

# 高句麗 雙楹塚 壁畫의 顔料分析

俞 惠 仙<sup>†</sup>

國立中央博物館 保存科學室

## The Result of the Pigment Analysis of the Mural in Ssangyeongchong (Tomb of Two Pillars) from Goguryeo

Heisun Yu<sup>†</sup>

Conservation Science Lab., The National Museum of Korea

**요약** 국립중앙박물관이 소장하고 있는 평양 남포지역의 고구려 쌍영총(쌍기둥무덤)벽화 편 위에 채색되어 있는 안료의 성분분석을 수행함으로써 각 색상에 따른 안료의 광물종류 확인 및 벽화의 제작기법상의 특징을 찾고자 하였다. 분석은 비파괴 성분분석기인 X-선형광분석기(X-ray fluorescence spectrometer, XRF)를 사용하여 안료의 성분원소를 확인하였고, X-선회절분석기(X-ray diffractometer, XRD)를 사용하여 벽화의 바탕 및 안료 층의 광물구조를 파악하였다. 분석결과 벽화의 채색안료 중에서 입술의 적색에는 진사/주(HgS)가 사용되었으며, 얼굴부분은 진사/주와 석회(CaCO<sub>3</sub>)를 혼합하여 채색했을 가능성이 큰 것으로 추정되었다. 그리고 가장 큰 특징으로 그림이 그려진 부분의 밑층에만 납 계통의 안료[연백(2PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub>)]가 검출된 사실을 꼽을 수 있다. 이로부터 쌍영총 벽화가 세코(Secco)기법으로 제작되었을 가능성이 크다는 결과를 얻을 수 있었다.

**Abstract** The elements of the pigments used on the wall painting in Ssangyeongchong (Tomb of Two Pillars) from Goguryeo in the Nampo area of Pyeongyang were analyzed to confirm their mineral compositions and features of the painting. Specifically, the non-destructive X-ray fluorescence spectrometer (XRF) was used. On the other hand, the mineral composition of the background and pigment layers were analyzed using an X-ray diffractometer (XRD). The results of these analyses suggested that the lips of the characters in the painting were painted with HgS, and their faces, painted with HgS(Cinnabar/vermillion) mixed with CaCO<sub>3</sub>. Note that lead white pigment [2PbCO<sub>3</sub> · Pb(OH)<sub>2</sub>] was found only on the bottom layer of the painting, indicating that the wall painting was likely to have been created using the Secco method.

<sup>†</sup> Corresponding author : Conservation Science Lab., The National Museum of Korea  
Tel : 02) 2077-9423 | Fax : 02) 2077-9449 | E-mail : consrv2@museum.go.kr

## I. 서론

1990년대 후반까지도 고구려 고분벽화에 대한 연구성과의 과제 및 방법론을 정립하는데 있어서 보존과학은 하나의 독립된 분야로 인정받지 못한 채 역사학 분야의 한 연구 갈래로 구분되어 왔다<sup>1)</sup>. 현재에도 고구려 고분벽화에 대한 연구는 고고학, 미술사학 및 역사학 분야를 중심으로 진행되어 온 반면에 보존과학 측면에서의 연구 성과가 미비한 것이 사실이다. 이와 같은 원인으로는 첫째, 보존과학이란 학문이 고고학이나 미술사학에 비하여 국내에 도입된 시기가 짧아 연구성과를 채 정립하지 못한 이유 때문이며, 둘째, 고고·미술사적인 연구는 육안조사 및 문헌자료 등을 통하여 진행될 수 있는 반면에 보존과학은 여러 가지 첨단 장비들이 동원되어야만 조사 분석이 가능한 제약이 따르기 때문이고, 마지막으로 모든 학문분야에 다 적용 되는 문제점인 동시에 제약요소로 생각되는 사항으로서 고구려 고분벽화에 대한 접근성의 문제를 들 수 있다. 누구나 다 아는 사실이지만 고구려 고분벽화는 대부분이 중국이나 북한에 집중되어 있어 접근이 거의 불가능하므로 직접적인 연구가 어려웠다. 그러나 2000년대에 접어들면서 고구려 고분벽화의 현황 및 보존조치에 관한 보존과학적 측면에서의 연구성과가 발표되고 있으며, 또한 유네스코를 중심으로 북한에 소개하고 있는 고구려 고분벽화의 보존현황 파악이 가능하여, 보존조치와 더불어 과학적인 조사연구가 점차로 수행되고 있다<sup>2)</sup>. 이러한 연구성과를 바탕으로 고구려 고분벽화의 보존문제가 국제적인 관심의 대상이 되었으며, 다양한 분야의 학문적 성과가 보고되고 있다.

본 연구는 국립중앙박물관이 소장하고 있는 평양 남포 지역의 고구려 쌍영총 벽화편의 복제를 위한 조사·분석

과정에서 확인한 내용(바탕과 채색 층에 사용된 재료 및 안료의 성분분석 결과)과 쌍영총 고분벽화에 대하여 선행 조사된 논고인 이상수, 안병찬의 高句麗研究 5輯(1998)에 실린 “고구려벽화 제작기법 試考”에 대한 내용을 비교 분석함으로써 고구려 벽화의 제작 기법 상의 특징을 보다 명확하게 확인하고자 하는 데 그 목적이 있다. 분석은 비파괴 성분분석기인 X-선형광분석기(X-ray fluorescence spectrometer, XRF)를 사용하여 안료의 성분원소를 확인하였고, X-선회절분석기(X-ray diffractometer, XRD)를 사용하여 벽화의 바탕 층 및 안료의 광물구조를 파악하였다.

## II. “고구려벽화 제작기법 試考”에 대한 고찰

高句麗研究 5輯(1998)에 실린 이상수, 안병찬의 “고구려벽화 제작기법 試考<sup>3)</sup>”는 실제 고구려 벽화 편에 대한 조사 분석 논고로 국내에서 유일한 것으로서, 가장 논점이 되는 사항은 고구려 고분벽화에 대한 제작기법 상의 관심 즉, 벽화 위의 그림을 그리는 시점이 석회층이 마르기 전에 그렸는지 혹은 마른다음에 그림을 그렸는가 하는 문제에 관심이 집중되어 있다.

위 논고의 내용을 세 가지로 요약해 보면 첫째, 적색 및 흑색 안료 층의 단면을 박편으로 만들어 현미경 조사한 결과 검은색 안료의 경우는 안료 층 위에 결정 층이 그림1과 같이 형성되어있고, 적색안료 시료의 경우는 안료 층 밑에 미세결정이 골고루 분포되어 있는 것으로 조사되었다(그림 2참조). 그리고 적색의 경우에는 안료가 서로 치밀하게 결합해 층을 형성하지 못하고 엉성하게 부풀 상태

1) 전호태, “고구려 고분벽화 연구사”, 『高句麗古墳壁畫(高句麗研究 4輯)』, p. 54, 사단법인 고구려연구회편, 학연문화사, 1997.

2) - Lujan Lunsford R., “Two Similar Tombs with Divergent Conservation Problem-Assessment of the State of Preservation and Documentation of the Mural Paintings”, UNESCO Symposium on the Conservation of Koguryo Tombs, “Scientific and Methodological Approach”, October 2004, Seoul, Republic of Korea, pp. 100-108.

- R. Mazzeo, E. Joseph, V. Minguzzi, G. Grillini, P. Baraldi, “Scientific investigations of the TOKHUNG-Ri mural paintings of the Koguryo era, Democratic People’s Republic of Korea”, 고구려 고분벽화 보존 국제세미나, 문화재청 국립문화재연구소, 2005. 6. 10.

3) 이상수, 안병찬의 高句麗研究 5輯(1998)에 실린 “고구려벽화 제작기법 試考” 논고 내용 중 통구12호(흑, 적색부분) 및 출토지 미상의 시료(흑, 적색부분) 등에 관한 조사 내용은 제외하였고, 쌍영총 벽화편의 분석결과에 대해서만 자세히 언급하였다.

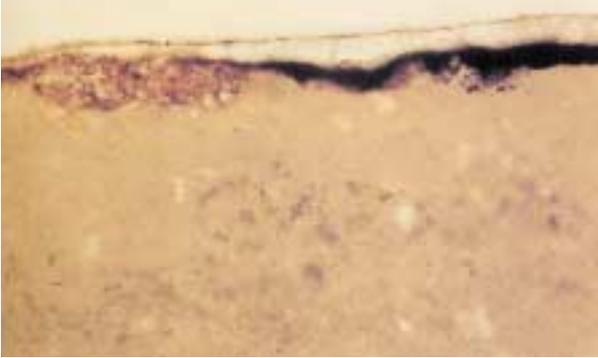


Figure 1. Microscope image of the black pigment layer of the wall painting in Ssangyeongchong (Tomb of two Pillars) from Goguryeo (x200) [Source: “Goguryeo Wall Painting Techniques Review”, Study on Goguryeo, Volume 5 by Lee Sang-soo and Ahn Byeong-chan, p.23].

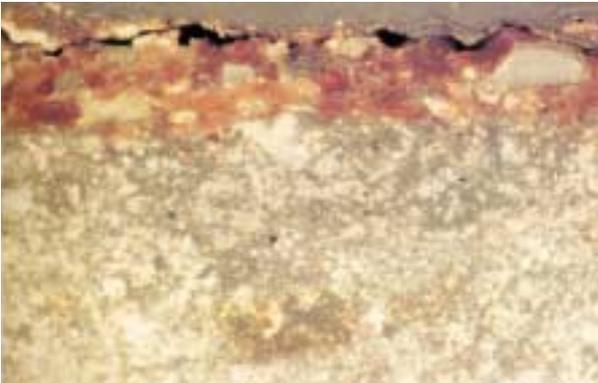


Figure 2. Microscope image of the red pigment layer of the wall painting in Ssangyeongchong (Tomb of two Pillars) from Goguryeo (x200) [Source: “Goguryeo Wall Painting Techniques Review”, Study on Goguryeo, Volume 5 by Lee Sang-soo and Ahn Byeong-chan, p.23].

로 존재하고 있다고 설명하고 있다.

둘째는 안료의 성분배에 관한 내용으로서 SEM/EDS 분석결과 적색의 경우 미량의 수은과 납이 검출되어 진사 또는 연단이 혼합되어 사용된 것으로 그리고 흑색의 경우는 탄소계로 수록되어 있다.

마지막으로 고구려 벽화가 프레스코(Fresco)라는 기존의 학설에 대한 반증의 관점에서의 해석한 내용을 언급하고 있다. 즉 고구려벽화가 만약 프레스코화기법이라고 한다면 안료의 표면에 탄산칼슘 결정이 일정하게 존재해야 하지만 적색안료의 경우처럼 미 형성된 부분이 많은 점과 탄산칼슘 층 속에 안료가 함께 존재하지 않은 이유는 그림을 마른 회벽에 그렸기 때문이며, 또한 안료의 내구성

을 높이기 위해 아교와 같은 매개물을 섞어 그린 것으로 추정하고 있으며, 이는 결국 안료에 정착 매개물을 섞어 사용했다는 결론에 도달하게 되는데 이는 곧 벽화제작자가 프레스코기법의 원리를 모르고 그림을 그렸다는 의미에서 프레스코화는 아니라는 결론에 이르고 있다. 또한 앞서 언급했듯이 적색계열의 채색 층에서 공통적으로 나타나는 안료입자의 부분 상태를 매개물의 존재로 해석함으로써 정확하게 과학적으로 안료 정착용 매개물의 존재를 증명할 수 없지만 고구려벽화의 제작기법은 일단 “프레스코화는 아니다”라고 결론내리고 있다.

본 연구에서는 앞선 분석 내용에서 미처 확인되지 못한 프레스코인지 세코인지의 여부 및 적색안료의 정확한 광물구조 확인 등을 중심으로 고구려 쌍영총 벽화가 가지고 있는 사실을 과학적으로 확인해보고자 하였다.

### Ⅲ. 분석

#### 1. 대상유물

평양 남포시 용강면 소재 고구려 쌍영총은 5세기 후반



Figure 3. Mound Map of the Pyongyang region (Source: Goguryeo Mound Wall Paintings, Study on Goguryeo, Volume 4, p.9).



Figure 4-a. Wall painting excavated from Ssangyeongchong (collection of the National Museum of Korea).

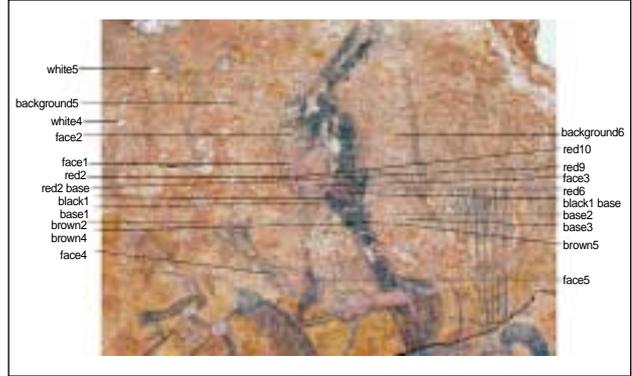


Figure 4-b. Detail of the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

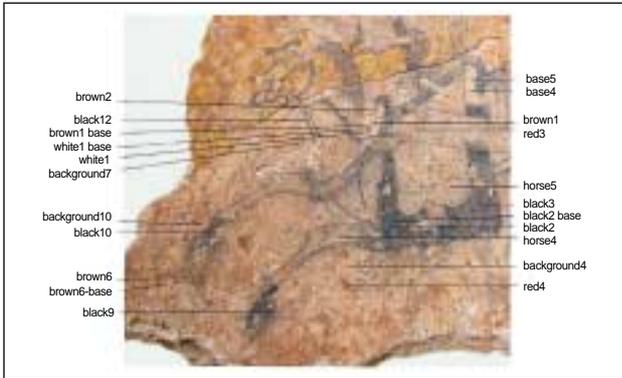


Figure 4-c. Detail of the wall painting excavated from Ssangyeongchong.



Figure 4-d. Detail of the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

으로 편년되고 인물풍속 및 사신도가 그려져 있으며, 국립중앙박물관이 소장하고 있는 이 무덤의 벽화 편은 서벽 널길에서 떨어져 나온 것으로 알려져 있다. 평양지역 고구려 고분의 분포지도를 그림 3(高句麗古墳壁畫, 高句麗研究 第4輯, P. 9에서 발췌)에 나타내었으며, 쌍영총의 위치는 37번으로서 원형 및 방형으로 표시를 하였다.

본 연구에서 분석한 국립중앙박물관이 소장하고 있는 고구려 쌍영총 벽화 편은 크게 2개의 편으로 분리되어 있으며, 벽체가 적어도 3개 층으로 구성되어 있으며, 그 위에 석회로 바탕 층을 고른 다음 안료를 채색한 것으로 추정된다. 벽화에 사용된 각 색상별 안료의 분석 위치<sup>4)</sup>는 그림 4-a~d에 나타내었다.

## 2. 분석방법

이동형 X-선형광분석기(ArtTax  $\mu$ -XRF spectrometer, Rontec in Germany)를 사용하여 안료의 성분원소를 확인하였고, X-선회절분석기(GADDS, Bruker in Germany)를 사용하여 벽화의 바탕 층 및 안료의 광물구조를 파악하였다. 이때 사용한 XRF의 분석조건은 가속전압 50kV, 전류 600 $\mu$ A, 분석시간 200s, 콜리메이터의 직경( $\phi$ ) 600 $\mu$ m, 빔과 시료 사이의 거리는 4mm이었다. 그리고 XRD의 분석조건은 전압 40kV, 전류 30mA, 콜리메이터의 직경( $\phi$ ) 0.5mm, 측정시간 20s,  $2\theta$ 범위는 27~74° 이었다.

4) 각 색상 및 위치에 대한 용어는 필자의 주관에 의한 것으로서 실제 그림에 사용된 색상과 차이가 있을 수 있음을 밝혀 둡니다.

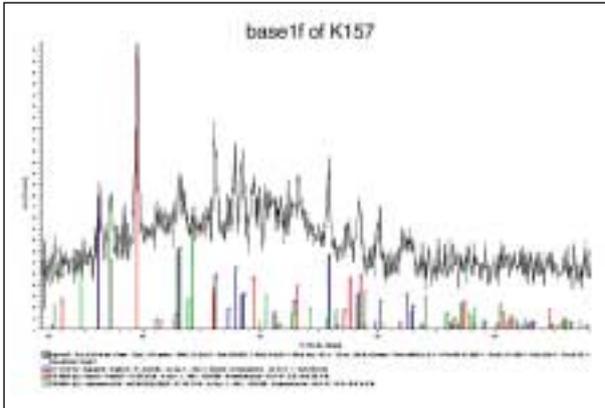


Figure 5. X-ray diffraction pattern of the light brown pigment (fighter's upper garment) on the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

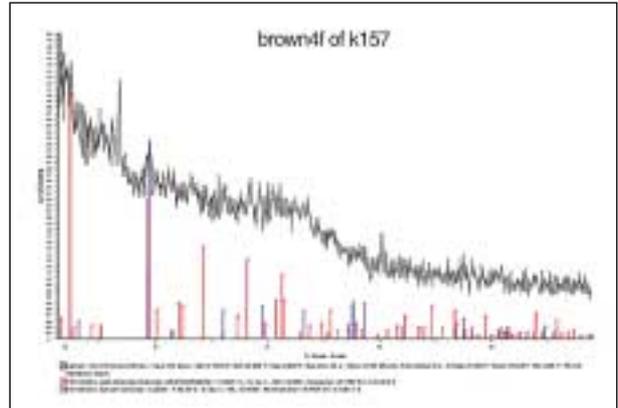


Figure 6. X-ray diffraction pattern of the dark brown pigment (fighter's upper garment) on the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

#### IV. 결과 및 고찰

고구려 쌍영총 벽화의 채색안료에 대한 XRF분석 결과를 표1에 수록하였다. 결과를 살펴보면 안료의 종류를 갈색(열은갈색(lt-brown)과 짙은갈색(dk-brown)), 얼굴색(face), 적색(red), 흑색(black) 그리고 흰색(white) 등 크게 5가지 정도로 구분할 수 있다. 갈색은 다시 열은갈색과 짙은갈색으로 구분할 수 있는데, 먼저 열은갈색은 무사의 상의(base1~3), 말안장(base4, 5) 및 화살통(base6)에 사용되었으며, 주성분으로 칼슘(Ca), 납(Pb), 철(Fe) 등이 검출된 것으로 보아 석회(calcite,  $\text{CaCO}_3$ ), 연백(white lead,  $[\text{2PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2]$ ), 산화철(hematite,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 등이 사용된 것으로 추정되었다. 보다 정확한 광물규명은 XRD분석으로 확인할 수 있는데, 그림5에서 보는 바와 같이 base1에서 calcite, aragonite, 탄산납계통의 물질(hydrocerussite)이 확인되었다. 여기서 매우 중요한 사항이 있는데, 석회의 경우 지금까지 알려진 탄산칼슘광물로는 calcite가 주된 경우였으나, 본 연구에서는 calcite와 함께 대합에서 얻은 흰색분말 안료인 aragonite가 최초로 확인된 사실에 큰 의의가 있다. 그리고 탄산납의 수화물이 검출된 것으로 보아 연백안료가 오랜 시간이 지나면서 변형된 물질일 것으로 추정되었다. 짙은갈색은 화살통(brown1, 2), 무사의 상의 중 짙은 부분(brown4, 5) 및 그림이 없는 외부영역(brown3, brown6)에 사용되었으며, 주성분으로 Pb, Ca, Fe가 검출된 것으로 보아 석회, 연백, 산화철 등이 사용된 것으로

추정된다. 보다 정확한 광물규명은 XRD분석으로 확인할 수 있는데, 그림6에서 보는 바와같이 앞의 그림5에 비하여 명확하게 염기성탄산납(lead carbonate hydroxide)인 연백을 확인 할 수 있었다. 그리고 역시 석회층을 확인 할 수 있었다. 그러나 그림이 없는 외부영역의 갈색인 brown3 및 6에서는 Pb가 검출되지 않고 Ca, Fe 만 검출되는 특징을 보이고 있다(Table 1 참조). 즉 연백 층이 존재하지 않은 것을 의미한다.

얼굴색의 경우는 코(face1), 이마(face2) 및 턱(face3) 등에 사용되었으며, 주성분으로 Ca, 수은(Hg), Pb, Fe가 검출된 것으로 보아 진사/주(cinnabar/vermilion,  $\text{HgS}$ )와 석회를 혼합하여 얼굴을 채색했을 가능성이 큰 것으로 판단되었다.

적색의 경우는 입술(red1), 옷깃(red2), 화살통의 테두리(red3~5)에 사용되었으며, 그림이 없는 외부영역(red8)을 채색하는데 사용되었고, 안료의 주성분으로 red8을 제외한 부분에서 Hg, Ca, Pb, Fe가 검출되었으며, XRD 분석결과 진사/주가 사용된 것을 확인할 수 있었다(그림 7). 그리고 여기서 한 가지 중요한 사실은 진사/주와 함께 lead carbonate hydroxide가 검출되는 점이다. 즉 lead carbonate hydroxide는 앞에서도 언급했듯이 연백으로서 앞의 “고구려벽화 제작기법 試考”에서 언급된 연단( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )이 사용되었을 가능성이 거의 없음을 과학적으로 증명해 주고 있다. 더욱이 그림이 그려져 있지 않은 영역인 red8의 경우는 Fe와 Ca가 주성분으로 검출된 것으로 보아 산화철이 적색을 내는데 주요한 광물이라는 것

**Table 1. Pigment analysis by color on the wall painting excavated from Goguryeo Ssangyeongchong**

colors	positions	major elements	possible minerals	remarks
lt-brown	base1~6	Ca, Pb, Fe	calcite(CaCO <sub>3</sub> ), white lead[2PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> ], hematite(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
	horse1~5	Ca, Pb, Fe	calcite, white lead, hematite	
dk-brown	brown1,2	Pb, Fe, Ca	lead white, hematite, calcite	화살통의 입구
	brown3	Ca, Fe	calcite, hematite	그림영역의 외부
	brown4,5	Pb, Ca, Fe	lead white, calcite, hematite	무사의 상의
	brown6	Ca, Fe	calcite, hematite	그림영역의 외부
face	face1~5	Ca, Hg, Pb, Fe	cinnabar/vermilion(HgS)+ calcite/aragonite	
red	red1	Hg, Ca, Pb, Fe	cinnabar/vermilion	입술
	red2	Ca, Hg, Pb, Fe	cinnabar/vermilion	옷깃부분
	red3	Hg, Ca, Pb, Fe	cinnabar/vermilion	화살통 테두리
	red8	Fe, Ca	hematite, calcite	그림영역의 외부
black	black1	Ca, Pb, Fe, Hg	carbon(C)	옷깃
	black1- base	Hg, Ca, Fe, Pb	cinnabar/vermilion	옷깃의 흑색 바탕에 진사층 존재?
	black2,3	Ca, Fe, Pb	carbon	말안장
	black2- base	Ca, Fe, Pb	calcite	
	black4,5	Ca, Pb, Fe	carbon	말꼬리
	black5- base	Ca, Pb, Fe	calcite	
	black6	Ca, Fe, Pb	carbon	말그림 외곽선
	black7,8	Ca, Fe	carbon	뒷발의 좌측 말굽
	black9	Ca, Fe, Pb	carbon	앞발의 좌측 말굽
	black10	Ca, Fe, Pb	carbon	앞발의 우측 말굽
	black11	Ca, Fe, Pb	carbon	뒷발의 우측 말
white	white1	Pb, Ca, Fe	lead white, calcite, hematite	화살통의 입구
	white2	Ca, Pb, Fe	calcite	마구장식 문양
	white3	Ca, Pb, Fe	calcite	
	white4,5	Ca, Fe	calcite	바탕재료
background	back- groun1, 9	Ca, Fe, Pb	calcite, hematite, lead white	
	back- ground2~8	Ca, Fe	calcite, hematite	

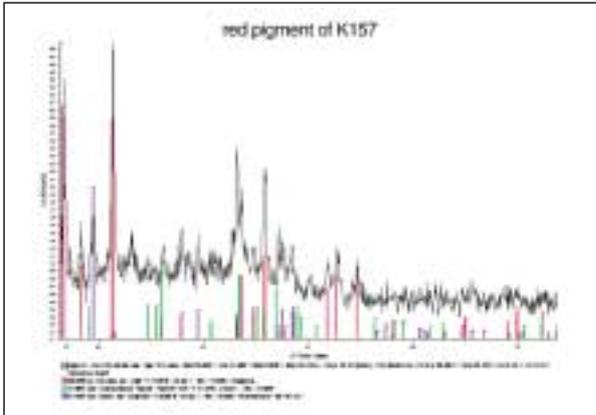


Figure 7. X-ray diffraction pattern of the red pigment (fighter's lips) on the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

을 추정할 수 있었으며, 앞의 갈색(brown3, 6)에서와 같이 그림이 없는 외부영역에서는 Pb가 검출되지 않은 특징을 다시 한번 확인 할 수 있었다.

흑색의 경우는 고대안료로 주로 사용되는 먹(탄소)을 엑스선형광분석기로 검출할 수 없기 때문에 바탕색과 흑색안료에서 검출되는 원소들을 비교함으로써 차이가 없을 경우 먹이 사용된 것으로 간주하기로 하였다. 흑색안료는 옷깃(black1), 말안장(black2, 3), 말꼬리(black4, 5), 말의 외곽선(black6), 뒷발의 좌측말굽(black7, 8), 앞발의 좌측말굽(black9), 앞발의 우측말굽(black10) 그리고 뒷발의 우측말굽(black11)에 사용되었다. 말안장에 사용된 흑색안료는 Ca, Fe, Pb가 검출되었으며, 그 주변의 바탕 층인 black2-base와 비교해 볼 때 유사한 결과를 보이며, 말꼬리부분의 경우도 동일한 결과를 나타내는 것으로 보아 흑색안료로 먹(탄소)이 사용된 것으로 판단된다. 옷깃부분의 바탕색인 black1-base의 경우는 Hg가 주성분으로 검출되었는데, 아마도 앞의 red2와 가까운 곳인 점을 감안해 볼 때 의도적으로 바탕에 적색을 채색한 것이 아니라 우연하게 묻혀진 것으로 여겨진다. 또 한 가지 재미있는 결과는 앞의 갈색 및 적색에서 언급했듯이 그림이 그려져 있는 영역에서 모두 Pb가 검출되고, 그림이 없는 영역에는 검출되지 않는 특징을 보이는 것인데, 흑색의 경우에는 앞의 결과와 다른 양상을 보이는 곳이 있다. 즉 그림영역 중에서 말 뒷발의 좌측말굽 부분(black7)에서는 Pb가 검출되지 않았으며, 왼쪽의 그림 없는 영역(background1, 9)에서 Pb가 검출되고 있다. 이러한 결

과로 보아 말 뒷발의 좌측말굽을 원래 그리려던 자리에서 약간 우측으로 옮겨서 그림을 그린 것으로 판단된다. 물론 다른 바탕영역(background2~8)에서는 Pb가 검출되지 않았고, Ca와 Fe만 검출되었다(그림 8참조).

흰색안료는 화살통의 입구(white1), 말띠꾸미개의 문양(white2, 3) 등에 사용되었으며 특히 white1에서는 Pb의 함량이 매우 높은 것으로 보아 연백이 사용된 것으로 추정되며, white2, 3은 Ca과 Pb가 주성분으로 검출되는

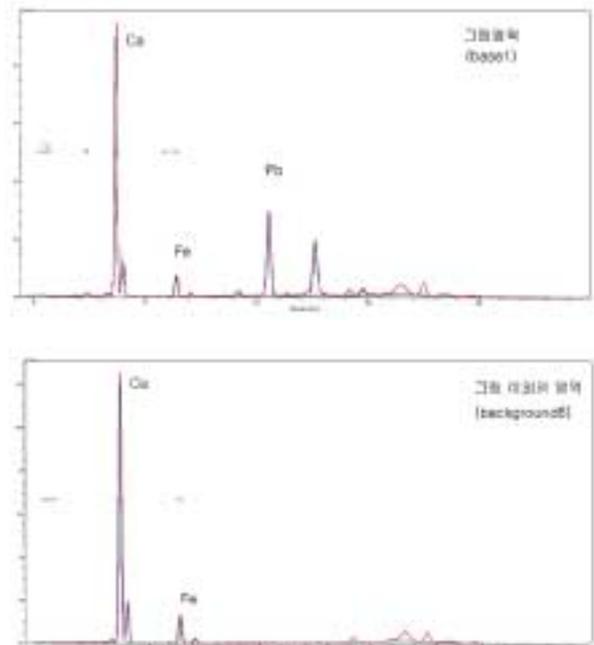


Figure 8. XRF analysis result of the painting area (a) and area beyond the painting (b).

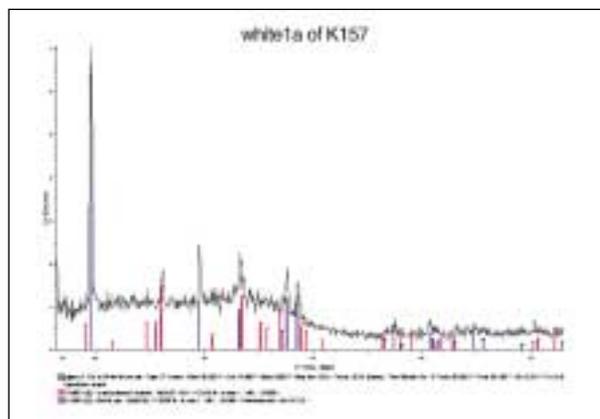


Figure 9. X-ray diffraction pattern of the white pigment (horse tie ornament pattern) on the wall painting excavated from Ssangyeongchong.

것으로 보아 석회화 흰색안료로 사용된 것으로 추정되었다. 보다 정확한 광물규명은 XRD 분석을 통하여 확인하였으며 그림9에서 보는 바와 같이 석회화 연백이 확인되었다.

이상의 결과로부터 그림이 그려져 있는 영역은 벽체에 석회로 벽면을 고른 후 연백을 도포한 다음에 안료를 채색했을 가능성이 매우 높다고 여겨진다. 이와 같은 결과는 앞의 “고구려벽화 제작기법 試考”에서 언급된 것과 같이 현미경조사에서 안료를 접착하기 위한 매개물의 존재가능성을 제시함으로써 벽화의 제작기법은 프레스코라기보다는 세코기법이 적용되었을 가능성을 한 층 높여 주는 결과로 판단된다. 물론 위의 결과는 쌍영총 고분의 벽화 편에 관한 조사 분석 내용으로서 위와 같은 기법(안료 밀층에 연백을 도포하는 방법)이 쌍영총 벽화에서만 나타나는 특징인지 아니면 고구려 벽화의 제작방법적인 특징인지 여부에 관한 더 많은 조사가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 참고로 본 연구 결과와 같이 연백을 도포한 다음 안료를 채색하는 기법을 이용한 예는 일본의 正倉院文書造佛所作物帳(大日本古文書24 天平 6年 5月 1日 類取)에 의해, 연백을 석회벽 위에 도포하는데 사용되고 있으며, 그 벽화의 기술은 한시대의 벽화기술과 관련되어 있음을 지적하고 있다. 또한 고송총(高松塚)벽화 전체 면에서 연백의 존재 가능성이 언급되어 있기도 하다.

## V. 결론

본 연구는 국립중앙박물관이 소장하고 있는 평양 남포 지역의 고구려 쌍영총 벽화편의 바탕과 채색 층에 사용된 재료 및 안료의 성분분석 결과와 아울러 쌍영총 고분벽화에 대하여 선행 조사된 논고 “고구려벽화 제작기법 試考”에 대한 내용을 비교 분석함으로써 고구려 벽화의 제작 기법 상의 특징을 보다 명확하게 확인하고자 하는 데 그 목적이 있다. 분석은 비파괴 성분분석기인 X-선형광분석기(X-ray fluorescence spectrometer, XRF) 및 X-선회절분석기(X-ray diffractometer, XRD)를 사용하여 벽화의 바탕 및 안료의 광물구조를 파악하였고, 선행연구 결과를 비교검토해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 벽화의 바탕재료는 석회(calcite & aragonite)로 확

인되었으며, 특히 대합을 원료로 하여 제조된 것으로 알려진 아라고나이트(aragonite) 광물이 최초로 확인되었다.

2) 벽화를 채색하는데 사용된 안료는 갈색으로 산화철, 적색으로 진사/주, 흑색으로 먹(탄소), 흰색으로 주로 호분이 사용된 것으로 확인되었으며, 모든 안료 층에서 납이 검출되는 것으로 보아 석회층 위에 연백( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ )을 도포한 다음 안료를 채색했을 가능성이 예측 되었다.

3) 벽화의 제작기법은 적색계열 안료입자의 부푼 상태로 보아 안료접착용 매개물의 존재가능성 및 그림이 그려져 있는 영역에서만 연백( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ )을 바르고 각 안료를 채색했을 가능성이 매우 높은 것으로부터 프레스코화가 아닌 세코기법이 적용되었을 가능성이 매우 높다.

본 연구는 고구려 쌍영총벽화의 작은 편에 대한 분석에 국한 되므로 다른 고구려벽화의 경우에 모두 적용된다고 볼 수 없으므로 더 많은 유적에 대한 연구가 수행되어야 보다 정확한 고구려 고분벽화에 대한 특징을 정립할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 이상수, 안병찬, “고구려벽화 제작기법 試考”, 『高句麗研究 5輯』, 사단법인 고구려연구회편, 학연문화사, 1998.
- 전호태, “고구려 고분벽화 연구사”, 『高句麗古墳壁畫(高句麗研究 4輯)』, 사단법인 고구려연구회편, 학연문화사, 1997.
- 早川泰弘·城野誠治, 「高松塚古墳壁畫の螢光X線分析」, 『第28回 文化財の保存および修復に関する國際研究集會』, 獨立行政法人文化財研究所 東京文化財研究所2004.
- 伊藤征司郎 總編集, 『顏料の事典』, 朝倉書庫, 2008.
- 檀原考古學研究所, 『壁畫古墳高松塚』, 奈良縣教育委員會, 昭和47年.
- 『高松塚古墳壁畫』, 高松塚古墳總合學術調查會, 昭和48年.