

## 광주 · 전남지역 목조 고건축물에 사용된 단청안료에 대한 연구

장승욱<sup>1</sup> · 박영석<sup>1\*</sup> · 박대우<sup>2</sup> · 김종균<sup>3</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 에너지자원공학과, <sup>2</sup>국립문화재연구소, <sup>3</sup>조선대학교 공동실험실습관

### A Study on Dancheong Pigments of Old Wooden Building in Gwangju and Jeonnam, Korea

Seong Wook Jang<sup>1</sup>, Young Seog Park<sup>1\*</sup>, Dae Woo Park<sup>2</sup> and Jong Kyun Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Energy & Mineral Resource Engineering, Chosun University, Gwangju, 501-759, Korea

<sup>2</sup>National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon 305-380, Korea

<sup>3</sup>Center for Scientific Instruments, Chosun University, Gwangju, 501-759, Korea

We investigated characteristics of the coloring material of Dancheong pigments and hope that this study contributes the revival of traditional Dancheong pigments color. For this purpose, we collected Dancheong fragment samples that fell off naturally from old wooden buildings in Gwangju and Jeonnam and analyzed the natural coloring material by XRD and EDS-SEM analysis method. In white pigments of Dancheong fragments, it is confirmed that gypsum( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), quartz( $\text{SiO}_2$ ), white lead( $\text{PbCO}_3$ ) and calcite( $\text{CaCO}_3$ ) which have been used for white pigments since ancient times and  $\text{TiO}_2$  which is common used in modern times. In red pigments of Dancheong fragments, it is confirmed that hematite( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) and red lead( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) which have been used for red pigments since ancient times and C.I. pigment orange 13( $\text{C}_{32}\text{H}_{24}\text{C}_{12}\text{N}_8\text{O}_2$ ) but there is no cinnabar( $\text{HgS}$ ) which has been used since B.C. 3000 in China. In yellow pigments of Dancheong fragments, it is confirmed that crocoite( $\text{PbCrO}_4$ ) and massicot( $\text{PbO}$ ). In blue pigments of Dancheong fragments, it is confirmed that sodalite( $\text{Na}_4\text{BeAl}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$ ) and nosean( $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{SO}_4$ ) as coloring material of blue pigment and C.I. pigments blue 29 ( $\text{Na}_7\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_3$ ) which is used in modern times. In green pigments of Dancheong fragments, it is confirmed that calumetite( $\text{Cu}(\text{OHCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), escolaitite( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), dichromium trioxide( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), emerald green( $\text{C}_2\text{H}_3\text{As}_3\text{Cu}_2\text{O}_8$ ), and C.I. pigments green( $\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{-XCl}_x\text{Cu}_8$ ) which is used in modern time. In black pigments of Dancheong fragments, Chinese ink(carbon black) is confirmed.

**Key words** : old wooden buildings, Dancheong, pigments, coloring material

우리는 단청안료의 착색제에 대한 특성을 살펴보고, 이번 연구가 우리 전통 단청의 색을 재현하는데 기여하길 바란다. 광주 · 전남지역 목조 고건축물에서 자연적으로 박리가 일어난 부분의 단청안료 시료를 채취하고, 이를 XRD와 EDS-SEM분석을 이용하여 착색제를 분석하였다. 백색안료에서는 고대부터 착색제로 사용되어온 석고( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 석영( $\text{SiO}_2$ ), 백연석( $\text{PbCO}_3$ ) 및 호분( $\text{CaCO}_3$ )과 현대에서 많이 사용되는 산화지당( $\text{TiO}_2$ )이 모든 시료에서 확인되었다. 적색안료에서는 고대부터 착색제로 사용된 석간주( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )와 연단( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) 및 현대안료 착색제인 C. I. pigment orange 13( $\text{C}_{32}\text{H}_{24}\text{C}_{12}\text{N}_8\text{O}_2$ )이 확인 되었지만, 진사(cinnabar,  $\text{HgS}$ )는 관찰되지 않았다. 황색안료에서는 납을 주성분으로 하는 황연인 홍연석( $\text{PbCrO}_4$ )과 고대부터 사용된 밀타승( $\text{PbO}$ )이 확인되었다. 청색안료에서는 착색제인 소달라이트( $\text{Na}_4\text{BeAl}_3\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$ )와 노제안( $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{SO}_4$ )이 확인되었으며, 현대안료 착색제인 C. I. pigment blue 29( $\text{Na}_7\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_3$ )도 확인되었다. 녹색안료에서는 착색제로 카루머타이트(calumetite,  $\text{Cu}(\text{OHCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 에스콜라이트( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), 디크롬트 리옥사이드(dichromium trioxide,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), 에머랄드그린( $\text{C}_2\text{H}_3\text{As}_3\text{Cu}_2\text{O}_8$ ) 및 현대안료 착색제인 C. I. pigment green( $\text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{-XCl}_x\text{Cu}_8$ )이 확인되었다. 흑색안료에서는 먹(송연)이 확인 되었다.

**주요어** : 목조 고건축물, 단청, 안료, 착색제

\*Corresponding author: yspark@chosun.ac.kr

## 1. 서 론

인류는 일찍이 주위에서 쉽게 구할 수 있는 목재를 이용해 주거지와 필요한 건축물을 만들었다. 특히 한국, 중국 및 일본에서는 소나무가 건축재로 많이 사용되었으며, 소나무는 재질의 특성상 내구성은 있으나, 제재된 목재의 표면이 거친 단점이 있으며, 이러한 단점의 해결책이 바로 단청(칠)이었다. 즉 나무의 조잡한 면을 감추고 부식을 막기 위해 부재에 천연의 채료를 칠하는 방법을 터득하였던 것이다(Kwag, 2002). 시간이 지남에 따라 점차 건축 부재에 채료를 바르는 작업에도 미의식이 발휘되어 건축물의 수명연장 뿐만 아니라 아름다움까지 고려해 각종 문양을 장식하기 시작했으며, 바로 그 행위에서 건축물의 단청이 시작되었음을 추정할 수 있다(Kwag, 2002).

‘단청(丹青)’을 글자 그대로 풀이하면 붉은색과 푸른색의 대비와 조화에 국한되는 말이나, 명사적 의미에서 ‘단청’이란 각종 안료를 사용하여 건물의 벽과 부재에 도채 하는 모든 행위를 일컫는다(Kwag, 2002). 예로부터 단청의 대상은 전통적인 목조 건축물은 물론이거니와 고분이나 동굴의 벽화, 칠기, 공예품, 조각상 및 장신구에 이르기까지 매우 광범위하게 적용되었다(Kwag, 2001; Kwag, 2002).

이러한 단청은 불교나 유교가 성행한 한국, 중국 및 일본에서 일찍이 유행하였으며, 우리나라에서는 궁궐이나 사찰을 신축하면 단청을 하였고 그 단청이 퇴락하면 다시 새롭게 단청을 하였으며, 심지어 조그마한 사당이나 팔각정 등의 건축물에도 단청은 필수적이었다(Hong, 1994).

지금까지의 단청과 관련된 논문들은 주로 단청문양에 관한 연구였으며, 단청 안료에 대한 성분분석과 관련한 연구는 고대단청의 분석학적 연구(Lee, 1963)에서 화합물 조성을 규명한 것을 시작한 이후 한국 고대안료의 성분분석(John, 1989), 조선시대 사용된 안료의 색복원 연구-단청색 중심으로(Lee, 1998), 경복궁 근정전 단청안료의 성분분석(Cho *et al.*, 2001), 조선시대 궁궐단청에 사용된 안료에 관한 연구(Chun, 2004), X-선회절분석을 통한 광주·전남지역 고건축물의 단청안료분석(Jang, 2009), 광주일원 사찰과 계각에 사용된 단청안료에 대한 X-선 회절분석(Jang *et al.*, 2009) 정도로 그리 많지 않다. 근래 연구들은 금산사 벽화 안료성분 분석에 관한 비교연구(Hong and Jung, 1992), 백색안료의 구조 및 조직관찰(Hong, 1997), 봉정사 극락전 벽화안료의 재질분석 연구(Cho *et al.*, 2000), 고대 안료

의 성분분석 연구(Han and Hong, 2003), 한국 채색화의 전통안료 연구(Choi, 2003), 한국 전통 채색의 재료 연구(Min, 2005) 및 회화에 사용된 백색안료에 관한 연구(Jang, 2005)로 회화나 벽화안료 위주로 연구가 되고 있으며, 목재 고건축물의 단청에 사용된 안료에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 목재 고건축물에 사용하였던 단청안료의 착색제에 대한 특성을 살펴보았으며, 이번 연구를 통해 우리 전통 단청안료의 색을 재현하는데 기여하길 바란다.

## 2. 단청안료

단청안료는 용매에 용해되지 않는 유색 미립상의 무기 또는 유기 화합물의 착색제로 접착제와 혼합하여 건축부재의 바탕면에 칠하면 도막이 형성되어 조형물에 아름다운 색채를 나타내게 된다(Kwag, 2001). 인류가 최초로 만들어 사용한 안료는 흙속으로부터 뽑아낸 적색, 황색, 갈색 등의 산화철을 주성분으로 하는 안료와 송연 등 탄소를 주성분으로 하는 흑색안료였다고 한다. 그 후 역사시대 초기부터는 진사(주색; cinnabar), 공작석(녹색; malachite), 염동광(청색; azurite), 옹황(황색; orpment), 계관석(적색; realgar), 유리(청색; lapisguri), 녹토(녹색; green earth)등의 안료를 사용하였다고 한다(Kwag, 2002). 중국에서는 기원전 3000년경부터 천연 안료라고 하여 적색안료인 진사가 사용되었다고 하며, 이집트에서는 기원전 2000년부터 ‘이집트청’이라 불리는 동-Cadium의 규산염을 인공적으로 제조하여 사용하였고, 또한 밀티승(황색; PbO), 연단(연적; Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), 연백, 청록 등도 고대로부터 사용되었다고 전해진다(Kim, 1997).

우리나라에서도 선사시대의 유물인 채색토기의 흉도 표면에 산화철(붉은색)이 채색된 것이 확인되었다(Jang and Han, 1980). 고구려 벽화에서는 주사(그을음, 황토, 흙 등 안료의 사용이 확인되었고, 사용된 안료는 중앙아시아 일대의 벽화 안료와도 연관성을 지닌다. 대표적인 것으로 돈황석굴과 같은 고대 벽화의 안료를 들 수 있다(Han, 2001). 당대 이후 돈황벽화에 사용된 안료에는 고령토, 석황, 주사, 대자, 석록, 석청 및 그을음 등의 천연 광물성안료와 연분 등의 인공안료, 연지, 등황 및 남 등의 식물성안료가 있으며, 기타 금과 은이 주로 사용되었다(Choi, 2003). 고려 불화에서는 흰색안료로 고령토, 백악 및 연분을, 황색안료로 황토, 석황 및 장단을, 적색안료로 주사, 대자 및 연단을, 녹

색안료로 석록을, 청색안료로 석청이 주로 사용되었다 (Jung, 1998). 조선시대에 단청은 더욱 다양한 형태로 발전하였고, 안료의 사용 범위도 크게 확대되었으며, 사용량도 급격히 증가되었는데, 이는 의례를 통해 알 수 있다. 조선시대에는 천연의 무기안료로 단청공사를 실시하였고, 여기에 사용되는 안료는 국내에서 대부분 공급되었으나, 국내에서 만들 수 없는 특별한 안료는 중국이나 서역으로부터 수입하여 사용하였다고 창경궁 수리도감의궤 등에 기록되어 있다(Chun, 2004).

### 3. 시료채취 및 분석방법

#### 3.1. 시료채취

단청이 되어 있는 고건축물은 대부분 문화재로 등록되었거나, 역사적 또는 개인적 소장 가치가 높아 시료 채취에 어려움 많다. 하지만, 이번 연구의 시료 채취 대상 고건축물은 문화재로 등록되지 않은 것으로 한정하였으며, 자연적으로 박리현상이 발생하는 목재의 특성을 이용하여 건축물에 손상을 주지 않으면서, 이미 박리현상이 발생한 곳에서 극히 작은 수 mm 내외의 단청안료 시료를 채취하였다.

시료는 광주·전남일원(광주광역시, 화순군, 담양군, 장성군 및 나주시)과 순창군의 목조 고건축물인 사찰, 향교, 제각, 정자, 사당 및 효자각 등 총 13곳에서, 2008년 8월부터 10월까지 3개월에 걸쳐 46개를 채취

하였다. 사찰의 경우 주지 스님께, 개인소유의 경우에는 건물 소유자분들께 허락을 얻었으며, 건축물에 손상을 주지 않으면서 채취하였다. 현대의 천연안료로 단청된 건물의 경우에는 접착제를 섞어 바르기 때문에 시간이 지나도 박리현상이 생기지 않아 건축물의 훼손없이 시료채취가 어려워, 시중에 판매되고 있는 단청안료를 색깔별로 7개를 구입하여 비교분석 하였다.

#### 3.2. 분석방법

단청안료의 성분분석을 위해, 조선대학교 공동실험실습관 X-선분석실에서 X-선 회절분석을 전자현미경실에서 EDS-SEM 분석을 실시하였다. X-선 회절분석기는 PANalytical社의 X'Pert PRO MPD를 이용하였다. 이때 사용된 X-ray tube는 Cu target, 사용전류와 전압은 40 kV, 30 mA이고, 2theta 범위는 5~80°, scan speed는 1 sec/step, step size는 0.03 deg이었다. EDS는 영국 HORIBA社의 장비이며 Resolution은 137 eV이고, SEM은 일본 HITACHI社의 S-4800을 이용하였고, 전처리하는 이온 스퍼터를 이용하여 100초간 Pt코팅을 실시한 후 분석하였다.

### 4. 결과 및 고찰

#### 4.1. 백색계열 안료의 성분

백색안료의 경우 고대에는 천연산 백토, 석회석 또

Table 1. Material compounds in Dangcheng pigments by XRD and EDS-SEM analysis in Gwangju and Jeonnam

	Color	Material
White	coloring material	anatase, anglesite, calcite, coesite, cotunnite, gypsum, rutile, quartz, talc
	filler or chroma controller	hydrophilite, lavendulan
Red	coloring material	C. I. pigment orange 13, hematite, minium
	filler or chroma controller	anatase, anglesite, albite, barite, calcite, chloromagnesite, dolomite, gypsum, magnetoplumbite, magnesium-calcite, quartz, rutile (white), weddellite
Yellow	coloring material	crocoite
	filler or chroma controller	anglesite, calcite, claudetite (white), geothite (red), lautite, rutile
Blue	coloring material	C. I. pigment blue 29, nosean, sodalite
	filler or chroma controller	anatase, anglesite, albite, barite, calcite, coesite, cupalite, gypsum, lautite, lindqvistite, magnetoplumbite, nepheline, quartz, rutile, talc (white)
Green	coloring material	calumetite,, chabazite, C.I. pigment green, dichromium trioxide, emerald green, eskolaite
	filler or chroma controller	anatase, anglesite, alacranite, calcite, cinnabar, crocoite (yellow), gypsum, hematite, litharge, lautite, magnesium-calcite, magnetite, nacrite, quartz, rutile (white), szmikite
Black	coloring material	carbon
	filler or chroma controller	anatase, anglesite, calcite, gypsum, minium (red), quartz (white)

는 석고(gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )를 구워 분말로 만들거나, 조개와 굴껍질 등을 구워서 호분(calcite,  $\text{CaCO}_3$ )을 만들어 사용하였다. 고대에는 납을 소재로 한 백색 안료인 연백(white lead,  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ )을 사용하기도 하였다. 그러나 현대의 백색안료는 주로 산화지당(titanium dioxide,  $\text{TiO}_2$ )과 아연화산(zinc oxide,  $\text{ZnO}$ )을 많이 사용하고 있다(Han and Hong, 2003).

백색계열 안료는 8개가 분석되었으며, 화순지역 4개, 담양, 장성 및 나주지역 각각 1개 그리고 현대안료(산화지당) 1개이다(Table 1).

X선 회절분석결과 8개의 시료 중에서 석고, 호분 및 금홍석(rutile,  $\text{TiO}_2$ )을 사용한 단청은 4개가 확인되었고, 금홍석은 현대안료인 산화지당에서도 관찰되었다. 산화지당은 보통 고온에서 안정한 루틸형, 저온에서 안정한 예추형, 중간 온도에서 안정한 브루카이트형으로 나눌 수 있는데, 현대안료인 산화지당은 고온의 루틸형으로 확인되었지만, 합성된 안료인지 천연무기안료인지는 추가적인 확인이 필요할 것으로 판단된다.

예추석(anatase,  $\text{TiO}_2$ )은 담양지역 단청에서 확인되었으며, 그 외 석영(quartz,  $\text{SiO}_2$ ), 석영의 고압형 동질이상 코에사이트(coesite)와 함께 코턴나이트(cotunnite,  $\text{PbCl}_2$ ), 앙글레사이트(anglesite,  $\text{PbSO}_4$ ), 활석( $\text{Mg}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$ )과 하이드로필라이트(hydrophilite,  $\text{CaCl}_2$ )등의 동정을

확인 할 수 있었다(Fig. 1). 석영은 채색화에서 백색으로 사용되는 수정분말로써 방해석 분말보다 투명도가 높고, 두껍게 발라도 균열이 가지 않는 장점을 가졌고(Baek, 2001), 고대부터 납을 포함하는 연백이 백색안료로 사용되었던 것으로 보아, 방연석의 변질광물인 코턴나이트(cotunnite,  $\text{PbCl}_2$ )와 앙글레사이트(anglesite,  $\text{PbSO}_4$ ) 역시 백색안료에 사용하였을 것으로 보이나, 벽면의 마무리, 불상이나 목조, 단청 밑 칠에 사용되었던 백토(Kim, 1997)는 확인되지 않았다.

#### 4.2. 적색계열 안료의 성분

적색계열 안료로는 수은(Hg)을 주성분으로 한 진사(cinnabar,  $\text{HgS}$ )를 중국에서는 기원전 3000년경부터 사용한 것으로 알려져 있다. 그 밖에 철(Fe)을 주성분으로 하는 석간주(hematite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )와 납(Pb)을 주성분으로 하는 연단(red lead,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )도 고대로부터 사용되어진 천연안료들이며, 현대에 와서는 인공적으로 합성한 연단과 석간주를 단청안료로 많이 사용하고 있다(Cho *et al.*, 2001).

적색계열의 안료는 14개가 분석되었으며, 광주지역 6개, 화순 및 담양지역 각각 2개, 장성 및 나주지역 각각 1개 그리고 현대안료(iron oxide red, permanent orange G) 2개이다.

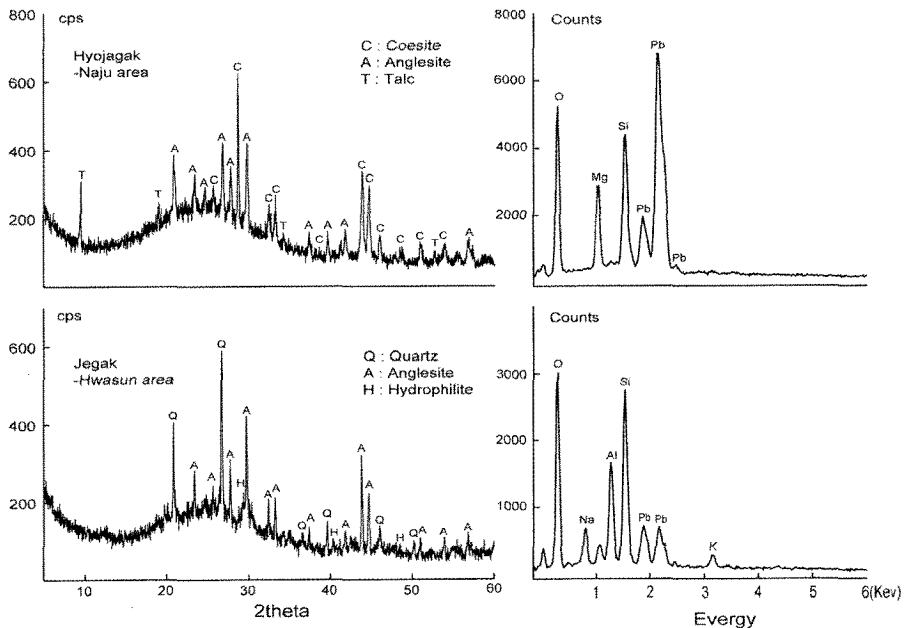


Fig. 1. The results of XRD and EDS-SEM analysis for white pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.

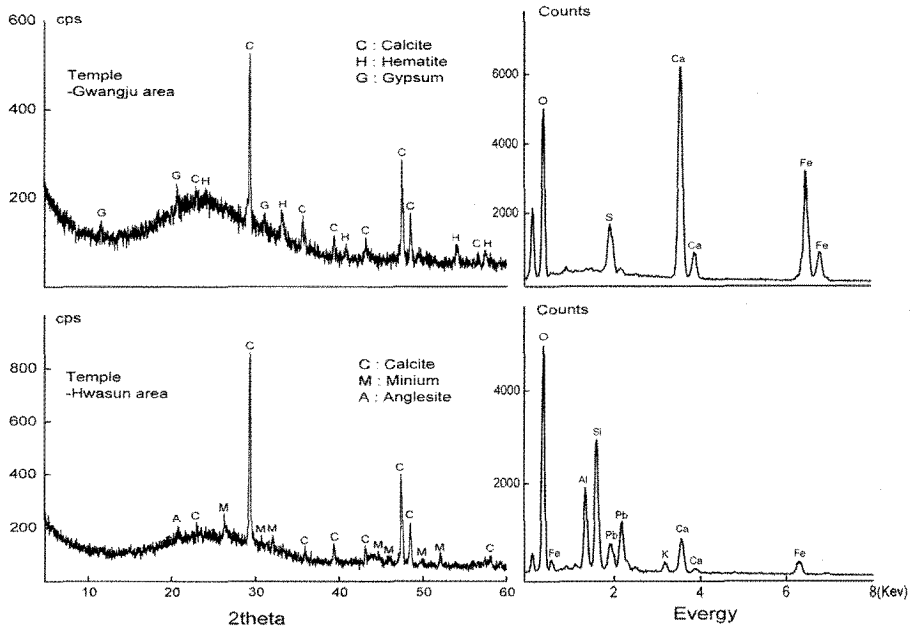


Fig. 2. The results of XRD and EDS-SEM analysis for red pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.

분석결과 5개 시료에서 석간주와 연단(Minium,  $Pb_3O_4$ )이 관찰되었고, 석간주는 주로 단청에서 붉은 기둥을 채색하는데 사용되었다. 그리고 현대의 적색안료에서는 permanent orange G와 C. I. pigment orange 13( $C_{32}H_{24}C_{12}N_8O_2$ )이 확인되었다(Table 1).

적색계열의 시료에서도 백색안료인 호분(calcite), 석고(gypsum), 산화지당(titanium dioxide), 예추석(anatase), 석영(quartz), 백운석(dolomite,  $CaMg(CO_3)_2$ ) 및 마그네슘-칼사이트(magnesium-calcite,  $(Mg_{0.03}Ca_{0.97}CO_3)$ )가 관찰되었는데, 이는 백색안료를 혼합하여 붉은색의 채도를 조절하고, 증량제로 사용한 것으로 판단된다.

4.1에서 살펴본 백색계열 안료와 비교하여 다른점은 백운석과 마그네슘-칼사이트가 관찰된 것이다. 특히 백운석이 현대안료인 iron oxide red에서 석간주와 같이 발견된 점과 국내에서는 고품위 규석자원의 고갈로 산업현장에서 백색도(<95%)가 높은 백운석들을 제지, 플라스틱, 페인트 등의 산업용 충전제로 대용되는 것을 보면, 백운석(dolomite) 또한 현대안료에서 백색안료의 무기착색제로 사용한 것으로 판단된다. 현대 적색안료인 permanent orange G와 1980년대로 추정되는 2개의 적색안료에서 증정석(barite,  $BaSO_4$ )이 관찰되었다. 증정석은 현대의 백색안료인 리토폰(lithopon,  $BaSO_4 + ZnS$ )의 재료 중 하나이지만 황화아연( $ZnS$ )이 같이 확

인되지 않아 증정석이 단독으로 백색 착색제로 쓰인 것에 대해서는 추가적인 확인이 필요할 것으로 보인다.

그 외에도 알바이트(albite,  $NaAlSi_3O_8$ ), 웨델라이트(weddellite,  $Ca(CO_3) \cdot 2(H_2O)$ ), 클로로마그네사이트(chloromagnesite,  $MgCl_2$ )와 마그네토프롬바이트(magnetoplumbite,  $PbFe_{12}O_{19}$ )도 함께 확인 되었는데, 이들은 적은함량비로 있는 것으로 보아 불순물로 사료된다.

### 4.3. 황색계열 안료의 성분

황색안료의 경우 고대에는 천연광물에서 나는 황토(ocher, iron oxide yellow,  $FeO(OH) \cdot nH_2O$ )나 석황(orpiment,  $As_2S_3$ ), 계관석(realgar,  $AsS$ )에서 괴상 또는 입상을 이루어 산출되는 것을 사용하였고, 납을 주성분으로 하는 밀타승(massicot,  $PbO$ )을 많이 사용하였다. 그러나 현대에서는 황연(chrome yellow,  $PbCrO_4$ )을 많이 사용하고 있다(Kim, 1997; Han and Hong, 2003).

황색계열 안료는 4개가 분석되었으며, 광주지역 1개, 담양지역 2개, 그리고 현대안료(한사, permanent yellow) 1개이다(Table 1).

황색계열 단청안료의 착색제로 홍연석(crocoite,  $PbCrO_4$ )이 담양지역 시료에서와 현대안료에서 확인되었으며, 홍연석은 납을 주성분으로 하는 황연(크롬산연)의 광물이름이다. 현대안료인 한사(permanent yellow)

에서도 홍연석이 확인 되는 것은, 유기안료인 한사가 내광성, 내산성 및 내알칼리성은 우수하지만 내열성이 약한 성질을 가지고 있어, 무기안료인 황연을 적당히 혼합하여 사용함으로써 내열성을 높이고, 황산화물(SO<sub>2</sub>)에 쉽게 변색되는 것을 방지하기 위해 사용한 것으로 여겨진다(Kim *et al.*, 1999).

황색계열 단청안료에서도 적색계열 단청안료에서와 마찬가지로 광주지역과 담양지역 각각 1개의 시료에서 백색 착색제인 호분(calcite)과 삼산화이비소(claudetite, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)가 확인되었다.

천연산의 석황은 계관석에서 산출되며 빛을 오래 쬐면 분해하여 적황색으로 변한다. 그리고 석황의 바탕색으로 연분을 사용하면 색이 변색되므로 조개가루분(호분)을 사용하였다(今田達, 1994). 삼산화이비소는 공기 중에서 황비산광을 태워서 만든 흰색의 양성 산화물로, 산이나 알칼리에 녹고 독성에 강하며, 목탄과 함께 가열하면 비소가 유리된다. 삼산화이비소는 현재에도 방부제, 쥐약, 광학유리 제조의 청정제 및 안료의 원료등으로 사용되는 것으로 보아, 현대 백색안료의 착색제로 사용한 것으로 보인다.

그 외에도 라우타이트(lautite, CuAsS)와 침철석(goethite, (FeO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O)이 소량 함유된 것으로 확인되었다. 침철석은 황색 또는 갈황색을 띠는 적색계열

단청안료로 이는 시료 채취 시 황색 단청시료를 덧칠하기전의 밑바탕 시료까지 같이 채취됨으로써, 분석 시 적색계열의 성분(침철석)도 같이 분석된 것으로 판단된다(Fig. 3).

4.4. 청색계열 안료의 성분

고대 청색안료로는 천연산인 동광석 계통의 편청석을 분쇄하여 암감청, 암군청을 제조하여 사용하였다. 그러나 현대에 많이 쓰이는 안료로는 군청(ultramarine, 2(Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>)·Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>)과 코발트청(cobalt blue, CoO·nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)이 있다(Han and Hong, 2003). 군청은 암군청이라고 하며 공작석에서 산출되는 남동석(azurite, 2CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub>)이라는 청색을 띤 원석을 물거름하여 정제한 것을 감청(紺靑), 군청(群靑), 박군청(薄群靑) 및 백군청(白群靑)이라 한다. 또한 남동석은 공작석이 물의 일부분을 잃어 변성된 함수 탄소동, 공작석과 함께 산출되며 푸르고, 유리와 같은 빛깔이 있으며 가름하거나 넓적한 결정체로, 입자가 거칠고 굵으며 색이 진하고 선명한 아름다운 청색이다(Min, 2005; Choi, 2003).

청색계열 안료는 9개가 분석되었으며, 광주지역 2개, 화순지역 3개, 담양, 장성 및 나주지역 각각 1개 그리고 고 현대안료(ultramarine blue) 1개다(Table 1).

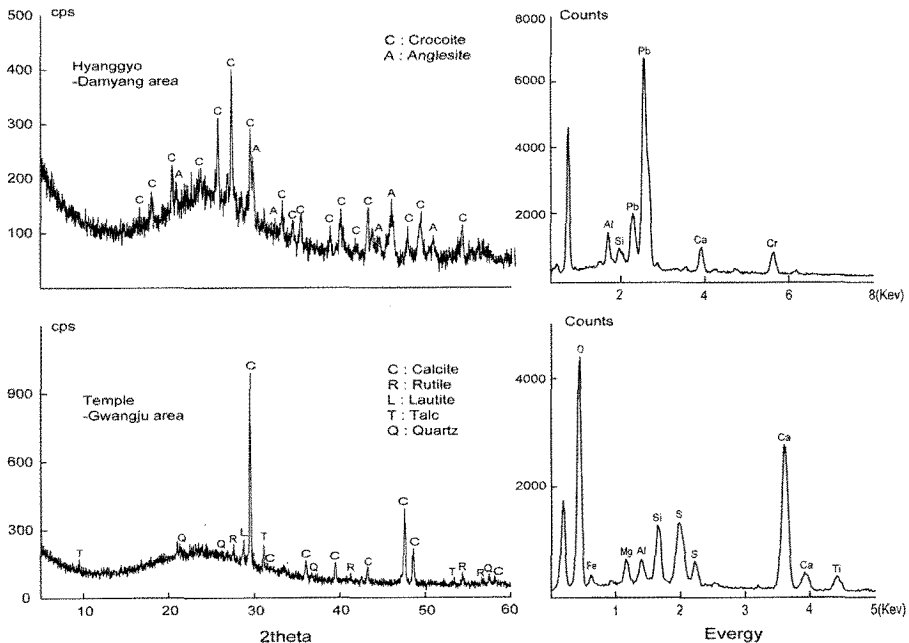


Fig. 3. The results of XRD and EDS-SEM analysis for yellow pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.

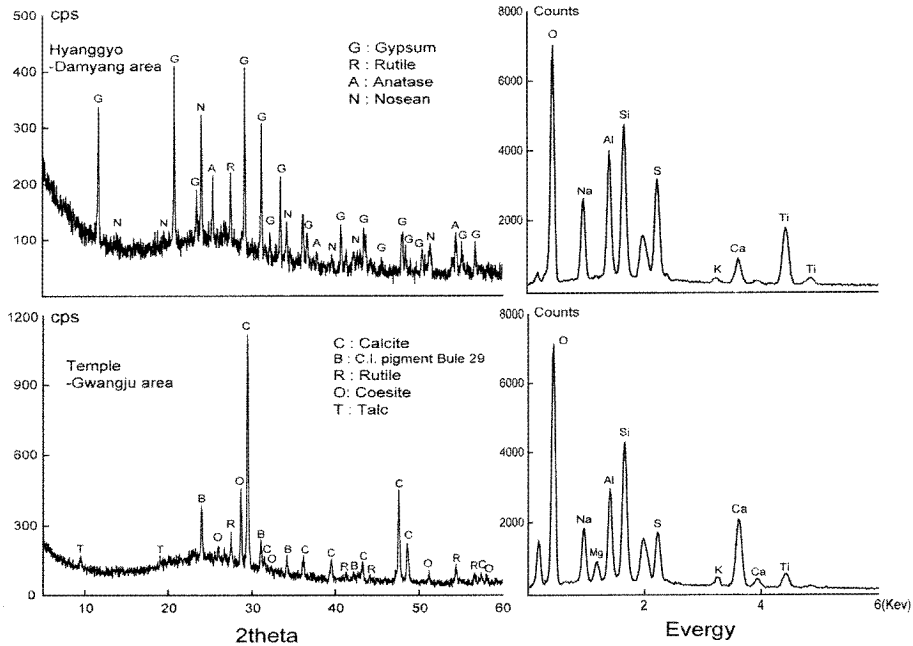


Fig. 4. The results of XRD and EDS-SEM analysis for blue pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.

청색계열 단청안료의 착색제로는 노제안(nosean,  $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{SO}_4$ ), 소달라이트(sodalite,  $\text{Na}_4\text{BeAlSi}_4\text{O}_{12}\text{Cl}$ ) 및 C.I. pigment blue 29( $\text{Na}_7\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_3$ ) 등이 분석되었다(Fig. 4). 노제안과 소달라이트는 청금석의 조암광물이며, 청금석은 라피스라줄리(lapis lazuli)라고도 불리는 감청색의 불투명한 광물이다. 청금석은 하나의 광물이 아니라 여러 광물이 혼합되어 있는데, 주 구성 물질은 감청색 광물인 천람석(lazurite)으로, 일반적으로 석회암 속에서 발견되는데 접촉변성작용의 결과로 생성된 것이다.

그 외에는 아겐토퍼라이트( $\text{AgFe}_2\text{S}_3$ ), 알바이트, 라우타이트( $\text{CuAsS}$ ), 쿠파라이트( $\text{AlCu}$ ), 네페린( $\text{NaAlSiO}_4$ ), 마그네토프롬바이트( $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ ) 및 활석( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) 등이 분석되었다.

모든 시료들에서 호분, 석영, 석고, 금홍석 및 아나타제(예추석) 등의 백색안료가 관찰되었는데, 이는 채도 조절과 증량제로 사용한 것으로 판단된다.

#### 4.5. 녹색계열 안료의 성분

고대 녹색안료로는 주로 천연광물 중에서 염기성 탄산구리인 공작석(malachite,  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )이나 남동석(azurite) 또는 청동녹계통인 염기성염화동(paratacamite, atacamite, botallackite,  $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ ) 등을 사용하였으며,

그 외에 단색으로 된 암석인 뇌록석(celadonite,  $\text{K}(\text{MgFeAl})_2(\text{SiAl})_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ )을 분말로 만들어 사용하였다. 현대에 와서는 녹색안료로는 유기 안료인 시안그린(cyanine green)이나 에메랄드그린(emerald green,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{As}_3\text{Cu}_2\text{O}_8$ ) 또는 산화크롬녹(chrome green,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )을 많이 사용하였다. 그 중 에메랄드그린은 비소의 독성이 강해 더 이상 생산하지 않고 있어 현재에는 사용되고 있지 않다(Han and Hong, 2003). 특히 공작석을 뿜아 물에 풀면 비축이 가벼우며 흰색을 띠는 백록, 두록, 이록 및 삼록이 분리된다. 즉 입자의 굵기에 따라 색이 진하고 옅어진다. 이록이 녹색에 해당되며 입자가 크면 진한 암록색이 되고 입자를 곱게 하면 백록색이 되며, 열을 가하고 볶으면 색이 더 검어지고 천연 석채로 불변색이다(Lee, 1998).

녹색계열 안료는 15개가 분석되었으며, 광주지역 5개, 화순지역 4개, 장성지역 2개, 나주 및 순창지역 각각 1개 그리고 현대안료(cyanine green, chromium oxide green) 2개이다(Table 1).

녹색계열 단청안료의 착색제로는 산화크롬녹의 일종인 에스콜라이트(eskolaite,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), dichromium trioxide( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )와 에메랄드그린(emerald green,  $\text{C}_2\text{H}_3\text{As}_3\text{Cu}_2\text{O}_8$ ), C.I. pigment green( $\text{C}_{32}\text{H}_{16} \cdot \text{XCl}_x\text{Cu}_8$ ) 그리고 칼루메타이트(calumetite,  $\text{Cu}(\text{OHCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )가 확인되었다. 칼루메

타이트는 청동녹계통인 염기동염화동 성분이며, 외부에 표출된 청동상에서 많이 나타난다(Selwyn *et al.*, 1996).

특이할 만 점은 녹색단청안료에서 황색착색제인 홍연석(crocoite)과 적색착색제인 석간주(hematite)와 진사(cinnabar)등이 분석된 것이다. 이는 비소(As)성분을 가지는 안료(에메랄드 그린)가 단청 채색공에게 미치는 유해성 및 공해문제로 규제가 심해지면서 사용이 금지되어 비소(As)를 함유하지 않는 대체안료를 개발한 것으로 보이며, 녹색단청 안료내의 황색 과 적색착색제를 다양한 녹색계열의 안료를 구현하기 위해 적절하게 배합하여 사용한 것으로 판단된다. 또한 4.3. 황색계열 단청시료에서 발견되지 않은 고대부터 사용된 황색착색제인 밀타승(litharge, PbO)이 분석되었다(Fig. 5).

그 외에도 채도조절과 증량제 역할을 한 것으로 보이는 백색안료(호분, 예추석, 석영, 금홍석, 석고)와 스즈미카이트(szmitite,  $MnSO_4 \cdot H_2O$ ), 나트라이트(nacrite,  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ), 자철석(magnetite,  $Fe_3O_4$ ), lautite( $CuAsS$ ) 및 alacranite( $AsS$ )등이 소량 함유된 것이 확인되었다.

#### 4.6. 흑색계열 안료의 성분

광물질 무기안료 중에 흑색은 흑석지이다. 천연에 분포되어 있는 결정체 형태의 탄소로서 입에 넣으면 혀에 달라붙는데 번들거리는 질감에 탁한 회색이다. 흑석

지를 곱게 갈아 흑색 안료를 만드는데, 먹이 생긴 이후부터는 사용이 줄었고(Choi, 2003), 흑색안료로는 먹(탄소화합물)이 가장 일반적이다. 먹을 만드는 주요 성분은 극히 작은 탄소입자이다. 먹을 만들 때에는 반드시 아교를 응고시키는데, 아교는 동물의 가죽, 연골 등을 삶은 것으로 냄새가 좋지 않기에 향료를 섞어준다(Baek, 2001). 고대 흑색안료로는 탄소화합물로 유연(油煙)과 송연(松煙)으로 대별되고 분말 또는 수먹을 만들어 사용하거나, 철 및 구리 또는 어느 한쪽의 산화물이 이용되었으며(Cho *et al.*, 2000), 1989년 '한국 고대안료의 성분분석'에 의하면 철계 불상 조각에서의 흑색은 분명히 흑색산화철(자철광,  $Fe_2O_3$ )이었다고 보고된 바 있다(John Winter, 1989).

흑색계열 안료는 화순지역 2개 나주 및 장성지역 각각 1개로 총 4개가 분석되었다. 4개의 시료 모두에서 카본(Carbon)이 확인된 것으로 보아, 탄소화합물인 송연이 흑색 착색제로 사용된 것으로 판단된다. 또한 증량제로 사용된 것으로 보이는 백색안료인 호분, 석영 및 예추석, 앙글레사이트(anglesite,  $PbSO_4$ )등과 연단이 분석되었다. 연단과 같은 적색착색제는 시료채취 과정에서 밀타승 시료가 정확하게 분리되지 않아 흑색에 적색안료가 소량 포함되어 흑색안료에서 분석된 것으로 판단된다.

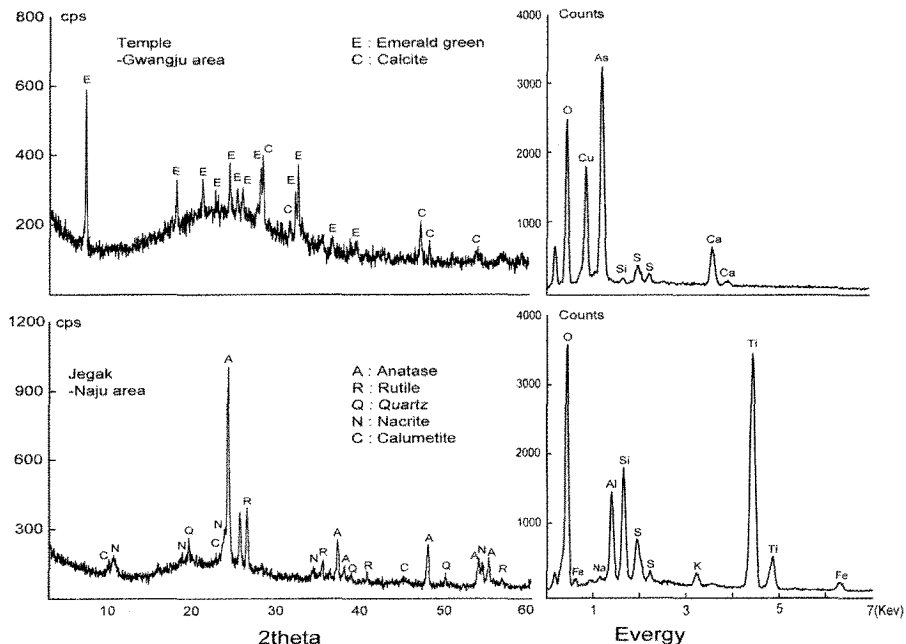


Fig. 5. The results of XRD and EDS-SEM analysis for green pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.



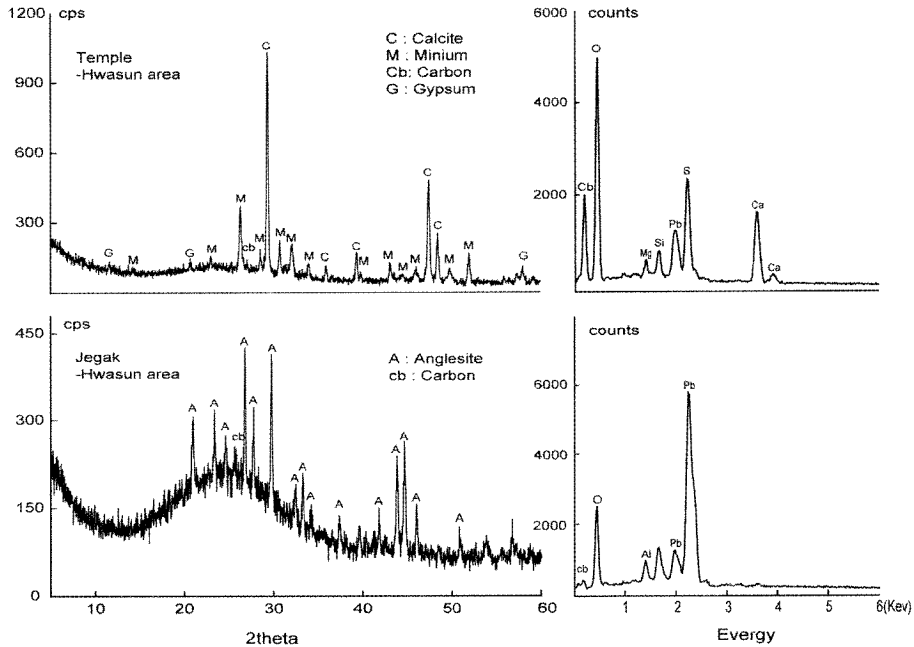


Fig. 6. The results of XRD and EDS-SEM analysis for black pigments in Gwangju and Jeonnam Dancheong pigments.

5. 결 론

광주·전남지역 목조 고건축물에 사용된 단청안료에 대해 XRD와 EDS-SEM분석을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 백색안료 착색제로는 고대부터 사용된 석고(gypsum,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), 석영(quartz,  $SiO_2$ ) 백연석(cerussite,  $PbCO_3$ ) 및 호분(calcite,  $CaCO_3$ )과 현대에서 많이 사용되는 산화지당(titanium dioxide-rutile-anatase,  $TiO_2$ )등이 연구 지역 시료에서도 확인되었다. 산화지당은 고온의 루틸형과 저온의 예추형으로 나뉘는데, 둘 다 모두 사용한 것으로 확인되었다. 특히 예추석(anatase)은 담양일원의 고건축물에서 확인되었는데, 단청의 재시공이 1975년 이루어진 것으로 확인되어 예추석은 1975년 이전부터 사용된 것으로 판단된다. 그리고 백운석(dolomite,  $CaMg(CO_3)_2$ ), 삼산화이비소(claudetite,  $As_2O_3$ ), 활석(Talc,  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ), 코턴나이트(cotunnite,  $PbCl_2$ )와 앙글레사이트(anglesite,  $PbSO_4$ )가 백색착색제로 사용된 것을 확인하였다.

2. 적색안료 착색제로는 고대부터 사용된 석간주(hematite,  $Fe_2O_3$ )와 연단(red lead,  $Pb_3O_4$ )이 현대안료에서는 C. I. pigment orange 13( $C_{32}H_{24}C_{12}N_8O_2$ )이 확인되었지만, 기원전 3000년 경부터 사용한 것으로 알

려진 진사(cinnabar,  $HgS$ )는 관찰되지 않았다. 이는 주성분을 이루는 수은에 대한 중독성, 유해성 때문에 사용하지 않아서 확인되지 않은 것으로 보인다.

3. 황색안료 착색제로는 납을 주성분으로 하는 황연인 홍연석(crocoite,  $PbCrO_4$ )과 고대부터 사용된 밀타승(litharge,  $PbO$ )이 확인되었다.

4. 청색안료 착색제로는 감청색의 불투명한 광물인 청금석(lapis lazuli)의 조암광물인 소달라이트(sodalite,  $Na_4BeAl_3Si_3O_{12}Cl$ )와 노제안(nesean,  $Na_8Al_6Si_6O_{24}SO_4$ )이 확인되었으며, 현대안료(ultramarine blue)에서는 C. I. pigment blue 29가 확인되었다.

5. 녹색안료 착색제로는 청동녹계통인 칼루메타이트(calumetite,  $Cu(OHCl)_2 \cdot 2H_2O$ ), 산화크롬녹의 일종인 에스콜라이트(eskolaite,  $Cr_2O_3$ ), 디크롬트리옥사이드(dichromium trioxide,  $Cr_2O_3$ )와 에멜랄드그린(emerald green,  $C_2H_3As_3Cu_2O_8$ ) 및 C. I. pigment green( $C_{32}H_{16}XCl_xCu_8$ )이 확인되었다. 또한 환경문제로 사용이 금지된 안료인 에멜랄드그린을 대체하기 위해, 유기안료(시아닌그린, 한사)를 사용하거나 백색, 황색 및 적색 착색제를 배합하여 사용한 것이 확인되었다.

6. 흑색안료 착색제로 사용된 무기안료는 확인되지 않았으며, 유기안료인 먹(송연)을 사용한 것이 확인되었다.

7. 적색, 황색, 청색, 녹색, 흑색 안료에는 호분(calcite), 석고(gypsum), 산화지당(titanium dioxide), 예추석(anatase), 석영(quartz), 백운석(dolomite,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), 마그네슘칼사이트(magnesium-calcite,  $\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97}\text{CO}_3$ ), 삼산화이비소(claudetite,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ), 금홍석, 앙글레사이트(anglesite,  $\text{PbSO}_4$ ) 등의 백색안료가 채도조절이나 증량제로 사용한 것이 확인되며, 일부 시료에서는 알바이트(albite,  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), 웨델라이트(weddellite( $\text{CaCO}_3 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})_2$ ), 클로로마그네사이트(chloromagnesite,  $\text{MgCl}_2$ ), 마그네토프롬바이트(magnetoplumbite,  $\text{PbFe}_{12}\text{O}_{19}$ ), 아겐토퍼라이트( $\text{AgFe}_2\text{S}_3$ ), 라우타이트( $\text{CuAsS}$ ), 쿠파라이트( $\text{AlCu}$ ), 네페린( $\text{NaAlSi}_4\text{O}_{10}$ ), 스즈미카이트(szmikite,  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 나트라이트(nacrite,  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), 자철석(magnetite,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 및 alacranite( $\text{AsS}$ ) 등의 불순물이 소량 함유된 것이 확인되었다.

### 참고문헌

- Baek, K.J. (2001) Study of a traditional material in the Korean colored picture. Master's thesis at Duksung University, p.39-40.
- Cho, N.C., Hong, J.O., Moon, W.S. and Hwang, J.J. (2000) The analysis study of mural painting pigments at Pongjongsu Kuknakjon. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage., v.21, p.119-143.
- Cho, N.C., Moon, W.S., Hong, J.O. and Hwang, J.J. (2001) The composition analysis of Danchung pigments at Geunjeongjeon Hall in Gyeongbokgung Palace. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage, v.22, p.93-114.
- Choi, M.J. (2003) A study on tradition pigment of the Korea colored pictures. Master's thesis at Korea University, p.29-33.
- Chun, H.H. (2004) A study on the paints Dancheong on Royal Palace in Joseon Period. Master's thesis at Dongguk university, p.20-21.
- Han, K.S. (2001) Pigments of Mural Paintings in Dunhuang Mogao Caves. Korean journal of art history, v.232, p.177-199.
- Han, M.S. and Hong, J.O. (2003) A study on the analysis of ancient pigments-Focus on the Buddha pigments at the Ssanggye temple. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage, v.24, p.131-152.
- Hong, J.O. and Jung, K.J. (1992) X-ray diffraction analysis of Kumsansa mural painting and Dan-Chong. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage, v.13, p.73-82.
- Hong, J.W. (1997) Study of structure and organization observation for white pigment: Focused in Calcite and Aragonite. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage, v.18, p.103-114.
- Hong, Y.S. (1994) Buddhist art of Korea. Dawwonjeongsa, p.223.
- Jang, E.J. (2005) A study on the white pigments used for oriental paintings. Master's thesis at Yongin university, p.1-51.
- Jang, K.I. and Han, S.S. (1980) Korea Construction III - Dancheong. Boseongmunhwasa, p.18.
- Jang, S.W. (2009) A study on old building Dancheong pigments in Gwangju and Jeonnam by XRD. Master's thesis at Chosun University, p.1-62.
- Jang, S.W., Park, Y.S., Park, D.W., Kim, J.K., Kim, T.J. and Kim, W.K. (2009) XRD analysis of Dancheong pigments for Temple and Jegak in Gwangju. Jour. of Geo-Science & Technology Spring 2009 Conference, The Korea society of Economic and Environmental Geology, The Korean Society of Engineering Geology, The Geological Society of Korea, The Korean Society of Petroleum Geology, p.465-466.
- John Winter (1989) Compontional analysis for ancient pigments of Korea. Art reference, National Museum of Korea, v.43, p.1-3.
- Jung, W.T. (1998) Beauty of Korye Buddhist art. Sigongsa, p.28.
- Kim, B.H. (1997) Life with Cultural properties. Migwang Press, p.106-137.
- Kim, S. (1997) Study of preservation, repair and recover for Cultural properties. Study Group of Historical Education, p.41-43.
- Kim, S.D., Kim, S.K., Hong, J.K., Kang, D.I. and Lee, M.H. (1999) Studies on the substitution pigment of Dan-Chung. Conservation studies, National Research Institute of Cultural Heritage, v.20, p.122-137.
- Kwang, D.H. (2002) Dancheong of Korea. Hakyeon Press, p.109-245.
- Kwang, D.H. (2001) Dancheong Jang. Hwasanmunhwa Press, p.9-122.
- Lee, J.W. (1998) Study on material of Korea colored pictures. Master's thesis at Hongik University, p.41-43.
- Lee, S.Y. (1963) Analytic study on ancient Dancheong(1). Sookmyung University, v.3, p.317-320.
- Lee Y.S. (1998) A study on the color restoration of the pigment used in Chosun Dynasty(Color Danchung). Journal of Human Environment and Art, Konkuk University, v.21(1), p.135-145.
- Min, S.B. (2005) A study on the traditional color materials of korea. Dankook University, p.35-36.
- Selwyn, L.S., Binnie, N.E., Poitras, J., Laver, M.E. and Downham, D.A. (1996). Outdoor bronze statues: Analysis of metal and surface samples. Studies in conservation, National Research Institute of Cultural Heritage, v.41, p.205-228.
- 今田達. (1994) 日本畫のマチ エル. 同明 出版, p.29.