

고구려 고분벽화의 석회마감층에 관한 연구

이화수 | 한경순*

한림보존테크

*건국대학교 회화보존전공

Study of Lime Finishing Layer(intonaco) in Koguryo Tomb Murals

Lee Hwa-Soo | Han Kyeong-Soon*

Hanlim Conservation & Technology, 564-76 Bangwaha-2dong Gangseogu Seoul 157-850, Korea

*Department of Conservation of Paintings, Konkuk University, 1 Hwayang-dong Gwangjin-Gu Seoul 143-914, Korea

초록 기공 석회를 이용한 회반죽으로 석회마감층을 제작하여 그 상태와 재료적 특성을 파악하였다. 또한 고구려 고분벽화 석회마감층을 재현하여 몇 가지 기법으로 채색한 결과 각각의 채색기법이 나타내는 특징을 확인하였다. 실험결과를 통해 고구려 고분벽화 석회마감층의 상태 및 특성 파악과 함께 제작기법을 유추할 수 있었으며, 고구려 고분벽화 석회마감층이 갖는 보존성에 대하여 고찰하였다. 각기 다른 조건으로 제작한 마감층 시편 중 땅속에서 장시간 수화시켜 얻은 소석회로 제작한 마감층이 양호한 상태를 나타내어 특정한 수화법을 거쳐 제작된 소석회 반죽은 고구려 고분벽화의 석회마감층에 대한 보존성을 증가시키는 것으로 판단된다. 고구려 고분벽화의 채색상태가 대체적으로 건식기법으로 제작되어진 시편들과 유사한 상태를 보이는 것으로 나타났다. 또한 채색층과 마감층 사이에 형성된 경계면 및 채색층의 구성 형태 등으로 미루어 보아 고구려 고분벽화의 채색층 상태가 습식기법과 건식기법을 혼용한 중간기법으로 제작되어진 결과들과 흡사한 경우들도 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

중심어 : 고구려 고분벽화, 석회, 마감층, 채색층, 건식기법, 습식기법

ABSTRACT We checked the conditions and material properties after producing the lime finishing layers with a mortar mix of processed lime. In addition, we reproduced the lime finishing layers of the Koguryo Tomb Murals, colored the layers with a few different techniques and identified the characteristics for each painting technique. As a result of the experiment, we could infer the producing techniques as well as learning the conditions and properties of the lime finishing layers of the Koguryo tomb murals, and examined the maintenance of the lime finishing layers. Of those samples produced under various conditions, the layers of slaked lime, which were obtained after being hydrated underground for a long time, showed quite a good condition. Thus the slaked lime mixes produced through particular hydration methods are judged to increase the maintenance of the lime finishing layers of the Koguryo Tomb Murals. Mostly, the paints of Koguryo Tomb Murals indicated that they have similar conditions with the samples produced with a secco method. In addition, Considering the compositional forms of the painting layers and the boundary layers which formed between the painting layers and the finishing layers, we can verify that, in some cases, the conditions of the painting layers of the Koguryo tomb murals are similar to those which were produced with a combination of fresco and secco.

Key word : Koguryo Tomb Murals, Lime, Finishing Layer, Painting Layer, Secco, Fresco

1. 서론

회화작품이 구체적인 보존의 의식을 통해 치리가 행하여진 이래로, 현재 까지 수많은 작가와 연구자들을 통하여 다양한 기법으로 제작되어진 회화에 대한 제작기법 및 보존에 대한 연구가 상당부분 이루어지고 있다. 그러한 수많은 회화 중에서도 벽화 역시 특별한 재료와 기법을 통해 이루어진 매우 특이하며 많은 연구 가치를 지니고 있다.

벽화의 가장 큰 특징은 그림이 그려지는 채색층을 뒷받침하는 구조체가 건축적 요소를 포함하고 있다는 점에서 일반적인 회화작품과는 다른 것이다. 최근 고구려 고분벽화에 대한 관심이 고조되는 가운데 2004년 세계문화유산으로 등재된 고구려 고분벽화 보존에 대한 연구가 가속화되고 있다. 국내 역시 연구자료 부족 및 접근의 어려움 등 여의치 않은 여건에서도 적극적인 연구를 위한 노력이 진행 중에 있다.

본 연구에서는 석회를 사용하여 제작되어진 고구려 고분벽화의 석회마감층을 대상으로 한 선행연구 자료를 중심으로 석회마감층 시편을 제작하여 조사·분석하는 실험을 실시하였으며 고구려 고분벽화 석회마감층 시료와 비교 분석하였다. 본 연구를 통하여 고구려 고분벽화의 석회마감층을 이루는 재료의 특성 및 제작기법에 대해 보다 구체적으로 접근하고자 하였으며, 연구결과는 고분벽화 보존에 대한 기초 자료로 활용할 것이다.

2. 연구방법

고구려 고분벽화의 연구에 있어 현재 가장 어려운 문제점은 연구 대상에 대한 접근 자체가 어려움이 많은 것이다. 자료의 부족과 함께 소수(少數)의 벽화 시료를 통한 연구로 인해 간접적으로 고구려 고분벽화의 실체를 접할 수는 있지만 다양한 시료를 확보하지 못하는 상황으로 고구려 고분벽화의 전반적인 양식이나 기법에 대해 가늠하기 어려운 문제가 있다. 현재까지 조사되어진 자료가 매우 국부적인 시료를 통해 얻어진 결과라는 점도 본 연구의 한계성이라고 여기어짐을 미리 밝혀두는 바이다.

현재까지 연구되어진 자료 중 과학적 조사를 바탕으로 연구되어진 가장 근거가 있다고 판단되는 자료들은

다음과 같다.

첫 번째는 1998년에 발표한 통구 제12호분(通溝 第12號墳) 고분벽화편 및 국립중앙박물관 소장의 쌍영총(雙楹塚) 벽화편, 그리고 출토지 미상의 벽화편 등 3개의 시료를 통해 단면박편의 현미경조사와 성분분석 등 과학적인 조사가 이루어졌다. 그로인해 고구려 고분벽화 제작기법에 대한 특징의 일부가 과학적인 조사를 통하여 밝혀졌는데 벽체 구조별의 특징 및 석회층을 이루고 있는 혼합물에 대한 결과를 얻을 수 있었으며 채색층의 단면을 통하여 일부 채색층 제작기법을 확인할 수 있었다.

두 번째는 2003년 집안의 하해방 제31호분(下解放 第31號墳) 벽화 편을 대상으로 벽화의 석회마감층을 이루는 회벽(灰壁) 제작기법에 관한 조사가 실시되었다. 현미경 조사 및 첨가물, 회벽을 이루고 있는 광물성분 분석, 강도측정, 함수율측정, 안료조사 등을 통하여 석회원료의 특성 및 가공기술 그리고 회반죽제조와 시공기술 등 보다 구체적인 결과들이 제시되었다.

마지막으로 2004년에 발표된 평양의 덕흥리고분벽화(德興里古墳壁畫)와 약수리고분벽화(藥水里古墳壁畫)를 대상으로 조사된 ICCROM의 보고서이다. 이 연구보고서에 의하면 발달된 석회가공기술을 발견할 수 있으며 채색기술에 있어 그간 논란이 되어온 프레스코기법의 가능성을 과학적인 방법을 통하여 규명하고 있다.

기타 몇 가지 고구려 벽화 제작기술 등에 관한 일부 자료들은 주로 미술사관련 문헌이나 사진자료 등을 통해 추정하는 내용들로 이번 연구에서는 참고자료로 활용하였다.

이번 연구에서는 고구려 고분벽화 중에서 석회가 사용되어진 벽체의 마감층을 중심으로 하였다. 연구에 있어 가장 바람직한 방법은 고구려 고분벽화를 대상으로 한 실질적인 조사 및 연구가 최선일 것이나 앞서 기술한 바와 같이 현실적인 어려움 문제점들이 있으므로 현재까지 조사 연구된 내용 및 전통적인 석회 제작기술과 고구려 고분벽화가 제작되어진 벽화 제작기법에 대한 문헌자료를 우선적으로 파악하였다. 그리고 그 내용을 분석하여 고분벽화 제작기술에 대한 내용을 정리하고 이를 바탕으로 조사되어진 내용과 가장 근접하는 고분벽화의 시편을 직접 제작하였다.

전통 벽화 제작기법에 있어 몇 가지의 경우를 설정하여 시편을 제작한 후 현미경을 이용하여 상태와 단면조

사, 함수율, 쇼어경도시험기를 이용한 경도측정, XRD(미소부 X선회절분석기, X-ray Diffraction, MXP18A)를 이용한 광물분석, SEM/EDS (Environmental Scanning Electron Microscope, Leo 1455VP)를 이용한 조직 및 화학성분 분석 등 과학적인 조사를 실시하고 그 결과를 통하여 석회마감층의 특성 및 제작되어진 기법에 따른 채색층이 갖는 특징들을 살펴보았다. 또한 고구려 고분벽화 하해방 제31호분(下解放 第31號墳) 시편에 대한 조사 및 분석을 실시하여 그에 대한 결과물과 기존 연구된 고구려 고분벽화 시편에 대한 조사 및 분석 내용들을 종합하여 그 결과와 가장 근접하는 석회마감층 시편의 제작기법 결과를 바탕으로 고구려 고분벽화의 석회마감층 제작기법을 유추하였다.

실험기간은 석회 가공 및 마감층 제작에 있어 약 2개월이 소요되었으며, 분석기간을 포함하여 3개월 동안 실시되었다.

3. 고구려 고분벽화 시편 제작

석회마감층 시편 네 가지를 제작하고 그 특징을 살펴 보았다. 그리고 고구려 고분벽화에 사용된 것으로 추정되는 석회 가공법을 통해 얻어진 소석회에 첨가물을 혼합하여 마감층을 제작하였으며, 그 표면에 각기 다른 세 가지 기법을 사용한 채색층을 제작하여 그 특징들을 살펴 보았다.

3.1. 석회마감층 제작

석회벽화 마감층을 제작하기 위해서는 석회반죽을 만

들게 된다. 이에 사용되는 소석회를 얻기 위해서는 여러 가지 방법으로 석회를 가공하게 되는데, 그러한 석회 가공법에 있어 나타날 수 있는 차이점을 살펴보기 위하여 네 가지의 각기 다른 석회 가공법을 사용한 시편을 제작하여 조사하였다(Table 1).

첫 번째는 시편 A로서 소량의 수분을 사용하여 생석회를 소화시킨 방법으로, 습윤한 지역에 땅에 생석회를 묻고 지면에 약간의 수분을 공급한 후 15일 가량을 경과시켰다. 이러한 방법은 예로부터 석회를 가공할 때 전통적으로 사용되어왔던 것으로 알려진 방법이며, 국내에서는 일반적으로 '피운다'라는 용어를 사용하기도 한다. 이렇게 얻은 소석회는 케이크(cake)상태였으며 이것을 수회 반죽작업 실시 후 실험용기(patridish)에 담아 자연 건조시켰다.

두 번째 시편 B는 생석회를 용기에 넣고 수분을 주입, 급속으로 수화반응을 거쳐 소화된 소석회를 수회 반죽하여 실험 용기에 담아 자연 건조시켰다.

세 번째 시편 C는 이미 소화된 소석회를 수분에 5년 이상 담귀 숙성시킨 것을 수회 반죽하여 실험 용기에 담아 자연 건조시켰다.

네 번째 시편 D는 시중에서 건축재료 등에 사용되는 제품으로 판매되는 소석회로서 가루상태의 소석회를 수분과 적당한 비율로 섞어 반죽한 후 실험 용기에 담아 자연 건조시켰다.

3.2. 채색층 제작

고구려 고분벽화의 석회마감층과 유사한 시료를 제작하기 위해 기존 고구려 고분벽화 제작에 관한 문헌을 조사하였으며 그 내용을 토대로 석회마감층을 제작하여 채

Table 1. Classification of the Lime Finishing Layer Samples Processed and Produced.

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Production Methods	Slaked lime, hydrated in underground	Slaked lime, hydrated rapidly	Slaked lime in water for five years	commercial slaked lime

Table 2. Classification of the Lime Paintings Layer Samples.

	Sample I		
	Sample I-1	Sample I-2	Sample I-3
Production Methods	Fresco Pigment +Water	Secco Pigment +Glue	Fresco and Secco Water +Pigment +Glue

Table 3. Pigments Used for Coloring.

	p-1	p-2	p-3	p-4
Pigments	HgS(Stone powders produced, China)	Blue(Stone powders produced, China)	Red (Kunstler, Germany)	Blue (Kunstler, Germany)

색을 실시한 고구려 고분벽화 시편 I를 제작하였다 (Table 2). 시편 I는 습식기법을 사용하여 채색한 시편 I-1과 건식기법을 사용하여 채색한 시편 I-2, 습식기법과 건식기법의 기법을 혼용하여 채색한 시편 I-3 세 가지의 상태로 나누어 제작하였다. 시편 I-1은 회반죽을 건조시키기 전에 안료를 물과 혼합하여 습식기법으로 채색하였다. 시편 I-2는 회반죽을 완전히 건조시킨 후 안료를 아교와 혼합하여 건식기법으로 채색하였다. 시편

I-3은 회반죽이 완전히 건조되기 전 중간상태인 습기를 머금고 있는 상태에서 안료를 아교와 혼합하여 습식기법과 건식기법을 혼용한 기법으로 채색하였다. 채색은 중국산 적색(주사, HgS)를 포함하여, 중국산 청색, 독일산 적색, 청색의 천연 광물질 안료를 사용하였다(Table 3). 비교 대상으로 사용한 시편은 고구려 고분벽화 하해방 31호분의 벽화시료로서 시편 K로 하였다.

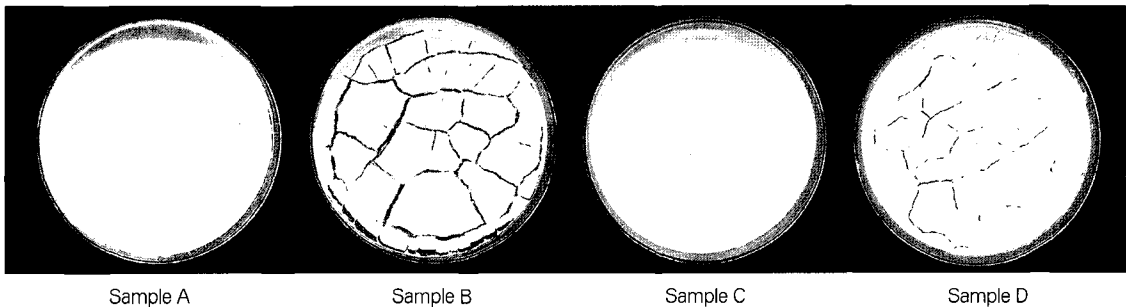


Figure 1. Surface Conditions of the Lime Finishing Layers Processed and Produced.



Figure 2. Microstructures of the Lime Finishing Layers Processed and Produced.

Table 4. Surface Conditions of the Lime Finishing Layers Processed and Produced.

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Observed by naked eyes	Light yellow surface in good condition	White and severely cracked	White surface in good condition but slightly cracked	White and cracked
microstructure	Surface in good condition	Surface cracking, peeling off and swelling out	Surface in good condition with slight scratches	Surface peeling off, cracking and severely swelling out

4. 실험결과를 통한 보존학적 고찰

4.1. 실험결과해석

① 제작된 시편의 표면 조사결과

조건을 달리하여 제작한 네 가지의 시편은 5일간의 자연건조를 거친 결과 각각의 시편 상태가 육안으로도 확연히 구분되는 차이를 나타냈으며 현미경 관찰결과도 육안 조사와 비슷한 결과를 보이고 있었다.

가장 불안정한 상태를 나타내고 있는 시편은 시편 B로서 처음 회반죽 상태에서 경화되는 과정에서 균열 및 표면 부풀림 등 가장 많은 변화를 나타냈다. 다음으로는 시편 D가 균열 및 표면 부풀림 현상을 보이고 있으며 시편 C는 표면은 매끄러우나 작은 균열이 미세하게 나타나고 응고되면서 표면에 주름이 형성되고 있었다. 마지막으로 시편 A는 다른 시편에 비해 백색도는 다소 떨어지나 표면이 매끄러우며 약간의 광택을 띄고 있으며 균열이나 부풀림 등이 나타나지 않는다(Figure 1, Figure 2, Table 4).

② 함수율

각 시편에 대해서 각각 총함수율과 모세관물흡수율을 측정된 결과 시편 A가 다른 시편에 비해 높은 총함수율이 나타났으며(Table 5), 모세관물흡수율은 시편 B와 시편 D에서 높았다(Table 6).

③ 경도

쇼어경도시험기로 경도를 측정된 결과 시편 A의 경도가 시편 B, C, D에 비해 높게 나타났다. 실험 데이터는 시편 A와 시편 C에 대한 경도 측정 결과이며 나머지 시편 B와 시편 D는 재질의 강도가 약해 실험도중 파손되거나 경도가 낮게 측정되어서 결과를 구하기 어려웠다(Table 7).

④ 채색층

시편 I-1-p1 표면은 시편 A의 표면에 나타났던 광택 및 투명감이 안료가 채색되어진 위로 함께 보이며 미세한 표면의 질감이 나타나고 있다. 반면 시편 I-2-p1의 표면은 시편 I-1-p1에 비해 표면 광택이나 미세한 표면 질감이 적은 것으로 보인다.

세 가지 시편에서 두드러지게 나타나는 차이점은 전반적으로 건식기법으로 채색되어진 채색면이 습식기법으로 채색되어진 시편에 비해 비교적 안정적이며 밀도감 있는 채색상태를 나타내고 있는 것이다. 또한 건식기법으로 채색된 시편이 습식기법으로 채색되어진 시편에 비해 다소 높은 채도를 보이고 있으며 습식기법과 건식기법의 중간기법으로 제작되어진 시편 I-3은 시편 I-1과 I-2의 중간 채도를 나타내고 있다(Figure 3).

시편 K에서는 채색층 표면에 안료 이외의 다른 이물질이 보이는 층이 채색층을 부분적으로 덮고 있는 것이 관찰되고 있으며, 그 아래로 적색층과 흑색층이 관찰된다. 부분적으로 광택이 나타나는 부분이 관찰되었으나

Table 5. Total Water Absorption Rates of the Lime Finishing Layers Produced for Each Sample.

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Total Water Absorption Rates, (wt.%)	65.5	39.9	42.9	33.81

Table 6. Capillary Water Absorption Coefficients of the Lime Finishing Layers Processed and Produced.

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Capillary Water Absorption Coefficients, kg/(m ² t)	8.88	9.91	7.60	10.92

Table 7. Results of Shore Hardness Test.

	Sample A	Sample C
Shore Hardness(HS)	18	15

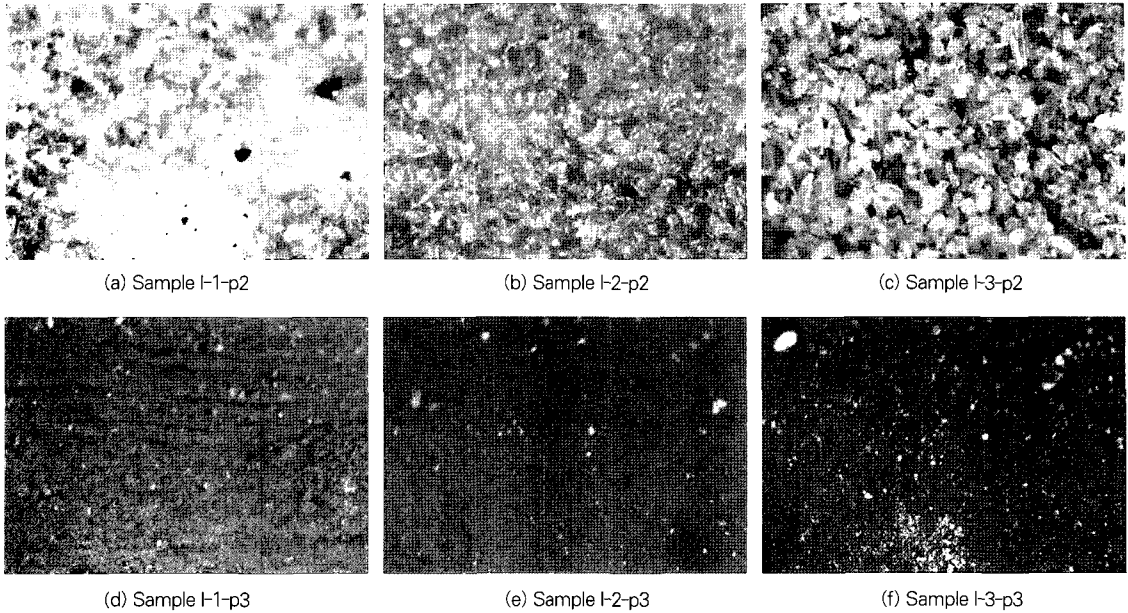


Figure 3. Microstructures of the Each Painted Sample.

벽화가 제작된 이후에 칠해진 다른 물질로 보인다. 바탕 칠로 보이는 적색의 채색층 상태를 볼 때 석회표면의 질감이 관찰되며 투명도는 없는 것으로 보이며 밀도감 있게 채색되어 있는 등 적색 채색층은 비교적 안정적인 상태로 관찰되었다(Figure 4).

시편 I-1, I-2, I-3의 세 가지 시편과 시편 K의 차이점은 시편의 상태가 좋지 않아 비교하기에 다소 어려움이 있었다. 그러나 표면층이 투명도를 갖지 않고 밀도감 있게 채색되어진 시편 K의 상태가 시편 I-2, I-3에 채색되

어진 상태와 유사한 점이 있는 것으로 보인다.

각 시편에 대한 단면 조사결과, 세 가지 각기 다른 기법으로 제작되어진 시편은 각각 다른 상태의 특징을 보이고 있음을 알 수 있다. 습식기법으로 제작된 시편의 경우 대체적으로 석회마감층과 채색층의 경계가 명확하게 드러나지 않으며, 안료가 안착되어진 상태가 대체적으로 밀도감이 떨어져 보인다. 석회마감층이 벗어있는 상태에서 매체를 사용하지 않고 순수한 안료를 물에 개어 습윤한 상태의 마감층에 채색하게 되면 수분과 혼합된 안료

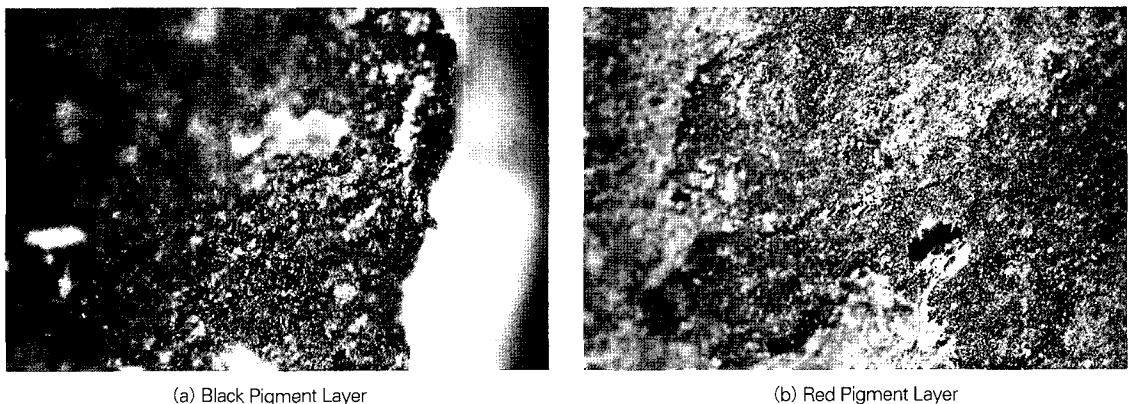
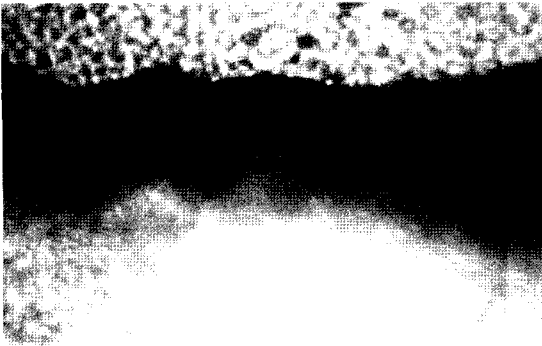


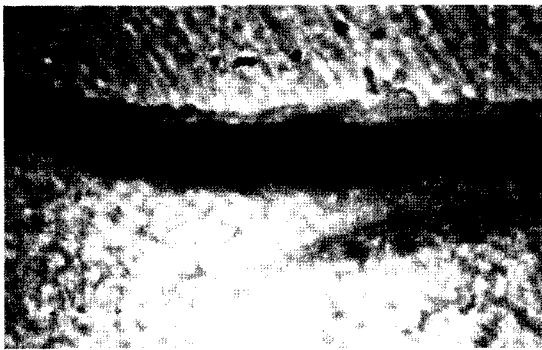
Figure 4. Microstructures of Sample K.



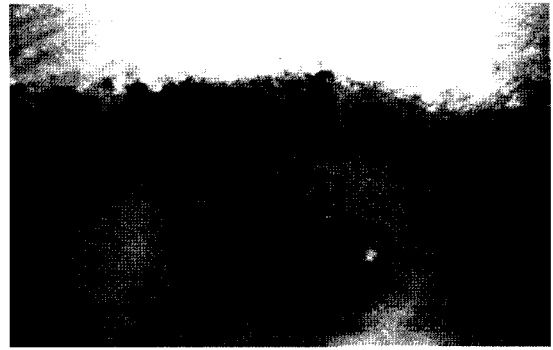
(a) Sample D Painted with a secco



(b) Sample B Painted with a fresco



(c) Sample I-3-p3



(d) Sample K

Figure 5. Microstructures of the Samples.

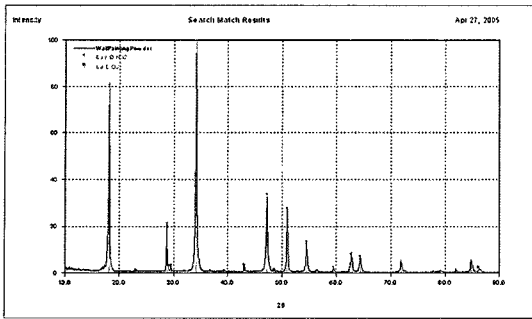
가 마감층 표면에 발려지는 순간 수분은 마감층으로 바로 흡수되는데 이러한 현상은 제작 과정을 통해 확인 할 수 있었다. 채색되어진 표면에 수분이 흡수되는 시간은 수 초 내에 이루어졌으며 채색되어 수분이 흡수된 후 안료가 묻어나지 않았다. 실험결과 습식기법의 제작과정을 거친 안료는 마감층의 상부에 가장 많이 잔존하게 되며 일부는 수분과 함께 마감층으로 흡수되면서 마감층 내부에 점차적으로 스며들어진 것으로, 이러한 이유로 인해 앞서 기술한 마감층과의 경계면이 모호한 결과가 나타는 것으로 보인다(Figure 5(a)).

건식기법의 경우는 습식기법의 경우와는 상반되는 상태 즉, 석회마감층과 채색층의 경계면이 비교적 명확하게 드러나고 있으며 채색층의 상태가 안정되어 보이는 것으로 미루어 보아 안료가 마감층 위에 밀도감 있게 안착되어진 것으로 파악된다. 건식기법으로 채색하였을 때 아교와 혼합된 안료는 마감층 위에 하나의 층을 이루어 고착되었다. 실험 결과를 통해서도 나타나듯이 안료와

혼합된 안료는 마감층 내부로 스며들지 않고 표면에서 아교와 함께 고착되어 견고한 층과 함께 밀도 있는 채색층을 형성하고 있다(Figure 5(b)).

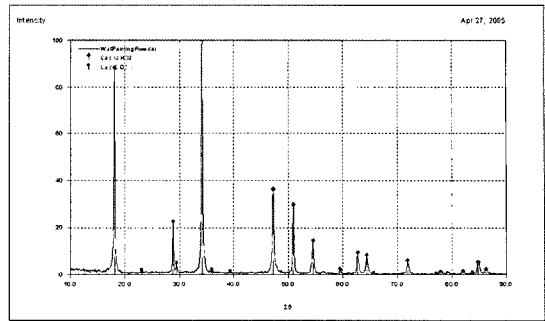
습식기법과 건식기법을 혼용한 기법의 경우는 습식기법으로 제작된 시편에 비해 채색층과 마감층의 경계가 어느 정도 나타나고 있는 있으나 건식기법으로 제작되어진 시편과는 비교적 경계가 명확하게 드러나지 않기도 한다. 또한 채색층의 위, 아래의 경계면의 상태가 다소 밀도감이 떨어져 보이거나 중간부분은 일정하게 밀도 있는 층을 이루고 있는 것으로 보인다. 이러한 현상들로 미루어 보아 건식기법과 습식기법을 혼용한 기법에서는 그 두 가지 기법의 결과를 모두 나타내고 있는 것으로 보인다(Figure 5(c)).

고구려 고분벽화인 시편 K의 채색층 단면조사 결과 채색층이 마감층에 밀도감있게 착색되어져 마감층과의 구분을 나타내고 있으며 채색 상태가 견고해 보이는 것으로 보아 채색층 보존상태가 양호한 것으로 판단된다.



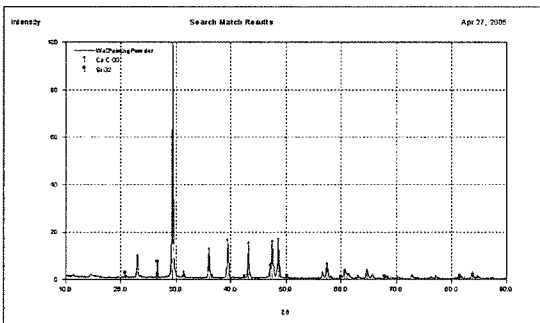
Calcium Hydroxide, Calcite

Figure 6. X-ray Diffraction Pattern of Sample A.



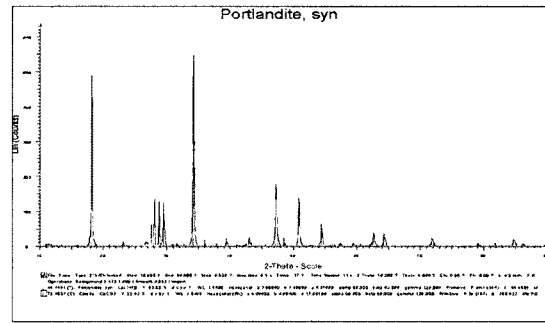
Calcium Hydroxide, Calcite

Figure 7. X-ray Diffraction Pattern of Sample B.



Calcite, Quartz

Figure 8. X-ray Diffraction Pattern of Sample K.



Calcium Hydroxide, Calcite, Albite, Quartz

Figure 9. X-ray Diffraction Pattern of Sample I.

Table 8. Result of X-ray Diffraction Analysis of Each Sample.

Result of X-ray Diffraction Analysis	
Sample A	Calcium Hydroxide, Calcite
Sample B	Calcium Hydroxide, Calcite
Sample C	Calcium Hydroxide, Calcite
Sample D	Calcium Hydroxide, Calcite
Sample K	Calcite, Quartz
Sample I	Calcium Hydroxide, Calcite, Plagioclase, Quartz

또 다른 부분은 채색층이 상부가 부풀어 안료가 분산된 불안정한 구성 상태를 보이며, 부분적으로는 마감층과 채색층의 경계가 다소 불명확한 상태가 관찰된다. 채색층과 마감층의 경계가 다소 불명확한 부분이 있으나 습식기법에서 나타나는 정도의 상태가 아니며 부분적으로 보이는 채색층 밀도감 등의 상태로 미루어 시편 K의 상태는 시편 I-3의 상태에 가깝다고 판단된다(Figure 5(d)).

⑤ 광물성분

각 시편에 대한 광물의 종류와 화합물의 상태를 알아 보고자 X-선회절분석을 실시하였다. 시편 A, B, C, D에서는 모두 수산화칼슘이 주로 검출되었으며, 매우 작은 방해석(calcite)의 피크도 나타나고 있다. 이 모두 방해석화가 거의 일어나지 않았음을 보여주며, 이외의 성분은 나타나고 있지 않다(Figure 6, 7, Table 8).

시편 I에서는 수산화칼슘(calcium hydroxide), 방해석, 사장석과 석영이 검출되었다. 사용한 석회는 거의 수

산화칼슘으로 분석되고 있어, 아직 방해석으로 변화되지 못했으며 일부 소량 변화되었음을 알 수 있다(Figure 9, Table 8). 제작 후 오랜 시간을 거쳐야만 방해석으로 변화되기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 생각되며, 석회에 혼합한 모래는 석영을 주로 하는 시편 K와는 달리, 사장석을 주구성 광물로 함유하고 있는 것들이 분석결과 밝혀졌다. 국소부위의 시료분석을 통해 단정짓기는 어려우나, 이 결과로서 사용한 모래의 종류도 경우에 따라 달라질 수 있다고 본다. 석영이 많이 함유된 바다모래가 이용되었는지 장석이 많이 함유된 강모래가 혼합되었는지, 또 이러한 결과가 마감층에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 체계적인 연구도 필요하다.

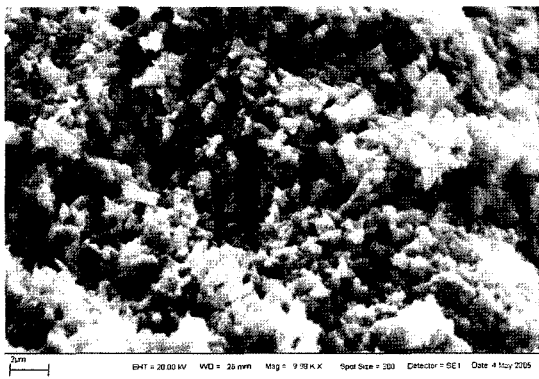
고구려 고분벽화인 시편 K에서는 방해석(calcite)이 주구성 광물로, 석영(quartz)이 부광물로서 검출되었다(Figure 8, Table 8). 석회층의 수산화칼슘은 거의 대부분 방해석화 되었음을 알 수 있고, 여기에 석영이 주성분인 모래입자들이 혼합되었음을 이 결과를 통해 살펴볼 수 있다. 그러나 X-선회절분석법은 1% 이상 함유한 성분에 대해 측정이 되므로, 결과물로서 정리된 성분 이외에 다른 성분이 미량으로 포함되어 있을 수도 있다.

⑥ 조직 및 화학성분

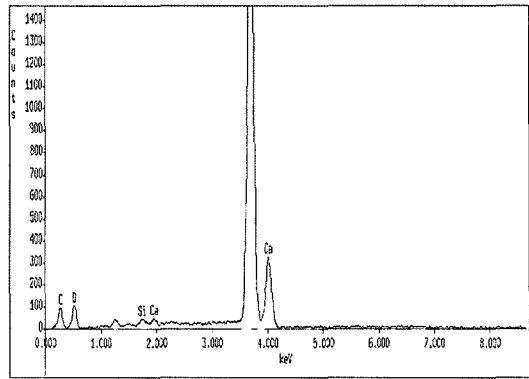
제작법을 달리한 각 시편들의 미세구조와 그 화학성분을 살펴본 결과 땅속에서 수화를 시킨 후 제작한 시편 A와 급속하게 수화시켜 제작한 시편 B의 입자상태와 화학성분에서 다소 차이점을 나타내고 있었다. 시편 A의 미세조직에서는 작은 크기의 결정들이 긴 형태로 성장하

고 있는 것이 관찰되었으며, 화학성분에서는 Ca이외에 소량의 Si, Al, Na 성분이 검출된 것으로 보아 석회가 수화하는 과정에서 토양성분이 들어갔음을 알 수 있다(Figure 10). 급속하게 수화를 시킨 후 제작한 시편 B는 입자의 크기가 불균일하며, 시편 A와 같은 결정형태는 관찰되지 않았다. 이 부분의 화학성분을 분석한 결과 거의 순수한 Ca의 형태임이 밝혀졌다. 물론 EDS의 검출한계가 0.1%임을 감안한 사항이므로 100% Ca라고 말할 수는 없고, 기타 다른 성분들이 들어 있더라도 미량으로 들어 있을 수 있는 가능성을 배제할 수 없다(Figure 11).

시편 I-3-p1의 채색층에서는 안료가 이루고 있는 채색층과 마감층의 경계가 나타나고 있다. A지점은 각이 뚜렷한 광물입자를 중심으로 한 부위로서 측정결과 EDS 스펙트럼에서 보는 바와 같이 HgS로 구성된 주사 성분이 주성분임을 알 수 있으며, 이와 더불어 소량의 Al, Si, Ca가 검출되었다. A지점의 하부인 B지점의 화학성분은 Ca의 성분이 조금 더 검출된 것을 제외하면 A지점과 유사하다. 채색에 사용된 p1의 화학성분 분석결과 소량의 Al, Si가 함유되어 있는 것으로 보아 이 지점에 나타나는 Al과 Si 성분의 출처를 알 수 있다. 그러나 p-1 안료가 함유하고 있지 않은 Ca성분에 대해서는 살펴 볼 필요가 있다. 시편 I-3-p1은 안료와 아교를 혼합한 것을 마감층이 조금 덜 마른 상태에서 채색한 습식기법과 건식기법의 중간 방식으로 제작한 것이다. 그렇다면 Ca의 기원은 아교가 미량으로 함유하고 있는 부분도 여기에 기여하였겠지만 검사결과 나타난 Ca함량을 건주

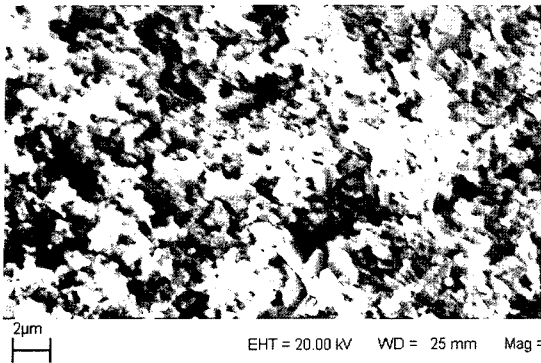


(a) Microstructure of Sample A (SEM)

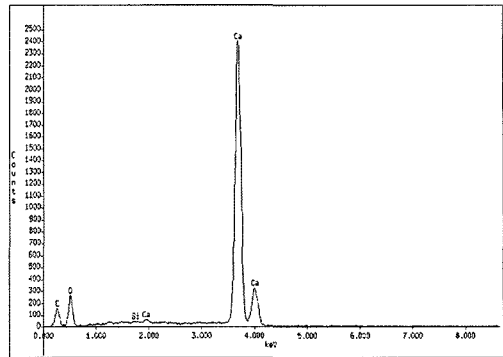


(b) EDS spectrum of Sample A

Figure 10. Microstructure(SEM) and chemical composition(EDS spectrum) of Sample A.



(a) Microstructure of Sample B (SEM)

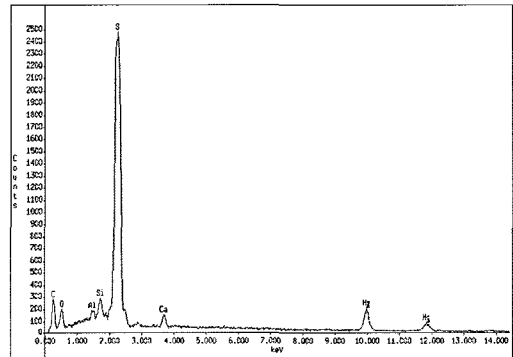


(b) EDS spectrum of Sample B

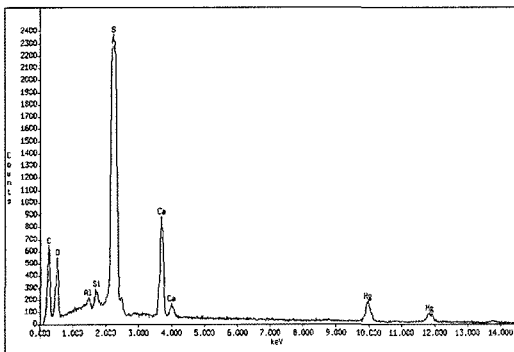
Figure 11. Microstructure(SEM) and chemical composition(EDS spectrum) of Sample B.



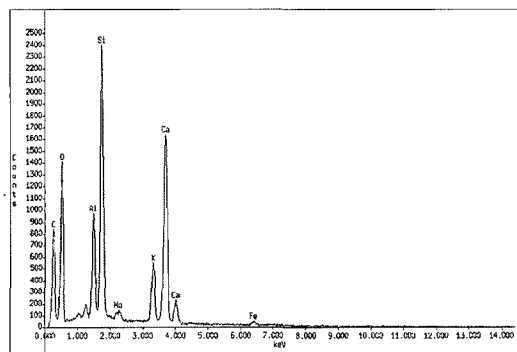
(a) Microstructure(SEM) of Sample I-3-p1



(b) EDS spectrum of Sample I-3-p1(A point)



(c) EDS spectrum of Sample I-3-p1(B point)



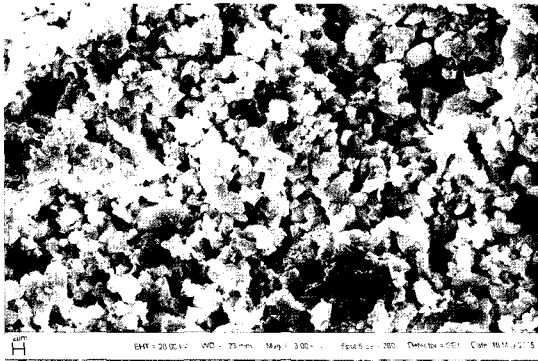
(d) EDS spectrum of Sample I-3-p1(C point)

Figure 12. Microstructure(SEM) and chemical composition(EDS spectrum) of Coloring Layer in Sample I-3-p1.

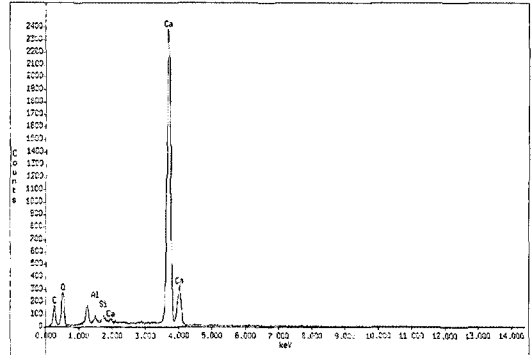
어 볼 때 또 다른 부분을 찾아야만 한다는 결과를 가져온다. 시편 I-3-p1은 마감층이 마르기 전에 채색되었기 때문에 마감층의 주구성분인 Ca이 건조하면서 표면으로 이동하여 안료 속으로 어느 정도는 스며들 수 있다. 마감

층과 가까운 C지점에서 가장 많은 Ca함량으로 측정된 분석결과가 이러한 설정을 잘 뒷받침해주고 있다 (Figure 12).

시편 I-3-p1의 마감층 미세구조에서는 Figure 13(a)

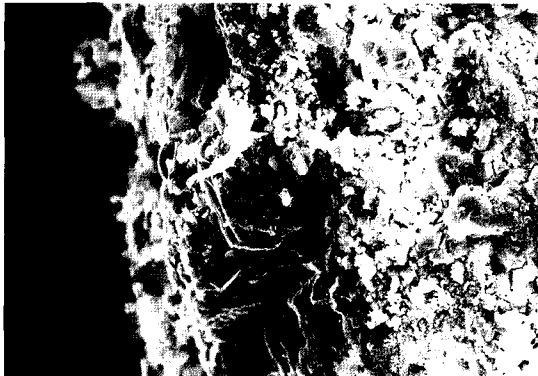


(a) Microstructure(SEM) of the Finishing Layer in Sample I-3-p1

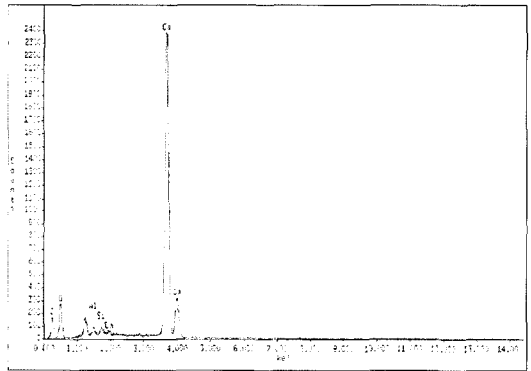


(b) EDS spectrum of the Finishing Layer in Sample I-3-p1

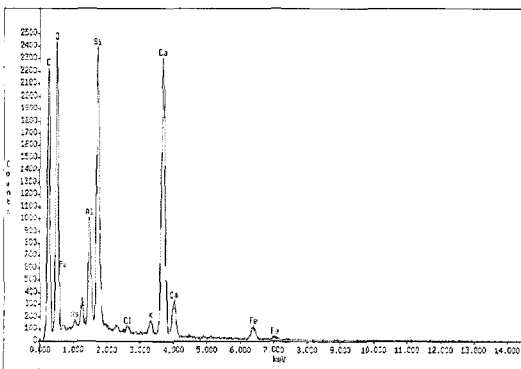
Figure 13. Microstructure(SEM) and chemical composition(EDS spectrum) of Finishing Layer in Sample I-3-p1.



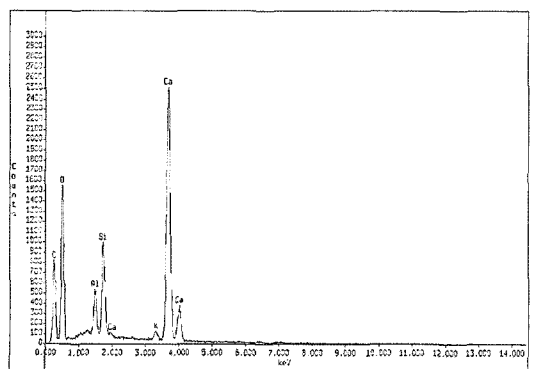
(a) Microstructure(SEM) of the Painting Layer of Sample K



(b) EDS spectrum of the Sample K (A Point-1)



(b) EDS spectrum of the Sample K (A Point-2)

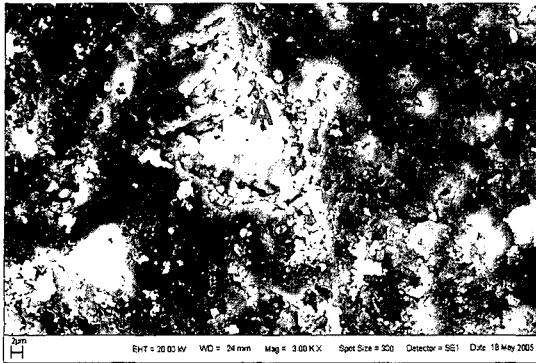


(b) EDS spectrum of the Sample K (A Point-3)

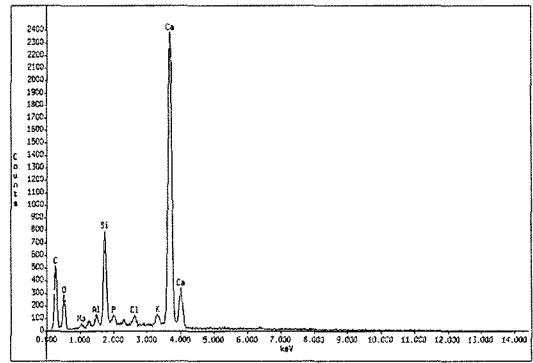
Figure 14. Microstructure(SEM) and chemical compositions(EDS spectrum) of the Painting Layer in Sample K.

와 같이 균질한 크기의 성분들로 구성되어 있으나, 방해석 결정구조를 살펴보기는 어렵다. 마감층의 화학성분은 Ca이 주성분을 이루고 있으며, 여기에 Si, Al, Na이 소량 함유되어 있는데, Ca은 석회에서, 그 외 성분들은 시

편 제작시 첨가한 모래성분에서 기인한 것으로 추정된다. 여기에 사용된 모래는 검출된 Na, Al, Si성분으로 보아 순수한 석영보다는 사장석을 다량 함유하고 있는 것으로 추정된다. 고구려 고분벽화 시편 K와 비교하여



(a) Microstructure of the Finishing Layer of Sample K



(b) Chemical Components at Point B of Sample K (EDS spectrum)

Figure 15. Microstructure(SEM) and chemical compositions(EDS spectrum) of the Finishing Layer in Sample K.

보았을 때 이 시편의 화학성분은 매우 유사한 결과를 보여주고 있다.

시편 K의 미세구조에서는 채색층과 마감층이 뚜렷한 차이를 보이며 경계되어짐이 관찰된다. 시편 K의 흑색 채색층 화학성분은 일정한 함량으로 검출되지는 않아도, Ca이 주성분을 이루고 있으며, 여기에 Si, Al, K, Na이 소량 함유되어 있다(Figure 14). 이 구성성분들은 석회 마감층에서 나타나는 성분과 대동소이함에서 고찰하여 볼 때(Figure 15), 마감층에서 기인한 성분으로 여겨지며 흑색 채색층의 성분으로는 볼 수 없다. 채색층과 마감층을 여러 곳 분석한 결과 균일하지 못하게 검출되는 Si, Al, K, Na 성분은 시편 K가 구성하고 있는 방해석 이외의 성분에서 기인한 것으로 추정된다. 즉 석회에 혼합된 모래입자나 땅속에서 수비하는 과정에서 석회로 유입된 토양성분이 석회와 골고루 배합되지 못하여 이러한 성분이 많은 곳에서는 Si, Al, K, Na 등이 더 높은 값으로 측정되는 것으로 생각된다.

5.2 보존과학적 고찰

각기 다른 네 가지 방법으로 시편을 제작하여 실험을 실시해본 결과 땅속에서 장시간 소화시킨 소석회로 제작한 시편 A에서 비교적 우수한 결과가 나타났다. 시편 A에 대한 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 육안 조사 결과 균열이나 부풀음이 없이 안정감 있는 상태를 보였다.
- ② 표면이 평탄하고 매끄러우며 윤기가 난다.
- ③ 현미경 관찰결과 구조가 치밀하고 마감이 잘 이루어

어져 있다.

- ④ 다른 시편에 비해 분말이 묻어나지 않는다.
- ⑤ 모세관물흡수율이 시편 B, D에 비교적 낮게 나타났다.
- ⑥ 경도 측정결과 네 가지 시편에 비해 높은 수치를 기록했다.

실험결과에서 나타나는 균열이나 부풀음은 석회마감층이 갖는 내구성의 상태를 결정짓는 요인이며 그러한 결과가 양호하지 못하게 나온 것은 벽화의 보존성을 저하시키는 첫 번째 요소일 것이다. 표면의 평활도와 치밀성은 채색층이 제작되는 과정 및 결과에 있어 많은 영향을 미치게 된다. 즉, 석회마감층의 표면이 단단하고 매끄러우며 분말과 같은 이물질이 묻어나지 않는 조건은 석회마감층의 우수한 상태를 뜻하는 것이며 이것은 곧 채색층 제작에 있어 작업의 용이성과 채색층의 보존성을 높이는 효과를 가져오게 된다. 또한 실험결과에서 나타나는 것과 같이 모세관물흡수율이 다른 시편에 비해 낮은 수치가 나온 결과 역시 벽화의 보존성에 있어 중요한 요소가 된다. 벽화에 있어 수분 이동에 대한 메커니즘은 다양하게 나타나며 모세관물흡수율이 높은 경우 고분벽화가 위치한 주변 환경의 특성상 수분의 유입을 원활하게 하는 요인을 제공한다. 수분 흡수와 건조 현상들의 반복에 의한 수분의 이동은 수분에 녹은 염 성분이나 외부의 오염물질이 벽화 내부로 들어오는데 큰 역할을 하기 때문에 벽화의 손상을 가중시킨다. 마감층 표면이 거칠거나 재질이 약한 벽면에 벽화를 제작하였다면 벽화에 있어 세밀하거나 밀도 있는 작업 또한 진행되기 어려웠

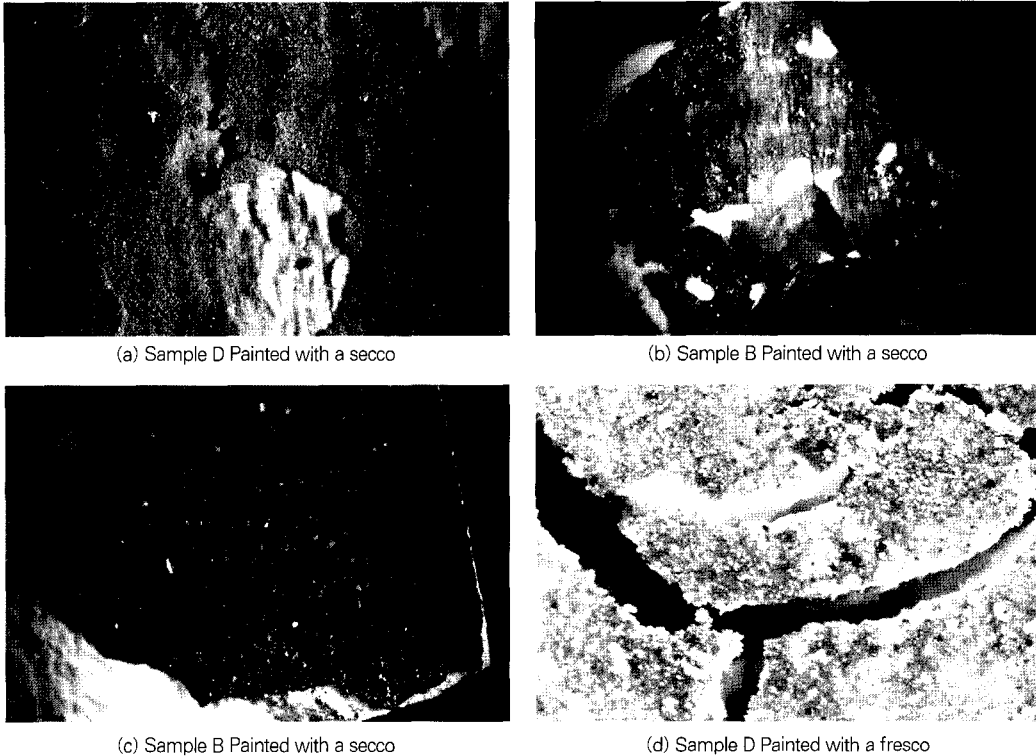


Figure 16. Surface Conditions of the Samples by different Coloring Methods.

을 것이며, 또한 벽화 제작이후 분말화 또는 부풀음 현상 등 마감층에서 문제가 발생할 시 채색층에 가장 큰 손상을 가져온다고 할 수 있다. 이러한 결과는 시편 A가 제작되는 과정을 거친 석회반죽은 벽화 제작에 있어 작업의 용이성을 제공해 주며 석회마감층의 내구성을 높여주고 향후 양호한 보존성을 갖는 결과를 가져오는 것으로 판단된다. 즉, 특정한 가공법을 거쳐 제작된 석회마감층은 고분벽화 제작 작업의 용이성을 제공해 주며 이를 통해 석회마감층을 포함해 채색층의 보존성에 직접적인 영향을 미치게 되는 것이라고 할 수 있다.

본고에서 실험한 각 시편에 대한 내구성은 앞서 언급한바 고구려 고분벽화와 같은 방해석화가 현재로서는 완벽하게 진행되지 않은 관계로 물성의 차이가 있으며 시편 제작에 사용된 소석회화 방해석으로 변환되기까지는 오랜 시간을 필요로 한다. 실험 당시의 시편 K의 미세조직 조사결과 거의 완전하게 방해석화 된 상태이며 이번 연구에서 사용된 시편 I는 아직 결정화가 진행 중이다. 따라서 현재의 결과에서 각 시편간의 결정화에 대한 예측은 무리가 있다고 판단되며 시간의 경과에 따른 변

화도 예상하여야 할 것이다.

습식기법을 사용하여 제작한 채색층은 매제가 사용되지 않았어도 마감층과의 결합력이 우수하였으며, 마감층의 광택과 함께 다소 투명한 상태를 보였다. 건식기법을 사용한 결과는 채색층과 마감층의 경계가 분명하게 나타나며 채색층이 밀도감 있으며 습식기법에 비해 다소 높은 채도를 나타냈다. 채색의 방법과 채색 재료 선별이 채색층의 보존성에 영향을 미치되었지만, 앞서 기술한 바와 같이 채색이 이루어지는 마감층의 상태가 채색층 보존성에 중요한 역할로 작용한다고 판단된다(Figure 16).

6. 결론

이번 연구의 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 석회마감층의 표면상태 및 내구성이 우수한 것은 특정한 수화법을 거쳐 제작된 소석회 반죽을 사용한 것으로서, 이것은 고구려 고분벽화의 석회마감

층에 대한 보존성을 증가시키는 것으로 판단된다. 그러나 고분벽화의 구조가 석회마감층 이외의 바탕층을 가지고 있는 경우도 있으므로 고구려 고분벽화 석회마감층의 내구성만을 가지고 고구려 고분벽화 전체적인 보존성에 대해 연결 짓기는 어렵다고 본다.

2. 기존 연구 자료의 고구려 고분벽화 채색층 단면과 이번 연구에서 조사된 고구려 고분벽화의 채색층 단면 및 제작한 실험시편의 단면 상태를 비교하여 살펴보았다. 상태조사를 종합한 결과, 채색층과 마감층 사이에 형성된 경계면 및 채색층의 구성 형태 등으로 미루어 보아 고구려 고분벽화의 채색상태가 대체적으로 습식기법과 건식기법의 혼용기법으로 제작되어진 시편들과 유사한 상태를 보이는 것으로 나타났다.
3. 석회마감층면이 평탄하고 매끄러우며 잘 스며드는 것과 같은 조건은 그림을 그리는 단계에 있어 용이성을 제공해 주는 요소로서 작업자의 입장에서 벽화 제작과정의 중요한 단계로 여겼으며 이러한 이유로 재료의 선별 및 가공법에 대하여 계속되는 연구와 시행착오를 반복했을 것으로 여겨진다. 또한 양질의 재료와 수준 높은 마감층 제작기법을 정립하여 벽화제작 시 구사해왔을 것이며 더 나은 새로운 제작기법이 등장할 때 까지 오랜 시간동안 이러한 제작기술을 사용해 왔을 것으로 보인다.
4. 고구려 고분벽화의 석회마감층 제작에 있어 석회의 가공법은 벽화의 내구성에 중요한 영향을 미치는 것으로 파악된다. 또한 마감층 제작은 채색 작업과 연결되기 때문에 작업의 용이성을 제공함과 동시에 채색층의 보존성을 결정짓는 요소로 작용되며 벽화 제작에 있어 가장 중요한 작업공정이 된다는 것을 알 수 있었다.

고분벽화의 화면을 구성하는 석회마감층 제작기법은 고분벽화 보존성에 있어 매우 중요한 요소로 작용하게 된다는 것을 이번 연구를 통해 확인할 수 있었다. 이번 결과를 통해 고구려 고분벽화 석회마감층에 대한 채색기법의 일부를 예측할 수 있었다. 특히, 고구려 고분벽화의 제작기법에 있어 습식기법과 건식기법의 차이로 인한 보존성을 언급하기에는 고구려 고분벽화 연구 성과가 아직 미흡한 점이 많다고 판단되며 보다 구체적이고 더 많은 시편

을 대상으로 접근하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

역사적 증거와 학술적 미술사적 자료를 제공해 주는 고대 벽화에 대해 과학적 실험연구와 문헌조사 등 기초적이고 체계적인 과정을 통해 고대 벽화의 원류를 규명하고 제작기법을 연구하는 것은 매우 의미 있으며 학술적 가치가 있다고 생각한다.

참고문헌

1. Encyclopedia of World Art, New York Toronto London, Macgraw-Hill Book Company, (1966).
2. The Dictionary of Art, London, Macmillan Publishers Limited, (1996).
3. 『문화재 수리용 강회 혼합재 조사·연구』, 문화재청, (1999).
4. P. Mora, L. Mora, P. Philippot, The Conservation of Wall Paintings, Butterworth, (1984).
5. Ralph Mayer, The Artist's Handbook of Materials and Techniques, 5th Edition, Viking, (1991).
6. 安秉燦, 高句麗 古墳壁畫의 製作技法 研究, 高句麗研究 第16輯, 學研文化社, (2003).
7. 李相洙, 安秉燦, 高句麗 벽화 제작기법 試考, 高句麗研究 第5輯, 學研文化社, (1998).
8. 李宗松, 전통 벽화기법 연구, 조형연구 제7권, 건국대학교 조형연구소, (1998).
9. 韓景순, 高句麗 古墳壁畫와 古代 유럽壁畫의 比較 研究, 高句麗研究, 제16호, 學研文化社, (2003).
10. ____, 고구려 고분벽화 제작기술에 관한 연구, 고구려 고분벽화의 보존과 복원 문제, 高句麗研究財團, (2005).
11. Rocco Mazzeo, Scientific Investigations of the Tokhung-Ri Mural Paintings (498A.D) of the Koguryo Era, D.P.R. K., Conservation of Koguryo Tombs, (2004).
12. 이화수, 고구려 고분벽화의 석회마감층에 관한 연구, 경주대학교 석사학위논문, (2005).