

## 고구려 개마총 『여인행렬도』의 안료분석

윤은영\*, 김유란, 강형태  
국립중앙박물관 보존과학팀

# The Pigment Analysis of 『Procession of the Ladies』 Mural painting from Gaemachong, Koguryo

Eunyoung Yun\*, Yuran Kim and Hyungtae Kang  
Conservation Science Team, National Museum of Korea

**요약** 국립중앙박물관이 소장하고 있는 고구려 개마총 여인행렬 벽화편에 사용된 안료의 성분 분석을 수행하였다. 분석은 비파괴 성분분석기인 X-선 형광분석기(XRF)를 사용하여 안료의 성분 원소를 확인하였다. 분석결과 벽화의 채색안료 중 적색에는 진사/주(HgS)와 산화철이 사용되었으며 흑색에는 먹, 백색에는 연백이 사용되었다. 얼굴 부분은 진사/주와 연백을 혼합하여 채색하거나 경우에 따라 채색하지 않았을 가능성이 높았다.

**주제어:** 고구려 고분벽화, 개마총, 안료분석.

**Abstract** This study investigated ingredient of the pigment of wall painting piece of women parade of Gaemachong Goguryo that the National Museum of Korea kept. XRF, a non-destructive analyzer, was used to investigate ingredient of the pigment. At the analysis, not only cinnabar/vermillion(HgS) but also hematite(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) was used to produce red, and carbon was done to produce black, and lead white was done to produce white. The face was painted by mixture of not only cinnabar/vermillion but also hematite: No coloring was done depending upon situation.

**Keywords:** Wall painting of Goguryo mural tomb, Gaemachong, pigment analysis.

(Received 8 October 2011, Accepted 21 November 2011)

### I. 서론

고구려 고분의 발굴이 시작된 이후 고구려 고분 벽화는 고고학, 미술사 등 전문연구자들에 의해 계속 연구되고 있으나 제작기법에 관한 연구는 거의 전무한 상태였다. 그러나 고구려 고분은 2004년 세계문화유산으로 지정되면서 고구려 고분 벽화의 현황 및 보존조치에 관한 보존과학적 측면에서의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 고구려 벽화에 가장 기본적인 정보가 되는 사용 재료와 물성, 제작기법 및 현 상태 등에 대한 과학적 조사가 보고되고 있다[1-6].

또한 2006년도에 남북이 공동으로 평양일대 벽화고분 8기에 대한 다양한 조사가 이루어져 결과가 발표됨에

따라 고분 벽화에 사용된 채색안료에 대한 자료도 축적되고 있다[7-10]. 현존하는 벽화를 대상으로 대표적인 색상을 선별해 안료별로 정확한 성분과 색상, 그리고 채색상태를 기록해 두는 일은 고대 안료의 제작과 가공기술, 그리고 이들의 현대적 활용과 보존 등 각종 연구에 지표가 될 수 있어 중요하다[11-12].

본 연구에서는 국립중앙박물관이 소장하고 있는 평양 지역의 개마총 벽화편에 사용된 채색층의 안료를 분석하여 안료에 대한 특성을 조사하고 이를 통하여 고분 벽화 보존에 대한 자료로 활용하고자 한다. 분석은 X-선 형광분석기(X-ray fluorescence spectrometer, XRF)를 사용하여 비파괴적으로 수행하였다.

### II. 고구려 고분 벽화의 채색 안료

최근 고구려 고분 벽화에 대한 제작기술과 채색에 사

\*Corresponding author : Eunyoung Yun  
Tel : 82-2-2077-9434, E-mail : dalsan81@korea.kr

용된 안료의 과학적 조사가 진행되고 있다. 현재까지 고구려 고분 벽화에 사용된 안료는 대체로 천연광물이 주를 이루며 채색 안료에 관한 분석 내용들을 Table 1로 요약할 수 있었다[1-10]. 적색은 적갈색과 적색으로 구분하기도 하며 석간주(Hematite, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 진사/주(Cinnabar/vermilion, HgS) 및 연단(Red lead, Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)을 사용한 것으로 나타났다. 석간주는 일반적으로 적철광에서 얻어지는 것을 말하는데 산화철이 주성분인 다른 안료가 사용될 가능성이 높으므로 산화철계 안료가 사용된 것으로 여겨진다.

황색에는 적색과 유사한 화학구조식의 산화철 안료를 사용한 것으로 나타났으며 보통 황토(Goethite, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O) 라고 불리는 안료이다. 또한 일부 고분에서는 석황과 금박이 채색면에 사용된 것으로 확인되었다.

녹색으로는 석록(Malachite, CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub>)과 녹토(Green earth)를 주로 사용한 것으로 나타났다.

흑색에는 주로 탄소가 주성분인 먹을 사용했을 것으로 여겨지고 있으며 먹은 연기의 그을음을 아교와 섞어 굳혀서 만든다.

백색에는 연백(Lead white 2PbCO<sub>3</sub>·Pb(OH)<sub>2</sub>)이 주로 사용되었으며 일부에서는 석회(Calcite, CaCO<sub>3</sub>) 또는 합분(Aragonite, CaCO<sub>3</sub>)을 사용한 것으로 밝혀졌다. 연백은 백색 이외에도 벽화의 그림층 바탕으로 사용되기도 하였다.

얼굴에는 백색과 적색 안료를 혼합하여 사용한 것으로 보이며 주로 연백과 석간주를 혼합하거나 석회와 진사/주를 혼합하여 사용한 것으로 나타났다.

### III. 분석 대상 및 방법

#### 1. 대상 유물

평양시 삼석 구역 노산동에 위치하는 개마총은 널방

천장고임 동편의 개마행렬도(鐵馬行列圖)로 말미암아 개마총으로 이름 지어졌다. 무덤의 축조와 벽화 제작 시점은 전형적인 외방무덤이라는 무덤구조상의 특징, 널방 벽의 중심 제재가 사신인 점 등을 고려하여 6세기 초로 추정되고 있다[13].

본 연구에서 분석한 국립중앙박물관이 소장하고 있는 벽화편은 개마총의 널방 천정고임에 그려진 여인행렬편으로 크게 2개의 편으로 분리되어 있다(Figure 1(b)). 회벽의 일부분이 떨어져 나가고, 벽화의 색이 흐려져 자세한 색상 구별은 어려웠으나, 1917년 小場恒吉에 의해 이루어진 벽화의 모사도를 참고하여 크게 적색, 흑색, 백색, 얼굴색으로 구분할 수 있었다(Figure 1(a)). 모사도를 보면 화면 속의 여인들은 바지 위에 주름치마를 입고 그 위에 두루마기를 걸쳤다. 두루마기는 고구려 고유의 점무늬로 장식되었고 섶과 소매 끝에는 선(襷)이 더해져 있다. 고구려 고분벽화에 대한 모사는 일제 시대인 1912년부터 1945년 해방이 될 때까지 小場恒吉 등을 중심으로 고분 내부의 문양 및 각종 도면과 벽화모사도로 비교적 정확하게 제작되었으며 현재 박락과 손상이 심한 고분 벽화의 경우 원형을 찾는데 커다란 도움을 주고 있다[14].

여인행렬 벽화에 사용된 색상별 안료의 분석위치는 Figure 2에 나타내었다.

#### 2. 분석 방법

비파괴 X-선 형광분석기(ArtTAX μ-XRF spectrometer, Röntec in Germany)를 사용하여 안료의 성분 원소를 확인하고 광물구조를 추정하였다. 이때 사용한 XRF 분석 조건은 공기 중에서 몰리브덴(Mo) Target, 가속전압 30 kV, 전류 500 μA, 분석시간 100초, 분석 면적은 직경

Table 1. Pigment that was used for mural painting of Goguryo ancient tomb.

고분	색상							
	적갈색	적색	황색	녹색	흑색	백색	연분홍색(얼굴)	기타
하해방 31호분	-	-	-	-	탄소	-	-	-
안악3호분	석간주	진사/주	황토	녹청	탄소	연백	-	연백바탕
덕흥리	석간주	석간주, 연단	황토	녹토	탄소	-	연백+석간주	-
쌍영총	산화철계	진사/주	-	-	탄소	연백, 석회, 합분	석회+진사/주	연백바탕
수산리	석간주	진사/주	황토	녹토	-	연백	석간주	연백바탕
진파리4호분	석간주	진사/주	석황, 금	녹청	탄소	-	-	-
호남리사신총	석간주	진사/주	황토	-	-	-	-	-
진파리1호분	석간주	진사/주	황토	녹토	탄소	-	-	-
강서대묘	-	진사/주	황토	녹청	-	연백, 석회	-	연백바탕
강서중묘	-	진사/주	-	-	-	연백	-	연백바탕



Figure 1. Procession of the Ladies of Gaemachong. (a) Reproduction, (b) mural painting.

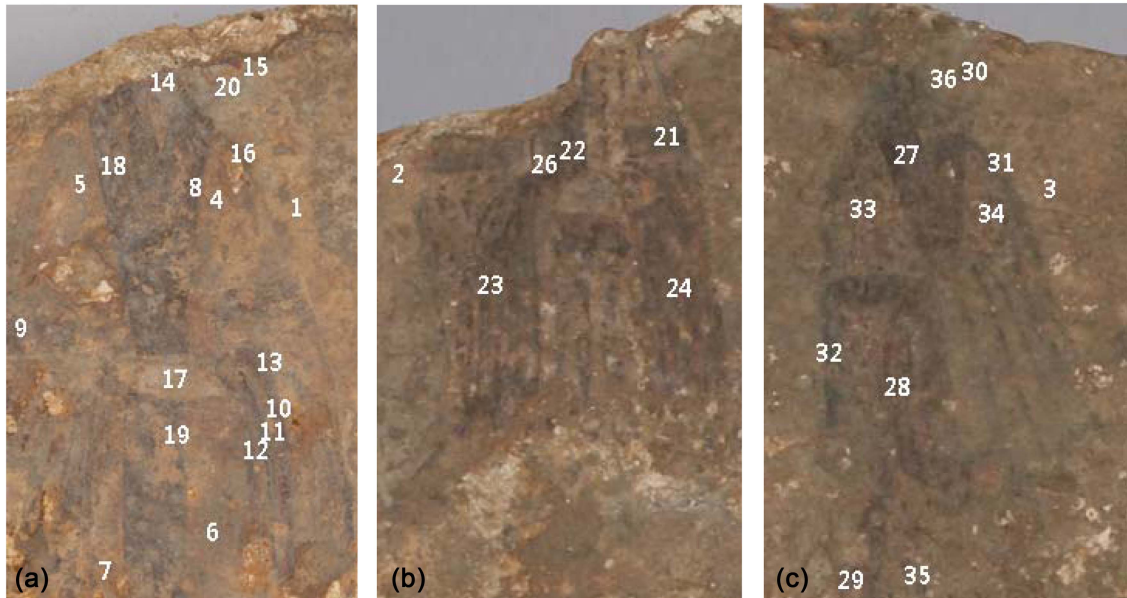


Figure 2. Analysis point of Procession of Ladies. (a) Lady 1, (b) Lady 2, (c) Lady 3.

0.65 mm이며 빔과 분석위치 사이의 거리는 4 mm이었다.

#### IV. 결과 및 고찰

고구려 개마총 여인행렬 벽화의 채색 안료에 대한 분석 결과는 Table 2에 수록하였다. 벽화에 사용된 안료는 적색, 흑색, 백색 등 크게 3가지 정도로 구분할 수 있다. 갈색을 더 세분할 수 있었으나 그 경계가 모호하여 적·갈색을 포함한 붉은색 계통을 모두 적색으로 통일하였다.

먼저 그림 바탕층(No. 1~3)에서는 Ca, Fe, S등이 검출되었는데 철이 많이 함유된 점토 및 석회(CaCO<sub>3</sub>)로 벽면 바탕을 칠한 것으로 여겨진다. 기 연구된 고구려 벽

화고분에 쓰인 안료 연구에 의하면 고구려 벽화의 바탕 재료로 석회(calcite)가 확인되었으며, 특히 쌍영총벽화에서는 폐각을 재료로 한 아라고나이트(aragonite)로 판단하고 있다[5]. 또한 남북 공동으로 평양 일대 벽화고분을 대상으로 진행된 학술 조사 결과에서도 채색층 아래 백색의 바탕층과 그 밑에 점토 혼합물 층이 확인되었다. 백색층에서는 칼슘이 주성분으로 석회가 확인되었으며[7,8] 석회 벽면 바탕 위에 연백으로 바탕칠을 한 경우도 나타나고 있다.

여인 1에서 적색 안료는 입술, 귀 밑 장식, 선단 및 두루마기에 사용되었으며 2 종류의 안료가 확인되었다. 입술(No. 15) 과 귀 밑 장식(No. 14)에는 진사/주(HgS)를 사용하였으며 쇄과 선단(No. 8~13)에는 진사/주(HgS)와

**Table 2.** Pigment analysis by color on the mural painting excavated from Gaemachong.

	Color	Position		Major elements	Estimated pigments	Remarks	
바탕층	-	바탕	1	Ca, Fe, S	석회(탄산칼슘)		
		바탕	2	Ca, Fe, S	-		
		바탕	3	Ca, Fe, S	-		
여인 1	적색	두루마기	4	Ca, Fe, S	산화철	바탕층보다 Fe 높음	
		두루마기	5	Ca, Fe, S	산화철		
		두루마기	6	Ca, Fe, S	산화철		
		두루마기	7	Ca, Fe	산화철		
		췌	8	Fe, Ca, S	산화철		
		선단	9	Fe, Ca, S	산화철		
		선단(선)	10	Fe, Ca, Hg	진사/주	산화철 바탕	
		선단(선)	11	Fe, Ca	산화철		
		선단(선)	12	Fe, Ca, Hg	진사/주	산화철 바탕	
		선단(선)	13	Hg, Fe, Ca	진사/주	산화철 바탕	
		귀 밑 장식	14	Hg, Ca, Pb, Fe	진사/주		
		입술	15	Hg, Ca, Fe	진사/주		
		흑색	어깨선	16	Ca, Fe, S, K	탄소	
		백색	복대	17	Ca, Pb, Fe	연백	
	문양		18	Ca, Fe, Pb	연백		
문양	19		Fe, Ca, Pb	연백			
얼굴	20		Ca, Fe, Pb, Hg	연백+진사/주			
여인 2	적색	선단	21	Ca, Fe, Pb	산화철		
		선단	22	Ca, Fe, Pb	산화철		
		선단(선)	23	Ca, Fe, Hg, Pb	진사/주	산화철 바탕	
		선단(선)	24	Ca, Fe, Hg, Pb	진사/주	산화철 바탕	
	장식	25	Fe, Ca, Pb	산화철			
백색	두루마기	26	Ca, Fe, Pb	연백			
여인 3	적색	췌	27	Fe, Ca, Pb	산화철		
		선단(선)	28	Ca, Fe, Pb, Hg	진사/주	산화철 바탕	
		장식	29	Ca, Fe, Pb	산화철		
		입술	30	Ca, Fe, Hg	진사/주		
	흑색	외곽선	31	Ca, Fe, Pb	탄소	연백 위에 탄소	
		외곽선	32	Ca, Pb, Fe	탄소	연백 위에 탄소	
	백색	두루마기	33	Ca, Fe, Pb	연백		
		두루마기	34	Ca, Pb, Fe	연백		
		두루마기	35	Ca, Pb, Fe	연백		
		얼굴	36	Ca, Fe, S	바탕층		

산화철( $Fe_2O_3$ )이 확인된다. 이는 벽화에서는 확인하기 어려우나 모사도에 따르면 선을 표현한 밝은 적색이 나타나는 데 선단에는 산화철을, 선에는 진사/주를 사용한 것으로 추정된다(Figure 3). 또한 두루마기(No. 4~7)에서 바탕층보다 Fe가 높게 검출되는 것으로 보아 산화철 계통의 안료가 사용된 것으로 추정된다(Figure 4).

흑색의 경우 고대 안료로 주로 사용되는 탄소는 엑스선 형광 분석기로 검출할 수 없기 때문에 바탕색과 흑색 안료에서 검출되는 원소를 비교함으로써 차이가 없을 경우 탄소가 사용된 것으로 간주하기로 하였다. 어깨선(No. 16)에 사용된 흑색에서 Ca, Fe, S가 검출되었으며 바탕 및 채색층과 비교 시 큰 차이가 없어 탄소계

통의 물질로 여겨진다. 백색의 경우 안료는 복대, 선단 문양에 연백이 사용된 것으로 추정되었다. 특히 문양 (No. 18~19)은 벽화편에서 확인하기 어려우나 모사도에 의하면 흰색 문양이 나타나고 있다. 선단에서 Ca, Pb, Fe 가 검출된 것으로 보아 산화철계 적색 안료 위에 연백

( $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ )이 사용된 것으로 보인다(Figure 5). 얼굴(No. 20)에는 Pb 및 Hg가 검출되는 것으로 보아 소량의 연백과 진사/주를 혼합하여 사용한 것으로 추정된다. 여인 2에서는 적색과 백색을 확인하였다. 적색 안료는 선단(No. 21~24)과 두루마기 장식(No. 25)에 사용되

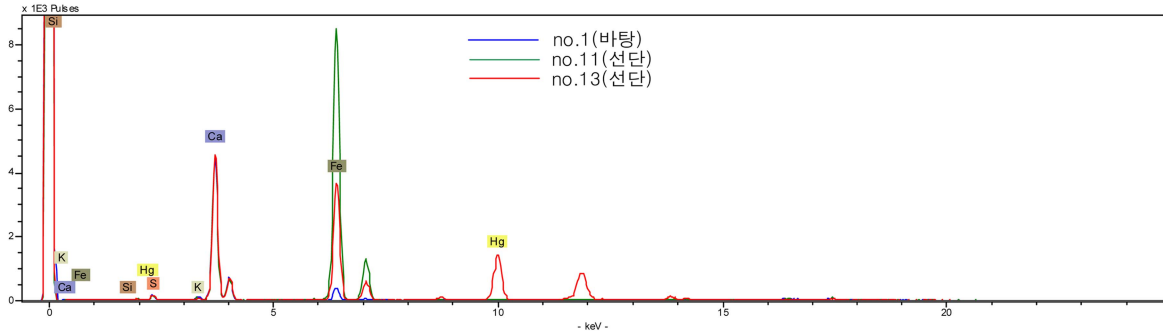


Figure 3. A spectrum of red pigment (cinnabar/ vermillion and hematite) of lady 1.

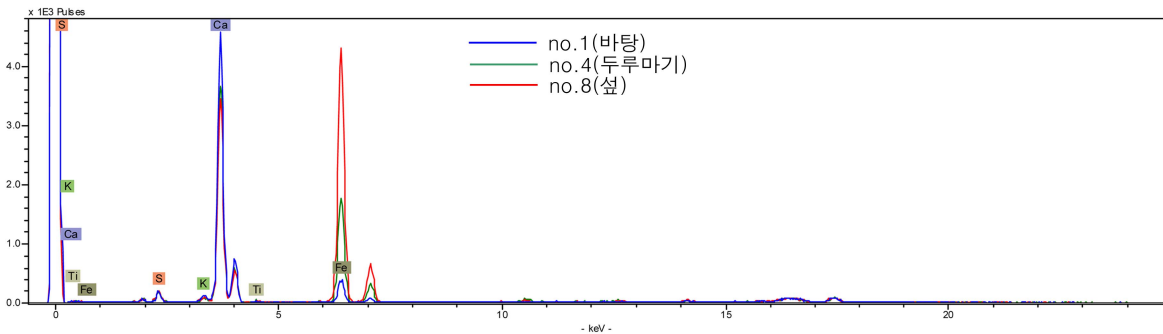


Figure 4. A spectrum of red pigment (hematite) of lady 1.

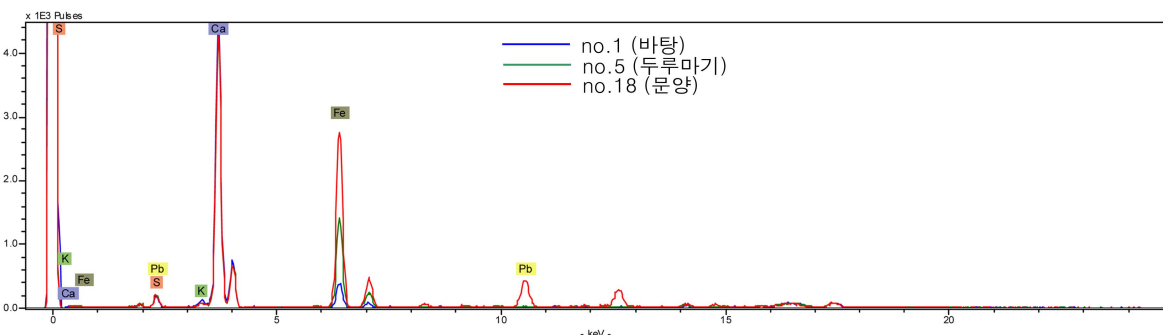


Figure 5. A spectrum of white pigment of lady 1.

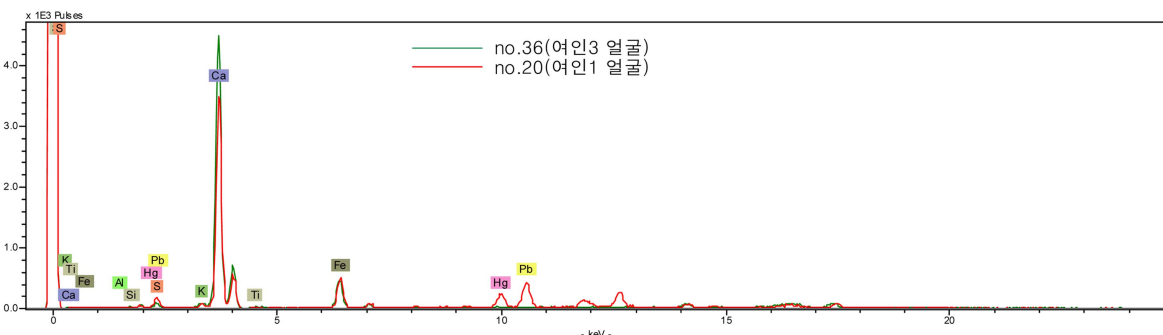


Figure 6. A spectrum of face area of both lady 1 and lady 3.

었으며 여인 1과 같이 진사/주와 산화철이 사용되었다. 백색안료는 두루마기(No. 26)에서 확인되며 Ca, Fe, Pb가 검출된 것으로 보아 소량의 연백이 사용된 것으로 보인다.

여인 3에서는 적색, 흑색, 백색을 확인하였다. 적색에는 2 종류의 안료가 사용된 것으로 확인되는데 설패와 두루마기 장식에는 산화철이, 선과 입술에는 진사/주가 사용된 것으로 보여진다. 윤곽선에 사용된 흑색 안료는 먹(탄소)을 사용한 것으로 보여진다. 백색으로 두루마기(No. 33~35)에서 Pb가 검출된 것으로 보아 소량의 연백이 사용된 것으로 추정된다. 또한 얼굴(No. 36)에서는 앞서 조사한 여인 1(No. 20)과는 달리 Pb가 검출되지 않고 Ca, Fe가 주성분을 이룬다(Figure 6).

고구려 벽화의 제작 방법으로 그림층 밑에 연백을 바르고 각 안료를 채색한 경우가 확인된 바[3-4]있는데 본 벽화편의 경우 여인 1에서는 얼굴이나 선단 문양에서 검출되고 있으며 여인 2와 3에서는 주로 두루마기 일부에서 Pb가 검출되고 있다. 이러한 결과로 보아 본 벽화에서는 그림 바탕에 연백의 사용을 확인하기 어려웠다.

## V. 결 론

국립중앙박물관이 소장하고 있는 개마총 여인행렬 벽화편의 바탕과 채색 층에 사용된 안료분석결과 다음과 같이 정리하였다.

- 1) 벽화의 채색 바탕 재료는 석회(calcite)로 추정되었다.
- 2) 여인행렬 벽화편에 채색된 적색 안료는 산화철과 진사/주, 흑색에는 먹(탄소), 흰색에는 주로 연백을 사용한 것으로 확인되었다.
- 3) 얼굴의 경우 연백과 진사/주를 혼합하여 사용하거나 경우에 따라 채색하지 않았을 가능성이 높았다.

본 연구는 고구려 개마총 고분벽화의 일부에 대한 채색안료 분석에 국한된 것이다. 앞으로 국립중앙박물관이 소장하고 있는 고구려 고분벽화의 제작기법 및 채색안료에 대한 지속적 연구를 진행하여 고구려 벽화 연구의 기초 자료로 활용되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 한경순, 高句麗 古墳壁畫와 古代 유럽 壁畫의 比較 研究-壁畫 製作技法을 中心으로-, *高句麗研究* 16, p217-237, (2003).
2. 안병찬, 高句麗 古墳壁畫의 制作技法 研究 -마당벽 제작 기법을 중심으로-, *高句麗研究* 16, p457-473, (2003).
3. 이화수, 한경순, 고구려 고분벽화의 석회마감층에 관한 연구, *보존과학회지* 19, p43-56, (2006).
4. 임권웅, 이종현, 고구려 오희분 오희묘 벽화의 조벽지(粗壁地)기법에 대한 연구 -옷칠기법의 적용 가능성에 대한 검토-, *高句麗渤海研究* 30, p69-85, (2008).
5. 유혜선, 高句麗雙楹塚壁의 顔料分析, *박물관 보존과학* 6, 47-54, (2005).
6. 한경순, 高句麗 古墳壁畫 彩色技法에 관한 研究 -석회마감벽을 중심으로-, *강좌미술사* 35, p349-372, (2010).
7. 안병찬, 홍종욱, 고구려 고분벽화의 안료분석, *남북공동 고구려 벽화고분 보존실태 보고서*, p180-218, 국립문화재연구소, (2006).
8. 안병찬, 진파리 제2호분과 제4호분 벽화안료의 특성 비교조사 보고, *남북공동 고구려 벽화고분 보존연구 보고서*, p50-68, 국립문화재연구소, (2007).
9. 김순관, 이한형, 김숙경, 고구려 벽화고분(진파리4호, 진파리1호)의 벽화제작 기법 연구, *남북공동 고구려 벽화고분 보존연구 보고서*, p27-49, 국립문화재연구소 (2007).
10. R. Mazzeo, E. Joseph, V. Minguzzi, G. Grillini, P. Baraldi and D. Prandstraller, Scientific investigations of the Tokhung-ri tomb mural paintings(408 A.D.) of the Koguryo era, Democratic People's Republic of Korea, *Journal of Raman Spectroscopy* 37, p1086-1097, (2006).
11. 안병찬, 고구려 고분벽화의 손상 실태에 대한 연구 -사 진기록·모사도 등을 중심으로-, *고구려 고분벽화의 보존과 복원 문제*, p101-113, 고구려연구재단, (2005).
12. 박아람, 高句麗 古墳壁畫 模寫를 위한 기초자료 검토, *고구려 고분벽화의 보존과 복원 문제*, p57-80, 고구려연구재단, (2005).
13. 국립중앙박물관, *고구려 무덤벽화 -국립중앙박물관 소장 모사도-*, p144-167, 국립중앙박물관, (2006).
14. 김식, 고구려 고분벽화의 현상조사 방안, *동북아역사논총* 13, p61-107, (2006).