

전통 염색건의 열화조건에 따른 손상원인 연구

*The study of damage regions on the aging conditions of
the silk dyeing traditional pigment*

李惠閔 · 韓旼洙 · 鄭容在 · 宋貞珠¹⁾

Hye Yun Lee, Min Su Han, Yong Jae Chung and Jeong Ju Song¹⁾

< ABSTRACT >

In ancient times, many kinds of difference inorganic and organic pigment were used as colorants for making objects. This study has proved the damage regions on the aging conditions of the silk dyeing traditional pigment. so whiteness, tensile strength and digital-microscope were measured to examine the state of silk dyeing traditional pigments pretreated under each aging condition. From the result examining the state, all the silk dyeing traditional pigments were best condition at low temperature(-20/RT) and normal condition and damaged at high temperature(60℃) and 2ppm SO₂ condition and UV condition.

As a result of X-ray diffraction analysis of crystalline structure for the silk dyeing traditional pigments, most of specimens have nearly changed crystalline structure despite specimens had each other different conditions and times. Especially, specimens which was passing of 4-8 months have not changed in its crystalline structure. but some specimens like a Unghwang and Seokcheong have a little changed in its intensity in the XRD peak.

Consequently, If we want to find out alteration of crystalline structure for the silk dyeing traditional pigments using scientific method according to change of

1) 한국문화재보존과학회 이사

environmental conditions, we must guarantee of equal state and strengthen of environmental conditions in specimen. Additionally, the term of experiment need to be long, and specimens which was experimented and analyzed must be same.

I. 서 론

고대부터 사용된 안료에는 적색, 백색, 녹색, 황색, 갈색, 청색, 흑색 등이 있다. 이 중에서 특히 적색안료는 현재까지 남아 있는 고대 벽화나 회화 등에서도 흔히 볼 수 있는 가장 대표적인 안료라고 할 수 있다¹⁾. 안료라는 것은 물이나 용매에 용해되지 않는 유색 미립자의 무기 또는 유기 화합물을 말한다. 백색 또는 유색으로, 아마인유 · 니스 · 합성수지액 · 아라비아고무 등 전색제(展色劑)에 섞어서 도료 · 인쇄잉크 · 그림물감 등을 만들어 물체 표면에 착색하거나, 고무 · 합성수지 등에 직접 섞어서 착색하는데, 이 밖에 도자기의 유약 · 화장품, 또 최근에는 합성섬유 원료의 착색에도 사용되어 용도가 다양해졌다. 이러한 안료를 접착제와 혼합하여 목조건물이나 성형물을 채색하는 것을 단청이라 한다. 단청은 갑작스런 온 · 습도 변화에 의한 목재의 노화를 방지하고, 충해 방지를 통한 건축물의 내구성 향상뿐만 아니라 건축물의 아름다움을 느낄 수 있게 해준다.²⁾

안료는 크게 무기안료와 유기안료로 나눌 수 있는데, 무기안료는 고대 도자기의 유약이나 동굴의 벽화에서 볼 수 있듯이 옛날부터 이용되었으며, 이러한 유약들은 천연광물 등을 이용한 것으로, 대부분 물 · 기름 · 알코올 등 대개는 유기용제에 녹지 않는다. 대표적인 안료를 색조로 나누면 백색안료가 가장 많이 쓰이며, 이러한 안료는 착색용 외에 다른 안료에 섞어서 빛깔을 엷게 하거나 은폐력을 크게 하는 데도 사용된다. 또 백색안료 중에서 바라이트 · 호분(胡粉) · 백악(白堊) · 클레이 · 석고(石膏) 등은 체질안료라 한다. 유기안료는 천연안료와 합성안료로 나누어지며, 색감의 범위가 넓고 선명하며 착색력이 우수하나 내구, 내열, 내광성 등에서 무기안료보다 열등한 단점이 있다³⁾.

문헌에 의하면 중국에서는 기원전 3000년경부터 천연안료라고 하여 적색안료인 진

사가 사용되었다고 하며, 이집트에서는 기원전 2000년전부터 이집트 청이라 불리워지는 동-calcium의 규산염을 인공적으로 제조하여 사용하였고 또한 밀타승(黃色, PbO), 연단(Pb₃O₄), 연백, 녹청 등도 고대로부터 사용되었다고 전해지고 있다⁴⁾. 또한 우리나라 고대안료의 사용은 고구려 고분벽화의 채색에서 유래되며 그 후 궁궐이나 사찰 등 목조건축에 많이 사용되었다. 이러한 고대안료의 경우는 자연에서 채취하는 광물성 안료인 무기안료를 주로 사용하였으며, 특별히 만들 수 없거나 구할 수 없는 것들은 중국이나 서역에서 수입하여 사용하였다.

그러나 현재는 천연무기안료의 매입이 어려우며, 매입하더라도 고가이므로 사용하기가 어려운 실정이다. 그러므로 가격이 저렴하고 구하기 쉬운 인공 합성한 안료들을 대체 안료로서 많이 사용하고 있다. 일반적으로 대체안료들은 급격한 환경오염으로 인해 쉽게 박리, 박락되거나 변색되어지는 손상을 입고 있다. 그러므로 이 같은 손상방지를 위해 단청안료의 박락방지 시험연구나, 안료에 함유된 중금속의 사용규제에 따라 대체안료의 연구개발 등의 시험연구가 진행 중에 있다⁵⁾.

이 논문에서 제작한 염색견의 시편 명칭을 ‘염색’이라 지칭하였는데, 이는 안료를 비단에 아교등과 섞어 그림을 그리듯이 칠해 견(絹) 자체에 착색되도록 했기 때문이다. 염료라는 것은 안료와 달리 섬유와 화학적인 결합의 형태로 물에 가용화된 상태로 섬유에 흡착 확산하여 섬유와 결합하는 것이다. 그렇지만 안료는 불용성이기 때문에 견의 표면에 피복된다고 볼 수 있다. 또한 재질 별로 살펴봤을 때, 목조건축물의 단청 이외에 안료가 사용되는 탱화나 회화 유물은 거의 대부분이 지류 및 견으로 구성되었으며, 이러한 재질의 유물들을 보존하기 위해 참고할 수 있는 데이터가 거의 전무한 실정임으로 꼭 수행되어야 할 부분이다. 보존의 시작이라 할 수 있는 이런 데이터 베이스가 좀더 다양한 재질별로 많이 있을수록 보존처리의 기술도 앞으로 한층 높아질 것이다. 이 같은 장기적 시점에서 봤을 때 지류와 더불어 섬유류의 손상원인 규명 및 보존방안 등 과학적 데이터를 수립하여야 할 것으로 사료된다.

본 실험에서는 견에 안료를 사용하여 대상을 표현한 탱화 및 회화 유물 등의 주된 손상원인이 환경변화에 따른 안료의 탈락과 색변화 등에 있다고 보고, 환경조건을 다르게 설정하여 각 조건별 염색견의 손상원인과 재질별 안정성을 규명하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

전통 염색견의 시험편을 제작하기 위하여 호암미술관 문화재보존연구소에 의뢰하여 한국화 복원처리 시 사용되는 천연 안료 20종을 선정하여 이를 이용하였으며, 견은 중국 화견으로 선색이 최대한 고르게 될 수 있도록 씨실과 날실이 고르게 직조된 것을 선택하여 섬유 시험편을 제작하였다(Fig. 1).

| 번호 | 안료명 | 표시 | 색상 | 사진 | 비고 |
|----|-----|----|-------|---|--------|
| 1 | 주사 | A | 밝은 적색 |  | |
| 2 | 표주 | B | 다홍색 |  | |
| 3 | 석록1 | C | 초록색 |  | |
| 4 | 석록2 | D | 초록색 |  | |
| 5 | 석록3 | E | 초록색 |  | |
| 6 | 석록4 | F | 초록색 |  | |
| 7 | 석청1 | G | 파랑색 |  | |
| 8 | 석청2 | H | 파랑색 |  | 광물성 안료 |
| 9 | 석청3 | I | 파랑색 |  | |
| 10 | 석청4 | J | 파랑색 |  | |
| 11 | 웅황 | K | 주황색 |  | |
| 12 | 황토 | L | 황토색 |  | |
| 13 | 백토 | M | 흰색 |  | |
| 14 | 연백 | N | 흰색 |  | |
| 15 | 호분 | O | 흰색 |  | |
| 16 | 연지 | P | 붉은색 |  | |
| 17 | 쪽 | Q | 남색 |  | 식물성 안료 |
| 18 | 대저 | R | 갈색 |  | |
| 19 | 등황 | S | 노랑색 |  | |
| 20 | 먹 | T | 흑색 |  | 기타 |

Fig. 1. 실험용 천연안료

2. 염색견 및 시편제조

1) 화견 제작

가. 견(絹) 염색

견은 오리나무염색으로 매염제를 사용하지 않고 수세(水洗)를 반복해 염색(染)하였다.

나. 쟁틀에 고정하기

쟁틀의 크기는 가로 45cm×세로 60cm의 내경으로, 준비된 20개의 쟁틀에 염색 견을 붙이고, 나머지 20개는 염색하지 않은 쟁틀을 준비한다.

2) 교반수(膠礬水) 칠하기

교반수는 견위에 그림을 그리기 위하여 필히 수행되어야 하는 과정으로 교반수를 칠하지 않고는 견에 그림을 그릴 수 없다. 아교(阿膠)는 견에 피막을 형성해 먹과 안료에 영향을 주고, 반(礬)은 안료의 운용과 고착에 영향을 미치므로 교(膠)가 중하면 필묵은 되데 색을 거둬 올릴 수 없고 반(礬)이 중하면 색은 되데 운필을 베풀 수가 없으므로 교반이 넘쳐서는 안된다. 또한 아교는 중탕으로 끓여서 정제 한 다음 미지근해질 때를 기다려 찬물에 녹인 백반을 넣고 잘 저어, 준비된 두 종류의 견 틀에 칠하는데, 이때 교반수양은 물100cc를 기준으로 아교량 2.5g과 반(礬)을 8:2 비율로 잘 저어서 전면을 좌에서 우로 한번 칠하고 완전히 마르면 배면을 좌에서 우로 칠한다. 건조 후 전면을 우에서 좌로 칠하고 난후 건조되면 배면을 우에서 좌로 칠한다. 상태를 보면서 앞면의 좌에서 우로 한번 칠해서 총 앞면에 3번 배면에 2번씩 균등히 칠한다. 이때 너무 묽은 교반수로 여러번 칠하게 되면 효과가 떨어지므로 주의해야 하며 특히, 얼룩이 없게 칠해야만 색이 고르기 때문에 비단에 따라서 양을 조절해야 한다.

가. 아교(阿膠)

사용할 아교는 삼천본 막대아교로써, 하루전날 아교를 물100cc를 기준으로 2.5% 교수를 만들어 불러 놓은 후, 다음날 반드시 중탕 한 다음 거즈에 거른다. 이때 중탕하지 않고 60℃이상의 고열로 아교를 끓이면 아교 성질이 약해지므로 주의해야 한다.

나 반(攀)

반은 아교량의 8 : 2 정도로 명반을 깨끗한 찬물에 미리 만나질 담가 녹인다. 이때 반드시 찬물에 녹여야만 반의 성질을 지킬 수 있으므로 주의해야하며, 만약 뜨거운 물에 녹이면 열반(熟攀)이 되어 반(攀)의 성질이 사라진다.

3) 실험시편 제조

실험 시편은 전통염색견 20종을 가로 20mm×세로 120mm로 절단하여 각 열화조건에 따라 6편씩 총 720개 시편(염색견 20종×인공열화 5조건×시편 6개)을 제조하였다. 그리고 인공열화에 따른 섬유인장강도 변화를 측정하기 위해서 광물성 염료인 석록2(D) 등 15종, 식물성 염료인 쪽(Q) 등 5종의 염색견을 가로 20mm×세로 120mm로 절단한 시편 총 600개(염색견 20종×인공열화 5조건×시편 6개)를 각각 제조하였다.

또한 인공 열화에 따른 염색견의 결정구조 변화를 측정하기 위해서 광물성 염료인 9종(주사, 표주, 석록1, 석청1, 옹황, 황토, 백토, 연백, 호분)의 염색견을 가로 20mm×세로 20mm로 절단하여 총 216편(염색견 9종×인공열화 5조건×시편 5개)을 제조하였다.

3. 시편의 열화조건 및 손상도 측정

1) 전통염색견의 열화조건

전통 염색견 20종의 시편을 각각 자외선(UV), 동결융해(-20℃/RT), 상온(암실의 실온), 고온(60℃), 가스(2ppm SO₂) 등의 5조건으로 인공열화를 12개월간 실시하였으며(Table 1), 각 열화조건에 따른 시편을 3개월마다 총 4회를 채취하여 재질상태를 측정하였다.

Table 1. 전통 염색견의 열화에 따른 처리조건

| 열화조건 | 처리방법 | 비고 |
|------|--|----|
| 자외선 | 자외선 UV 등(lamp)에 24시간 노출 | U |
| 동결융해 | 온도 -20℃/RT로 7일 주기로 교차 | F |
| 상온 | 암실의 실내에 24시간 노출 | H |
| 고온 | 항온기를 이용하여 고온(60℃)에 24시간 노출 | T |
| 가스 | 가스부식기를 이용하여 2ppm SO ₂ 로 24시간 노출 | G |
| 대조군 | 대조군 | C |

2) 인공열화에 따른 시편의 재질상태 조사

가. 백색도 측정

열화에 따른 전통 염색견의 재질별 색변화를 관찰하기 위해서 색도계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 측정하고 색상의 변화를 KS A 0089의 규정에 의거하여 $L^* a^* b^*$ 표색계의 색차(ΔE)로 표시하였다. $L^* a^* b^*$ 표색계는 국제조명위원회(Commission International de l'Eclairage 약칭 CIE)가 1976년에 권장한 규격으로 시각적으로 거의 균등한 보도를 가진 색공간의 하나로서, 국제조명위원회에서는 CIE 1976($L^* a^* b^*$) 색공간이라 부르며 CIELAB로 표시한다.

$L^* a^* b^*$ 표색계에 의한 색차(ΔE^*_{ab}) 계산방법은 다음과 같다.

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

ΔL^* , Δa^* , Δb^* 는 각각 KS A0067에 규정되어 있는 $L^* a^* b^*$ 표색계에서 2개의 물체색의 명도지수 L^* , 크로마텍네스 지수 a^* 및 b^* 의 차이이다.

나. 인장강도 측정

견 섬유류의 인장강도는 KS K0520의 규정에 의거하여 인장강도(대경테크(주), B400L, Korea)를 사용하여 측정하였으며, 인장속도는 50min/min의 일정속도로 신장하여 측정 결과값을 각각 평균내어 표시하였다.

다. 결정구조분석

결정구조분석은 5조건 인공열화 시킨 각각의 시험편을 1.7×1.7cm로 자르고, 특수 제작한 시료대에 시험편을 고착시킨 후 넓은 영역의 분석이 가능한 미소부X-선회절분석기(Micro-area X-ray diffraction system, MAC Science, MXP18VA, Japan)의 wide-angle 부분을 이용하여 각 조건별 견섬유 안료의 결정구조를 분석하였다. 분석 시 Target은 Cu를 사용하였으며, 분석 조건은 30kV, 50mA, scanning speed 8°/min로 측정하였고, 측정 후 분석데이터는 피이크 매칭(Peak matching) 프로그램을 이용하여 각 peak를 동정하였다.

라. 섬유조직 미세구조

섬유 표면의 재질의 손상도를 확인하고자, 미세디지털현미경(MVS24 Somtech, Korea)을 이용하여 섬유의 조직을 200배로 촬영하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 인공열화에 따른 손상도 측정결과

가. 백색도 측정 결과

전통 염색견 20종의 열화조건별 안료의 색변화를 관찰해 보고자 백색도를 측정한 결과(Table 3, 4), 색도차(ΔE)가 가장 크게 나타난 시편은 자외선 조건으로 표주(4.03), 석록3(0.96), 석청1(6.80), 황토(4.89), 쪽(1.69), 떡(6.91) 등 6종의 염색견이 자외선에서 손상이 가장 크게 나타났으며, 이외에 주사(9.49), 석록1(3.07), 석록2(3.09), 석록4(1.36), 석청2(4.59), 석청3(7.61), 옹황(7.29), 연백(1.82) 등 8종은 이산화황에서 손상이 가장 크게 나타났다. 또한 석청4(5.51), 호분(2.80), 연지(3.02), 대저(2.11), 등황(5.99) 등은 고온에서 손상이 가장 크게 나타났으며, 백토의 경우는 동결융해에서 가장 손상이 크게 나타났으나, 그 색차값은 0.89로 다른 시편에 비해 미미한 변화양상을 확인할 수 있었다.

색차값이 가장 적게 나타난 시편은 동결융해 조건으로 주사(0.26), 표주(0.32), 석록1(0.35), 석록2(0.72), 석청2(-0.66), 석청4(1.39), 옹황(0.31), 황토(0.20), 연백(0.13), 쪽(0.91), 대저(0.92), 등황(-0.35) 등 12종의 시편이 손상이 가장 적게 나타났으며, 이외에 석록3(0.20)은 상온, 석록4(-2.07)·석청3(1.41)은 고온, 백토(0.24)는 상온, 호분(1.32)·떡(0.24)은 이산화황, 연지(0.44)는 자외선에서 색변화가 거의 일어나지 않아 거의 손상되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 표주, 석록3, 석청1, 황토, 쪽, 떡 등은 색변화가 자외선> 이산화황> 고온> 상온> 동결융해의 순으로 나타났으며, 또한 주사, 석록1, 석록2, 석록4, 석청2, 석청3, 옹황, 연백 등은 이산화황> 자외선> 고온> 상온> 동결융해 순으로 색변화가 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 이외에 고온에서 색차값이 가장 크게 나타난 석청4, 호분, 연지, 대저, 등황은 고온> 이산화황> 자외선> 상온> 동결융해 순

으로 변화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

그러나 염색견 20종 색차값 비교 결과(Fig. 2), 석록1~석록4의 녹색계열은 색차값은 최고 3.07에서 최저 -2.07까지 다른 염색견에 비해 색변화가 미미하게 이루어졌으며, 흰색의 백토, 연백, 호분 등은 최고 2.80에서 최저 0.13으로 미미한 색변화를 확인할 수 있었다. 반면에 주사의 붉은색 계열은 최고 9.49에서 최저 0.26까지, 석청1~4의 청색 계열은 최고 7.61에서 최저 -0.66까지 색차가 가장 크게 나타났으며, 옹황, 황토, 등황 등의 노란색 계열도 최고 7.29에서 최저 -0.35까지 색도차가 광물의 색 계열에 따라 구분되는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 결과 염색의 광물의 종류별 손상도가 다르게 나타났으며, 이는 색계열의 사용 재료별 손상도가 각기 다르기 때문에 발생되었을 것으로 추측되나, 손상원인 파악에 대한 연구는 향후 좀더 장기적으로 실시하여야 할 것으로 사료된다.

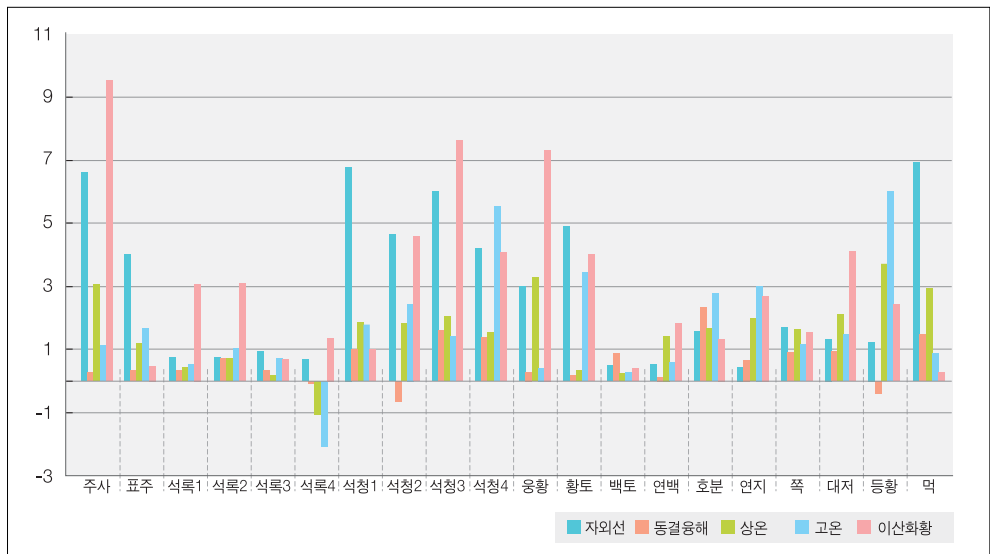


Fig. 2. 열화조건에 따른 전통 염색견의 백색도 비교 그래프

Table 3. 열화 조건별 전통 염색건의 백색도 측정결과

| | | 대조군 | 4개월 후 | 8개월 후 | 12개월 후 | 색도차* |
|-----|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 주사 | 자외선 | 72.24 | 69.63 | 66.57 | 65.68 | 6.56 |
| | 동결융해 | 72.37 | 72.24 | 72.35 | 72.11 | 0.26 |
| | 상온 | 72.96 | 70.83 | 70.07 | 69.88 | 3.08 |
| | 고온 | 72.12 | 72.12 | 72.04 | 70.99 | 1.13 |
| 표주 | 이산화황 | 73.16 | 72.62 | 72.36 | 63.67 | 9.49 |
| | 자외선 | 69.59 | 67.53 | 69.08 | 65.56 | 4.03 |
| | 동결융해 | 69.82 | 69.45 | 69.72 | 69.50 | 0.32 |
| | 상온 | 69.66 | 68.41 | 68.79 | 68.45 | 1.21 |
| 석록1 | 고온 | 69.75 | 69.18 | 69.33 | 68.09 | 1.66 |
| | 이산화황 | 69.83 | 69.58 | 69.53 | 69.35 | 0.48 |
| | 자외선 | 52.27 | 52.62 | 52.32 | 51.49 | 0.78 |
| | 동결융해 | 51.90 | 51.99 | 51.98 | 51.55 | 0.35 |
| 석록2 | 상온 | 52.09 | 52.76 | 52.73 | 51.67 | 0.42 |
| | 고온 | 52.07 | 52.19 | 52.06 | 51.56 | 0.53 |
| | 이산화황 | 51.89 | 51.64 | 48.48 | 48.82 | 3.07 |
| | 자외선 | 49.26 | 44.42 | 49.20 | 48.50 | 0.76 |
| 석록3 | 동결융해 | 49.37 | 49.16 | 48.98 | 48.65 | 0.72 |
| | 상온 | 49.38 | 49.53 | 49.27 | 48.65 | 0.73 |
| | 고온 | 48.71 | 48.42 | 48.48 | 47.67 | 1.04 |
| | 이산화황 | 48.70 | 49.50 | 45.87 | 45.61 | 3.09 |
| 석록4 | 자외선 | 44.17 | 44.55 | 44.37 | 43.21 | 0.96 |
| | 동결융해 | 43.43 | 43.64 | 43.57 | 44.07 | 0.36 |
| | 상온 | 43.30 | 44.05 | 44.06 | 43.17 | 0.20 |
| | 고온 | 43.69 | 44.18 | 44.07 | 42.97 | 0.72 |
| 석청1 | 이산화황 | 42.65 | 41.93 | 41.74 | 41.97 | 0.68 |
| | 자외선 | 32.53 | 33.79 | 33.64 | 31.84 | 0.69 |
| | 동결융해 | 32.09 | 32.58 | 32.62 | 32.14 | -0.05 |
| | 상온 | 31.30 | 32.92 | 32.99 | 32.39 | -1.09 |
| 석청2 | 고온 | 30.32 | 33.48 | 33.55 | 32.39 | -2.07 |
| | 이산화황 | 32.70 | 31.66 | 31.73 | 31.34 | 1.36 |
| | 자외선 | 89.09 | 83.88 | 83.19 | 82.29 | 6.80 |
| | 동결융해 | 88.70 | 88.06 | 87.93 | 87.68 | 1.02 |
| 석청3 | 상온 | 88.53 | 87.57 | 87.02 | 86.61 | 1.89 |
| | 고온 | 89.06 | 87.73 | 87.28 | 87.25 | 1.81 |
| | 이산화황 | 87.52 | 86.22 | 86.33 | 86.55 | 0.97 |
| | 자외선 | 79.46 | 75.33 | 75.11 | 74.83 | 4.63 |
| 석청4 | 동결융해 | 77.28 | 78.07 | 78.18 | 77.94 | -0.66 |
| | 상온 | 79.30 | 78.46 | 78.35 | 77.47 | 1.83 |
| | 고온 | 79.22 | 77.57 | 77.76 | 76.78 | 2.44 |
| | 이산화황 | 79.56 | 76.64 | 74.82 | 74.97 | 4.59 |
| 석청5 | 자외선 | 82.49 | 78.19 | 77.84 | 76.48 | 6.01 |
| | 동결융해 | 81.67 | 80.53 | 80.36 | 80.06 | 1.61 |
| | 상온 | 82.35 | 81.35 | 81.11 | 80.26 | 2.09 |
| | 고온 | 82.58 | 81.42 | 81.38 | 81.17 | 1.41 |
| 석청6 | 이산화황 | 82.22 | 78.86 | 75.58 | 74.61 | 7.61 |
| | 자외선 | 78.90 | 75.01 | 74.32 | 74.71 | 4.19 |
| | 동결융해 | 78.81 | 77.72 | 77.75 | 77.42 | 1.39 |
| | 상온 | 79.06 | 77.80 | 77.71 | 77.53 | 1.53 |
| 석청7 | 고온 | 80.96 | 76.53 | 76.47 | 75.45 | 5.51 |
| | 이산화황 | 75.76 | 75.75 | 71.95 | 71.70 | 4.06 |

* 손상도차: 대조군에서 12차 측정값을 뺀 값

Table 4. 열화 조건별 전통 염색견의 백색도 측정결과

| | | 대조군 | 4개월 후 | 8개월 후 | 12개월 후 | 색도차* |
|----|------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 응황 | 자외선 | 62.96 | 38.79 | 38.16 | 35.97 | 2.99 |
| | 동결융해 | 63.21 | 62.91 | 63.03 | 62.90 | 0.31 |
| | 상온 | 63.11 | 60.78 | 60.53 | 59.82 | 3.29 |
| | 고온 | 63.20 | 64.15 | 63.23 | 62.79 | 0.41 |
| 황토 | 자외선 | 62.91 | 61.78 | 54.91 | 55.62 | 7.29 |
| | 동결융해 | 56.45 | 54.58 | 53.90 | 51.59 | 4.89 |
| | 상온 | 55.53 | 55.54 | 55.54 | 55.33 | 0.20 |
| | 고온 | 55.77 | 57.06 | 56.96 | 55.43 | 0.34 |
| 백토 | 자외선 | 58.59 | 55.56 | 55.54 | 55.15 | 3.44 |
| | 동결융해 | 55.98 | 54.77 | 51.68 | 51.95 | 4.03 |
| | 상온 | 9.65 | 10.81 | 10.10 | 9.14 | 0.51 |
| | 고온 | 9.64 | 8.73 | 8.97 | 8.75 | 0.89 |
| 연백 | 자외선 | 9.08 | 8.82 | 9.19 | 8.84 | 0.24 |
| | 동결융해 | 9.72 | 8.71 | 9.06 | 9.44 | 0.28 |
| | 상온 | 9.59 | 9.07 | 10.19 | 9.20 | 0.39 |
| | 고온 | 2.90 | 2.41 | 2.29 | 2.38 | 0.52 |
| 후분 | 자외선 | 2.88 | 2.50 | 2.17 | 2.75 | 0.13 |
| | 동결융해 | 2.67 | 1.84 | 1.97 | 1.24 | 1.43 |
| | 상온 | 2.59 | 1.59 | 1.83 | 1.99 | 0.60 |
| | 고온 | 2.80 | 1.15 | 1.31 | 0.98 | 1.82 |
| 연지 | 자외선 | 4.04 | 2.72 | 2.04 | 2.47 | 1.57 |
| | 동결융해 | 3.99 | 1.66 | 2.43 | 1.66 | 2.33 |
| | 상온 | 3.89 | 2.50 | 2.67 | 2.23 | 1.66 |
| | 고온 | 3.74 | 2.17 | 2.28 | 0.94 | 2.80 |
| 쪽 | 자외선 | 3.36 | 2.04 | 2.30 | 1.45 | 1.32 |
| | 동결융해 | 76.18 | 73.65 | 76.06 | 75.74 | 0.44 |
| | 상온 | 76.99 | 76.65 | 76.64 | 76.32 | 0.67 |
| | 고온 | 76.29 | 74.09 | 74.10 | 74.38 | 1.99 |
| 대저 | 자외선 | 75.76 | 74.76 | 74.89 | 72.74 | 3.02 |
| | 동결융해 | 76.13 | 74.16 | 73.69 | 73.45 | 2.68 |
| | 상온 | 73.75 | 71.86 | 73.40 | 72.06 | 1.69 |
| | 고온 | 74.26 | 73.68 | 73.46 | 73.35 | 0.91 |
| 미황 | 자외선 | 73.69 | 72.36 | 72.30 | 72.06 | 1.63 |
| | 동결융해 | 73.79 | 73.02 | 73.00 | 72.64 | 1.15 |
| | 상온 | 73.95 | 73.04 | 72.99 | 72.42 | 1.53 |
| | 고온 | 61.06 | 60.03 | 60.11 | 59.73 | 1.33 |
| 먹 | 자외선 | 61.70 | 61.26 | 61.21 | 60.78 | 0.92 |
| | 동결융해 | 61.53 | 60.38 | 59.95 | 59.42 | 2.11 |
| | 상온 | 61.57 | 60.93 | 61.03 | 60.10 | 1.47 |
| | 고온 | 61.58 | 60.74 | 60.25 | 57.49 | 4.09 |
| 미 | 자외선 | 67.15 | 58.15 | 56.26 | 54.75 | 1.24 |
| | 동결융해 | 67.18 | 67.93 | 68.10 | 67.53 | -0.35 |
| | 상온 | 68.81 | 63.36 | 65.34 | 65.09 | 3.72 |
| | 고온 | 68.08 | 66.60 | 66.84 | 62.09 | 5.99 |
| 대 | 자외선 | 66.65 | 63.88 | 64.18 | 64.24 | 2.41 |
| | 동결융해 | 68.97 | 66.31 | 72.44 | 62.06 | 6.91 |
| | 상온 | 69.63 | 69.78 | 68.00 | 68.16 | 1.47 |
| | 고온 | 69.00 | 67.31 | 66.67 | 66.07 | 2.93 |
| 대 | 자외선 | 69.37 | 68.42 | 68.07 | 68.48 | 0.89 |
| | 동결융해 | 69.02 | 69.24 | 68.85 | 68.78 | 0.24 |

* 손상도차 : 대조군에서 12차 측정값을 뺀 값

나. 인장강도 측정결과

전통 염색견 20종의 열화 조건별 인장강도 측정 결과(Table 5), 손상이 가장 심하게 나타난 조건은 자외선으로 20종의 시편 중 18종의 인장강도차가 가장 높게 나타났으며, 이외에 2종은 고온에서 인장강도차가 높게 나타났다. 반면에 손상이 가장 적게 나타난 조건은 동결융해 조건으로 20종의 시편 모두 인장강도 차가 가장 낮게 측정되었다.

자외선 조건에서 강도차가 크게 나타난 시편은 주사(6.63), 표주(5.91), 석록1(3.75), 석록2(2.25), 석록3(5.31), 석록4(3.91), 석청1(4.04), 석청2(4.65), 석청3(3.61), 석청4(4.92), 옹황(5.83), 황토(5.05), 연백(4.68), 호분(3.64), 연지(4.48), 대저(4.82), 등황(4.62), 떡(4.92)였으며, 고온에서 인장강도 차가 높게 나타난 시편은 백토(3.38), 쪽(3.86) 등의 2종을 확인할 수 있었다. 반면에 인장강도 차가 가장 적게 측정된 시편은 주사(0.56), 표주(0.32), 석록1(-0.29), 석록2(-0.87), 석록3(0.17), 석록4(-0.57), 석청1(-0.75), 석청2(-0.35), 석청3(0.44), 석청4(0.12), 옹황(-0.27), 황토(0.13), 백토(-0.19), 연백(-0.10), 호분(1.81), 연지(-0.07), 쪽(0.77), 대저(0.20), 등황(-0.23), 떡(-0.10)등 20종 모두 동결융해 조건에서 강도값이 가장 적게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

인공열화에 따른 주사의 인장강도 차는 자외선(6.63) > 이산화황(3.46) > 고온(1.91) > 상온(1.30) > 동결융해(0.56), 표주의 인장강도 차는 자외선(5.91) > 고온(2.80) > 이산화황(2.52) > 상온(1.60) > 동결융해(0.32), 석록1의 인장 강도차는 자외선(3.75) > 상온(1.89) > 고온(1.84) > 이산화황(1.80) > 동결융해(-0.29), 석록2의 인장강도 차는 상온(2.91) > 자외선(2.25) > 이산화황(1.49) > 고온(0.41) > 동결융해(-0.87), 석록3의 인장강도 차는 자외선(5.31) > 이산화황(3.55) > 상온(1.60) > 고온(1.51) > 동결융해(0.17), 석록4의 인장강도 차는 자외선(3.91) > 이산화황(1.81) > 고온(0.60) > 상온(0.54) > 동결융해(-0.57), 석청1의 인장강도 차는 자외선(4.04) > 상온(1.38) > 이산화황(1.17) > 고온(0.55) > 동결융해(-0.75), 석청2의 인장강도 차는 자외선(4.65) > 이산화황(2.52) > 고온(1.41) > 상온(0.81) > 동결융해(-0.35), 석청3의 인장강도 차는 자외선(3.61) > 이산화황(2.04) > 고온(1.33) > 상온(1.11) > 동결융해(0.44), 석청4의 인장강도 차는 자외선(4.92) > 이산화황(4.55) > 고온(2.30) > 상온(1.29) > 동결융해(0.12), 옹황의 인장강도 차는 자외선(5.83) > 이산화황(3.99) > 고온(2.96) > 상온(0.60) > 동결융해(-0.27), 황토의 인장강도 차는 자외선(5.05) > 이산화황(4.14) > 고온(2.31) > 상온(2.06) > 동결융해(0.13), 연백의 인장강도 차는 자외선(2.35) > 고온(1.29) > 이산화황(1.28) > 상온(0.94) > 동결융해(-0.10), 호분의 인장강도 차는 자외선(3.64) > 이산화황(3.06) > 고온(1.86) > 동결융해(1.81) > 상온(1.02), 연

지의 인장강도 차는 자외선(4.48) > 이산화황(2.72) > 고온(1.58) > 상온(0.63) > 동결용해(-0.07), 쪽의 인장강도 차는 고온(3.86) > 자외선(3.76) > 이산화황(2.67) > 상온(1.14) > 동결용해(0.77), 대조의 인장강도 차는 자외선(4.82) > 이산화황(2.92) > 고온(2.53) > 상온(1.30) > 동결용해(0.20), 등황의 인장강도 차는 자외선(4.62) > 이산화황(4.07) > 고온(1.06) > 상온(0.41) > 동결용해(-0.23), 떡의 인장강도 차는 자외선(4.90) > 고온(3.25) > 이산화황(2.87) > 상온(2.03) > 동결용해(-0.10)의 순으로 염색견의 인장강도 차를 확인할 수 있었다. 그러나 백토의 경우 대조군은 8.05로 고온의 4.67에 비해 강도차가(3.38)로 가장 손상이 심한 것을 확인할 수 있었는데, 이는 다른 시편들과 다르게 자외선보다 고온의 손상이 더 크게 나타났다. 동결용해의 경우 강도가 8.24로 대조군보다 강도차가(-0.19)로 대조군보다 더 상태가 양호한 것을 확인할 수 있었으며, 열화에 따른 백토의 인장강도 차는 고온(3.38) > 자외선(3.09) > 상온(2.43) > 이산화황(1.35) > 동결용해(-0.19)의 순으로 염색견의 인장강도차를 확인할 수 있었다.

그러나 염색견 20종의 인장강도 값의 비교결과(Fig. 3), 20종의 염색견 중 11종은 대조군보다 동결용해의 인장강도 값이 더 낮게 측정되어 대조군의 손상이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 동결용해 조건에서 색변화 및 인장강도 변화에 큰 손상이 미치지 않은 것으로 판단된다. 또한 염색견의 색변화나 결정구조 변화는 거의 미비하였으나, 인장강도 강도차가 크게 나타난 것으로 볼 때 안료의 변화보다는 안료의 바탕재질인 견의 손상이 더 크게 나타났으며, 이는 염색견의 제조 시 사용된 명반이나 아교 등이 함께 작용하여 견의 강도가 떨어졌을 것으로 생각되며, 이는 향후 좀더 구체적인 실험을 통해 검증해보아야 할 것으로 사료된다.

Table 5. 열화 조건별 전통 염색견의 인장강도 측정결과

| | 대조군 | 자외선 | | 동결융해 | | 상온 | | 고온 | | 이산화황 | |
|-----|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | 12개월 | 강도차* | 12개월 | 강도차* | 12개월 | 강도차* | 12개월 | 강도차* | 12개월 | 강도차* |
| 주사 | 7.48 | 0.85 | 6.63 | 6.92 | 0.56 | 6.18 | 1.30 | 5.57 | 1.91 | 4.02 | 3.46 |
| 표주 | 7.37 | 1.46 | 5.91 | 7.05 | 0.32 | 5.77 | 1.60 | 4.57 | 2.80 | 4.85 | 2.52 |
| 석록1 | 6.91 | 3.16 | 3.75 | 7.20 | -0.29 | 5.02 | 1.89 | 5.07 | 1.84 | 5.11 | 1.80 |
| 석록2 | 7.28 | 5.03 | 2.25 | 8.15 | -0.87 | 4.37 | 2.91 | 6.87 | 0.41 | 5.79 | 1.49 |
| 석록3 | 7.60 | 2.29 | 5.31 | 7.43 | 0.17 | 6.00 | 1.60 | 6.09 | 1.51 | 4.05 | 3.55 |
| 석록4 | 6.78 | 2.87 | 3.91 | 7.35 | -0.57 | 6.24 | 0.54 | 6.18 | 0.60 | 4.97 | 1.81 |
| 석청1 | 6.76 | 2.73 | 4.04 | 7.51 | -0.75 | 5.38 | 1.38 | 6.21 | 0.55 | 5.59 | 1.17 |
| 석청2 | 8.11 | 3.46 | 4.65 | 8.46 | -0.35 | 7.30 | 0.81 | 6.70 | 1.41 | 5.59 | 2.52 |
| 석청3 | 7.39 | 3.78 | 3.61 | 6.95 | 0.44 | 6.28 | 1.11 | 6.06 | 1.33 | 5.35 | 2.04 |
| 석청4 | 8.43 | 3.51 | 4.92 | 8.31 | 0.12 | 7.14 | 1.29 | 6.13 | 2.30 | 3.88 | 4.55 |
| 옹황 | 7.73 | 1.90 | 5.83 | 8.00 | -0.27 | 7.13 | 0.60 | 4.77 | 2.96 | 3.74 | 3.99 |
| 황토 | 7.59 | 2.54 | 5.05 | 7.46 | 0.13 | 5.53 | 2.06 | 5.28 | 2.31 | 3.45 | 4.14 |
| 백토 | 8.05 | 4.96 | 3.09 | 8.24 | -0.19 | 5.62 | 2.43 | 4.67 | 3.38 | 6.70 | 1.35 |
| 연백 | 7.03 | 4.68 | 2.35 | 7.13 | -0.10 | 6.09 | 0.94 | 5.74 | 1.29 | 5.75 | 1.28 |
| 호분 | 6.92 | 3.28 | 3.64 | 5.11 | 1.81 | 5.90 | 1.02 | 5.06 | 1.86 | 3.86 | 3.06 |
| 연지 | 7.41 | 2.93 | 4.48 | 7.48 | -0.07 | 6.78 | 0.63 | 5.83 | 1.58 | 4.69 | 2.72 |
| 쪽 | 7.61 | 3.85 | 3.76 | 6.84 | 0.77 | 6.47 | 1.14 | 3.75 | 3.86 | 4.94 | 2.67 |
| 대저 | 7.44 | 2.62 | 4.82 | 7.24 | 0.20 | 6.14 | 1.30 | 4.91 | 2.53 | 4.52 | 2.92 |
| 등황 | 6.86 | 2.24 | 4.62 | 7.09 | -0.23 | 6.45 | 0.41 | 5.80 | 1.06 | 2.79 | 4.07 |
| 먹 | 7.64 | 2.74 | 4.90 | 7.74 | -0.10 | 5.61 | 2.03 | 4.39 | 3.25 | 4.77 | 2.87 |

* 손상도차: 대조군에서 12차 측정값을 뺀 값

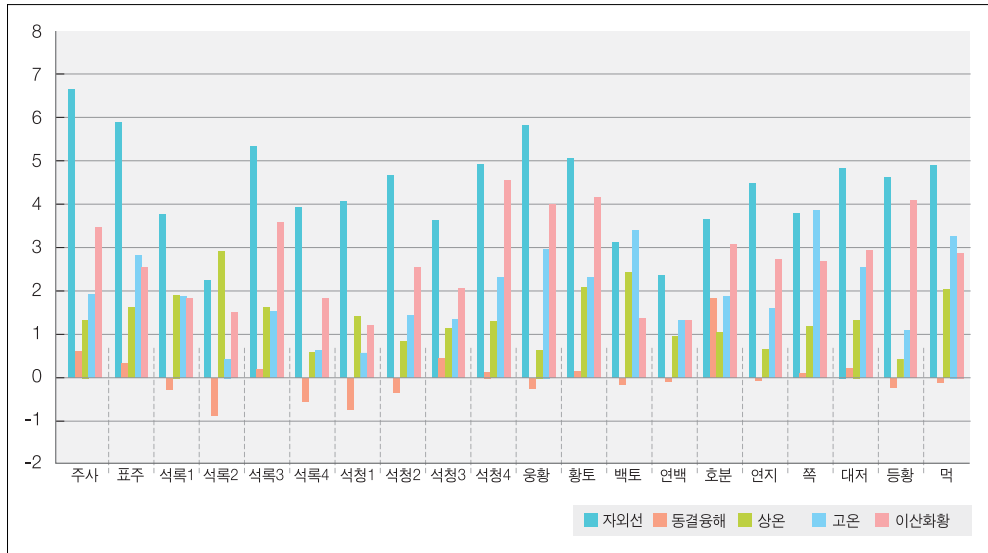


Fig. 3. 열화조건에 따른 전통 염색견의 손상원인 비교 그래프

다. 결정구조분석 결과

X-선 회절분석기를 이용한 결정구조분석은 분석대상 시료에 대한 성분의 화학원소로서가 아니라 시료 중에 실제로 존재하는 물질, 그 자체의 존재를 알아내기 위한 분석이며, 같은 물질의 동소체 구별이 가능하다. 따라서 원소의 화학적 결합상태 또는 그 특수한 상의 상태 등을 알아내기 위한 분석법이다⁶⁾. 그러므로 견섬유 안료의 결정구조분석은 안료 물질의 결정구조 변화와 새로 생성되는 산화물이나 화합물 등을 동정하는 것이 목적이었으며, 그 결과 대부분의 안료에서 조건과 시간에 따른 결정구조의 변화는 크게 나타나지 않았고, 특히 4~8개월 사이의 실험편을 분석한 결과 거의 모든 시료에서 변화를 보이지 않았다(Fig. 4, 6). 반면 옹황과 석청 등 일부 시료에서는 X-선 회절상에 peak의 강도 변화를 보이고 있는데 이것도 역시 4~8개월 사이의 실험편에서 보다 12개월이 경과된 시료편에서만 일부 나타나는 특징이다(Fig. 5, 7). 그러나 이러한 변화의 양상이 직접적으로 새로운 광물의 생성이나 안료가 본래 가지고 있던 결정구조의 변화라고는 볼 수 없다. 그 이유는 X-선분석의 정밀도와 정확도라는 문제가 있을 수 있으며, 정밀도란 재현성을 말하는 것이고, 이는 디텍터의 통계적 편차, 스펙트로메타 부품

의 안정성, 그리고 시료의 균질성에 지배되며, 정확도는 미지시료 및 표준시료가 가지는 조성의 정확도에 지배되기 때문이다⁶⁾. 또한 분석에 사용한 시험편의 경우 견이 가지는 직조의 형태가 고르지 않고, 표면에 도채된 안료의 상태 역시 균일하지 않아 정밀도가 높은 분석결과를 얻었다고 할 수는 없기 때문이다. 물론 안료와 견사이의 주름이나 균열과 같은 물리적 변화⁷⁾가 일어나는 경우와 일반적으로 카본 블랙(Carbon black)이나 코발트 블루(Cobalt blue)처럼 화학적으로 비활성(다른 것과 쉽게 결합하지 않는)인 안료⁸⁾를 제외하고 회화의 제작시 배채(背彩)나 바탕칠, 덧칠 안료를 이용하는데 이들 안료가 서로 화학적으로 활성인 안료일 경우 화학 반응을 일으킬 가능성이 있으므로 실제 견섬유에 도채된 회화 안료는 실험에서 만들어진 시험편과 달리 결정구조가 변화될 수 있다는 것이다. 이러한 상이한 조건을 지녔음에도 불구하고 이번 실험의 시험편에서 호분과 같은 안료는 분석 peak의 변화가 거의 없다. 결론적으로 환경조건에 따른 견섬유 안료의 결정구조 변화를 과학적으로 규명하기 위해서는 시료의 균일성을 확보하고 환경조건을 강화시켜 오랜 시간동안 실험을 걸쳐야 하며, 초기에 분석한 동일 시료에 대해 실험과 분석을 반복해야 할 것으로 사료된다.

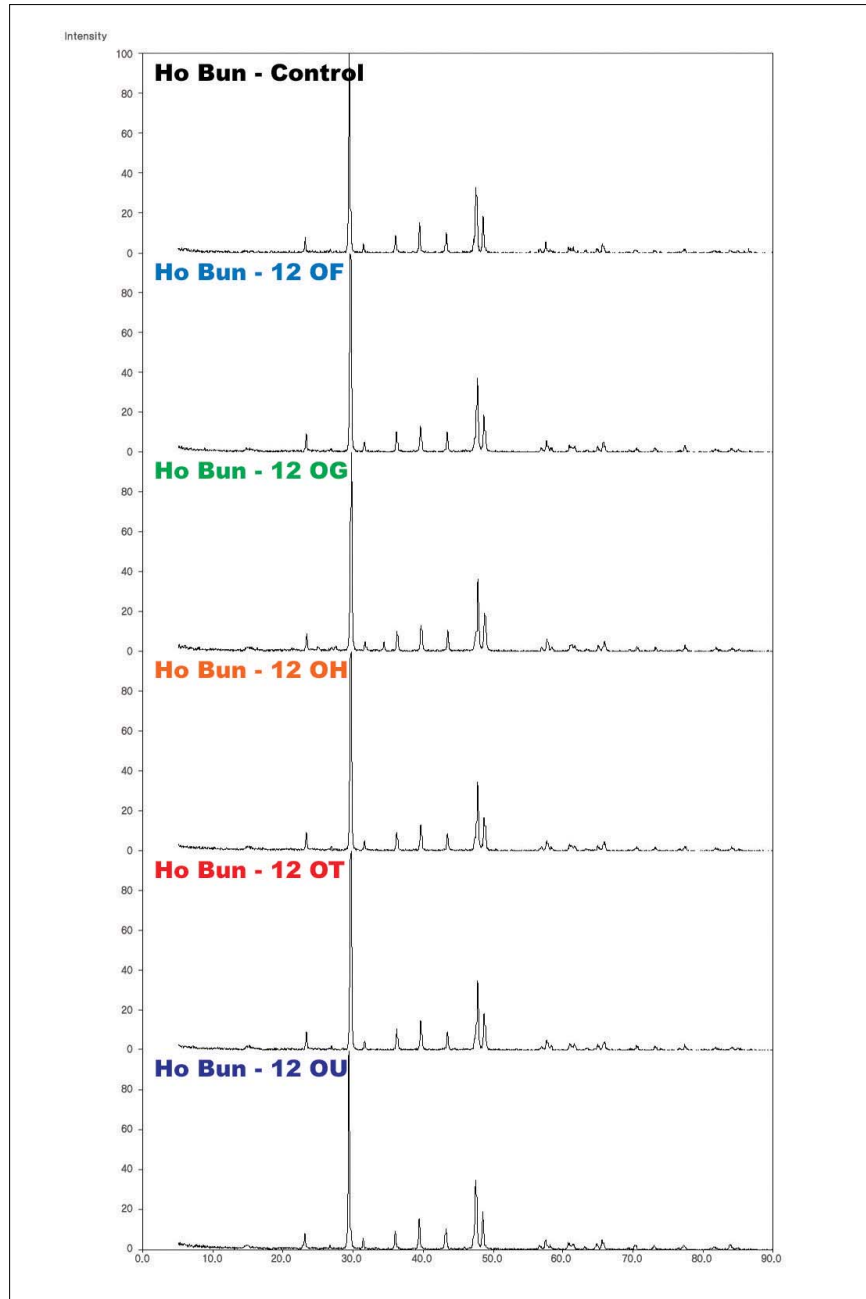


Fig. 4. 열화조건에 따른 건삼유 호분 안료의 결정구조 비교 그래프

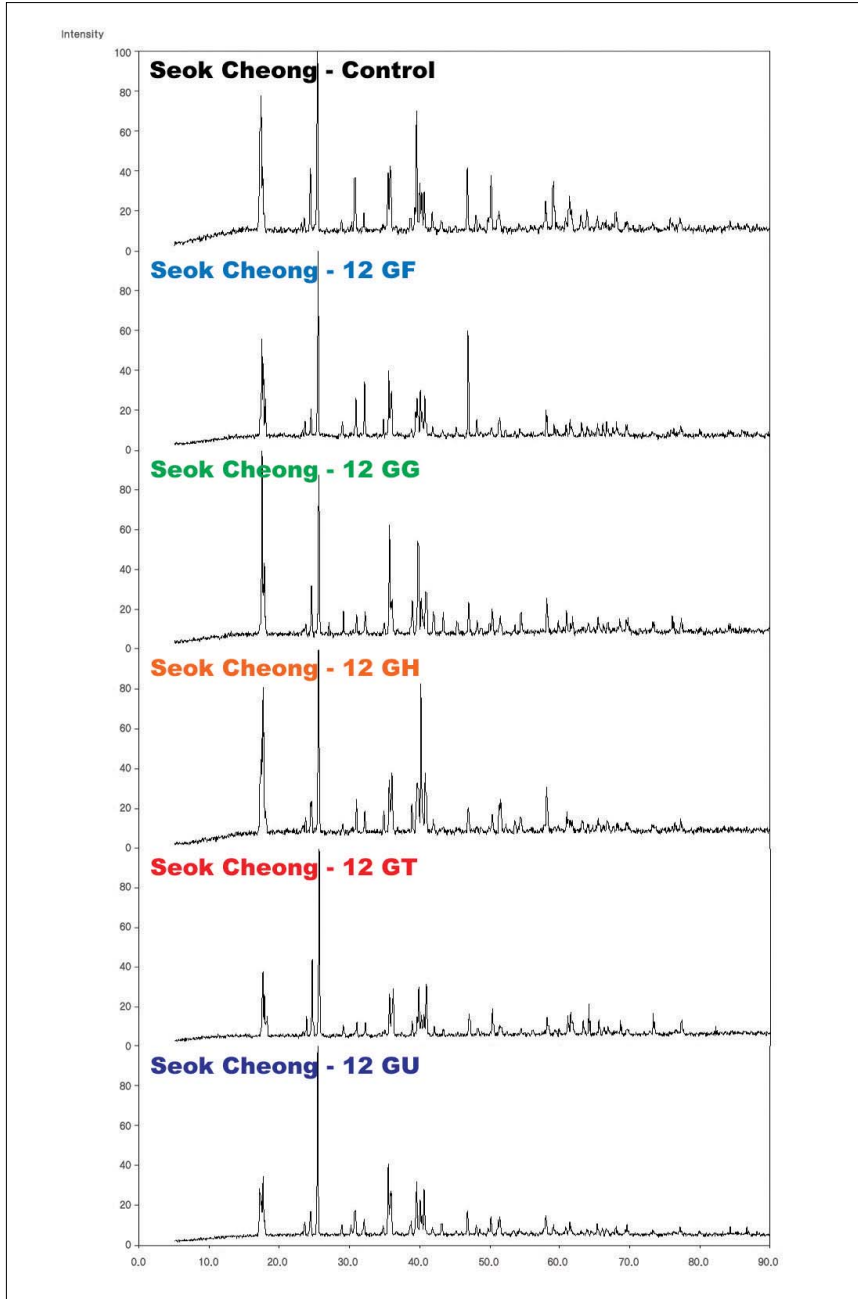


Fig. 5. 열화조건에 따른 견섬유 석청 안료의 결정구조 비교 그래프

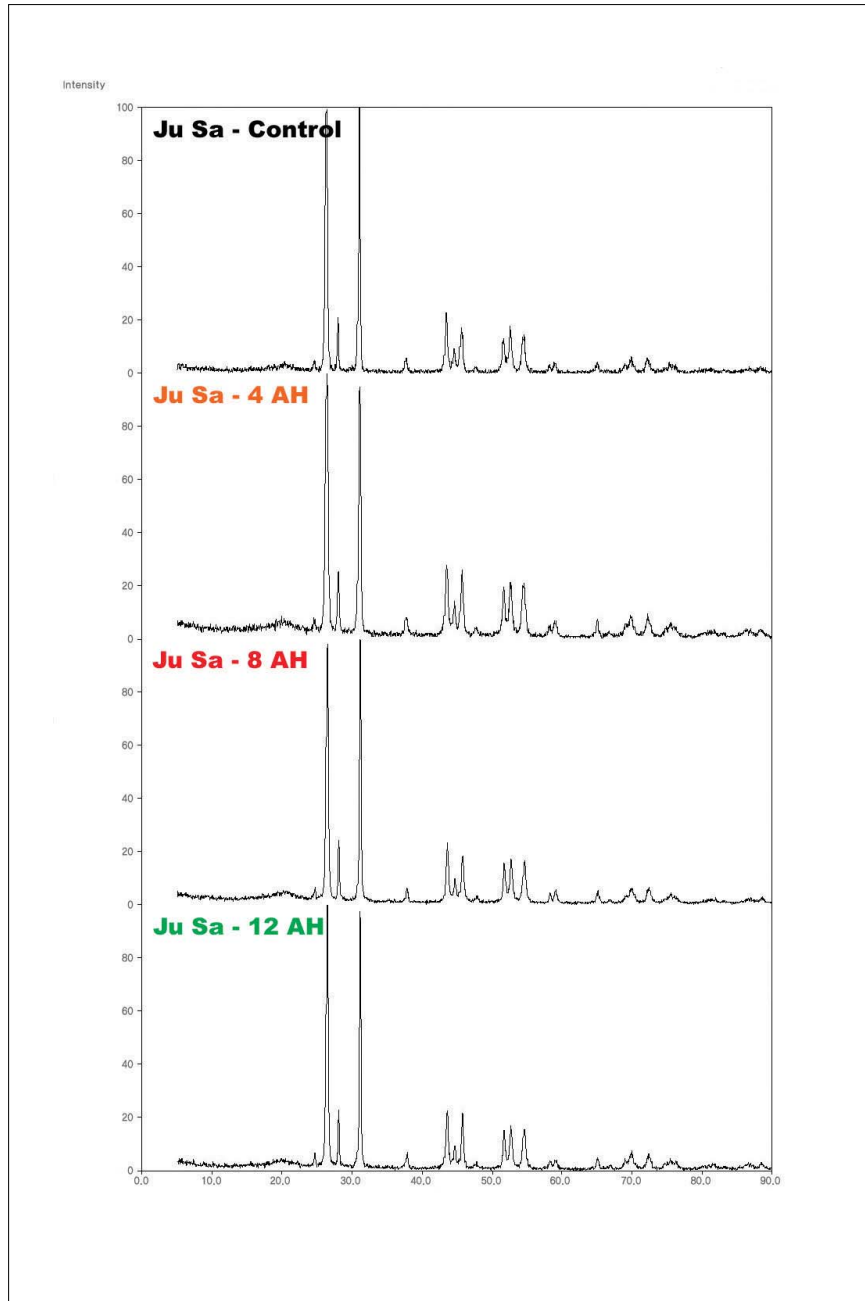


Fig. 6. 열화조건에 따른 견섬유 주사 안료의 결정구조 비교 그래프

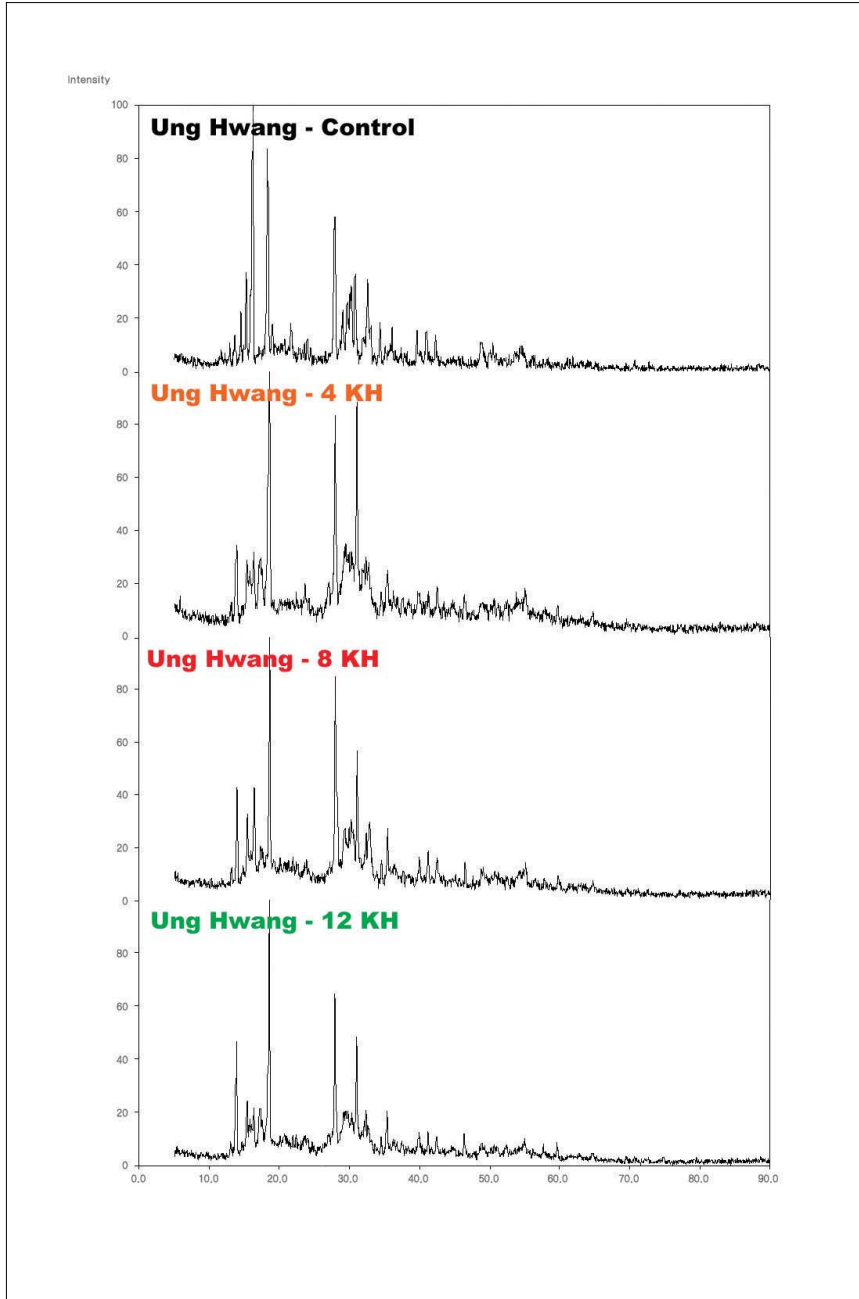


Fig. 7. 열화조건에 따른 견섬유 응황 안료의 결정구조 비교 그래프

라. 미세구조 관찰결과

전통 염색견 20종의 열화조건별 섬유 손상정도를 파악하기 위하여 미세디지털현미경을 이용하여 염색견의 표면을 200배로 확대하여 관찰한 결과는 다음과 같다.

전통 염색견의 섬유의 손상정도를 측정된 결과(Photo 1), 인공손상 처리 전 대조군과 12개월간 손상시킨 섬유 중 자외선의 경우 염색견의 표면에 미세한 구멍이 나있는 것을 확인할 수 있었으며, 이외에 조건에서의 염색견은 대부분 대조군과 많은 차이가 발생되지 않은 것을 확인되었다. 앞에서 언급한 바와 같이 안료의 결정구조는 거의 변하지 않았으나, 인장강도에서 견의 손상을 확인할 수 있었다. 이는 안료의 무기 성분변화는 이루어지지 않았으나 안료와 견이 결합되어 있는 상태에서 자외선의 조건에서 안료의 결합 및 견의 미세한 손상이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

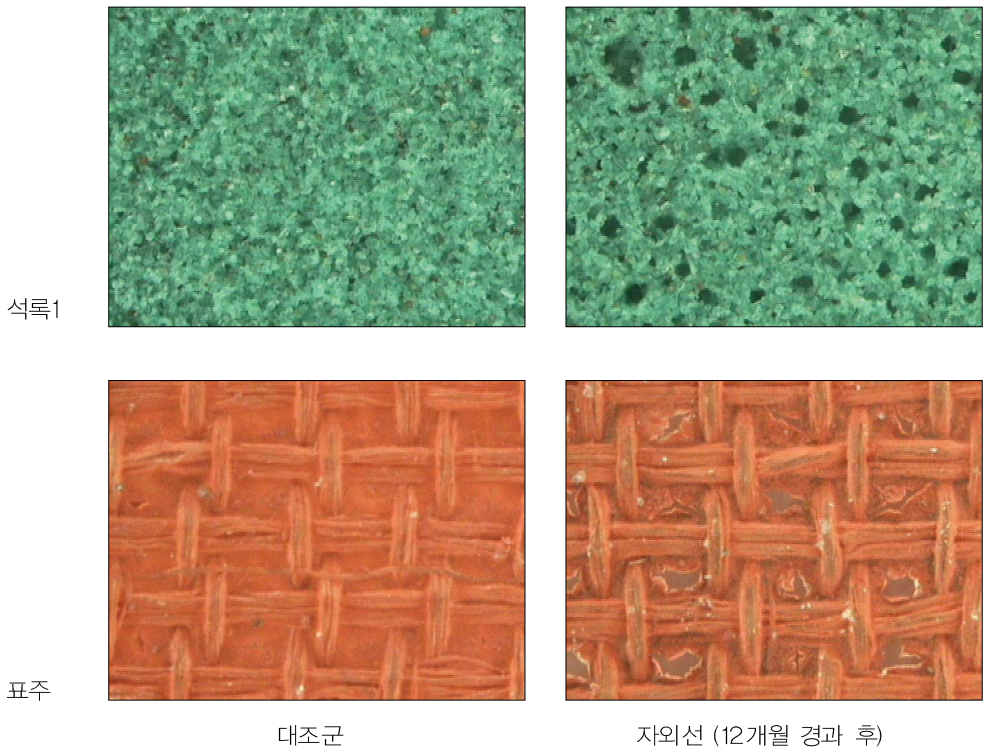


Photo 1 . 대조군 및 자외선의 염색견의 미세구조 사진(×200)

IV. 결 론

본 실험에서는 견에 안료를 사용하여 대상을 표현한 탱화 및 회화 유물 등의 주된 손상원인이 환경변화에 따른 안료의 탈락과 색변화 등에 있다고 보고, 환경조건을 다르게 설정하여 각 조건별 염색견의 손상원인과 재질별 안정성을 규명하고자 하였다.

1. 전통 염색견의 측정결과 백색도는 석록1~석록4의 녹색 계열은 색차값은 최고 3.07에서 최저 -2.07까지 다른 염색견에 비해 색변화가 미미하게 이루어졌으며, 흰색의 백토, 연백, 호분 등은 최고 2.80에서 최저 0.13으로 미미한 색변화를 확인할 수 있었다. 반면에 주사의 붉은색 계열은 최고 9.49에서 최저 0.26까지, 석청1~4의 청색 계열은 최고 7.61에서 최저 -0.66까지 색차가 가장 크게 나타났으며, 옹황, 황토, 등황 등의 노란색 계열도 최고 7.29에서 최저 -0.35까지 색도차가 광물의 색 계열에 따라 구분되는 것을 확인할 수 있었다.

2. 인장강도 측정결과 물성변화로 인하여 대부분의 염색견들은 자외선의 조건에서 손상이 가장 심하게 나타났으며, 동결융해 조건 시편에서 손상이 가장 적게 나타났다. 안료의 변화보다는 안료의 바탕재질인 견의 손상이 더 크게 나타났는데, 이는 염색견의 제조 시 사용된 명반이나 아교 등이 함께 작용하여 견의 강도가 떨어졌을 것으로 생각된다. 이러한 결과를 바탕으로 디지털현미경을 사용하여 미세구조를 관찰한 결과 자외선 손상조건에서 염색견들의 구멍이 생기는 표면손상이 발생되는 것을 확인할 수 있었다.

3. XRD 분석결과 대부분의 안료에서 조건과 시간에 따른 결정구조의 변화는 크게 나타나지 않았고, 특히 4~8개월 사이의 실험편을 분석한 결과 거의 모든 시료에서 변화를 보이지 않았다. 반면 옹황과 석청 등 일부 시료에서는 X-선 회절상에 peak의 강도 변화를 보이고 있는데 이것도 역시 4~8개월 사이의 실험편에서 보다 12개월이 경과된 실험편에서만 일부 나타나는 특징을 보였다. 그러나 이러한 현상은 분석에 사용한 실험편에서 견이 가지는 직조의 형태가 고르지 않고, 표면에 도채된 안료의 상태 역시

균일하지 않아 정밀도가 높은 분석결과를 얻지 못했기 때문일수도 있다.

이번 실험은 단기간에 이루어져 경화의 진행이 많이 이루어지지 않았으므로, 안료의 결정구조 변화는 확인할 수 없었으나, 견의 물성변화는 확인할 수 있었다. 따라서 향후 이 예비실험을 바탕으로 좀더 장기간의 실험을 통해 열화조건에 따른 전통 염색견의 손상원인을 규명하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 한민수, 홍종욱, 2003, 고대안료의 성분분석 연구, 보존과학연구 24집 p131-142.
2. 조남철, 홍종욱, 문완석, 황진주, 2000, 봉정사 극락전 벽화 안료의 재질 분석구 II, 보존과학연구 21집 p119-143.
3. 유혜선, 2005, 왕의초상, 태조어진 안료분석, 국립전주박물관 p242-259.
4. 김병호, 1997, 단청의 재료, 문화재와 더불어 살아온 길 p106-137.
5. 조남철, 문완석, 홍종욱, 황진주, 2001, 경복궁 근정전 단청안료의 성분분석, 보존과학연구 22집 p93-104.
6. 한봉희, 1999, X-선회절, 반도출판사 p496-497.
7. 徐正鶴, 2003, 유채료에 의한 회화안료 연구, 경기대학교 석사학위논문 p53-60.
8. 정종미, 2001, 우리 그림의 색과 칠, 학교재 p31-32.