

국립현대미술관 보존과학 연구지

미술 작품의 보존

Conservation of Art

3



국립현대미술관
National Museum of
Modern and Contemporary Art, Korea

목차 |

논문

근현대 지류작품에 발생하는 갈색 얼룩과 표백처리에 대한 조사 / 5

– 박소현, 이하림, 최점복

종이를 소재로 한 입체조형작품의 손상부 보존처리 방안 연구:
전상범의 ‘새-B’를 중심으로 / 33

– 유은실, 정지혜, 김정흠, 김미나

경질 폴리우레탄 폼을 이용한 석고 작품의 보존 연구:
유현자 ‘여심(女心)’을 중심으로 / 47

– 권인철, 권희홍, 윤기범

금속작품의 예방보존을 위한 방청필름의 효과 / 63

– 한예빈, 범대건

테라코타 작품의 재료학적 연구와 보존:
권진규 作 ‘마스크’를 중심으로 / 77

– 최남영, 김정흠, 권희홍

앙투완 부르델 ‘이렌 밀레’ 초상 시리즈 관찰 및 연구 / 93

– 한지혜

과학적 분석법을 이용한 신암채의 재질 특성 비교 / 123

– 김정흠, 박혜선, 임성진

비파괴 분석법을 이용한 근대 유화작품의 과학적 분석:
이쾌대 유화작품을 중심으로 / 139

– 박혜선, 김정흠, 임성진

근현대 지류작품에 발생하는 갈색 얼룩과 표백처리에 대한 조사

박소현¹, 이하림, 최점복

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

A Research on Foxing and Bleaching to the Paper of Modern and
Contemporary Art

Park Sohyun¹, Lee Harim, Choi Jeombok

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and
Contemporary Art, Seoul, 03062, Korea

¹Corresponding Author: blueaqu@korea.kr, +82-2-3701-9655

초록 유기물인 종이의 재질 열화는 자연적인 현상이며 이로 인해 생성되는 유해한 노화산물 역시 피할 수 없는 생성물이다. 오염, 변색, 얼룩 등의 노화산물 중 'foxing'은 종이의 열화로 인해 발생하는 갈색 얼룩의 일반적인 명칭이며, 작품의 시각적인 외형에 큰 영향을 주어 작품 감상과 보존을 방해하게 된다. 이러한 갈색 얼룩 제거는 다양한 재료를 사용한 세척작업을 통해 이루어지는데 자칫하면 작품의 손상을 초래할 수 있기에 민감한 처리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 종이에 발생하는 갈색 얼룩의 원인과 표백처리에 대한 해외 연구를 조사, 분석하고자 하였다. 최근까지의 갈색 얼룩에 관련된 연구를 조사한 결과 주요 발생 원인은 금속성분이나 곰팡이 등을 통한 산화현상으로 추정되었으나 정확한 발생과정이나 화학적 메커니즘이 규명된 것은 아니다. 이러한 갈색 얼룩 제거를 위한 세척방법으로 가장 선호되는 것이 물을 이용한 세척이지만 세척 결과가 효과적이지 않을 수도 있다. 물 이외의 갈색 얼룩 제거 방법으로 산화·환원 표백제를 사용할 수 있다. 이러한 표백작업은 당장 원하는 세척효과를 얻을 수 있을지 몰라도 표백 후 지류작품의 내구성에 대한 연구가 부족하여 보존의 안전성을 확신할 수 없다. 따라서 작품의 내구성을 고려한 세척 방법의 선정은 신중한 결정이 필요하며, 보존처리의 안정성 확보를 위해 표백 방법의 추가연구가 필요하다.

주제어: 지류작품, 갈색 얼룩, 표백, 클리닝, 열화

Abstract Material degradation of paper, organic matter is a natural phenomenon and harmful aging product is also unavoidable. Foxing, one of aging products such as contamination, discoloration, and stains is the general term indicating

brown spots caused by degradation of paper. It influences the visual outer form of a work so that it is hard to appreciate and conserve the work. To remove these brown spots through cleaning with diverse materials, it needs a sensitive treat not to damage the work. Therefore, in this study, we tried to research and analyze the overseas cases about causes of brown spots and bleaching. After research until a recent date, major cause has been assumed to be an oxidation by metal components or mold but the exact developing process or chemical mechanism has not been revealed yet. The most favorable method to clean brown spots is to use water but the result can be ineffective. There are more methods using oxidation and reductive bleaching agent. These kinds of cleaning can have a quick result but it needs to be careful due to unsecured bleaching because the influence on the durability of paper on work has not been researched yet insufficiently. More study for the safety of cleaning needs to be carried out.

Keyword : work on paper, foxing, bleaching, cleaning, degradation

1. 서 론

대부분의 미술작품은 재질에 상관없이 시간의 흐름에 따라 여러 가지 요인들로 인하여 손상된다. 특히 유기질 재질로 구성된 지류작품의 경우 무기질 재질로 구성된 금속이나 공예작품에 비해 보존환경 등에 더 민감하게 반응하여 손상이 진행된다.

주요 바탕재료로 사용되는 종이의 경우 열화로 인해 표면오염, 변색, 얼룩 등의 손상이 주로 발생한다. 특히 얼룩 중 ‘foxing’은 종이의 열화로 인해 발생하는 갈색 얼룩의 일반적인 명칭이며(Greve, 2000) 과거부터 현재까지 지류작품의 보존처리에 있어 중요한 고민거리 중 하나였다. 이러한 갈색 얼룩은 그 발생 원인이 인위적이든 자연적이든 지류작품을 오염시켜 그 예술적 가치를 손상시키고 작품의 감상 및 보존을 방해하며(Cheon, 2004) 방치할 경우 작품의 원형이 소멸되어 작품의 가치를 상실하게끔 만든다.

갈색 얼룩이 발생한 작품의 보존처리 방법에 있어서 중요한 것은 작품의 성격이다. 기록의 의미가 강조되는 문화재의 경우 작품 그 자체의 보존 및 연구에 비중을 두고 더 큰 손상을 막는 정도에서 보존처리가 진행되는 반면, 미적 감상이 중요한 미술작품의 경우 작품 이미지 보존을 위해 보다 적극적인 보존처리 행위가 필요할 수 있다. 특히 갈색 얼룩은 지류작

품의 시각적인 모습에 큰 영향을 끼치지만 그 발생 원인에 대한 연구는 아직 진행 중이기 때문에 얼룩을 제거하고자 하는 적극적인 보존처리 행위는 보존처리자 입장에서 굉장히 민감한 결정이다(Kojc et al., 2012).

열화가 진행되어 변색이나 얼룩이 발생한 지류작품의 가장 일반적인 처리방법은 세척(cleaning)이며 작품의 재질 및 손상정도에 따라 각기 다른 방법을 통해 오래전부터 사용된 처리과정이다. 하지만 세척의 경우 그 처리방법에 따라 약화된 작품의 재질을 강화시키기보다는 재질의 약화와 노화를 빠르게 진행시킬 수 있다는 결점이 있다. 특히 회화, 고문서 등을 세척 시 주로 탈이온수를 이용한 세척방법을 이용하지만 효과가 없을 경우 표백처리를 시행해야 하는 경우도 있으며 이는 사용한 용액에 따라 종이 재질의 열화를 가속화 시킬 수 있는 방법이다.

제지공학적 측면에서 종이 초기 시 첨가되는 표백제에 대한 연구 및 치물(섬유)에 부착되는 오염물 제거를 위한 표백 연구는 지속적으로 진행되고 있지만, 지류작품의 보존처리 시 갈색 얼룩 제거를 위한 표백제의 종류와 성질에 관한 국내 연구는 전무한 수준이다. 따라서 본 조사에서는 주로 종이에서 발생한 갈색 얼룩의 원인과 표백처리에 대한 해외연구를 조사, 분석하여 향후 연구수행을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

조사방법은 보존 관련 연구 문헌을 데이터베이스화하여 제공하고 있는 AIC(American institute for Conservation)와 AATA(Abstracts of International Conservation Literature)에 등록된 자료 중 논문제목, 초록, 중심어에 'paper, cleaning, foxing, blanching'을 포함하고 있는 연구논문을 검색하여 조사하였다.

2. 본 론

2.1. 바탕재료에 사용되는 종이의 종류와 특징

종이는 물과 섬유가 혼합되어 있는 섬유현탁액으로부터 물을 제거함으로써 섬유 사이의 수소결합을 유도하여 제작되는 재료이다(Kim, 2014). 흔히 종이라고 하면 서사재료(書寫材料)로 우리나라의 전통한지와 함께 서양의 양지를 지칭하는 넓은 의미로 사용되며 한지와 양지의 구분은 제지기술의 발달과정에서 비롯된다. 따라서 본 연구에서는 먼저 종이의 특징을 한지와 양지로 나누어서 조사하였다.

2.1.1. 한지

우리나라 고유의 종이인 한지는 우리나라에 자생하는 닥나무(楮, *Broussonetia kazinoki* Siebold) 수피의 인피섬유(韌皮, bast fiber)를 물에 분산시킨 후, 대나무 발을 이용하여 전통 흘림뜨기 초지방법에 따라 제작된 수록지(手漉紙)를 말한다. 한지의 주원료인 닥나무는 중국의 선지, 일본의 화지와는 달리 섬유가 길고 강하며, 윤기와 탄력이 있는 특징이 있다(Jeong, 2015).

한지의 제조 과정을 간략하게 설명하면 먼저 주원료인 닥나무를 거두고 껍질을 벗겨 백피를 만든 뒤 잿물로 중해한 뒤에 물로 씻어 평평한 돌 위에 놓고 방망이로 두들긴다. 이렇게 해리한 섬유를 닥풀(황촉규)과 함께 지통에 넣고 외발틀로 떠서 말리고 도침으로 마무리하여 완성한다.

이러한 제조과정으로 인해 한지만의 독특한 장점이 형성된다. 질기고 강한 품질을 가진 닥나무 인피섬유를 여러 제조단계를 거치면서 강화하게 되는데, 예를 들어 원료를 삶을 때 잿물을 사용하여 종이강도를 향상시켜 내구성과 보존성이 개선된 종이를 제작할 수 있게 된다. 이에 따라 양지의 최대 보존기간인 200년에 비해 한지는 1,000년이 넘어도 그 품질을 유지할 수 있다(Lee, 2002).

또한 한지는 종이의 강도향상을 위해 전분이나 합성수지와 같은 섬유간 결합촉진제를 사용하는 양지와 달리 닥나무 인피섬유와 점제인 닥풀의 상호작용으로 긴 인피섬유를 단섬유화시키지 않으면서 섬유를 부드럽게 할 수 있는 특유한 고해기술이 있어 건조도와 습윤 강도를 향상시킬 수 있다. 이러한 한지를 초지하여 말린 후 고유의 도침처리를 하면 종이표면이 치밀해지고 평활도가 향상되며 광택효과와 함께 보풀이 없어지는 등 부드러운 촉감이 형성된다. 한지는 통기성, 부드러운 감촉, 유연한 접힘, 장인함 및 먹물의 발霉현상에 도움을 줘 모든 색상을 재현할 수 있으며 안료를 빠르게 흡수하고 방음성과 방한성 및 보온성이 양지보다 뛰어나다(Lee, 2002).

우리나라에서는 AD 600년경 수초지의 제조기술이 전래된 후 고려시대에는 지장(紙匠), 조선시대에는 조지소 등을 두어 한지를 생산, 발전시켜 수출할 정도에까지 이르렀다. 하지만 조선 고종 21년(1884년)경 김옥균이 수신사의 일원으로 도일(渡日)하였다가 일본인 임덕좌문에게서 양지 제조 시설을 매수하여 그 일부가 한성 양화율에 도착하면서부터 서양식 초지기술이 도입된 후 한지는 그 용도의 범위가 축소되기 시작하였다.

한지의 생산이 급격하게 감소되기 시작한 시점은 주택개량이 본격화되던 1970년대라고 생산담당자들은 말한다. 종래 한지는 서책인쇄, 그림, 서예를 비롯하여 일상생활

어디서나 사용되고 있었으며 그중 가장 많은 수요가 있는 곳이 바로 창호지였다. 창호지는 한지 그 자체로 인식될 정도로 대중화되어 있었으나 주택개량에 따른 창문개조로 인한 수요 감소는 한지의 생산축소에 결정적인 영향을 끼쳤다고 생각된다. 하지만 한지 생산 감소의 원인은 한 가지로 제한하기 힘들며 더 큰 요인은 필기구와 인쇄기술의 발달에서 비롯된다고 볼 수도 있을 것이다. 이에 따라 한지는 특정 분야의 제한된 소비에 그치게 되고 많은 부분에서 양지가 한지의 역할을 대신하게 되었다(Kim et al., 1992).

2.1.2. 양지

가. 면섬유지

면섬유(綿纖維, Cotton)는 종자식물인 목화(木化)로부터 얻어지는 섬유로서, 종이의 원료로 사용되기 시작한 것은 18세기 말경부터이다. 제지공정에는 주로 방적공정에 이용되고 남은 불량품을 사용하여 종이를 제작해 왔다. 제지용 면섬유는 크게 두 가지로 분류되는데, 장섬유로 이루어진 스테이플(staple or lint)섬유와 단섬유로 된 린터(cotton linter) 섬유로 구분된다(Joung, 2002). 린터는 종자에 면모가 붙어 있는 섬유로서 일반적으로 목재섬유에 비해 화학적으로는 셀룰로오스 함량이 많고 결정화도가 높으며 약품에 대한 내약품성이 탁월하고, 물리적으로는 섬유장이 길고 강도가 우수하며 백색도가 높은 특성을 지니고 있다. 또한 해부학적으로 볼 때 세포 구성 물질에 벽공이 존재하지 않아 물에 대한 팽윤성이 떨어지며 약품에 대한 반응성이 낮은 특성을 나타낸다(Shin, 2014). 이와 같은 특징으로 인해 현재 면섬유는 고강도의 내구성이 요구되는 특수지의 섬유원료로 주로 사용된다.

미술재료로서 면섬유는 주로 판화지에 사용되며 면의 품질, 함량에 따라 종이의 등급이 정해지나 절대적인 기준은 아니다. 판화지는 전문 미술작가 또는 그에 상응하는 그래픽 작가들의 작업에 사용되므로 가장 정밀한 작업을 요구하는 종이인데, 이러한 요구에 부합하는 고도의 품질을 만족시킬 수 있는 판화지 생산 국가는 극소수에 불과하다(Min et al., 2005). 국내 판화지 시장의 경우 이탈리아의 파브리아노(FABRIANO), 프랑스의 아르쉬(ARCHES), 리비스(RIVES) 등에서 제지한 종이를 전량 수입하여 사용하고 있는 실정이다.

수입 판화지는 원료로 래그(rag)와 목면(cotton) 섬유를 사용하는 것으로 알려져 있다. 래그라는 말은 원래 ‘넝마 조각’이라는 의미로 면 조각을 풀은 섬유이다. 목재로부터 펠프를 만드는 법이 발명되기 전까지 서구에서는 유일한 제지원료로서 오랫동안 사

용되어 왔다. 넝마조각이라는 표현이 가지고 있는 조악한 느낌과는 다르게 판화지의 원료가 되는 래그는 면섬유 제조공장에서 나오는 조각과 같이 전혀 오염되지 않은 원료를 사용한다. 이러한 래그는 강한 약품 등의 처리를 거의 거치지 않기 때문에 산 등을 포함하지 않은 극히 질 좋은 펠프를 만들 수 있으며, 다른 어떤 원료보다 화학적으로 순수하고 물리적 강도나 내구성이 뛰어나다(Min et al., 2005).

나. 목재 펠프지

현재 전 세계에 존재하는 제지용 펠프의 93%는 목재로 생산되었다(Lee, 1996). 펠프란 제지용 섬유 원료로 목재펠프는 크게 침엽수와 활엽수 펠프로 구분할 수 있다. 일반적으로 펠프섬유는 목재 등 식물로부터 얻지만 동물성 및 합성 섬유 등의 재료도 특수 용도로 사용되기도 한다.

제지용 펠프의 대부분을 차지하는 목재 펠프는 목재 섬유를 기계적이나 화학적 방법으로 처리하여 섬유로 분리한 것이다. 현재 상용화된 펠프화 방법들로는 기계적 처리를 적용한 기계펠프(MP, Mechanical Pulp), 화학적 처리를 적용한 화학펠프(CP, Chemical Pulp), 두 가지 처리를 병용한 반화학펠프(SCP, Semichemical Pulp)로 분류할 수 있다(Lee, 1996).

펠프의 특성 및 용도는 원료, 공정, 표백 유무에 따라 결정된다. 예를 들어 펠프의 섬유장, 섬유폭 등과 같은 물리적 특성은 펠프의 원료 및 공정에 의해 좌우되는데 섬유장이 긴 펠프를 얻기 위해서는 침엽수재를 사용하여 화학펠프화 공정을 통하는 것이 유리하다. 기계펠프의 경우 물리적 처리로 인해 섬유표면에 손상이 있으며 섬유가 절단되어 짧은 섬유가 형성되는 반면에 화학펠프는 세포간층의 리그닌의 용출을 통해 섬유화되기 때문에 섬유의 손상이 없다. 또한 기계펠프의 경우 섬유 내 다량의 리그닌이 분포하고 있기 때문에 섬유의 유연성 및 압축성이 떨어져 섬유의 강도가 약한 반면 화학펠프의 경우 리그닌이 대부분 섬유 밖으로 용출되었기 때문에 섬유의 유연성 및 압축성이 향상되어 섬유의 강도는 강해진다. 각 펠프화 공정의 특징은 〈Table 1〉과 같다 (Archives, 2011).

Table 1. General classification of pulping process.

| 구분 | 기계펄프화법 | 화학펄프화법 | 반화학펄프화법 |
|--------|---|---|--|
| 방법 | 약품과 열을 전혀 사용하지 않거나 약간 사용하며, 기계적인 에너지에 의하여 펄프화함 | 약품과 열이 이용되며, 기계적인 에너지는 거의 사용하지 않음 | 화학적, 기계적 처리를 병용하여 펄프화함 |
| 수율* | 고수율(85~95%) | 저수율(40~55%) | 고수율(85~95%) |
| 섬유의 특성 | <ul style="list-style-type: none"> 섬유가 짧고 약함 불안정함 | <ul style="list-style-type: none"> 섬유가 길고 강함 안정함 | <ul style="list-style-type: none"> 중간 정도의 펄프 성질을 지님 일부 독특한 성질을 지닌 것도 있음 |
| 인쇄성 | 인쇄 품질 양호함 | 인쇄 품질 불량함 | |
| 표백성 | 표백이 곤란함 | 표백이 용이함 | |
| 종류 | <ul style="list-style-type: none"> 쇄목 펄프(ground wood pulp) 리파이너 기계 펄프 (refiner mechanical pulp) 열기계 펄프 (thermomechanical pulp) | <ul style="list-style-type: none"> 크라프트 펄프(kraft pulp) 아황산 펄프(sulfite pulp) 소다 펄프(soda pulp) | <ul style="list-style-type: none"> 중성 아황산 반화학 펄프 (neutral sulfite semichemical pulp) 고수율 크라프트 펄프 (high-yield sulfite pulp) |

*수율 = 생산된 펄프의 전건중량/원료 목재의 전건중량 × 100

목재펄프로 제작된 종이의 종류는 제작방법에 따라 산성지(pH 4~6.9)와 중성지(pH 7 이상)로 구분된다. 종이는 셀룰로오스 섬유질 외에도 비섬유질인 사이징제, 착색물질, 코팅제, 첨가물질, 라미네이팅 물질 등 특별한 목적에 부합하도록 많은 물질들이 첨가될 수 있다. 이 외에도 섬유질 결합력을 좋게 하고 섬유질 간의 간격을 메우는 충전물로 산성지에는 탈크(talc), 클레이(clay)가 주로 사용되고 있으며, 중성지에는 탄산칼슘이 주로 사용된다. 지력보강제는 폴리아크릴아미드(Polyacrylamide)가 주로 사용되며, 사이즈제로는 셀룰로오스의 친수성을 물리·화학적 처리를 통해 발수성의 물질을 부착하여 잉크의 번짐을 방지하고 물의 침투성을 저하시키는 목적으로 전분(starch), 레진(resin), PVA(polyvinyl acetate)등이 사용되며, 사이즈정착제로는 황산알루미늄(Alum, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)을 사용한다.

황산알루미늄을 로진사이즈의 정착제로 사용할 경우 초기적성이 향상되지만 종이의 산도를 pH 4~5로 낮추게 되어 종이의 열화에 큰 영향을 끼치게 된다. 이렇게 제작된 산성지는 공기 중에서 산소와 반응하여 누렇게 변질될 뿐만 아니라 강도가 저하되어 보관상에 어려움이 많다. 중성지는 중성의 합성사이즈제와 충전제들을 사용함으로써 백색도 증가와 함께 인쇄적성을 증가시키며, 종이 열화를 저지하는 효과를 나타낸다. 따라서 중성지는 보존성이 뛰어나 보존용지, 장기보존용 서적 등에 많이 사용된다.

2.2. 갈색 얼룩의 원인

유기물인 종이의 노화는 완전히 방지할 수 없는 자연스러운 현상이나 그 손상의 정도나 속도는 여러 가지 원인에 따라 달라진다. 국립현대미술관은 2015년 7월 덕수궁관에서 개최된 이쾌대 회고전 ‘거장 이쾌대, 해방의 대서사’의 출품을 위해 유족들이 보관해 온 드로잉, 스크랩북 등 아카이브 자료 약 300점에 대한 상태조사를 실시하였다. 조사결과 같은 시간 및 장소에서 보관되었던 종이들임에도 불구하고 보관된 순서, 위치, 종이의 종류에 따라 열화의 상태가 다르게 발생한 것을 확인할 수 있었다(Figure 1).



Figure 1. Various deterioration in Lee Quede ‘drawing’, Collection of bereaved family.

갈색 얼룩은 지류작품의 표면에 다양한 형태로 나타난다. 갈색 얼룩으로 인한 재질의 변화, 구조적 특징변화를 구체적으로 설명하기는 힘들지만 육안으로도 얼룩의 형태와 색상, 분포 범위가 다양한 것을 확인할 수 있다(Figure 2).



Figure 2. Examples of brown stains.

위와 같이 종이에 발생하는 갈색 얼룩은 적갈색, 갈색 또는 황색으로 형성되며, 일반적으로 작은 크기로 가장자리가 날카롭거나 불규칙하게 나타난다. 대부분의 경우 자외선에 의한 얼룩지점의 형광은 발생되는 원인에 따라 다른 색상을 띤다(Bicchieri, 2002). 갈색 얼룩이 발생한 부분의 경우 종이의 강도가 약해지며 산성을 지님에 따라 다른 부분에 비해 더 쉽게 손상될 수 있다.

지금까지의 연구결과로 볼 때 이러한 갈색 얼룩의 주요 발생 원인은 금속의 산화나 미생물의 영향이라고 추측된다. 하지만 60년 이상의 연구에도 불구하고 다양하게 발생하는 갈색 얼룩의 화학적 구성과 구조를 설명하는 정확한 원인은 밝혀지지 않았으며(PCC, 1992), 이러한 갈색 얼룩의 본질에 대한 연구는 여전히 진행 중이다(Brand, 2009).

갈색 얼룩의 원인에 대한 정확한 원인을 규명할 수는 없지만, 일반적으로 종이의 열화에 영향을 주는 요인으로는 환경적 요인(물리, 화학, 생물적 요인)과 제지기술적인 요인(원료처리 방법, 제지 시 첨가약품의 종류 등)으로 구분할 수 있다.

2.2.1. 온·습도에 의한 열화

종이기록물의 온도를 높이는 주요 원인으로 자료가 보존되어 있는 장소의 온도(실온)와 함께 열선의 존재여부가 중요하다. 열선은 음지의 빛이나 조명에 포함된 적외선에 의한 가열을 의미하며 온도가 높을수록 물질 간의 화학반응이 촉진되어 재질의 강도는 떨어진다. 지류작품들은 기본적으로 종이 자체에 수분을 포함하고 있으므로 온도가 종이의 섬유를 분해시키는 데 중요한 원인이 될 수 있다. 종이는 대부분 수분이 증발하게 되면 다시 외부로부터 흡수하고, 반대로 과량이 존재하게 되면 방습하여 외부의 습도와 평형을 이루려고 하는 성질이 있다. 또 상대습도가 65% 이상이면 지질의 함수율은 10% 이상이 되어 미생물이 발생할 수 있는 조건이 된다(Seo, 2008). 반복적인 습도의 변화는 종이의 지질을 약화시켜 부스러지고, 변색이 되며, 습기 얼룩이 발생한다(Figure 3). 특히 전시 공간 내의 온·습도가 불규칙할 경우 액자내부에서 작품지의 울음이 발생하고, 시간이 흐르면 흐를수록 열화 정도가 가속화된다(Figure 4).



Figure 3. Moisture stain : Choi Keunbae 'Independence hurrah', 1945.



Figure 4. Wrinkle : Pen Varlen 'Choi Seunghee checking students works', 1954, Collection of Moon Yeongdae.

2.2.2. 빛에 의한 열화

자외선은 셀룰로오스를 광분해하고, 중합도를 저하시킨다. 셀룰로오스 그 자체로는 가시광선 영역의 빛에 비교적 안정적이지만, 기계 펠프 등에 들어 있는 리그닌은 셀룰로오스보다 용이하게 산화하여 파괴되며 침색된다. 신문지 등이 햇빛에 의하여 급속히 변색이 일어나는 것은 이러한 원인 때문이다. 변화된 리그닌은 불안정한 상태의 물질을 포함하고 있어 이들이 간접적으로 셀룰로오스 또는 헤미셀룰로오스의 열화를 일으킨다고 생각된다. 이러한 변화는 작품을 해체하는 과정에서 잘 관찰되는데 작품지에서 액자에 가려져 있던 부분과 가려지지 않았던 부분과의 색변 차이를 확인해 볼 경우 뚜렷한 차이를 관찰할 수 있다(Figure 5).



Figure 5. Color change due to the light : Lee Yoksung land scape, 1988.

2.2.3. 건조 방법에 의한 열화

한지의 건조법은 발에서 뜯 습식상태의 종이를 건조매체에 직접적으로 닿아서 건조시키는 방식이다. 철판건조법은 철판 자체에 전체적으로 열을 가한 상태로 종이를 건조시키기 때문에 목판 건조법 보다 짧은 시간에 건조가 가능하다. 현재는 종이를 건조하기 위해 스테인리스 건조판을 사용하고 있지만, 과거에는 철판을 사용하여 건조하였기 때문에 이에 따른 영향은 무시할 수 없다. 실제로 철판건조를 통해 판매된 종이를 오래 보관한 경우에 종이 표면에 갈색반점이 생긴 것을 쉽게 확인할 수 있다.

2.2.4. 금속성분에 의한 열화

종이에 금속성분이 존재하는 것 그 자체는 열화의 원인이라고 할 수는 없지만 금속 촉매에 의한 복합적인 화학반응이 종이의 산화에 영향을 줄 수도 있다. 마그네슘 및 칼슘과 같은 금속은 안정화 효과가 존재하지만, 철과 구리는 종이의 산화에 영향을 준다 (Daniels, 2002). Beckwith는 종이 내부에 철분의 존재는 홀란드 고해기의 사용으로 인해 발생하는 것이며, 철 성분의 존재 위치에 따라 화학적 반응이 일어나고 'foxing'이 발생한다고 언급하였다(Beckwith, 1940). Tang은 얼룩이 어두운 곳은 높은 철 함량을

가지고 있으며, 반점 중심에서 가장 높은 철 농도가 나타나며 가장자리로 갈수록 금속 농도가 감소한다고 주장하였다(Tang, 1978). Daniels와 Meeks는 구리성분으로 인해 발생한 ‘foxing’은 크기가 다양하며 뚜렷한 핵이 없고 갈색 변색이 있는 작은 반점부터 검은색 돌기패턴 혹은 녹색부식 생성물이 있는 약 5mm 직경의 큰 반점까지 관찰되었다. 용해될 수 있는 구리 화합물은 종이에서 발생하거나 대기로부터 흡수된 황화수소와 반응하여 황화구리를 형성하여 셀룰로오스 분해의 촉매제로 작용하여 얼룩이 형성된다고 보았다(Daniels and Meeks, 1988). 한지의 경우에는 초기과정에 사용되는 물에 포함된 여러 가지 성분 중 석회질이 포함될 경우 철 성분이 존재하여 얼룩형성에 영향을 줄 수도 있다(Kim, 2015).

양지의 경우 잉크의 사용이 ‘foxing’의 원인으로 지목되기도 한다. Kolar는 철-몰식자 잉크(iron-gall ink)종이 부식에 미치는 영향을 비파괴분석을 통해 관찰하였는데, 철이온이 포함된 잉크의 경우 유기물이 산화하는 동안 과산화수소와 함께 제1철 이온(ferrous ion)을 형성하여 글리코시드 결합의 산분해를 촉진할 수 있다는 것을 보였다 (Kolar, 2006). 이러한 잉크 부식 연구는 대부분의 철-몰식자 잉크가 철을 과다 보유하여 복잡한 잉크합성 과정에서 충분히 결속되지 않아 철이온이 주변으로 이동할 수 있으며 이러한 철과 구리의 이온들이 셀룰로오스 산화에 필요한 촉매제로 작용하여 얼룩이 발생할 수 있다고 보았다(Ciofini, 2013).

2.2.5. 산에 의한 열화

19세기 중반에 근대 제지기술이 확립된 이후 대량의 종이 자료가 생산 되었지만, 반세기를 넘기기도 전에 이들 자료가 급속히 열화된다는 것이 관찰되었다(Archives, 2011). 이러한 근대 종이자료의 빠른 열화원인 중 가장 큰 역할을 하는 것이 바로 알럼-로진 사이징제 처리 때문이다. 서양에서 종이를 제조할 때 경화나 방부를 위해 사용하던 첨가물 중 알럼-로진 사이징제의 산성성분이 종이의 셀룰로오스나 헤미셀룰로오스를 가수분해하여 글루코오스 상태로 만든다. 산에 의한 열화는 상대습도에 따라 다른 손상을 가하는데 건조한 환경에서는 탈수제로, 습한 환경에서는 산 가수분해의 요인으로 작용한다.

심해진 대기오염도 작품의 손상에 주요 원인이 될 수 있다. 대기오염 물질 중 이산화황, 질소산화물, 광화학스모그(Oxidant)는 산성을 띠며 종이를 산성화시킬 수 있다. 특히 아황산가스는 종이의 수분과 반응하여 황산을 생산하며, 이는 종이 내부의 철, 망간의 존재로 촉진될 수 있다. 질소산화물은 수분과 반응하여 아질산을 생산한다. 이와

같이 생성된 산은 종이 섬유의 화학결합을 끊고 첨가된 불순물과 결합하여 색상변화, 섬유분해, 건조화 등을 유발시켜 종이의 내구성을 약하게 하고 외형적으로 황변화 및 부스러짐 등이 발생하게끔 한다.

이렇게 생성된 산은 전이된다. 매트용지, 합지 등 강한 산성을 띠며 리그린 등을 많이 함유한 저질의 종이에서 생성된 산은 이와 접촉한 다른 종이로 서서히 전이되어 착색을 유발하고 오염이 발생하거나 열화를 일으키게 된다(Figure 6). 서적 사이에 질이 좋지 않은 종이쪽지를 넣고 오랫동안 방치하였을 경우 넣어둔 쪽지 형태로 본문 종이가 착색되어 오염되는 것은 비교적 쉽게 경험할 수 있는 예시이다(Archives, 2011).

그러므로 지류 작품에 대한 보존처리 시 결실부를 산성지나 리그닌 등이 많이 포함된 종이로 보강할 경우 원 종이에 착색되거나 손상을 유발시킬 수 있으므로 열화 염려가 없는 종이를 사용할 필요가 있다.



Figure 6. Migration phenomenon : 國防部政訓局 'Korean literature', 1954, Collection of the Ku-Sang Literature Museum.

2.2.6. 리그닌에 의한 열화

종이가 갖는 천연의 색상은 대부분 리그닌의 잔류량에 의해 결정된다. 리그닌이 많은 종이는 기계펄프지로 주로 짙은 갈색을 띠게 된다. 현대의 종이는 대부분 화학펄프로 만들어지며, 이는 표백공정을 거치기 때문에 완성된 종이에 포함된 리그닌의 양은 약 3% 전후에 불과하다. 하지만 갈색 봉투를 만들기 위해 사용되는 미표백 크라프트지의 경우 10% 가까운 리그닌 함유량을 가지는 경우도 있다. 종이로 제작된 근현대 미술자료의 경우 종이 제조 당시 열악한 기술력과 함께 기계설비의 미비로 종이의 많은 부분에서 리그닌이 제거되지 않고 표백공정에 의한 발색단의 제거만 이루어진 경우가 많다 (Figure 7, 8). 이렇게 잔존하는 리그닌은 보존 기간 중 분해되어 셀룰로오스를 산화분해시킬 수 있기 때문에 가능한 공기 중의 수분과 산소의 접촉을 피할 수 있도록 보존하

는 것이 중요하다. 또한 앞에서 설명하였듯이 매트용지, 합지 등과 같이 리그란을 다양 함유하여 강한 산성을 띠는 저질의 종이일 경우, 이들 소재와 접한 종이로 산 또는 리그 인 등의 분해물질이 서서히 옮겨가 착색되어 오염이 발생하거나 열화를 일으키게 된다.



Figure 7. '焦土一詩', 1956, Collection of Myongji Art Therapy Institute.

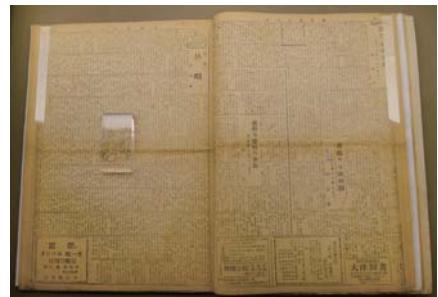


Figure 8. Weekly Literary Art, Vol. 1, No 4, 1952. 10. 4. Collection of MMCA.

2.2.7. 대기 중의 화학물질에 의한 손상

셀룰로오스 분자의 산화를 촉진할 수 있는 유기산 및 대기오염 물질로 황산화물 (SO_2), 질소화합물(NO_x), 오존, 황화수소, 암모니아, 염분, 매연 및 분진 등이 있다. 또한 실내 전시시설이나 수장고 부자재, 생물피해 방지를 위한 방부제, 액자를 제작 시 사용되는 접착제 등에 사용되는 포름알데히드와 같은 휘발성 유기화합물(VOCs, Volatile Organic Compounds)은 악취와 인체의 알레르기 증상을 유발함과 동시에 지류작품의 표면 변색에도 영향을 줄 수 있다. 특히 전시 및 안전한 보관, 감상을 목적으로 제작된 액자가 역설적이게도 작품 훼손의 근본적인 요인으로 작용하기도 한다. 액자 제작 시 작품을 고정하기 위해 사용한 화판틀에 의한 손상은 어렵지 않게 관찰된다. 아래의 예시는 격자문양으로 짜인 화판틀이 작품지 뒷면에 데칼코마니처럼 이염된 현상을 촬영한 것이다(Figure 9).

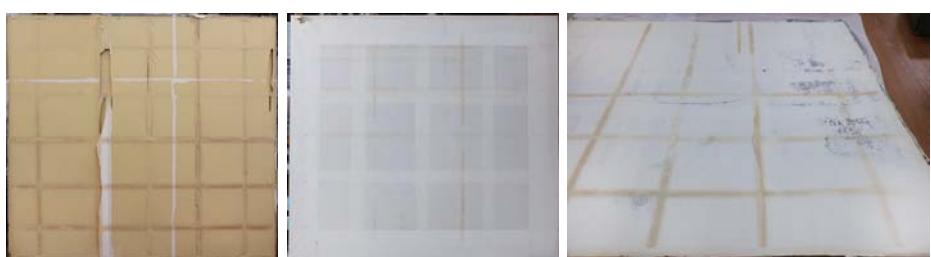


Figure 9. Picture frame and Back of artwork : Chon Naesik 'Residue of Love', 1984.

이 외에도 액자에 유리를 끼워 장시간 보관한 작품들의 경우 부재료에서 방출되는 휘발성 유기화합물(VOCs)로 인한 산화물질이 유리와 그림 사이에 형성된 공간에서 빠져나가지 못하여 작품에 이용된 종이의 산화와 황변의 요인으로 작용하기도 한다 (Yun, 2011). 아래의 예시는 화판틀 표면과 작품사이에 보호 종이와 같은 장벽 없이 바로 부착되었던 작품들이 VOCs의 산화성 물질에 직접적으로 노출되어 목재의 무늬를 따라 작품지 뒷면에 변색된 채 그대로 이염된 경우이다(Figure 10, 11).



Figure 10. Artwork degradation by picture frame : Jackie BARRAL 'Fortuneteller', 1982.



Figure 11. Artwork degradation by picture frame : Jackie BARRAL 'Madmen's hall', 1981.

2.2.8. 생물적인 원인

종이에 번식하는 곰팡이균류는 종이의 성분인 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등을 양분으로 생육하기도 하지만, 이 외에도 종이에 부착된 지방을 포함한 손때, 공기 중에 부유하다 종이에 부착되는 분진 등도 곰팡이 번식의 최대 양분이 될 수도 있다(Cheon, 2004).

곰팡이는 화학변화를 일으키는 효소 또는 발효물을 생산한다. 이러한 생산물은 화학적 변화를 일으킬 수 있으며 수분을 통해 확산되어 어느 정도 떨어진 곳에서 국부적인 변색을 일으킬 수 있다(Iiams and Beckwith, 1935).

일반적으로 곰팡이는 영양생장 전에 염색된 발아 포자(germinated spores)와 한정된 균사(hyphae), 발전된 균사(mycelium)로 형성된다. 곰팡이로 인해 생성된 'foxing'은 다양한 색을 지니게 된다. 갈색의 열화는 곰팡이의 영향뿐만 아니라 글루코오스와 아미노산 사이의 메일라르 반응(Maillard reaction)으로부터 생길 수도 있다. 즉, 셀룰로오스 분해물과 균체(fungal body) 모두에서 비롯될 수 있다. 이 외에도 지방질 자가산화(lipid auto-oxidation) 과정으로 인해 얼룩이 발생할 수도 있다. 포자 혹은 그와 비슷한 균사 건조 중량의 최대 50%는 지방질로 이루어지며 지방의 자가산화를 통해 매우 파괴적인 자유라디칼과 과산화물을 생성할 수 있다. 이는 단백질을 아미노산으로 분해시킬 뿐만 아니라 종이에 얼룩을 발생시킨다(Ciofini et al., 2013).

현재 갈색 얼룩이나 곰팡이를 제거하는 가장 일반적인 방법은 세척 및 표백이며, 때로 복원기술과 조합하여 집중적인 처리를 시행하기도 한다. 만약 열화 원인이 녹슨 반점이나 곰팡이 균사일 경우 칼날을 통해 습식처리 전 기계적으로 제거할 수도 있다. 킬레이트제와 효소를 이용하여 목표점을 설정한 처리법은 선택적으로 금속과 생물학적 오염물을 처리할 수 있지만 얼룩의 범위와 원인을 명확하게 결정할 수 없기 때문에 거의 사용되기는 힘들다.

2.3. 갈색 얼룩(foxing) 제거에 사용되는 재료

지류작품의 보존처리는 작품의 재질과 상태에 따라 다른 방법으로 이루어지며 오염물을 제거하는 세척과정 역시 포함된다(Bae, 2011). 유물의 세척과정은 비가역적이기 때문에 그 필요성을 신중하게 판단해야 하나, 작품에 부착된 대부분의 오염물은 산성을 띠기에 유물의 열화와 변색, 가수분해 등을 촉진시켜 외관 및 물성을 손상시키므로 세척이 꼭 필요한 경우도 있다. 따라서 세척은 유물이 가진 중요한 정보를 유실시키지 않으면서 안정성을 향상시키고 원형을 회복할 수 있는 범위 내에서 이루어져야 한다(Caple, 2000).

지류작품의 세척 방법으로는 작품 표면에 존재하는 먼지 등의 제거를 위해 붓이나 소도구 등으로 실시하는 건식세척(dry cleaning), 물을 용매로 사용하는 습식세척(wet cleaning), 바탕재질의 상태 및 필요 여부에 따라 전체적, 국부적으로 사용하는 표백처리(blanching cleaning)로 구분할 수 있다. 지류유물은 다른 재질과는 다르게 유기용매 및 표백제를 사용

할 경우 셀룰로오스에 영향을 줄 수 있어 표백처리의 사용을 지양하고 건·습식 세척까지만 실시하는 경우가 많다. 근현대 미술작품은 특성 및 손상정도를 고려하여 지류 표면의 노화 산물을 용해시킬 수 있는 용매의 사용이 필수적인 경우도 존재한다. 세척방법에 따라 각각의 장단점이 존재하므로 작품의 상태를 고려하여 신중하게 적용할 필요가 있다.

2.3.1. 물

습식세척에서 가장 중요한 용매인 물은 저렴하고 쉽게 구할 수 있으며 독성이 없다는 3가지 측면에서 보존처리 시 가장 선호되는 용매이다(Wheatcroft, 1992). 물은 수용성 오염물질을 용해할 뿐만 아니라 불용성 오염물을 제거하는데도 도움을 준다. 보존처리 시 세척용매로서 물은 가장 광범위하게 사용되며, 주로 중류수 혹은 탈이온수를 사용하여 세척한다. 여전히 허락되지 않는다면 수돗물을 연수화하여 사용할 수밖에 없겠으나, 수돗물에는 많은 이물질이 포함되어 있으므로 마지막에는 반드시 중류수를 사용하여 작품에 남아 있을지도 모르는 활성물질을 깨끗이 헹궈내야 한다 (Kim, 2011).

아래 예시는 표면 먼지, 이물질 및 갈색 얼룩 등의 제거를 위해 탈이온수를 이용하여 습식세척을 실시한 경우이며, 세척효과의 확인을 위해 세척 전·후의 색도 측정을 실시한 결과 전체적으로 명도 값이 올라가고, 갈색 얼룩이 발생했던 부분도 깨끗하게 제거되는 것을 확인할 수 있었다(Figure 12).



Figure 12. Wet cleaning before · after : KIM Eungsup 'Bamboo', 1984.

세척용 용매로서의 물에 대한 장단점을 〈배순화, 2011〉을 참고하여 정리해 보면 〈Table 2〉와 같다.

Table 2. Advantages and disadvantages of washing solvent(water).

| | |
|----|---|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 유기물 또는 무기물의 극성 오염물질이 잘 용해된다. 천연섬유의 퇴화산물인 황색 산성 물질이 용해되므로 심미성이 향상된다. 물은 섬유 간 가소제 역할을 하므로 직물의 유연성이 향상된다. 장력을 완화시켜 주름이 제거된다. 구하기 쉽고 비용이 적게 듈다. 독성이 없고 안전하다. 인화성이 없고 불연성이다. 무미, 무취이다 |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 염료나 안료가 이염되거나 변색될 수 있다. 세척 후 퇴화산물이 과도하게 제거되어 분해될 수 있다. 건조 후 크기 및 형태의 변화가 발생할 수 있다. 가수분해나 산화로 인해 열화가 가중될 수 있다. 표면변화, 축융, 뒤틀림이 발생할 수 있다. 비중이 커서 흡수 시나 교반 시에 역학적인 손상이 발생할 수 있다. |

2.3.2. 표백제(Bleaching)

표백처리는 지류작품의 노화과정에서 생긴 유해한 노화산물들을 제거하는 과정이다. 특히 백색의 종이를 바탕재료로 사용한 지류작품은 시간이 경과하면서 다양한 원인에 의해 변색되기 쉬우며 갈색 얼룩이 심할 경우 표백처리가 필요할 수 있다.

셀룰로오스로 구성된 종이는 열화 과정에서 전체적으로 황변될 수 있으며 오염된 부위는 집중적으로 변색될 확률이 높다. 특히 셀룰로오스 분자가 산화되면 수산기가 카르보닐기와 같은 발색단(Chromophoric group)으로 변하여 종이의 변색뿐만이 아니라 종이 강도 및 중합도의 저하와 같은 물리적인 변화가 일어난다. 따라서 산화과정을 포함하는 표백처리를 시행할 경우 열화과정에서 생긴 유해한 노화산물을 제거할 수 있으나, 작품의 변화가 우려되기에 심미적 목적만으로 오래된 역사적 유물에 적용하는 것은 무리가 있다(Bae, 2011).

현재 보존처리 과정에서 가장 널리 사용되는 표백방법은 산화표백과 환원표백이다. 화학표백제는 유기 색소 물질 내에서 공유 결합을 끊은 뒤 재형성하여 색소를 파괴하는 강력한 화학 물질이다(Smith, 2012). 다양한 표백 방법이 존재하지만 이 모든 방법

은 지류작품에 약간의 손상을 유발할 수 있다. 종이에 대한 표백제 적용은 여러 조건에 따라 주의 깊게 선택되어야 하며, 표백제 그 자체로 종이섬유가 손상될 수 있으므로 철저히 행구어 제거해야 한다(Xu, 2010).

미술작품의 특성상 관람을 목적으로 하는 작품이 대다수이므로 표백처리를 필수적으로 적용해야 하는 경우도 있지만 표백은 작품의 외관향상이라는 장점과 재질손상의 위협이라는 단점을 함께 지니고 있기 때문에 표백방법, 강도, 범위의 설정에 신중한 판단이 필요하다.

가. 산화표백(酸化漂白, Oxidation bleaching)

산화표백은 산화작용을 이용하여 섬유 속의 색소 불순물을 제거하여 탈색하는 것을 의미하며 표백제의 성분에 따라 염소계와 산소계(과산화물)로 나눌 수 있다. 산소계 표백제로는 과산화수소(H_2O_2)가 있으며, 염소계표백제로 차이염소산나트륨(NaOCl), 아염소산나트륨(NaOCl₂) 등이 있다.

산화 표백제는 얼룩이 있는 물질이나 지지체의 산화상태(산화수)를 증가시켜 얼룩의 용해성을 증가시키고 색의 강도를 감소시키는 화학물질이다. 표백제의 산도(pH)는 표백의 물리적·화학적 효과에 큰 영향을 준다(PCC, 1989). 염소계 표백제는 산화력이 매우 강하여 염색된 종이의 경우 색을 변색시킬 수 있으며 질소를 함유한 모직물, 견직물 등의 섬유를 누렇게 변화시킬 수 있어 흰색 면직물이나 마직물, 폴리에스터 섬유에만 적용할 수 있다. 세탁용 세제에 주로 들어 있는 것은 이러한 산소계 표백제이다. 산화표백제의 종류와 특징은 〈Table 3, 4〉에 정리하였다.

Table 3. Oxidation bleach.

| A. 과산화수소 [Hydrogen peroxide, H ₂ O ₂] | |
|--|--|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 보통 가장 안전한 농도는 3% 이하이다. 용액은 보통 pH를 유지하기 위해 원충액*을 사용하여, pH 10, 9, 8로 만들어진다. *원충액은 수산화물(hydroxide), 탄산염(carbonate), 중탄산염(bicarbonate, pH 10), 봉산염(borate, pH 9), 인산염(phosphate, pH 8) 등이 사용된다. 암모니아는 pH를 높이기 위해 사용할 수 있으나 휘발성이 있어 안정적인 유지는 어렵다. 분해속도에 따른 표백 작용은 pH 증가에 따라 증가한다. 알칼리도가 높을수록 퍼하이드록실 라디칼(perhydroxyl radical, HOO⁻)의 생성량이 증가하여 표백작용이 빨리 진행되나 알칼리도를 너무 높일 경우 자기분해가 발생함과 동시에 산화전위도 낮아지게 되어 표백효과가 저하되므로 적절한 pH 유지가 필수적이다. 과산화수소 표백은 주로 섬유표백에 적용되는데 철과 같은 금속용기를 사용할 경우 분해가 빠르게 진행되므로 용기선택에 주의가 필요하다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 목재펄프 얼룩과 그을음 자국(mat burn)을 표백할 수 있다. 어두워진 연백안료를 백색의 황산납으로 바꿀 수 있다. 리그닌을 포함한 종이에는 산화표백만 적용 가능하다. 염소계 표백에 비해 비교적 천천히 진행되므로 표백작용을 조절하기 용이하다. 표백 이후에 황색으로 덜 변한다. 에테르가 사용되지 않을 경우 배기 장치가 필요하지 않다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 중금속(철, 구리 등)이나 이들의 염, 산화물로 이루어진 얼룩 등과 같은 흔적이 있는 종이에는 사용 할 수 없다. *이들은 과산화수소의 분해를 촉진시켜 종이의 산화현상을 유도하여 종이를 열화시킨다. 과산화수소는 중금속이외에도 생채족매로 인해 분해가 촉진되어 산소와 물로 분해될 수 있으며, 이는 알칼리도가 높을 경우 빠르게 진행되므로 pH가 적절하지 않거나 안정화되지 않았다면 종이 자체를 분해할 수도 있다. 1820년 이후의 인쇄물에는 그 색상을 고려해서 사용해야 한다. 장시간 사용할 경우 물 얼룩이 생기고 자주 만지면 종이가 마모된다. 매우 단기간(몇 달 정도)에 종이의 어두워짐이 발생하거나 자국이 발생할 수 있다. 종이를 담가 두는 시간 동안 과산화수소 분해로 인한 산소기체 발생으로 단섬유질 종이의 경우 곰팡이가 발생한 부분이 훼손되거나, 두꺼운 합판에도 기포가 생길 수도 있다. 잔여물을 완벽하게 제거하지 않을 경우 종이가 빛에 민감하게 반응할 수 있다. 철-물식자 잉크를 표백해 버릴 수도 있다. 과산화수소 및 과산화수소 부산물은 에테르와 함께 상온에서도 폭발할 수 있다. 약한 표백에 적절하며 'foxing'이나 곰팡이 자국이 심각할 경우 효과가 없을 수도 있다. |

Table 4. Chlorine bleach.

| A. 차아염소산염 [Hypochlorites] | |
|--|---|
| A-1. 차아염소산칼슘 [alcium Hypochlorite, CaOCl] | |
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> • 농도는 0.5%보다 크면 안 된다. • 물체의 안정성과 표백효과를 고려하여 pH를 9로 유지해야 한다. • 염소 기체가 부산물로 형성되므로 암모니아와 섞으면 안 된다. • 완충액은 방법에 따라 선택된다. <p>*예를 들면 붕산을 추가하고자 하면 수산화칼슘을 추가하여 pH를 조절할 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 종이의 열화는 자연의 pH에서 가장 빠르게 진행되므로 pH 7의 표백용액을 사용할 수 없다. • 산성물질의 경우 종이의 산도가 pH 7를 띠게 되는 것을 막기 위해 알칼리성 표백용액에 놓여 지기 전에 중화되거나 알칼리화(pH 7 이상)되어야 한다. • 표백용액 역시 사용하는 동안 적절한 산도를 유지해야 하므로 pH 미터기로 정확한 확인이 필요하며 필요하다면 다른 용액으로 교체할 수도 있다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 차아염소산염은 얼룩제거에 탁월한 효과가 있으며 특히 'foxing'에 효과가 있다. • 나트륨과 비교했을 때 칼슘의 존재로 인해 종이를 산화로부터 보호할 수 있다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 시판되는 제품이 고체형태로 판매되어 많은 양의 탄산칼슘과 수산화물로 오염되어 있기에 화학분석을 하지 않는 이상 사용해야 할 정확한 농도를 알기 힘들다. • 표백제의 양을 조절하기 어려우며, 결과에 따라 종이가 회색이나 청색 또는 자연스럽지 않은 흰색을 띸 수 있다. • 만약 섬유 훼손이 가속화되어 중금속 얼룩(철, 구리 등)이 나타났다면 사용할 수 없다. • 표백작용이 빨라 조절하기 어렵다. • 일부민, 젤라틴, 접착제 등과 같은 단백질과 반응하여 물로 씻어내기 힘든 클로라민(chloramine)을 형성한다. • 녹말사이징 같은 탄수화물을 용해시킨다. • 대부분의 종이(특히 극도로 정제한 목재 펄프)의 강도를 감소시킬 것이다. • 작품을 산화시킬 것이며 이로 인해 황화가 발생할 수 있다. • 또한 알칼리성은 종이나 그림에 영향을 줄 수 있다. • 표백 이후 광범위한 세척이 필요하다. • 리그닌 종이에는 사용할 수 없다. • 환색(color reversion)이 빈번하게 발생한다. |
| A-2. 차아염소산나트륨 [sodium Hypochlorite, NaOCl] | |
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> • 알칼리성 산도를 유지하기 위해 완충이 중요하다. *희석된 용액이 원하는 산도를 유지할 만한 완충력을 지니고 있지 않기 때문이다. • 염소 기체가 부산물로 형성되므로 암모니아와 섞으면 안 된다. • 용액의 산도, 완충액의 종류, 표백제의 농도 등은 차아염소산칼슘과 유사하게 적용한다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> • 얼룩제거제로 매우 효과적이며 'foxing'을 제거할 수 있다. • 액체 상태로 판매되므로 용액을 만들기 쉽다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> • 보관용액이 고체형태의 차아염소산칼슘보다 매우 짧은 유통기한을 가진다. • 같은 중량일 경우 차아염소산칼슘보다 반응속도가 빠르며 다른 단점은 유사하다 • 나트륨으로 인해 표백속도가 빠르고 종이의 열화가 발생할 수 있어 드물게 사용된다. |

B. 클로라민 [chloramine]

B-1. 클로라민 T [chloramine-T(N-chloro-p-toluenesulphonamide), $C_7H_7ClNNaO_2S$]B-2. 클로라민 B [chloramine-B(N-chlorobenzenesulfonamido), $C_6H_5ClNNaO_2S$]

| | |
|------|---|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 고체의 화학물질을 물이나 알코올(가급적이면 에탄올)에 용해하여 사용한다. 완충액이나 안정제는 필요하지 않다. 염소 기체가 부산물로 형성되므로 암모니아와 섞으면 안 된다. 종이표백을 위해 1937년에 도입되었으나 잔여물의 제거문제로 인해 현재 사용되지 않는다. 농도는 4%를 넘으면 안 되며 일반적으로 2%로 사용한다. 약 pH 9의 산도에서 자체 완충작용을 하며 유효한 표백농도는 같은 종량, 같은 산도의 차아염소산 칼슘, 나트륨보다 매우 낮다. 메탄올은 유독성 때문에 용매로 사용할 수 없다. 클로라민-B는 T와 유사하게 작용한다. |
| | <ul style="list-style-type: none"> 쉽게 조절 가능한 표백제이다. 물에 민감한 작품일 경우 수분이 없는 용액으로 사용할 수 있다. pH 9에서 자체 완충작용을 하기 때문에 용액을 제작하기가 쉽다. 염소 표백제 중 가장 느리고 조절 가능하므로 얼룩을 원하는 만큼 탈색할 수 있다. 가벼운 산화 자국과 약간의 곰팡이 자국도 표백할 수 있다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 한동안 많이 사용된 이후에 사용이 중단되었다. 이는 표백덩어리에 있는 무기염류(영반)와 잔여물이 추가세척을 통해서도 제거되지 않기 때문이다. 표백은 처리 후 몇 달 동안만 지속될 수 있다. 표백작용이 강하지 않아 'foxing'을 제거하기 힘들다. 차아염소산보다는 낫지만 여전히 열화와 관련된 문제가 발생한다. 알칼리성 pH는 종이와 작품이미지에 영향을 줄 수 있다. 종이는 차아염소산염보다 덜 회색일 것이며 리그닌이 포함된 종이일 경우 황록색으로 변하는 얼룩이 생길 수 있다. |

C. 이산화염소 [Chlorine Dioxide, ClO_2]

| | |
|------|---|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 1951년 도입되었으며 농도는 2% 이하로 사용해야 한다. 배기 장치가 의무적이며, 마스크가 필요하다. 온도를 25°C 이상으로 유지하여 잠재적인 폭발을 최소화해야 한다. 포름알데히드나 차아염소산과 옥살산(oxalic acid)을 사용하여 용액을 활성화시켜야 한다. 포름알데히드로 활성화시킬 경우 비교적 안전하고 최소한의 장비를 요구하나 포름알데히드 자체가 발암물질이다. 차아염소산과 옥살산으로 활성화할 경우 특수챔버와 함께 처리방법에 대한 지식이 필요하다. 알칼리성이 표백을 저해하여 사전의 탈산처리가 필요하지 않다 *초기 pH 6~7로 활성화된 이후에 15~20분 후 약 pH 5~6으로 낮아진다. 담금(immersion) 처리뿐만 아니라 기체상 처리 후에도 세척이 필요하다. 세척 이후 염소가 여전히 종이에 남아 있을 경우 탈염소제(anti-chlors) 사용이 필요하며, 세척은 배기장치가 있는 곳에서 이루어져야 한다. 처리 완료 후, 용액안의 활성화 화학물질은 티오황산나트륨(sodium thiosulphate)과 같은 환원제를 사용하여 반드시 제거해야 한다. |
| | |

| | |
|----|--|
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 차아염소산에 비해 열화나 환색이 적다. 심각한 얼룩을 탈색하는 데 효과적이다. 실험실 안전장비를 사용하여 기체 및 담금처리 모두 가능하다. 다른 염소계표백보다 미량의 금속 불순물에 덜 민감하다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 독성이 매우 강하고 폭발위험도 있어 사용에 주의가 필요하다. 리그닌과 반응하여 강한 일칼리로만 세척 가능한 염소화합물을 형성하기 때문에 리그닌 종이에 사용할 수는 없다. 리그닌, 금속, 젤라틴, 또는 동물성 접착제와 같이 단백질성 물질과 반응할 경우 종이를 분홍색이나 주황색 계열로 변화시킬 수 있으며 아디티온산염(dithionite)과 수산화붕소(borohydride)와 같은 환원제로 가끔 변화를 막을 수도 있다. 포름알데하이드는 젤라틴을 위한 가교제가 되며 영구적인 분홍 변색을 야기한다. 작품 방부처리 시 티몰(thymol)을 사용했을 경우 종이가 황화된다. 그림의 색을 표백할 수 있으며, 종이의 열화를 야기할 수 있다. 리그닌 종이이거나 처리 동안 종이가 산화되었을 때 빠르게 환색될 수 있다. 처리 후에는 광범위한 세척이 필요하다. 작품이나 색이 있는 종이의 유기물 색소를 탈색할 수 있다. 트레이와 같은 플라스틱의 황화를 야기시킬 수 있다. 염소 기체가 부산물로 형성되므로 암모니아와 섞으면 안 된다. |

D. 과망간산칼륨 [Potassium permanganate, $KMnO_4$]

| | |
|------|--|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 고체의 화학물질을 0.2%~0.5%로 물에 용해시켜 사용한다. 매우 낮은 농도로도 종이에 손상을 줄 수 있어 거의 쓰이지 않는다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 거의 모든 얼룩을 탈색할 수 있으며 특히 잉크 얼룩에 효과적이다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 섬유에 대한 손상이 심하다. 그림에 회복할 수 없는 손상을 줄 가능성 있다. 환색(color reversion) 가능성이 심각하다. 보라색 용액이 가시성을 악화시키므로 표백제의 양을 조절하기 힘들어 표백제를 과하게 사용하게 되는 경향이 있다. 망간염 잔여물은 처리 후에 얼룩을 초래한다. |

나. 환원표백(還元漂白, Reduction bleaching)

환원표백은 환원작용을 이용하여 섬유 속의 색소 불순물을 분해하거나 녹게 하여 탈색하는 방법이다. 환원표백제는 셀룰로오스에 함유되어 있는 색소를 완전히 파괴시키는 것이 아니고 얼룩이나 산화 부분을 화학적으로 환원함으로써 무색의 류코(Leuco)화합물을 만들거나 무색의 아황산화합물을 생성하여 표백시킨다. 모직물·견직물 등 질소를 함유한 섬유를 표백하거나 철분 또는 염소계표백제에 의해 누렇게 변색한 섬유를 원상태로 되돌릴 때 효과적이며, 염소계 산화표백제와 달리 리그닌 섬유에 사용할 수 있다. 하지만 태양빛이나 산화 등으로 인해 원래의 색상으로 돌아올 수 있다는 단점을 가지고 있다.

Table 5. Reduction bleaching.

| A. 수소화붕소 [Borohydrides] | |
|---|---|
| A-1. 수소화붕소 나트륨 [sodium Borohydride, NaBH ₄] | |
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 1970년대에 도입되었으며 0.01%~1%의 농도로 사용한다. *클로라민-T의 탈염소 작업을 위해서는 2%까지 사용한다. 가벼운 표백 처리에 적절하다. 고체의 화학물질을 물이나 알코올에 용해시켜 사용하며 물에 더 잘 용해된다. 담금처리일 경우 주된 표백 효과는 처음 10분 동안 발생하며 흡입 테이블(suction table)이나 국부적인 표백처리는 좀 더 오랜 시간이 필요하다. 종이는 표백 전에 중화되어야 한다. 미량 전이금속(예를 들어 철 얼룩)은 디티온산염(dithionite)으로 제거해야 한다. 배기장치는 의무적이지 않지만 장갑은 사용해야 한다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 물에 예민한 작품일 경우 알코올을 사용하여 처리할 수 있다. *수산화붕소는 알코올에서 더 안정적이다. 케톤(ketone)과 알데하이드 카르보닐기(aldehyde carbonyls)를 제거하여 종이의 영구성을 향상시킬 수 있다. 알칼리성(물 기준으로 약 pH 9)은 많은 얼룩을 용해시킬 수 있다. 약간 환색이 일어나지만 심각하지 않다. 표백 반응은 농도와 적용방법에 따라 쉽게 조절할 수 있어 과한 표백으로 이어지지 않는다. 반응속도가 느려 목표로 하는 표백 정도를 쉽게 달성할 수 있다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 담금처리할 경우 수소기체가 빠르게 발생하여 물리적으로 취약하거나 곰팡이가 존재하는 작품을 손상시킬 수 있다. 금속은 표백의 분해를 촉진시킨다. 어떤 색은 색료의 변화가 가능하다. *그러나 종종 에테르 과산화물과 함께 색을 반환시킬 수 있다. 알칼리성의 pH는 특정 작품의 사이징제, 코팅, 오일잉크를 용해시켜 열화를 가속화한다. 갈색 얼룩의 경우 얼룩이 기대보다 더 용해되어 과한 표백이 가능하다. 처리 후 흡입 테이블 등으로 씻어내야 하며, 특히 나트륨 양이온은 표백 후 완전히 제거되어야 한다. 약한 표백, 가벼운 얼룩에는 적절하지만, 국부적인 작업일 경우 더 심각한 얼룩이 발생할 수 있다. 세척이 완전하지 않을 경우 봉산염 잔여물이 남아 자외선 아래에서 형광을 띠 수 있다. |
| A-2. 수소화붕소 테트라메틸암모니아 [tetramethylammonium borohydride, N(CH ₃) ₄ BH ₄] | |
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 최근에 제안된 방법이다. 나트륨염(수산화붕소 나트륨)과 동일한 표백 농도를 위해서 좀 더 높은 농도가 필요하다. 나트륨염용액보다 더 안정적이며 사용방법과 작업성이 유사하다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 표백이 나트륨염보다 덜 분해된다. *나트륨 양이온은 테트라메틸 암모니아 양이온과 바뀐다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 수산화붕소와 비슷하다. 물에 비해 알코올에서의 용해성은 떨어진다. 비싸다. |

A-3. 수소화붕소 테트라에틸암모니아 [tetraethylammonium borohydride, $N(CH_2CH_3)_4BH_4$]

| | |
|------|--|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 메틸암모니아에 비해 안정성과 분자량이 좀 더 높은 것을 제외하고는 유사하다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 수소화붕소 중 가장 안정적이다. 표백의 분해가 최소화된다. 다른 장점은 다른 수산화붕소 계열과 비슷하다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 메틸암모니아와 유사하다. |

B. 디티온산나트륨(하이드로설파이트) [Sodium dithionite (Hydrosulfite), $Na_2S_2O_4$]

| | |
|------|---|
| 작업조건 | <ul style="list-style-type: none"> 과거 광택제로 사용되었지만 환색성이 좋지 않고 다른 방법이 존재하여 사용이 감소하였다. 고체의 화학물질을 물에 용해시켜 사용한다. 1~6% 농도에 pH 6~7.5로 사용한다. 용액의 안정화를 위해 암모니아가 첨가된다. 만약 암모니아가 더해지면 pH는 8~9의 범위로 사용하게 된다. 철분 제거에 가장 좋은 방법으로 알려져 있다. 일반적인 표백과 얼룩 제거를 위해서는 보통 사용되지 않는다. 철 양이온의 가용성을 완전히 하기 위해서 작품을 철저하게 세척해야 한다. |
| 장점 | <ul style="list-style-type: none"> 철의 효과적인 제거를 위한 안전한 방법이다. 셀룰로오스를 분해하지 않는 것으로 알려져 있다. |
| 단점 | <ul style="list-style-type: none"> 극히 가벼운 광택제이며 디오향산염보다 표백작용이 덜하다. 만약 광택제로 사용한다면 빠르게 환색될 수 있다. 철 이온이 세척되지 않고 남아 있을 경우 얼룩이 다시 발생할 것이다. 황(유황)으로 인해 강한 악취가 발생한다. |

3. 결 론

유기물로 구성된 종이의 노화는 자연적인 현상이며, 이로 인해 생성되는 유해한 노화산물 역시 필연적인 생성물이다. 이러한 노화산물은 과거부터 현재까지 제거의 대상이었으며 주로 세척을 통해 제거하고자 노력하였다. 특히 이 노화산물 중 근현대 지류작품에 발생하는 얼룩은 서양에서는 ‘foxing’, 한국에서는 갈색 얼룩으로 주로 명명되며 작품의 시각적인 외형에 크게 영향을 주어 작품 감상과 보존을 방해한다.

최근까지의 갈색 얼룩(foxing)에 관련된 연구를 조사한 결과 갈색 얼룩은 주로 곰팡이나 금속성분 등으로 인해 발생한다고 추정되지만, 정확한 발생과정이나 화학적 구조를 설명하기에는 아직 부족한 점이 존재한다.

미술작품의 예술적·미적 가치를 유지하고 작품 그 자체의 보존을 위해 갈색 얼룩의 제거가 필요하며, 이를 위해 주로 세척 작업을 실시한다. 지류작품의 여러 가지 세척 방법 중 물을 통해 얼룩이 제거되지 않을 경우 표백처리를 할 수 있으나, 이는 다양한 화학물질을 사용하기에 쉽게 적용하기는 힘든 작업이다. 표백처리를 통해 당장은 원하는 세척 효과를 얻을 수 있을지 몰라도 향후 지류작품의 내구성과 보존에 어떠한 영향을 미치게 될지에 관한 연구 자료가 부족하여 보존의 안정성을 확신할 수 없기 때문이다. 또한 산화와 환원이라는 과정을 거쳐 표백처리된 지류작품들은 장기간 보관 시 다시 황변될 가능성이 매우 높기 때문에 표백작업 여부는 신중하게 결정할 필요가 있다. 이와 같이 갈색 얼룩의 제거를 위한 표백처리의 적용방법과 안정성 확보를 위해 추후 샘플실험 및 안정성 테스트 등의 연구가 필요하다고 생각된다.

REFERENCES

- Bae, S.W., 2011, Components of textile objects and materials, National Research institute of Cultural Heritage, Conservation of Papers and Textiles, 216~217. (in Korea with English abstract)
- Beckwith, T. D., Swanson, W. H., liams, T. M., 1940, Deterioration of paper: the cause and effect of foxing, University of California at Los Angeles Publications in Biological Sciences 1(13), 299~337.
- Bicchieri, M., Ronconi, S., Romano, F.P., Pappalardo, L., Corsi, M., Cristoforetti, G., Legnaioli, S., Palleschi, V., Salvetti, A., and Tognoni, E., 2002, Study of foxing stains on paper by chemical methods, infrared spectroscopy, micro-x-ray fluorescence spectrometry and laser induced breakdown spectroscopy, Spectrochimica acta. Part B, Atomic spectroscopy 57, no. 7, Netherlands, 1235~1249.
- Brand, N.N., Chikishev, A.Y., Itoh, K. and Rebrikova, N.L., 2009, ATR-FTIR and FT Raman Spectroscopy and Laser Cleaning of old paper samples with foxing, laser physic, vol. 19.
- Caple, C., 2000, Conservation skills, Judgement, method and decision making, Routledge.

Cheon, J.H., 2004, A study on the change of matter properties of paper cultural heritage by wet cleaning, Yongin university. (in Korea with English abstract)

Jeong, S.H., 2015, A study on manufacturing technologies and excellence of Korean traditional paper, National Research institute of Cultural Heritage, Korean Journal of Cultural Heritage Studies Vol. 48, No.1, 98. (in Korea with English abstract)

Daniels, and Meeks., 1988, Foxing caused by copper alloy inclusions in paper, Canadian Conservation Institute I.

Daniels, and Vincent., 2002, Aging of paper and pigments containing copper: a review, In Book, The broad spectrum: studies in the materials, techniques, and conservation of color on paper. Archetype Publications Ltd, London, United Kingdom, 116~121.

Ciofini, D., Osticiol, i.I., Micheli, S., Montalbano, L., and Siano, S., 2013, Laser removal of mold and foxing stains from paper artifacts: preliminary investigation published in proceeding of SPIE(the international society for optical engineering 9065).

Greve, and Kari., 2000, Foxing--causes and questions: a research history, In Book, Conservation without limits: IIC Nordic Group XV Congress, Finland, 23~26, 55~62.

Hasegawa, K., Basic knowledge of modern print, Sigongsa, 46. (in Korea)

Joung, Y.J., 2002, Effect of cotton fiber beating and PVA impregnation on strength properties and dimensional stability of paper, Chungnam National university. (in Korea with English abstract)

Koč, M. and Malešić, J., 2012, Foxing: identification and conservation treatment of stains on two contemporary etchings, Journal of Paper Conservation: IADA reports = Mitteilungen der IADA 13, no. 1, 16~22.

Lee, S.C., 2002, We really should know that our Hanji, Hyunamsa. (in Korea)

Lee, H.L., 1996, Property of wood fiber and pulp, Science of paper manufacture, Gwangilmoonwhasa, 111. (in Korea)

- Kim, S.Y., 2011, Damage to and conservation treatment of textile cultural properties, National Research institute of Cultural Heritage, Conservation of Papers and Textiles, 121~122. (in Korea with English abstract)
- Kim, S.Y., 2015, Deterioration Characteristics of Traditional Handmade Paper by Metallic Oxides, Chungbuk National University, 3. (in Korea with English abstract)
- Kim, J.J., Lee, J.H. and Park J.M., 2014, Change of Physical Strength depending on Mixing Ratio of Woody Pulp and Cotton Pulp, Korea Technical Association of The pulp and Paper Industry, Proceeding of Spring Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 32~33. (in Korea with English abstract)
- Kim, S.G., Jeong H.J. and Lee, J.C., 1992, Hanji–Monbangaswoo research report, National Folk Museum of Korea. (in Korea)
- Kolar, J., Stolfa, A., Strli, M., Pompe, M., Pihlar, B., Budnar, M. and Sim, J., 2006, Birgit Reissland, Historical iron gall ink containing documents —. Properties affecting their condition, *Analytica Chimica Acta* 555, 167~174.
- Iiams, Thomas M. and T. D. Beckwith, 1935, "Notes on the Causes and Prevention of Foxing in Books." *The Library Quarterly* 5:1, 407~418.
- Max, s., translated, edited, and with an appendix by roy perkinson, 2006, the restoration of engravings, drawings, books, and other works on paper, getty publications.
- Min, C.G. and C, J.Y., 2005, Manufacture of Engraving Paper Using Paper Mulberry Bast Fiber, Korea Technical Association of The pulp and Paper Industry, Proceeding of Spring Conference of the Korea Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 120~127. (in Korea)
- National Archives of Korea, 2011, archives Ⅲ, National Archives of Korea, 18~48.
- Paper conservation catalog copyright, 1989, 1992. The Book and Paper Group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.

- Seo, J.H., 2008, Methodology for Cultural Heritage Preservation, Kyunginmoon-whasa. (in Korea)
- Shin, H.S., 2014, Evaluation of Beating Mechanism of Cotton Lint and Liter Pulp as papermaking Fibers, Chungbuk National University, 2~7. (in Korea with English abstract)
- Smith, A.W., 2012, Bleaching in paper conservation, Restaurator: international journal for the preservation of library and archival material 33, no. 3~4, 223~248.
- Tang, L., 1978, "Determination of Iron and Copper Content in 18th and 19th Century Books by Flameless Atomic Absorption Spectroscopy." Journal of American Institute for Conservation 17:2, 19~32.
- Wheatcroft, A. Ed., 1992, Cleaning, Science for conservators, vol. 2., Routledge, 69.
- Xu, Wen-juan., Zhu, and Pin-fang., 2010, Progress of research on the mechanism of discoloration of paper relics and on methods of decoloration, Wen wu bao hu yu kao gu ke xue 22, no. 2, 92~96.
- Yun B.K., 2011, Effect on Deterioration Caused by VOC from Painting Released Material, Myongji University. (in Korea with English abstract)

종이를 소재로 한 입체조형작품의 손상부 보존처리 방안 연구: 전상범의 '새-B'를 중심으로

유은실¹, 정지혜, 김정희, 김미나

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

A Study on Conservation Method of Damaged Part of Three
Dimensional Artworks Made of Paper : Focused on Chun Sangbum's 'Bird-B'

Yu Eunsil¹, Jeong Jihye, Kim Jungheum, Kim Mina

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and

Contemporary Art, Gwacheon, 13829, Korea

¹Corresponding Author: ariel0540@korea.kr, +82-2-2188-6058

초록 전위조각(前衛彫刻)의 선각자로 평가받는 조각가 전상범(1926~1999)의 작품 '새-B'는 종(縱)면으로 자른 대나무를 수직 또는 사선 방향으로 겹쳐 놓고 철사로 고정한 골격에 종이를 여러 겹 붙여 만든 조형 작품이며, 대나무 골격의 변형과 종이의 경화, 외부 충격으로 인한 찢김 등으로 손상이 심각하였다. 육안으로 확인되지 않는 부분은 X-선 촬영을 통해 구조적 형태를 파악하였다. 주된 보존처리 방향은 경화되어 있는 부분에 Preservation pencil을 이용해 미세한 수증기를 가하여 표면을 유연한 상태로 조성한 후 염색한 한지로 손상부를 복원하는 것에 중점을 두었다. 본고의 연구를 토대로 복합재질로 구성된 작품의 복원에 대한 방향이 제시 될 것으로 기대한다.

주제어: 전상범, 종이 조형물, 입체 조형 작품, 복합재질, 손상 복원

Abstract Chun Sangbum was a pioneer of avant-garde sculpture. His sculpture, 'Bird-B' is a work attached many folds of papers to the framework fixed with nails and wires overlapping in vertical and diagonal direction of bamboo cut into vertical line. It has serious damages like the deformed bamboo framework, paper stiffening, and tear caused by external shock. The invisible part was able to verify the structural form through X-ray. The main direction of conservation is focused to restore the damaged part with dyed Korean paper after adding the minute steam to the hardened part with Preservation pencil to be flexible. Based on this study, we expect to suggest the direction of restoration of a work made of composite media.

Keyword : Chun Sangbum, Paper Material Sculpture, Three-Dimensional Artwork, Composite media, Restoration of Damage

접수 2017. 1. 6. / 심사종료 2017. 1. 23. / 게재승인 2017. 1. 24.

1. 서론

전상범의 작품 대부분은 철제를 용접하여 만든 조형물인 데 비해 본고의 연구 대상이 된 '새-B'의 소재는 목재와 종이로 구성된 복합재료였다. 제작기법의 특성상 외부 환경적 요인과 물리적 충격에 취약하였고, 그로 인한 손상 또한 심각하여 보존처리를 실행하게 되었다.

본 연구에서는 복합재질로 구성된 조형 작품의 손상부 보존처리 방안을 소개한다. 먼저 작품의 외부 상태조사 후 X-선 촬영으로 내부의 구조적 형태를 파악하였다. 보존처리 방법으로는 표면에 흡착된 먼지를 건식 클리닝으로 제거한 후 찢김, 결손, 대나무 골격의 형태변형으로 인한 균열 등 손상 유형에 따라 여러 재질의 종이와 보강 방법을 적용한 보존처리 과정을 소개하고자 한다.

2. 처리 전 조사

2.1. 전상범

전상범(田相範, 1926~1999)은 한국미술교육의 틀을 세우고 순수 창작 작가로서의 입장과 미술교육자의 균형을 잘 지켜온 조각가이다. 초·중·고 미술교과서 개혁 시, 그리기 위주인 평면 작업의 미술교과서에서 꾸미기, 만들기 등을 도입해 입체적 조형성을 쉽게 표현해 볼 수 있도록 다양성을 추구하였다. 그 밖에도 대학교 강의나 문교부 교육과정 심의위원, 국정교과서 편찬위원회 위원장을 맡았으며, 조각가로서도 활발히 활동하여 현대조각가로서의 위상을 높였다. 또한 판화가로서 활약하기도 하였다(Kim, 2005).



Figure 1. 'Bird-A'(1976).

1960년대에는 유럽의 새로운 조각사조가 들어와 철재와 같은 새로운 재료들이 도입됨에 따라 구상적 양식에 머물러 있었던 조각이 추상적 세계로 옮겨지게 되었다. 이러한 영향으로 전상범 또한 1970년대에는 철물을 용접하여 추상적인 형태로 표현한 작업을 추구하였고 (Jang, 1978), 국립현대미술관에 소장된 전상범의 작품 5점 중 연구대상인 '새-B'를 제외한 4점 또한 철을 용접한 조형물들이다. '새-B'는 1987년에 그의 작품 '율'이 구입되었을 때 미술관에 함께 기증된 작품이다. 제작년도가 기증확인서에는 1972년이라 기록되어 있으나 연작인 '새-A' (Figure 1) 이후에 제작된 것으로 추정되며 「現代美術全集.19권.(1978)」도록의 확인결과 '새-B'의 제작년도는 1977년으로 확인되었다.

'새-B'는 전상범이 초·중·고 미술교과서 개혁 시 도입한 '신문지 등 기타 종이의 구김으로 자유로운 형체 만들기'와 같은 맥락의 작업으로 추정된다. 작품의 표면으로 대나무 골격과 종이의 주름이 자연스럽게 드러남으로써 그가 추구하는 소재에 내재된 본연의 성질인 자연성과 조형의 순수성, 생명에 대한 애착이 잘 드러나는 작품이다.

2.2. 상태조사

처리 전 작품의 크기(cm), 무게(kg) 등 구조적인 특징을 중심으로 조사를 실시하였다 (Figure 2). 좌대를 포함한 작품 전체 크기는 약 $70 \times 114 \times 17.2$ cm이며, 좌대는 $5.5 \times 47.4 \times 17.2$ cm, 좌대와 조형물을 연결하는 목재 지주(支柱)의 높이는 약 13cm(총 46~47cm로 추정)이다. 무게는 약 7.16kg이다.

'새-B'는 종(縱)면으로 자른 대나무를 수직 또는 사선방향으로 겹쳐 못과 철사로 고정하여 골격을 형성하고 그 위에 염색된 종이를 여려 겹 붙여 만든 형태의 조형 작품이다. 대나무는 길이 10~60cm, 폭 0.5~3cm 등 다양한 크기를 이용하여 새의 형상을 추상화하였다.

대나무 골격 위로 붙여진 종이는 황색의 크라프트지(kraft paper) (Figure 3-a)와 그 위에 붙여진 다양한 갈색계열로 염색된 한지로, 총 두 가지이다. 작품의 상태는 (Figure 3-b)와 같이 전체적으로 표면에 먼지가 흡착되어 있고 골격 위로 붙여진 종이는 대나무 돌출부나 연결부를 따라 균열(Figure 3-c)이나 결손(Figure 3-d~f)이 있었다. 손상부의 범위는 표면의 염색된 한지의 결손과 초배된 크라프트지까지 결손되어 구멍난 부분으로 관찰되며, 종이가 경화됨에 따라 내부 대나무 지지층이 없는 부분은 물리적인 힘에 취약한 것으로 보인다 (Figure 3-e~g). 또한 작품이 구조적으로 불안정하게 흔들리는 양상과 골격의 변형으로 인한 손상 또한 관찰되었다 (Figure 3-h). 작품과 좌대를 잇고 있는 지주도 나무에 종이를 감싼 형태이며, 좌측 측면에 종이의 일부가 결손된 상태였다 (Figure 3-i).



Figure 2. Size and weight measurement.



Figure 3. Condition check.

2.3. X-선 조사

전상범의 '새-B'는 대나무 골격 위에 종이를 여러 겹 붙여 만든 형태로 제작되어 내부의 구조를 정확하게 파악하기 어려웠다. 따라서 X-선 조사를 통해 육안관찰로 확인이 어려운 내부를 파악하고 작품의 제작기법을 추정하였다. X-선 투과장비(Uni-CF, Hyundai Medical 社, Korea)는 50kV, 8mAs로 분석을 실시하였으며, 작품 촬영부위를 9등분으로 나누어 동일 조건에서 측정한 뒤 이미지를 병합하는 방식으로 전체 구조를 확인하였다.

X-선 촬영 결과, 대나무 틀을 연결하는 방법으로 철사 이외에 못이 사용된 것으로 확인되었다(Figure 4-a, b). 좌대와 작품을 잇는 지주는 드러나는 부분의 길이가 13cm이지만 내부까지 연결되어 있어 총 46~47cm로 추정되며, 중앙의 지주를 중심으로 대나무 틀들을 묶어 작품 전체를 지탱하고 있는 것으로 관찰된다. 또한, 뒷면 우측 하단의 작가 서명 부분에는 작품 내부에서 다른 물체가 덧대어져 있는 것을 발견할 수 있었다(Figure 4-c).

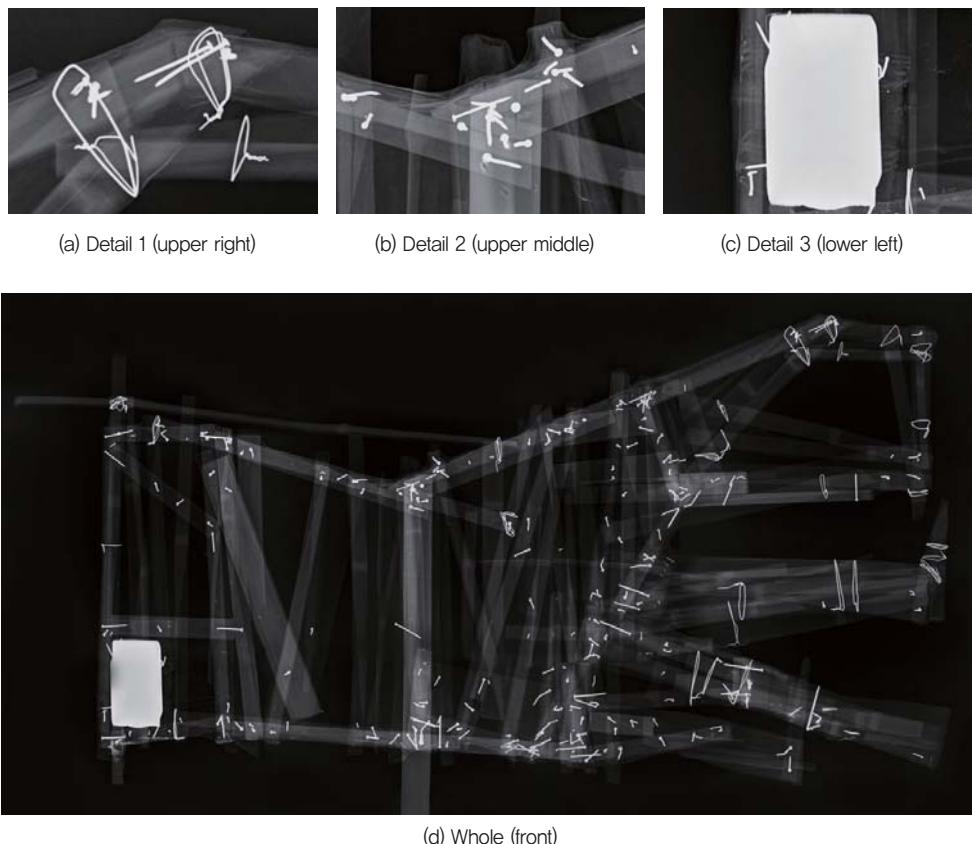


Figure 4. X-ray photograph(50 kV, 8 mAs).

3. 보존처리

3.1. 보존처리 과정

3.1.1. 클리닝

작품 표면에 쌓인 먼지 및 이물질은 부드러운 봇을 이용하여 털어내고, 털어낸 먼지가 다시 작품에 앉는 것을 방지하기 위해 집진기(ULT Jumbo Filtertrolley 2.0)로 흡입하였다(Figure 5). 먼지와 이물질이 오래되어 작품 표면에 흡착되어 있는 경우에는 봇에 미세한 습기를 가하여 쓸어주듯이 제거하였다.



Figure 5. Cleaning with brush and dust collector.

3.1.2. 보강용 종이 염색

'새-B'에 사용된 종이는 크라프트지와 한지로, 대나무 골격 위에 크라프트지를 먼저 초배한 후 염색된 한지를 여러 겹 부착한 형태였다. 크라프트지는 두께가 두꺼워 손상부를 메울 보강용 종이로는 부적합하다고 판단되어 평량 $5\text{g}/\text{m}^2$, $12\text{g}/\text{m}^2$, $20\text{g}/\text{m}^2$, $29\text{g}/\text{m}^2$ 4가지 종류의 한지를 보강용 종이로 택하였다. 평량 $29\text{g}/\text{m}^2$ 의 가장 두꺼운 한지는 크라프트지의 대용으로, 찢긴 부분의 안쪽에 부착하여 지탱해 주는 용도로 사용하였고 평량 $20\text{g}/\text{m}^2$ 의 한지는 안쪽 보강이 어려운 경우 표면에서 메우는 용도로 사용하였다. 그리고 결손부와 본지의 두께 차이를 줄이고 견고함을 높이기 위해 평량 $5\text{g}/\text{m}^2$ 의 가장 얇은 한지로 안쪽 보강 후 표면에서 재차 보강하였다.

보강용 종이 염색은 작품지와 유사한 색으로 튜브형의 한국화 물감과 봉채, 감물을 테스트해 비교하였다. 한국화 물감과 봉채는 다른 안료 및 염료에 비해 건조 후 발색이 작품과의 조화면에서 적합하다고 판단되었다. 표면의 작품지는 다양한 갈색계열로 염색된 종이가 겹쳐 있는 형태이므로 각 손상부에 적합한 색상들을 배합하여 사용하였

다. 사용된 색상으로는 튜브형 한국화 물감의 황토, 고동, 연지, 수감과 봉채의 진사, 대자, 본람이다. 감물은 작품과 유사한 색이 되기까지의 칠 횟수가 많았으며, 칠을 거듭할수록 광택도가 높아지며 유연성이 떨어졌다. 또한 감물을 칠한 한지는 시간의 경과에 따라 색상의 변화가 생긴다는 단점이 관찰되었으나, 방충과 향균성이 뛰어나며 (Kim, 2012). 전조 후 종이의 강도를 높여주는 특성을 이용하여 감물 원액을 5~10%로 희석해 한국화물감과 봉채로 염색한 한지에 1회 칠하여 내부 크라프트지의 대체 재료로 사용하였다.

염색 방법은 먼저 평평한 작업대 위에 색상관찰을 위한 백지, 아크릴 판, 염색할 한지, 종이 보풀방지를 위한 레이온지를 순서대로 깔고 레이온지 위를 평붓으로 균일하게 칠하였다(Figure 6).



Figure 6. Dyeing papers for the restoration.

3.1.3. 손상부 보강 및 색맞춤

작품지는 경화되어 작은 물리적 충격에도 부스러질 위험이 있었으므로 손상부 보강 전 경화되어 있는 부분에 Preservation pencil(Preservation Equipment Ltd, England)을 이용해 45°C의 미세한 수증기를 가하여 표면을 유연한 상태로 조성하였다. Preservation pencil은 초음파가습기에 연결해 사용하며, 분사되는 수증기의 양과 온도 조절이 가능하다(Figure 7). 작품 표면에 물방울이 맺히지 않도록 소량의 수증기를 분사하여 손상부를 유연하게 한 후, 염색한 한지 가장자리의 올을 풀어 재단해 소맥전분 풀로 고정하였다. 올을 푼 한지로 보강하는 방법은 평면 지류작품의 찢김이나 결손부에 사용되는 방법으로, 가장자리의 얇은 올이 본지와 겹쳐졌을 때, 그 연결부가 두드러지지 않게 하기 위해 사용되는 방법이다.



(a) Preservation pencil (b) Spraying fine water vapor at 45°C

Figure 7. Preservation pencil (patent No. 2243209).

작품지의 손상부를 크게 들뜸, 균열, 찢김, 결손으로 나누어 보존처리 방법을 소개하고자 한다. Preservation pencil을 이용한 표면유연화는 보강 전 처리 과정으로 동일하게 적용된다(Figure 8-a).

1. 표면의 염색한 한지만 들뜬 경우, 얇은 해라로 들뜬 부분을 들어 안쪽에 소맥전분 풀을 넣어 부착하였다.
2. 작은 균열이 발생한 부위는 염색한 보강지(평량 $5\text{g}/\text{m}^2$)로 표면에서 보강하였다.
3. 찢김 부위에는 감물을 1회 도포한 보강지(평량 $29\text{g}/\text{m}^2$)를 재단해 뒷면에서 보강하였다. 먼저, 벌어진 한쪽의 뒷면에 보강지를 부착하고 건조한 후 유연화 과정을 거쳐 다른 한쪽의 뒷면과 연결하였다(Figure 8-b). 건조 후 다시 유연화 과정을 거쳐 가장자리 옮을 푼 보강지(평량 $5\text{g}/\text{m}^2$)를 표면에서 부착하였다(Figure 8-c). 평면 지류작품을 보강할 때에는 옮을 푼 가장자리만 겹치게 하여 연결부의 두드러짐을 최소화하지만 이 작품의 경우, 내부의 지지력이 견고하지 못하고 온·습도에 의한 변형이 예상되므로 보강지와 본지와의 연결부위를 3~4mm로 하여 부착하였다(Figure 9).
4. 크라프트지와 표면의 한지가 모두 결손된 부분은 먼저, 감물을 1회 도포한 보강지(평량 $29\text{g}/\text{m}^2$)의 가장자리 옮을 풀어 결손부위보다 넓게 재단하여 뒷면에서 메워주었다. 감물을 1회 도포한 보강지는 그 두께에 비해 강도가 높아 뚫려 있는 결손부의 내부 메움 및 보강에 사용되었다. 이는 크라프트지의 대체 재료로서 표면의 한지를 단단하게 지지해 줄 수 있는 역할로 적합하였다. 감물을 1회 도포한 보강지로 결손부 메움 후 가장자리 옮을 푼 보강지(평량 $5\text{g}/\text{m}^2$)를 표면에서 부착하여 보강하였다(Figure 10, 11).

보강 후 본지와의 색상 차이가 나는 부분에는 한국화물감으로 색맞춤 하였고, 좌대의 긁힌 손상부는 수용성 우드 스테인(Bondex제품 natural brown)을 사용하여 색맞춤을 실시하였다(Figure 12).



(a) Spraying fine water vapor

(b) Reinforcing the inside

(c) Attaching paper from outside

Figure 8. Restoration of torn part.



(a) Spray fine water vapor

(b) Reinforcing the inside

(c) Reinforcing



(d) Attaching a damaged part

(e) Attaching paper from outside

(f) Drying

Figure 9. Restoration of torn part.



(a) Loss of paper

(b) Attaching dyed paper

(c) Attaching by brush

Figure 10. Restoration of came off part.

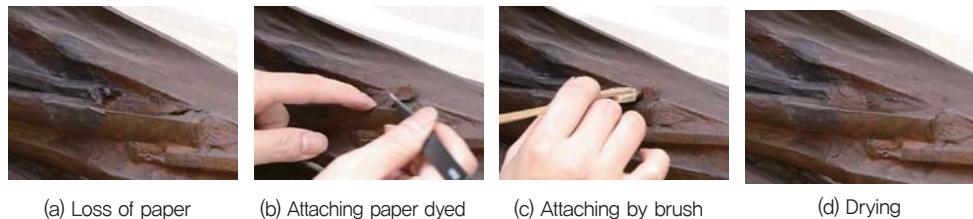


Figure 11. Restoration of came off part.



Figure 12. Cleaning of pedestal.

3.2. 보존처리 결과

보존처리 완료 후 전체 및 세부 사진촬영을 하였다. 보존처리 전과 후의 사진은 다음과 같다.

Table 2. Compared before and after conservation treatment (whole).



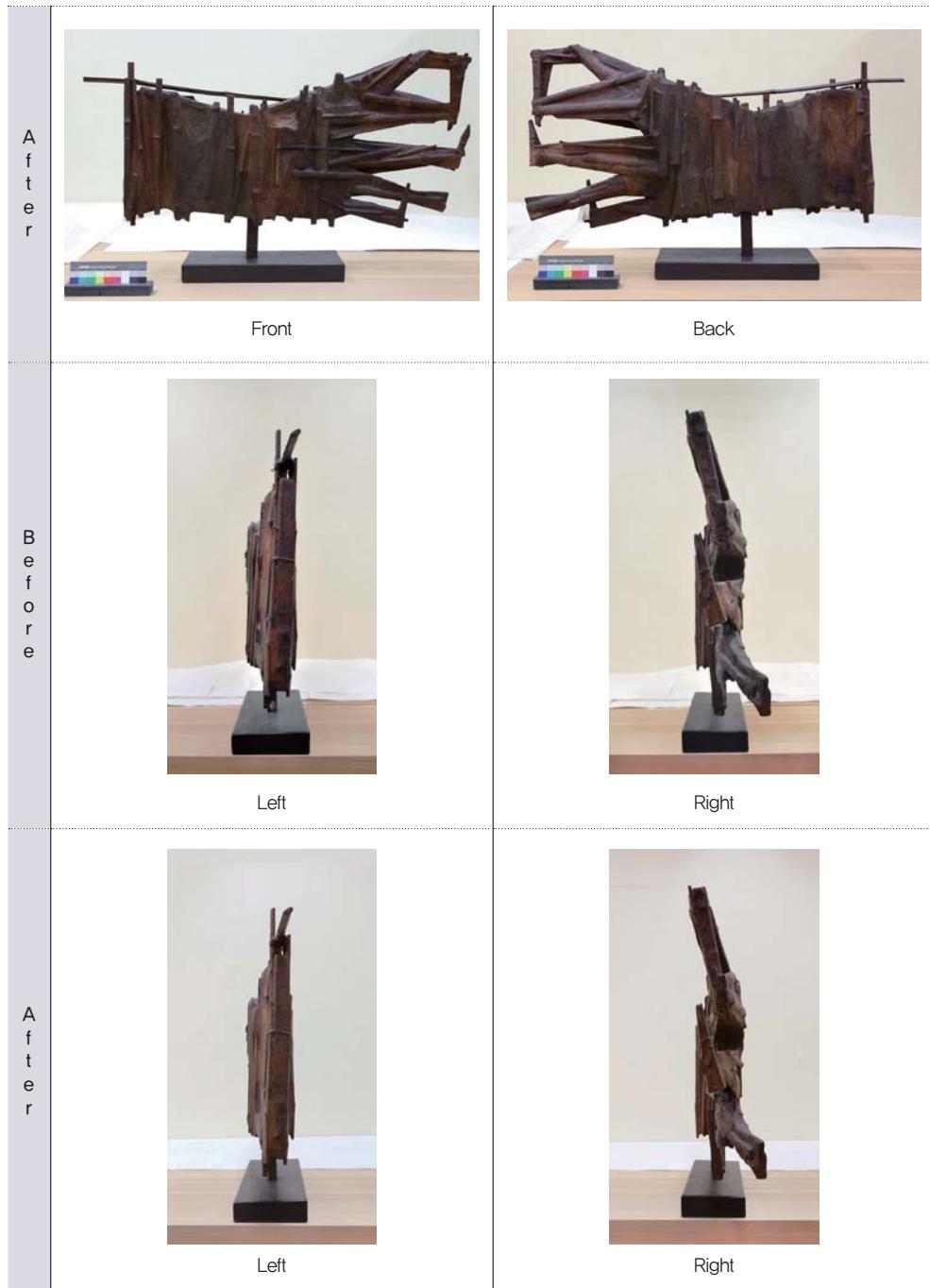


Table 3. Compared before and after conservation treatment(details).

| | | |
|--------|---|--|
| Before |  |  |
| After |  |  |
| Before |  |  |
| After |  |  |
| Before |  |  |
| After |  |  |

4. 결론 및 고찰

본 연구의 대상이 된 전상범의 '새-B'는 대나무 골격과 종이의 주름이 자연스럽게 드러남으로써 그가 추구하는 소재에 내재된 본연의 성질인 자연성과 조형의 순수성이 잘 드러나는 종이 조형작품이다. 그러나 대나무를 엮어 표면에 종이를 바른 제작기법의 특성상 외부 환경적 요인과 물리적 충격에 취약하였고, 그로 인한 손상 또한 심각하여 보존처리를 실행하게 되었다.

육안으로 관찰되지 않는 부분은 X-선 촬영을 통해 다음과 같은 구조적 형태를 파악할 수 있었다.

1. 대나무 골격을 연결하는 방법으로 철사 이외에 못이 사용된 것으로 확인되었다.
2. 좌대와 작품을 잇는 지주는 작품의 내부까지 이어져 있으며, 대나무 틀이 지주를 중심으로 묶여 있어 작품 전체를 지탱하는 것으로 관찰되었다.
3. 뒷면 우측 하단의 작가 서명 부분에는 작품 내부에서 다른 물체가 덧대어져 있는 것을 발견할 수 있었다.

보존처리 후 적정한 온·습도를 유지하며 경과를 관찰하였다. 균열과 찢김으로 작품지가 불안정한 상태로 붙어있어 2차 손상이 우려되었던 손상부는 뒷면과 앞면의 한지 보강으로 복원되었으며 결손부의 메움은 미관상 두드러짐이 없고 전체적으로 상태가 안정되었다.

'새-B'의 주된 손상 요인은 취급부주의가 가장 크다. 표면에 코팅이 되어 광택감이 돌기 때문에 외관상으로 종이가 아닌 금속재질로 오인할 수 있었다. 작품에 대한 정확한 정보는 보존처리가뿐만 아니라 작품을 관리·운송하는 입장에서도 숙지하고 있어야 하는 점이다.

X-선 조사 시 관찰되었던 내부 우측 하단 물체는 추후 테라해르츠파와 같은 장파장대를 이용한 측정방법으로 좀 더 확인해 보고자 한다.

현대미술작품의 재료와 기법이 다양해지는 만큼 그에 적절한 보존처리가 요구된다. 따라서 새로운 보존처리 방법을 고안해 내고 지속적인 연구를 통해 향후 보존처리의 연구에 도움이 되기를 바란다.

REFERENCES

- Jang, G., 1978, Korean Contemporary Art Collection. 19—sculpture, 129~130. (in Korean)
- Kim, J., 2005, A study on the Three Dedicated Art Educators. T.J. Yeom, D.H. Choi, S.B. Chon in Korea Art Education in 1950s~60s, Journal of Art Education of Korea, 26. (in Korean with English abstract)
- Kim O., 2012, Effect of various color developing method on fabrics dyed with persimmon extract. Doctor's Thesis in Pusan National University, 4. (in Korean with English abstract)

경질 폴리우레탄 폼을 이용한 석고 작품의 보존 연구: 유현자 '여심(女心)'을 중심으로

권인철, 권희홍¹, 윤기범*

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과, *국립고궁박물관 유물과학과

A Study on the Conservation of Plaster Sculpture Using Rigid Polyurethane
Foam : Yoo Hyeonja's 'Woman'

Kwon Incheol, Kwon Heehong¹, Yoon Gibeom*

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and Contemporary

Art, Gwacheon, 13829, Korea

Collection Management Department, National Palace Museum of Korea, Seoul, 03045, Korea

¹Corresponding Author: entasis@korea.kr, +82-12-2188-6159

초록 유현자의 '여심(1974)'은 석고에 채색을 한 작품으로, 좌대와 발목 부분의 제작 분할선을 따라 탈락 및 균열이 발생되었고, 상체와 좌대에 무게중심이 집중되어 가장 취약한 부분에서 손상이 발생한 것으로 추정된다. 작품의 보존처리는 물성 시험을 통해 경질 폴리우레탄 폼과 지지대를 선정하여 작품 내부를 보강하였고 충전정도와 효과를 검증하고자 열화상카메라 촬영을 실시하였다. 또한 경질 폴리우레탄 폼 발포 시 발생하는 열과 압력에 의해 작품에 2차 손상이 발생하지 않도록 유의하였으며, 탈락 부위는 유리섬유로 강화된 석고를 이용하여 복원하였고, 아크릴 물감을 이용하여 색맞춤을 진행하였다. 보존처리 완료 후 충전 및 지지 효과 검증을 위해 X-ray 촬영하였고, 보존처리 후 포장·운송 시 손상 정도를 최소화하기 위한 거치대를 제작하였다. 구조적으로 불안정한 석고작품에 이전에는 시도되지 않았던 재료를 적용하는 방법과 작품을 안전하게 이동, 보관할 수 있는 방법 등을 연구하였다. 다양한 작품을 보존처리하는 데 적용 가능하도록 충전제와 안전하게 보관, 운송하는 것에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

주제어: 유현자, 석고, 경질 폴리우레탄 폼, 보존

Abstract Yoo Hyeonja's 'Woman'(1974) is a colored plaster; it is assumed that the separation and cracking occurred along the manufacturing line of the seat and the ankle part, and the center of gravity was concentrated on the upper body and the seat, which made damages in the weakest part. In order to preserve

the work, the inside of it was reinforced using rigid polyurethane foam and a support selected through a material property test; and a thermo-graphic camera was used to verify the degree of filling and effect. In addition, heat and pressure generated in the process of foaming of the rigid polyurethane foam were considered to prevent secondary damage to the work. Separation parts were restored using fortified plaster with glass fiber and matched color with acrylic paint. After finishing conservation, we took an x-ray to investigate the filler and support effect, and also made a pedestal for minimizing the damage during packing and shipping. We researched the method to add the material which was never tried on the structurally unstable plaster work before and the method to move and preserve the work safely. It seems that we need more constant studies on filling available for conservation of diverse works and studies on shipping and preserving safely.

Keyword : Yoo Hyeonja, plaster, rigid polyurethane foam, conservation

1. 서 론

우리나라 근대조각의 작품들 대부분은 사실적 묘사에 바탕을 둔 두상, 누드 또는 인물상 등으로 근대조각의 선구자들이 대부분 수학했던 일본의 교육과정에서 강조된 것이었다. 일본 역시 유럽의 교육제도를 모델로 하였는데, 고대와 르네상스 대가들의 작품을 석고 조각의 묘사나 인체 테생을 철저히 하는 것에 기반을 두었다. 동경미술학교 졸업생이었던 김경승은 주로 점토와 석고를 가지고 두상, 반신상 그리고 등신대로 옮겨가는 인체모델 작품 위주로 수업했다고 증언하였다(Kim, 1994). 특히 석고는 다루기 쉽고 질감표현이 섬세하며, 팽창과 수축이 적어 정밀한 치수를 얻을 수 있다. 또한 석고는 공급이 원활하여 입문자부터 전문가까지 많이 사용하고 있다. 하지만 석고로 제작된 미술품은 오래 시간이 경과하면서 작품 일부 또는 기존의 복원부위가 탈락되거나 변형되고 채색층이 박락되는 양상이 나타난다. 이 현상은 경화된 석고가 대기 중의 수분을 반복하여 흡·방출하면서 생기는 물성약화가 원인인 것으로 판단된다(Kim and Lee, 2016). 게다가 석고는 경도가 높은 반면 외력에 약해 비교적 쉽게 파손되는 경향이 있다. 이러한 석고의 성질 때문에 작품 내부를 충전하여 보강하는 용도로 사용하기에는 어려움이 크다. 보존은 미술품이 후세에 전달될 것을 염두에 두고, 미술품이 지니고 있는 물질적인 형태와 미적, 역사적 성격을 동시에 고려하여 가장 적절

한 방법을 선택하여 이를 손상된 미술품에 적용하는 행위라고 Cesare Brandi는 정의하였 다(Brandi, 1963; Heo, 2013). 따라서 미술품 보존처리에 있어 재료 선택 및 처리 방법은 미술품에 직접적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 신중하게 결정되어야 한다. 또한 보존처리자는 보존처리에 사용되는 재료의 성질을 숙지하여 가장 적절한 재료를 선택하여야 하며 보존 처리에 사용되는 재료는 시간이 흐르면서 열화가 진행되기 때문에 향후 재처리를 염두에 두 고 사용된 재료와 처리방법 등을 정확하게 기록해 두어야 한다.

미술품은 전시·대여 등의 이유로 포장·운송이 빈번히 일어나는데, 이 과정 중 작품에 전 해지는 충격과 진동으로 인한 손상이 나타나게 된다. 특히, 석고 인물상의 경우 충격과 진 동이 하단부에 전해져서 균열 및 파손을 일으키며 구조적으로 손상을 야기하게 된다. 하지만 석고로 제작된 작품에 대한 보존처리 및 연구는 표면의 오염물을 제거하거나 손상부위를 복원하는 방안에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 작품 내부를 충전하고 안정성을 높이는 것에 대한 연구는 미비한 실정이다.

스페인 Museo National Centro de Arte에서 본 연구의 보존처리 대상과 유사한 손상양 상을 보이는 Jesús Avecilla 作 “Retrato de in senador”의 보존처리를 실시하였다. “Retrato de in senador”의 상체는 흙으로 빚어 구웠고, 철근으로 지지대를 제작한 뒤 몸체와 하체를 철망으로 감싸 폴리에스테르로 제작한 인물상이다. 내부가 흙으로 채워진 상체부분으로 무 게중심이 쏠려 있고, 폴리에스테르로 만들어진 몸체와 하체는 내부가 비어 있어 가장 취약 한 발목부분에 손상이 발생한 상태이다. 보존처리 후 충전제로 인한 작품의 중량이 많이 증 가하지 않도록 부피에 비해 무게가 가벼운 세라믹 충전제를 사용하였고, 작품 제작 당시의 재료와 동일한 폴리에스테르를 사용하여 충전하였다. 여기에 유리섬유를 섞어 강도를 높였 으며 폴리에스테르의 반응 속도를 조절하여 빈틈없이 침투되도록 하였다. 또한 반응과정에 서 발생하는 열에 의한 손상을 최소화하기 위해 탄산칼슘을 섞어 80°C의 온도를 유지하도 록 하였고, 폴리에틸렌 튜브를 이용하여 500g씩 단계적으로 주입하였다. 보존처리는 작품 손상부분의 안정성을 증가시키는 데 초점을 두었으며, 충전제가 반응하는 과정에서 온도와 압력에 의한 손상이 없도록 주의하여 진행하였다(Arcaute et al., 2010).

본 연구에서는 충격에 약한 석고의 단점을 보완하기 위해 경질 폴리우레탄 폼의 우수한 충격 흡수성 및 완충성을 이용하여 작품에 전해지는 충격을 최소화하고자 경질 폴리우레 탄 폼의 특성을 알아보고 작품에 적용하는 연구를 진행하였다. 작품의 구조보강을 이루는 데 목적을 두고 경질 폴리우레탄 폼의 물성 시험을 진행하였으며, 선행 연구 사례를 토대로 반응과정에서 발생하는 열과 압력 등 작품 보존처리 시 통제해야 할 사항들을 숙지하고, 향 후 재처리가 가능하도록 보존처리를 실시하였다. 또한 작품을 보강하고 보존처리하는 데 그 치지 않고 안정적으로 이동시킬 수 있도록 거치대를 제작하였다.

2. 폴리우레탄 폼의 특성

2.1. 폴리우레탄 폼

폴리우레탄 폼은 우수한 충격 흡수성 및 경량성, 완충성, 자기 접착성 등의 이유로 건축 등 다양한 산업 분야에서 널리 사용되고 있다. 또한 온·습도, 자외선 등 외부 환경에 영향을 받지 않고 수축 및 변형이 일어나지 않는 장점이 있지만 주제보다 경화제의 양이 많게 되면 수축과 변형이 발생하며, 특히 15°C 이하의 온도에서는 경화시간이 길어지고 발포량이 적어 진다는 연구결과가 발표되었다(Lim, 2010). 이에 따라, 보다 다양한 환경에서 유용하게 그 특성을 발현하기 위해서 재료의 기계적 강도 향상 등에 대한 연구가 심화, 확대되고 있다. 한편 폴리우레탄 폼의 강도 향상을 위해 기지재료에 이종재료를 강화재로 첨가한 강화 폴리우레탄 폼(Reinforced polyurethane foams)의 기계적 특성에 관한 연구는 다양하게 수행되었으나, 실험적 연구가 주로 수행됨에 따라 검증을 통한 연구가 필요하다(Jang, 2016).

폴리우레탄이란 기본적으로 polyhydroxyl 화합물인 polyester, polyether 또는 glycol과 같은 두 개 이상의 hydroxyl(–OH)를 가지는 화합물인 폴리올과 다관능의 이소시아네이트(–NCO)의 첨가반응에 의해 합성되는 고분자로 정의되며, 이러한 구조를 Figure 1에 나타내었다.

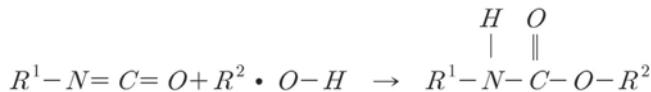


Figure 1. Scheme of general urethane reaction.

폴리우레탄 폼의 반응속도는 일반적으로 크림 타임, 라이징 타임, 젤 타임, 태크프리 타임으로 구분한다. 폴리우레탄 폼이 생성되는 과정을 기술하면 다음과 같다.

- (1) 폴리올과 이소시아네이트가 혼합되어 반응이 시작되는 과정으로, 이때 반응물이 무색(고유색)에서 유백색으로 변하며, 이때의 시간을 크림 타임($\tau_{creaming}$)이라 한다.
- (2) 우레탄 반응에 의하여 열이 발생하고 발포가 되는 동안의 시간을 라이징 타임(τ_{rising})이라 한다.
- (3) 더 이상의 발포가 일어나지 않고 표면을 접촉한 후 떼어내면 섬유질처럼 뽑아져 나오는데, 이때의 시간을 젤 타임($\tau_{gelling}$)이라 한다.
- (4) 반응이 모두 완료되고 표면을 접촉하여도 묻어나오는 것이 없을 때까지 걸린 시간을 태크프리 타임($\tau_{tack-free}$)이라 한다(Yoon, 2012).

2.2. 경질 폴리우레탄 폼의 물성시험

작품을 보강하는 데 앞서 내부 충전제로 사용할 경질 폴리우레탄 폼은 물성과 물질보건 안전자료(MSDS)에 따라 이액형 경질 폴리우레탄 폼(Y社, DJS-1200R, Korea)으로 선정하였다. 선정된 경질 폴리우레탄 폼의 물성은 Table 1에 정리하였다.

경질 폴리우레탄 폼에 유리섬유를 혼합하여 기계적 물성을 강화시킨 연구결과가 발표되었는데(Kim, 2016), 이에 따라 본 연구에서도 기계적 물성을 강화하기 위해 경질 폴리우레탄 폼에 유리섬유(KCC社, CS311, Korea)를 혼합하여 물성 시험을 진행하였다. 시험 시편은 유리섬유를 0, 5, 10, 20wt%로 각각 3개조로 제작하였고, $25\pm5^{\circ}\text{C}$, $55\pm5\text{ RH\%}$ 의 환경에서 24시간 경화하였다. 각각 시편의 무게를 측정한 뒤 압축강도와 굴곡강도 시험 진행하였고 시험 규격은 [KS M 3809:2006]에 의거하여 진행하였다. 물성시험 결과는 Table 2에 평균값으로 나타내었다.

물성시험 결과 압축강도는 유리섬유의 함량이 10wt%까지 증가하다가 20wt%에서는 감소하는 것으로 확인되었고, 굴곡강도는 유리섬유의 함량이 높아질수록 감소하는 것으로 확인되었다. 압축강도가 증가하는 양에 비해 굴곡강도가 더 큰 폭으로 감소하는 경향을 보여 작품을 보강하는 데 사용하는 경질 폴리우레탄 폼은 유리섬유를 첨가하지 않은 경질 폴리우레탄 폼으로 선정하였다.

Table 1. Physical Properties of Rigid Polyurethane Foam(DJS-1200R).

| 항목 | 단위 | 측정 값 |
|-------------------|-------------------|---------|
| 실험온도 | °C | 20 |
| 액비 | polyol/isocyanate | 100/100 |
| Mixing Time | sec | 10 |
| Free Rise Density | kg/m ³ | 27.6 |

Table 2. Mechanical Properties of Rigid Polyurethane Foam according to Glass Fiber Content.

| 유리섬유 함량(wt%) | 0 | 5 | 10 | 20 |
|--------------------------|----|----|----|----|
| 압축강도(N/cm ²) | 10 | 15 | 18 | 17 |
| 굴곡강도(N/cm ²) | 58 | 47 | 40 | 37 |

3. 보존처리

3.1. 작품 상태조사

유현자(柳賢子) 作 '여심(女心)'은 석고에 채색을 한 작품으로, 작가는 왼쪽 다리를 앞으로 내밀고 상체를 틀어 오른팔은 머리에, 다른 한 손은 엉덩이 쪽에 두고 있는 여인의 모습을 사실적으로 묘사하였다. 국립현대미술관에서 소장하고 있는 유현자 작가의 작품은 '여심'이 유일하며, 작가의 생사여부도 확인되지 않아 사용된 재료나 제작기법 등 특징을 알아보는데 한계가 있다. 보존처리에 앞서 작품의 크기와 손상정도, 재질 등을 중심으로 육안관찰 하였다. 작품의 크기는 $160 \times 35 \times 65$: 입체((H×W×Dcm)이고, 전체적으로 먼지 등의 이물질로 덮여 있으며, 부분적으로 접착 이물질이 관찰된다. 또한 채색층이 탈락되어 내부의 석고가 드러난 부분도 관찰된다. 좌대와 발목 부분의 제작 분할선을 따라 탈락 및 균열이 발생되어 있으며 탈락된 단면을 통해 머리카락 등 이물질이 섞여 있는 것을 확인할 수 있다. 작품을 이동하는 중에도 불안정하게 흔들리는 것을 확인할 수 있었으며, 발목 부분에 많은 응력이 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 작품 하단부를 통해 철근을 지지대로 사용한 것과 좌대 부분에서 섬유재를 보강재로 사용한 것을 확인할 수 있었다.

본격적인 작품 보존처리에 앞서 디지털 카메라(5Ds, Canon 社, Japan)를 이용하여 보존 처리 전 상태를 상세히 기록하였다. 또한 작품의 내부구조 및 손상정도를 파악하기 위하여 X-ray 촬영(Uni-CF, Hyundai Medical 社, Korea)을 실시하였다. X-ray 촬영결과 작품 내부는 공동화되어 있고, 발목과 다리에 비해 상체와 머리 부분에 철근이 많이 사용된 것을 알 수 있으며, 석고의 두께와 내부 표면이 고르게 형성되어 있지 않은 것을 확인할 수 있다. 따라서 발목 부분에 발생한 손상은 상체와 좌대에 무게중심이 쏠려 가장 빈약한 곳에 응력이 집중되면서 발생한 것으로 보인다.



Figure 2. Yu Hyunja Work
'Woman'



Figure 3. Damage to the work, (A) leaving out, (B) crack, (C) dropout and crack.

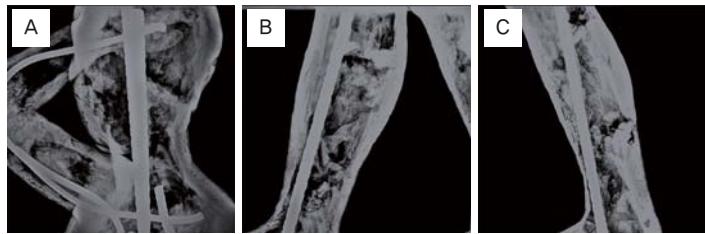


Figure 4. X-ray shooting, (A) Right side of head 70kV, 10mAs, (B) Left leg 60kV, 12,5mAs, (C) Right leg 60kV, 8mAs.

3.2. 내부 보강

물성시험을 통해 선정된 경질 폴리우레탄 폼과 강도 및 안정성을 더욱 높이기 위해 강도가 높고 내식성이 우수한 타이타늄 봉을 지지대로 사용하였다. 먼저 작품에 경질 폴리우레탄 폼을 주입하기 위해 팔레트와 각재, 완충재를 이용하여 눌하고, 공동화되어 있는 내부를 보강하기 위해 아크릴 파이프와 타이타늄 봉이 삽입될 수 있도록 망치와 정, 드릴 등을 이용하여 좌·우측 하단구멍을 확장하였다. 작업 공간을 확보하는 중 작품이 손상되지 않도록 유의하여 진행하였다. 좌·우측 하단구멍 크기에 맞춰 타이타늄 봉을 각각 우측 $\phi 8\text{mm}$, 좌측 $\phi 5\text{mm}$ 의 굵기로 선택하였고, 아크릴 파이프는 주입기와 연결할 수 있도록 내경 $\phi 10\text{mm}$, 외경 $\phi 12\text{mm}$ 굵기로 선택하여 사용하였다(Figure 5).

경질 폴리우레탄 폼의 발포량 및 반응속도 등을 알아보기 위해 예비 실험을 실시하였다. 예비 실험은 같은 조건으로 진행하기 위해 작품 보강이 이뤄지는 장소와 동일한 곳에서 실시하였다. 온·습도는 각각 22.8°C , 30RH% 환경에서 3번에 걸쳐 진행하였으며 각 타임에 도달하기까지 걸린 시간을 측정하였다. 예비 실험결과 주제와 경화제를 섞은 후 약 13초부터 크림 타임($\tau_{creaming}$)이 시작되었으며, 라이징 타임(τ_{rising})에 도달하기 까지 약 17초가 경과되었다. 약 100초 후 겔 타임($\tau_{gelling}$)이 시작되었고, 태크 프리타임($\tau_{tack-free}$)에 도달하기까지는 약 한 시간이 경과되었으며, 내부까지 완전히 경화시키기 위해 24시간 유지하였다. 발포량은 비커에 혼합한 경질 폴리우레탄 폼을 넣고 24시간 유지하여 완전경화시킨 후

체적을 측정하였다. 측정결과 경질 폴리우레탄 폼의 최종 발포량은 약 8배였다. 하단의 구멍을 통해 경질 폴리우레탄 폼 주입을 위한 아크릴 파이프와 타이타늄 봉을 동시에 삽입하였고, 주제와 경화제를 중량비 1:1로 혼합하여 크림 타임이 될 때까지 교반하였고, 라이징 타임이 되기 전 주입기에 넣고 작품 내부로 주입하였다. 온·습도는 각각 23.7°C, 28RH% 환경에서 주입을 실시하였고, 경질 폴리우레탄 폼이 작품 내부로 완벽하게 충전될 수 있도록 안쪽에서부터 바깥쪽으로 아크릴 파이프를 빼면서 주입하였다. 1차로 일정량을 넣고 태크 프리 타임 후 충전되지 않은 공간을 2차로 주입하여 충전하였다. 충전 효과를 확인하기 위해 경질 폴리우레탄 폼의 발열반응을 이용하여 주입 과정마다 열화상 카메라로 충전 정도를 확인하며 진행하였다. 또한 발포 시 발생되는 가스의 영향을 최소화하기 위해 오른쪽 다리를 먼저 충전하였고, 그 후에 왼쪽 다리 순으로 충전하였다. 경질 폴리우레탄 폼이 완전 경화 및 발포된 후 하단으로 밀려나와 경화된 부분을 정리하여 마무리하였다(Figure 6~8).

3.3. 세척 및 복원

작품 내부 보강을 완료하고 작품 표면의 먼지 등 이물질을 솔, 에어 컴프레셔, 소도구 등으로 제거하였으며, 부분적으로 관찰되는 접착 이물질은 에탄올과 면봉 등을 이용하여 제거하였다. 세척과정 중 작품의 손상정도가 가중되지 않도록 유의하여 진행하였다.

유현자 '여심'은 석고에 채색된 작품으로 복원해야 할 부위가 넓고 곡면을 살려야 하는 부분이 많아, 상대적으로 성형이 용이하며 질감을 유사하게 맞출 수 있는 석고를 사용하여 복원하는 것이 적합하다고 판단하였다. 세척을 완료하고 손상이 발생한 다리와 좌대 부분의 복원 및 색맞춤을 진행하였다. 석고는 원광석으로부터 제조하는 방법에 따라 보통석고, 경석고, 초경석고로 분류하며, 일반적으로 경화시간, 높은 압축강도와 마모저항성, 경화팽창 등의 성질에 따라 선택적으로 사용한다. 또한 사용 용도에 따라 강도 및 마모저항성 등을 높이기 위해 바탕재료에 유리섬유와 같은 이종의 물질을 강화재로 첨가하기도 한다(Kim, 2000). 보존처리 대상 작품의 복원은 유리섬유로 강화된 석고(M 社, UH-3000, Korea)를 사용하여 제품의 표준혼수량(g/ml)에 따라 석고와 탈이온수를 혼합하였고, 반응이 일어나기 전 묽은 상태의 석고는 주사기를 이용하여 균열부와 미세 박락부위를, 반응이 일어나기 시작한 석고는 소도구를 이용하여 손상부위 복원을 진행하였다. 석고가 완전히 경화되기 전 작품 표면의 질감과 유사하게 표현하기 위해 사포를 사용하지 않고 석고용 대패, 메스 등 소도구를 사용하여 성형하였다. 복원 및 성형을 한 뒤 복원부위와 채색층이 박락된 부분은 아크릴물감으로 색맞춤을 진행하였다(Figure 8).

보존처리 일련의 과정을 마무리하고 경질 폴리우레탄 폼의 내부 충전 효과 검증을 위하여 처리 전과 동일한 위치와 조건에서 X-ray 촬영을 실시하였다. X-ray 촬영 결과 경질 폴리우레탄 폼과 석고의 밀도 차이로 인해 처리 전과 크게 달라지지 않아 효과를 검증하기에는 한계가 있었다. X-ray 촬영 후 처리 후의 전체적인 상태와 복원부위 등 보존처리 한 부분들을 처리 전 사진과 비교할 수 있도록 같은 위치에서 세부적으로 촬영하였다. 또한 처리 과정, 처리 후의 상태변화 등을 정리하고 보존처리 과정 중에 사용한 약품 및 기기들을 정리하여 상세히 기록함으로써 보존처리를 마무리 하였다(Figure 9~15).

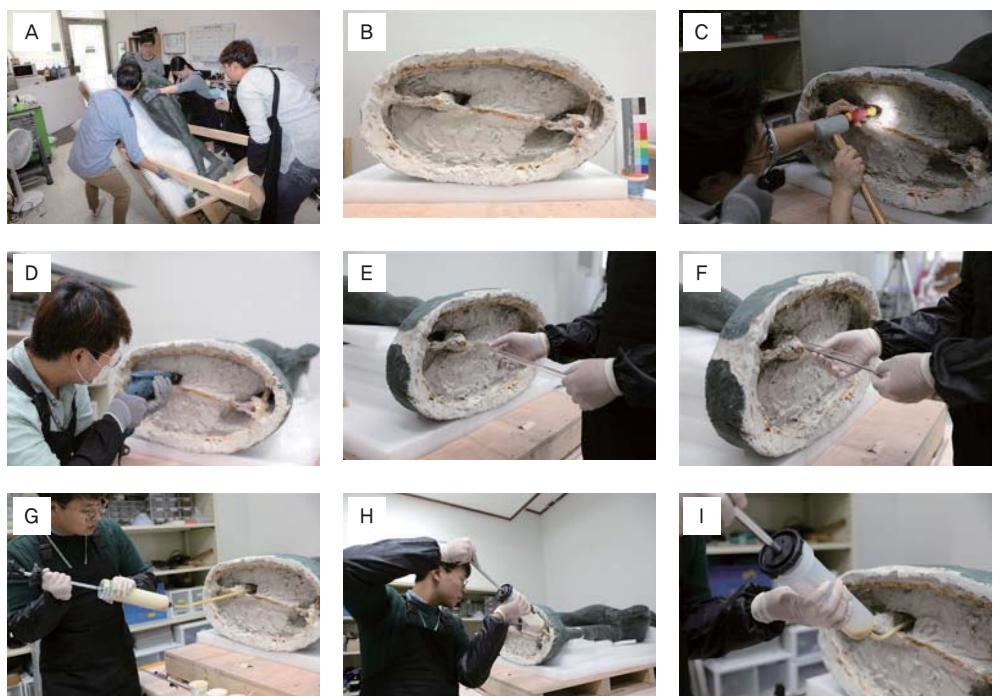


Figure 5. Preservation treatment process, (A) Moving works, (B) Bottom of works, (C), (D) Securing workspace, (E) Inserting acrylic pipes, (F) Inserting titanium bars, (G) Primary injection of hard polyurethane foam, (H) Secondary injection of hard polyurethane foam, (I) Tertiary injection of hard polyurethane foam.

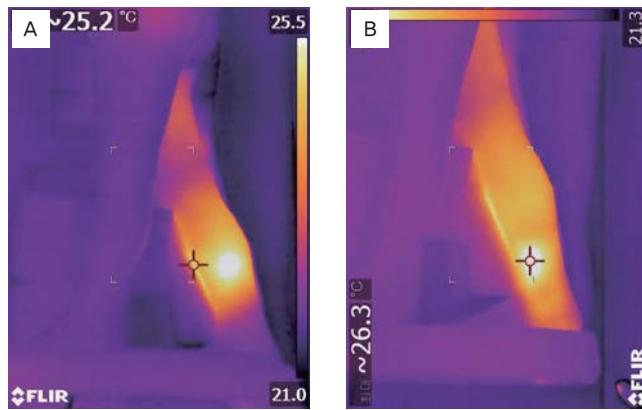


Figure 6. A picture taken with an infrared thermal camera, (A) After primary injection of the right leg, (B) secondary injection of the right leg.

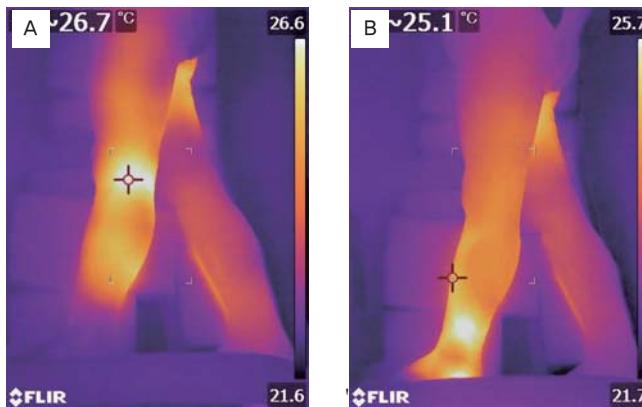


Figure 7. A picture taken with an infrared thermal camera, (A) After primary injection of the left leg, (B) secondary injection of the left leg.

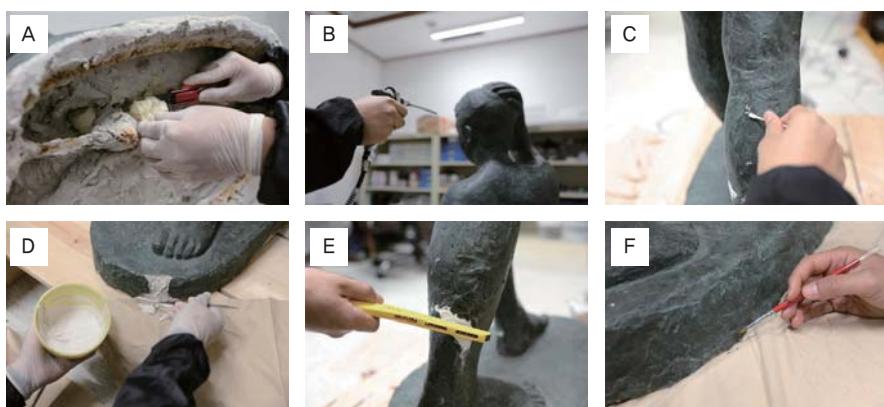


Figure 8. Conservation treatment process, (A) Removing hard polyurethane foam which was pushed to the bottom and then hardened, (B) Removing contaminants on the surface using air compressors, (C) Removing adhesive materials using cotton swabs and ethanol, (D) Restoring, (E) Molding using a plaster plane, (F) Matching colors using acrylic paints.



Figure 9. X-ray shooting, (A) Legs 60kV, 10mAs, (B) Left leg 60kV, 12.5mAs, (C) Right leg 60kV, 10mAs.



Figure 10. Before conservation treatment.



Figure 11. After conservation treatment.



Figure 12. Details before conservation treatment.



Figure 13. Details after conservation treatment.



Figure 14. Details before conservation treatment.



Figure 15. Details after conservation treatment.

4. 작품 거치대 제작

4.1. 작품 거치대 설계

미술품은 전시, 대여 등의 이유로 포장, 운송이 빈번하게 일어나는데, 이 과정에서 미술품에 전해지는 충격과 진동으로 손상이 일어나게 된다. 본 연구의 대상 작품 또한 수장고에서 보존처리실로 이동하는 중에도 충격과 진동이 작품에 고스란히 전해져 손상부위에 충격이 집중되는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 작품을 보존처리하는 것으로 끝내지 않고 더 나아가 보관, 포장, 운송하는 데 있어 작품에 전해지는 충격과 진동을 최소화하고자 작품을 고정하기 위한 거치대를 설계하였다.

먼저 작품의 크기와 치수를 고려하여 도안을 만들고 작품 특성상 전시 또는 대여가 될 수 있기 때문에 그 과정에서 일어나는 다음의 몇 가지 상황을 고려하여 설계하였다.

- (1) 작품을 고정하여 포장 또는 운송 시 작품에 가해지는 충격과 진동을 최소화해야 한다.
- (2) 전시 또는 대여 등의 이유로 거치대에서 작품을 올리고 내리는 과정 중 작품에 손상을 가하지 않고 불편함을 최소화해야 한다.
- (3) 작품을 이동하는데 어려움이 없어야하며 수장고에 보관이 용이해야 한다.

4.2. 거치대 제작 과정

(1) 구성

거치대를 제작하는 데 필요한 재료를 제작된 설계도면을 바탕으로 준비하였고, 받침 용 팔레트 1조, 좌·우 사각프레임 2조, 흔들림 방지용 삼각부목 4개, 중단 전·후면 가로대(분리용) 2개, 허리부분 고정용 지지대 2개, 무릎부분 고정용 지지대 2개로 구성하였다(Figure 16).

(2) 기본구조

받침용 팔레트 좌·우에 작품허리 높이의 사각프레임 각 1조를 설치하고 양쪽 프레임 전·후면 사이에 가로대 각 1개를 작품 무릎높이에 분리형 경첩을 사용하여 고정하였다. 중단 전·후면 가로대는 전시나 대여, 운송 등 상황에 작품을 올리고 내리는 데 용이하도록 분리형 경첩을 사용하여 좌·우 프레임에서 고정과 분리가 가능하도록 하였다. 좌·우 프레임 상단 작품 허리부분과 중단 무릎부분을 고정할 지지대는 반덕맞춤기법을 사용하여 거치하였다(Figure 19).

(3) 제작과정

작품을 고정하기 위한 거치대 제작은 재료 및 도구준비, 재단, 가공, 조립, 마감 순으로 진행하였다. 금그물개를 사용하여 설계 도면에 따라 재료를 재단하고 용도에 맞게 가공하였다. 가공된 재료를 순서에 맞게 조립하였고, 조립 후 마감처리를 진행하였다. 마지막으로 작품에 직접적으로 닿지 않도록 각재에 완충재를 이용하여 마무리하였다(Figure 20).

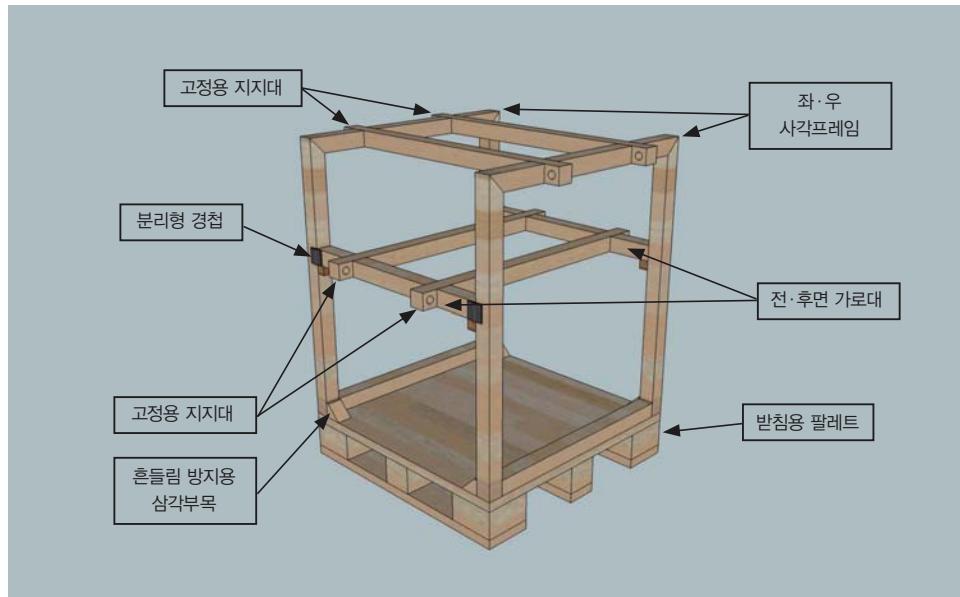


Figure 16. Structure of a cradle.

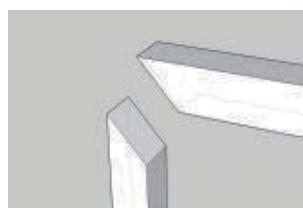


Figure 17. Miter joint.

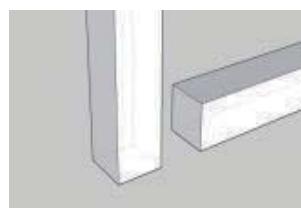


Figure 18. Joint.

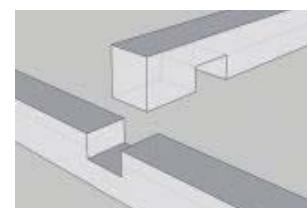


Figure 19. Bevel halved joint.



Figure 20. Holder Production Process, (A) Cutting using a marking gauge, (B) Cutting using a saw, (C) Cutting for bevel halved joint, (D) Pores made with a drill, (E) Assembling, (F) Finishing using a trimmer, (G) Completed production.

5. 고찰 및 결론

석고로 제작된 작품에 석고로 충전하여 보강하는 것이 적합한 것으로 보이지만 탄성이 약해 오히려 약한 충격에도 쉽게 손상이 발생할 수 있고, 완전경화 후 제거가 어렵다. 따라서 완전경화 후에도 석고에 비해 상대적으로 제거가 용이하고 우수한 완충성을 가지고 있는 경질 폴리우레탄 폼을 이용하여 작품에 전해지는 충격 등을 최소화하고 타이타늄 봉을 지지대로 사용함으로써 안정성을 높이고자 하였다.

작품을 보강하는 데 앞서 내부 충전제로 사용할 경질 폴리우레탄 폼을 선정하였고 기계적 물성을 강화하기 위해 경질 폴리우레탄 폼에 유리섬유를 혼합하여 각 함량에 따라 물성 시험을 진행하였다. 물성 시험결과 압축강도는 유리섬유의 함량이 10wt%까지 증가하다가 20wt%에서는 감소하는 것으로 확인되었고, 굴곡강도는 유리섬유의 함량이 높아질수록 감소하는 것으로 확인되었다. 이에 따라 작품을 보강하는 데 사용하는 경질 폴리우레탄 폼은 유리섬유를 첨가하지 않은 경질 폴리우레탄 폼으로 선정하였다.

작품에 아크릴 파이프와 타이타늄 봉을 동시에 삽입하였고 주입기에 경질 폴리우레탄 폼의 주제와 경화제를 혼합하여 2차례에 걸쳐 작품 내부로 주입하였다. 주입 시마다 열화상 카메라를 이용하여 충전 정도를 확인하며 진행하였다.

작품 내부 보강 후 작품 표면의 이물질을 제거하였고 석고를 이용하여 손상 부분을 복원한 뒤 색맞춤을 진행하였다.

처리가 완료된 후 충전 효과 검증을 위해 X-ray 촬영을 실시하였으나 경질 폴리우레탄 폼과 석고의 밀도 차이로 인해 처리 전 사진과 크게 달라지지 않은 것을 확인할 수 있었다.

작품을 보존처리하는 것으로 끝내지 않고 작품에 전해지는 충격과 진동을 최소화하고자 거치대를 제작하였다. 작품의 크기와 치수를 고려하여 도안을 만들고 작품 특성상 전시 또는 대여가 될 수 있기 때문에 그 과정에서 일어나는 상황을 고려하여 제작하였다.

구조적으로 불안정한 석고작품에 이전에는 시도되지 않았던 재료를 적용하는 방법과 작품을 안전하게 이동, 보관할 수 있는 방법 등을 연구하였다. 다양한 작품을 보존처리하는 데 적용 가능하도록 충전제와 안전하게 보관, 운송하는 것에 대한 연구가 지속적으로 이루어야 할 것으로 보인다.

REFERENCES

- Arcaute E., Alfageme O. and García I., 2010. Retrato de in senador de Jesús Avecilla. La utilización de técnicas auxiliares en el estudio, tratamiento y control de la eficacia de la intervención. *Conservación de Arte Contemporáneo 11a Jornada*, 11, 93~105. (in Spanish)
- Brandi, C., 1996, Teoria del Restauro(Rome: Edizioni di Storia e Letteratura, 1963) ; “Theory of Restoration”, 『Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage』, Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 231.
- Heo, B.R., 2013, A Study on Role of the Conservator in Contemporary Art: Revised Decision-making Model, Master thesis, Konkuk University, 58. (in Korean with English abstract)
- Jang, J.S., 2016, A Study on the mechanical·thermal characteristics of dissimilar materials-reinforced hybrid polyurethane foams, Master thesis in Hanyang University, 69. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.U., Lee, Y.K., Cho, L.R., Chung, K.H. and Kim, K.N., 2000, Effect of Additives on the Properties of Dental Gypsum, *Korean Journal of Dental Materials*, 27(3), 231~236. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and Lee, H.S., 2016, Physical properties Testing and Practical Applications of Restoration Materials Made with Extra hard Stone and Metakaolin, *Conservation Science in Museum*, 17, 101~116 (in Korean with English abstract)
- Kim, M.W. 2016, Glass Fiber and Silica Reinforced Rigid Polyurethane Foams, Master thesis, Pusan National University, 1. (in Korean with English abstract)
- Kim, Y.N., 1994, Sculpture in the Modern Korean Art, *Art History : Journal of Korean Association of Art History Education*, (8), 45~70 (in Korean)
- Lim, J.S., 2010, A Study on Removal & Preservation of Large-Sized Relics, Master thesis, Hanseo University, 61. (in Korean with English abstract)
- Yun, G.J., 2012, Preparation and Characteristics of Open Cell Rigid Polyurethane Foams, Master thesis, Keimyung University, 57. (in Korean with English abstract)

금속작품의 예방보존을 위한 방청필름의 효과 연구

한예빈, 범대건¹

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

Effects of Volatile Corrosion Inhibitor Films for preventive
conservation of Metal Artworks

Han Yebin, Beom Daegeon¹

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and
Contemporary Art, Seoul, 03062, Korea

¹Corresponding Author: tigerdk@korea.kr, +82-2-3701-9660

초록 현대에 이르러 예방보존은 작품의 수명을 연장시키고 안정된 상태를 유지하기 위한 방법으로 보존처리만큼이나 중요한 개념으로 인식되고 있다. 작품의 예방보존을 위해서는 보존처리기간 이외에도 미술관 환경에서의 관리가 매우 중요하다. 특히 다양한 재질 중 금속 작품의 경우 습기에 취약하여 부적절한 보관 환경에 놓이면 표면 부식이 급속히 진행된다. 이러한 표면의 부식 및 오염을 방지하기 위해 작품 보관 시 포장재료로 폴리에틸렌 필름이 사용되고 있으나 보다 안정적으로 작품을 보존하기 위해서는 개선된 재료를 적용할 필요가 있다. 본 연구에서는 현대 금속산업에서 많이 쓰이는 기화성 방청제가 함유된 방청필름을 적용하여 기존에 사용되었던 폴리에틸렌 필름과의 성능을 비교하였다. 금속시편에 방청필름 및 폴리에틸렌 필름을 감싼 후 염수분무시험을 실시하였으며, 실험 전·후 각 시편의 색도, 접촉각 및 표면에너지, 표면저항을 측정하여 방청필름 효과를 비교하였다. 방청필름 사용 시 열화에 따른 변화는 나타나지 않은 반면 폴리에틸렌 필름을 사용한 경우 시편 표면에 부식화합물이 발생함에 따라 색도차가 관찰되었고, 접촉각이 감소하여 표면에너지가 증가하는 결과를 보였다. 표면저항 역시 크게 증가하여 표면 부식으로 인한 변화를 확인하였다. 이를 통해 기존의 폴리에틸렌 필름보다 방청필름이 금속작품의 장기적인 보존 및 관리에 더욱 효과적임을 확인하였다.

주제어: 미술작품, 예방보존, 방청필름, 폴리에틸렌 필름

Abstract In these modern times, preventive conservation has been recognized as important as conservation in a way to prolong the life of the work and maintain

접수 2017. 1. 6. / 심사종료 2017. 1. 20. / 게재승인 2017. 1. 23.

steady state stability. In order to preventive conservation of the works, management of the art museum is very important in addition to preservation periods. In particular, metal work among various materials is susceptible to moisture so the surface corrosion is particularly susceptible to poor storage conditions. Polyethylene film is used as a packaging material in order to prevent corrosion and contamination of these surfaces, but it is necessary to apply the improved material to preserve the work. In this study, we applied the Volatile Corrosion Inhibitor(VCI) film containing VCI powders used in the modern metal industry to compare with the performance of the existing polyethylene film. After wrapping the VCI film and polyethylene film in the metal sample for the salt spray test, we compared anti-corrosion effect by measuring the chromaticity, a contact angle, surface energy, and surface resistance. While the overall appearance of the film was not changed when VCI film was used, the change of chromaticity was observed as the corrosion compound occurred on the surface of the sample and the contact angle decreased and the surface energy increased when polyethylene film was used. The surface resistance also increased significantly, we confirmed the change caused by the surface corrosion. This confirms that VCI film is more effective in maintaining long-term retention and management of metal works than conventional films.

Keyword : art work, preventive conservation, Volatile Corrosion Inhibitor film, polyethylene film

1. 서 론

미술품 및 문화재 보존의 개념은 크게 보존처리와 예방보존으로 나눌 수 있다. 초창기 보존은 열화된 상태를 보존하고 복원하는 보존처리가 주를 이루었으나, 20세기부터 예방보존이 중요시되었고 전시·보관·운송 등 작품의 유지, 관리 과정에서의 적합한 보존 환경이 언급되었다(Ziad al-Saad, 2002). 이후 현대에 이르러 예방보존은 작품의 수명을 연장시키고 안정된 상태를 유지하기 위한 방법으로 보존처리만큼이나 중요한 개념으로 인식되고 있다.

작품의 예방보존을 위해서는 보존처리기간 이외에 작품이 수집된 후, 보존처리가 완료된 후, 전시 전·후 등 미술관 환경에서의 관리가 매우 중요하다. 일반적으로 작품은 수집된 후 수장고에서 보관 및 관리되고 있으며, 작품의 재질에 따라 보관 방법이 다르게 적용된다. 대형 금속작품의 경우 표면 오염 및 인위적인 훼손이 발생하는 것을 방지하기 위해 폴리에틸렌 필름으로 포장하여 보관하고 있다(Figure 1). 일반 폴리에틸렌 필름의 경우 작품 표면을 보호하는 1차적인 역할만 가능하므로 작품의 예방보존을 위해서는 개선된 재료를 적용할 필요가 있다. 그러나 현재까지 미술품 및 문화재의 보존에 대한 연구는 주로 보존처리 재료 및 방법, 보존환경 등에 집중되어 있어 안정한 예방보존을 위한 작품의 보관 및 관리 방법, 재료 등에 대한 연구가 필요하다. 국내에서는 문화재 밀폐 포장용 필름의 성능 비교 연구(Jeong, 2014)가 수행되었을 뿐 작품의 보관, 포장과 관련된 연구는 부족한 실정이다.

금속 작품의 예방보존에서 가장 중요한 부분은 부식의 진행을 방지하는 방청의 역할로, 현대 산업분야에서는 금속 제품의 부식 발생을 방지하기 위하여 방청유, 방청왁스, 기화성 방청제 등을 활용한 방청 제품들이 개발되어 다방면에 적용하고 있다. 이 중 기화성 방청제는 포장지나 포장필름의 내면에 도포시켜 방청지 및 방청필름 등으로 사용되고 있다(Jo et al., 2015).

따라서 본 연구에서는 금속 작품의 효과적인 보관 및 관리를 위하여 기존에 사용되었던 폴리에틸렌 필름과 함께 기화성 방청제가 함유된 방청필름을 적용하였으며, 방청필름에 의한 방청 효과를 비교 평가하여 실제 미술작품의 포장재로서 적용 가능성을 확인하였다.



Figure 1. Metallic artworks stored in Storage.

2. 이론적 배경

2.1. 방청필름

방청필름은 기화성 방청제(VCI, Volatile Corrosion Inhibitor)가 함유된 폴리에틸렌 필름으로 철 및 비철금속의 포장, 운송, 보관 등에 사용되는 부식 방지용 필름이다. 기존의 방청유나 그리스의 도포 없이 포장으로 방청이 가능하며, 투명한 필름이기 때문에 내용물 및 보관상태의 확인이 가능하다. 시트나 팩, 박스 등 다양한 규격과 형태의 제작이 가능하여 자동차, 중공업, 부품, 전기전자, 수출포장업체 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

2.2. 방청필름 원리 및 특성

필름 속의 기화성 방청제 입자가 기화되면서 금속 표면에 흡착하여 미세한 막을 형성하게 된다. 이러한 피막은 수분과 산소를 화학적으로 차단하고 전자의 양극성 반응의 진행을 억제함으로써 부식을 방지하는 역할을 한다. Amine nitrite나 amine carboxylate의 경우 기화성 방청제 내 OH, NH₂, NO₂ 기능기들이 금속 표면에 작용하여 NH₂는 매질을 알칼리화 시키고 기화성을 부여하며, NO₂ 기능기는 금속표면에 흡착하여 부동태 피막을 형성함으로써 금속과 주위 환경의 전하의 흐름을 차단하게 만든다.

이러한 방청필름은 방청유 또는 직접적인 작업이 어려운 불규칙한 모양의 금속 내부까지 기화성 방청제가 침투하여 방청효과를 발휘하며, 기화성 방청제가 필름 내부에서 서서히 기화하기 때문에 방청효과가 장시간 지속 가능하다는 장점이 있다(Figure 2).

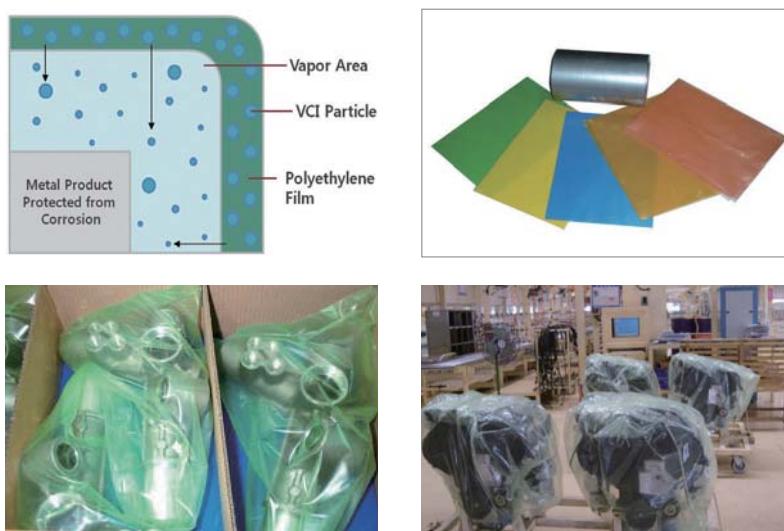


Figure 2. Principle of Volatile Corrosion Inhibitor and VCI Film used in industry field.

3. 연구내용

3.1. 연구재료 및 방법

3.1.1. 연구재료

금속시편은 SS400 탄소강($P<0.05$, $S<0.05$)을 사용하여 $30 \times 100 \times 3\text{mm}$ 크기로 제작하였다. 시편 표면의 이물질 제거를 위해 아세톤에 침적하여 초음파세척기로 5분간 세척한 후 24시간 동안 자연건조하여 사용하였다.

방청필름은 철 및 비철금속에 사용 가능한 R사, S사, B사의 방청필름 세 종류를 선정하였다. 금속작품 포장 및 보관 시 주로 사용되는 투명 폴리에틸렌 필름을 사용하였다. 일반적으로 폴리에틸렌 필름은 금속작품 표면에 감싸서 사용하므로 방청필름 시편은 금속시편에 방청필름을 감싼 후 폴리에틸렌 필름으로 둘러 고정하였으며, 폴리에틸렌 필름 시편은 폴리에틸렌 필름으로만 표면을 감싸 제작하였다. 이와 대조적으로 시편에 아무 처리를 하지 않은 미적용 금속시편도 대조군으로 준비하였다. 시편은 방청필름 3종, 폴리에틸렌 필름 1종, 미적용 금속시편 1종, 총 5종을 각각 10배수로 제작하였다. 시편명은 각 시편에 적용된 재료 및 제조사의 약자를 사용하였으며, 시편명은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. List of Samples wrapped by VCI films, Polyethylene film.

| Manufacturer | VCI Film | | | Polyethylene Film | Metal (SS400) |
|--------------|----------|----|----|-------------------|---------------|
| | R | S | B | | |
| Sample Name | VR | VS | VB | PF | UT |
| | | | | | |

3.1.2. 연구방법

방청필름의 방청효과를 확인하기 위하여 인위적인 환경을 제공하여 부식을 가속화시켰다. KS D 9502 규격(온도 $35\pm2^{\circ}\text{C}$, pH 6.5~7.2, 염수농도 $(50\pm5)\text{g/L}$)에 따라 48시간 동안 염수분무시험(Salt spray chamber, SHINSUNG TEC., Korea)을 실시하였다(Figure 3).

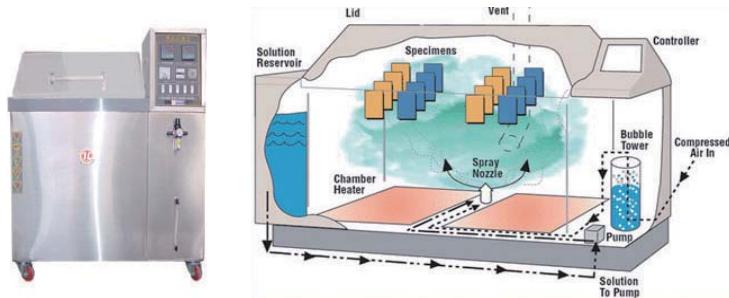


Figure 3. Salt spray test equipment and equipment mimetic diagram.

3.2. 평가방법

3.2.1. 색도 측정

방청필름의 적용에 따른 시편 표면의 색도 변화를 알아보기 위하여 부식 전, 후의 색도(Minolta, CM-700d, Japan)의 측정결과를 비교하였다. 각 시험편마다 동일한 지점을 3회 연속 측정한 후 평균값을 계산하여 색도차를 산출하였다. 색도는 국제조명위원회에서 정한 $L^*a^*b^*$ 값을 이용하였으며, 색차를 계산하여 ΔE 를 도출하였다. $L^*a^*b^*$ 표색법은 L (명도)를 종축으로 하고, 직교좌표인 a 와 b 에 의하여 색상과 채도를 나타내는 방법이다. L 값의 밝기는 각 방향으로 수치가 크게 됨에 따라 명도가 높아지며, 중앙으로 옮수록 무채색으로 된다. a 값은 빨간색(+)에서 초록색(-), b 값은 노란색(+)부터 파란색(-)의 범위를 나타낸다(Figure 4). ΔE^*ab 는 전체적인 색상변화 양상을 나타내는 것으로 계산식에 의해 산출되며, 계산식은 다음과 같다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

각 색도에 대한 평가 기준은 미국 국가 표준국(NBS: National Bureau of Standard Unit)에 의해 6단계로 분류된다(Table 2).

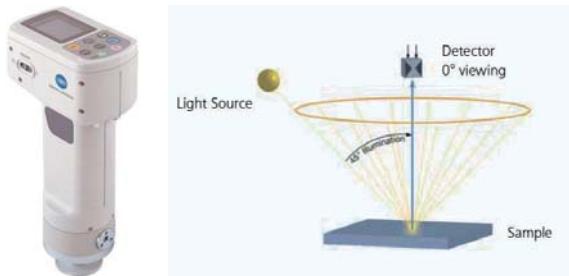


Figure 4. Color-difference meter and measurement principle.

Table 2. Evaluation standards of color difference.

| ΔE^{*ab} | Evaluation |
|------------------|-------------|
| 0 ~ 0.5 | trace |
| 0.5 ~ 1.5 | slight |
| 1.5 ~ 3.0 | noticeable |
| 3.0 ~ 6.0 | appreciable |
| 6.0 ~ 12.0 | much |
| 12.0 ~ | very much |

3.2.2. 접촉각 및 표면에너지 측정

방청필름에 의한 철제 시편의 표면 변화를 평가하기 위해 접촉각 및 표면에너지 (KRUSS, MSA, Germany)를 측정하였다. 일반적으로 고체 표면에 있는 원자 또는 전자는 에너지를 가지며, 이 표면에 액체가 접촉하면 에너지를 작게 하려는 힘이 작용하게 된다. 이때 액체와 기체 및 고체가 만나는 지점에 각각의 힘이 작용하여 고체와 액체 간 접촉각이 생기게 되는 것이다. 접촉각은 친수성이 양호한 물질에서는 각이 작아지며, 소수성이 강하면 각이 커지게 된다. 접촉각의 변화는 표면의 활성화 정도 및 전반적인 표면 변화 정보를 얻을 수 있다. 또한 접촉각 측정을 통해 표면에너지를 계산하게 되는데, 표면의 상황에 따라 측정 용액의 종류 및 방법은 다르게 적용된다. 액체의 표면에너지는 분산항과 극성항으로 분리되며, Fowkes의 식(식 1)과 Young 식(식 2)을 활용하여 식 (3)로 표면에너지를 구하였다.

$$\gamma_{SL} = \gamma_s + \gamma_{LV} - 2(\gamma_s^d \gamma_{LV}^d)^{1/2} - 2(\gamma_s^p + \gamma_{LV}^p)^{1/2} \quad (식 1)$$

$$\gamma_{LV}(1 + \cos\theta) = 2(r_s^d r_{LV}^d)^{1/2} + 2(\gamma_s^p \gamma_{LV}^p)^{1/2} \quad (식 2)$$

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p \quad (식 3)$$

아래첨자 d 는 고체와 액체 사이의 쌍극자 – 쌍극자, 쌍극자 – 유도쌍극자, 수소결합 등 확증된 모든 상호작용을 포함한 분산(비극성)성분과 관계가 있으며, p 는 극성(비분산)성분과 관계를 보인다. 즉, 분산항과 극성항을 알고 있는 두 액체를 사용하여 접촉각 측정값을 이용하면 표면에너지를 구할 수 있다(Kim, 2005). 표면에너지는 표면과 외부 인자 사이의 인력 크기를 결정하며, 표면에너지가 클수록 인력은 증가하고 표면에너지가 낮아질수록 인력은 감소한다. 이는 표면에너지가 높을수록 외부 오염물질의 흡착력이 높아진다고 할 수 있다(Jung, 2011). 본 연구에서는 Owens–Wendt–geometric mean 을 이용하여 초순수용액(H_2O_2), 디아이오도메탄(CHI_2)을 사용하여 접촉각 및 표면에너지를 계산하였다. Double sessile drop 방식으로 측정용액을 시편에 떨어뜨려 시편마다 10회 반복 측정 후 평균값을 산출하였으며, 시편의 최댓값, 최솟값을 제외한 8개 시편의 평균값을 사용하였다(Figure 5).

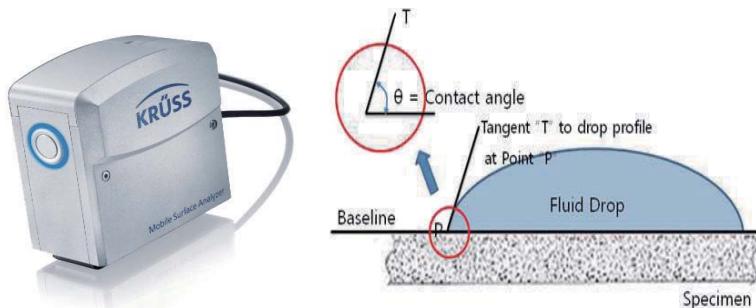


Figure 5. Contact angle meter and measurement principle.

3.2.3. 표면전기저항 측정

방청필름 내부 기화성 방청제의 실제 방청효과를 알아보기 위하여 표면저항측정기 (Wolfgang Warmbier, METRISO 3000, Germany)로 부식 전, 후의 저항값을 측정하였다.

표면저항은 전기를 흐르지 않게 하려는 성질로서 전류 흐름을 방해하는 정도를 말한다. 이러한 저항은 전도성 물질 표면에 일정한 전압과 전류를 내보내면 표면에 전류가 흐르면서 전압, 전류, 저항 간 상관관계를 통해 도출되는 저항값으로 나타낼 수 있다.

저항의 측정 방법은 직접 측정법과 간접 측정법 나뉘는데, 본 연구에서는 일반적으로 많이 쓰이는 간접 측정법 중 음의 법칙에 따른 전압계·전류계를 이용하는 방법(Ohmmeter)을 사용하는 기기로 측정하였다. 저항의 측정은 여러 탐침법 중 두 개의 프로브

를 사용하는 2분 텁침법(Two-point Probe method)으로 실시하였다(Figure 6). 시편의 측정값은 최댓값, 최솟값을 제외한 8개 시편의 평균값으로 사용하였다.

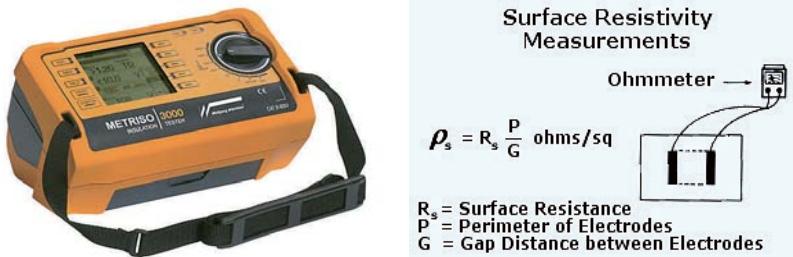


Figure 6. Surface resistance meter and measurement principle.

4. 결과 및 고찰

4.1. 육안관찰 및 색도 측정

염수분무시험을 통한 강제 부식 결과, 방청필름을 사용한 시편(VR, VS, VB)의 경우 일부 시편에서 방청필름 틈으로 염수가 흘러들어 부분적으로 부식이 관찰된 반면, 폴리에틸렌 필름(PF)으로 포장한 경우 모든 시편에서 갈색 녹이 형성되었다. 미적용 금속시편(UT)의 경우 전면에 갈색의 부식화합물이 뒤덮인 것으로 나타났다(Figure 7).

열화 전, 후 표면의 색도 비교 결과 시편 VR, VS, VB의 경우 색차 1.1~1.4로 열화에 의한 변화는 미미하였다. 시편 PF의 경우 색차 3정도로 눈에 띠는 변화를 보였으며, 시편 UT는 색차 7 이상으로 표면의 색 변화가 큰 것을 확인하였다(Figure 8).

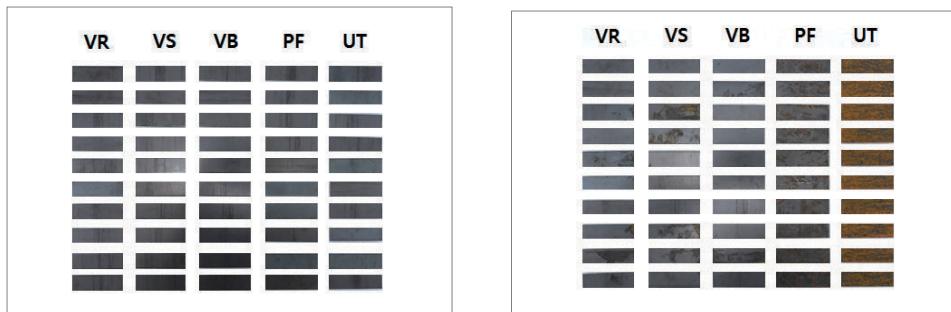


Figure 7. Samples of before and after accelerate corrosion test(left: corrosion before, right: corrosion after).

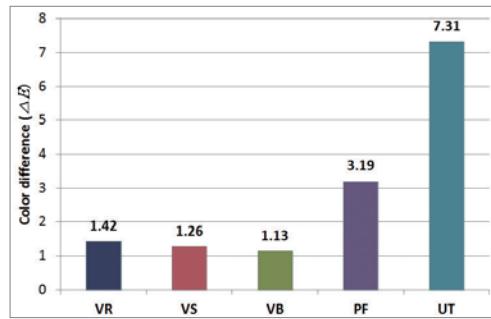


Figure 8. Color difference of samples by accelerate corrosion.

4.2. 접촉각 및 표면에너지 측정

극성의 초순수용액(H_2O_2), 비극성의 디아이오도메탄(CHI₂)을 사용하여 부식 전, 후의 접촉각 및 표면에너지를 측정하였으며, 측정값을 통해 표면의 성질을 비교하였다(Table 3). 강제 부식 전 모든 철제 시편의 접촉각은 초순수용액에서 접촉각이 크게 나타났으며, 평균 83°로 극성을 띠고 있었다. 방청필름의 사용 여부에 따른 강제 부식 결과, 방청필름을 사용한 시편 세 종류(VR, VS, VB)의 부식 전, 후 접촉각은 측정용액에 관계없이 약 2~10° 정도의 차이가 확인되었다. 폴리에틸렌 필름(PF)을 사용한 경우 극성용액의 접촉각은 약 60° 정도 감소한 것으로 보아 표면의 성질 변화가 발생한 것으로 판단된다. 비극성용액을 사용한 경우 접촉각이 12°가량 증가하였으나 상대적으로 방청필름 시편의 변화와 유사한 것으로 보인다. 그러나 미적용 시편(UT)의 경우 전면에 발생한 부식화합물이 측정용액을 빠르게 흡수하여 접촉각의 측정이 불가능해져 강제 부식에 의한 표면의 접촉각 변화는 확인할 수 없었다(Table 4, Figure 9).

측정된 접촉각을 바탕으로 Owen-Wendt-geometric mean을 이용하여 표면에너지를 구하였다. 강제 부식 전 시편들의 평균 표면에너지는 41.35mN/m로 측정되었으며, 부식 후 시편 VR, VS, VB는 부식 전과 비교하여 0.3~3.0mN/m의 차이를 보여 부식에 따른 변화는 거의 나타나지 않았다. 그러나 시편 PF의 경우 표면에너지가 약 26.6mN/m 정도 증가하였다. 표면에너지의 증가는 표면과 외부 인자 사이의 인력 증가를 의미하며, 외부 오염물질과의 흡착이 강해지므로 그만큼 열화가 진행됨을 알 수 있다(Cho and Cho, 2014). 이로 보아 시편 PF의 표면에너지 증가는 표면에 발생한 부식화합물 때문으로 판단되며, 이러한 표면에너지 변화를 통해 부식정도의 비교가 가능할 것으로 생각된다(Figure 10).

Table 3. Surface contact angles and surface energy before and after corrosion.

| | Contact Angles(θ) | | | | Surface Energy(mN/m) | |
|---------|----------------------------|-------|----------------|-------|----------------------|-------|
| | Water | | diiodo-methane | | before | after |
| | before | after | before | after | | |
| VR | 84.35 | 82.18 | 46.59 | 50.20 | 39.20 | 39.50 |
| VS | 84.51 | 74.93 | 39.89 | 47.70 | 42.01 | 42.44 |
| VB | 79.90 | 82.82 | 40.35 | 50.96 | 43.64 | 40.69 |
| PF | 82.84 | 23.42 | 40.95 | 52.57 | 42.23 | 68.85 |
| UT | 85.77 | — | 43.92 | — | 39.67 | — |
| Average | 83.47 | | 52.93 | | 41.35 | |

Table 4. Comparison of average surface contact angles before and after corrosion.

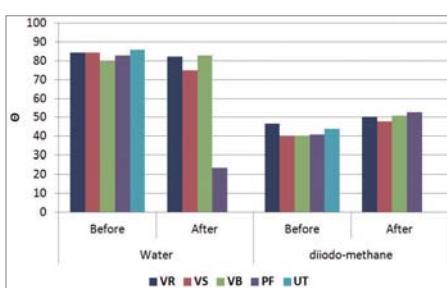
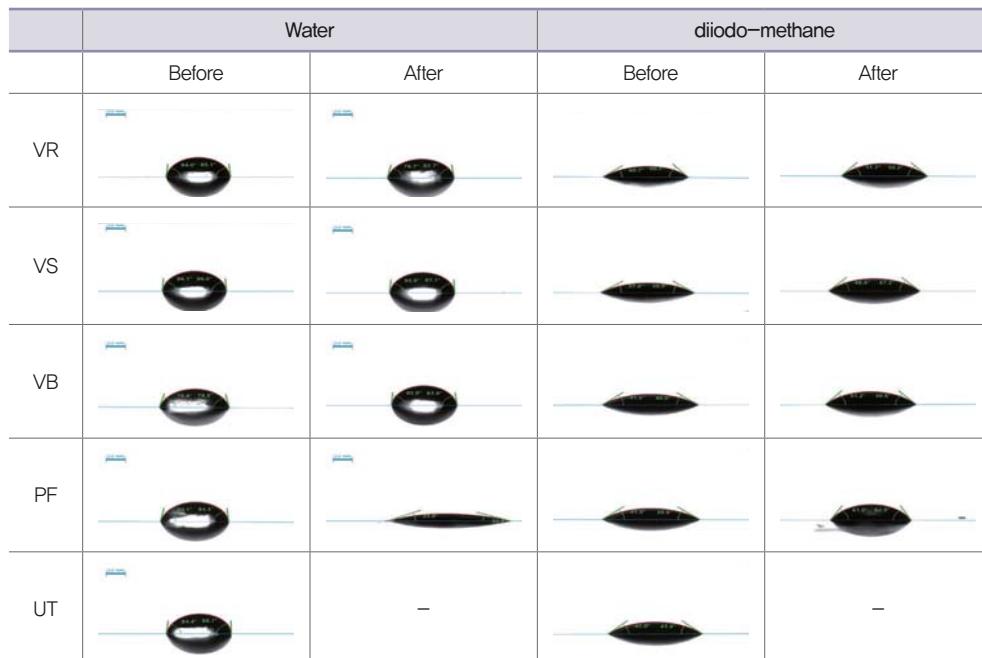


Figure 9. Comparison of surface contact angles before and after corrosion.

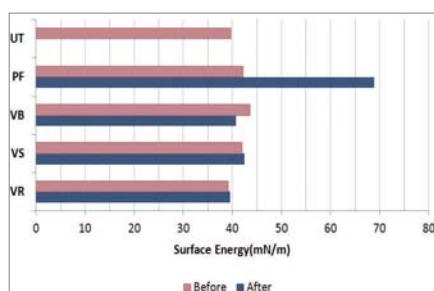


Figure 10. Comparison of surface energy before and after corrosion.

4.3. 표면전기저항 측정

시편 표면의 전기저항값을 측정하여 부식 전, 후에 따른 방청효과를 살펴보았다. 강제 부식 전 모든 시편의 표면저항은 평균 155Ω 정도로 측정되었으나 부식 후 방청필름 시편(VR, VS, VB)은 약 460Ω , 폴리에틸렌 필름 시편(PF)은 735Ω , 미적용 시편(UT)은 $2,180\Omega$ 으로 표면저항이 증가한 것을 확인하였다(Table 5). 표면저항 증가율로 비교한 결과, 시편 VR, VS, VB는 평균 2.9%, 시편 PF는 5.0%, 시편 UT는 14.5%로 나타났다(Figure 11). 이러한 표면저항의 증가는 표면의 특성이 변화하였음을 나타내며, 표면에 이물질이 발생하여 저항이 더욱 커진 것으로 보인다. 시편 UT의 경우 표면저항이 가장 큰 폭으로 증가하였는데, 이는 공기와의 접촉 시 생성되는 비전도성의 금속 산화물이 표면저항에 영향을 미치는 요인으로서 산화층 제거 시 표면저항이 감소한다고 보고됨에(Bae et al., 2016) 따라 강제 부식 이후 기존의 금속 표면이 아닌 새로 생성된 부식층으로 인한 저항의 증가로 판단된다. 또한 부분적으로 부식이 발생한 시편 PF, 부식 정도가 가장 미미하였던 시편 VR, VS, VB 순으로 표면저항 증가율이 낮아지는 것을 확인하였다. 그러나 방청필름을 사용한 일부 시편에서 육안상 부식이 관찰되지 않음에도 불구하고 표면저항이 증가하였는데, 이는 방청필름 내부에 있던 기화성 방청제가 금속과 반응하면서 금속 표면에 피막을 형성하였기 때문으로 사료된다. 이러한 결과는 표면저항 증가율이 낮을수록 부식 발생률이 낮은 것을 의미하며 방청필름 사용 시 방청효과가 존재하는 것을 확인하였다.

Table 5. Surface resistance before and after corrosion.

| Surface resistance(Ω) | |
|--------------------------------|-------|
| Before | After |
| VR | 169 |
| VS | 155 |
| VB | 157 |
| PF | 146 |
| UT | 151 |
| | 2,188 |

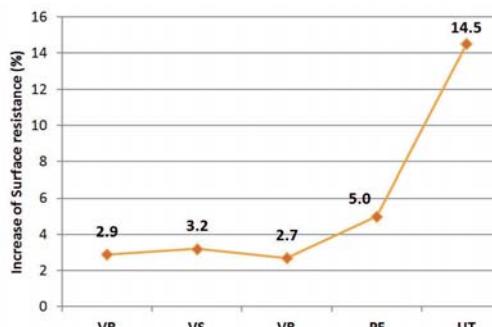


Figure 11. Rate of increase in surface resistance of samples.

5. 결론

금속 작품의 효과적인 보관 및 관리를 위하여 현재 미술관에서 포장재로 사용하고 있는 폴리에틸렌 필름과 기화성 방청제가 포함된 방청필름을 비교실험하여 그 효과와 적용 가능성을 확인하였다. 폴리에틸렌 필름을 적용한 시편과 방청필름을 적용한 시편, 미적용 시편의 염수분무실험 전·후 색도, 표면에너지, 표면전기저항을 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 색도차 측정결과 세 개의 방청필름(VR, VS, VB) 시편은 평균 1.27의 근소한 차이가 나타났으나 폴리에틸렌 필름 시편은 3.19로 감지할 수 있을 정도의 차이를 보였고, 미적용 시편은 7.31로 극히 현저한 차이를 나타냈다. 이는 방청필름 시편의 표면 보호 효과가 뛰어남을 나타낸다.
2. 표면에너지 측정 결과 방청필름(VR, VS, VB) 시편은 실험 전과 비교하여 0.3~3.0mN/m의 차이를 보였으나, 폴리에틸렌 필름 시편의 경우 표면에너지가 약 26.6mN/m 정도 증가하였다. 부식화합물로 인해 표면에너지가 증가하는 것으로 보아 방청필름의 방청 효과를 확인하였다.
3. 표면전기저항 값의 평균 증가율을 비교한 결과, 방청필름(VR, VS, VB)은 평균 2.9%, 폴리에틸렌 필름 시편은 5.0%, 미적용 시편은 14.5%의 증가율을 보였다. 표면 전기저항 값의 증가는 표면의 금속 산화물에 의한 결과이나 방청필름 시편은 부식산화물이 없음에도 저항값이 증가하였다. 이는 방청필름 내부에 있던 기화성 방청제가 금속과 반응하여 피막을 형성하였기 때문으로 판단된다.

방청 필름은 작품의 보존에 있어 가장 중요한 요소 중 하나인 적용 전·후의 표면 변화가 거의 없고, 폴리에틸렌 필름과 비교하여 확실한 방청효과를 나타냈다. 따라서 기존의 폴리에틸렌 필름보다 방청필름을 사용하는 것이 금속작품의 장기적인 보존 및 관리에 보다 효과적인 방법임을 확인하였다. 그러나 금속의 표면 변화 이외에도 작품의 특성상 발생하는 여러 변수들이 존재하므로 다양한 연구 및 추가적인 적용실험을 통하여 단계적으로 신중하게 적용해야 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Bae. Y.H., Park. G.D., Jung. H.O., Vu. M.C., Kim. S.R., 2016, Thermal Conductivity improvement by Cu Surface Treatments and incorporation of PMMA Beads on Cu/Epoxy Composites, *Polymer*, 40(1). (in Korean with English abstracts)
- Cho. H.N., Cho. N.C., 2014, An experimental study of Metal Polishes applied on surface cleaning of silver metal archival objects, *Journal of Conservation Science*, 30(2). (in Korean with English abstracts)
- Jo. D.S., Noh. Y.T., Park. B.S., 2015, Study on the characteristics of the dehumidification LDPE film, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 16(11). (in Korean with English abstracts)
- Jeong. J.U., A study on the preservation environmental control characteristics of high barrier films used for sealed packaging of cultural heritage, Master's Thesis in Yongin university. (in Korean with English abstract)
- Jung. S.R., 2011, A Study on aging characteristics of epoxy resins by adding uv stabilizer, Master's Thesis in Kongju university. (in Korean with English abstract)
- Ziad al-Saad, 2002, Course outline : Preventive Conservation, ICCROM-Standards in Preventive Conservation, ICCROM.

테라코타 작품의 재료학적 연구와 보존: 권진규 作 '마스크'를 중심으로

최남영, 김정흠, 권희홍¹

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

A Study on Materials Characteristics and Conservation of Terra-cotta Work :
Kwon Jinkyu's 'Mask'

Choi Namyoung, Kim Junghum, Kwon Heehong¹

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and Contemporary

Art, Gwacheon, 13829, Korea

¹Corresponding Author: entasis@korea.kr, +82-12-2188-6053

초록 권진규 作 '마스크'는 '탈'과 같은 민속적 색채를 지니고 있는 작품으로, 형태와 크기가 유사한 마스크는 최소 3점인 것으로 확인되었다. 권진규의 '마스크'는 형태를 유지하고 있으나 채색층과 태토층의 박락, 균열 등 손상이 심각한 상태이다. '마스크'의 제작기법과 작가가 사용한 재료를 살펴보기 위해 작품 표면의 채색층(흑색, 백색, 적색), 태토의 광물학적 특성과 소성 온도 등 재료학적 연구를 실시하였다. 또한 채색층과 태토층의 박락이 심한 테라코타 작품을 과학적 방법과 안정적인 재료를 적용한 보존처리 방법을 소개하고자 한다.

주제어 : 권진규, 테라코타, 근현대 문화유산, 보존처리, 강화

Abstract Kwon Jinkyu's 'Mask' is a work of folk color like in 'Tal(a mask)'. At least three pieces similar in shape and size are verified. Kwon Jin-kyu's 'Mask' maintains its shape but the painting layer and clay layer peel off and have cracks a lot. To look into the manufacturing technique of 'Mask' and materials which the artist used, we carried out a material research on the coloring layer of the surface of the work and mineralogical characteristics and the plastic temperature of the clay. Also we want to introduce the conservation method of applying a scientific method and stable materials to the work of terra cotta which has serious peeling off to the coloring layer and clay layer.

Keyword : Kwon Jinkyu, terra cotta, modern and contemporary cultural heritage, conservation, reinforcement

접수 2017. 1. 6. / 심사종료 2017. 1. 21. / 게재승인 2017. 1. 23.

1. 서론

우리나라의 테라코타는 해방 이후 유럽식 조형으로서 도입되어 1960년대에 본격적으로 시작되었다(Kim and Seo, 2013). 1950년대의 윤효중(1917~1967)과 김경승(1915~1992)의 테라코타 작업은 저화도(低火度) 초벌구이 상태에서 만들어졌다. 1960년대의 권진규는 테라코타 조각의 개척자로서, 일찍이 부르델의 감성을 받아 독특한 인물상의 테라코타를 많이 제작하였다. 또한 1965년의 ‘秀화랑’ 초대전에 출품한 작품들이 대부분 테라코타인 점으로 미루어 보아, 권진규의 테라코타 작업이 본격적으로 시작된 것은 1960년대 초부터인 것으로 보인다. 리얼리즘 정신성의 회복을 주장했던 권진규의 작품은 자신만의 독자적인 예술세계 확립으로 한국 근대 조소사에서 중요한 역할을 한다(Jung, 2003).

그러나 테라코타는 인간이 불을 자유롭게 사용할 수 있게 된 이래 오늘날까지 약 2만 5,000년에 걸쳤음에도 불구하고 다른 재료에 비해 견고성이 적어 현대 미술 속에서 대부분의 작가들에게 점토를 최종 재료로 하는 작업은 외면되고 있는 실정이다. 이러한 테라코타의 재질적 특성으로 인해 장시간에 걸쳐 점차적으로 손상되므로, 이를 제어하기 위해 적절한 관리와 예방, 유지 보수가 필요하다(Jessica, 1996).

따라서 본 연구에서는 한국 근대 조소사에서 중요한 위치에 있는 권진규 작품인 ‘마스크’를 과학적 방법으로 분석하여 테라코타의 재료학적 특성을 확인하였다. 그리고 채색층과 태토층의 박락이 심한 테라코타 작품에 안정적인 재료를 적용한 보존처리 방법론 소개한다.

2. 연구 배경

2.1. 마스크

일본에서의 생활을 접고 돌아온 권진규는 1959년 직접 설계하고 마련한 동선동(東仙洞) 작업실에 흙을 보관하는 창고와 작은 가마까지 구비하였다. 흙은 700~800도의 초벌구이로 완성될 수 있어서 자기 집에 가마를 두고 언제든지 테라코타 작업을 할 수 있는 환경을 갖추고 있었다(Figure 1. A~E).

권진규 아카이브 사진자료 확인 결과, 본 연구대상 작품과 형태 및 크기가 유사한 마스크는 최소 3점인 것으로 확인되었다. ‘마스크’ 시리즈 중 《15주기 회고전》(1988)에 출품한

'마스크'(Figure 1. F)와 표정이나 이마 위의 경계 등 상당 부분 유사성을 가지며(국립현대미술관, 2009), 이제까지의 소장품보다 더 큰 것으로 보인다.

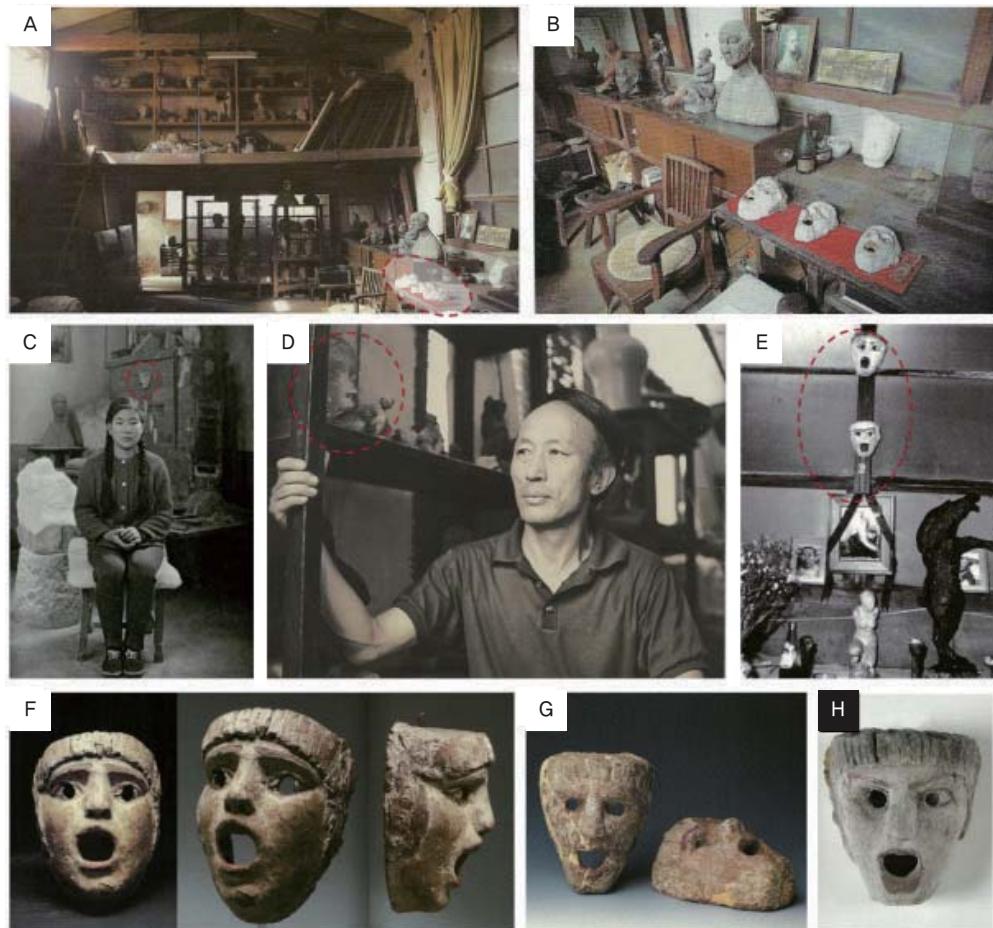


Figure 1. Kwon Jinkyu 'mask', (A), (B) Inside the work room of Dongsun-dong, Seongbuk-gu, Seoul, (C) he girl who became the model of the work 'Younghie' Back to the fireplace The 'mask', (D) In 1971, Kwon Jingyu's 'mask', (E) In the house of Kwon Jinkyu's 'Mask', (F) 'Mask' I · II, Terracotta each 13×16×18.5cm, Art Gallery hwimog, 1960's, (G) 'Mask' Terracotta 18×18×11cm, 1960's, (H) 'Mask', 1960's, coloring terracotta.

2.2. 테라코타 보존처리 사례

미국 보스턴 이사벨라 스튜어트 가드너 박물관(The Isabella Stewart Gardner Museum)은 이탈리아 조각가 메테오 치비탈리(Matteo Civitali, 1467~1472)의 'Virgin Adoring the Child'(1480년 作)는 과거 밀랍 코팅에 의한 변색, 채색층 균열 및 들뜸으로 인해 보존처리를 실시하였다. 보존처리에 앞서 SEM-EDS와 라만 스펙트럼, FT/IR 및 GC/MS, 전자 현미 분석기를 이용하여 채색층과 태토 분석을 실시하였다. SEM-EDS와 라만 스펙트럼, FT/IR 및 GC/MS의 채색층 분석을 통해서 azurite, copper acetate(verdigris), red lake pigment가 검출되었다. 전자 현미 분석기의 태토 분석결과에서 철, 칼슘 화합물과 알루미늄, 실리카와 기타 미량 원소가 포함되어 있었다. 강화처리는 철갑상어 아교를 사용하여 실리콘 이형지(layer of silicon release paper) 위에 가열된 스파츌라로 테라코타 태토 위에 안료를 안착시켰다. 잘 부서지는 부분은 Paraloid B-72(in acetone and ethanol)를 붓으로 흘려주어 강화하였다. 작품 표면의 잔류한 밀랍으로 인해 하단의 밝은 청색 채색층의 색상을 보기 어렵게 하였다. 밀랍을 제거하기 위해 Solvent 혼합물을 흡수시킨 솜포를 약 15분 동안 안착시켰다. Virgin의 얼굴과 손에 얼룩덜룩하게 색맞춤된 부분을 제거하기로 결정하였다. 결손부는 Parafilm™ 위에 Milliput perfine White™ 에폭시를 사용하여 복원하였다. 에폭시가 경화된 후 Parafilm™을 제거하고 Paraloid B-72 50%(in acetone and ethanol)로 접착시키고 필요에 따라 아크릴 에멀젼 페인트인 Golden fluid™로 색맞춤 하였다(ICOM, 2008).

미국 플로로리다(Florida) South Florida Art Conservation에서 'Triglav', 'Tomb attendants'와 'Tang Horses' 3점의 테라코타 보존처리를 실시하였다. 'Triglav'은 미국 조각가 앨빈 폴라섹(Albin Polasek, 1879~1965)의 작품으로서 미국 앨빈 폴라섹 박물관(Albin Polasek Museum)에 소장되고 있다. 이 작품은 장기간 고습한 환경에 노출되어 지의류와 곰팡이로 인해 태토에 균열이 발생하였다. 테라코타 복원을 위해 표면 클리닝, 접합 및 복원, 색맞춤을 실시하였다. 결손부는 퍼티로 복원하고 색맞춤을 실시하였다. 'Tomb attendants'와 'Tang Horses'는 중국 당나라 테라코타 부장품이다. 'Tomb attendants'은 녹색과 금색 유약이 있는 명나라 무덤 수행자로서, 머리와 손에 파손, 균열이 관찰되었으며, 'Tang Horses'는 당나라 말로서, 다리와 안장이 파손되었으며 곰팡이가 있었다. 이전 보존처리에 사용된 PVAC 접착제로 인해 원재료의 오염과 균열이 발생하여 평평하게 수리하여 필러로 복원하였다. 이후 재료적 안정성을 위해 셀룰로오스 에테르와 결합된 안료로 보존처리를 실시하였다(South Florida Art Conservation, 2016).

영국 리버풀 국립 미술관(National Museums Liverpool)에서 영국 런던 빅토리아 앤드 알버트 미술관(Victoria and Albert Museum; V & A Museum) 소장 'Peasant woman nursing a baby(1873년 作)'의 보존처리를 실시하였다. 'Peasant woman nursing a baby'는 프랑스 조각가 에메 쥘 달루(Aimé-Jules Dalou, 1838~1902)의 작품으로서 물성이 취약한 테라코타의 성질로 인해 런던 빅토리아 앤드 알버트 미술관은 복제품을 제작하여 전시하였다. 원작품은 표면오염과 일부 결손부로 인해 보존처리가 필요하였다. 테라코타의 다공성과 약한 물성으로 인한 손상, 유기용제 사용으로 인한 이차적 오염 등으로 인해 전체적으로 레이저 클리닝을 실시하였다. 이후 런던 V&A Museum에 전시된 복제품을 스캐닝하여 향후 교체가 가능하도록 아기의 다리를 복원하였다(National Museums Liverpool, 2016).

프라하 국립 미술관 소장 'Virgin Maria with child Jesus and John Baptist'의 보존처리를 프라하 미술대학교 복원학과(The Academy of Fine Arts in Prague, The School of Restoration)에서 실시하였다. 'Virgin Maria with child Jesus and John Baptist'는 주세페 마리오 마짜(Giuseppe Mario Mazza, 1653~1741)의 작품으로서 19세기에 수집되었다. 표면오염과 균열로 인한 불안정한 구조로 인해 보존처리가 필요하였다. 석고와 석고 받침대의 특수 철제 프레임으로 고정되었던 작품 뒷부분을 분리하여 과거 보존처리 물질을 제거하였다. 작품 내부는 작품 앞면의 오염을 예방하기 위해 유토로 지지대를 제작한 후 천연시멘트(Geopolymer)로 고정시켰다(Tomas et al., 2009).

Table 1. Examples of terracotta conservation treatment.

| No. | 작품명 (작가) | 보존처리 | | | |
|-----|---|---|-----|------------|----------------------------|
| | | 강화 | 클리닝 | 복원 | 색맞춤 |
| 1 | Virgin Adoring the Child (Matteo Civitali) | Paraloid B-72 50% (in acetoin and ethanol) 철갑상어 아교 | | Milliput® | Golden fluid |
| 2 | Triglav (Albin Polasek) | Putty | | | |
| 3 | Tomb attendants, Tang Horses (-) | Filler | | | Cellulose ether Pigment |
| 4 | Virgin Maria with child Jesus and John Baptist (Giuseppe Mario Mazza) | | | Geopolymer | |

3. 연구 방법

권진규 ‘마스크’의 제작기법을 규명하기 위해 태토 및 안료의 재질특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 구성재질의 특성을 파악하기 위해 육안관찰을 실시하고 성분 분석결과를 종합하였다.

‘마스크’의 표면 채색층 손상으로 강화처리가 불가피한 상황에서 처리 후 채색층의 색상 및 광택 변화를 최소화하면서 채색층과 태토의 접착력을 강화할 수 있는 재료를 검토하고 보존처리 시 적정 농도를 파악하고자 실험하였다.

3.1. 안료 및 태토 분석

작품 표면 채색층의 광학적 조사를 위해 디지털 현미경(Digital Microscope: DG-2, Scalar Corp, Japan) 및 영상현미경(KH-7700, Hirox, Japan) 관찰을 실시하였으며, 측정 배율에 변화를 주어 안료의 입자크기와 표면 채색 상태를 관찰하였다. 성분분석은 휴대용 X-선형광분석기(Potable XRF: Innov-X system, XRF α-4000, USA)를 사용하였으며, 전압 45kV, 측정시간 30sec로 분석을 실시하였다. X-선은 얇은 안료층을 투과하여 태토성분까지 측정되기 때문에 태토층 분석결과와 비교하여 안료의 주성분을 추정하였다. 마스크에 채색된 안료와 태토에 대한 화학조성을 파악하기 위해 Raman spectrometer(Inspectot Raman, Deltanu, USA)를 사용하였으며, wavenumber 2000~200cm⁻¹, resolution 8cm⁻¹, 광원은 785nm의 파장을 가진 60mV의 diode laser 조건으로 분석하였다. 태토성분의 광물학적 특성을 살펴보기 위하여 X-선회절분석(X-ray Diffraction System: XRD, X'Pert PRO MPD, PANalytical, Netherlands)을 실시하였다. 분석조건은 2theta 3~60deg, scan speed 1sec/step, step size 0.02deg, 전압 40kV, 전류 30mA로 설정하였으며, target은 copper를 사용하였다.

3.2. 예비실험

태토를 60×60(mm) 크기로 재단하여 급격한 수분 증발로 갈라짐, 파손 등을 방지하기 위해 48시간 자연 건조 후 열풍건조기를 이용하여 105°C에서 24시간 건조하였다. XRD 분석 결과를 바탕으로 시편들은 전기로에서 1차로 300°C까지 5시간 동안 소성 후 900°C까지 5시간 동안 2차 소성하였다. 900°C에서 10분간 유지한 후 12시간 가마를 시킨 후 100°C 이하가 되었을 때 꺼내었다. 현미경 관찰, P-XRF, 라マン 분석결과를 바탕으로 태토와 백색, 흑색, 적색 안료를 표면에 채색하였다.

실험에 사용되는 고착제는 천연접착제와 합성수지 등 총 4종류를 선택하였다. 천연수지 계 고착제는 국내외 토기, 벽화, 테라코타 보존처리에 널리 사용된 아교(in Water), Acrylic계 수지인 Paraloid B-72®(in Acetone), Polyvinyl Acetate(PVAc) 계열의 Caparol-binder®(in Water), Cellulose계 고착제는 Hydroxypropyl cellulose(HPC)®(in Ethanol)를 사용하였다. 선별된 고착제는 채색색상 4가지(무, 백색, 흑색, 적색)로 구분된 샘플 위에 희석 농도를 1%, 3%, 5%의 세 가지 조건으로 하였다. 의사시료 표면에 농도별로 스포이드를 균일하게 스며들도록 하였다. 1회 도포 후 1일간 자연 건조시키고 재도포하여 총 2회에 걸쳐 도포하였다. 도포 전·후 시편에 대한 색도테스트(CR-700d, Minolta, Japan)를 실시하고 색도변화 경향을 CIE LAB 색차를 사용하여 향후 보존처리 과정에 참고하였다.

Table 2. Types of fixing agent applied to physician samples.

| No. | 고착제 종류 | 점도 | 시료 표면 |
|-----|------------------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | 아교 | | |
| 2 | Hydroxypropyl cellulose(HPC) | 1%, 3%, 5% | 태토, 백색, 흑색, 적색 |
| 3 | 초산비닐계 수지(Caparol Binder) | | |
| 4 | 아크릴계 수지(Paraloid B-72) | | |

4. 분석결과

4.1. 광학 현미경 관찰

광학 현미경 관찰은 표면의 안료 채색상태와 입자의 상태를 보다 자세하게 확인하고자 하였다. ‘마스크’는 백색이 바탕색으로 사용되었으며, 적색안료와 흑색안료는 백색안료 위에 얹은 층으로 이루어졌다(Figure 3. A~F). 백색은 마스크에 채색된 바탕색으로 사용되었으며, 안료입자가 매우 미세하며 채색면이 평활하다. 적색 안료는 눈썹, 눈 윤곽선, 입에 사용된 색상으로 백색 안료 위에 얹은 층을 이루고 있다. 안료 입자가 안료입자가 매우 미세하며 채색면이 평활한 특징을 보여준다(Figure 3A). 흑색안료는 백색 안료 위에 얹은 층을 이루고 있으며 머리 부분에 사용되었다.

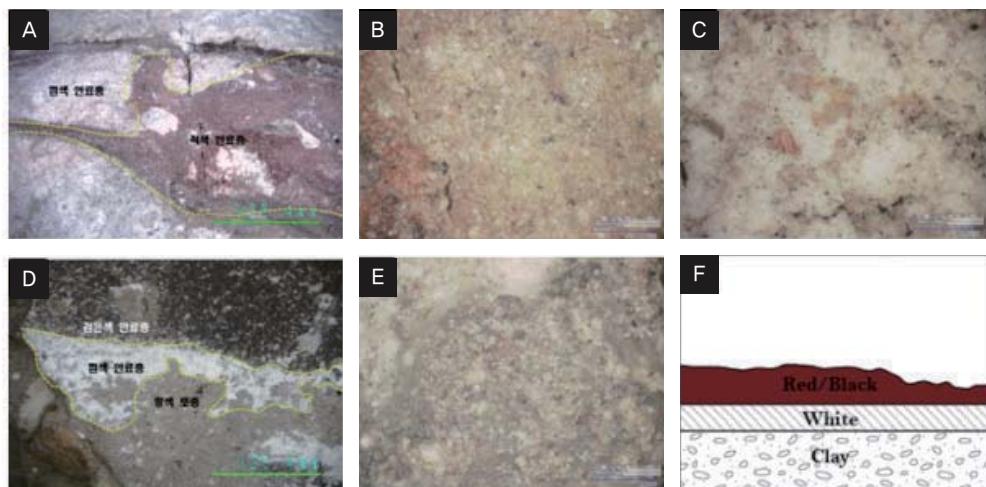


Figure 3. Microscope image of mask pigment, (A) Left eyebrow, (B) Clay layer, (C) White, (D) Head, (E) Black pigment, (F) Cross section of ‘Mask’.

4.2. 형광 X-선과 라만 분석

태토 광물입자의 화학성분으로 칼륨(K), 티타늄(Ti), 칼슘(Ca), 철(Fe), 코발트(Co)가 검출되었다. 백색은 칼슘(Ca)이 주요 성분으로 검출되었다. 또한 라만 분광분석에서 Calcium Sulfate(CaSO_4)의 특성 피크인 1008.9cm^{-1} , 1138.6cm^{-1} 이 확인되어 석고(Calcium Sulfate, CaSO_4)가 주성분인 안료를 사용한 것으로 추정된다. 적색은 철(Fe)이 주요 성분으로 확인되고 라만 분광 분석결과에서 Hematite(Fe_2O_3)와 특성 피크인 224.6cm^{-1} , 289.2cm^{-1} , 409.4cm^{-1} , 496.0cm^{-1} , 605.1cm^{-1} 가 확인되는 것으로 보아 석간주(Hematite, Fe_2O_3)를 사용한 것으로 추정된다. 흑색 안료는 XRF에서 흑색을 나타내는 안료 성분보다 하부 채색층과 바탕층에 있는 물질들이 주로 검출되었으며, 라만 분광 분석결과에서 특성 피크를 확인할 수 없었다. 이는 탄소를 주성분으로 하는 먹(墨)이 사용된 것으로 추정된다(Lee, 2013).

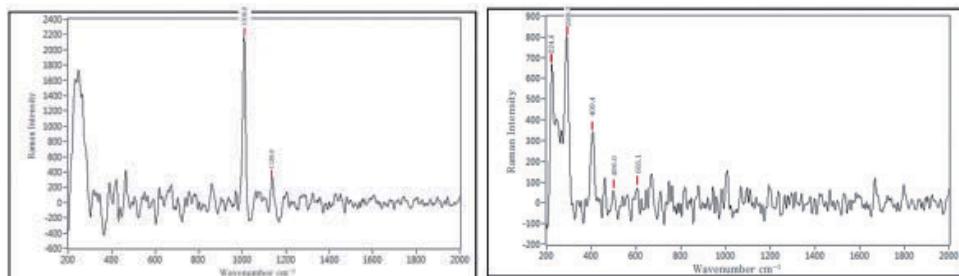


Figure 4. Raman spectroscopic analysis of white pigment, Figure 5. Raman spectroscopic analysis of red pigment.

Table 3. P-XRF and Raman analysis result.

| No. | 색상 | 분석위치 | P-XRF | Raman | |
|-----|----|------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | Wavenumbers(cm^{-1}) | 예상 안료 |
| 1 | 태토 | — | K, Ti, Ca, Fe, Co | — | — |
| 2 | 백색 | — | Ca | 1008.9, 1138.6 | Gypsum(CaSO_4) |
| 3 | 적색 | 눈썹 | Fe | 224.6, 289.2, 409.4, 496.0, 605.1 | Hematite(Fe_2O_3) |
| | | 눈 | | | |
| | | 입 | | | |
| 4 | 흑색 | 머리 | — | — | C |

4.3. X-선 회절 분석

태토의 X-선 회절 분석결과, 주성분인 석영(Quartz)이 동정되었다. 기존 연구에 따르면 500, 800°C의 중간 단계 온도 소성에서는 인규석(Tridymite)과 같은 중간 생성물의 peak가 확인되지는 않았다. 보다 고온에 해당하는 1,000°C 단계에서도 Hercynite와 같은 온도지시 광물종이 동정되지는 않았다. 그러므로 권진규 ‘마스크’의 태토는 앞선 결정구조가 모두 확인되지 않은 점으로 보아 1,000°C 이하에서 소성이 이루어진 것으로 판단된다.

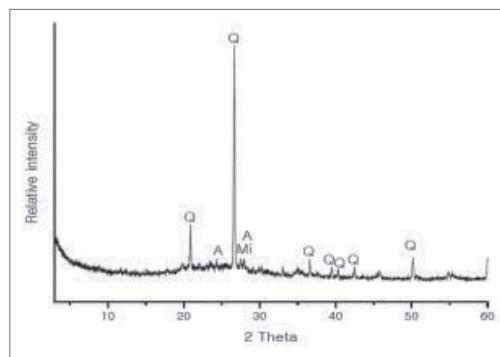


Figure 6. XRD diffraction result of the base in Mask,
(Q) quartz, (A) albite, (Mi) microcline.

5. 예비실험 결과

색도 변화값이 채색층에서는 1 미만인 반면에 태토는 1~3 사이로 발생하였다. 고착제 분석결과에서 색도 변화값이 아교는 0.26~1.66, Paraloid B-72는 0.13~1.50, Caparol-binder는 1.00~5.88, Hydroxypropyl cellulose는 0.30~1.50으로 나타났다. 그러나 아교는 물성변화가 크고 열화에 취약한 것으로 연구된바 있으며, Paraloid B-72는 채색층의 균열 및 박락 등의 손상이 발생되고 있는 것으로 조사되고 있다. 따라서 ‘마스크’ 보존처리에서는 Hydroxypropyl cellulose(HPC)[®](in Ethanol) 용액을 선정하였다.

Table 4. Chromaticity results of preliminary test.

| 안료색 | 고착제 | 농도 | 1% | | | 3% | | | 5% | | |
|-----|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 도포회수 | 0회 | 1회 | 2회 | 0회 | 1회 | 2회 | 0회 | 1회 | 2회 |
| 태토 | 아교 | L* | 71.26 | 70.95 | 71.05 | 71.72 | 70.65 | 66.41 | 63.70 | 63.06 | 62.68 |
| | | a* | 14.37 | 14.76 | 14.79 | 14.55 | 15.25 | 18.41 | 20.02 | 20.16 | 20.26 |
| | | b* | 22.12 | 22.89 | 22.97 | 22.18 | 23.25 | 27.51 | 29.80 | 29.89 | 30.21 |
| | | ΔE | | 0.42 | 0.47 | | 1.39 | 35.70 | | 0.22 | 0.63 |
| | HPC | L* | 71.10 | 71.13 | 71.30 | 71.43 | 71.14 | 70.78 | 70.18 | 69.42 | 69.01 |
| | | a* | 14.52 | 14.61 | 14.73 | 14.69 | 15.30 | 15.46 | 15.48 | 15.86 | 16.47 |
| | | b* | 22.47 | 22.54 | 22.71 | 22.75 | 23.52 | 23.79 | 24.04 | 24.56 | 25.11 |
| | | ΔE | | 0.01 | 0.07 | | 0.34 | 0.80 | | 0.50 | 1.75 |
| | Caparol | L* | 71.03 | 70.39 | 69.71 | 71.85 | 69.52 | 68.92 | 69.81 | 69.04 | 68.03 |
| | | a* | 14.66 | 15.14 | 16.02 | 14.35 | 16.55 | 16.95 | 16.31 | 16.48 | 17.10 |
| | | b* | 22.52 | 23.41 | 24.99 | 22.24 | 25.82 | 26.48 | 25.69 | 25.46 | 26.37 |
| | | ΔE | | 0.71 | 4.85 | | 11.53 | 16.64 | | 0.34 | 2.12 |
| | B-72 | L* | 71.30 | 71.15 | 70.87 | 71.41 | 68.35 | 61.24 | 61.63 | 58.48 | 62.29 |
| | | a* | 14.55 | 14.89 | 15.02 | 14.63 | 17.64 | 23.56 | 23.19 | 24.99 | 22.13 |
| | | b* | 22.37 | 23.04 | 22.89 | 22.32 | 27.68 | 33.85 | 33.92 | 35.79 | 31.84 |
| | | ΔE | | 0.29 | 0.34 | | 23.59 | 158.09 | | 8.36 | 2.95 |
| 백색 | 아교 | L* | 94.41 | 94.39 | 94.24 | 95.12 | 93.80 | 93.45 | 91.73 | 91.47 | 93.88 |
| | | a* | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.32 | 0.36 | 1.11 | 1.15 | 0.14 |
| | | b* | 0.89 | 1.16 | 1.09 | 1.30 | 1.13 | 1.12 | 1.41 | 1.37 | 2.00 |
| | | ΔE | | 0.04 | 0.03 | | 0.91 | 1.43 | | 0.04 | 2.95 |
| | HPC | L* | 93.55 | 93.77 | 94.21 | 95.57 | 95.37 | 95.49 | 93.26 | 93.41 | 94.18 |
| | | a* | 0.15 | 0.06 | 0.02 | 0.09 | 0.16 | 0.15 | 0.67 | 0.65 | 0.50 |
| | | b* | 1.20 | 1.56 | 1.74 | 1.25 | 1.55 | 1.37 | 1.56 | 1.57 | 1.19 |
| | | ΔE | | 0.09 | 0.37 | | 0.07 | 0.01 | | 0.01 | 0.50 |
| | Caparol | L* | 94.97 | 94.73 | 94.86 | 95.43 | 95.40 | 95.37 | 91.02 | 91.26 | 92.41 |
| | | a* | 0.05 | 0.09 | 0.05 | 0.14 | 0.17 | 0.09 | 1.29 | 1.26 | 0.87 |
| | | b* | 1.30 | 1.49 | 1.41 | 1.81 | 1.92 | 1.97 | 1.79 | 1.50 | 1.39 |
| | | ΔE | | 0.05 | 0.01 | | 0.01 | 0.01 | | 0.07 | 1.13 |
| | B-72 | L* | 95.09 | 92.48 | 92.65 | 94.98 | 94.26 | 94.22 | 91.63 | 91.95 | 93.39 |
| | | a* | 0.04 | 0.33 | 0.27 | 0.25 | 0.36 | 0.34 | 1.21 | 1.07 | 0.94 |
| | | b* | 1.23 | 1.03 | 1.22 | 1.13 | 1.23 | 1.46 | 1.52 | 1.92 | 2.72 |
| | | ΔE | | 3.48 | 3.00 | | 0.27 | 0.35 | | 0.14 | 2.30 |

| 안료색 | 고착제 | 농도 | 1% | | | 3% | | | 5% | | |
|-----|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 도포회수 | 0회 | 1회 | 2회 | 0회 | 1회 | 2회 | 0회 | 1회 | 2회 |
| 흑색 | 아교 | L* | 53.91 | 53.97 | 51.50 | 48.64 | 47.75 | 46.49 | 48.80 | 47.49 | 39.50 |
| | | a* | 0.32 | 0.36 | 0.30 | 0.25 | 0.30 | 0.28 | 0.24 | 0.15 | 0.23 |
| | | b* | 1.02 | 1.14 | 0.91 | 0.80 | 1.02 | 1.06 | 0.64 | 0.58 | 0.83 |
| | | △E | | 0.01 | 2.91 | | 0.42 | 2.34 | | 0.86 | 43.23 |
| | HPC | L* | 45.23 | 46.60 | 44.94 | 53.44 | 49.74 | 48.72 | 41.41 | 41.68 | 48.70 |
| | | a* | 0.44 | 0.47 | 0.50 | 0.42 | 0.49 | 0.45 | 0.46 | 0.34 | 0.52 |
| | | b* | 1.65 | 1.71 | 1.86 | 1.50 | 1.73 | 1.70 | 1.18 | 1.37 | 1.94 |
| | | △E | | 0.95 | 0.07 | | 6.86 | 11.14 | | 0.06 | 26.86 |
| | Caparol | L* | 53.01 | 51.36 | 48.86 | 51.12 | 47.98 | 47.76 | 51.11 | 48.52 | 46.70 |
| | | a* | 0.27 | 0.29 | 0.31 | 0.22 | 0.25 | 0.16 | 0.22 | 0.16 | 0.31 |
| | | b* | 0.85 | 0.83 | 1.00 | 0.79 | 0.67 | 0.56 | 0.71 | 0.47 | 0.82 |
| | | △E | | 1.37 | 8.64 | | 4.95 | 5.67 | | 3.38 | 9.75 |
| | B-72 | L* | 49.84 | 47.48 | 46.41 | 49.57 | 46.92 | 45.12 | 46.02 | 36.31 | 33.17 |
| | | a* | 0.28 | 0.18 | 0.37 | 0.33 | 0.47 | 0.46 | 0.39 | 0.41 | 0.23 |
| | | b* | 0.91 | 0.46 | 1.25 | 1.13 | 1.53 | 1.51 | 1.37 | 0.92 | 0.38 |
| | | △E | | 2.90 | 5.97 | | 3.60 | 10.00 | | 47.21 | 83.02 |
| 적색 | 아교 | L* | 36.53 | 36.37 | 36.82 | 36.17 | 39.56 | 39.87 | 38.87 | 40.90 | 41.99 |
| | | a* | 23.88 | 24.65 | 24.39 | 23.85 | 22.36 | 21.01 | 23.13 | 23.24 | 23.23 |
| | | b* | 13.75 | 14.67 | 14.28 | 13.92 | 12.45 | 11.57 | 13.11 | 12.80 | 13.55 |
| | | △E | | 0.73 | 0.31 | | 7.94 | 13.63 | | 2.13 | 4.98 |
| | HPC | L* | 37.52 | 36.39 | 36.08 | 34.63 | 34.67 | 34.22 | 40.67 | 38.90 | 34.53 |
| | | a* | 23.37 | 23.91 | 23.45 | 23.07 | 23.65 | 22.87 | 24.95 | 25.22 | 23.99 |
| | | b* | 13.34 | 14.25 | 13.97 | 13.53 | 14.19 | 13.65 | 14.78 | 15.15 | 14.46 |
| | | △E | | 1.21 | 1.24 | | 0.38 | 0.11 | | 1.68 | 19.36 |
| | Caparol | L* | 34.04 | 33.72 | 33.54 | 35.47 | 36.03 | 36.43 | 36.94 | 36.50 | 35.08 |
| | | a* | 23.78 | 24.05 | 23.47 | 24.10 | 22.97 | 22.72 | 22.90 | 23.37 | 21.29 |
| | | b* | 14.22 | 14.63 | 14.18 | 14.23 | 13.20 | 12.89 | 13.03 | 13.36 | 12.00 |
| | | △E | | 0.17 | 0.17 | | 1.32 | 2.30 | | 0.26 | 3.55 |
| | B-72 | L* | 35.84 | 36.65 | 36.96 | 37.02 | 37.39 | 37.38 | 39.64 | 38.99 | 39.08 |
| | | a* | 23.40 | 24.37 | 23.24 | 25.02 | 24.70 | 24.39 | 22.16 | 22.99 | 23.83 |
| | | b* | 13.49 | 14.61 | 13.44 | 14.74 | 14.42 | 14.03 | 12.30 | 12.65 | 12.83 |
| | | △E | | 1.42 | 0.64 | | 0.17 | 0.52 | | 0.61 | 1.69 |

6. 보존처리

6.1. 상태조사

'마스크' 전면의 눈썹과 눈, 입술에는 짙은 적색으로 칠해 마무리되어 있으며, 작품 안쪽에는 걸이용 끈이 있다(Figure 7. D). 뒷면에는 태토의 상태와 작가의 지두암흔이 확인된다(Figure 2. F). 권진규에게 조소를 배운 김동우에 의하면, 권진규는 '큰 진흙 덩어리를 붙여놓고 깎아 내는 것이 아니라, 콩알만큼의 작은 점토 덩어리를 조심스럽게 붙여 나가는 절도 있는 작업'을 반복하면서 제작했다고 한다(Park, 1997). 이 작품의 소지는 회색 계열로서 (Figure 2. B), 이는 환원 소성되었음을 유추할 수 있다. 마스크의 손상정도는 크게 채색층과 태토층으로 구분된다. 채색층은 적색, 흑색, 백색으로 확인되는데 흑색은 층상으로 박리·박락이 진행 중이며, 백색은 현미경 관찰결과에서도 확인되었듯이 분말화가 진행되고 있어 표면층이 매우 취약한 상태이다. 적색은 나머지 채색층과 비교하여 양호한 상태로 확인되었다. 태토층은 뒷부분의 안쪽면은 비교적 양호하지만 전시·수장 시 바닥과 맞닿는 바닥면과 측면은 층상균열이 진행되고 있으며, 긁힌 부분이 많이 확인되었다. 그리고 작품 앞·뒷면에 머리카락과 손톱으로 추정되는 물질이 박혀 있음을 육안 및 현미경 관찰로 확인하였다.



Figure 7. The condition of 'Mask' before processing, (A) Front, (B) Back, (C) Top, (D) Hanging string inside 'Mask', (E) Fingerprint, (F) Foreign material assumed a fingernail, (G) peeling, (H) Pigment layer peeling, (I) clay layer.

6.2. 보존처리

권진규 '마스크'의 보존처리는 테라코타의 재료 및 기법적 특성을 고려하여 예비실험 결과를 통해 적정한 재료와 방법을 선정하였다. 보존처리 과정은 일반적으로 처리전 조사, 이물질제거, 강화처리 순서로 진행된다. 하지만 권진규 '마스크' 표면은 먼지 등 오염물이 고착되어 있으며, 채색층은 표면과 공극 내 건조, 수축 그리고 팽창이 반복되면서 구성물질 간의 결합력이 약해지고 결합력이 약해진 입자와 입자 사이에는 미세한 2차 파손이 우려되었다. 따라서 표면 강화처리 후 표면 이물질을 제거하도록 하였다.

먼저, 태토의 손상을 방지하고 안료표면의 강화를 위하여 강화제로 hydroxypropyl cellulose(HPC)(in ethanol)를 사용하였다. 앞면은 채색층으로 이루어진 상태이므로 안료층 강화와 색상변화를 최소화하기 위해 HPC 1wt% 용액(in ethanol)을 2~3회 도포 후 3wt% 용액으로 농도를 높여 추가 강화처리하였다. 작품의 뒷면과 일부 층상균열로 약화된 부분에는 태토의 구조적인 강화를 위해 도포 횟수를 4~5회로 늘려 강화처리하였다. 그리고 앞서 확인된 머리카락과 손톱으로 추정된 물질은 향후 분석, 연구 등을 위해 별도 처리 없이 두었다. 강화처리 후 표면 채색층과 태토의 오염물은 면봉에 유기용제(ethanol, acetone)를 적셔 조금씩 제거하였으며, 클리닝 주변은 HPC 1wt% 용액(in ethanol)을 재도포하였다.



Figure 8. 'Mask' Treatment Process, (A), (B) Consolidant treatment, (C) Cleaning(Foreign material removal).

7. 고찰 및 결과

권진규는 일찍이 브루델의 감성을 받아 테라코타 조각의 개척자로서 근대 조소사 전반에 걸쳐 중요한 영향을 미친 대표적인 조각가이다. 권진규 '마스크'는 '탈'과 같은 민속적 색채를 지니고 있는 작품으로, 형태와 크기가 유사한 마스크는 최소 3점인 것으로 확인되었다.

현미경 관찰 결과에서 백색안료는 바탕색으로 사용되었으며, 적색안료와 흑색안료가 백색안료 위에 옅은 층으로 채색되었다. '마스크'는 물리적·화학적 손상으로 인해 균열과 미세박락이 나타났다. 또한 전시·수장 등으로 바닥면과 접촉되는 부분이 많은 작품 후면과 측면의 일부 태토에서 충상균열과 박리가 관찰되었다.

'마스크'의 성분 분석결과에서 백색은 석고(gypsum CaSO_4), 적색은 석간주(Hematite, Fe_2O_3)가 각각 확인된다. 흑색 안료 성분은 확인되지 않으며, 하부 채색층과 바탕층에 있는 물질들이 주로 검출되었다. X-선 회절 분석결과에서 석영, 사장석, 미사장석이 동정되었다. 고온생성 시 발생되는 물라이트, 트리디마이트, 크리스토발라이트가 동정되지 않는 것으로 보아 900°C 이하에서 소성된 것으로 추정된다.

재료학적 연구 결과 '마스크'는 저온 소성 후 석고, 석간주와 먹으로 채색한 것으로 추정된다. 이 작품이 지닌 미술사 및 학술적인 측면과 작품 상태를 고려할 때, 작품 표면의 손상에 대한 체계적인 보존관리가 반드시 필요한 상태이다. 표면의 풍화로 인해 색상변화에 민감하므로 국내외 테라코타의 강화처리 시 적용되는 강화제를 선정하여 예비실험 결과를 바탕으로 3wt% 이하의 고착제로 작품을 강화시켰다. 다만 이 결과는 한정된 처리제에 대한 비교결과이므로 향후 안정성이 입증되는 다양한 처리제의 개발과 함께 강화처리 효과에 관한 지속적인 연구가 요구된다.

REFERENCE

- Kim, H.A. and Seo K.S., 2013, A Historical Study on the Terra–Cotta of Korea, China, and Japan, Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art, 14(1), 177~189. (in Korean with English abstract)
- Jung, J.N., 2003, A study of terra–cotta: Arounding works in personal, M.S dissertation, Kyungsung University, Korea. (in Korean with English abstract)
- Gannaartgallery, 2003, KWON JIN–KYU, 100.
- Jessica A.S., 1996, Repair of Damaged Glazed Terra Cotta Surfaces: A Comparative Study of Remedial Coatings for Their Effectiveness on Areas of Glaze Loss in Temperate Maritime Weathering Conditions, University of Pennsylvania
- South Florida Art Conservation, 2016, Terracotta Restoration:Triglav, <http://www.sflac.net/>
- National Museums Liverpool, 2016, conservation of a terracotta sculpture, <http://www.liverpoolmuseums.org.uk/>
- Tomas, H., Michaela, S., Pavel, S., Ivana, P., Petr, S., and Tereza, S., 2009, Reinforcement of the terracotta sculpture by geopolymers compositie, Materials & Design, 30, 3229~3234
- Simona, C. and Andrew. W., 'Hatching a Theory of Attribution:A 15th–Century Madonna and Child at the National Gallery of Art, Interim Meeting of the ICOM–CC Working Group, 2010.
- Brian, A, E., Edward, G, B., Harvey, M, E., Vucelick, B, W., and Rebecca, 2001, Forensic Science Communications, Portable Raman Spectroscopy Systems for Field Analysis
- Lucia, A., Elisabetta, S. Marco C., Matteo, Fabbri, A and Robert S., 2013, Journal of Cultural Heritage innovative uses of 3d digital technologies to assist the restoration of a fragmented terracotta statue, 14, 332~345.
- Lew, N.I., 2011, Study on Kwon, Jin–gyu's Terra–Cotta, Journal of leeum, samsung museum of art, 6, 92. (in Korean with English abstract)
- Monthlyart, 1999, Art terms, monthlyart, 321.

양투완 부르델 '이렌 밀레' 초상 시리즈 관찰 및 연구

한지혜

프랑스 투르 에꼴 데 보자르 조각품 보존 복원과

Study and Observation of Antoine Bourdelle's Portrait Series of Irène Millett

Han Jeehae

*Conservation-Restauration des œuvres sculptées, École supérieure des beaux-arts de
Tours-Angers-Le Mans, Site de Tours*

초록 프랑스의 대표적인 조각가 에밀 앙투완 부르델 Émile Antoine Bourdelle(1861~1929)은 오늘날 우리에게 건축적, 개념비적인 조각 혹은 신화를 주제로 한 조각들로 잘 알려져 있다. 하지만 작가의 경력에 있어 초상조각 또한 특별한 위치를 차지한다. 1900년대에 제작된 아폴론의 머리를 비롯하여 평생에 걸쳐 제작한 80여 점에 이르는 베토벤 초상 시리즈를 대표적인 예로 들 수 있다. 부르델이 제작한 모든 초상조각 중, 1916년부터 시행된 Irène Millett 작품이 특히 의미 있는 이유는 이 시리즈에서 다른 초상에서 보여진 다양한 외관형태 구성연구를 엿볼 수 있었고, 또 한편으로 부르델 작품에서 흔히 볼 수 없는 다양한 채색 사용을 찾아볼 수 있었다. 이 시리즈 총 여섯 점을 관찰하고 연구함으로써 작품들의 연대를 다시 재정비하며 작가의 색채연구 발전 과정을 살펴보도록 한다.

중심어 : 양투완 부르델, Irène Millett, 채색 석고, 채색 테라코타

Abstract Émile Antoine Bourdelle(1861~1929), France representative sculptor is well known today for his architectural and monumental works or myth themed sculptures. However portrait sculpture is also special to his career. Apollo's Head made in 1900s and 80 pieces of Beethoven portrait series made through all his life are the examples. The reason why Irène since 1916 among Bourdelle's portrait sculptures is particularly special is that it reflects the diverse exterior form composition studies shown in other portraits in this series, meanwhile the diverse colors rare in other Bourdelle's are found. By looking into and studying these six pieces of the series, we examine the developing process of the sculptor's coloring study as we rearrange the chronicle of his works.

Keyword : Émile Antoine Bourdelle, Irène Millett, polychromed plaster, polychromed terra cotta

접수 2017. 1. 6. / 심사종료 2017. 1. 23. / 게재승인 2017. 1. 24.

1. 서 론

부르델의 작품 중에는 총 여섯 점의 Irène Millett 초상이 존재한다. 그중 다섯 작품은 현재 파리 부르델미술관, 그리고 나머지 하나는 뉴욕 메트로폴리탄 미술관에서 소장하고 있다. 이 흥상 시리즈는 총 세 점의 석고, 한 점의 테라코타, 한 점의 빠뜨 드 베르 *pâte de verre*(유리공예기법. 4.3. 빠뜨 드 베르 내용참고) 그리고 한 점의 브론즈로 이루어져 있으며, 그 가운데 네 점이 채색되어 있는 작품으로 두 점의 채색 석고, 한 점의 채색 테라코타 그리고 한 점의 채색 빠뜨 드 베르로 구성되어 있다.

이 시대에 석고 또는 점토 모델은 종종 작가 창작과정의 중간단계로 고려되어 왔다. 반면 부르델의 Irène Millett 여인 시리즈는 다양한 채색 흔적으로 미루어 보아 단순한 창작 중간 과정에서 그치지 않고 한 발 더 나아간 작품들로 볼 수 있다. 더불어 이 작품들에서 지금껏 우리에게 알려져 왔던 부르델 작업에서와는 조금 이례적인 다양한 채색기법을 여러 재질 위에 사용한 흔적을 발견할 수 있다. 이 시리즈는 브론즈(작가 사망 후 제작됨)와 석고주조 모델 두 점을 제외한 모든 작품이 채색되어 있다. 이로 미루어 볼 때 이 작품들은 처음부터 작가의 색채연구를 대상으로 제작되었다고 짐작해 볼 수 있다.

본 연구는 부르델미술관에서 의뢰받은 세 점의 Irène Millett 흥상 보존처리 전 선행연구로 시행되었다. 다음 장에 소개될 세 작품의 보존처리를 위하여 이 시리즈를 이루고 있는 여섯 작품 모두의 관찰과 연구를 동시에 수행하였다. 여섯 점의 연구는 작품의 관찰과 비교분석 그리고 아카이브를 바탕으로 진행될 것이며, 이를 통하여 Irène Millett 시리즈에 시행된 부르델 색채 및 구성연구 발전과정을 보다 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

2. 미술사적 배경

이 시리즈 작품은 Stephan Millett의 처 Irène Millett(본명 Irène Marc Neal)를 주제로 하고 있다(Figure 1). 이 여인에 관한 자료는 많이 존재하지 않지만 1920년대 작가와 주고 받은 여러 장의 편지로 미루어 볼 때 두 사람의 친분관계를 짐작해 볼 수 있다. 하지만 언제 어떻게 어떤 장소에서 두 사람이 처음 만났는지 그리고 Irène Millett 초상작품의 의뢰에 관한 어떤 정보도 알려지지 않았다. 부르델미술관 아카이브를 통해 그녀에 관하여 얻어낼 수 있었던 유일한 정보는 그녀가 뉴욕에 살았으며, 부유한 상속가 집안 출신이었다는 것, 그리고 부르델 작품을 비롯하여 여러 예술 작품을 수집하였다는 것이다.

작가의 크로키(Figure 2)가 증명하듯 부르델은 이 초상화 제작에 있어서 특별히 채색과정에 구체적인 계획을 가지고 작업한 것으로 추정된다. 총 여섯 작품을 관찰한 후, 실제 네 개

의 채색초상에서 같은 색상계열을 사용한 것을 발견할 수 있다. 머리카락은 황갈색, 눈, 드레스, 목걸이 그리고 귀걸이는 푸른색, 월계수관은 녹색, 입술과 볼은 빨간색으로 채색이 되어 있다. 또한 모든 작품을 비교해 볼 때 세부묘사에서도 공통점을 보였는데, 예를 들면 땋아올린 머리 부분에 황갈색 봇터치나 얼굴에 섬세한 분홍색 봇터치 등이 흥상마다 재현되어 있는 것을 발견하였다.



Figure 1. Photo of Irène Millet taken by photographer André Taponier, No. MBPH.2013.



Figure 2. Bourdelle croquis, A pencil and watercolor on paper, No. MBD.3517.

3. 여섯 점의 초상설명

3.1. 보존처리 의뢰된 세 점

아래 세 작품은 파리 부르델미술관으로부터 의뢰 받아 관찰, 연구 그리고 보존처리가 시행되었다. 모든 작업은 프랑스 투르 국립고등미술학교(*École supérieure des beaux-arts de Tours*) 아틀리에에서 이루어졌다.



Figure 3. polychromed plaster, No. MB PL 3581.



Figure 4. polychromed terracotta, No. MB TE 3583.



Figure 5. Plaster, No. MB PL 3582.

3.2. Irène Millett 시리즈에 포함되는 나머지 세 점

– 메트로폴리탄의 채색 석고 n°66.42

이 작품은 현재 뉴욕 메트로폴리탄 미술관에 소장되어 있는 연유로 현장에서 연구되지는 못하였다. 작품에 관한 모든 정보는 메트로폴리탄 큐레이터 Denise Allen(Curator, European Sculpture and Decorative Arts, The Metropolitan Museum of Art)를 통하여 취득하였으며, 컬렉션 매니저 Denny Stone(Senior Collections Manager, European Sculpture and Decorative Arts, The Metropolitan Museum of Art)를 통해 받은 다수의 세부사진을 통하여 조사하였다.



Figure 6, Antoine Bourdelle, Irène Millett, polychromed plaster, No. 66.42, 1923, 50×39.5×30cm, Metropolitan Museum, New-York ©MMA. URL www.metmuseum.org.

– 빠뜨 드 베르 Pâte de verre MB PL 2111

Irène Millett 시리즈 중 현재 유일하게 파리 부르델미술관에 전시되어 있는 작품이다. 작품의 연구와 사진촬영은 부르델미술관의 전시장에서 여러 차례에 걸쳐 시행하였다.



Figure 7. Antoine Bourdelle, Jean Cros, Irène Millett, pâte de verre, No. MB PL 2111, 1920's, 29.5×49cm (좌대 포함), Musée Bourdelle, Paris.

– 브론즈 MB BR 1508

이 흉상은 작가 사망 3년 후, 주조사 Alexis Rudier에 의해 1932년에 만들어진 작품이다. 현재 부르델미술관 수장고에 보관되어 있으며, 작품에 관한 모든 연구 및 사진촬영은 현장에서 이루어졌다.



Figure 8. Antoine Bourdelle, Irène Millett, bronze, No. MB BR 1508, 1932, 50×39.5×30cm, Musée Bourdelle, Paris.



Figure 9. Traces of use of various tools found in works of art.



Figure 10. An autograph "EMILE-ANTOINE BOURDELLE 1916 PARIS" on the back of the work and soil marks pressed around it.

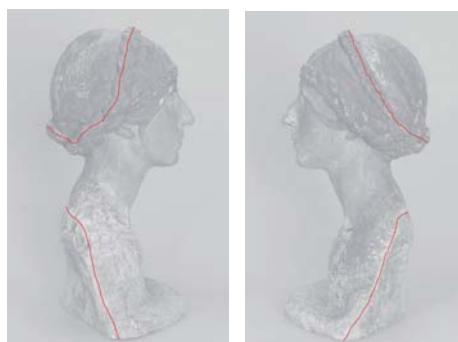


Figure 11. Two seams left in the plaster mold process.



Figure 12. Plaster residues found in grooves.



Figure 13. Traces of chisel left on mold removal.



Figure 14. Multiple knife marks.

4. 각 초상 개별연구와 연보제안

4.1. 채색 석고 MB PL 3581



위 작품은 석고주형 기법을 통하여 만들어진 오리지널 석고(작가에 의해 직접 만들어진 점토를 주형으로 제작된 유일한 석고임을 일컫는다.)일 것으로 추측된다. 이 흉상은 1916년에 제작되었으며, 이를 증명하는 작가의 사인이 작품 좌측하단 뒷면에 기입되어 있다. 이 작업은 먼저 점토를 이용한 모델링(소조)이 이루어지는데, 석고주형 시 석고 틀을 여는 과정에서 점토가 제거되기 때문에 이 점토는 현재 남아 있지 않다.

4.1.1. 모델링

부르델은 먼저 이 작품 제작을 위해 진흙을 사용하여 모델링을 하였다. 작품 곳곳에서 발견되는 다양한 소조용 도구 자국(Figure 9) 그리고 마르지 않은 점토 위에 새겨진 사인과 흙의 밀린 자국 등 패인 형태(Figure 10)를 볼 때, 이는 명백히 석고에 재현된 점토 작업임을 알 수 있다.

4.1.2. 석고주형 및 탈형

위의 모델링 작품은 석고주형(주조기법 중 하나로 작품의 탈형을 위해서 주형을 파괴해야 하는 기법이다(BAUDRY, 1990).)으로 주조되었는데, 두 개의 뚜렷한 접합선이 (하나는 위쪽의 땋아진 머리 위에, 그리고 다른 하나는 어깨 뒷부분에서 발견) 이를 증명한다(Figure 11). 더불어 석고주형임을 확신할 수 있는 또 하나의 증거는 석고 잔여물인데, 이것은 주로 석고주형을 제거하는 과정에서 종종 작품의 패인 곳에 석고가 남게 되는 현상이다(Figure 12). 얼굴부분에서는 어떠한 접합선도 보이지 않았으며, 주형 제거 시 남았을 것으로 추정되는 몇몇의 끝 흔적이 발견되었다(Figure 13). 작품의 내부는 비어 있고 식물섬유로 보강이 되어 있으며 그 외에 다른 지지대는 없었다.

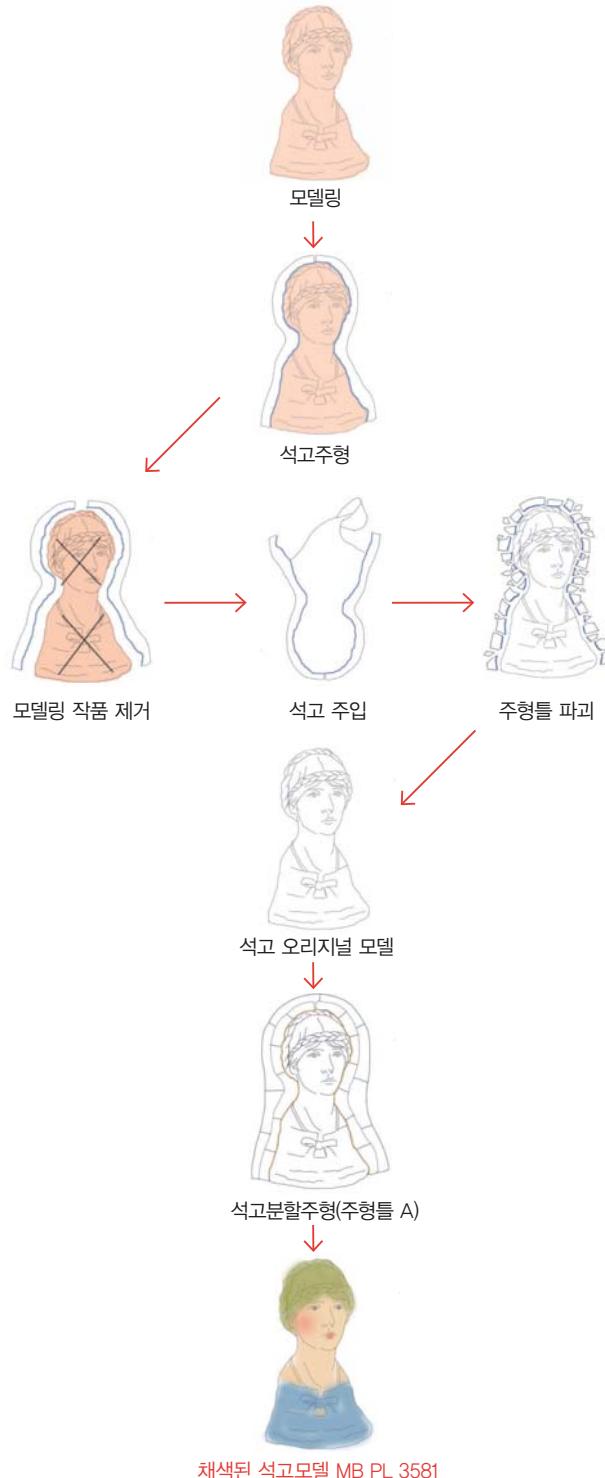
4.1.3. 석고분할주형 모형제작

이 오리지널 석고는 의심할 여지없이 석고분할주형(석고분할주형은 다수의 석고작품을 만들어 낼 수 있는, 재사용 가능한 주형기법이다(BAUDRY, 1990).) 모형제작에 쓰였을 것으로 생각된다. 이는 작가가 Irène Millett 시리즈를 제작하면서 수정 및 개선 할 사항 등을 관찰하며 작품의 더 심오한 연구를 하기 위함이었던 것으로 추측된다. 실제 이 작품에서 석고분할주형 제작의 증거에 부합하는 다수의 나이프 자국이 발견되었다(Figure 14).

4.1.4. 채색

작품 전면은 채색되어 있다. 피부색은 황토색, 머리카락은 황갈색, 땋은 머리 부분은 적갈색, 눈은 푸른색, 눈썹, 옷, 목걸이, 귀걸이 그리고 드레스 리본은 푸른 회색으로 표현되었다. 또한 소량의 붉은 터치가 볼 부분과 입술에 부분적으로 관찰된다. 대부분의 색상은 광택이 없지만 목과 땋은 머리 주변에서 미세한 광택이 발견되었다.

– polychromed plaster model MB PL 3581 –



채색된 석고모델 MB PL 3581

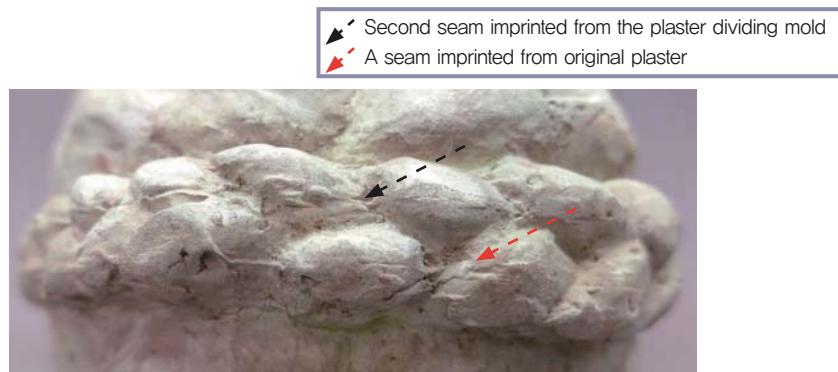


Figure 15. Two seams that lie side by side on the braided hair.

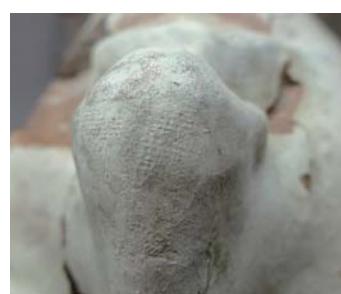
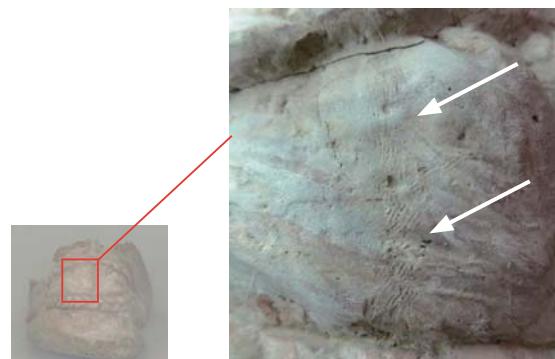


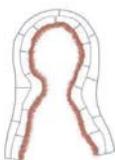
Figure 18. Marks of fabric around the nose.

4.2. 채색 테라코타 MB TE 3583



이 작품은 채색 테라코타이며, 앞서 채색 석고와는 다른 형태를 띠는 것을 발견할 수 있다. 채색 석고는 완전한 환조 형태인 반면, 테라코타는 뒷면이 편평해진 부조의 형태로 바뀐 것으로 보아, 작품제작 시 여러 번 수정이 이루어진 것을 짐작해 볼 수 있다. 부르델은 위의 홍상을 얻기 위해 두 가지 단계를 거친 것으로 추측된다.

4.2.1. 에스땅빠주 Estampage



우선 점토를 이용한 에스땅빠주 estampage 기법(점토를 주형틀 안에 눌러 찍어내어 작품을 만들어 내는 기법이다)이 석고분할주형틀(주형틀 A) 안에 이루어졌을 것으로 생각된다. 이 추측을 확신하게 해주는 여러 요소들이 있는데 가장 먼저 두 종류의 이음선을 들 수 있다. 첫 번째는 채색 석고 MB PL 3581의 땋아진 머리 상부에서 발견되었던 이음선이 주형과정을 거치며 재현된 것이다. 그리고 이 첫 번째 이음선 옆에 나란히 위치하고 있는 두 번째 이음선을 발견할 수 있는데 이는 에스땅빠주 과정 중 석고분할주형(주형틀 A)에서 찍힌 것으로 볼 수 있다(Figure 15). 더불어 채색 석고 MB PL 3581에서 몇몇의 패인자국이 발견되었는데 이는 분할주형 제작과정에서 남겨진 것으로 추정되며, 이 자국은 테라코타 MB TE 3583의 같은 위치에서 돌출된 자국으로 나타나 있어 명백한 에스땅빠주의 증거가 될 수 있다(Figure 16).

4.2.2. 형태변형



부르델이 찍어낸 점토흉상 위에 몇 가지 요소들을 덧붙이고 수정하여 작품을 완성시켜 나갔을 것으로 추정된다.

리모델링을 거쳐 수정된 요소들은 다음과 같다.

- 흉상 하단부분까지 이어지는 월계수관이 추가되었고,
- 이전에 묶여 있던 우측상부의 땅은 머리 부분이 목선을 따라 연장되었으며,
- 우측 구레나룻이 제거되었고,
- 뒷면이 편평해졌다.



이로서 찍어내고 리모델링을 거친 이 작품을 하이브리드 모델(에스蛩빠주를 바탕으로 다시 리모델링된 작품)이라고 칭한다. 이 작품은 갈퀴형 스파툴라로 다듬어졌는데, 이는 아마도 분할주형틀(주형틀 A) 안에서 찍힌 이음선을 제거하기 위함이었을 것이다(Figure 17).

4.2.3. 분할주형(주형틀 B)



위의 하이브리드 모델은 Irene Millett 흉상의 모델 증가를 위해 다시 분할주형되었을 것으로 추측된다.

주형틀 B



Figure 19, Soil pressed with fingerprints.

| | | 머리 가락과 땅은 머리 | 월계수관 | ドレス | 목걸이 | 귀걸이 |
|-------------|------|--|---------------|--------------------|---------|---------------------|
| 오리지날 물감층 | 터치 | 회색빛 분홍색(베이지색) 황토빛 주황색(노란색) 흰색빛 노란색 | 흰색빛 과란색 녹색 | 흰색빛 과란색 녹색빛 과란색 | 과란색 | 불투명한 과란색 불투명한 흰색 |
| | 하증계열 | 베이지색 하증 위에 흰색하증 | 부분적인 베이지색 하증 | 베이지색 하증 | 베이지색 하증 | 베이지색 하증 |

Figure 20. A cross section of the paint layer of hair and decorated part.

| | | 눈썹 | 눈 | 입술 | 피부 |
|-------------|------|---------|---------------------|-------|------------|
| 오리지날 물감층 | 터치 | 회색빛 과란색 | 불투명한 과란색 불투명한 흰색 | 붉은색 | 부분적인 붉은 터치 |
| | 하증계열 | 흰색 하증 | 흰색 하증 | 흰색 하증 | 흰색 하증 |

Figure 21. A cross section of the paint layer of the skin colored part.

4.2.4. 테라코타 MB TE 3583 제작

테라코타 MB TE 3583은 분할주형틀 B에서 에스땅빠주 된 작품일 것이다. 그리고 이 경우 하이브리드 모델은 오늘날 존재하지 않는다. 실제 부르델은 작업 과정에서 수 많은 점토 모델들을 제거하는 습관을 가지고 있었다고 한다. 더불어 현재 위 작품에서 어떤 이음선 자국도 발견되지 않는 것으로 보아 작가는 에스땅빠주 후 분할주형 시 남겨진 이음선들을 제거한 것으로 추측된다. 게다가 눈 주위와 같이 거칠었던 부분을 손으로 매끈하게 다듬은 흔적도 볼 수 있다. 코 부분이나 땅은 머리 군데군데에는 천 조직의 자국도 찾아볼 수 있는데, 이는 점토 작업 시 견조를 막기 위해 젖은 수건 등으로 감싸 놓았던 것으로 추측해 볼 수 있다(Figure 18). 테라코타 MB TE 3583은 에스땅빠주의 전형적인 특징들을 나타낸다. 작품 내부에서 발견되는 점토의 눌림 흔적, 지문자국(Figure 19) 그리고 약 1.5cm에 해당하는 작품내벽의 균일한 두께 등을 들 수 있다.

4.2.5. 소성 전 화장토와 채색

작품 전체는 크게 볼 때 총 네 가지 색으로 채색되어 있다. 흰색이 전체적으로 분포되어 있고, 눈, 목걸이, 귀걸이, 드레스는 파란색, 월계수관은 녹색 그리고 입술과 볼 부분은 붉은색으로 채색되어 있다. 여러 흔적으로 보아 모든 색채는 붓으로 칠하여진 것으로 추정해 볼 수 있다. 현미경 관찰 시, 색채가 크게 두 단계로 적용된 것을 발견하였

다. 첫 단계는 머리카락과 장식에 쓰인 베이지색의 하층계열(Figure 20)과 피부색에 쓰인 흰색의 하층계열(Figure 21)로 구성된다. 이 하층 색들은 모든 표면에 균일하게 분포되어 있다. 두 번째 단계는 부분적으로 칠해져 있는 채색 터치로 볼 수 있다. 이 색채 층은 곳에 따라 두께와 투명도가 다양하고 전체적으로 광택이 없다.

이 작품을 위해 부르델은 점토 위에 수많은 채색시도를 시행하며 색채연구에 몰두했다. 부르델미술관 아카이브를 통하여, 이 연구를 위해 세라믹장인 장 크로 Jean Cros와 협력 작업을 한 것을 알 수 있었다. 장 크로와의 편지에 따르면, 부르델은 테라코타 MB TE 3583을 위해 세 가지 색채(파랑색, 흰색, 붉은색)의 화장토를 사용하고자 하는 의도를 나타내었다. ‘나는 파랑색, 흰색, 붉은색 이 세 가지 계열을 이용한 화장토로 테라코타를 만들겠소. 당신은 타나그라(기원전 3~4세기경 그리스에서 만들기 시작한 작은 테라코타 조각으로 주로 채색되어 있으며 어린아이나 여자를 표현한다.)와 그들의 색조를 보았소. 가장 나은 방법은 당신이 가능할 만한 모든 색조를 소지하는 것이오. 내가 그것들을 매수할 수 있게 (돈을) 주리다.’(Paris, M.B., Corr. Bourdelle, lettre de Jean Cros du 11 août 1919)

4.2.6. 소성과 소성사고

오늘날 이 테라코타 작품에서 수많은 균열을 찾아볼 수 있다. 주로 흉상 하단 부 원피스부분의 균열과 박락을 비롯하여 원쪽 볼 부분에 큰 파편의 박락이 발견된다(Figure 22). 부르델미술관 아카이브 연구를 통하여 위의 손상이 소성 시 발생한 것으로 확인되었고 에밀 줄리아 Émile Julia의 서신이 이를 뒷받침한다.

이 작품은 조각이 났지만 –크로에게 전한 내 의견에 따르면– 이것은 복구될 수 있소. 그리고 크로는 그것을 시행할 것이오. 그가 파편들을 다시 붙일 것이고 그로 인해 당신은 흥미로운 것을 얻을 수 있을 것이오. (...) 만약 가마에서 나온 잔해 중 꽤나 큰 볼의 파편을 찾는다면 좋았을 것인데 매우 안타깝소. (...) (Paris, M.B., Corr. Bourdelle, lettre de Jean Cros du 11 août 1919)

오늘날 이 소성사고의 원인에 대한 어떤 자료도 남아 있지 않다. 아마도 진흙 건조 조건의 오류 또는 소성 시 온도의 급격한 상승 혹은 소성 후 빠른 온도 하강 등을 추측해 볼 수 있다. 더불어 에스땅빠주 시행 과정의 문제도 생각해 볼 수 있는데, 이는 균열과 파편 형성을 결정짓는 중요한 사항이기 때문이다. 에스땅빠주 시 틀 안에서의 진흙의 일정하고 균등한 누름, 진흙 사이에 공기층 제거 등을 소성 후 결과물의 질을 결정

짓는다. 오늘날 테라코타 MB TE 3583 작품 관찰 결과 박락부위에서 여러 층의 진흙 누름의 흔적이 발견되었고 진흙 층간의 빈틈이 다수 발견되었다(Figure 23). 이는 에스 땅빠주 시 진흙의 불완전한 누름의 결과로 볼 수 있다. 이로 미루어 볼 때 작품의 에스 땅빠주 작업이 조금 성급하게 시행됐음을 짐작해 볼 수 있고, 이는 소성 시 균열과 박락을 일으킨 중요한 원인 중 하나로 볼 수 있을 것이다. 소성 후 작품 전체의 크기는 눈에 띄게 감소하였다.



Figure 22. Cracks and exfoliation around clothing and on the left cheek.

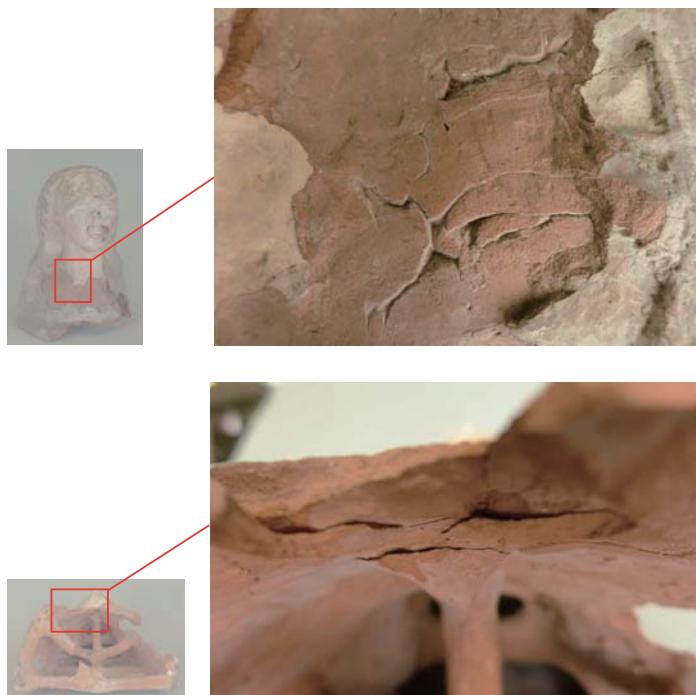


Figure 23. Empty spaces between the mud layers left during estampage.



Figure 24. Two types of seams that lie side by side on the braided hair of a terracotta work reproduced in *pâte de verre*.

Second seam imprinted from the plaster dividing mold
A seam imprinted from original plaster



Figure 25. Traces of the same rake-shaped spatula that were observed in terracotta works.

4.3. 빠뜨 드 베르 pâte de verre MB PL 2111

이 작품은 빠뜨 드 베르 *pâte de verre*(각종 색채 유리의 가루를 틀 속에서 혼합하고 소성시켜 만드는 유리공예 기법)로 만들어졌다. 다른 흥상들과는 달리 이 작품은 두상 형태를 띠고 있으며 뒷면은 평평하며 벽돌로 된 좌대에 고정되어 있다. 이 빠뜨 드 베르 작품은 테라코타 작품과 더불어 세라믹장인 장 크로 Jean Cros와 협력작업을 통해 제작되었다.

빠뜨 드 베르 MB PL 2111 두상은 아마도 분할주형틀(주형틀 B)을 거쳐 제작된 것으로 추정된다. 이는 두상 관찰 시 테라코타에서 발견되었던 다수의 이음선 자국 및 도구 흔적들과 일치하기 때문이다. 먼저 테라코타에서 관찰되었던 상부의 땋아진 머리에 나란히 위치한 두 종류의 이음선이 동일하게 발견되었고(Figure 24), 리모델링 과정에서 점토 위에 남은 스파틀라 자국 또한 이 빠뜨 드 베르 두상에서 찾아볼 수 있었다(Figure 25).

4.3.1. 실행

빠뜨 드 베르 제작은 오늘날 정확하게 정의된 기술이 아니다. 장인마다 이 재질을 사용하여 작업하는 방식에 큰 차이가 있었으며, 각자의 작업비밀은 항상 조심스럽게 지켜져 왔다. 이처럼 장 크로 역시 아버지인 앙리 크로 Henry Cros의 제작 비법을 전수받았고 이를 평생 동안 충실히 지켜왔다. 따라서 오늘날 장 크로가 Irène Millett 두상 제작에 있어서 사용된 기술 및 과정에 관한 어떤 정보도 찾을 수가 없다. 우리는 작품의 세부적 관찰과 아카이브를 통하여 다음과 같은 추론을 제시하고자 한다.

4.3.2. 빠뜨 드 베르 기술 정의

세라믹과 유리제품 'La Céramique et la verrerie'의 저자 René Chavance는 빠뜨 드 베르 제작에 관하여 몇 가지 단계를 제시하였다.

빠뜨 드 베르는 세라믹점토처럼 우선 저온 제조 작업을 거친다. 유리가루로 만들고, 점착성의 물질들을 첨가(장인의 비법에 따라 다양해짐)하여 가소성이 있게 만들어 준다. 이것들을 내열성이 강한 흙으로 된 주형틀 안에 바른다. 그 후 가마에서 소성하게 되는데, 이때 적절히 강한 열을 주어 유리점토가 녹을 정도여야 하지만 동시에 채색된 부분이 다 녹아서 섞여버리지 않을 정도의 온도여야 한다(CHAVANCE, 1928).

4.3.3. 주형틀 제작 예상

내열성이 높은 주형틀을 얻기 위해서 밀랍으로 된 모델을 사용하여 분할주형틀(주형틀B)을 만든 것으로 추측된다. 먼저 이 주형틀 안에 액체의 밀랍을 부은 후, 밀랍이 차갑게 굳으면 틀에서 빼냈을 것이다. 그리고 이 밀랍모델은 내열성 높은 주형틀을 제작의 기본이 된다.

1917년 7월 28일 부르델에게 보낸 크로Cros의 편지에 따르면, 크로는 이 두상작품을 위해 두 개의 주형틀을 준비한다고 말했다. 실제 크로는 머리 뒤부터 지지대의 돌출부분까지 열린 하나의 틀을 만들었다. 이 주형틀은 두 개의 부분으로 만들어졌으며 두 부분의 접합부는 목 부분에서 찾을 수 있다(Figure 26).

나는 굉장히 열심히 두 개의 주형틀을 연구하고 있소. 주형틀이 비누물 칠이 되어 있었을지언정 고생이 없지 않았소, 좋은 작품을 얻어내기 위해 수많은 시도를 해야만 했소. 이제서야 온전히 빠뜨 드 베르의 일만 남았소. 당신이 알다시피 이 일은 굉장히 어려운 일이오. 난 이것이 이렇도록 고된 일인지 상상도 못했소. 아마도 우리는 두 개의 틀에 접합부 선을 보게 될 것이오. 이 정도의 일을 시도하는 것은 나도 처음이오. 하지만 난 이번 일로 인해 많은 것을 배웠소: 아마도 목부분에 파열이 걱정이 되오. (...) (Paris, M.B., Corr. Bourdelle, lettre de Jean Cros du 28 juillet 1917)

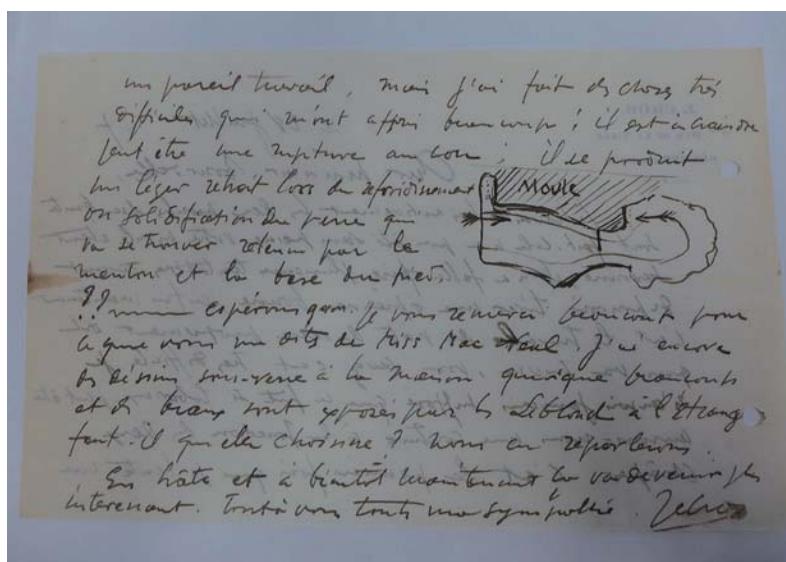


Figure 26. A part of Jean Cros's letter to Bourdelle on July 28, 1917.

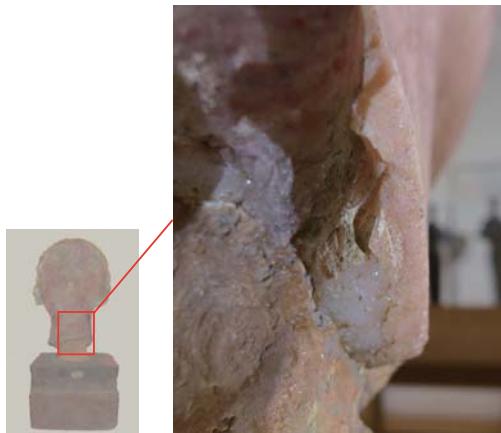


Figure 27. A cross-section of the neck where colors penetrated.

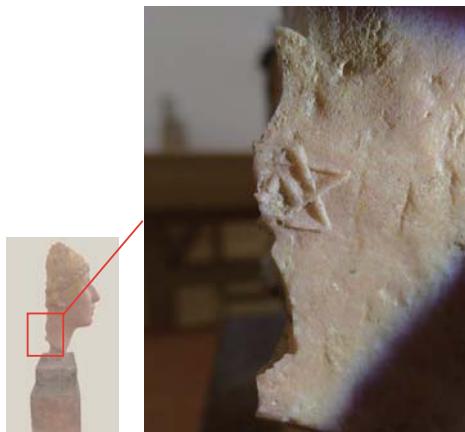


Figure 28. Bourdelle's monogram engraved in the material.



Figure 29. An autograph of Jean Cros carved on the back of the work.

반면, 오늘날 우리는 MB PL 2111의 두상 상부-머리와 목-이 벽돌 지지대 위에 고정된 것을 볼 수 있다. 목 아랫부분 단면의 색채가 유리반죽 안에 스며들어 있는 것으로 보아(Figure 27) 이는 명백히 목 부분의 절단면이라고 볼 수 없다는 것을 의미한다. 결론적으로 MB PL 2111 두상은 위의 서신 속 데생과는 다르게 머리부터 목까지 하나의 주형틀에서 나왔다고 추측해 볼 수 있다. 위의 편지에서 계획된 틀은 아마도 첫 번째 시도였을 것이다. 오늘날 존재하는 MB PL 2111 두상은 첫 번째 주조 실패 후 시행된 두 번째 시도인 것으로 보이며, 1917년 9월 부르델이 크로에게 보낸 편지가 이를

증명한다: ‘내가 이 두상을 새로 만들었소. 이번에는 당신이 쉽게 가마에 구울 수 있을 것이오. (...)’ 새로운 주형틀은 가마에서 일어날 수 있는 균열이나 파열 등을 최대한 방지하기 위해 머리부터 목까지 하나의 틀로 이루어졌을 것으로 추정해 볼 수 있다.

4.3.4. 주형틀 채우기

주형틀 제작 후, 채색된 유리가루(금속산화물 첨가)가 바인더와 함께 섞인다. 이 혼합물은 주형틀 안에 얇은 층으로 저온상태에서 발라진다. Noël Daum에 의하면 장인들이 여러 물질들을 조심스럽게 표면에 고정시키기 위하여 굽은 붓을 사용했다고 기술한다(DAUM, 1984). 이 작업은 작품 표면을 결정짓는 작업이기 때문에 신중하게 이루어진다. 유리가루와 바인더가 올라간 후, 분쇄된 빠뜨 드 베르를 이용하여 주형틀을 채워간다.

4.3.5. 소성

빠뜨 드 베르는 유리와 동일한 화학구조를 띠지만 분쇄된 유리는 $1,000^{\circ}\text{C}$ 보다 월등히 낮은 융해점을 가지고 있다. 가마의 온도는 유리점토 작품 제작을 위한 가장 중요한 요소인데, 온도가 충분히 높아야만 유리가루와 금속산화물, 바인더 등이 액화되며 혼합될 수 있지만 온도가 너무 높아지면 채색된 부분이 모두 녹아버려서 섞이게 될 수 있다. 오늘날 MB PL 2111 두상에서 모든 색상은 분명하게 표현되어 있으며, 각각의 색채의 경계가 뚜렷하게 관찰된다. 이로 볼 때 이 작품은 1000°C 보다 훨씬 낮은 온도 아마도 약 900°C 정도에서 소성되었을 것으로 추정해 볼 수 있다.





Figure 30. An autograph carved on the lower right of plaster work MB PL 3582.



Figure 31. An autograph carved on the bottom right of the metropolitan polychromed plaster Metropolitan Museum, New-York ©MMA.



Figure 32. Words written on the back of the plaster work MB PL 3582.



Figure 33. Words written on a blue background of metropolitan polychromed plaster Metropolitan Museum, New-York ©MMA.

4.4. 석고 MB PL 3582 / 메트로 폴리탄의 채색 석고 n°66.42

메트로폴리탄 미술관으로부터 받은 세부사진과 정보를 바탕으로 관찰 및 분석한 결과, 메트로폴리탄의 채색석고와 석고 MB PL 3582가 동일한 작품일 것으로 추측해 볼 수 있다. 이 두 석고작품은 리모델링된 하이브리드 모델로 얻어진 분할주형틀 B를 거쳐 제작된 것임이 확실해 보인다. 두 종류의 이음선, 다수의 동일한 도구 자국들 그리고 작품 하단 우측에서 발견되는 각인 사인 등은 앞서 테라코타 MB TE 3583에서 동일하게 발견된다(Figure 30, Figure 31). 반면에 이 두 석고작품에서 «Me IRENE STEPHEN MILLETT»라고 기입된 유일한 문구가 추가되었다(Figure 32, Figure 33). 메트로폴리탄 석고에서는 이 문구가 푸른색으로 채색되어 있으며 문구 우측 하단에 붉은색으로 작품번호 66.42가 기입되어 있다. 더불어 부르델의 모노그램인 «AB»가 작품 바닥면에 그려져 있음을 관찰할 수 있다.

4.4.1. 분할주형

석고 MB PL 3582와 메트로폴리탄의 채색 석고 n°66.42는 테라코타 MB TE 3583과 마찬가지로 분할주형틀 B에서 얻어진 것으로 볼 수 있다. 반면 오늘날 테라코타 MB TE 3583 작품과 석고 MB PL 3582 작품의 적지 않은 크기 차이를 발견할 수 있기 때문에 주조 시 리모델링된 진흙 하이브리드 모델의 건조(수축) 전 단계에서 분할주형 된 것으로 예상을 해볼 수 있다. 테라코타 작품의 규모는 높이 46.5cm, 너비 37cm, 깊이 23.5cm인 반면, 석고작품은 높이 49.6cm, 너비 39.5cm, 깊이 28cm로 약 7.6% 정도 축소되었다고 볼 수 있다.

4.4.2. 석고주입

석고 MB PL 3582는 아마도 엔프리메 *imprimé*(이) 작업은 열린 주형틀 안에 석고를 뿌리거나 붓으로 바르는 방법이다. 여러 겹의 석고 혹은 다른 물질 층이 쌓여가며 속이 빈 주조물을 얻을 수 있도록 하는 주조법이다(BAUDRY, 1990))나 볼레 *volée*(이는 주로 닫혀진 주형틀을 주조할 때 쓰이며 열려진 구멍 등으로 석고를 부어 주조하는 방법을 일컫는다(BAUDRY, 1990)) 둘 중 하나의 방법으로 얻어졌을 것이다. 일차적으로 석고를 입힌 후, 작품의 강도를 강화하기 위해 석고물에 혼합한 식물섬유가 발려졌다. 작품 내부는 석고 건조 전 톱니모양날을 가진 주걱으로 정리하였다. 메트로폴리탄의 흥상은 석고 주조 후, 석고를 이용하여 바닥면을 막고 이곳에 삼각형 모양의 세 개의 구멍을 뚫은 것으로 보인다(Figure 34). 이 부분의 메움은 또한 석고 MB PL 3582와의 높이 차이를 설명해준다. 바닥을 메움으로써 메트로폴리탄의 작품이 석고 MB PL 3582 보다 2.5cm 더 높아졌다.

같은 주형틀에서 얻어졌음에도 불구하고 두 작품이 동시대에 주조되었다고 단정할 수는 없는데, 이는 부르델이 실제 주형틀을 오랫동안 보관하는 습관이 있었기 때문이다. 오늘날 부르델미술관에 보관되어 있는 수많은 주형틀이 이를 뒷받침한다(부르델미술관 레지스트라 Jean-Philippe Manzano에 따르면 약 2,000여 개의 주형틀이 현재 부르델미술관 수장고에 보관되어 있다).

4.4.3. 표면처리

두 개의 석고작품은 다른 목적으로 만들어진 것으로 추정된다. 석고 MB PL 3582는 브론즈 주조 계획으로 마련된 것으로 볼 수 있다. 이 석고작품은 사형주조법을 이용해 브론즈 작품을 얻기 위한 주형틀 제작에 사용되었다. 이를 증명하는 여러 가지 요소가 있다. 첫째, 작품 표면에 노란색의 셀락 shellac(천연수지의 일종으로 인도와 타이에 많이 사는 깍지벌레인 락깍지벌레(Laccifer lacca)의 분비물에서 얻는다. 담황색 또는 황갈색이며, 얇은 판·입자·가루 등 여러 형태의 것이 있다. 출처: doopedia(두산백과))이 발려져 있는 것을 볼 수 있다. 둘째, 작품 내부에서 모래가 관찰되었다(Figure 35). 셋째, 다수의 패임 자국이 발견되었는데 이는 내열성이 강한 모래주형틀 제작 시 남겨진 나이프 자국으로 추정된다. 반면 메트로폴리탄의 작품은 처음부터 완성작으로 제작된 것으로 보인다. 이 작품은 매우 섬세한 채색이 돋보인다. 작품의 볼, 입술 그리고 코끝에 이르기까지 얇은 선홍빛으로 채색되어 있는 것을 발견할 수 있다.



Figure 34. Monogram «AB» of the artist observed on the underside and three triangular holes
Metropolitan Museum, New-York. ©MMA.



Figure 35. Sand found inside the work.

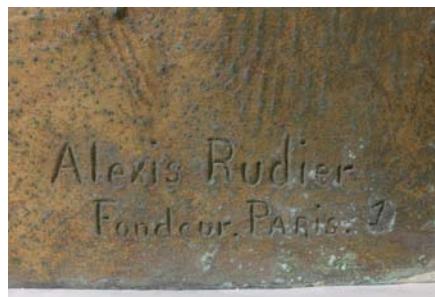


Figure 36. An autograph on the back of the bottom right.



Figure 37. Words written on the back of the Bronze MB BR 1508.



Figure 38. A constant thickness of the bronze of the bottom of the work.



Figure 39. Sand residues detected inside the work.

4.5. 브론즈 MB BR 1508

앞서 언급했듯이 브론즈 MB BR 1508은 석고 MB PL 3582로부터 얻어진 작품으로 보인다. 이 작품은 유일한 Irène Millett 브론즈 주조품으로 추정되며, 관찰을 통해 사형주조법을 사용하여 제작된 것으로 밝혀졌다. 이 브론즈 흉상은 주조사 Alexis Rudier에 의해 제작되었고, 이를 증명하는 그의 사인을 작품 우측하단에서 발견할 수 있다«Alexis Rudier Fondateur PARIS. 1»(Figure 36). 또한 이 작품은 유일하게 부르델 사망 3년 후인 1932년에 만들어진 작품으로 현재 부르델미술관에 보관된 주물공장 Rudier의 영수증이 이를 증명한다(Facture Rudier à Madame Bourdelle, troisième trimestre 1932, Paris, M. B., Arch.). 반면 이 작품이 부르델 생전에 제작이 예상되었는지 혹은 작가 사망 후 부르델의 처 Cléopâtre Bourdelle에 의해 이루어진 것인지 알 수 없다.

4.5.1. 사형주조법의 정의

사형주조법(Sand casting)은 사형틀 안에 액체상태의 합금을 부어서 작품을 만들어내는 방법을 일컫는다. 이 제작기술은 주로 표면이 매끈하거나 단순한 형태의 작품주조를 위해 사용되는 기법이다(LEBON, 2003). 사형주조법은 비교적 경제적이라는 이유로 종종 사용되며, 모래재질의 높은 내구력 덕분에 하나의 작품 또는 여러 점의 주조품을 찍어낼 수도 있는 장점을 가지고 있다.

4.5.2. 주조틀 제작

주조틀 제작은 단단한 재질로 만들어진(주로 석고, 금속 혹은 목재) 모델 주위를 모래를 사용하여 틀 안에 채워 눌러 만드는 것을 일컫는다. 이 사형틀 제작방법은 Marie-Thérèse Baudry에 의해서 정의되어 있다:

사형주조법은 석고 분할주조법처럼 주형조각들을 서로 조합하여 형성한다. 각각의 모래 주형조각들이 압축되어 조여지고 난 후, 이 조각들은 스파츌라를 이용하여 모델에서 분리된다. 그리고 주형조각들 단면끼리 붙는 것을 방지하기 위하여 단면에 탈크가 발려지고 나면 모래주형틀이 완성된다. 탈크 처리 후, 분리된 주형조각들을 원위치시키고 고정이 되면 첫 번째 틀로 덮인다. 이 틀을 모래로 채운 후 뒤집어 통풍구 제작을 위하여 모델을 주형틀에서 꺼낸다(BAUDRY, 1990). 석고 MB PL 3582에서 발견된 다수의 패인 흔적이 주조틀 제작 시 남겨진 자국과 일치하는데, 이는 틀 제작 시(작품 탈형 전) 매끈하고 일정한 모래주형조각들의 단면을 얻기 위해서 스파츌라를 이용하여 작

품 위에 그어졌기 때문이다. 따라서 우리는 사형틀이 셀락(shellac)칠이 된 석고 MB PL 3582 작품 위에서 만들어졌음을 짐작해 볼 수 있다.

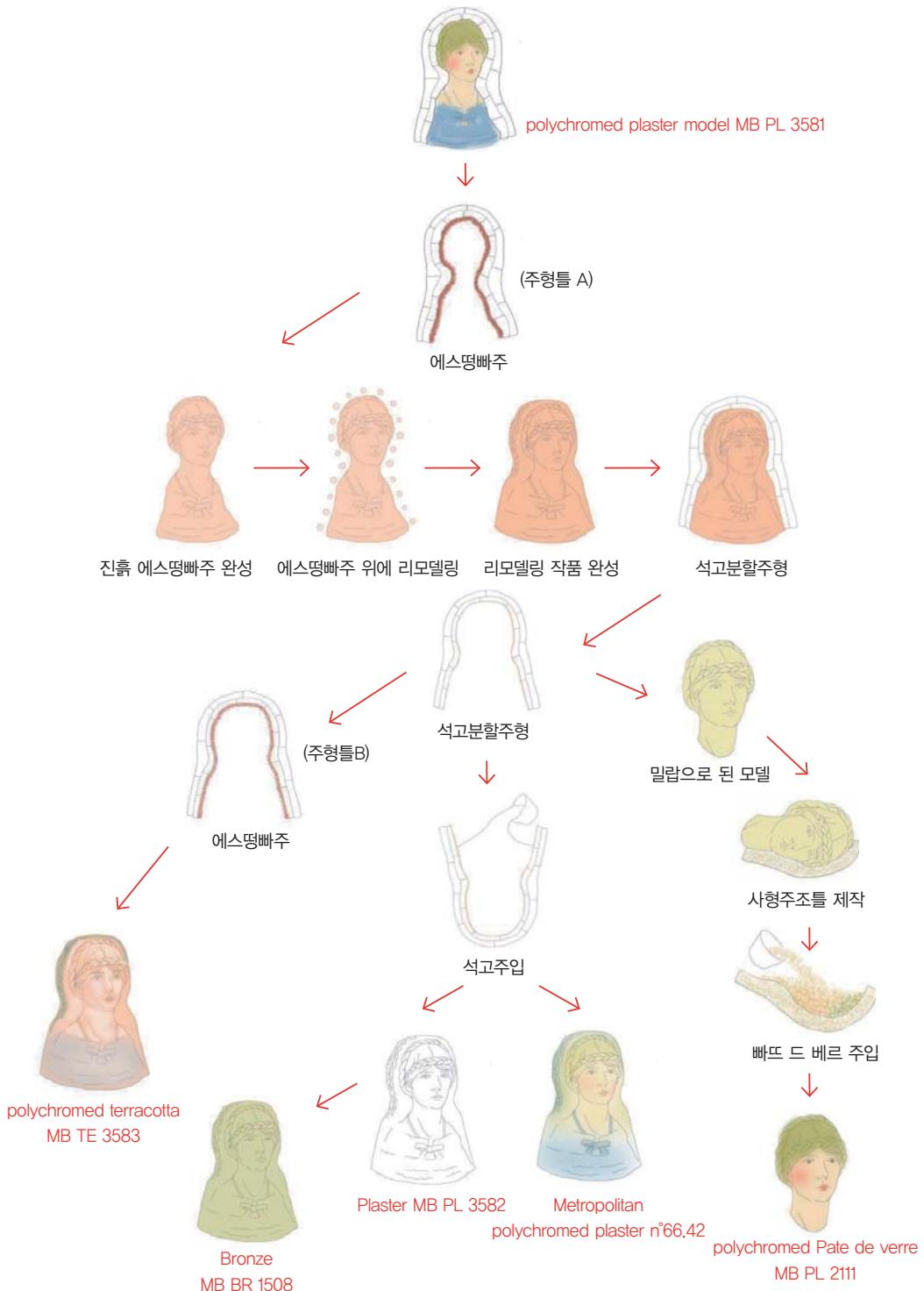
4.5.3. 중자 제작

모래로 된 중자(core)는 작품 내부 비워내기를 목적으로 만들어진다. 중자는 공동부나 구멍이 있는 주물을 만들고자 할 때에 이에 상당하는 부분의 용탕이 들어가지 않도록 주형에 삽입되는 부분을 일컫는다. 이 작업은 첫째는 브론즈 재료를 절약하기 위함이고, 둘째는 작품의 무게를 덜기 위함이다. 사형틀이 제작된 후, 틀이 건조되고 탈크처리가 되면 모래를 채워 모래주조품 하나를 만든다. 이 모래주조품은 탈형 후 표면이 약 5mm 정도로 균등하게 줄어들고, 이는 후에 곧 브론즈 두께와 일치하게 된다. 이때 작품 두께의 일정함은 주조사의 실력을 증명한다고 볼 수 있다(Figure 38).

4.5.4. 용해

마지막으로 브론즈는 사형틀과 중자 사이로 부어진다. 중자는 사형틀을 가로지르는 베티목을 이용하여 고정된다. 냉각 후, 브론즈 작품 탈형 시 사형틀과 중자는 분리되고 중심부의 잔여 모래는 석고 MB PL 3582에서 관찰하였듯 작품 내부에 남게 된다(Figure 39).

– IRÈNE MILLETT Total Series Lineage Estimation –



5. 결 론

작품 관찰, 자료수집 및 연구를 바탕으로 Irène Millett 초상시리즈를 살펴보았다. 이 작품들은 다양한 재질로 이루어진 복합적인 시리즈이다. 총 여섯 작품 중 석고, 테라코타, 빠뜨 드 베르 그리고 브론즈의 네 가지 재질을 관찰하였고, 총 네 개의 작품(테라코타 MB TE 3583, 빠뜨 드 베르 MB PL 2111 그리고 오리지널 석고 MB PL 3581와 메트로폴리탄 석고 n°66.42)이 채색되어 있었다. 또한 점토 모델링에서부터 에스팅빠주, 에스팅빠주 위에 리모델링, 주조, 분할주조 등에 이르기까지 다양한 조각 및 주조기술을 살펴볼 수 있었다.

더불어 세라믹장인 장 크로와의 협력 작업은 조각가 부르델에게는 생소하던 세라믹에 사용되는 채색기법까지도 관심을 불러일으키게 하였다. 점토 위에 화장토의 사용이나 주형틀 안에 색채 유리가루를 입히는 과정 등은 부르델이 경험해 본 적이 없었던 새로운 기술이었다. 이러한 작업을 위하여 장 크로와 부르델 사이에 오고 간 수많은 서신을 오늘날 부르델 미술관 아카이브를 통해 찾아볼 수 있었고, 이 생생한 역사적 흔적을 바탕으로 많은 추측들을 확인할 수 있었다. 더불어 위의 연구를 통하여 총 시리즈의 연보를 추정해볼 수 있고, 작가의 색채연구 발전과정을 살펴볼 수 있었다.

부르델에게 색채연구는 작가의 경력 후반기에 이르러 중대한 야망 중 하나였던 것으로 짐작된다. Pierre Descargues에 따르면, 사망 며칠 전 부르델은 색채 점토로 된 커다란 입상을 제작하기 위해 아틀리에를 준비하게 했다고 전술했고 사람들에게 이렇게 말하곤 했다고 전했다. ‘내 작품이 이제 시작될 것이다.’ 이 맥락에서 볼 때 작가 경력 후반기에 이르러 시행된 Irène Millett 시리즈 작업은 작가의 색채와 재질연구에 있어 대표적인 작품이라고 볼 수 있다.

REFERENCES

- Baudry, M.T., 1990, *La Sculpture, méthode et vocabulaire*, 3e éd., Paris, Imprimerie nationale.
- Birks, T., 2006, *L'art de la fonte de bronze : alchimie de la sculpture*, Paris, Eyrolles.
- Blondel, N., 2001, *Céramique, vocabulaire technique*, Paris, Monum, Éditions du patrimoine, coll. «Principes d'analyse scientifique».
- Berducou, M.C., 1990, *La Conservation en archéologie. Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques*, Paris, Masson.
- Bardin, C., 2000, *Daum : collection du Musée des beaux-arts de Nancy*, Paris, RMN.
- Bouquillon, A., Zucchiatti, A., Castaing, J., Katona, I., 2004, «Les Della Robbia : matière et transfiguration», *Terres cuites de la Renaissance*, Technè, n°20.
- Chavance, R., 1928, *La Céramique et la verrerie*, Paris, Rieder, coll. «L'Art français depuis vingt ans».
- Constant, C., Ogden, S., 2001, *Céramique : engobes & glaçures*, Paris, Eyrolles.
- Cuomo di caprio, N., 2007, *La ceramica in archeologia 2 : antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, Rome, L'Ema di Bretschneider.
- Daum, N., 1984, *La Pâte de verre*, Paris, Denoël.
- Delcroix, G., 2011~2012, *Les versants de la couleur*, Partie 1 et 2, polycopié du cours tenu à l'Esba TALM, site de Tours, novembre 2011 et février 2012.
- Delcroix, G., Pagnoux, M., *Matière à peindre, Dictionnaire technique et critique de la substance picturale, de l'œuvre peinte & de ses composants matériels et immatériels, à paraître*.
- Lebon, E., 2003, *Dictionnaire des fondeurs de bronze d'art*, Perth, Marjon.

- Lambercy, E., 1993, Les Matières premières céramiques et leurs transformations par le feu : Cours de technologie céramique, Genève, Paris, ARgile, coll. «Granit des dossiers d'ARgile».
- Marteau, P., 1993, Mémento roches et minéraux industriels—Gypse et anhydrite, BRGM Service Géologique National Département Géologie, Orléans.
- Mannouni, É., 1987, Les Pâtes de verre, Paris, Massin.
- Matthes, Wolf E., 2010, Émaux et glaçures céramiques : plus de 1100 formules, Paris, Eyrolles.
- Rhodes, D., 2006, Terres et glaçures. Les techniques de l'émaillage, Paris, Dessein & Tolra.
- Rama, J.P., 2003, Le Bronze d'art et ses techniques, Dourdan, H.Vial.
- Rautureau, M., Caillère, S., Hénin, S., 2004, Les argiles, 2e éd., Paris, Septima.
- Scemla, C., Colinart, S., 1997, «Engobes, patines et peintures sur quelques sculptures françaises : problèmes d'identification et de traitement», CoRé, conservation et restauration du patrimoine culturel, n° 3.
- Triat, J.M., 1994, Approche minéralogique des argiles, Argiles, Paris, Beaufour.
- Van Lith, J.P., 2000, La Céramique, dictionnaire encyclopédique, Paris, L'Amateur.
- Lajoix, A., Antoine-Émile Bourdelle et les arts du feu. Les aléas de la polychromie, Revue de la Société des Amis du Musée National de Céramique, Sèvres, N°9, 2000.

*출처가 따로 명시되지 않은 모든 사진은 이 논문의 저자에 의해 촬영된 사진임.

과학적 분석법을 이용한 신암채의 재질 특성 비교

김정흠¹, 박혜선, 임성진

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

Material Characteristic Comparison of Sin-am Pigments by Using Scientific Analytical method

Kim Jungheum¹, Park Hyesun, Lim Sungjin

Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and Contemporary
Art, Gwacheon, 13829, Korea

¹Corresponding Author: junghmi7@korea.kr, +82-2-2188-6326

초록 천연 무기안료는 안정성이 있는 재료로 근현대 미술작품에도 지속적으로 사용되고 있으나 그 양과 색이 한정되고 가격 또한 매우 고가라는 단점이 있어 현대에는 인공적으로 합성된 안료가 주로 사용된다. 신암채(新岩彩)는 발색성을 지닌 금속산화물과 유리질 분말을 배합하여 만든 합성안료로 입자크기에 따른 색상변화가 천연안료와 유사해 현대미술에 많이 사용되고 있다. 합성안료에 대한 국내연구는 지속적으로 진행되고 있으나 신암채의 과학적 데이터베이스는 아직까지 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 일본 B社의 신암채를 대상으로 과학적 조사를 통한 안료의 색상, 입자형태, 화학조성 등을 조사하였다. 또한 선행 연구에서 확인되는 천연안료 및 수간채의 분석결과와 비교하여 신암채가 갖는 재료적 유사성과 차이점을 정리하였다. 본 연구결과를 통해 신암채의 체계적인 데이터 구축이 이루어진다면 향후 합성안료에 대한 자료들을 객관적이고 과학적으로 발전시킬 수 있을 것이라고 생각된다.

주제어: 합성안료, 신암채, XRF, SEM-EDS, Raman

Abstract Natural inorganic pigments are stable materials and continue to be used in modern and contemporary art works. However, they have some disadvantages: quantity and colors are limited, and are costly. So artificially synthesized pigments are mainly used in modern times. Sin-am pigment (新岩彩) is a synthetic pigment made with a combination of metallic oxide and glass powder; it is used in modern art because its color change based on particle sizes is similar to natural pigment. Domestic research into synthetic pigments

접수 2017. 1. 5. / 심사종료 2017. 1. 19. / 게재승인 2017. 1. 23.

continues, but the scientific database of Sin-am pigments is still insufficient. Therefore, the purpose of this study is to investigate the color, particle shape and chemical composition of the pigments with Sin-am pigments of Japanese company A. Furthermore, the material similarities and differences of Sin-am pigments are summarized in comparison with the results of analysis of natural pigments and Soo-gan pigments found in the precedent study results. The results of this study suggest that if the systematic data of Sin-am pigments is constructed, the data about synthetic pigments will be developed in an objective and scientific way in the future.

Keyword : synthetic pigment, Sin-am pigment, XRF, SEM-EDS, Raman

1. 서론

안료는 인류의 역사와 함께 시작되어 심미적, 주술적, 장식적인 목적으로 다양하게 사용되어 왔다. 고대에 안료는 황토(黃土), 적토(赤土), 백토(白土) 등 주변에 쉽게 구할 수 있는 토성안료를 가장 먼저 사용하였으며, 그 후 자연에 산재한 암석을 가루로 만들어 주사(朱砂), 녹청(綠青), 군청(群青) 등을 제작하였다(Moon, 2010). 이러한 천연 무기안료는 안정성이 있는 재료로 근현대 미술작품에도 지속적으로 사용되고 있으나 그 양과 색이 한정되고 가격 또한 매우 고가라는 단점이 있어 현대에는 인공적으로 합성된 안료가 사용되고 있다.

현대 미술작품에 사용되는 합성안료는 합성석채(合成石彩), 수간채(水干彩), 신암채(新岩彩) 등이 있다. 합성석채는 천연의 수정, 방해석을 분해, 분급해 만든 수정말이나 방해말에 염료를 착색시켜 만들어진다. 내열성, 내광성이 약하고 안료에 염착한 염료의 견뢰도가 좋지 않다는 단점이 있지만 모든 색의 비중이 같기 때문에 어떤 색과도 혼색할 수 있는 것이 큰 특징이다. 수간채는 분말을 물속에 넣어 입자의 크기에 따라 가라앉는 시간차를 이용해 만들어진 황토나 호분과 같은 안료를 말한다. 현대에는 천연에서 산출되는 것 이외에 내구성이 뛰어난 염료나 안료를 호분에 착색하여 다양한 색을 만들고 있다. 천연 색료에 비해 깊이는 없지만 많은 종류의 색상을 만들 수 있다는 장점이 있다(Lee, 2008).

본 연구의 분석대상인 신암채는 코발트, 크롬, 안티몬 등의 발색성을 지닌 금속산화물과 장석, 봉사와 같은 유리질 분말을 배합하여 750~950°C에서 소성시켜 생성된 암괴를 천연색 채의 수비방식과 동일하게 입자크기에 따라 구분시킨 안료이다(河北倫明 et al., 1997). 신암채는 인위적으로 합성되었지만 비중과 굴절률이 천연안료와 유사하고 표현할 수 있는 색상이 다양한 장점을 갖고 있다. 입자의 크기에 따라 채도의 변화가 나타나는데 입자가 굵을수록 순색에 가까운 높은 채도를 보이며, 크기가 작을수록 백색도가 높아지는 특성을 보인다. 또한 현대 미술재료뿐만 아니라 전통안료의 대체 재료로 개발되어 전통회화, 불화, 민화, 단청 등의 채색과 복원에 사용되고 있다(Gailart, 2013).

이러한 합성안료는 가격이 비교적 저렴하고 색상표현이 다양한 이점 때문에 천연안료의 대안으로 현대미술에 많이 사용되고 있다. 미술 작품을 보존, 연구함에 있어서 현대에 사용되고 있는 미술재료의 과학적 조사는 매우 중요한 역할을 담당한다. 합성안료에 대한 연구는 수간채를 대상으로 체질안료 및 유·무기안료 성분이 안료 조색에 미치는 영향을 분석한 결과가 있으며(Park, 2011), 단청안료를 대상으로 기존 천연안료를 대신해 현대에 사용한 합성안료의 특성을 연구한 결과 등 다양하게 진행되고 있다(Kim, 2015). 신암채는 아직까지 연구된 사례가 없지만 입자크기에 따른 발색특성이 천연안료와 유사하다는 점에서 현대에 많이 사용되고 있어 과학적 조사를 통한 재료 연구가 필요하다.

본 연구에서는 일본 B社의 신암채를 대상으로 과학적 조사를 통한 안료의 색상 및 성분적 특성을 조사하였다. 분석대상 신암채는 안료 명칭에 따라 36종으로 구분되며, 입도크기에 따라 5단계(7号, 9号 11号 13号, 白号)로 나누어져 총 180점이 있다. 명칭 및 크기에 따라 구분된 신암채 180점은 육안관찰, 현미경관찰, 색도측정, X-선형광분석(XRF) 등 과학적 기초 조사를 거친 후 조사결과의 대표성을 보이는 48점을 선정하였으며, 주사전자현미경-에너지분산형 분광분석(SEM-EDS) 및 라만(Raman) 분광분석을 추가로 실시하여 색상과 크기에 따른 과학적 특성을 비교하였다. 그리고 기존에 연구된 수간채, 천연안료의 재료적 특성과 비교하여 안료 간의 차이점을 고찰하였다(Park, 2011; Lim et al., 2015).

2. 연구방법

2.1. 분석 대상

분석대상인 일본 B社의 신암채는 총 180점이 있다. 기초조사를 통해 색상 및 성분적으로 유사성을 보이는 안료가 확인되었으며, 본 연구에서는 특성이 중복되는 안료를 제외한 대표성을 보이는 48점의 안료만을 선정하였다(Table 1). 선정된 안료는 황색 12점, 적색 12점, 청색 12점, 녹색 12점으로 나누어지며, 입자크기에 따라 4단계(7号, 9号, 11号, 13号)로 다시 구분하여 안료의 색상 및 크기에 따른 특성을 비교할 수 있도록 하였다.

Table 1. List of samples for analysis

| Color | No. | Sample name | Color | No. | Sample name |
|--------|-----|---------------|-------|-----|---------------|
| Yellow | 1 | 담구암황(淡口岩黃) 7 | Blue | 25 | 남군청(藍群青) 7 |
| | 2 | 담구암황(淡口岩黃) 9 | | 26 | 남군청(藍群青) 9 |
| | 3 | 담구암황(淡口岩黃) 11 | | 27 | 남군청(藍群青) 11 |
| | 4 | 담구암황(淡口岩黃) 13 | | 28 | 남군청(藍群青) 13 |
| | 5 | 산취(山吹) 7 | | 29 | 담구군청(淡口群青) 7 |
| | 6 | 산취(山吹) 9 | | 30 | 담구군청(淡口群青) 9 |
| | 7 | 산취(山吹) 11 | | 31 | 담구군청(淡口群青) 11 |
| | 8 | 산취(山吹) 13 | | 32 | 담구군청(淡口群青) 13 |
| | 9 | 황구황토(黃口黃土) 7 | | 33 | 수천황(水淺黃) 7 |
| | 10 | 황구황토(黃口黃土) 9 | | 34 | 수천황(水淺黃) 9 |
| | 11 | 황구황토(黃口黃土) 11 | | 35 | 수천황(水淺黃) 11 |
| | 12 | 황구황토(黃口黃土) 13 | | 36 | 수천황(水淺黃) 13 |
| Red | 13 | 암홍(岩紅) 7 | Green | 37 | 박수색(薄水色) 7 |
| | 14 | 암홍(岩紅) 9 | | 38 | 박수색(薄水色) 9 |
| | 15 | 암홍(岩紅) 11 | | 39 | 박수색(薄水色) 11 |
| | 16 | 암홍(岩紅) 13 | | 40 | 박수색(薄水色) 13 |
| | 17 | 진사(辰砂) 7 | | 41 | 농군록(濃群綠) 7 |
| | 18 | 진사(辰砂) 9 | | 42 | 농군록(濃群綠) 9 |
| | 19 | 진사(辰砂) 11 | | 43 | 농군록(濃群綠) 11 |
| | 20 | 진사(辰砂) 13 | | 44 | 농군록(濃群綠) 13 |
| | 21 | 암도(岩桃) 7 | | 45 | 록청(綠青) 7 |
| | 22 | 암도(岩桃) 9 | | 46 | 록청(綠青) 9 |
| | 23 | 암도(岩桃) 11 | | 47 | 록청(綠青) 11 |
| | 24 | 암도(岩桃) 13 | | 48 | 록청(綠青) 13 |

2.2. 분석 방법

2.2.1. 색도측정

분석대상으로 선정된 신암채는 화학조성 및 입자크기가 색상 변화에 중요한 영향을 미친다. 따라서 색도측정을 통해 대상 안료의 입자크기에 따른 색상 변화를 비교하였다. 색도측정은 휴대용 분광색차계(CM-700d, minolta, Japan)를 통해 표준광원 D65, 시야각 2°, 분석 면적 5mm의 조건으로 대상 물감의 색도를 측정하였으며, 측정 결과는 L^* , a^* , b^* 표색계로 제시하였다. L^* 은 명도, a^* 의 (+)는 적색도, (-)는 녹색도, b^* 의 (+)는 황색도, (-)는 청색도를 각각 나타낸다. 또한 색상분포도를 통해 신암채 색상 표현의 다양성을 평가하였으며, 측정된 L^* , a^* , b^* 수치를 토대로 색차의 평가 기준이 되는 Chroma($\sqrt{a^2+b^2}$) 식에 대입한 값과 Lightness(L^*) 간의 분포 그래프를 작성하였다. 색상분포의 다양성 기준은 선행 연구된 수간채 및 천연안료의 색상 분포도 데이터를 통해 판단하였다(Park, 2011).

2.2.2. X-선 형광분석(XRF)

X-선 형광분석은 안료의 무기성분 분석에 적합하여 신암채의 발색에 영향을 주는 금속산화물 확인에 도움이 된다. 본 연구에서는 Portable XRF(X-Ray Fluorescence, DP-2000, Innov-X system, USA)를 사용하였으며, 측정시간 30s, 전압 45keV로 분석을 실시하였다.

2.2.3. 주사전자현미경-에너지분산형 분광분석(SEM-EDS)

주사전자현미경은 광학현미경보다 고배율 측정이 가능하여 대상 안료의 상대적인 크기 비교 및 명확한 형태 관찰이 가능하다는 장점이 있다. 또한 에너지분산형분광기를 활용하여 대상안료의 무기성분도 함께 관찰하였다. 주사전자현미경(JSMS-6610LV, JEOL) 및 에너지분산형 분광기(X-MAX, Oxford)의 분석조건은 Low vacul mode(BES), 가속전압 10~20keV, Working Distance 10mm, EDS 측정 Point/100s로 실시하였다.

2.2.4. 라만분석(Raman)

라만분석은 EDS 분석으로 얻어진 정보에 기초하여 대상 시료에 포함된 성분의 명확한 화합물을 동정하는 데 활용하였다. Portable Raman(Inspector Raman, Deltanu, USA)의 분석조건은 Spectral Range 2,000~200cm⁻¹, resolution 8cm⁻¹, 광원 785nm의 파장을 가진 60mV의 diode laser로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 색도측정

색도측정을 통해 안료의 종류 및 크기 변화에 따른 색상차이를 비교하였다(Table 2). 분석결과 명도(L^*)는 황색안료가 다른 색상보다 상대적으로 높은 수치를 나타내며, 안료의 호수를 나타내는 번호가 커질수록 명도가 점차 증가하는 것으로 확인되었다. 안료 크기가 작아질수록 명도가 증가하는 경향성은 색상의 구분 없이 모든 안료에서 동일하게 나타나지만 변화의 편차는 각각 다르게 나타난다. 적색의 진사는 34.5~64.1의 가장 큰 변화폭을 보이는 반면, 동일 색계열의 암홍은 46.7~50.0으로 가장 작은 편차가 측정되었다.

황색안료에서 색상에 영향 받는 황색도(b^*)는 입자크기가 작아질수록 점차 감소하는 경향성을 보인다. 담구암황이 63.8~37.3의 가장 큰 변화폭을 보이며, 산취는 74.7~69.1로 상대적으로 작은 편차를 나타낸다. 또한 황색안료의 적색도(a^*)는 황색도에 비해 비교적 낮은 수치를 보이고 있으며, 입자크기가 작아질수록 점차 감소하는 것으로 확인되었다.

적색안료에서 암홍, 암도는 입자크기가 작아질수록 적색도가 52.2~41.7, 31.1~22.7로 각각 감소하는 경향성을 보이고 있다. 반면 진사는 7호에서 11호까지 23.1~26.5로 적색도 수치가 점점 증가하다 13호에서 22.1로 감소하는 특성을 보이며, 색상 변화폭 또한 작은 것으로 나타난다. 암홍은 높은 적색도와 함께 황색도가 37.1~30.3으로 높은 수치를 보이는 특성을 보인다.

청색안료에서 청색도($-b^*$)는 담구군청이 37.1~44.3의 높은 수치를 보이고 있으며, 7호에서 11호까지 점차 증가하다 13호에서 감소하는 것으로 확인된다. 또한 남군청은 19.5~22.5로 청색도의 변화 폭이 상대적으로 적은 것으로 확인된다. 녹색안료에서 색상에 영향 받는 녹색도($-a^*$)는 녹청이 31.1~33.4로 가장 높은 수치를 보이면서 안료입자에 따른 편차가 가장 적은 것으로 확인된다. 농군록은 16.7~30.1 입자가 작을수록 녹색도가 증가하는 경향성이 나타나며, 변화 편차가 큰 특성을 보인다.

Chroma-Lightness 분포도를 통해 색상별로 색차 및 명도 변화 양상은 얼마나 다양한 색상 표현이 가능한가를 파악하였다(Figure 1, 2). 분석결과 신암채는 색차와 명도분포에서 다양성을 보이는 것으로 판단된다. 황색안료는 Chroma 38~76으로 색차 변화가 크지만 Lightness 77~92로 명도의 편차는 적은 것을 확인하였다. 적색안료는 Chroma 22~64, Lightness 35~70, 청색안료는 Lightness 32~84, Chroma 13~63으로 색차와 명도에서

모두 큰 변화값을 보인다. 녹색안료는 Chroma는 17~36으로 색차 변화폭은 작은 반면, Lightness 32~81로 명도 차이가 크게 나타나는 특성을 보인다. 선행 연구된 수간채 및 천연안료의 색상분포도와 비교해 볼 때 신암재는 수간채만큼의 다양한 색상표현이 가능한 것으로 파악된다. 하지만 수간채는 다양한 종류의 착색 안료를 체질안료와 혼합하는 방식으로 색상을 조색하며, 신암재는 가공된 냉어리를 분쇄하여 입자크기에 변화를 주어 색상을 구현한다는 점에서 차이가 있다(Park, 2011).

Table 2. Chromacities of samples

| Color | Sample name | Size | Chromaticity | | | Color | Sample name | Size | Chromaticity | | |
|--------|----------------|------|--------------|------|------|-------|----------------|------|--------------|-------|-------|
| | | | L* | a* | b* | | | | L* | a* | b* |
| Yellow | 담구암황 (淡口岩黃) | 7 | 85.5 | -3.1 | 63.8 | Blue | 남군청 (藍群青) | 7 | 32.4 | 3.9 | -20.0 |
| | | 9 | 87.2 | -5.0 | 56.4 | | | 9 | 38.7 | 3.6 | -22.0 |
| | | 11 | 90.1 | -6.5 | 48.7 | | | 11 | 49.2 | 2.6 | -22.5 |
| | | 13 | 91.9 | -6.5 | 37.3 | | | 13 | 57.3 | 1.2 | -19.5 |
| | 산취 (山吹) | 7 | 78.8 | 13.5 | 73.9 | | 담구군청 (淡口群青) | 7 | 35.2 | 2.9 | -39.8 |
| | | 9 | 79.1 | 12.4 | 74.7 | | | 9 | 38.6 | 0.9 | -41.1 |
| | | 11 | 83.0 | 7.5 | 73.9 | | | 11 | 43.8 | -2.5 | -44.3 |
| | | 13 | 84.9 | 3.9 | 69.1 | | | 13 | 57.9 | -5.9 | -37.1 |
| | 황구황토 (黃口黃土) | 7 | 76.8 | 6.1 | 62.7 | | 수천황 (水淺黃) | 7 | 68.5 | -12.2 | -21.8 |
| | | 9 | 81.2 | 3.6 | 56.7 | | | 9 | 68.8 | -11.5 | -21.2 |
| | | 11 | 84.3 | 0.8 | 50.1 | | | 11 | 78.2 | -9.3 | -15.6 |
| | | 13 | 87.3 | -0.5 | 43.3 | | | 13 | 83.8 | -6.4 | -11.3 |
| Red | 암홍 (岩紅) | 7 | 46.7 | 52.2 | 37.1 | Green | 박수색 (薄水色) | 7 | 64.2 | -23.9 | -18.3 |
| | | 9 | 46.6 | 51.2 | 35.6 | | | 9 | 67.6 | -22.2 | -16.2 |
| | | 11 | 48.6 | 46.6 | 31.5 | | | 11 | 75.3 | -17.8 | -14.2 |
| | | 13 | 50.0 | 41.7 | 30.3 | | | 13 | 81.2 | -13.3 | -10.9 |
| | 진사 (辰砂) | 7 | 34.5 | 23.1 | 5.5 | | 농군록 (濃群綠) | 7 | 31.6 | -16.7 | -11.6 |
| | | 9 | 43.1 | 24.9 | 3.7 | | | 9 | 32.5 | -20.0 | -12.6 |
| | | 11 | 48.0 | 26.5 | 4.7 | | | 11 | 36.2 | -25.3 | -14.6 |
| | | 13 | 63.1 | 22.1 | 2.5 | | | 13 | 41.5 | -30.1 | -16.9 |
| | 암도 (岩桃) | 7 | 49.7 | 31.1 | 3.7 | | 녹청 (綠青) | 7 | 41.7 | -31.1 | 9.3 |
| | | 9 | 57.3 | 30.1 | 2.8 | | | 9 | 46.4 | -32.4 | 10.6 |
| | | 11 | 62.4 | 27.4 | 4.2 | | | 11 | 51.9 | -33.4 | 11.9 |
| | | 13 | 69.9 | 22.7 | 1.8 | | | 13 | 60.2 | -32.3 | 10.7 |

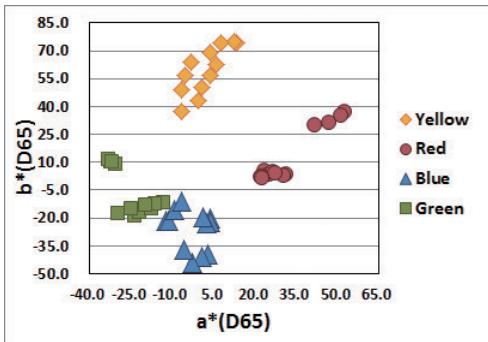


Figure 1. Comparison of color difference by color.

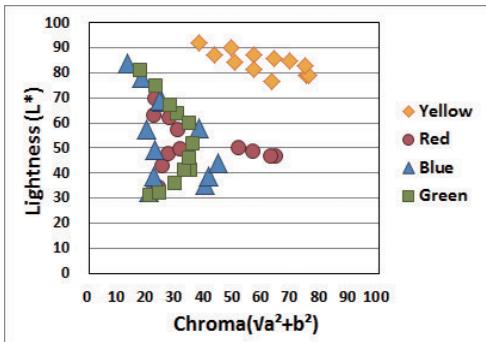


Figure 2. Comparison of chroma-lightness by color.

3.2. X-선 형광분석(XRF)

XRF 분석은 안료의 종류 및 입자크기에 따라 검출되는 무기성분의 차이를 확인하기 위해 실시하였다(Table 3). 분석결과 신암채는 안료의 종류 및 색상에 따라 주요 검출성분에 차이를 보이고 있었으며, 입자크기에 따른 성분차이는 나타나지 않는 것으로 추정된다. Pb은 모든 분석대상에서 높은 함량을 보이고 있어 신암안료의 주요 성분으로 판단된다.

황색안료는 발색성 산화물로 추정되는 Sb이 모든 분석대상에서 확인되었으며, 담구암황은 Cd, 황구황토는 Fe이 함께 나타나는 특성을 보인다. 또한 백색 성분으로 추정되는 Ca 및 Zn이 담구암황과 산취에서 높게 측정되어 신암채 가공과정에 일부 혼합된 것으로 추정된다. Sb 함량이 많은 산취가 색도 측정 결과에서 높은 황색도(b*)를 보여, Sb은 황색안료의 발색에 영향을 주는 주요성분으로 판단된다.

적색안료는 Cd, Sn 성분이 공통적으로 나타나며, 황색 성분으로 추정되는 Sb은 암홍, Cr은 진사에서 각각 검출되는 특성을 보인다. 또한 암홍은 Ti, Zn, 진사는 Ca, 암도는 Ca, Zn이 각각 확인되어 적색안료에 혼합된 백색 성분도 차이가 있는 것으로 판단된다. 적색안료는 Cd 함량이 많은 암홍이 색도측정 결과에서 높은 적색도(a*)를 보여 착색에 영향을 주는 주요 성분으로 추정된다. 또한 암홍은 높은 Sb 수치에 영향을 받아 황색도(b*)가 함께 높아지는 특성을 보인다.

청색 및 녹색안료는 모두 착색 성분으로 추정되는 Co가 검출되는 특성을 보인다. 녹색안료는 청색과 황색의 착색 성분이 혼합되어 제조된 것으로 추정된다. 녹색안료는 농군록과 녹청에서 청색안료보다 높은 Co 성분이 확인되며, 황색 성분으로 추정되는 Cr도 높은 수치를 보이고 있다. 또한 녹청에서 황색 성분인 Sb이 함께 측정되어 녹색안료를 구성하는 무기성분에 차이가 있는 것으로 보인다.

Table 3. XRF analysis data of samples

| Color | Sample name | Size | Element(mg/kg) | | | | | | | | | |
|--------|----------------|------|----------------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| | | | Ca | Ti | Cr | Fe | Co | Zn | Cd | Sn | Sb | Pb |
| Yellow | 담구암황 (淡口岩黃) | 7 | 1655 | 683 | ND | ND | ND | 5319 | 357 | 1232 | 492 | 55490 |
| | | 9 | 2494 | ND | ND | 120 | ND | 24316 | 737 | 1495 | 3532 | 263872 |
| | | 11 | 3600 | ND | ND | ND | ND | 30683 | 1190 | 1581 | 4996 | 333398 |
| | | 13 | 3766 | ND | ND | 205 | ND | 56489 | 2203 | 2683 | 7223 | 558505 |
| | 산취 (山吹) | 7 | 22756 | ND | ND | ND | ND | 34046 | ND | ND | 13558 | 280657 |
| | | 9 | 2700 | ND | ND | ND | ND | 4716 | ND | ND | 1844 | 35280 |
| | | 11 | 19715 | ND | ND | ND | ND | 38916 | 489 | ND | 17049 | 324144 |
| | | 13 | 19101 | ND | ND | ND | ND | 50317 | 552 | ND | 19219 | 422843 |
| | 황구황토 (黃口黃土) | 7 | ND | ND | ND | 395 | ND | 3248 | ND | ND | 178 | 9969 |
| | | 9 | 4091 | ND | ND | 11520 | ND | 41113 | ND | ND | 2526 | 176488 |
| | | 11 | 753 | ND | ND | 1969 | ND | 7880 | ND | ND | 283 | 27656 |
| | | 13 | 412 | ND | ND | 1962 | ND | 9566 | ND | ND | 451 | 37517 |
| Red | 임홍 (岩紅) | 7 | ND | 8408 | ND | ND | ND | 2428 | 49128 | 1645 | 9082 | 464992 |
| | | 9 | ND | 8710 | ND | ND | ND | 2034 | 48789 | 1628 | 9677 | 462991 |
| | | 11 | ND | 8533 | ND | ND | ND | 2050 | 46727 | 1598 | 9332 | 457261 |
| | | 13 | ND | 9684 | ND | ND | ND | 2062 | 52290 | 2534 | 10909 | 486163 |
| | 진사 (辰砂) | 7 | 52607 | ND | 789 | ND | ND | ND | 687 | 58167 | ND | 480192 |
| | | 9 | 50850 | ND | 499 | ND | ND | ND | 970 | 61592 | ND | 444893 |
| | | 11 | 44017 | ND | 507 | ND | ND | ND | 1629 | 66061 | ND | 516718 |
| | | 13 | 57673 | ND | 709 | ND | ND | ND | 1390 | 69166 | ND | 447582 |
| | 암도 (岩桃) | 7 | 47350 | ND | 128 | ND | ND | 14224 | 999 | 56155 | ND | 439979 |
| | | 9 | 54199 | ND | 130 | ND | ND | 13403 | 969 | 64685 | ND | 387285 |
| | | 11 | 47468 | ND | 117 | ND | ND | 14332 | 482 | 54775 | ND | 516073 |
| | | 13 | 52742 | ND | 137 | ND | ND | 21508 | 926 | 63559 | ND | 366418 |
| Blue | 남군청 (藍群青) | 7 | ND | ND | ND | 39 | 129 | 4029 | ND | ND | ND | 10427 |
| | | 9 | ND | ND | ND | 649 | 1166 | 26141 | ND | ND | ND | 96209 |
| | | 11 | ND | ND | ND | 30 | 170 | 4607 | ND | ND | ND | 12195 |
| | | 13 | ND | ND | ND | 71 | 420 | 10038 | ND | ND | ND | 35126 |
| | 담구군청 (淡口群青) | 7 | ND | ND | 130 | ND | 335 | 4019 | ND | ND | ND | 21877 |
| | | 9 | ND | ND | 21 | 43 | 50 | 1468 | ND | ND | ND | 4219 |
| | | 11 | ND | ND | 230 | ND | 610 | 7563 | ND | ND | ND | 48950 |
| | | 13 | ND | ND | 201 | ND | 465 | 4816 | ND | ND | ND | 32146 |
| | 수천황 (水淺黃) | 7 | ND | ND | 39 | 28 | 19 | 3725 | ND | ND | ND | 22079 |
| | | 9 | ND | ND | 353 | ND | 136 | 19246 | ND | ND | ND | 118269 |
| | | 11 | ND | ND | 45 | ND | 23 | 4861 | ND | ND | ND | 32026 |
| | | 13 | ND | ND | 147 | 53 | 80 | 10532 | ND | ND | ND | 80534 |
| Green | 박수색 (薄水色) | 7 | ND | ND | 128 | ND | 23 | 4271 | ND | ND | ND | 21595 |
| | | 9 | ND | ND | 120 | 38 | 14 | 3553 | ND | ND | ND | 16946 |
| | | 11 | ND | ND | 75 | 34 | ND | 3311 | ND | ND | ND | 14002 |
| | | 13 | ND | ND | 38 | ND | ND | 2308 | ND | ND | ND | 9549 |
| | 농군록 (濃群綠) | 7 | ND | ND | 32558 | ND | 8959 | 125295 | 420 | ND | ND | 437553 |
| | | 9 | ND | ND | 31796 | 168 | 9663 | 135956 | 602 | 687 | ND | 479735 |
| | | 11 | ND | ND | 35566 | ND | 10198 | 148059 | 595 | ND | ND | 516904 |
| | | 13 | ND | ND | 40773 | 210 | 9058 | 127590 | 429 | ND | ND | 444569 |
| | 녹청 (綠青) | 7 | 8688 | ND | 9378 | ND | 11874 | 83765 | 1076 | 803 | 7112 | 487798 |
| | | 9 | 3179 | ND | 9120 | ND | 10403 | 73437 | 1123 | 5599 | 3929 | 496751 |
| | | 11 | 9404 | ND | 9716 | ND | 11686 | 78527 | 1156 | 950 | 8788 | 480549 |
| | | 13 | 8980 | 188 | 9284 | ND | 11068 | 74108 | 1059 | 821 | 8628 | 469721 |

3.3. 주사전자현미경-에너지분산형 분광분석(SEM-EDS)

SEM 분석은 대상 시료의 입자 형태 및 크기, 입자의 균일성 등을 판단하기 위해 실시하였다(Figure 3, 4). 입자크기 측정에서 모든 안료는 호수에 따른 크기 변화가 비교적 일정한 것으로 관찰되며, 7호 50~150 μm 내외에서 13호 5~25 μm 내외까지 호수가 커질수록 입도가 작아지는 경향성을 보인다. 색도 측정결과와 비교해 볼 때 안료의 입자크기는 유사하게 작아지지만 색상의 변화 편차는 안료의 종류마다 각각 다른 것으로 나타난다. 입자의 형태는 다양하게 관찰되며, 색상 및 안료의 종류에 따라 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 신암채는 제조 과정 중 유리질 분말과 금속산화물을 고온에 혼합하여 냉각시킨 인조 석채 덩어리를 분쇄하는 제조 공정 때문에 쪼개짐이 일정하지 않고 형태가 다양한 것으로 판단된다(Lee, 2008).

선행 연구와 비교해 볼 때 신암채는 암석을 분쇄하여 입도에 따라 색상을 구분하는 천연안료와 유사한 입자형태를 보인다(Lim et al., 2015). 반면 수간채는 관상형 입자의 호분 (CaCO_3), 부정형 입자의 백토(SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O_3), 미세 분말 형태의 산화티타늄(TiO_2) 등 다양한 입자가 존재하며, 동일한 색상계열에서도 사용된 체질 성분에 따라 입자의 크기 및 형태가 다른 특성을 보여 신암채와 차이가 있는 것으로 판단된다(Park, 2011).

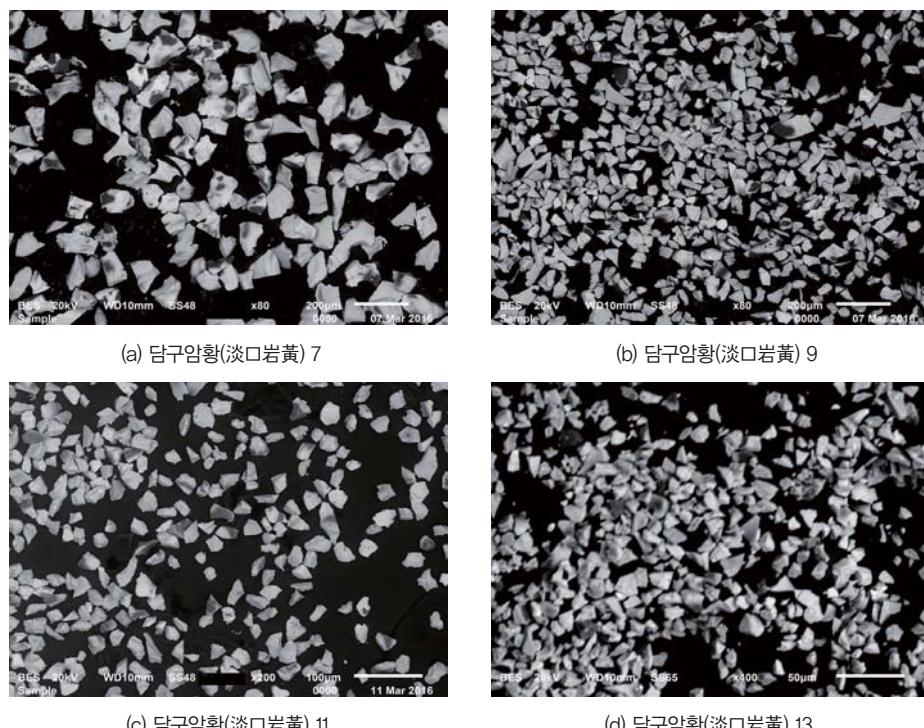


Figure 3. SEM photographs of yellow pigments.

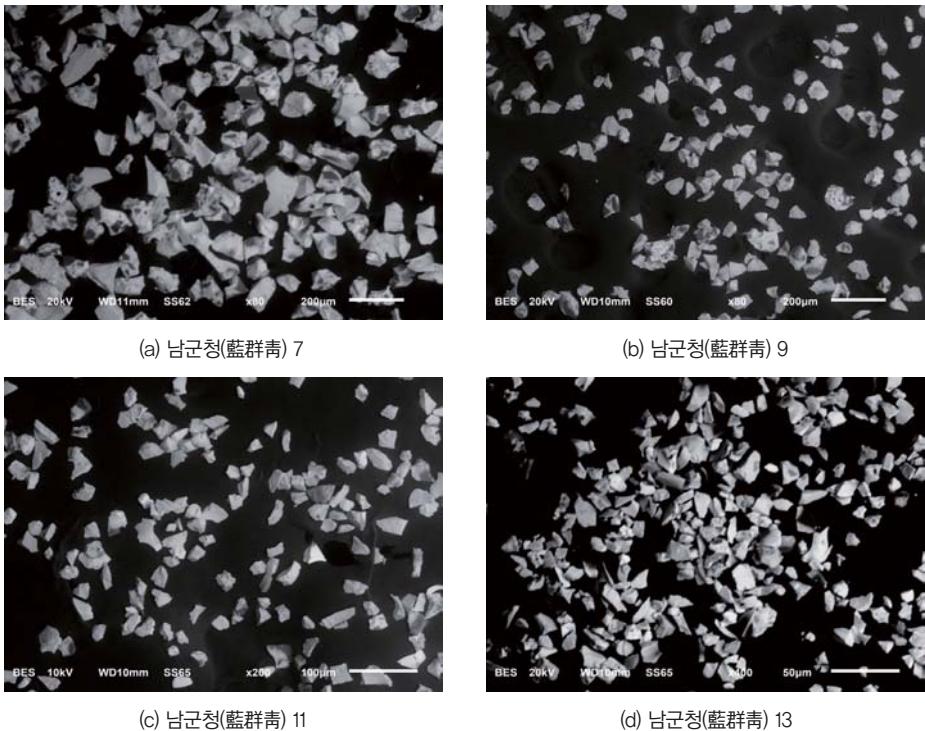


Figure 4. SEM photographs of blue pigments.

EDS 분석은 XRF 분석으로 확인되지 않는 경원소 및 원소의 함량비를 확인하여 색상별로 나타나는 화학적 특성을 비교하기 위해 실시하였다. EDS 성분은 XRF 분석 데이터와 상응하는 결과를 보인다. 분석결과 모든 안료에서 Pb, Al, Si의 함량이 높게 나타나며, Na, K이 일부 포함된 것으로 측정된다. 황색안료는 치색성분으로 추정되는 Sb이 함량에 차이를 보이며, 담구암황은 Cd, 산취는 Ca, 황구황토는 Fe을 각각 포함하고 있다(Table 4). 적색안료는 암홍에서 Cd이 높게 측정되며, 진사와 암도에서 Ca, Sn이 검출되는 차이를 보인다 (Table 5). 청색안료는 남군청과 담구군청에서 Co 성분이 소량 검출된다(Table 5). 녹색안료는 농군록과 녹청에서 청색 성분인 Co와 황색 성분인 Cr이 검출되며, 농군록의 Cr은 51.3%로 높은 함량을 보인다(Table 6). 또한 녹청은 Sb이 일부 확인되어 대부분의 녹색안료는 황색 성분이 일부 혼합된 것으로 추정된다.

선행 연구를 통한 성분비교에서 수간채는 Ca이 대부분의 안료에서 높게 확인되며, Ca을 주성분으로 하는 호분(CaCO_3)이 수간채의 체질안료로 사용된다는 점에서 신암채와 차이를 보인다. 또한 수간채는 호분과 이산화티타늄(TiO_2)이 혼합된 체질성분, 호분과 산화알루

미늄(Al_2O_3), 산화나트륨(Na_2O)과 같은 토양성 물질이 혼합된 체질성분 등으로 구분된다. 착색 성분으로 Fe , Cr 과 같은 금속 산화물이 혼합된 것은 신암채의 특성과 유사한 것으로 판단된다(Park, 2011). 천연안료의 적색은 Cinnabar(HgS)의 주요 성분인 Hg 이 높게 확인되며, 청색과 녹색은 Malachite($Cu_2CO_3(OH)_2$), Azurite($Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$)의 주성분인 Cu 가 각각 높은 수치를 보인다(Lim et al., 2015). 따라서 신암채는 천연안료와 유사한 형태를 보이지만 무기성분은 각각 차이가 있는 것으로 판단된다.

Table 4. EDS data of yellow pigments.

| Name | Main element detected(wt%) | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | Na | Al | Si | K | Ca | Fe | Zn | Cd | Sb | Pb |
| 담구암황 (淡口岩黃) | 4.8 | 10.1 | 24.4 | 1.7 | – | – | 2.4 | 1.0 | 0.4 | 55.2 |
| 산취 (山吹) | 2.5 | 3.7 | 17.2 | 1.6 | 2.9 | – | 4.8 | – | 7.1 | 60.3 |
| 황구황토 (黃口黃土) | 5.6 | 4.8 | 22.3 | 1.4 | – | 3.2 | 6.6 | – | 1.0 | 55.2 |

Table 5. EDS data of red pigments.

| Name | Main element detected(wt%) | | | | | | | |
|------------|----------------------------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| | Na | Al | Si | Ca | Ti | Cd | Sn | Pb |
| 암홍 (岩紅) | 2.8 | 14.4 | 20.1 | – | 2.0 | 13.0 | – | 47.6 |
| 진사 (辰砂) | 1.9 | 2.6 | 15.3 | 5.6 | – | – | 18.9 | 55.7 |
| 암도 (岩桃) | 3.4 | 8.8 | 20.3 | 4.9 | – | – | 14.3 | 48.4 |

Table 6. EDS data of blue pigments.

| Name | Main element detected(wt%) | | | | | | | |
|----------------|----------------------------|-----|------|-----|----|-----|-----|------|
| | Na | Al | Si | K | Ca | Co | Zn | Pb |
| 남군청 (藍群青) | 5.8 | 5.6 | 25.2 | 1.3 | – | 2.3 | 7.3 | 52.7 |
| 담구군청 (淡口群青) | 3.6 | 7.6 | 16.7 | 0.6 | – | 3.2 | 4.6 | 63.6 |
| 수천황 (水淺黃) | 6.2 | 3.7 | 28.0 | 1.8 | – | – | 4.2 | 56.1 |

Table 7. EDS data of green pigments.

| Name | Main element detected(wt%) | | | | | | | | | |
|--------------|----------------------------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
| | Na | Al | Si | K | Ca | Cr | Co | Zn | Sb | Pb |
| 박수색 (薄水色) | 7.1 | 9.0 | 33.0 | 2.2 | — | — | — | 3.9 | — | 44.9 |
| 농군록 (濃群綠) | — | 15.8 | 5.0 | — | — | 51.3 | 5.1 | 3.4 | — | 19.5 |
| 녹청 (綠青) | 3.7 | 2.3 | 19.2 | 1.0 | 1.3 | 4.0 | 1.0 | 6.6 | 3.4 | 57.7 |

3.4. 라만(Raman)분석

라만분석은 XRF 및 EDS 분석으로 추정된 무기원소의 정확한 물질 확인을 위해 실시하였으며, 무기광물 라만 데이터베이스와의 비교를 통해 그 화합물을 추정하였다(Lafuente et al., 2015). Raman 분석을 통해 추정된 대부분의 무기 화합물은 XRF 및 EDS 분석 데이터와 상응하는 결과를 보인다(Figure 5). 황색안료의 담구암황은 1345.1cm^{-1} 의 Soda-lime glass, 286.1cm^{-1} , 508.4cm^{-1} 의 Bindheimite($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$)와 일치하는 스펙트럼이 확인된다. 산취는 1345.2cm^{-1} 의 Soda-lime glass, 311.1cm^{-1} , 397.6cm^{-1} 의 Yellow ocher(Fe_2O_3), 286.2cm^{-1} , 508.7cm^{-1} 의 Bindheimite($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) 성분이 확인되며, 황구황토는 286.3cm^{-1} , 508.2cm^{-1} 의 Bindheimite ($\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$) 피크만 일부 나타난다. 적색안료의 진사는 570.0cm^{-1} 의 Eskolaite(Cr_2O_3)와 일치하는 스펙트럼이 확인되며, 암도는 1345.5m^{-1} 의 Soda-lime glass, 570.1cm^{-1} 의 Eskolaite(Cr_2O_3)의 특성피크가 검출되는 차이를 보인다. 청색안료의 남군청은 514.9cm^{-1} , 684.7cm^{-1} 의 Cobalt Chromite[$\text{Co}(\text{Al})_2\text{O}_4$]와 일치하는 스펙트럼이 확인되며, 담구군청은 514.2cm^{-1} 의 Labradorite $[(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8]$ 의 특성피크와 일치한다. 녹색안료의 박수색은 1345.8cm^{-1} 의 Soda-lime glass, 농군록은 514.7cm^{-1} 의 Labradorite[$(\text{Ca},\text{Na})(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_8$], 녹청은 514.7cm^{-1} , 684.7cm^{-1} 의 Cobaltchromite(Co_2O_4) 특성피크가 각각 확인되어 녹색안료 성분에 차이가 있는 것으로 추정된다.

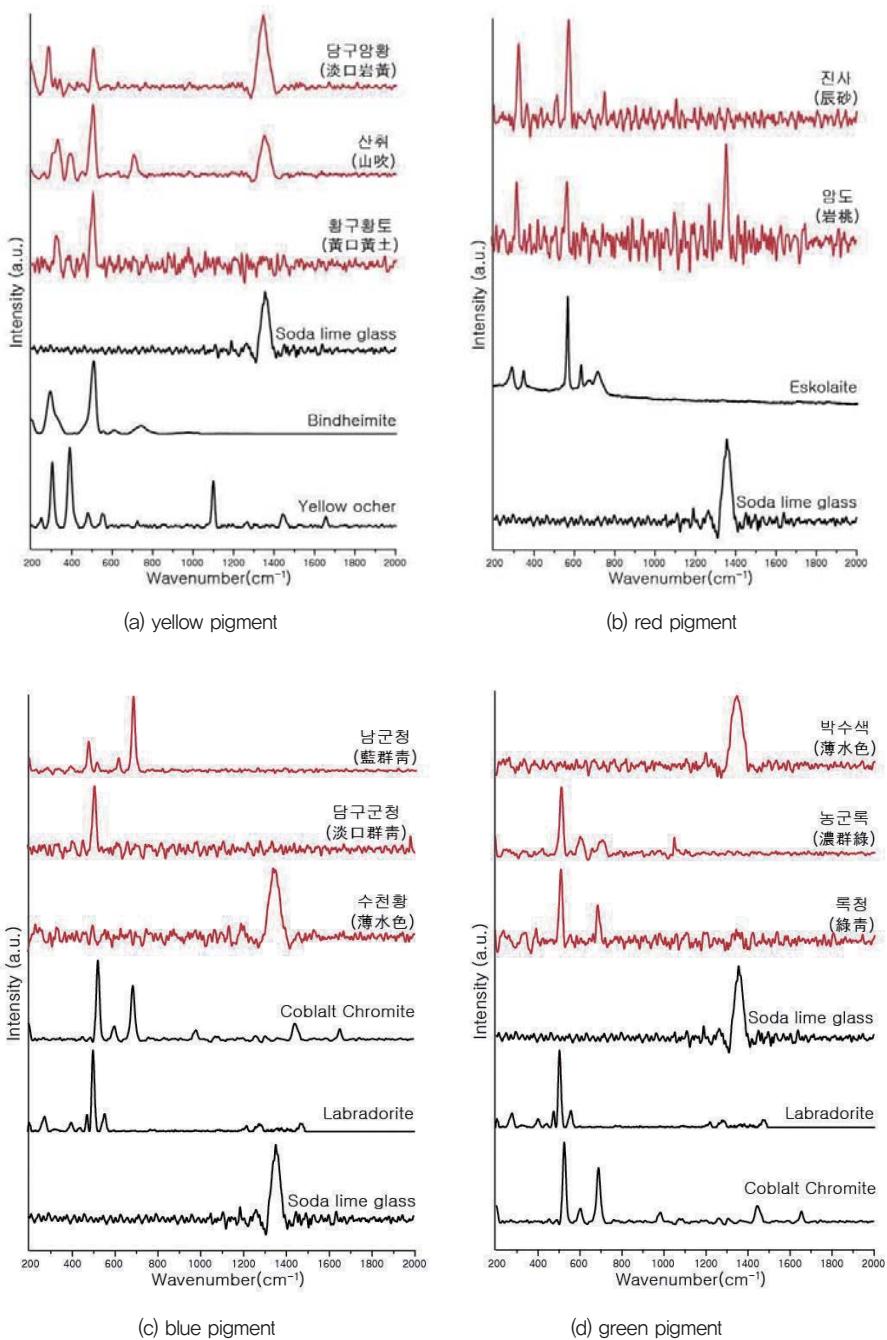


Figure 5. Raman spectrum of samples.

4. 결론

4.1. 안료의 색상

신암채의 명도는 황색안료에서 가장 높게 나타나며, 입자의 크기가 작아질수록 수치가 증가하는 경향성을 보인다. 명도의 변화 편차는 색상에 따라 일정하게 구분되지 않는다. 적색의 진사가 가장 큰 명도변화를 보이고 있으며, 동일색 계열의 암홍이 가장 작은 명도차를 보인다. 입자크기에 따른 색상변화는 황색의 담구암황, 적색의 암홍, 청색의 수천황, 녹색의 농군록이 가장 크게 나타난다. 신암채는 천연안료와 동일하게 광물을 분쇄하여 입자크기에 따라 색상을 구분하지만, 색상분포도가 상대적으로 넓어 천연안료보다 다양한 색상표현이 가능한 특성을 보인다. 이러한 색상 차이는 신암채를 구성하는 다양한 착색성분과 입자크기가 영향을 준 것으로 판단된다.

4.2. 안료의 형태

신암채는 호수가 커짐에 따라 크기가 일정하게 작아지며, 유리질입자 덩어리를 분쇄하는 제조 공정으로 안료의 형태가 다양하게 나타나는 특성을 보인다. 색상별로 나타나는 형태의 특이성은 확인되지 않는다. 암석을 분쇄하여 입도별로 색상을 구분하는 천연안료와 유사한 입자형태를 보이고 있으며, 입자크기가 색도변화에 영향을 준다는 점도 공통된 특성이다.

4.3. 안료의 조성

신암채는 Pb, Al, Si 등의 성분이 모든 안료에 포함되며, 백색 성분으로 추정되는 Ca, Ti, Zn이 특정 안료에서 부분적으로 나타난다. 안료 색상에 영향을 주는 착색성분으로 황색은 Sb, Fe, 적색은 Cd, 청색은 Co, 녹색은 Co, Cr, Sb 등이 색상별로 검출되는 특성을 보인다. 안료의 종류에 따라 착색성분은 함량차이를 보이고 있으며, 각각의 함량은 색도에 영향이 있는 것으로 판단된다. 호분(CaCO_3)을 체질안료로 사용하는 수간채와 성분적으로 큰 차이를 보이지만 Fe, Cr과 같은 착색 성분이 사용되는 점은 신암채와 동일한 것으로 확인된다. 천연안료는 신암채와 입자형태의 유사성을 보이지만 Cinnabar(HgS), Malachite[$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$], Azurite[$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$] 등 화학 조성은 큰 차이를 보인다.

본 연구는 합성안료의 색상, 입자, 조성 등 재질적 특성 연구의 일환으로 일본 B社의 신암채 48점의 과학적 특성을 조사하였다. 또한 선행 연구 결과를 통해 천연안료 및 수간채와 비교하여 신암채가 갖는 재료적 유사성과 차이점을 정리하였다. 하지만 분석에 사용된 신암

채는 한 가지 제조사에 한정되어 있기 때문에 추후 다양한 제조사를 대상으로 한 비교·분석이 이루어져야 신암채의 명확한 특성을 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 다양한 재료와 분석장비의 활용을 통해 체계적인 데이터 구축이 이루어진다면 향후 합성안료에 대한 자료들을 객관적이고 과학적으로 발전시킬 수 있을 것이라고 생각된다.

REFERENCES

- Gailart, 2013, Traditional Pigment, <http://www.naturalpigment.co.kr>. (in Korean)
- Kim, J.H., 2015, A Scientific Analysis of the External Dancheong Pigments from Beopjusa Palsangjeon in Boeun Chungcheongbuk-do, Korea, Master's Thesis, Kong-ju National University. (in Korean with English abstract)
- Lafuente, B., Downs, R.T., Yang, H. and Stone, N., 2015, The power of databases: the RRUFF project. Highlights in Mineralogical Crystallography, T Armbruster and R M Danisi, Berlin, 1~30.
- Lee, S.H., 2008, Color of traditional painting. Gyeol. (in Korean)
- Lim, S.J., Park, H.S. and Cha, B.G., 2015, A Comparative study on traditional mineral pigments of Japan and China with Conservation Scientific Analysis. Conservation of Art, 2, 61~78. (in Korean with English abstract)
- Moon, S.Y., 2010, A study of pigments applied on paintings since the mid-Joseon Dynasty. doctorate's Thesis, Chungang University, 1~7. (in Korean with English abstract)
- Park, H.S., 2011, A Study on the Major component of Suihi Pigment using Scientific Analysis Methods. Master's Thesis, Yong-in University. (in Korean with English abstract)
- 河北倫明, 林功, 箱崎睦昌, 1997, 画材と技法, 同朋舎. (in Japanese)

비파괴 분석법을 이용한 근대 유화작품의 과학적 분석: 이쾌대 유화작품을 중심으로

박혜선¹, 김정흠, 임성진

국립현대미술관 작품보존미술은행관리과

Scientific Analysis of Modern Oil Paintings by Using Nondestructive
Analytical Method
- Focus on Quede Lee's Oil Paintings -

Park Hyesun¹, Kim Jungheum, Lim Sungjin

**Department of Conservation and Art Bank, National Museum of Modern and
Contemporary Art, Gwacheon, 13829, Korea*

¹Corresponding Author: pakeke@korea.kr, +82-2-2188-6326

초록 이쾌대(1913~1965)는 경상북도 칠곡 출신으로, 유화를 동양적인 기법으로 변용시켰을 뿐만 아니라 전통적인 미도 탐구하여 한국근대미술사에서 거장의 위치를 차지하는 작가이다. 1950년 한국 전쟁 이후 북한으로 간 뒤로 오랫동안 남한에서는 금기인물로 규정되어 이름을 언급하는 것조차 금지되어 존재도 잊혀져 있었지만, 1988년 월북인물 해금조치가 된 뒤 1991년 유족들이 그동안 보관해 두었던 작품들로 개인전이 열리자 한국미술계에 굉장한 충격을 주었다. 그 대표 작품들 중에 인물들의 살색이 녹색으로 표현되어있는 작품 〈무희의 휴식〉, 〈2인 초상〉 2점을 선별하여 사용된 물감의 안료 성분에 대해 재료적 특성을 확인하고, 이를 기초로 녹색 표현의 변색 관련 여부와 작가 이쾌대의 독자적인 기법과 비교하여 알아보는 것을 목적으로 하였다.

영상현미경으로 작품의 백색과 녹색을 중점으로 물감 채색방법을 관찰하였으며, 자외선 촬영으로 작품에 대한 상태와 색 맞춤 흔적, 적외선 촬영으로 바탕층에 존재하는 드로잉을 관찰하였다. XRF로 성분분석은 영상현미경 분석위치와 동일하게 진행하였으며, 이를 토대로 XRD 분석결과를 통해 녹색으로 관찰되는 얼굴 부분은 백색물감의 변색이 아닌 인위적으로 녹색을 혼합하여 표현하는 이쾌대의 독특한 기법으로 확인하였다.

주제어: 이쾌대, 무희의 휴식, 2인 초상, 성분분석

Abstract Quede Lee(1913~1965), from Chilgok, Gyeongsangbuk-do, takes the position of master in Korean modern art history, who has not only transformed oil paintings into oriental techniques, but also has explored the traditional beauty. After defecting to North Korea since the Korean War in 1950, in South Korea he was defined as a taboo figure; it was forbidden to mention his name, and he was forgotten. After the lifting of the ban on defectors to North Korea in 1988, his solo exhibition was held with his art works that the bereaved family has kept for a long time in 1988, which gave a shock to the Korean art world. For this study, among the representative works, two were selected: <The Rest of the Dancer>, <Portrait of Two People> whose skins are expressed in green. The purpose of this study is to identify material characteristics of the pigment components of the used paints, to investigate whether the color has changed into green or not, and to compare with Quede Lee's original technique. Coloring method was examined by an imaging microscope focusing on the white and green of the work; the state of the work and color matching trace, and drawing on the background layer were observed with UV rays photography and infrared photography respectively. Component analysis through XRF was carried out in the same position as the imaging microscope analysis; considering the result of XRD analysis, the face part observed in green was identified as Quede Lee's unique technique to express artificially blended green color rather than the discoloration of the white color.

Keyword : Quede Lee, The Rest of the Dancer, Portrait of Two People, component analysis

1. 서 론

이쾌대는 경북 칠곡 출신으로 1930~1940년대 시대에 대한 통찰과 비전, 신비한 고전미와 모던한 감성, 주제에 대한 독특한 발상을 작품 속에 구현한 한국 근대미술가 속에서 보기 드문 경향의 화업을 보여주었던 작가이다(Kang et al., 2011).

그는 해방 후 정치·사회사의 혼란한 현실에 시대정신을 담아 낸 화가로, 1988년 월북화가 해금을 통해 그가 세상에 드러났을 때 비로소 해방공간 시기의 한국 미술사를 완성할 수 있었다. 또한 이쾌대는 인물을 일관된 주제로 작업한 뛰어난 인물화가이다. 그는 인물화에 지속적인 애정을 가지고 있었고, 인물의 형상뿐만 아니라 정신과 심리를 그려내는 데 능한 화가였다. 서구미술을 받아들이는 수용초기인 근대기에 활동하였던 서양화가로, 자주적 입장에서 서양화를 수용하려는 고민을 가지고 있었다. 물론 그에게도 그 시대의 화가들처럼 서구미술을 수용하고 학습하는 시기가 있었으며, 당시 후기인상주의나 야수주의 화풍을 따르는 작품들을 선보이기도 하였다.

이쾌대는 서양화를 그리면서 항상 민족성을 생각하여 주제에 대한 고려로 발현되기도 하였고, 유화기법을 우리의 한국화 방식과 접맥하는 것으로 나타나기도 하였다. 무조건적인 서양화의 수용이 아니라 이쾌대의 이러한 고민이 그를 근대기 고유 화풍을 이룬 독창적인 화가로 만들었다(Lee et al., 2015).

1.1. 연구목적

국립현대미술관에서 2015년 광복 70주년을 기념하여 이쾌대를 조명하는 '거장 이쾌대, 해방의 대서사' 전시가 2015년 7월 22일부터 11월 1일까지 개최되었다. 전시되었던 그림들은 대략 1930년에서 1950년 무렵까지 20여 년에 걸쳐 제작된 작품들로 그 작품들 중 〈무희의 휴식〉 1937년 作, 〈상황〉 1938년 作, 〈운명〉 1938년 作, 〈2인 초상〉 1939년 作 등은 다른 작품들과는 다르게 인물들의 살색이 녹색으로 표현되어 있는 특이한 점이 발견되었다. 이쾌대 전시와 관련하여 연계 학술세미나에서 이쾌대 작품의 백색과 녹색 조화 의미에 대한 의견들이 이논란이 되었다. 이는 색의 자율성을 위해 전통적 방식으로 회화 개념을 적극적으로 활용하고 있다는 것으로 백색과 녹색으로 작품을 효과적으로 암시, 전달하기 위해 설정된 상징으로서의 색이라는 의견이 분분하였다.

그 대표 작품들 중 분석이 가능한 30년대 작품 〈무희의 휴식〉, 〈2인 초상〉 두 점을 선별하여 사용된 물감의 성분에 대한 재료적 특성을 확인하고, 이를 통해 녹색으로 관찰되는 얼굴 부분이 백색물감의 변색 관련 여부와 이쾌대의 독자적인 그림 기법과 비교하며 알아보는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구방법

2.1. 대상작품

Figure 1의 작품 〈무희의 휴식, 1937년〉은 이쾌대가 제국미술학교 5학년이던 1937년 학내 그룹전인 로쿠호샤 전람회에 출품했던 작품으로, 이쾌대는 이 그림을 다시 졸업 작품으로 출품하여 비교적 좋은 성적을 받았다. 그동안 관심을 기울여 온 인물화의 성과가 잘 드러나는 이 그림은 단장을 마치고 곧 있을 공연을 기다리는 것으로 보이는 무희를 그렸는데, 무희의 단단한 눈빛에서는 의미를 알 수 없는 결의가 느껴지는 그림이다. 무희가 입고 있는 녹색 원삼, 색동 한삼, 녹색 화관 등은 전통적인 궁중무복으로 복식에 대한 묘사가 구체적이고 자세하여 이쾌대가 전통 복식에 상당한 이해를 갖추고 있었음을 알 수 있다. 인체의 형태에 대한 이해, 인물을 둘러싼 분위기의 묘사, 조선의 전통을 소재로 다루는 방식 등에서 이쾌대 특유의 작품 세계가 자리잡아가고 있음을 잘 보여준다(Lee et al., 2015).

Figure 2의 작품 〈2인 초상, 1939년〉은 이쾌대와 유갑봉의 부부 초상화로 이쾌대는 부인을 정면에 내세우고 그 뒤편으로 자신을 그림자처럼 그려 넣었다. 유갑봉은 붉은 저고리에 흰 치마를 입고 이쾌대는 파란 넥타이를 하고 있지만 화면은 전체적으로 어둡게 되어 있다. 이쾌대는 비스듬히 등을 기대고 앉아 화면 너머를 응시하고 있는 반면, 유갑봉은 고개를 앞쪽으로 돌려 정면을 응시하고 있다. 또한 유갑봉의 얼굴은 매끈하고 부드럽게 처리된 반면, 붉은 저고리는 두터운 물감으로 거칠게 표현하고 흰 치마는 얇은 물감으로 가볍게 처리하면서 가는 필선과 캔버스 천을 노출시키고 있다. 두 인물 뒤로 보이는 배경도 어디인지 가늠할 수 없을 정도로 거칠게 처리했다. 이쾌대는 1939년 조선으로 돌아와 4월 경성 화신화랑에서 열린 제2회 재동경미술협회전에 이 그림을 출품했다. ‘1939.4 QOEDE LEE 二人肖像’ 서명이 동양화의 모필로 쓰여 있는 점도 주목된다(Lee et al., 2015).

이쾌대는 부인인 유갑봉을 모델로 한 작품들을 다수 제작하였는데 근대미술 중에 부인을 이쾌대만큼 자주 작품 속에 등장시키는 화가는 없었다. 부인은 많은 작품 속에서 작가의 창작활동의 뮤즈이자 인물 연구·연습의 대상이 되어 주었다. 작가가 부인을 그린 초상은 이 외에도 부인의 이니셜 ‘K P R’을 써넣은 〈빨간 외투 입은 여인〉, 〈쪽진 머리 부인〉 등이 있는데, 화법의 변화 등을 고려했을 때 어느 한 시기가 아닌 작가의 창작기간 내내 부인을 모델로 그렸음을 알 수 있다(Kang et al., 2011).

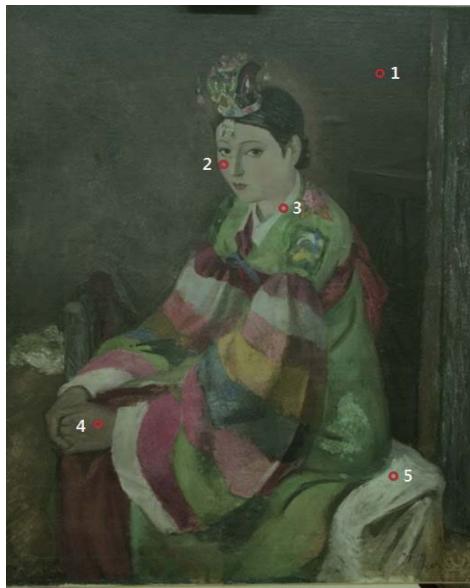


Figure 1. Rest of a Dancer and microscope points for component analysis.



Figure 2. Two portraits and microscope points for component analysis.

2.2. 분석방법

2.2.1. 광학적 관찰

육안으로 확인이 어려운 표현기법과 재질 그리고 손상상태 등은 작품에 사용된 물감의 정확한 색상 관찰을 위해 영상현미경, 자외선, 적외선 관찰 등에 의한 과학적 조사 를 통해 정보를 얻을 수 있다.

영상현미경(KH-7700, HIROX社)으로 작품 물감층을 확대 관찰하여 바탕재료가 가지는 재질 특성, 안료의 상태 그리고 채색방법에 대한 정보와 작품 물감층의 상태를 관찰 하였다. 자외선 조사는 작품에 존재하는 바니시의 유무와 상태, 색 맞춤과 덧칠한 흔적, 각종 오염 등을 관찰할 수 있었으며, 적외선 조사로 바탕층에 존재하는 드로잉, 숨겨진 작가의 서명, 보존처리 흔적 등을 확인하기 위해 관찰하였다.

2.2.2. 성분 분석

작품 특성상 비파괴 분석으로 진행하였으며 본 연구에서 유화물감의 성분 분석을 위하여 포터블 형광X선분석기(α -cam-4000, Innov-X system社)로 (이하 XRF) 안료의 기초 정성분석을 실시하였다. 분석조건은 Collimator의 직경 2mm, 전압 45keV, 측정시간은 60s로 하였다.

XRF 분석으로 얻어진 화학적 조성 정보에 기초하여 X선 회절분석(Duetto, InXitu社)을 통해 (이하 XRD) 대상 시료의 결정구조를 조사하였다. 분석조건은 X-ray target Cu, 주사속도 1.5° , $2\theta/\text{min}$, $10\sim55^\circ$, 가속전압 30keV이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 광학적 관찰

3.1.1. 영상현미경 관찰

영상현미경으로 녹색과 백색을 중심으로 관찰한 결과 <무희의 휴식>에서는 Figure 3-(a)은 Figure 1의 분석위치 1번은 바탕층을 관찰한 사진이며, Figure 3-(c)과 Figure 3-(e)는 Figure 1의 분석위치 (c), (e)번은 저고리 동전부분과, 의자를 채색한 백색을 관찰한 사진이다. 육안으로는 연한 녹색으로 보였던 Figure 3-(b)와 Figure 3-(d)는 Figure 1의 분석위치 2번 얼굴과 4번 손등은 녹색보다는 적색에 가까운 색을 띠는 것으로 관찰되었다. 또한 캔버스에서 채색층이 관찰되는 것으로 보아 물감 변색에 대한 흔적은 보이지 않았다.

<2인 초상>에서 영상현미경 관찰결과 Figure 4-(a)은 Figure 2의 분석위치 1번은 캔버스 면이 노출된 바탕부분을 관찰하였으며, Figure 4-(c)은 Figure 2의 분석위치 3번 저고리 동전, Figure 4-(d)는 Figure 2의 분석위치 4번 치마는 백색으로 관찰되었다. Figure 4-(b)는 Figure 2의 분석위치 2번 얼굴은 육안으로 관찰되는 것과 동일하게 진한 녹색으로 관찰이 되었다. 진한 녹색으로 관찰된 부분을 세부 관찰한 결과 채색이 고르게 된 것으로 보아 변색된 흔적은 찾아볼 수 없었다.

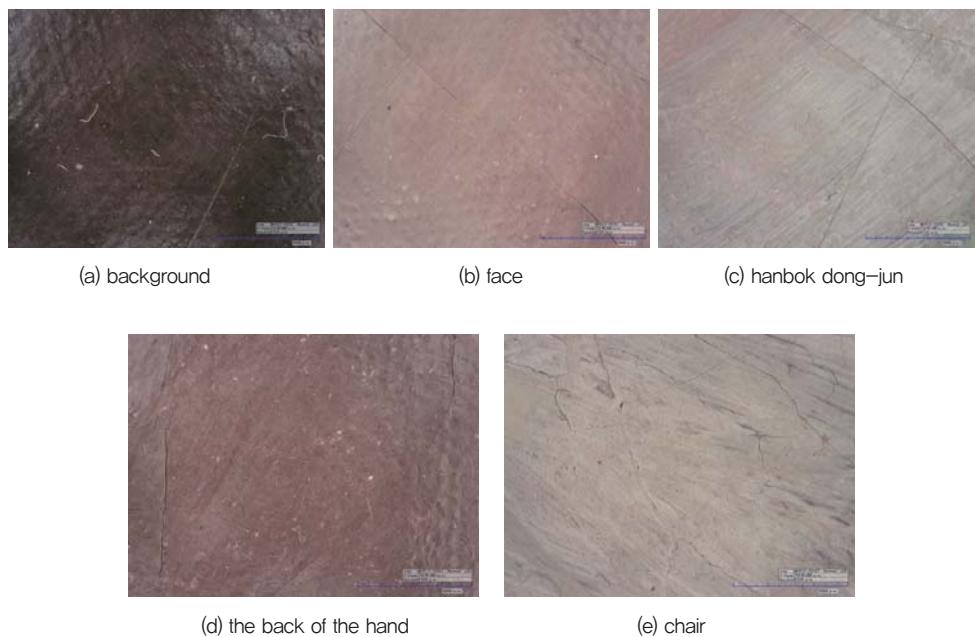


Figure 3. Microscope photographs of Rest of a Dancer.

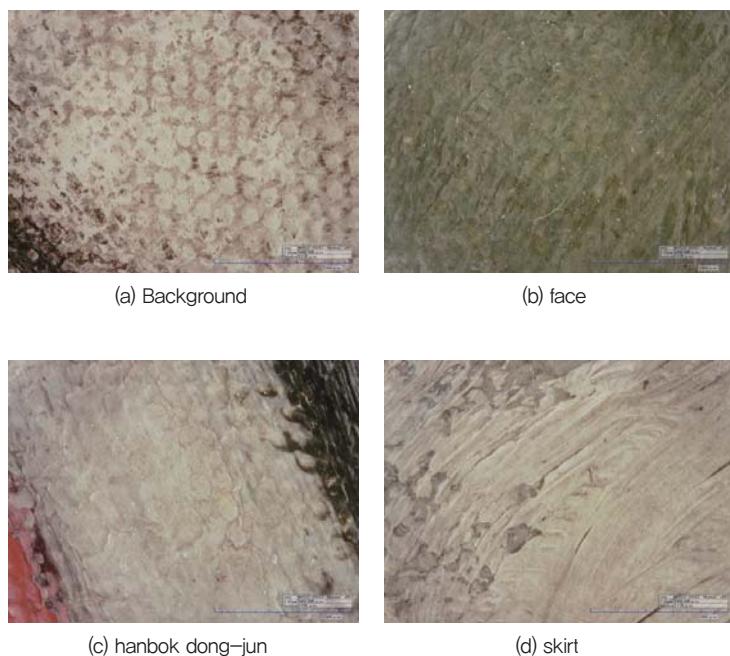


Figure 4. Microscope photographs of two portraits.

3.1.2. 자외선 촬영

〈무희의 휴식〉 작품을 자외선 촬영으로 회화작품의 표면 상태를 조사한 결과 Figure 5에서 작품의 잘못된 보관 상태로 인해 일정한 간격으로 검은 띠가 관찰된다. 또한 이 띠가 관찰되는 곳에 지지체 및 물감층 손상이 발견되었다. Figure 6~8에서 〈2인 초상〉은 자외선에 반응하여 검게 나오는 부분은 그림이 그려진 후 일정 시간이 지난 뒤 다시 물감이 칠해진 부분으로 작품이 박락되어 색맞춤을 한 것으로 확인이 되었다.



Figure 5. Ultraviolet photograph of Rest of a Dancer



Figure 6. Ultraviolet photograph of two portraits.

3.1.3. 적외선 촬영

Figure 7과 8에서 적외선 관찰 결과 두 작품 모두 밑그림 선은 발견되지 않았다. 이 결과로 보아 〈무희의 휴식〉, 〈2인 초상〉이 그려졌던 1930년대 작품들은 밑그림 선 없이 바로 채색을 했던 것으로 추정된다.

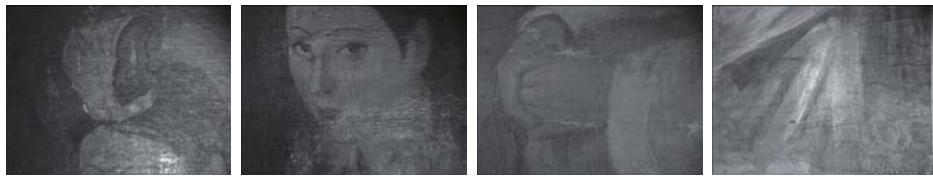


Figure 7. Infrared photographs of Rest of a Dancer.

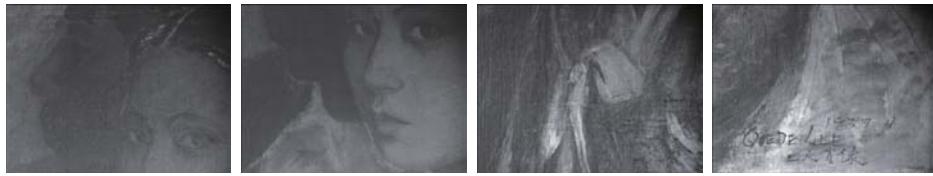


Figure 8. Infrared photographs of two portraits.

3.2. 성분분석

3.2.1. XRF 분석

성분분석 위치는 영상현미경 관찰 위치와 동일하게 백색과 녹색을 중심으로 분석하였으며 자외선 관찰로 색맞춤이나 작품이 수리된 부분을 참고하여 정확한 분석위치를 선별할 수 있었다. 성분별 검출결과는 Table 1에 정리 하였다.

〈무희의 휴식〉에서 영상현미경 관찰로 분석대상이 백색으로 확인된 얼굴, 저고리 동전부분, 의자와 〈2인 초상〉의 저고리 동전, 치마부분이 모두 바탕층에 비교하여 납(Pb)의 함량이 높게 측정되었다. 따라서 납(Pb)과 관련된 백색 안료를 사용한 것으로 추정된다.

〈2인 초상〉에서 영상현미경 관찰로 분석대상이 녹색으로 확인된 얼굴은 바탕층에서 검출되지 않았던 크롬(Cr)이 검출되었고, 납(Pb)이 높게 측정되는 것으로 보아 크롬계통의 녹색 안료와 납과 관련된 백색 안료를 혼색하여 채색한 것으로 추정된다.

Table 1. XRF analytical data of samples.

| Name of work | Color | Sample number | Sample name | Element(PPM) | | | | | | | |
|------------------|-------|---------------|----------------------|--------------|-------|-----|-------|------|-------|-------|--------|
| | | | | Ca | Ti | Cr | Fe | Cu | Zn | Ba | Pb |
| Rest of a Dancer | – | 1 | Backg round | 36993 | 68145 | 827 | 10448 | 473 | 35327 | 22318 | 37791 |
| | White | 2 | face | 4811 | LOD | 714 | 5229 | LOD | 30623 | 472 | 439283 |
| | White | 3 | hanbok dong-jun | LOD | LOD | 500 | 708 | LOD | 27349 | LOD | 716402 |
| | White | 5 | Chair | 41774 | 1599 | 579 | 246 | LOD | 17073 | 564 | 599537 |
| | Green | 4 | the back of the hand | 5413 | 1422 | 764 | 5293 | 1214 | 23833 | 781 | 311224 |
| Two portraits | – | 1 | Back ground | 2415 | 26972 | LOD | 75 | LOD | 8730 | 25578 | 5266 |
| | White | 3 | hanbok dong-jun | LOD | LOD | LOD | 5771 | 1118 | 14699 | LOD | 360507 |
| | White | 4 | skirt | LOD | LOD | 90 | 1075 | 8078 | 6848 | 269 | 552829 |
| | Green | 2 | face | LOD | LOD | 843 | 15083 | LOD | 20937 | 565 | 344227 |

3.2.2. XRD 분석

XRF 분석에서 색상의 성분을 확인한 위치에 화합물의 동정을 위해 XRD 분석을 실시하였다. 분석결과 Figure 9 <무희의 휴식>에서 납(Pb)의 함량이 높았던 분석번호 4번 손등에서는 2θ 21°, 25°, 27°, 33°, 34°, 36°, 40°, 43°, 44° 부근에 Hydrocerussite [$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$]의 특성피크가 검출이 되어 주된 화합물로 확인되었다. 분석번호 5번 의자에서는 2θ 23°, 30°, 36°, 39°, 43°에 특성피크가 나타나는 Calcite(CaCO_3) 와 2θ 21°, 25°, 27°, 33°, 34°, 36°, 40°, 43°, 44° 부근에 Hydrocerussite [$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$]의 특성피크가 검출이 되어 XRF 성분결과와 일치하는 결과를 보여준다. 여기서 Hydrocerussite는 염기성 탄산납으로 납의 부식물로 안료로도 검출이 된다(Chang et al., 2014).

Figure 10에서 <2인 초상> 분석번호 4번 치마는 2θ 21° , 25° , 27° , 33° , 34° , 36° , 40° , 43° , 44° 부근에 Hydrocerussite [$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$]의 특성피크가 검출이 되어 백색안료가 사용된 것으로 확인되며, 분석번호 2번 얼굴은 2θ 26° , 30° , 35° , 40° 부근에 Crocoite (PbCrO_4)와 2θ 21° , 25° , 27° , 33° , 34° , 36° , 40° , 43° , 44° 부근에 Hydrocerussite [$\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$]가 검출되어 Cr, Pb 성분에 기인하는 것으로 보이는 특성피크들도 확인된다.

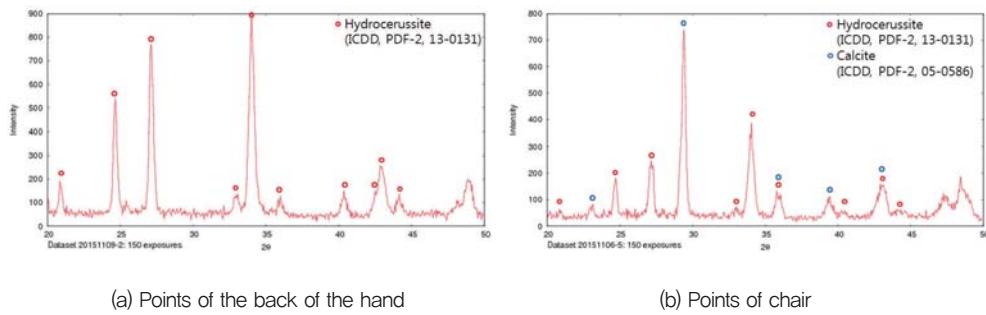


Figure 9. XRD spectrum of Rest of a Dancer.

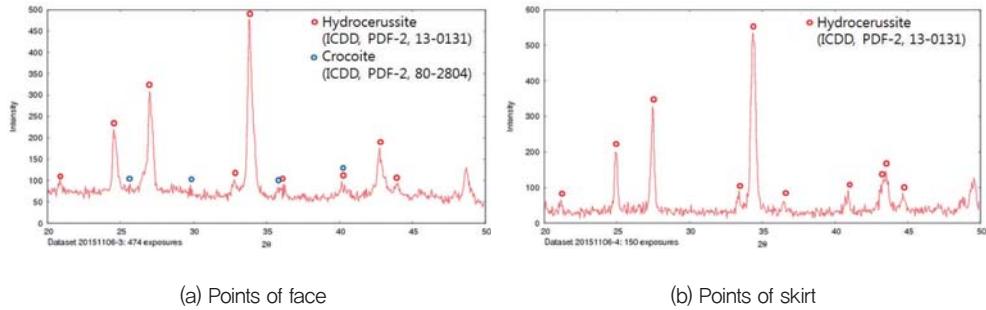


Figure 10. XRD spectrum of two portraits.

4. 결론

4.1. 작품의 광학적 관찰

이쾌대 작품의 물감 색상을 백색과 녹색으로 명확하게 구분하고 채색방법을 알아보기 위해 영상현미경 관찰을 한 결과 〈2인 초상〉 작품에서만 얼굴 이마부분이 진한 녹색으로 관찰되었다. 두 작품 모두 채색이 고르게 된 것으로 보아 물감 변색에 대한 흔적은 없었다. 자외선 촬영으로 작품의 표면 상태를 조사한 결과 〈무희의 휴식〉은 작품의 잘못된 보관 상태로 인해 지지체 및 물감층 손상이 발견되었다. 〈2인 초상〉은 자외선에 반응하여 작품이 박락된 부분을 확인하였으며 색맞춤을 한 흔적을 관찰할 수 있었다. 적외선 촬영 결과 두 작품 모두 밀그림 선은 발견되지 않아 밀그림 선 없이 바로 채색을 했던 것으로 추정된다.

4.2. 작품의 성분 및 결정구조

XRF 분석결과 〈무희의 휴식〉과 〈2인 초상〉에서 백색으로 관찰된 부분은 바탕층과 비교하여 납(Pb) 함량이 높게 검출되었다. 〈2인 초상〉에서 녹색으로 관찰되었던 얼굴 부분은 녹색 물감 성분인 크롬(Cr)이 검출되었으며, 납(Pb) 함량이 높게 검출되는 것으로 보아 백색 물감과 혼합하여 채색한 것으로 추정된다.

XRD 분석결과 〈무희의 휴식〉, 〈2인 초상〉에서 납(Pb) 함량이 높았던 분석위치는 Hydrocerussite가 주된 화합물로 확인되었다. 또한 〈2인 초상〉에서 크롬(Cr)과 납(Pb)이 검출되었던 녹색부분은 Crocoite와 Hydrocerussite가 주 화합물로 확인되어 녹색물감은 크롬 크린, 백색물감은 실버화이트가 사용된 것으로 추정된다. 분석결과로 보아 녹색으로 관찰되는 얼굴 부분은 백색물감의 변색이 아니라 녹색을 섞어서 표현하는 이쾌대의 독특한 기법으로 판단된다.

해방 전 세대의 작가들 경우, 당시의 작품이 온전히 남아있는 예는 거의 없는 편이다. 태평양 전쟁과 6.25 전쟁으로 인해 많은 작품들이 소실되고 훼손되었기 때문이다. 이런 사정을 감안한다면 이쾌대의 작품이 그것도 주로 해방 직전에서 해방 공간에 이르는 시기의 것이 그토록 많이 유존되었다는 것은 기적에 가까운 일이 아닐 수 없다. 그로 인해 이쾌대의 존재는 우리 미술사에서 되살아날 수 있게 되었고, 그에 대한 전시와 연구도 온전히 이루어 질 수 있게 되었다(Lee et al., 2015). 본 연구에 포함된 이쾌대 작품은 2점으로 한정되어 있기 때문에 작가의 표현기법 연구에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 하지만 분석결과를 중심으로 근현대 미술품의 데이터가 축적된다면 미술품 보존처리 및 미술사 연구에 객관적 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

Chang, Y.H., Yon, E.Y. and Kim, S.Y., 2014, Scientific Study on Materials and Painting Techniques of Portrait of Sim Huisu, CONSERVATION SCIENCE IN MUSEUM, VOL.15, 96~121. (in Korea)

Daeguarmuseum, 2011, Leeqoede : painting, Daeguarmuseum, coxcom, daegu, 112~119. (in Korea)

Kim jin-song, 1995, Lee Quede. youlhwadang, Paju. (in Korea)

National Museum of Modern and Contemporary Art, Korea, 2015, Lee Quede – An Epic of Liberation. dolbegae, Paju, 16~43. (in Korea)

국립현대미술관 보존과학 연구지
미술 작품의 보존 3
Conservation of Art

발행일 2017년 2월 28일

발행처 국립현대미술관

발행인 바르토메우 마리

총괄 임성진

진행 및 편집 박소현, 허보람, 김정흠

편집·디자인 (주)이오북스

국립현대미술관

(13829) 경기도 과천시 광명로 313

전화 : 02-2188-6000 팩스 : 02-2188-6122

* 이책에 실린 내용은 필자 및 국립현대미술관의 동의 없이
무단 전재할 수 없습니다.

발간등록번호 11-1371033-000007-10

ISSN 2288-7539