

# 대가야 고아동 고분벽화 제작기술에 관한 연구

이화수 | 이한형 | 이경민\* | 한경순\*\*1

한국전통문화대학교, 국립문화재연구소 문화재보존과학센터\*, 건국대학교\*\*

## Study on the Manufacturing Technology of Mural Tomb in Goa-dong of Daegaya Period

Hwa Soo Lee | Han Hyeong Lee | Kyeong Min Lee\* | Kyeong Soon Han\*\*1

Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, 323-812, Korea

\*Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea

\*\*Konkuk University, Chungju, 380-701, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author: [conservation@kku.ac.kr](mailto:conservation@kku.ac.kr), +82-43-840-3677

**초록** 고대 대가야시대(6세기) 고분벽화에 사용된 제작기술을 연구하기 위해 벽화 구조와 재질에 대한 정밀분석을 실시하였다. 벽화는 석실을 축조 후 벽면과 천정에 모르타르를 바르고 그 위에 바탕칠층을 조성하여 채색하였다. 천장을 제외한 사면의 벽면에는 모르타르 위로 대부분 진흙이 덧발려져 있다. 모르타르는 모래는 사용되지 않았고, 순수한 칼슘성분의 물질들로 이루어져 있다. 또한 소성(燒成)이 완전히 진행되지 않은 불규칙한 크기의 폐각들이 혼합되어 있으며, 모르타르의 석회질은 굴 껍질을 소성하여 얻어진 것으로 추정되었다. 바탕칠층은 백토(kaolinite( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) 또는 halloysite( $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$ ))를 사용하였으며, 채색에 사용된 적색안료는 진사(cinnabar( $HgS$ ) 또는 vermilion), 녹색은 공작석(malachite( $Cu_2CO_3(OH)_2$ )) 그리고 백색은 연백(lead white( $PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ))이 쓰인 것으로 나타났다. 모르타르 위로 조성된 토양층은 주로 중립사 이하 크기의 입도가 낮은 점토질을 사용하여 얇고 치밀하게 조성하였으며, 모르타르층이 박락되고 상당기간이 경과된 후 보수목적으로 마감한 것으로 추정된다. 굴 껍질을 소성하여 만든 석회를 모르타르로 사용한 것은 한국 고대 고분벽화 제작에 있어 유래 없는 사례이며, 내구성이 매우 떨어지는 특성을 지니고 있어 가야인들의 모르타르 제작기술이 동일시기의 고구려인들에 비해 상대적으로 떨어졌던 것으로 추측된다.

**중심어:** 고분벽화, 제작기술, 보존, 모르타르, 합분, 흙반죽

**ABSTRACT** Rigorous analysis was performed to identify the structure and materials of the murals to study techniques used on mural tombs of ancient Daegaya era(6th century). The murals were painted by applying mortar on the walls and the ceiling after building a stone chamber and creating ground layers on mortar layers. Mud was applied on most of the mortar layers on four sides of the walls except the ceiling. Sand was not used in mortar but was made of materials with pure calcium substances. In addition, shells in irregular sizes with incomplete calcination were mixed; and the mortar's white powder was inferred as lime obtained by calcination of oyster shells. Kaolinite( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) was used in the ground layer, Cinnabar( $HgS$ ) was used for red pigment, Malachite( $Cu_2CO_3(OH)_2$ ) for green and Lead white( $PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ ) for white. Mud plaster was applied on the mortar and was composed thinly and densely using clayey of particle size smaller than that of medium sand. It was assumed that the finishing was for repair after long time had passed since the mortar layer came off. Using lime made with oyster shells as mortar is unprecedented in ancient Korean mural tombs and its durability was very poor, suggesting that Gaya's mortar production technique was relatively

behind compared to that of Koguryo's in the same era.

Key Words: Mural Tomb, Manufacturing Technology, conservation, Mortar, Oyster shell white, Mud plaster

## 1. 서론

고대 벽화 제작기술에 대한 정확한 지식을 갖기 위해서는 채색층과 벽체 재질에 대한 면밀한 분석조사가 이루어져야하며, 이는 벽화 보존을 위해 반드시 검토되어야 하는 중요한 과정이다. 본 연구의 대상인 고령 고아동 고분벽화는 6세기 중엽에 조성된 고대 고분벽화로써, 대가야의 유일한 벽화 고분이며 몇 기 되지 않는 한국의 중요한 역사적 자료이다.

한국에서 연구된 고분벽화 제작기술에 관한 연구는 1998년 고구려 고분벽화의 구조와 채색기술에 관한 연구를 시작으로(Lee and Ahn, 1998), 이후 고구려고분벽화 회벽 제작기법이 연구되었다(Ahn, 2003). 2007년에는 남북 공동으로 고구려고분벽화의 회벽층 구조에 대해 면밀한 분석조사가 이루어졌으며(Kim *et al.*, 2007), 최근에는 SEM-EDX를 활용하여 고구려 고분벽화의 채색기법을 규명하는 연구가 이루어졌다(Han and Lee, 2013). 고구려 고분벽화를 대상으로 한 연구에 비해 대한민국에 현존하는 고대 고분벽화에 대한 재질특성 및 제작기술 연구는 상대적으로 미진한 편이다. 국내에서는 2002년 고아동 고분벽화에 사용된 안료를 분석하는 연구가 있었으며(Moon *et al.*, 2002), 2011년 공주 송산리 고분벽화에 사용된 재료와 제작기법에 대한 연구가 이루어졌다(Han, 2011).

본 연구에서는 고대 대가야시대 고분벽화에 사용된 제작기술을 연구하기 위해 채색안료와 벽체에 사용된 재료들에 대한 정밀분석을 실시하였으며, 과학적 분석연구를 통해 가야시대 장인들의 모르타르 가공방법과 채색기법 등 고대 벽화 제작기술에 대한 정보를 얻을 수 있었다.

## 2. 분석대상 및 방법

분석연구는 고분벽화를 구성하는 채색층과 벽체층을 각각 구분하여 실시하였다. 먼저 채색층에 사용된 안료와 바탕칠층 재료에 대한 화학성분 및 광물결정상을 분석하였으며, 다음으로는 벽체 모르타르를 구성하는 물질들에 대하여 미세조직을 중심으로 한 정밀분석을 실시하였다. 채색층 분석을 위한 시료는 현실 천장벽화와 연도 천장벽

화의 채색층에서 박리된 일부시료를 사용하였으며, 모르타르 분석을 위한 시료는 현실 서벽과 남벽에서 박리된 시료를 대상으로 하였다(Table 1).

현장에서 수습된 시료에 대한 정밀분석은 먼저, 채색안료 및 모르타르 분말에 대한 미세조직 분석이 이루어졌으며, 광학현미경(Optical Microscope, Axiotech 100HD, Carl Zeiss, Germany)과 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-5910LV, Jeol, Japan)을 사용하였다. 안료 및 모르타르의 화학성분 분석은 에너지분산형 형광엑스선분석기(Energy Dispersive X-ray Spectrometer, Oxford 7324, Oxford Inc, England)를 사용하였다. 시료의 광물 결정상 분석에는 미소부 엑스선회절분석기(X-ray Diffraction, Empyrean, PANalytical, Netherlands)를 사용하였다. 모르타르의 입자크기 분포비는 한국공업규격(KS)에서 정하는 입도 분석 시험(KS F 2302)법에 따라 표준체 #10, #18, #35, #60, #200, #325를 이용하여 체가름 분석을 수행하고, 표준체를 통과한 시료의 누적백분율을 구하였다.

## 3. 분석결과

### 3.1. 벽체 층위 관찰

벽화는 석실을 축조하고 현실과 연도의 벽면과 천정에 백색의 모르타르를 바른 후 그 위에 채색한 것으로 보인다. 현재 현실 천장에는 채색이 남아있으나, 천장을 제외한 사면의 벽에서는 대부분 모르타르가 박락되고 극히 일부 채색의 흔적들만이 확인된다. 남아있는 모르타르 위에는 진흙으로 재차 마감한 흔적들이 있다.

모르타르 시료를 육안관찰 및 광학현미경으로 조사한 결과 시료는 백색의 덩어리로 이루어져 있으며, 일반적인 고분벽화에서 관찰되는 석회 모르타르와는 달리 모래가 관찰되지 않고, 반투명의 형태가 불규칙한 결정형의 물질과 검거나 회색 계통의 조각들이 함께 혼합되어 있다. 또한 모르타르 곳곳에는 대부분 0.5~1.0cm 사이로 짧게 절단된 형태의 초분류의 줄기 표피로 보이는 압흔(壓痕)이 다량 관찰된다.

시료의 단면을 살펴보면 백색의 모르타르 위로 토양층

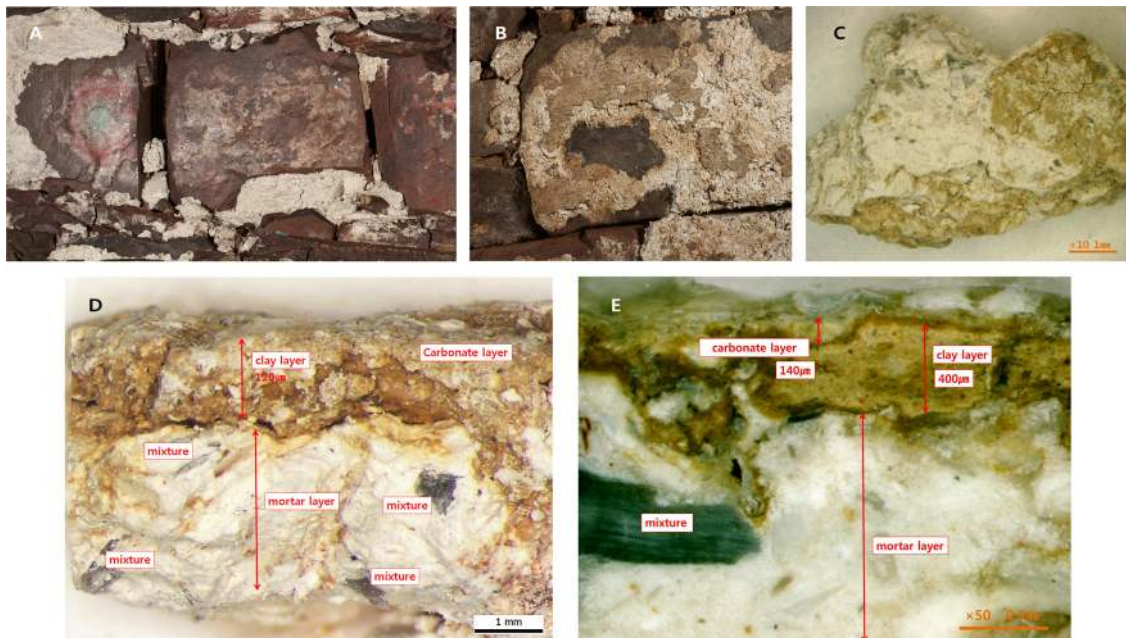
이 단단하고 치밀하게 미장되어 복합층을 이루고 있다. 복합층의 단면을 관찰하면, 토양층은 약 300~400 $\mu$ m의 두께로 비교적 얇은 층을 형성하며 모르타르 표면 위에 밀도 있게 형성되어 있고, 토양층 위로 반투명의 결정층이 관찰된다. 백색의 모르타르 층에는 진회색 계통의 조각이 혼합되어 있다(Figure 1).

### 3.2. 채색층 분석

적색 채색층은 EDX로 화학성분을 분석한 결과 수은(Hg)성분이 주로 검출되었으며, 백색은 납(Pb) 성분이 가장 높게 검출되었다. 녹색 채색층의 단면에서는 모르타르 층 위로 두 개의 층이 존재하는 것이 관찰된다. 먼저, 녹색

**Table 1.** Category of Sample used to analyze.

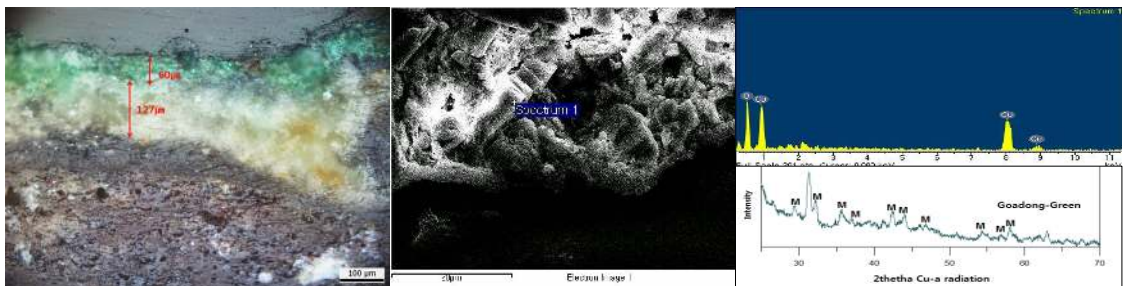
Category	Sample	Content	Location
pigment layer	P1	red pigment	ceiling of burial chamber
	P2	green pigment	ceiling of burial chamber
	P3	white pigment	ceiling of burial chamber
	P4	ground layer	south wall of burial chamber
wall layer	W1	mortar layer	north Wall of burial chamber
	W2	mud layer	west wall of burial chamber
	W3	composite layer (mortar layer + mud layer)	west wall of burial chamber



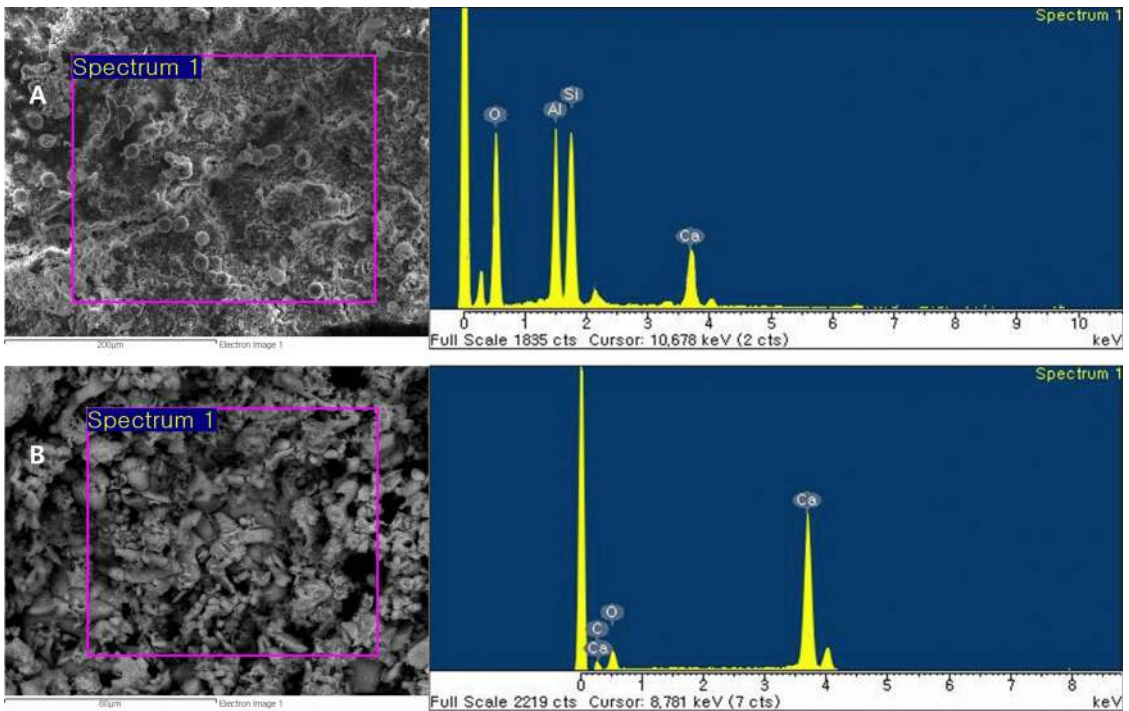
**Figure 1.** Construction and micrographs of Mural Tomb in Goa-dong. (A) Mural paintings of ceiling on burial chamber(a part). (B) Mortar and Mud plaster of west wall on Tomb passage. (C) Micrographs of the mortar samples. (D) Micrographs of the cross section. (E) Cross section of compound layer( $\times 50$ ).

**Table 2.** Summary of analytical results regarding pigment.

Content	Elements	Surface		Possible assignment
		Front	Rear	
P1	red pigment	Hg		cinnabar (or vermilion)
P2	green pigment	Cu		malachite
P3	white pigment	Pb		lead white
P4	ground layer	Al, Si		kaolinite (or halloysite)
		Ca		



**Figure 2.** Analytical results of green pigment(Cross section and SEM-EDX, XRD).



**Figure 3.** Microstructure and chemical composition analytical results of ground layer on burial chamber(West wall). (A) Surface of the ground layer(SEM-EDX). (B) Rear of the ground layer(SEM-EDX).

층은 약 0.06mm의 얇은 층으로 구성되어 있고 그 아래에는 약 0.12mm 두께로 모르타르층 외에 또 다른 백색의 바탕칠층이 구성되어 있다. 녹색에서는 EDX분석 결과 구리(Cu)의 함량이 높게 검출되었으며, XRD분석 결과 공작석(malachite,  $Cu_2CO_3(OH)_2$ )이 동정되었다(Figure 2). 녹색 아래에서 박리된 바탕칠층의 앞과 배면에 대해 EDX 분석 결과 앞면에서는 토양 성분인 알루미늄(Al)과 실리카(Si)가 검출되었고, 배면에서는 칼슘(Ca)이 주성분으로 검출되었다(Figure 3).

### 3.3. 모르타르층 분석

모르타르를 구성하고 있는 주된 물질은 백색덩어리와 패각으로 보이는 1cm 이하의 파편들이다. 이 패각 파편들은 표면의 형상이 굴썹질과 매우 유사하며, 대부분 검거나 회색으로 그을린 형태를 보인다. 모르타르 시료의 절단면에 대해 EDX를 이용하여 화학성분을 분석한 결과 칼슘(Ca), 산소(O), 탄소(C)가 주성분인 것으로 확인되었다(Figure 4). 그리고 모르타르의 백색분말에 대하여 XRD를

이용한 광물 결정상 분석을 실시한 결과 방해석(calcite,  $CaCO_3$ )으로 동정되었다(Figure 5).

모르타르를 구성하는 백색 분말에 대하여 보다 명확한 정보를 얻기 위해 SEM을 이용하여 입자들의 미세조직을 관찰하였다. 미세조직 관찰 결과, 다수의 입자들에서 굴썹질 분말과 흡사한 조직형태가 관찰되었으며(Kim *et al.*, 2008), 이들 입자들 중 일부는 소성으로 형태가 변형된 것이 관찰되었다(Figure 6)(Lee *et al.*, 2008).

### 3.4. 토양층 분석

모르타르층 위에 조성된 토양층에 대해 XRD를 이용한 결정상 분석 결과 석영(quartz), 점토광물(vermiculite, montmorillonite), 그리고 백운모(muscovite) 등의 광물이 동정되었다. 토양층 시료의 체가름 입도분석 결과 극조립사(2~1mm) 크기의 함량이 약 1.9%, 조립사(1~0.5mm) 크기가 약 20.7%, 중립사(0.5~0.25mm) 크기는 약 24%, 세립사(0.25~0.1mm)와 극세립사(0.1~0.05mm)가 약 46.2%, 그리고 0.05mm 이하의 실트질 함량이 약 3.2%로 측정되었다.

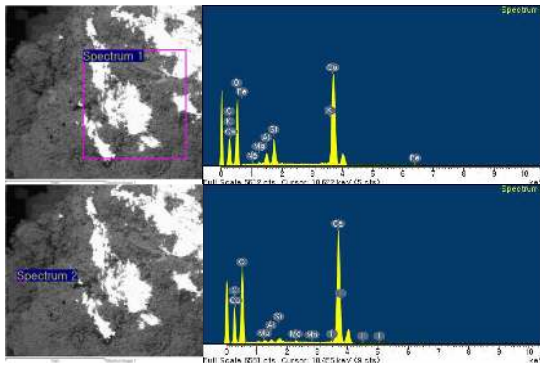


Figure 4. The chemical composition of the mortar (SEM-EDX).

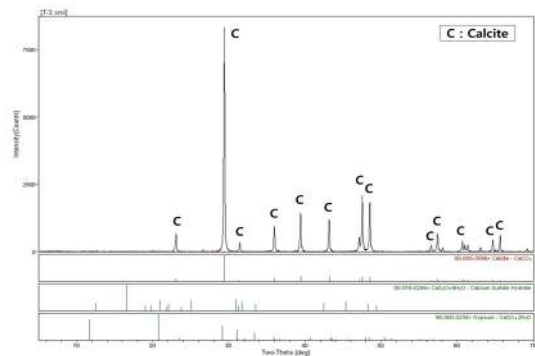


Figure 5. Crystalline mineral of mortar(XRD).

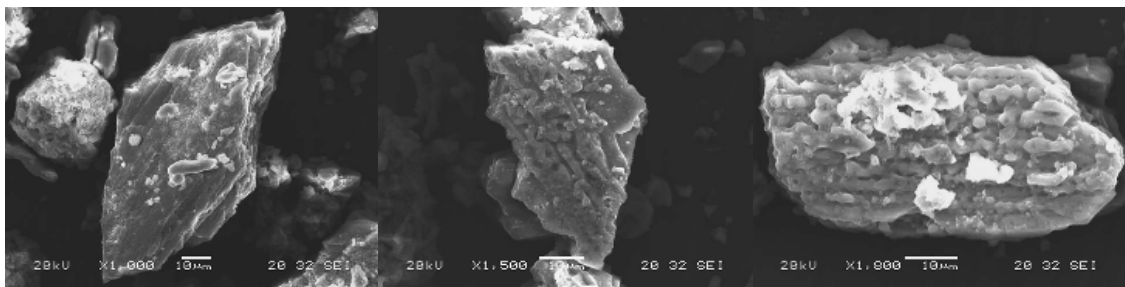
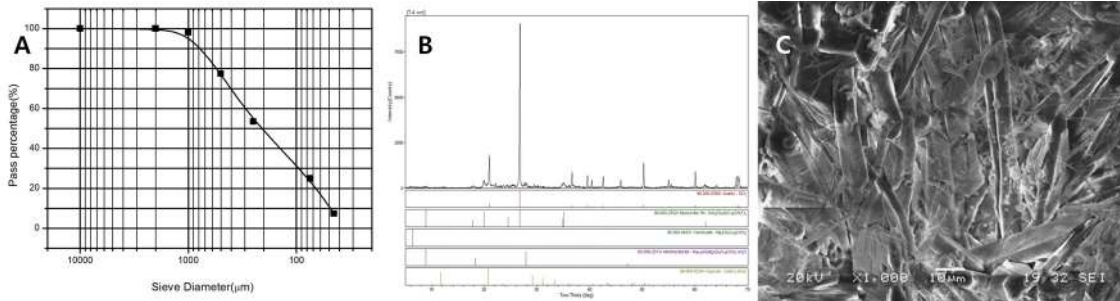


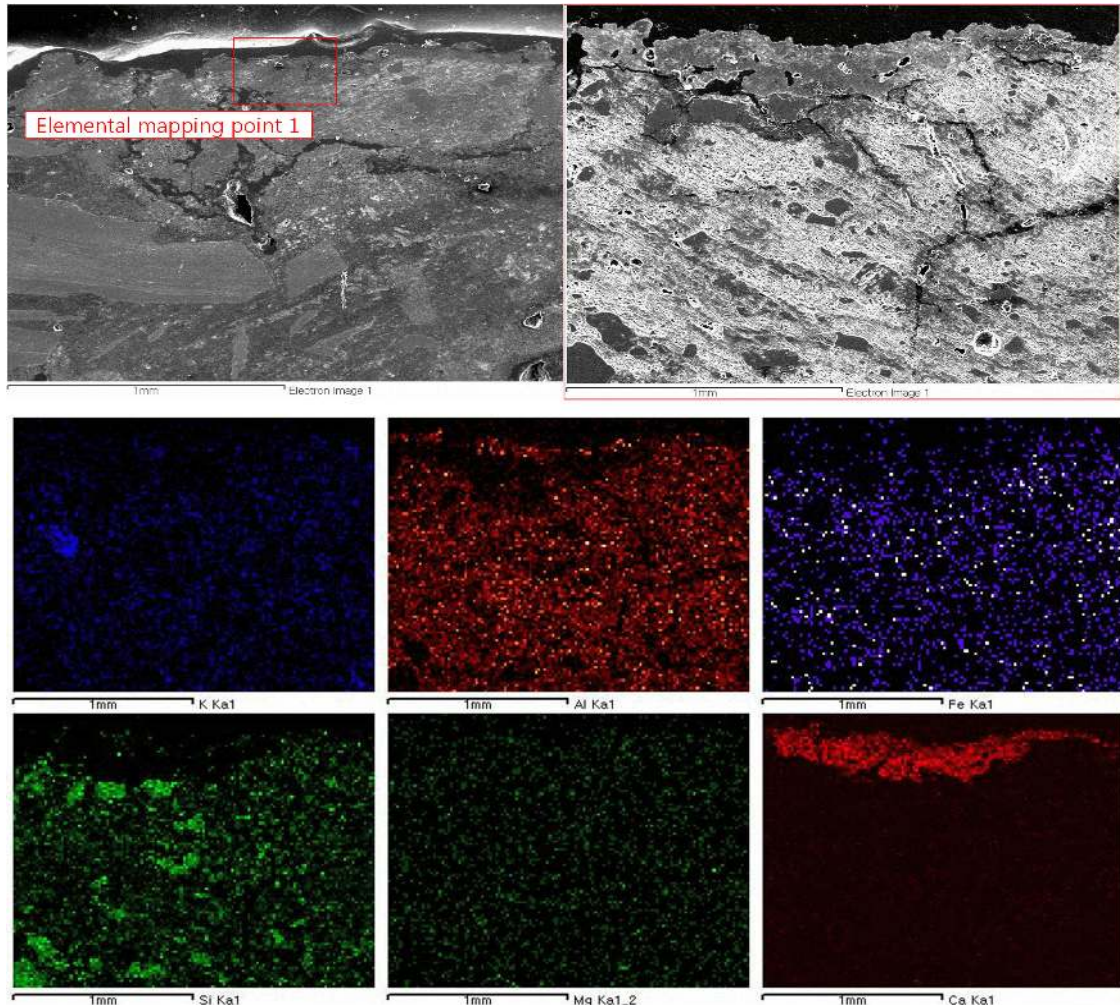
Figure 6. Structure of a particle from mortar, this structure is observed in re-carbonated nacre particles of shell after calcined(SEM).

토양층 표면에는 탄산염이 형성된 것이 관찰되며, 염은 정도에 따라 약간의 차이는 있으나 조직이 치밀하지 않은

작은 결정들의 형태이다. 표면에 생성된 탄산염에 대해 SEM을 사용한 미세조직분석결과 대부분의 탄산염이 주



**Figure 7.** Analytical results of Mud plaster. (A) The Particle size ratio of Mud plaster. (B) Crystalline mineral of Mud plaster(XRD). (C) Microstructure of carbonate on mud plaster surface(SEM).



**Figure 8.** Analytical results of elemental mapping.

상(柱狀)의 성장을 보이고 있었으며, 일부 표면입자들은 단단한 응결체를 형성하고 있다(Figure 7).

### 3.5. 복합층 분석

복합층위 시료의 토양층 표면에 얇게 형성된 탄산염 층위는 EDX를 이용한 elemental mapping을 실시하였다. elemental mapping point 1의 탄소(C)와 칼슘(Ca) 원소가 밀집되어 있는 상부의 얇은 층이 탄산염 층으로 토양층과의 구분이 명확히 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 그 아래의 층위에서는 점토광물의 화학성분인 실리카(Si), 알루미늄(Al), 산소(O) 원소들이 밀집되어 있다. 그리고 얇은 상부의 탄산염층에 칼슘(Ca), 탄소(C) 원소가 밀집되어 있으며 아래층은 철(Fe), 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 실리카(Si) 등 토양 광물의 원소들이 분포되어 있는 것으로 확인되었다(Figure 8).

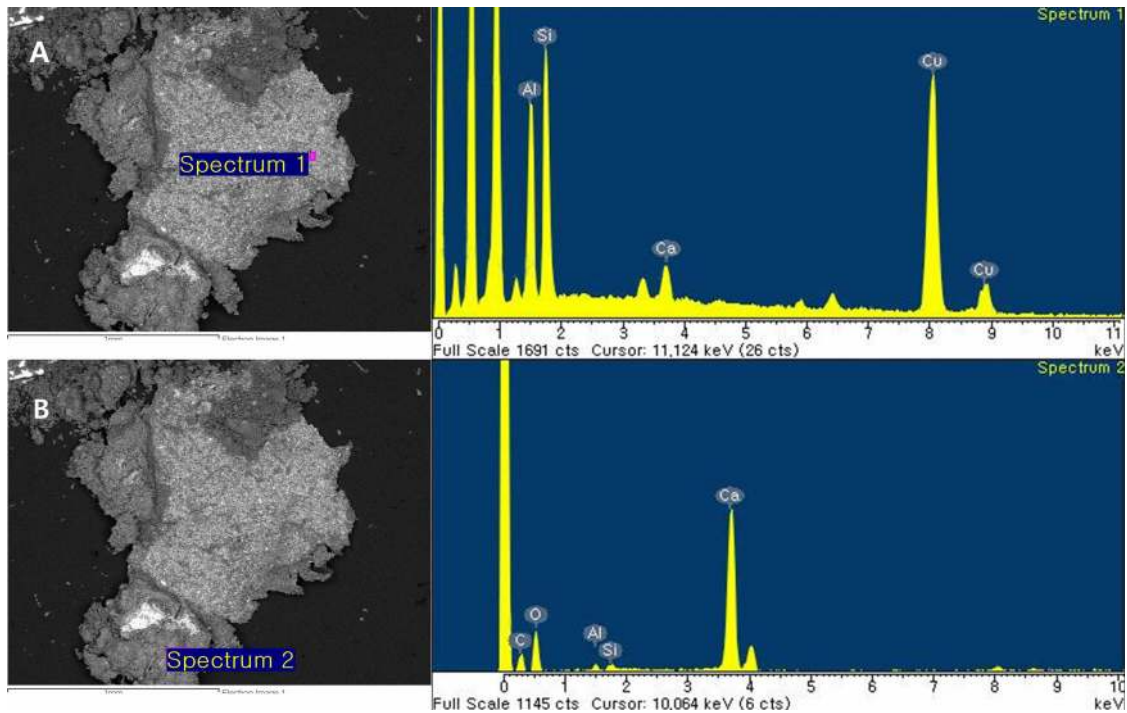
## 4. 고 찰

벽화 제작에 사용된 모르타르와 토양층 그리고 채색안

료 등에 대한 재질특성 분석결과를 해석하여 채색기법을 추정하면 다음과 같다. 먼저 벽면은 굴 패각을 소성(燒成)하여 만든 석회로 모르타르를 바르고 그 위에 그림이 그려질 면인 바탕칠층(ground layer)이 조성되었다. 바탕칠층은 모르타르 위에 백토(kaolinite( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) 또는 halloysite( $Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$ ))를 얇게 칠한 후 그 위에 무기질 안료로 채색을 하였다.

채색 안료는 적색은 cinnabar( $HgS$ , 또는 vermilion)이, 그리고 백색은 lead white( $PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ )가 사용된 것으로 추정된다. 녹색은 2002년에 동일 채색층을 대상으로 P-XRF를 사용한 안료분석 결과 malachite 또는 atacamite로 추정하였으나(Moon *et al.*, 2002), 본 연구과정에서 광물결정상 분석을 병행한 결과 malachite( $Cu_2CO_3(OH)_2$ )로써 동정되어 공작석을 사용한 것이 확인되었다. 채색층 분석과정에서 일부 검출되는 알루미늄(Al)과 실리카(Si) 성분은 바탕칠의 토양성분에서 기인한 것이며, 칼슘(Ca) 성분은 바탕칠층에 모르타르층의 일부가 부착된 결과이다(Figure 9).

벽체의 모르타르를 구성하는 백색덩어리의 화학성분은 칼슘(Ca)의 함량이 가장 높게 검출되었고 XRD 분석결과 calcite( $CaCO_3$ )로 동정되었다. 패각은 탄산칼슘으로 구성



**Figure 9.** Analytical results of Green painting layer(SEM-EDX). (A) Detected at the surface of the ground layer ingredients(pigment(Cu) and soil(Al, Si)). (B) Detected at the rear of the ground layer ingredients(Mortar(Ca)).

되어 있어 성분과 결정상만으로는 석회와의 구분이 어렵지만, 패각 입자의 고유형태를 지니고 있다. SEM을 통한 미세조직 관찰결과 모르타르를 구성하는 입자들의 미세조직에서 굴 껍질 분말입자와 유사한 조직이 관찰되었다. 또한 패각 파편과 분말입자들에서는 패각의 소성에 의한 그을린 흔적과 변형된 조직형태가 관찰되었다. 이는 모르타르에 다량 분포하는 패각 파편의 관찰결과와도 상통하는 것으로 모르타르가 굴 껍질을 소성하여 만들어졌으며, 이 과정에서 일부 불완전 소성된 패각의 파편들이 그을린 상태로 잔류하는 것임을 알 수 있다. 이러한 결과로 미루어 고아동 고분의 모르타르는 굴 껍질을 소성(燒成)하여 만든 석회를 이용했던 것으로 보인다.

분석결과를 종합하여 고아동 고분벽화 재료의 특성을 고찰하면, 우리나라 고대 고분벽화에 석회 모르타르를 사용하였던 일반적인 제작양식과는 차이를 보이고 있다.

먼저, 모르타르의 경우 모래가 혼합되지 않고 초분류의 압흔(壓痕)만이 관찰된 결과로 미루어볼 때 오직 패각을 소성한 석회에 식물성 섬유만을 혼합하여 제작한 것으로 보인다. SEM을 사용하여 분말에 대한 미세조직을 살펴보면 불완전 소성되어 패각 조직형태를 그대로 간직하고 있는 입자들이 산재해 있는 것을 확인할 수 있으며(Figure 10), 이와 같은 물질들은 모르타르 제작 시 강도 발현에 있어 저해요인이 되었을 것이다. 또한 점토나 모래와 같은 토양재료가 모르타르에 혼합되지 않은 상태로써, 일반적으로 고분벽화 제작에 사용되었던 석회 모르타르에 비해서는 내구성이 상당히 떨어지는 조건이다.

이와 같이 고아동 고분벽화의 모르타르 제작에 토양이

혼합되지 않고 패각을 소성하여 만든 석회만이 사용된 것은 유사시기인 5-6세기에 나타나는 고구려 고분벽화의 모르타르 제작기술과는 상이한 특징으로 볼 수 있다. 국내에서 연구된 고구려 고분벽화 모르타르에 대한 분석결과에 따르면, 고분 내 벽체를 조성하기 위해 석회를 토양과 혼합하여 모르타르를 제작한 경우들을 확인할 수 있다.

하해방 31호분은 초벽층과 바탕층에 소석회를 사용하여 점토 또는 모래를 혼합하여 모르타르를 제작한 것으로 분석되었으며(Ahn, 2003), 진파리 4호분의 회벽체는 석회에 숯과 점토질풍화토 그리고 패각이 혼합되어 있는 것을 확인하였다(Lim, 2009). 그리고 벽체 조성에 합분이 사용되었는지에 대한 연구결과는 현재까지는 전무하다. 2005년에 고구려 쌍영총 벽화에서 aragonite가 최초로 분석된 사례가 있으나(Yu, 2005) 이는 벽화 표면에서 검출된 성분으로서 채색안료로 사용되었을 것으로 보이며, aragonite는 소성을 거치지 않은 대합 등의 패각에서 나타나는 결정상으로 벽체 조성을 위한 모르타르로 사용되었다고 보기는 어렵다. 또한 위에서 기술한 진파리 4호분 회벽체에 관한 연구에서 확인된 패각의 기원은 명확하게 밝혀지지 않아 패각을 이용해 소석회( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )를 제작한 것인지에 대해서는 지속적인 연구가 필요한 것으로 결론 내려져 있다(Lim, 2009).

두 번째 특징은 모르타르 위에 조성된 토양층이다. 모르타르층 위로 단단하고 치밀하게 미장된 토양층은, 주로 중립사 이하 크기의 입도가 낮은 점토에 소량의 모래를 혼합하여 사용하였으며, 모르타르 위로 재차 마감층을 조성한 것으로 보인다. 또한 대부분의 토양층 표면에 탄산염이 형

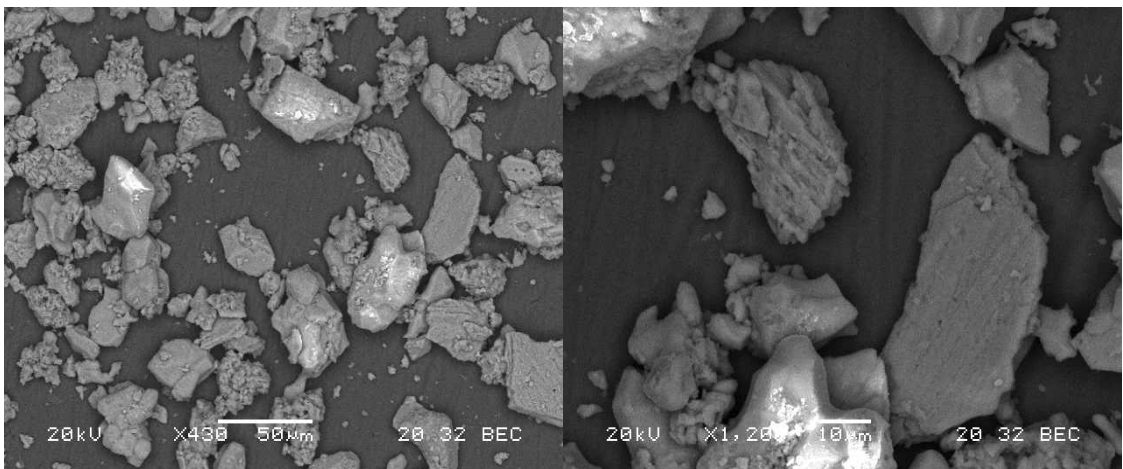


Figure 10. Shapes of particles that compose the mortar(SEM).



성되어 있는 것으로 나타났는데, 이와 같은 탄산염은 모르타르를 구성하는 탄산칼슘이 고분내부의 결로에 의해 용해된 후 토양층의 표면에서 다시 결정화되면서 형성된 것으로 보인다.

모르타르 표면에 조성된 토양 마감층은 모르타르를 보수하기 위한 목적으로 사용된 것으로 보이며, 이는 불완전 소성된 패각을 사용하여 모르타르를 제작한 결과와 연관 지어서 생각할 수 있다. 즉, 앞서 기술한 불완전 소성된 패각을 사용한 모르타르의 내구성 결여로 인해 손상이 진행되었을 것으로 생각된다. 토양층이 분리된 지점 아래의 모르타르 표면에서 채색흔적이 발견되었으며, 이는 모르타르 위에 형성된 채색층이 대부분 손상된 이후에 다시 진흙으로 마감했다는 정황을 추측하게 한다. 이에 불완전 소성된 패각 모르타르는 시공 후 얼마 되지 않아 많은 부분이 박락된 것으로 보이며, 토양층은 고분 내 벽화가 훼손된 이후 다시 마감한 것을 알 수 있다. 따라서 고분 축조 후 최초 조성된 벽면 모르타르에는 천장벽화와 같이 채색벽화가 장식되었을 가능성이 높다.

## 5. 결론

고아동 고분벽화 벽면을 조성하는데 있어 굴 패각으로 소성하여 만든 석회를 모르타르로 사용한 것은 한국 고대 고분벽화 제작에 있어 유례 없는 사례이다. 또한 모르타르에 대한 분석결과로 미루어볼 때 유사시기인 5~6세기에 유행한 한국고분벽화의 제작기술 양식과는 다른 특징들을 보인다. 즉, 한국 고분벽화의 전성기를 보인 고구려 고분벽화에 주로 사용된 모르타르는 순도 높은 석회에 모래를 혼합하여 내구성 있는 벽체를 조성하였으나, 고아동 고분벽화의 경우는 모르타르에 모래가 혼합되지 않고 순수하게 패각 파편과 불완전 소성된 석회만으로 이루어져 있어 내구성이 매우 떨어지는 한계를 지니고 있다. 이러한 특징은 석회 모르타르의 가공과 사용법이 뛰어났던 고구려인의 제작기술이 반영되지 않았으며, 기술적 교류 또한 부족했던 것으로 판단된다. 따라서 모르타르 표면에 재차 마감된 토양층은 가야인들의 모르타르 제작기술이 미숙했던 것을 방증하며, 불완전 소성된 패각이 혼합된 석회를 사용한 점과 모래혼합 없이 식물성 섬유만을 혼합하여 모르타르를 제작한 점에서 쉽게 알 수 있다.

고아동 고분벽화를 제작하기 위해 당시 상당량의 굴 껍질이 사용된 것으로 보이며, 고아동은 내륙지역에 위치하

기 때문에 재료의 공수가 매우 어려웠을 것이다. 이와 같이 내구성이 높지 않은 제작방법을 사용하고, 재료의 수급이 힘든 문제들을 감수하면서 굴 패각을 사용하여 벽체를 조성한 의도에 대한 해석은 아직까지는 좀 더 고민해야 할 과제이다.

본 연구에 있어 모르타르 제조에 사용된 원료가 패각임을 규명한 것은 대가야시대 고분벽화 제작기술의 핵심을 밝혀내는데 있어 중요한 단서를 제공해 주었다. 또한 재질 특성 연구는 고아동 고분벽화의 보존상태 진단과 함께 체계적인 보존대책을 마련하는데 있어 효과적인 정보를 제공할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구를 기반으로 한국 고대국가간의 고분벽화 제작기술과 보존에 대한 보다 면밀한 연구들이 계속 이루어지기를 기대한다.

## REFERENCES

- Ahn, B.C., 2003, Study on the technique of making ground walls for wall-paintings of Koguryo tombs. Study of Koguryo, 16.(in Korean with English abstract)
- Han, K.S., 2011, Making Technique Studies of Mural Paintings in the No.6 Tomb of Songsanri, Gongju. Journal of Conservation Science, 27(4).(in Korean with English abstract)
- Han, K.S., and Lee, H.S., 2014, Manufacturing Technology of Mural Tomb. Study on the Conservation for Mural Painting of Goari Tomb in Goryeng Gaya. Edited by Goryeng County Office&KonKuk University.(in Korean)
- Han, K.S., and Lee, H.S., 2013, Study on the Painting Methods of Mural Paintings in Ancient Tombs of Goguryeo Using SEM. Microscopy and Microanalysis, Cambridge journals, 19.
- Kim, S.K., Lee, H.H., and Kim, S.K., 2007, Study on the Manufacturing technique of Mural in Goguryeo Tombs(Jinpa-ri No.1, No.4). Report on Conservation Research of Murals in Goguryeo Tombs. Edited by the Unified Korea Historians Council. (in Korean)
- Kim, S.K., Lee, H.H., Kim, H.J., and Jeong, H.Y. 2008, Investigation of the Korean Traditional Hobun Manufacturing Technique-Centering on Weathering Method-, Conservation studies, 29. (in Korean with

- English abstract)
- Lee, H.S., and Han, K.S., 2006, Study on Lime Layers in Murals in Ancient Goguryeo Tombs. *Journal of Conservation Science*, 19. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.H., Kim, S.K., Kim, H.J., and Jeong, H.Y., 2008, Investigation of the Korean Traditional Hobun Manufacturing Technique-Centering on Calcination Method-, *Conservation Science*, 23. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.S., and Ahn, B.C., 1998, A Preliminary Thought on Production Techniques of Mural Paintings Goguryeo. *Study of Goguryeo*, 5. (in Korean)
- Lujan, R., 1991, The Conservation of Mural paintings. *Serial No. FMR/CTL/CH/91/102*. UNESCO.
- Lim, K.W., 2009, Study on properties of lime plaster at mural in Goguryeo Tomb : A case Study on Jinpa-ri Tomb No.4. *Historical Society of Northeast Asia*, 5. (in Korean with English abstract)
- Moon, H.S., Hong, J.W., Hwang, J.J., Kim, S.K., and Cho, N.C., 2002, Scientific Analysis of Ancient Mural Pigments. *Cultural Heritage*, 35. (in Korean with English abstract)
- Mazzo, R., 2004, Scientific examination of mural paintings of the Goguryeo Ancient Tombs. *International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Properties*.
- Yu, H.S., 2005, Pigment Analysis of Ssangyongchong Murals. *Museum Conservation Science*, 6. (in Korean with English abstract)
-