 일제 강점기 이후부터는 재화적인 가치에 중점을 두고 진행된 상업적인 도자기 수리복원이 성행하였다. 특히 일제 강점기 이후에는 수리복원을 담당하는 사람은 물론 사용재료, 시기 등이 비공개적으로 진행되어 수리복원 전반에 대한 정확한 사실을 알 수 없는 경우가 많다. 이후 1975년도에 이르러 도자기 수리복원이 국립박물관과 연구소 등과 같은 기관에서 본격적으로 이루어지면서 보존규범에 입각한 처리방법과 유물에 안정한 것으로 검증된 합성수지를 적용하여 수리복원이 이루어지고 있다(Yang and Seo, 2011).

도자기 보존처리 연구는 2000년대 들어 활발히 이루어지기 시작했는데, 출토 및 출수, 전세 유물을 대상으로 처리방법 및 재료의 적용에 초점을 맞춘 보존처리 사례 연구가 꾸준히 보고되고 있다(National Museum of Korea, 2007; 2013; Park, 2007; Park *et al.*, 2011b; Lee and Yun, 2007; Lee *et al.*, 2010). 그 밖에 도자기의 손상특성, 오염물 제거 기술, 접착제와 복원제의 물리적 및 화학적 특성 연구와 같이 보존처리 기술 및 재료 연구가 진행되어왔다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2011; 2016; Jang *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2011a; Nam *et al.*, 2012).

최근에는 4차 산업혁명에 발맞춰 수작업에 의존해왔던

도자기 보존처리에 3D 영상 복원 및 프린팅 기술을 적용하는 시도를 하고 있다(Lee and Wi, 2015) 또한 기존에 사용했던 합성수지 접착제 및 복원제의 황변과 가역성, 작업성 등의 문제점을 개선하기 위한 새로운 복원재료의 개발과 적용성 연구가 보고되고 있다(Kim *et al.*, 2014; Oh *et al.*, 2015; Han *et al.*, 2018).

도자기 보존처리는 초창기 손상된 상태에서 보존처리하는 경우가 많았다면 최근에는 기존에 처리된 유물의 재처리 수요가 점차 늘고 있다. 재처리 유물은 보존상태와 함께 수리복원 재료 및 방법을 파악하는 것이 매우 중요하다. 그러나 기관에서 본격적으로 보존처리가 이루어진 1975년 이전에 수리복원된 것들은 과거 수리복원에 대한 기록이 남아 있는 것보다 없는 경우가 태반이다. 따라서 재처리 유물의 과학적 보존을 위한 수리복원 재료 및 방법에 대한 과학적 조사와 이를 바탕으로 한 합리적인 재처리의 필요성이 제기되고 있다.

이 연구에서는 체계적인 보존처리를 위해 처리 전 및 처리 과정에서 UV 조사, X-선 형광분석, 적외선분광분석 등 다양한 보존과학적 조사를 실시하여 유물의 보존상태를 파악하고 과거 처리재료를 확인하였다. 보존처리는 과거 처리재료를 제거하고 물리적으로 취약한 부분을 접합·복원을 통해 보강하는데 주력하였다. 또한 추후 전시하는데 활용될 수 있도록 복원부를 중심으로 주변과 유사하게 색맞춤을 실시하였다. 보존처리 과정 및 조사 내용은 추후 전시와 보존관리에 활용할 수 있도록 체계적으로 기록하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1. 연구대상

청자 ‘순화4년’명 항아리는 높이가 356 mm, 무게가 4,100 g으로, 구연부가 넓고 직립되어 있으며 어깨에서 조금씩 벌어져서 둥근 몸통을 이루다가 저부로 갈수록 좁아진 형태를 보인다(Figure 1). 구연부의 입지름은 최소 184 mm, 최대 201 mm이고 어깨 부분의 너비는 최소 246 mm, 최대 256 mm로 구연부와 어깨 부분, 동체부 전반적으로 횡단면이 정형화된 원형이라기보다는 한쪽 편으로 벌어져 비정형화된 모습을 보였다. 표면에는 문양이 없고 유색은 담록빛을 띠는 회갈색 계열로, 일부 옆면에는 유약이 흘러내린 자국이 남아 있는 등 시유상태가 고르지 않고 전면에는 미세한 유병열이 있다. 내면에는 테쌍기의 흔적이 확인되어 도기식 성형법으로 제작된 것임을 알 수 있고 굽다리에는 얇은 내화토 받침 자국이 나있다.

Figure 1. Shape and feature of the celadon jar.

Figure 2. C · T Image analysis result of celadon jar.

C · T 영상을 분석한 결과, 본 구연부 및 동체부의 기벽 두께는 3.7~13.6 mm의 범위를 보이고 굽바닥은 최대 9.5 mm를 나타냈다. 또한 종단면상에서 곳곳에 기공이 다수 분포하고 있는 상태로 최대 직경 10.5 mm에 달하는 내부 결함도 확인되어 재료 자체의 물성이 다소 취약한 편이었다(Figure 2).

청자 항아리는 조선충독부 초기에 이미 보물로 지정된 것으로 당시 모습은 유리건판 사진 자료로 확인할 수 있다. 이 유물은 이후에 일본인 수집가와 골동상 등을 거쳐 1957년 이화여자대학교 박물관에 수장되었다. 1963년에는 중국 당나라 후기 5대의 중국 월주 청자의 여운을 짙게 풍기고 있으며 고려 청자가 만들어진 초기 상황을 밝히는 가장 확실한 유물로 가치를 인정받아 보물 제237호로 지정되었다(Cultural Heritage Administration,

2019). 이후 1989년에서 1990년 북한 사회과학원 고고연구소가 황해남도 배천군 원산리 청자 가마터에서 ‘순화 3년(고려 성종 11년)’ 이란 명문이 새겨진 청자를 발견했다고 발표되면서 제작지가 확실해지고 유물의 가치가 더 명확해졌다.

청자 항아리는 2011년과 2015년에 국가지정문화재 보존관리 모니터링의 일환으로 실시한 정기조사 결과, 균열부의 수리복원 흔적이 있으나 보존상태가 양호하다는 의견이 있었다. 그러나 이후 소장처인 이화여자대학교 박물관의 유물 자체 점검에서 균열부 수리복원 재료의 노화로 인해 구조적 안정성이 우려되고 취급이 어려워 전시 활용에도 어려움이 있음이 인지되었다. 따라서 안전한 보존관리를 위해 보존상태 정밀조사와 유물의 구조적 안정화의 필요성이 대두되었다.

2.2. 연구방법

이 연구에서는 청자 ‘순화4년’명 향아리를 대상으로 손상상태, 수리복원 상태 및 재료를 과학적으로 조사하고 이를 바탕으로 유물에 적합한 보존처리 방법과 재료를 선정하여 체계적으로 보존처리를 실시하였다.

처리 전 보존상태를 파악하기 위해 제원조사를 실시하고 유물 표면의 손상 및 수리복원 상태를 살펴보기 위해 정밀 육안관찰과 함께 실체현미경 관찰을 실시하였다. 여기에 이용된 기기는 휴대용 현미경 Scalar DG-3(JPN)이다. 이 유물은 재처리 유물로 수리복원 상태와 함께 기존에 사용된 수리복원 재료의 파악이 매우 중요하였다. 육안으로 확인하기 어려운 수리복원 부위의 상태와 범위를 파악하기 위해 자외선(uviolet ray, UV) 조사를 실시하였다. 자외선 조사는 암실조건에서 촬영용 스트로브에 자외선 필터(UV-Vorsatz 33.626.00, Broncolor, CHE)를 장착하고 촬영하여 이미지를 획득하였다.

도자기는 입체적인 형태로 내부 구조 및 상태를 파악하는데 있어 2차원 보다는 3차원 영상분석이 매우 효율적이다. 이 연구에서는 고분해능 X-선 미세단층 촬영장치(computed tomography, C·T)(X-eye 7000B, Sec, KOR)를 이용하여 디지털 영상을 획득한 후 3차원적으로 내부 구조 및 상태를 파악하였다. 촬영 조건은 130 kVp, 0.5 mA, 2 sec, average 2, projection 720회이다.

수리복원 재료 및 방법은 처리 전 및 처리 과정에서 비파괴적으로 조사하거나 수리복원 재료를 미량 수습하여 유기 및 무기 분석을 실시하였다. 보존처리 전 수리복원 재료를 파악하기 위해 비파괴적인 분석 방법으로 X-선 형광분석(X-ray fluorescence spectrometry, XRF)을 실시하였다. 분석에 이용된 기기는 휴대용 X-선 형광분석기(portable X-ray fluorescence analyzer, P-XRF)로 Olympus Innov-X DELTA(USA)를 이용하였고 분석조건은 40 kV, 100 μ A, spot size 300 μ m이며 Rh Target을 사용하였다.

보존처리 과정에서는 세척작업 시 주요 균열부위를 중심으로 노화된 접착재료를 분석용 시료로 수습하였다. 수습한 시료는 실체현미경으로 미세적 형태 및 특징을 확인하였다. 이를 위해 이용된 기기는 Stemi 2000C(Carl Zeiss, DEU)와 Axio Imager.A2m(Carl Zeiss, DEU)이다. 또한 시료의 미세조직 및 반정량적 성분분석을 위해 에너지 분산형 성분분석기(energy-dispersive X-ray spectroscopy, EDS)(X-MAX^N, Oxford, JPN)가 부착된 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)(JSM-IT300, Jeol, JPN)을 사용하였다. 분석용 시료는 Pt/Pd로 10 mA에서 90초간 코팅을 실시하였고 분석은 20 kV, probe current 60, working distance는

10 mm로 맞추어 실시하였다.

수리복원 재료 중 유기질의 경우 재료의 전반적인 스캐닝을 위해 적외선분광분석(Fourier transform infrared spectroscopy, FT-IR)을 실시하였다. 여기서는 감쇠전반사법(attenuated total reflection, ATR)을 사용하였고 이용된 기기는 Diamond crystal이 갖춰진 적외선 분광기(Nicolet iS5, Thermo Fisher Scientific, USA)이다. 분석 범위는 4000~600 cm^{-1} , 분해능 4 cm^{-1} , 스캔횟수는 62회이다.

정밀한 유기 분석을 위해 열 보조 가수분해 및 메틸화-열분해/가스크로마토그래피/질량분석법(thermally assisted hydrolysis and methylation-pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry, THM-Py-GC/MS)으로 분석을 실시하였다. 열분해장비(pyrolyzer)는 PY-3030D 모델(Frontier Lab, JPN)을, 가스크로마토그래피/질량분석기(GC/MS)는 7890A GC/5975C MSD 모델(Agilent, USA)을 사용하였다. 청자 향아리 접착제 시료와 함께 대조 시편으로 건조 옷 시료를 0.2~0.4 mg 취하여 열분해용 컵에 담고 tetramethylammonium hydroxide solution 10 μ l를 열분해용 컵에 추가 하였다. 열분해용 컵에 담긴 시료를 열분해장치 속에 투입 하여 500°C에서 12초간 열분해한 후 분해산물을 GC/MS를 이용하여 온라인으로 분석하였으며, 분석 조건은 다음과 같다.

분석칼럼은 DB-1HT column(100% dimethylpolysiloxane, 30m $\times$ 0.25 mm id, 0.10 μ m film thickness)을 사용하였고, 50°C에서 3분 유지 후 300°C까지 10°C/분의 속도로 승온한 후 5분간 유지하여 총 33분 동안 분석하였다. 이동상 기체로 헬륨(0.5 ml/분)을 사용하였고, split ratio는 100:1이었다. 검출은 질량분석기(MSD)를 사용하였으며, 질량 분석기 조건은 다음과 같다. MS transfer line temp. (280°C), MS ion source temp.(230°C), MS quadrupole temp.(150°C), mass range(m/z = 33~550). 데이터의 획득과 해석은 ChemStation software(Agilent Technologies, USA)를 사용하였으며, 화합물 규명은 NIST library와의 매칭을 통해 이루어졌다.

보존처리 과정에서 수습한 무기질 미세 편은 미소부 X-선 형광분석을 실시하여 비파괴적으로 성분분석을 하였다. 이용된 기기는 Eagle 3-XXL(EDAX, Inc., USA)이며 분석은 Rh target, 40 kV, 400 μ A, spot size는 300 μ m를 사용하였다.

보존처리에서는 보존상태 진단 결과를 바탕으로 처리 단계별 적합한 보존처리 재료와 방법을 선정하기 위해 재료특성 파악 및 적용성을 고려하였다. 또한 과학적 조사 및 처리과정은 체계적으로 기록하였다.

3. 보존상태 조사 분석

3.1. 표면손상 상태

청자 항아리 표면 상태를 정밀 육안 및 실체현미경으로 관찰한 결과, 유약층은 매우 얇은 편으로 대부분 미세 토양

등에 의해 빙렬이 오염된 상태였다(Figure 3A, B). 곳곳에서 다양한 형태의 스크래치가 확인되었고 일부에서는 유약층이 박락되고 박락된 표면은 오염된 모습을 보였다(Figure 3C~F). 이 유물은 정면의 '入' 자형 균열, 좌면의 'V' 자형 결실부를 포함한 균열, 후면의 구연부에서 저부로 이어지는 'J'자형 균열이 주요 손상부위로 확인되었다

Figure 3. Crackle glaze pollutant and exfoliation of celadon jar. (A) Crackle glaze layer in good condition, (B) Pollutant condition in crackle glaze, (C, D) Scratch on the crackle glaze surface, (E) Exfoliation of crackle glaze and (F) Exfoliation and pollutant of crackle glaze.

Figure 4. Surface damage of celadon jar. (A) '入' shaped crack on the front, (B) 'V' shaped restoration and crack part on the left side, (C) 'J' shaped crack on the left and back side, (D) Crack on the bottom and (E) Crack leading from bottom to lower part of the celadon jar.

(Figure 4A-C). 굽바닥에는 저부로 이어지는 균열과 함께 일부에서 미세 편이 탈락된 모습을 보였다(Figure 4D, E). 특히 균열 부위를 중심으로 접합 및 복원된 모습을 보이거나 표면 채색처리를 통한 색맞춤으로 기존의 처리 부위를 육안으로 명확히 확인하는데 어려움이 있었다.

3.2. 수리복원 상태

과거 수리복원 상태 및 범위를 보다 명확하게 파악하기 위해 자외선 조사를 실시하였다. 이는 물질에 100~400 nm 파장대의 빛을 조사(照射)하였을 때 형광 발광하는 특성을 활용한 조사방법으로 20세기 초부터 육안으로 식별하기 어려운 보존처리 재료(석고, 합성수지, 바니쉬 등)를 비파괴적으로 검사하는데 사용되어 왔다(Hickey-Friedman, 2002). 특히 자외선 파장대 중 365 nm는 보존처리 재료로 사용된 다양한 합성수지 및 채색 재료의 형광발광에 효과적으로 문화재 상태 조사에 주로 활용되고 있다.

자외선 조사 결과, 주요 균열 부위의 분포 범위가 분명해 진 것으로, 특히 후면의 'J'자형 균열이 청자 항아리의 구조적 안정성을 위협하는 구조상 균열임을 알 수 있었다. 균열은 정면과 좌면, 후면에 집중된 모습을 보이거나 균열부

가 이어져 파손 편으로 분리되지는 않았다(Figure 5A~D). 균열부를 중심으로 접합 및 복원 후 색맞춤한 상태이나 대부분 복원부위를 넘어 본래 도자기 표면에도 채색된 모습을 보였다(Figure 5E-H). 이는 청자 항아리의 외면뿐만 아니라 내면에도 복원부위 대비 과도하게 색맞춤되어 청자 본래 색과 질감이 일부 왜곡된 모습을 확인하였다.

육안관찰 및 자외선 조사를 통해 확인된 수리복원 부위의 상태를 정밀하게 관찰한 결과, 좌면의 'V'자형 결손 부위를 채운 복원제가 노화되어 접착력을 잃은 상태로 복원제와 태토 간 이격이 발생한 모습을 확인하였다(Figure 6A). 후면의 'J'자형 균열의 경우 C·T 촬영 결과, 1 mm 내외의 이격이 발생한 상태에서 외면은 복원제로 충진 접합한 상태를 보였다(Figure 6B). 내면은 유리 섬유를 테이프처럼 재단하고 접착제로 접합하여 균열의 이격이 확장되는 것을 방지하기 위해 보강해 놓은 상태였다(Figure 6C). 그러나 'J'자형 균열부에서 이격과 함께 미세한 단차가 확인되어 구조적으로 불안정한 모습을 나타냈다(Figure 6D). 접합 및 복원된 부분뿐만 아니라 도자기 표면에 색맞춤된 곳은 곳곳에서 채색층이 들떠 있거나 박락된 모습을 보이고 일부에서는 접착제로 사용된 재료가 접합면을 따라 흘러 표면이 변질된 모습이 관찰되었다(Figure 6E, F).

Figure 5. UV examination results of celadon jar. (A) Front, (B) Left, (C) Back, (D) Right, (E) UV examination point inside the celadon jar, (F) Inside crack on front side, (G) Inside crack on left side and (H) Inside crack on back side.

Figure 6. Repair and restoration condition of celadon jar. (A) Separation between restoration material and clay on left side, (B) Gap filling condition of crack separation part on back side, (C) Joining and reinforcement condition inside crack on back side, (D) Level differences in the joined crack on back side, (E) Past adhesive exposed due to surface coloring layer exfoliation and (F) Polluted joint line by past adhesive.

3.3. 수리복원 재료 분석

청자 항아리는 재처리 유물로 기존에 사용된 접합 및 복원제를 최대한 제거해야 파손 단면의 재 접합과 복원작업이 원활하게 진행될 수 있다. 이 연구에서는 수리복원 상태와 함께 재료에 대한 파악을 통해 기존의 처리재료를 보다 효과적으로 제거하고자 하였다. 과거 수리복원 재료와 방법을 파악하기 위해 수리내역을 탐색한 결과, 1981년 국립중앙박물관에서 응급 보존처리한 기록을 확인할 수 있었다. 따라서 응급 보존처리 기록을 바탕으로 실제 유물에 사용된 재료를 미세 편으로 수습 후 분석을 통해 재료를 확인하였다. 기록으로 확인이 어려운 경우 처리과정에서 수리복원 재료를 수습하여 유·무기의 다양한 방법으로 분석 후 처리재료 및 방법을 파악하였다. 이를 바탕으로 청자 항아리의 수리복원 재료를 크게 1981년 응급 보존처리 한 것과 그 이전으로 분류하여 정리하였다.

3.3.1. 1981년 당시 수리복원 재료

1981년에 국립중앙박물관의 보존처리 기록을 살펴본 결과, 당시 청자 항아리의 처리 전 상태는 표면의 채색층이 변색되거나 박락된 상태로 기재되었다. 또한 구연부의 결실된 부분은 석고로 복원된 상태였으나 틈이 벌어져 있었고 구연부에서 저부에 이르는 후면의 균열은 다시 1 mm 정도로 이격되어 벌어져 있었다고 기록되었다.

이 같은 상태에서 보존처리는 석고로 결실부를 복원한

부분의 경우 변색된 표면의 채색층을 Acetone과 Toluene으로 제거 하였다. 또한 이격에 의한 틈 부분은 Cemedine C에 갈색 Microballoon을 첨가하여 충전 접합 후 아크릴 물감으로 다시 색맞춤을 하였다. 후면 균열부 이격은 기존의 접착제를 Acetone을 이용하여 물리적 방법으로 제거하고 셀룰로오스계 수지인 Cemedine C에 갈색 Microballoon을 첨가하여 외면을 메움처리하였다. 균열부의 내면은 Glass wool을 테이프처럼 재단한 후 Cemedine C로 균열부를 가로질러 접합하였다. 마지막으로 복원부위 표면은 아크릴 물감을 이용하여 재 채색하였다.

보존처리 기록 카드에는 처리재료 및 방법과 함께 차후 본격적인 재처리를 할 수 있도록 간이 처리하였으며 사용된 재료는 제거가 용이한 재료를 사용했다고 기재되어 있다. 1981년 당시 사용한 접착재료를 확인하기 위해 간이 처리 당시 사용한 접착제를 일부 미세 편으로 수습하여 FT-IR로 분석하였다. 이 결과, $3,600\sim 3,200\text{ cm}^{-1}$ 의 넓은 영역의 파장범위에서 나타나는 -OH 흡광피크가 확인되었고 $3,100\sim 2,800\text{ cm}^{-1}$ 부근의 C-H stretch, $1,660\sim 1,625\text{ cm}^{-1}$ 부근의 N-O stretch, $1,480\sim 1,300\text{ cm}^{-1}$ 부근의 C-H stretch, $1,285\sim 1,270\text{ cm}^{-1}$ 부근의 N-O stretch, $1,300\sim 900\text{ cm}^{-1}$ 부근의 C-O bending, $890\sim 800\text{ cm}^{-1}$ 부근의 N-O bending이 확인되었다. 이를 통해 대부분의 결합피크의 위치와 세기가 셀룰로오스계 수지인 Cemedine C와 동일하여 적용된 재료가 보존처리 기록과 같음을 확인하였다(Figure 7).

3.3.2. 1981년 이전 수리복원 재료

표면세척 과정에서 기존의 채색층을 제거하고 청자 하아리의 실제적인 복원부 상태가 노출되면서 1981년 이전에 사용된 수리복원 재료가 확인되었다. 수리복원 재료는 크게 균열부에 적용된 접착재료와 결손부에 적용된 복원 재료로 나뉘었다.

표면세척 시 정면, 좌면, 후면의 주요 균열부에서 접착제 시료를 수습 후 마운팅하고 실체현미경으로 관찰하였다. 모든 시료가 형태에 있어 차이를 보이나 크게 3개의 층위를 나타내는 것을 알 수 있었다(Figure 8A). 보다 정밀하게 파악하기 위해 정면 균열부에서 수습한 접착재료를 주사전자현미경을 이용하여 미세조직 관찰 및 성분분석을

실시하였다(Figure 8B). 이 결과 3개의 층위가 뚜렷한 것으로 상층인 표면층에는 분말상 입자가 층을 이루고 있고 중간층은 기질이 치밀한 모습을 보였으며 하층은 기질을 바탕으로 다양한 형태의 입자가 분포된 것을 볼 수 있었다.

접착제의 층위별 구성 성분을 파악하기 위해 전면에 대한 성분분석을 실시하고 원소별로 매핑한 후 원소별로 분포 현황을 살펴보았다. 이를 통해 표면은 Au가 분말상으로 층을 이루고 중간은 C가 검출되어 유기질로 판단되었다. 최하층은 유기질 기질에 분포된 입자상 물질에서 Si, Al, Fe, K이 원소가 인지되어 토양분말이 첨가된 것으로 판단되었다.

균열부에 적용된 접착제의 유기질 성분을 파악하기 위

Figure 7. Adhesive sampling and FT-IR spectra of celadon jar used in 1981.

Figure 8. Microscopic observation and SEM-EDS analysis of crack adhesive materials of the celadon jar. (A) Microscope observation photographs of adhesive materials collected at major cracks, (B) SEM-EDS analysis result of crack adhesive materials of the celadon jar.

해 수습한 시료에서 갈색 또는 검정색을 나타내는 유기질을 대상으로 적외선분광분석을 실시하였다. IR 스펙트럼을 살펴본 결과 균열부에서 수습한 시료가 대체적으로 유사한 스펙트럼을 나타냈다(Figure 9A). 모든 시료에서 O-H stretch에 의한 $3,500\sim3,200\text{ cm}^{-1}$ 대의 넓은 흡광피크가 확인되어 물질의 산화가 진행된 것을 알 수 있다. 또한 $3,100\sim$

$2,800\text{ cm}^{-1}$ 부근의 C-H stretch 가 있어 유기물을 포함하고 있는 것으로 보였다. 접착제 물질에서 $1,660\sim1,625\text{ cm}^{-1}$ 부근의 N-O stretch, $1,285\sim1,270\text{ cm}^{-1}$ 부근의 N-O stretch 가 확인되는 것은 1981년에 균열부 보강을 위해 적용한 셀룰로오스계 수지 Cemedine C의 흔적이 반영된 결과로 판단된다.

Figure 9. FT-IR spectra of adhesive materials collected at major cracks. (A) FT-IR spectra of adhesive materials(F-C: adhesive material of crack on front side, L-C: adhesive material of crack on left side, B-C: adhesive material of crack on back side), (B) FT-IR spectra of dried Asian lacquer.

Table 1. Major components of dried Asian lacquer and adhesive specimen from celadon jar analyzed by THM-Py/GC/MS

No.	Name	RT _r (min.)	RT _s (min.)	A _r (%)	A _s (%)	Q _r	Q _s
1	Heptanoic acid, methyl ester	12.40	12.41	0.05	0.07	84	87
2	Camphor	-	13.78	-	0.12	-	92
3	1-Dodecene	15.06	15.08	0.08	0.05	91	89
4	1,2,4-Trimethoxybenzene	15.80	15.82	0.15	0.16	91	95
5	Tridecane	16.40	16.43	0.14	0.05	95	95
6	Octanedioic acid, dimethyl ester	-	17.24	-	0.21	-	96
7	1-Tetradecene	17.35	17.34	0.38	0.13	94	92
8	Nonanedioic acid, dimethyl ester	-	18.31	-	0.56	-	99
9	Pentadecane	18.55	18.57	0.18	0.05	91	87
10	1,2-Dimethoxy-3-hexylbenzene	19.16	-	0.06	-	86	-
11	Hexadecanoic acid, methyl ester	22.14	22.09	0.10	0.73	95	97
12	9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester	-	23.51	-	1.27	-	99
13	Methyl 8-(2,3-dimethoxyphenyl)octanoate	23.54	-	0.10	-	96	-
14	Octadecanoic acid, methyl ester	-	23.66	-	0.53	-	97
15	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	-	23.87	-	0.31	-	93
16	Methyl dehydroabietate	-	24.89	-	0.15	-	96
17	Tetradecahydroabietic acid, 7-methoxy-, methyl ester	-	25.67	-	0.38	-	85
18	7-Oxodehydroabietic acid, methyl ester	-	26.20	-	0.12	-	91
19	1,2-Dimethoxy-3-pentadec-8-enylbenzene	26.29	26.30	0.33	0.01	97	83
20	1,2-Dimethoxy-3-pentadecylbenzene	26.38	26.40	0.19	0.02	96	94

(1. RT_r and RT_s mean the retention time in chromatograms of dried Asian lacquer(r) and that of adhesive specimen(s), respectively. 2. A_r and A_s mean the ratio of each peak area to total area in chromatograms of dried Asian lacquer(r) and that of adhesive specimen(s), respectively. 3. Q_r and Q_s mean matching quality of mass spectrum for dried Asian lacquer(r) and that for adhesive specimen(s), respectively.)

Figure 10. THM-Py-GC/MS chromatograms of adhesive and dried Asian lacquer. (A) Adhesive of celadon jar, (B) Dried Asian lacquer.

한편 접착재료의 형태를 관찰한 결과, 전통 접착재료인 옷으로 예측되어 건조 옷을 대조시편으로 비교하였다 (Figure 9B). 그러나 시편의 IR 스펙트럼만으로는 접착 물질이 옷이라 하기에는 충분치 않아 정밀한 분석을 통해 특정 접착제의 존재 여부를 검토할 필요성이 제기되었다.

청자 항아리 균열부의 접착재료 중 대표 1점과 대조군으로 건조 옷을 대상으로 열분해 GC/MS 분석을 실시하였다 (Table 1, Figure 10). 접착제 시료에서는 건조 옷에 비해 적기는 하지만 옷의 특징적인 성분인 1,2-Dimethoxy-3-

pentadecylbenzene(19), 1,2-Dimethoxy-3-pentadec-8-enylbenzene (20), Methyl 7-(2,3-dimethoxyphenyl)heptanoate(22.75분, As = 0.01%, Qs = 81), 1,2-Dimethoxy-3-hexylbenzene(19.17 분, As < 0.01%, Qs = 90), 1,2-Dimethoxy-3-octylbenzene (21.08분, As < 0.01%, Qs = 89), Methyl 10-(2,3-dimethoxyphenyl) decanoate(25.04분, As < 0.01%, Qs = 86) 등이 검출되는 것으로 보아 접착제 시료에 옷이 포함되어 있음을 알 수 있다 (Schilling *et al.*, 2016). 한편, Camphor(2)가 검출되는 것으로 보아 장뇌성분도 포함되어 있는 것으로 판단된다.

Table 2. XRF analysis point and results used to restoration material of celadon jar

Sampling point	XRF spectrum	Element
Ca, S, Ti Fe, Zn
	Ca, S

Heptanoic acid, methyl ester(1), Octanedioic acid, dimethyl ester(6), Nonanedioic acid, dimethyl ester(8), Hexadecanoic acid, methyl ester(11), (Z)-9-Octadecenoic acid, methyl ester(12), Octadecanoic acid, methyl ester(14), (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester(15) 등 건조된 건성유의 성분들도 검출되었는데, 특히, Nonanedioic acid, dimethyl ester(8)는 건성유의 전형적인 열화산물로 알려져 있어 접착제 시료에 건성유가 포함된 것으로 보인다(Wang *et al.*, 2015).

또한 Methyl dehydroabietate(16), Tetradehydroabietic acid, 7-methoxy-, methyl ester(17), 7-Oxodehydroabietic acid, methyl ester(18) 등 소나무과(pinaceae)에서 유래된 수지(resin)의 특징적인 성분이 검출되어 접착제에 송진과 같은 소나무과 유래 수지가 포함된 것으로 판단되었다(Schilling *et al.*, 2016). 따라서, 청자 함아리 보존처리에 사용된 접착제는 장뇌, 건성유, 송진 등이 포함된 정제 옷이 사용된 것을 알 수 있다.

구연부 및 저부의 결실부에 사용한 복원제는 X-선 형광 분석을 통해 비파괴적으로 성분분석을 실시하였다. 처리 전 구연부 안쪽에 채색층이 탈락되어 노출된 흰색 복원제와 세척 과정에서 탈락된 저부의 회색 복원제를 분석한 결과, Ca, S이 주요 성분으로 확인되었다. 이를 통해 구연부는 석고(Gypsum, CaSO₄)로 복원 후 채색 안료 및 아크릴 물감으로 색맞춘 것을 확인하였다(Table 2). 저부에서 탈락된 복원제의 경우 회색으로 복원제에 안료를 넣어 사전에 색맞춘 것으로 파악되었다.

4. 보존처리

4.1. 세 척

세척은 과거 수리복원한 부위를 중심으로 표면 채색층을 세척용제로 제거하면서 전체적인 수리복원 부위의 상태 및 재료를 파악하고 본격적으로 수리복원 재료를 제거하였다. 표면세척에 앞서 유물에 적합한 세척용제를 선정하기 위한 사전 실험을 실시하였다. 표면 채색재료는 1981년 처리기록에 아크릴 물감으로 표기되어 있으나 그 이전에 사용된 재료는 당시 보존처리자의 직감적 판단에 근거하여 기재된 상태였다. 이번 실험에서는 1981년 이전의 채색층이 완벽히 제거되지않은 상태로 함께 세척해야 하는 상황에서 1981년 당시 표면 채색층 제거에 사용한 세척 용제를 참고하여 Acetone과 Toluene 2종을 선정하였다. 실험 시 선정된 세척용제가 인체에 유해한 유기용제인 점을 감안하여 실험실 환기 및 환기장치를 가동하고 마스크, 장갑 등 개인보호구를 착용하였다. 구연부의 복원 부위를 중심으로 면봉에 각각의 용제를 묻혀 채색층을 제거한 후 면봉 상태와 함께 유물표면 상태를 현미경으로 관찰하고 자외선 조사를 통한 발광 현황을 살펴보았다. 이 결과, 유물에 적용함에 있어 안정성, 세척효과, 작업성에서 Acetone이 효율적인 것을 확인하였다(Table 3).

표면세척은 세척용제로 선정된 Acetone을 면봉에 묻혀 세척하였고 세척 효과를 핸드형 UV 램프(365 nm)로 수시로 확인하였다(Figure 11A). 채색층이 비교적 두꺼운 부분은 탈지면에 Acetone을 적시고 용제가 증발되지 않도록

Table 3. Surface cleaning pretest results of celadon jar

Solvent	Condition after cleaning			Results	
	Cotton swab	Microscopic observation	UV examination	Stability	Cleaning effect
Acetone 100%				●	●
Toluene 100%				○	○

※ The surface stability and cleaning effect were evaluated by dividing them into upper(●), middle(●), and lower(○).

Figure 11. Surface cleaning and removing past repair materials of celadon jar. (A) Surface cleaning while checking the cleaning effect with UV lamp, (B) Wrapping with cotton wool soaked in cleaning solvent on crack part, (C) Remove the softened adhesive with wooden stick, (D) Remove the residual adhesive with brush and (E, F) Remove the restorative from celadon jar mouth.

저점착 마스크 필름으로 래핑(Wrapping)하여 채색층을 연화시킨 후 나무스틱, 플라스틱 스파츨라, 면봉 등 소도구를 이용하여 물리적으로 제거하였다. 표면세척 후 청자 항아리 표면을 살펴본 결과, 정면의 ‘入’자형 균열과 후면의 ‘J’자형 균열은 대칭되어 서로 구조적으로 영향을 주고 있는 것을 확인하였다. 좌면의 경우 결실부에서 이어지는 균열이 표면상에서 보이는 균열로 구조적으로 영향력이 있지는 않으나 물리적인 취약부로 취급과정에서 손상이 가중될 가능성이 높은 것을 알 수 있었다. 또한 좌면의 저부 일부에서 탈락된 작은 편이 충진 접합된 상태를 확인하였다.

정면, 좌면, 후면 등 주요 균열의 이격 사이를 채우고 있는 과거 접착제는 분석 결과, 장뇌, 건성유, 송진 등이 포함된 정제 옷이 사용된 것으로 확인되었다. 천연 접착제인 옷은 화학용제보다 뜨거운 물을 적용할 때 제거 효율이 높은 것으로 보고된 바 있다. 특히 뜨거운 물의 경우 건조 옷을 잘 상태로 변화하게 하였으며 연화된 옷을 물리적으로 제거할 때 제거효율이 높았다(National Research Institute of Cultural Heritage, 2014).

표면세척 후 주요 균열부에 적용된 수리복원 재료를 제거하기 전에 유물의 구조적 안정을 위해 동체부 및 구연부를 밴딩처리 후 작업을 진행하였다. 이는 과거 복원제 제거에 따른 응집력 약화로 균열부의 이격이 진행될 수 있기 때문이다. 밴딩처리 후 부분적으로 제거 작업을 실시하였는데 후면 균열의 경우 1981년 응급 보존처리 당시 사용한 셀룰로오스계 수지인 Cemedine C가 균열부에 혼재된 상태

로, 부분적으로 탈지면에 Acetone을 적시고 래핑하여 복원제를 연화시켰다(Figure 11B). 1 mm 내외의 폭이 좁은 균열 사이에 합성수지와 함께 뒤엉켜 있던 정제 옷이 수지가 연화되면서 접착력이 저하되면 나무 스틱, 나일론 사, 치과용 익스플로러 등 다양한 소도구를 이용하여 1차로 제거하였다(Figure 11C). 접합 단면에 잔류한 부분은 스팀세척기로 연화시킨 후 직경 0.7 mm 이하의 미세 솔로 여러 번 제거하였다(Figure 11D). 좌면의 구연에 있는 복원 부위는 경계면을 따라 Acetone을 적신 탈지면을 래핑하여 복원제를 연화시킨 후 제거하였다(Figure 11E, F).

4.2. 접 합

청자 항아리는 세척을 통해 기존의 수리복원제가 잡아주던 응집력이 제거되자 후면과 대칭되는 정면 균열에서도 단차가 확인되었다. 따라서 구조적 안정화를 위해 세척 이후 균열부 접합을 진행하였다. 특히 후면과 정면 균열의 단차와 이격을 최소화하여 접합면을 맞출 때 무리한 힘이 가해지면 응력에 의해 균열부를 따라 유물이 파손될 수 있으므로 클램프로 서서히 조여 가며 유물에 스트레스가 가해지지 않는 범위를 찾기 위해 사전에 여러 번 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션을 통해 후면 동체부 균열에서 극복되지 않은 이격과 단차는 청자 항아리를 구조적으로 잡아줄 수 있는 에폭시계 충전제로 빈 공간을 매우고 단차를 줄이기로 하였다.

Figure 12. Joining and gap filling of celadon jar crack. (A) Part of the joint section was applied with Paraloid B72[®] 20%(in Acetone), (B) Reinforced part of missing area with Wood Epos[®], (C, D) Crack joining and fixing with clamp, (E) Reinforce joint line after fixing with clamp and (F) Gap filling after crack joining.

메움제 및 복원제는 동화특수산업(주)에서 개발된 Wood Epos[®]로 선정하였다. 이는 목재 균열 및 공극을 채우고 덧붙여서 목조 구조체 지지력을 복원하고 강화시키는 용도로 주로 사용되어 왔으나 이번 청자 항아리의 보존상태와 재질특성을 고려하였을 때 적합하다고 판단하여 적용하였다. 이 제품은 에폭시계 수지로, 강한 접착성과 강도, 내구성성을 가진다. 퍼티형으로 어떤 두께나 모양의 틈이나 공극에 손쉽게 메움이 가능하며 무기안료 등을 첨가하여 자유롭게 조색할 수 있다. 또한 가사시간이 빠르고 경화시 수축 및 팽창 등 변형되지 않으며 경화 후에도 절삭성과 가공성, 색발림이 뛰어나 실험을 통해 확인되어 유물에 적용된 바 있다(Kwon, *et al.*, 2019).

따라서 청자 항아리와 같이 민감하고 협소하며 다양한 형태의 균열부 이격을 메우는데 있어 메움제로서 기능성과 안정성, 작업성을 만족하였다. 또한 이는 물보다 가벼워 취약부인 균열부 뿐만 아니라 결실부에 적용할 시 물리적으로 스트레스를 주지 않아 적합한 재료라 판단하였다.

시뮬레이션을 통해 이격 및 단차를 최소화 한 상태에서 극복되지 않는 틈 부분은 표시 해 두고 메움처리 시 메움제 적용에 따른 가역성을 더해주기 위해 사전에 Paraloid-B72[®] (Rohm&Haas, DEU) 20%(in Acetone)로 단면처리 하였다(Figure 12A). 또한 후면 균열부를 접합하는 과정에서 좌면 구연부의 ‘V’자형 결실부와 균열에 힘을 받을 수 있어 안정화하기 위해 Paraloid B-72[®] 20%(in Acetone)로 단면처리 후 에폭시계 수지인 Wood Epos[®]로 메움제와 같이 조색 후 일부를

보강하였다(Figure 12B).

이후 본격적인 접합 작업을 위해 청자 항아리 구연부와 동체부 상부 및 하부 세 곳에 클램프를 설치하였다. 후면의 ‘J’자형 균열을 중심으로 대칭되는 정면 균열의 파단면이 맞닿는 구연부에 기형을 맞춰 클램프를 조여 가며 접합면이 일치하도록 힘을 가한 후 동체부 상부와 하부도 이격과 단차를 최소화한 상태로 맞췄다(Figure 12C, D). 클램프로 고정된 상태에서 접합면이 일치된 구연부를 중심으로 시아노 아크릴계 수지인 Loctite[®]401(Henkel, DEU)을 주입하여 1차적으로 고정하였다. 이후 아크릴계 수지인 Paraloid B-72[®] 50%(in Acetone)로 2차로 접합부를 보강하였다(Figure 12E). 접합 후 극복하지 못한 이격과 틈 부분은 에폭시계 수지인 Wood Epos[®]에 무기안료를 조색하여 사전 색맞춤 후 메움처리하였다(Figure 12F).

4.3. 복원

좌면의 구연부 ‘V’자형 결실부는 1차적으로 Wood Epos[®]로 일부 보강한 상태에서 본격적인 복원작업을 실시하였다. 복원부의 위치와 형태, 범위를 볼 때 형틀복원이 적합하다 판단되어 형틀을 제작할 부위를 찾기 위해 구연부 주변에서 결실부와 곡률이 유사한 부분을 탐색하였다. 이후 60℃ 이상으로 가온하면 연성을 가지고 열이 식으면 다시 경화되는 열 변형 수지인 HM-Sheet를 이용하여 결실부와 유사한 곡률 부분에 대고 형틀을 제작하였다(Figure 13A).

Figure 13. Restoration and coloring of celadon jar. (A) Forming the missing part with HM-Sheet, (B) Fixing and cutting mold on restoration part, (C) Filling restorative, (D) Fixing restoration part with pin type clamp and (E) Coloring and glaze effect on restoration part.

형틀 제작 후 구연부에 고정하였으며 복원제가 채워지는 부분의 파단면에 가역성을 더해주기 위해 Paraloid B-72® 20%(in Acetone)로 단면처리 하였다(Figure 13B). 이후 Wood Epos® 에 무기안료를 조색하여 사전 색맞춤 후 복원 부위를 채웠다(Figure 13C). 복원제를 채우고 경화되기 까지 집게 클램프로 고정하였다(Figure 13D). 복원제가 경화 되면 사포를 사용하여 청자 항아리 표면이나 기형에 맞추어 표면을 가공 후 정리해 주었다.

4.4. 색맞춤

색맞춤은 복원된 부위를 대상유물의 원형과 비교했을 때 이질감이 느껴지지 않도록 주변과 유사하게 색감과 질감을 복원하는 과정으로 실질적으로 도자기 보존처리의 마지막단계이며 완성도를 높이기 위해 세심한 작업을 필요로 한다(Cultural Heritage Conservation Science Center, 2018). 청자 항아리는 균열부 메움제 및 결실부 복원제를 사전 색맞춤하여 적용하였으나 유물의 본래 색을 재현하는데 충분치 못하여 메움한 부분과 복원한 부분을 중심으로 주변과 이질감이 느껴지지 않도록 채색처리를 하였다(Figure 13E). 색맞춤은 아크릴 물감을 다양한 형태의 붓을 이용하여 실시하였고 표면의 유약 효과를 더해주기 위해 Gloss varnish를 일부에 한해 매트하게 적용하였다.

5. 고찰

이번 연구에서는 과거 수리복원된 유물을 안정하게 재처리하기 위해 유물의 보존상태를 바탕으로 수리복원 재료 및 방법에 대한 파악하는데 주력하였다. 분석결과, 1981년 국립중앙박물관에서 수행된 응급처리 이전에 사용된 복원재료는 크게 균열부와 결손부의 복원부로 나뉘었다. 균열부는 장뇌, 건성유, 송진 등이 포함된 정제 옷을 접착제로 토양분말을 첨가하여 균열부를 접합하고 접합선을 따라 다시 정제 옷을 칠한 후 금분으로 표면 처리한 것을 알 수 있다(Figure 14). 또한 구연부 및 저부의 결실부는 석고(Gypsum, CaSO_4)로 복원 후 채색 안료 및 아크릴 물감으로 색맞춤한 것을 확인하였다.

옷칠, 아교 등에 토분과 같은 무기물질을 혼합하거나 석고로 결손부를 복원한 후 표면에 금분, 은분 등으로 채색하는 기법은 일제 강점기에서 1970년대까지 도자기 수리복원에서 나타나는 주요 경향으로 보고된 바 있다(Yang and Seo, 2011). 특히 이 시기에 표면처리 기법은 도자기의 종류에 따라 금분, 은분 등 그 사용예가 확연히 구분되는데 청자는 주로 금분으로 수리된 것으로, 전반적으로 본 연구 대상인 청자 항아리의 균열부 및 결실부 수리복원 재료 및 기법과 일치하였다. 그러나 균열부의 접합과 결실부 복원이 동시에 이루어졌는지 시기적으로 차이가 있는지는 명확히 규명하기가 어려웠다.

Figure 14. Past adhesive composition applied to cracks.

Figure 15. Conservation treatment process recording of celadon jar(left and back side). (A) Before conservation treatment, (B) After cleaning, (C) After joining and restoration and (D) After coloring.

일제 강점기에서 1970년대는 도자기를 미적, 재화적 가치에 중점을 두고 수집하였으며 당시 수리는 재화적인 가치 증대에 비중을 두고 있었다. 따라서 그 당시 수리는 문화유산적 보존가치에 기초하여 이루어졌다기보다 상업적인 목적 하에 개인적으로 이루어져 공식적인 기록물을 찾아보기 어렵다(Yang and Seo, 2011). 이번 연구에서는 기록에 없는 과거 수리복원 재료 및 방법을 분석을 통해 밝혀내고 청자 항아리의 과학적 재처리의 기초자료로 활용하였을 뿐만 아니라 대략적인 수리복원 시기와 함께 당시 시대적 상황을 파악할 수 있었다.

청자 '순화4년'명 항아리는 크기에 비해 기벽이 얇은 편이고 내부 공극 등 결함이 다수 확인되었다. 주요 손상요인인 정면, 좌면, 후면의 균열은 파손 편으로 분리되지는 않으나 구조적 안정성을 위협하는 상태이다. 또한 표면에는 빙렬이 있고 빙렬 대부분이 오염되고 박락되어 표면 물성도 취약한 상태였다. 보존처리는 대부분 수작업으로 유물을 직접적으로 보존하는 행위이나 유물의 상태를 정확히 파악하지 않고 처리 재료 및 방법을 적용하면 오히려 처리과정에서 2차적인 손상이 발생할 수 있다.

청자 항아리의 경우 후면의 'J'자형 균열뿐 아니라 모든 균열부가 취급 시 부주의하거나 무리한 보존처리 재료와 방법을 적용할 시 균열이 확장될 수 있는 가능성이 높았다. 또한 표면의 유약층의 물성이 취약하여 세척하거나 처리 재료를 적용하는데 있어 신중을 기하였다. 이번 보존처리에서는 균열부의 과거 수리복원 재료를 최대한 제거하여 재 접합하고 안정화하는데 중점을 두었다. 특히 보존처리에 사용하는 재료는 이미 재료적 특성 파악 및 유물에 적용된 바 있는 검증된 재료를 선정하여 사용하였다. 또한 이 같은 처리재료는 유물의 재질특성과 손상상태를 감안하여 처리과정에서 있을 수 있는 위험요소를 최소화하고 무리되지 않는 범위에서 적용하였다.

보존처리 시 처리 단계별 변화는 사진촬영 및 상태조사를 통해 체계적으로 기록하였다(Figure 15). 또한 처리 완료 후 처리 전 및 처리과정 중에 실시한 과학적 조사와 보존처리 재료 및 방법, 처리 전후 변화는 이미지, 데이터, 영상 등 다양한 형태로 기록, 정리하여 유물의 보존관리 뿐만 아니라 전시 및 연구에 활용할 수 있게 하였다. 실제 보존처리 후 유물은 재단장한 모습을 소장처인 이화여자대학교 박물관의 '고려건국 1100주년 기념 상설전'을 통해 공

개하였으며 유물과 함께 과학적 보존처리 과정에 대한 기록은 전시 자료로 활용되었다. 또한 보존처리 후 안정화된 유물은 원형 보존뿐만 아니라 가치가 증대되어 국보 승격 심사를 거쳐 2019년 5월 2일에 보물 제237호에서 국보 제326호로 지정되었다.

6. 결 론

이 연구에서는 청자 항아리의 손상 및 수리복원 상태와 재료를 과학적으로 분석하고 이를 바탕으로 보존처리를 하였으며 주요 결과는 다음과 같다.

1. 청자 항아리는 정면의 ‘入’ 자형 균열, 좌면의 ‘V’ 자형 결실부를 포함한 균열, 후면의 구연부에서 저부로 이어지는 ‘J’자형 균열이 주요 손상부위로 확인된다. 특히 후면의 ‘J’자형 균열은 1 mm 내외의 이격이 발생한 상태로 구조적으로 취약하여 취급 시 주의가 필요하였다. 표면에는 유약층에 병렬이 있고 병렬 사이가 오염되거나 박락되어 물성이 취약한 상태를 나타냈다. 또한 청자 항아리는 내부 구조를 살펴 본 결과, 기벽 내부 결함으로 인한 공극이 다수 분포하는 것으로 표면뿐만 아니라 내부적으로도 전반적으로 물성이 취약한 상태를 나타냈다.

2. 청자 항아리는 균열부를 중심으로 접합 및 복원 후 색맞춤하는 등 과거 수리복원한 흔적이 관찰되었다. 이를 정밀하게 관찰한 결과, 면 결손 부위의 복원재료가 노화되어 접착력을 잃고 복원 재료와 태토 간 이격이 발생한 모습을 보였다. 후면의 ‘J’ 자형 균열의 경우 접합면에 1 mm 내외의 이격이 발생한 상태에서 기물의 외면은 복원 재료로 충진 접합한 상태였다. 반면 내면은 유리 섬유를 테이프처럼 재단하고 접착제로 기물에 접합하여 균열의 이격이 확장되는 것을 방지하기 위해 보강해 놓은 상태나 전반적으로 복원재료의 노화 등으로 인해 이격과 함께 단차도 발생한 것으로 확인되었다. 또한 접합 및 복원된 부분을 중심으로 색맞춤이 되어 있으나 일부 채색층이 뜰며 있거나 박락된 상태를 보였다.

3. 과거 수리복원 재료는 크게 1981년 중앙박물관에서 기존처리 재료의 노화로 인해 응급처리한 것과 그 이전으로 분류하여 정리되었다. 1981년에 실시한 응급처리에서는 접합 복원재료로 Cemedine C를 쓰거나 Cemedine C에 Microballoon을 첨가하여 사용하였고 균열부 보강 재료로 유리섬유를 사용하였으며 복원부 표면은 아크릴 물감으로 채색하였다. 1981년 응급처리 이전에 사용된 복원재료는 크게 균열부와 결손부의 복원부로 나뉘었다. 균열부는 장뇌, 건성유, 송진 등이 포함된 정제 옷을 접착제로 토분을

첨가하여 균열부를 접합하고 접합선은 다시 정제 옷을 칠한 후 금분으로 표면 처리한 것을 알 수 있다. 또한 구연부 및 저부의 결실부는 석고(Gypsum, CaSO_4)로 복원 후 채색 안료 및 아크릴 물감으로 색맞춤한 것을 확인하였다.

4. 보존처리는 수리복원 부위의 표면 채색층을 제거하면서 균열부를 중심으로 수리복원 부위의 상태 및 재료를 파악하고 본격적으로 수리복원제를 제거하였다. 이때 표면 채색층 제거에는 Acetone을 세척용제로 이용하였고 균열부 사이 수리복원제 제거에는 Acetone과 함께 스팀을 이용하였다. 균열부 파단면에 잔류한 수리복원제를 최대한 제거한 후 접합은 구연부와 동체부 상부 및 하부 세 곳에 원형 클램프를 설치하고 후면의 ‘J’자형 균열을 중심으로 대칭되는 정면 균열의 파단면이 맞닿는 구연부에 기형을 맞춘 후 후면의 균열의 전반적인 이격과 단차를 최소화한 상태로 맞췄다. 이후 접합 선을 따라 시아노 아크릴계 수지인 Loctite[®] 401을 주입하여 1차적으로 고정하고 아크릴계 수지인 Paraloid B-72[®] 50%(in Acetone)로 보강하였다.

5. 접합 후 극복하지 못한 이격과 틈 부분은 Paraloid B-72[®] 20%(in Acetone)로 단면처리 후 퍼티형 에폭시계 수지인 Wood Epos[®] 에 무기안료를 조색하여 사전 색맞춤 후 메움처리하였다. 좌면 구연부의 ‘V’ 자형 결실부는 HM-Sheet 로 형틀을 제작하고 Wood Epos[®] 에 무기안료를 조색하여 사전 색맞춤 후 복원부위를 채우고 표면이나 기형에 맞춰 성형하였다. 복원부 및 메움처리한 부분은 아크릴 물감과 Gloss varnish 를 이용하여 채색 및 질감처리를 하였다. 이번 보존처리를 통해 유물은 구조적으로 안정화되고 미술사적 및 예술적 가치가 증대되었다. 또한 유물의 처리 전 상태 및 보존처리 과정을 체계적으로 정리하여 소장처가 유물을 보존관리 할 뿐만 아니라 전시 자료로 활용할 수 있게 제공하였다.

사 사

이 연구는 국립문화재연구소 문화유산조사연구(R&D) 사업의 일환으로 수행되었으며 이에 감사한다.

REFERENCES

- Cultural Heritage Administration, 2019, The celadon jar with inscription of ‘the Fourth Sunhwa Year’. <http://www.cha.go.kr/> (August 13, 2019)
- Cultural Heritage Conservation Science Center, 2018, Conservation processing guide. 33-65. (in Korean)
- Han, W.S., Wi, G.C., Oh, S.J. and Lee, Y.H., 2018, A study on the development of poly-urea for porcelain restoration.

- Journal of Conservation Science, 34(1), 23-29. (in Korean with English abstract)
- Hickey-Friedman, L., 2002, A review of ultra-violet light and examination techniques. The Objects Specialty Group Sessstion 30th Annual Meeting, Miami, June 10, 161-168.
- Jang, S.Y., Nam, B.J., Park, D.W., Kang, H.M. and Jung, Y.H., 2009, A study on the soluble salt and deterioration of ceramics from Taean shipwreck. Conservation Studies, 30, 189-202. (in Korean with English abstract)
- Kim, W.H., Cheong, D.S., Bae, J.S., Jee, J.Y. and Wi, K.C., 2014, A study on the development and physical properties of low yellowing epoxy for ceramic presrvation. Journal of Conservation Science, 30(2), 181-187. (in Korean with English abstract)
- Kwon, O.Y., Park, Y.H., Lee, J.J., Park, C.Y. and Lee, S.M., 2019, Scientific research and conservation treatment of Yunggimuntogi(earthenware with raised pattern), Treasure No. 597. Korean Antiquity, 93, 153-184. (in Korean with English abstract)
- Lee, D.H., Kwak, E.K. and Hwang, H.S., 2010, Conservation process of celadon janggo excavated from the seabed. Conservation Science in Museum, 11, 53-60. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.S. and Wi, K.C., 2015, Restoration of earthenware & porcelain cultural assets using 3D printing. Journal of Conservation Science, 31(2), 131-145. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.S. and Yun, E.Y., 2007, Conservation of porcelain possessed by Jeonju national museum - Rice-bale-shaped battle white porcelain and pig jar with incised fish design buncheon ware -. Conservation Science in Museum, 8, 31-40. (in Korean with English abstract)
- Nam, B.J., Jeong, S.R. and Jang, S.Y., 2012, Study on the demand characteristics of epoxy resins applied to the restoration of ceramics. Adhesion and Interface, 13(4), 171-181. (in Korean with English abstract)
- National Museum of Korea, 2007, The conservation and restoration - Ceramics. 7-176. (in Korean and English)
- National Museum of Korea, 2013, Conservation science at the national museum of Korea. 227-231. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2011, Cleaning of ceramics. 12-247. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2014, Study on the adhesive properties of lacquer and glue. 53-67. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage, 2016, Adhesives for conservation. 10-302. (in Korean)
- Oh, S.J., Park, G.J. and Wi, K.C., 2015, Study on the development and properties of ceramics restoration purpose urethane resin with excellent reversibility. Journal of Conservation Science, 31(1), 37-46. (in Korean with English abstract)
- Park, D.W., Jang, S.Y., Nam, B.J., Ham, C.H. and Lim, S.T., 2011a, Chemical cleaning of iron stains on ceramics. Journal of Conservation Science, 27(4), 345-356. (in Korean with English abstract)
- Park, D.W., Kang, H.M., Nam, B.J. and Jang, S.Y., 2009, Stability evaluation of cleaning agent for ceramics. Journal of Conservation Science, 25(4), 451-464. (in Korean with English abstract)
- Park, G.J., 2007, Conservation and research on the porcelain excavated at Samcheon temple site. The Journal of Conservation of Cultural Properties, 4, 15-31. (in Korean with English abstract)
- Park, G.J., Lee, G.R. and Park, C.S., 2011b, Conservation process of 'Cheonjaeumgakeonhwaoljimummaebyeong' collected from marine excavation project. The Journal of Conservation of Cultural Properties, 8, 26-35. (in Korean with English abstract)
- Schilling, M.R., Heginbotham A., Keulen, H. and Szelewski, M., 2016, Beyond the basics: A systematic approach for comprehensive analysis of organic materials in Asian lacquers. Studies in Conservation, 61, 3-27.
- Wang, N., He, L., Zhao, X. and Simon, S., 2015, Comparative analysis of eastern and western drying-oil binding media used in polychromic artworks by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry under the influence of pigments. Microchemical Journal, 123, 201-210.
- Yang, P.S. and Seo, J.H., 2011, A study on the changes process repair and restoration method of ceramic. Journal of Conservation Science, 27(1), 49-59. (in Korean with English abstract)