

고문헌 산출지 백토로 제조된 백토안료의 특성 연구

강영석 | 문성우 | 정혜영¹
국립문화재연구소 복원기술연구실

The Characteristics of the White Clay Pigment Manufactured from the White Clay of Producing Area Recorded in Old Documents

Yeong Seok Kang | Seong Woo Mun | Hye Young Jeong¹

Restoration Technology Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 34122, Korea

¹Corresponding Author: elisul@korea.kr, +82-42-860-9348

초록 고문헌에 기록된 산지 정보를 바탕으로 현지조사를 실시하고, 조사결과를 바탕으로 강원도, 경상도 지역 등에서 총 6개의 시료를 확보하였다. 확보된 시료를 대상으로 수비를 통해 백토안료를 제조하고, 물성 및 기능성 평가를 실시하였다. 백토안료의 주요 구성광물을 분석한 결과, YBW, HBW, MCW는 석영, 장석 등으로 이루어져 있으며, SGW, HOW, HGW는 카올리나이트, 일라이트 등의 점토광물이 주 구성광물을 이루는 것으로 확인되었다. 백토안료 HGW는 색도에서 가장 높은 92.9의 L*값을 보였고, HOW와 HGW는 각각 94.1%, 89.6%의 높은 은폐율을 나타냈으며, 270.3 mm와 223.3 mm의 우수한 발림성을 갖는 것으로 확인되었다. 전체적으로 카올리나이트, 일라이트 등이 주 구성광물을 이루는 HGW, HOW, SGW의 경우, 색도, 은폐력, 발림성 등에서 우수한 특성을 보였으며, 단청용 백색안료로서 활용가능성이 높은 것으로 판단된다.

중심어: 백토, 단청안료, 은폐력, 발림성, 카올리나이트

ABSTRACT An investigation on the records of old document was conducted to identify the producing area of white clay and there were on-the-spot surveys to secure raw materials of white clay pigment. Based on the survey results, six raw materials were obtained from the region of Gangwon-do and Gyeongsang-do, South Korea and white clay pigment was subsequently manufactured by applying the hydraulic elutriation method. The results show that the major constituent minerals of YBW, HBW, and MCW were quartz and plagioclase, whereas SGW, HOW, and HGW were composed of clay minerals such as kaolinite and illite. HGW showed the highest L*-value of 92.9. HOW and HGW showed an opacity of 94.1% and 89.6%, respectively, and they had excellent spreadability (270.3 mm and 223.3 mm, respectively). Therefore, HGW, HOW, and SGW have excellent characteristics in terms of color, opacity, and spreadability, and are considered to be highly applicable as white pigments for the Dancheong.

Key Words: White clay, Dancheong pigment, Opacity, Spreadability, Kaolinite

1. 서론

전통적으로 회화 및 건축물에 사용된 백토안료는 자연에서 얻어지는 백색의 점토질 토양을 이용하여 만든 대표적인 천연 무기안료이다(Kang *et al.*, 2016). 전통 안료로서 백토는 일반적으로 고평토(kaolin)를 주성분으로 하는 백색안료를 지칭하며 예부터 벽화를 비롯하여 사찰 등의 단청에 백색 또는 혼합안료로 사용되었다(Jeong, 2001). 1990년대 이후 벽화, 불화, 초상화, 단청 등 다양한 채색문화재의 안료에 대한 분석연구를 통해 전통 안료로서 석간주, 진사, 뇌록 등과 함께 백색안료인 백토에 대한 분석결과도 일부 보고되고 있다. Lee *et al.*(2012)은 송광사 소조 사천왕상의 안료 분석에서 Ca와 Si를 주성분으로 하는 백토를 동정한 바 있으며, Han *et al.*(2014)은 관룡사 약사전 단청안료의 구성원소 분석을 통해 백색 및 육색에서 백토의 사용을 확인한 바 있다.

한편, 우리의 전통을 찾고 복원하려는 사회적 요구에 부응하여 안료 분석 연구와 함께 전통 안료의 재현과 복원을 위한 연구도 활발히 진행되고 있다(Lee, 2015). 전통 안료의 재현을 위해서는 원재료에 대한 정보와 제작 방법에 대한 정보가 필수적인데, 이를 위해서 고문헌 기록을 바탕으로 전통안료의 제조 방법, 산지, 사용처 등에 관한 조사연구가 보고되고 있다(Jang, 2005; You, 2013).

단절된 전통 단청안료를 재현하기 위해서는 우선 고문헌 기록에서 정확한 산지 정보와 제법에 관한 정보를 확인해야 하며, 산지에 대한 현지조사를 통해 시료를 확보해야 하고, 정확한 제조기술을 재현할 필요가 있다. 전통 단청안료 중 재현을 위한 연구가 어느 정도 진행된 것으로 알려진 석간주와 뇌록의 경우, 비교적 정확한 산지에 대한 기록을 바탕으로 산지에서 시료를 확보하여 원재료의 특성에 대한 연구는 일정 수준으로 진행된 상태이다(Do *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2008). 하지만 석간주와 뇌록의 경우도 정확한 제조기술과 안료의 색상, 입도 등에 관해서는 지속적인 연구가 요구되는 상황이다.

본 연구는 전통 단청안료 중 백색안료인 백토의 재현을 위한 연구의 일환으로 진행되었으며, 우선적으로 백토의 산지 및 백토안료 제법에 관한 고문헌 조사를 실시하여 일부 기록을 확인하였다. 문헌기록에 나타난 백토는 주로 백자용 점토로 이용되었으며, 수비하여 안료로도 사용되었다(Moon, 2010). 단청용 안료로 사용된 백토에 관한 연구는 안료 분석 연구를 통해 일부 연구가 수행되었을 뿐이다.

백토안료의 제법은 물론이고, 안료의 백색도, 입도 등에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다. 본 연구에서는 고문헌 조사를 통해 확인된 백토의 산지정보를 바탕으로 확보한 시료를 이용해 백토안료를 제조하고, 제조된 백토안료의 물성 및 기능성 평가를 수행함으로써 단청용 백토안료로서 활용가능성을 확인하고자 하였다.

2. 연구 방법

2.1. 산출지 조사

원재료 확보를 위한 산출지 선정을 위해 고문헌 조사, 관련 연구자료 조사 등의 문헌조사를 실시하였다. 고문헌 조사는 서울대학교 규장각과 한국학중앙연구원 장서각의 D.B. 자료를 중심으로 이루어졌으며, 이재난고(麗齋亂藁), 일성록(日省錄), 실록(實錄), 지리지(地理志), 각사등록(各司謄錄), 내각일력(內閣日曆) 등 총 333종의 고문헌이 포함되었다. 고문헌조사를 통해 확인된 지명과 관련 연구자료를 참고하여 현지조사를 실시하고 연구대상 원재료를 선정하였다.

2.2. 안료제조

원재료를 이용한 안료의 제조는 수비방법을 통해 이루어졌다. 2 L 플라스틱 비커에 원재료 300 g을 넣고, 증류수를 부어 2 L 눈금까지 채웠다. 원재료의 뭉친 덩어리를 충분히 풀어주고 혼합한 후 떠오른 불순물을 제거했다. 유리 막대를 이용해 잘 혼합하고 일정시간(60초) 동안 침전시켰다. 침전시간은 한국산업표준(KS)에 규정되어 있는 도료용 안료의 품질기준을 참고하여 45 μm 이하 입자를 선별하기 위한 조건으로 설정하였다. 침전시간 경과 후 상등액 1 L를 따라내 수집하고, 다시 증류수를 2 L 눈금까지 채운 후, 혼합, 침전 후 따라내는 과정을 반복 수행하였다. 침전 시간 후 상등액이 투명해지는 시점에서 작업을 종료하였다. 수집한 수비액을 24시간 동안 침전시킨 후 상등액을 따라내고 침전물을 건조하고 이를 해쇄해 안료를 제조하였다.

2.3. 성분분석

2.3.1. XRD

연구대상 시료의 구성광물 분석을 위해 XRD(X-ray diffraction)

분석을 실시하였다. 분석기기는 Panalytical사의 Empyrean X-선 회절분석기가 이용되었으며, 흑연 단색화된 파장 (CuK $\alpha = 1.5406 \text{ \AA}$)을 사용하였다. 시료를 분석한 측정 조건은 40 kV/40 mA의 출력으로 5~80° 2-theta 구간에서 주사간격 0.02°, 주사시간 1초로 설정하여 연속스캔 (continuous scan) 방식으로 회절값을 기록하였다. 이 때 슬릿은 Divergence slit 1°, Anti scattering slit 0.5°로 고정하였다.

2.4. 물성평가

2.4.1. 색도

본 연구에서는 바인더의 영향을 배제하고 안료 자체의 색상을 측정하기 위해 에탄올과 안료를 혼합하여 도포한 후, 에탄올이 휘발되고 남은 안료 채색층을 대상으로 Konica Minolta사의 색차계(CM-600d, Japan)를 사용하여 색상을 측정하였다.

2.4.2. 입도분포

안료의 입도분포 분석을 위해 레이저 회절기술을 적용한 Malvern사의 입도분석기(Mastersizer 2000, England)를 사용하였다. 0.2 g의 안료에 분산액(4% Sodium hexametaphosphate) 20 ml를 가해 충분히 혼합하여 분석시료를 준비했다. Mastersizer 2000는 레이저 광선이 분산된 미립자 시료를 통과할 때 산란되는 빛의 세기를 측정해 입자 크기를 구하고 Mie이론과 Fraunhofer Approximation을 통한 산란 방식을 대입하여 입자의 분포도를 나타낸다.

2.4.3. 흡유량

흡유량은 안료 100 g을 아마인유로 반죽할 때, 분말상

태에서 최초로 한 덩어리(paste)가 되는데 소요되는 아마인유의 양을 ml로 나타낸 값이다. 실제 흡유량은 아마인유가 안료의 표면을 둘러싸고 다시 안료 입자간 공간을 채우는데 필요한 아마인유의 양이다. 본 연구에서는 KS M ISO 787-6(안료와 체질 안료의 일반 시험방법 - 제5부: 흡유량의 측정)에 따라 각 안료의 흡유량을 측정하였다.

2.5. 기능성평가

2.5.1. 은폐력

은폐력은 안료를 흑색 및 백색 소지(substrate)에 거의 동일한 두께로 도포하고 이를 건조한 후 흑색과 백색 소지 면에서의 반사율의 비율로 측정한다. 본 연구에서는 KS M ISO 2814에 의거 하여 은폐력을 측정하였다. 알아교(봉황, Japan)를 이용해 제조한 10% 아교수와 안료를 1:0.8 비율로 혼합하고 어플리케이션과 자동도공기(QRAMCM- 501, Korea)를 사용하여 100 μm 두께로 도포한 후, 약 24시간 동안 자연건조하고 색차계(CM-600d, Japan)의 은폐율 측정모드를 적용하여 은폐율을 측정하였다.

2.5.2. 발림성

도료의 발림성은 작업성과 관계되는 특성이며, 일반적으로 안료의 흡유량, 안료와 교착제의 배합비, 교착제의 점도 등의 영향을 받는다. KS 표준에 규정되어 있는 관련 표준은 도료의 붓 작업성, 스프레이 작업성에 관한 규정이 있지만, 실제 판단은 작업자의 판단에 의존하고 있다. 본 연구에서는 복사용지(A4) 위에 알아교(봉황, Japan)를 이용해 제조한 10% 아교수와 1:0.8 비율로 배합한 안료 1.0 ml를 지름 2 cm 원 안에 떨어뜨린 후 필름 어플리케이션과 자동도공기(QRAMCM-501, Korea)를 이용하여 100 μm

Table 1. Producing area of white clay recorded in old documents

Producing Area	Source
Bongsan, Hwanghae-do	Volume 20, Annals of King Sejong
Goseong, Gyeongsang-do	Volume 36, Annals of King Sejong
Ungcheon, Gyeongsang-do	Volume 31, Annals of King Sejo
Gyeongju, Gyeongsang-do	Volume 13, Annals of King Sukjong
Yanggu, Gangwon-do	Volume 47, Annals of King Sukjong
Jinju, Gyeongsang-do	Volume 54, Annals of King Sukjong
Cheongsong, Gyeongsang-do	Volume 150, book 54 Geography section of the Annals of King Sejong

Table 2. Sampling site list

Sample	Field of material	Remarks
YBW	Bangsang-myeon, Yanggu-gun, Gangwon-do	Refer to old documents
SGW	Geumseo-myeon, Sancheong-gun, Gyeongsangnam-do	Refer to old documents
HBW	Bukcheon-myeon, Hadong-gun, Gyeongsangnam-do	Refer to old documents
HOW	Okjong-myeon, Hadong-gun, Gyeongsangnam-do	Refer to old documents
HGW	Gaya-myeon, Hapcheon-gun, Gyeongsangnam-do	Kaolin producing area
MCW	Cheonggye-myeon, Muan-gun, Jeollanam-do	Hwangto producing area

두께로 도포하였다. 안료 도포 후 약 24시간 동안 자연건조하고, 도포된 안료의 길이를 측정하여 발립성을 평가하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 문헌조사

안료 관련 국내 문헌조사 조사결과 중 백색안료에 관련된 기록은 197건이며, 이 중 백토의 산지관련 기록은 7건이다. 세종실록, 세조실록, 숙종실록 등에서 백토의 산지에 관한 기록을 확인할 수 있다. 세조실록의 경우, 황해도(黃海道) 봉산(鳳山) 서면(西面)과 경상도 고성(固城)에서 백토가 난다고 기록하고 있다. 세조실록에는 경상도 경차관(慶尙道敬差官) 유완(柳緩)이 여러 고을의 산물(産物)과 함께 웅천현(熊川縣)의 빛이 나는 백토(白土)를 바쳤다는 기록이 있다. 또한, 장령(掌令) 신양(申穰)이 상소(上疏)하여 경주(慶州)의 백토(白土)를 채굴(採掘)하는 폐단을 아뢰었다는 기록과 양구(楊口)의 백토(白土) 파내는 역사를 재차 파(罷)하도록 명하였다는 기록이 숙종실록에 나타나 있다. 세조실록 지리지에 따르면 토산(土産)은 신감초(辛甘草)와 백토(白土)가 청부현의 북쪽 방광산동(放光山洞)에서 나고, 주토(朱土)가 송생현의 동쪽 쌍암사(雙岩寺) 북쪽 산의 거현(迭峴)에서 난다고 하였다. Table 1은 고문헌에 기록된 백토의 산지정보를 정리한 것이다.

3.2. 현지조사

3.2.1. 산출지

고문헌 기록을 바탕으로 국내 백토 산지에 대한 현지조사를 실시하였다. 고문헌에 기록되어 있는 백토의 산지 중 웅천은 경상남도 진해 지역의 옛 지명이며, 조선시대 고성

현은 현재 경상남도 고성군 지역이다. 숙종실록에 나타난 경상도 경주부는 경상북도 경주시 지역이며, 진주목은 경상남도 진주시 지역이고, 세종실록지리지의 경상도 안동 대도호부 청송군은 현재 경상북도 청송군이다. 경상도 지역의 고령토광상은 여러 원생대의 회장암질암(Kwon and Jeong, 1990)과 중생대 쥐라기의 우백질 반려암이 넓게 분포하는 경남의 산청, 하동, 단성, 합천, 경북의 고령 및 성주군 일부 지역에 다소 광범위하게 분포하고 있다(Jeong, 1982). 그중 합천-고령-성주를 포함하는 가야산 일대의 고령토의 경우, 백악기 관입암체에 의한 열수변질의 영향이 관여된 양상이 현저하게 나타나는 것으로 보고되고 있으며, 이와는 달리 하동-산청 지역은 풍화잔류형 고령토광상이 발달하는 것으로 알려져 있다(Noh, 2008). 경상도 지역의 고령토광상 대부분은 대규모로 개발되다가 광석고갈 및 채산성 확보 실패 등의 요인으로 개발이 종료되어 광석들이 잉여자원으로 방치되어 있거나, 2000년대 초반부터 광해관리공단에서 진행 중인 복원사업으로 인하여 공공시설이나 밭으로 개간되어 백토채굴의 흔적조차도 찾기 힘들게 된 곳이 늘어나고 있다(Moon *et al.*, 2016). 숙종실록에 기록되어 있는 강원도 양구현은 강원도 양구군의 옛 행정 구역이며, 이 일대에서 산출되는 백토는 ‘양구백토’로, 조선시대 백자 제작을 위한 원료로 알려져 있다. 양구백토의 채굴이 확인된 최초의 기록은 ‘서암사지’로 상납하는 백토의 채굴작업을 당시의 임금인 선조에게 상소하여 용전을 주고 사역케 했다고 한다(Jeong, 2010). Jeong(2010)은 양구군 방산면 현리 일대의 폐백토 더미를 발견하고, 이를 토대로 백토가 채굴된 지역을 추정한 바 있다. 현장조사를 통해 경상도 산청, 하동, 합천 지역 그리고 강원도 양구 방산면 지역에서 연구대상 시료를 확보하였다. 또한, 황토 산출지로 잘 알려진 전남 무안군에서 연구대상 시료를 추가 확보하였다(Table 2).

3.2.2. 시료채취

Figure 1은 시료 YBW의 산출지 전경 및 시료의 산출상태를 나타낸다. 이 지역은 양구백토의 산출지로서 강원도 양구군 방산면 일대에 위치하며, 현재는 더 이상 백토를 채굴하지는 않는다. 하지만 성곡령 정상부에 양구백토 산출이 확인되어 시료를 채취하였다.

Figure 2는 시료 SGW의 산출지 전경 및 시료의 산출상

태를 나타낸다. 이 지역은 경남 산청군 금서면에 위치하며, 산청지역에 특징적으로 발달하는 회장암의 풍화로 형성된 풍화잔류형 고령토 광상이다. 최근까지 채굴하던 흔적이 남아있지만 개발이 종료되어 채굴장 내 고품위광체와 저품위광체의 공간적인 위치 및 채굴 규모에 대한 정보 획득이 불가하였다. 다만 접근이 제한된 채굴장 입구 근처에 발달한 노두에서 적재된 광석의 물성에 가까운 백색도가 높

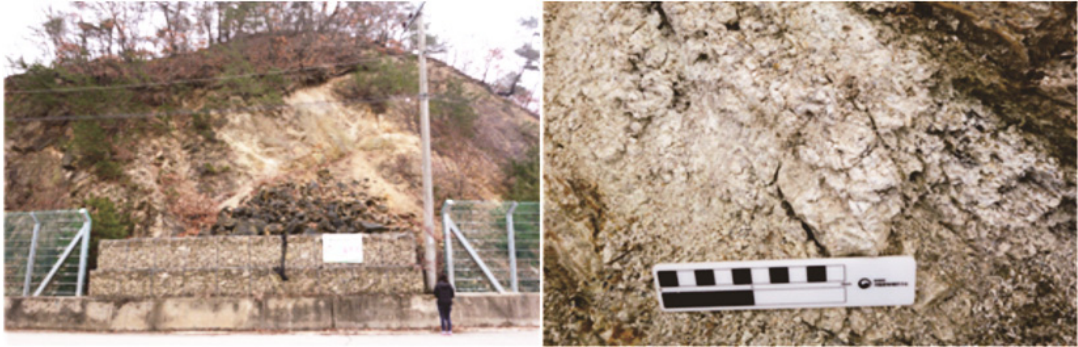


Figure 1. Sampling site and production status of sample YBW.



Figure 2. Sampling site and production status of sample SGW.

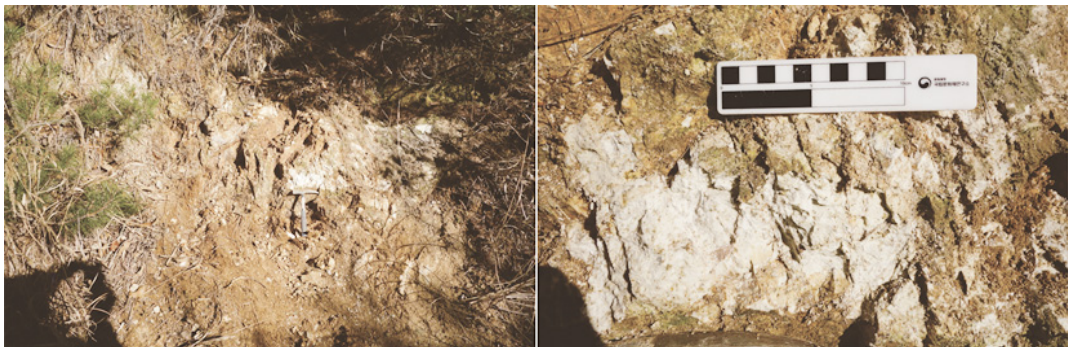


Figure 3. Sampling site and production status of sample HBW.

고 점성을 가지는 백토시료를 채취하였다.

Figure 3은 HBW의 산출지 및 시료의 산출상태를 나타낸다. 이 지역은 고문헌상에 언급된 백토 산출지로서 경남 하동군 북천면에 위치하고 있다. 과거 대규모로 백토를 채굴했던 곳이지만 현재는 채광이 종료된 후 복원사업이 마지막단계까지 진행되어 있다. 노두에서 관찰되는 백토는

철산화물과 주변 황토의 영향으로 분홍색 및 황갈색의 불순물이 많이 포함되어 백색도가 낮으며, 점성이 높고 고령토화가 잘 진행되어 있다.

Figure 4는 HOW의 산출지 및 시료의 산출상태를 나타낸다. 경상남도 하동군 일대는 고문헌에 언급된 진주 백토 산출지로 알려진 진주일대로 경남 하동군 옥종면에 위치

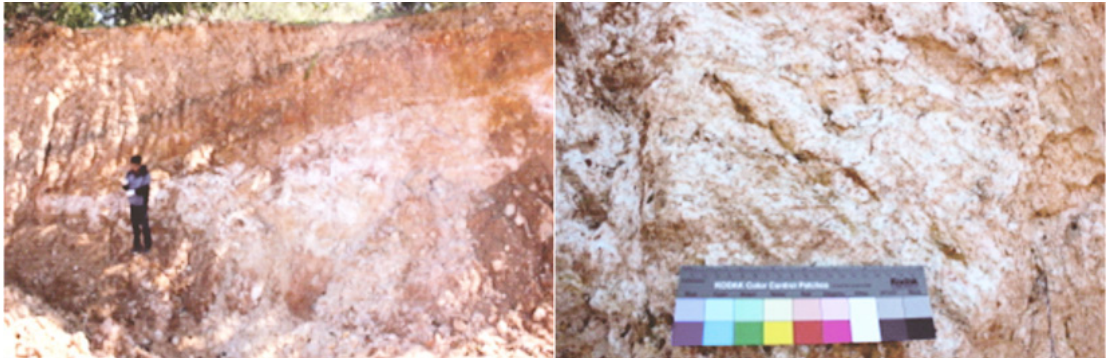


Figure 4. Sampling site and production status of sample HOW.



Figure 5. Sampling site and production status of sample HGW.



Figure 6. Sampling site and production status of sample MCW.

한다. 과거 대규모로 백토를 채굴하였지만 현재는 백토광체의 고갈로 철산화물의 함량이 높은 저품위 고령토인 핑크고령토(pink kaolin)의 수요가 있을 때 간헐적으로 채굴하는 것으로 알려져 있다. 노두에는 높이 3 m, 폭 7 m 정도의 소규모로 백색의 고령토가 잔류하고 있으며, 이러한 백토는 점성이 매우 강하며 사장석 및 석영 등의 파편이 거의 함유되지 않은 세립질의 고품위 고령토이지만, 그마저도 철산화물의 함량이 높아 전체적인 백색도는 떨어지는 것이 특징이다.

Figure 5는 HGW의 산출지 및 시료의 산출상태를 나타낸다. 경남 합천군 일대는 가야산 일대에 발달하는 고령토 광화대로 인해 국내의 대표적인 고령토 산출지이다. 산출되는 백토는 카올리나이트 등 고령토광물이 주된 구성광물이며, 경우에 따라 석영 및 사장석 등의 파편과 일라이트 버미클라이트 등의 점토광물이 불순물로 포함되어 산출된다.

Figure 6은 MCW의 산출지 및 시료의 산출상태를 나타낸다. 이 지역은 전라남도 무안군 청계면 일대로 현재 도로공사로 인해 산의 절개면이 드러나 있으며, 적색 및 황색의 토양과 함께 백색의 토양이 산출된다.

3.2.3. XRD 분석

고문헌에 언급된 백토 산지에 대한 현지조사에서 시료를 확보하고, 시료의 구성광물을 확인하기 위해 XRD 분석을 실시하였다. Figure 7은 XRD 분석결과를 나타내며, Table 3은 XRD 분석을 통해 동정된 주요 광물을 나타낸다. 분석결과 YBW, HBW, MCW는 석영과 운모 혹은 사장석이 주요 광물로 동정되었으며, SGW, HOW, HGW는 카올리나이트와 일라이트가 주를 이루는 것으로 나타났다. 특히, HGW의 경우, 거의 순수하게 카올리나이트로 이루어진 것으로 확인되었다.

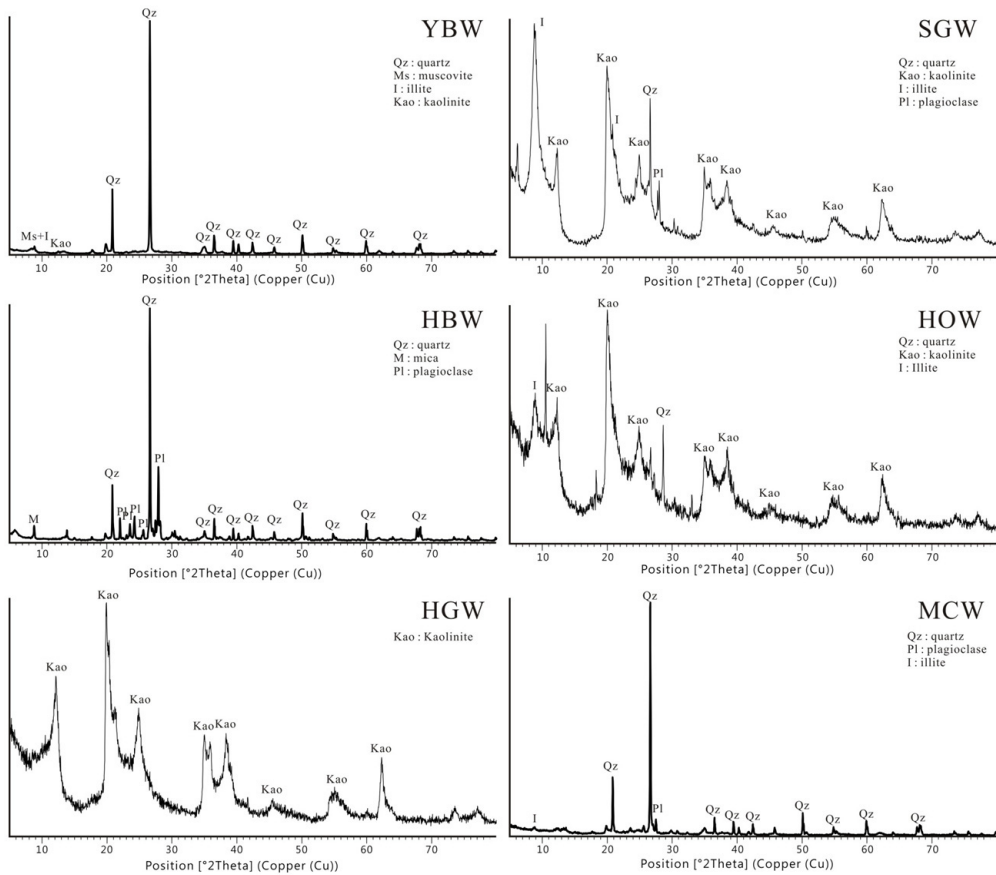


Figure 7. X-ray diffraction pattern of white clay pigments.

Table 3. Minerals of white clay pigments identified by XRD

Samples	Main minerals
YBW	Quartz + Mica + Illite + Kaolinite
SGW	Kaolinite + Illite + Quartz + Plagioclase
HBW	Quartz + Mica + Plagioclase
HOW	Kaolinite + Illite + Quartz
HGW	Kaolinite
MCW	Quartz + Plagioclase + Illite

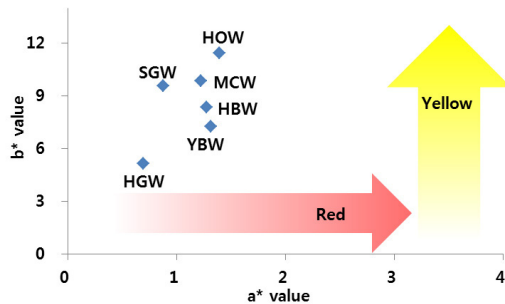
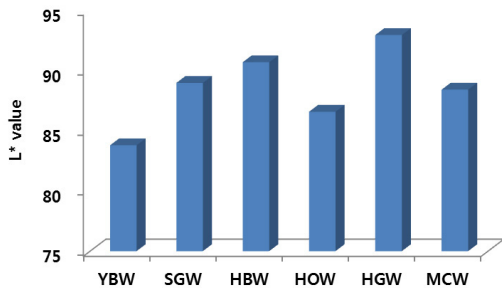


Figure 8. CIE Lab of white clay pigments.

3.3. 물성평가

3.3.1. 색도

백토안료는 백색안료인 만큼 색도에서 특히 명도(L*)가 중요하다. 제조된 백토안료 중 HGW가 92.9로 가장 높은 L*값을 보였으며, HBW 또한 90.7로 높은 L*값을 나타냈다. 반면 HOW와 YBW의 경우 각각 86.6과 83.8의 비교적 낮은 L*값을 보였다(Figure 8). 색도 분석결과 중 a*, b*값 경우, 0에 가까울수록 백색안료로서 적합하다고 할 수 있는데, 제조된 백토안료의 경우 a*값은 전체적으로 1.3 이하의 낮은 값을 보였지만, b*값은 5.16~11.46으로 비교적 높

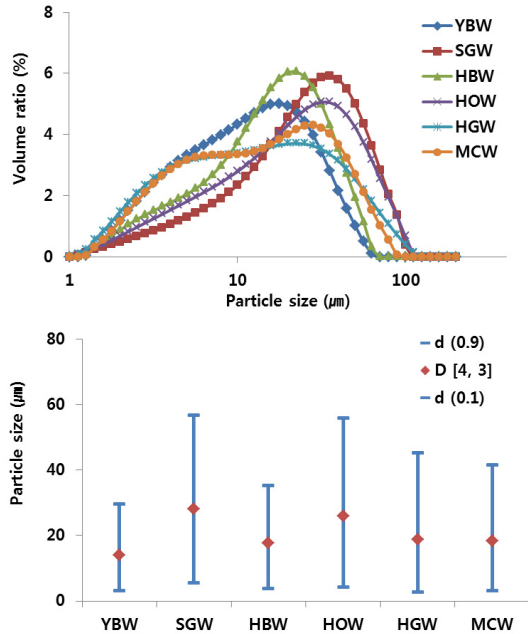


Figure 9. Particle size distribution of white clay pigments.

은 값을 나타냈다. 비교적 낮은 b*값을 나타낸 HGW를 제외하면, 백색안료로 활용하기 위해서는 착색물질 제거 위한 노력이 필요할 것으로 보인다.

3.3.2. 입도분포

안료의 입도분포는 안료의 물성 및 기능성에 영향을 미치는 중요한 요소이다. Figure 9는 백토안료의 입도분포와 입도범위 분석결과이다. 입도범위 분석결과 중 d(0.1)과 d(0.9)는 누적분포에서 각각 10%와 90%에 해당하는 입자 크기를 나타내며, D(4.3)은 평균입도를 나타낸다. 입도분포 분석결과, 제조된 백토안료 중 YBW, HGW, MCW의 경우, 상대적으로 10 μm 이하 입자의 비율이 높은 것으로 나타났으며, SGW와 HOW의 경우, 26~28 μm의 평균입도를 보인 반면, 그 외의 백토안료는 14~19 μm의 평균입도를 나타냈다.

3.3.3. 흡유량

안료의 흡유량은 전색제 혹은 교착제의 혼합비를 결정하는 기준이 되는 중요한 물성 중 하나이다. 제조된 백토안료의 흡유량을 측정된 결과, YBW가 27.8 ml/100 g로 가장 낮은 값을 나타냈고, SGW와 HOW가 각각 61.8 ml/100 g과 61.7 ml/100 g로 가장 높은 흡유량을 보였다. 전체

적으로 SGW, HOW, HGW의 흡유량이 높게 나타난 반면, YBW, HBW, MCW는 낮은 흡유량을 보였다(Figure 10). 안료의 흡유량에는 여러 가지 요인이 영향을 미치는데, 안료의 주요 구성광물 또한 흡유량에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나이다. 높은 흡유량을 보인 SGW, HOW, HGW는 XRD 분석결과 카올리나이트, 일라이트 등의 점토광물이 주요 광물로 동정된 반면, 낮은 흡유량을 나타낸 YBW, HBW, MCW는 주로 석영, 장석 등이 주를 이루는 것으로 확인되었다.

3.4. 기능성평가

3.4.1. 은폐력

안료를 교착제와 혼합하여 칠할 때 하지를 덮어 보이지 않게 하는 능력을 은폐력이라고 한다. 문양을 그릴 때 바탕색 위에 덧칠하여 문양을 그리는 단청 작업에서 안료의 은폐력은 높을수록 유리하다. 제조된 백토안료의 은폐율을 측정된 결과, HBW가 62.8%로 가장 낮은 은폐율을 나타냈으며, HOW와 HGW의 경우 약 90% 이상의 비교적 높은 은폐율을 갖는 것으로 확인되었다(Figure 11). 안료의 은폐력은 안료의 광반사와 흡수에 따라 달라지는데, 백색 안료의 경우 광을 거의 흡수하지 않으므로 은폐력은 주로

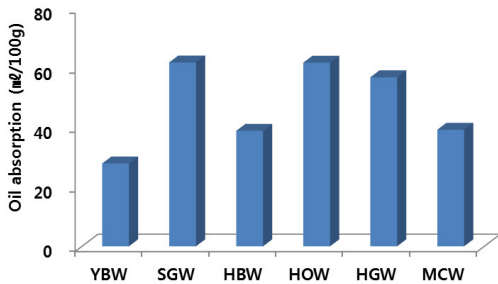


Figure 10. Oil absorption of white clay pigments.

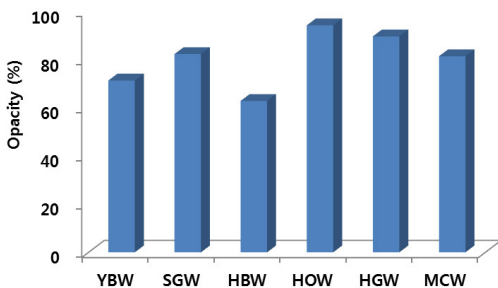


Figure 11. Opacity of white clay pigments.

빛의 반사율로 결정되며, 빛의 반사율은 안료의 입자가 미세할수록, 안료의 굴절률이 클수록 증가한다. HOW, HGW의 경우, 주요 구성광물인 카올리나이트가 석영에 비해 굴절률이 높아 상대적으로 높은 은폐율을 나타내는 것으로 판단된다.

3.4.2. 발림성

발림성은 안료와 교착제를 혼합한 후 칠할 때 작업성을 간접적으로 판단할 수 있는 하나의 지표라고 할 수 있다. 물론 실제 단청시공에서는 각각의 안료에 가장 적합한 혼합비로 교착제를 혼합해 사용하기 때문에 각각의 안료마다 다른 혼합비가 적용된다. 본 연구에서는 혼합비를 일정하게 적용한 후 상대적인 발림성을 측정하였다. 제조된 백토안료를 대상으로 발림성을 측정된 결과, HOW의 경우, 270.3 mm로 가장 높은 발림성을 나타냈으며, YBW가 174.5 mm로 가장 낮은 발림성을 나타냈다(Figure 12). YBW를 제외하면 제조된 백토안료는 전체적으로 210 mm 이상의 양호한 발림성을 갖는 것으로 확인되었다.

4. 결론

고문헌 조사 결과로 확인된 백토의 산지 정보를 바탕으로 현지조사를 실시하고 원재료를 확보하였다. 수비를 통해 백토안료를 제조하고, 기본물성 및 기능성을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고문헌 조사결과 백토의 산지는 강원도와 경상도 지역에서 총 7개 산지가 확인되었으며, 이를 바탕으로 현지 조사를 실시하여 강원도에서 1종 및 경상남도에서 4종, 그리고 추가적으로 전라남도 지역에서 1종의 시료를 확보하였다.
2. 현지조사를 통해 확보한 시료를 대상으로 XRD 분석을 실시한 결과, YBW, HBW, MCW는 석영, 장석 등이 주요

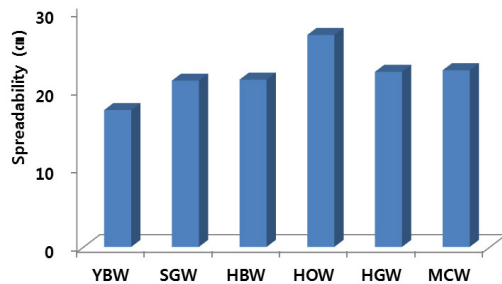


Figure 12. Spreadability of white clay pigments.

구성광물로 나타났으며, SGW, HOW, HGW는 카올리이트, 일라이트 등의 점토광물이 주 구성광물로 확인되었다.

3. 백토안료 HGW는 색도에서 가장 높은 92.9의 L*값을 보였고, HOW와 HGW는 각각 94.1%, 89.6%의 높은 은폐율을 나타냈으며, 270.3 mm와 223.3 mm의 우수한 발림성을 갖는 것으로 확인되었다.

점토광물인 카올리나이트, 일라이트 등이 주요 구성광물을 이루는 경남 합천군(HGW), 경남 하동군 옥종면(HOW), 경남 산청군(SGW)의 백토의 경우, 색도, 은폐력, 발림성 등에서 우수한 특성을 보였으며, 단청용 백색안료로서 활용가능성이 높은 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소 문화유산 조사연구(R&D)사업의 일환으로 이루어졌다.

REFERENCES

- Do, J.Y., Lee, S.J., Kim, S.J., Yun, Y.K., and Ahn, B.C., 2008, Characterization of Noerog, A traditional green mineral pigment. *J. Miner. Soc. Korea*, 21(3), 271-281. (in Korean with English abstract)
- Han, M.S., Kim, J.H. and Lee, J.J., 2014, A scientific analysis of Dancheong pigments at Yaksajeon Hall in Gwallyoungsa Temple. *Munhwajae Korean Journal of Cultural Heritage Studies*, 47(1), 18-31. (in Korean with English abstract)
- Jang, E.J., 2005, A study on the white pigments used for oriental paintings. Ph. D. thesis, Yong-in University, Yougin, 19-25. (in Korean with English abstract)
- Jeong, D.S., 2010, An essay on material ingredient and firing temperature of white porcelain in Chosun Dynasty – Focusing on Yanggu white procelain. *Studies in Humanities*, 25, 217-248. (in Korean with English abstract)
- Jeong, J.G., 1982, Petrologic studies on anorthositic rocks in Hadong-Sancheong district, Korea. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 18(2), 83-108.
- Jeong, J.M., 2001, Color and paint of our painting. *Hakgojae*, Seoul, 43. (in Korean)
- Kang, Y.S., Jeong, H.Y. and Go, I.H., 2016, The effect of glue solution on manufacturing of white clay pigment. *Journal of Conservation Science*, 32(3), 417-423. (in Korean with English abstract)
- Kwon, S.T. and Jeong, J.G., 1990, Preliminary Sr-Nd isotope study of the Hadong-Sancheong anorthositic rocks in Korea: Implication for their origin and for the Precambrian tectonics. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 26, 341-349.
- Lee, H.H., 2015, Research trend of the analysis and restoration study on traditional pigments. *Munhwajae Korean Journal of Cultural Heritage Studies*, 48(1), 132-147. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.H., Park, J.H., Hong, J.O., Han, M.S. and Heo, J.S., 2012, The analytical study of pigments on Fourguardian statues in Song-gwang Buddhist temple in Suncheon. *Munhwajae Korean Journal of Cultural Heritage Studies*, 45(1), 122-147. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.J., Choi, I.S., Do, J.Y., Lee, K.G., Kim, S.J., and Ahn, B.C., 2008, Study on the composition of Ulreongdo Juto as a natural pigment “Sugganju”. *Proceeding of the Annual Joint Conference, Petrological Society of Korea and Mineralogical Society of Korea*, 185-188. (in Korean)
- Moon, D.H., Han, M.S., Cho, H.G., Kim, M.N., and Kim, J.H., 2016, Applicability as a Dancheong pigment raw materials of Korean low grade kaolin. *Journal of the Mineralogical Society of Korea*, 29(4), 179-190. (in Korean with English abstract)
- Moon, S.Y., 2010, A study of pigments applied on paintings since the mid-Joseon dynasty. Ph. D. thesis, Chung-ang University, Seoul, 13-17. (in Korean with English abstract)
- Noh, J.H., 2008, Mineralization and characterization of Boseung kaolin in Gaya area. *Journal of the Mineralogical Society of Korea*, 21(4), 397-413. (in Korean with English abstract)
- You, K.S., 2013, A study on paints producing centers supply and demand environment of Chosun dynasty color pigment. *Journal of Korean Society of Color Studies*, 27(4), 27-37. (in Korean with English abstract)