LED광원에 의한 회화 전색제의 변색 영향 연구

김지원 | 이유정* | 김규린** | 이화수***,¹ | 강대일*

한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과

*한국전통문화대학교 문화재보존학과

한국조명연구원, *충북대학교 목재·종이과학과

Discoloration Effects of LEDs on Painting Binder Materials

Ji Won Kim | Yu Jung Lee* | Kyu Lin Kim** | Hwa Soo Lee***,¹ | Dai Ill Kang*

Department of Heritage Conservation and Restoration, Graduate School of Cultural Heritage,
Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, 33115, Korea

*Department of Cultural Heritage Conservation Science,
Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo, 33115, Korea

**Southern Institute, Korea Institute of Lighting Technology, Iksan, 54630, Korea

***Department of Wood and Paper Science, Chungbuk National University, Chungju, 28644, Korea

¹Corresponding Author: comp@chungbuk.ac.kr, +82-10-4900-1143

초록 유물에 대한 조명의 변색 영향을 파악하기 위해서는 유물을 구성하는 재질에 대한 빛의 반응특성을 우선 분석하여야 한다. 본 연구에서는 회화유물의 채색층을 구성하는 대표적인 전색제인 동물성 아교와 린시드유를 대상으로 하였으며, 파장 특성이 다른 White LED와 Blue LED 조명을 사용한 가속열화실험을 통해 변색 영향 정도를 확인하였다. 실험 결과, 동물성 아교 및 린시드유는 Blue LED 조명을 사용한 가속열화실험 조건에서 변색이 두드러지게 나타났으며, 두 종류의 LED 조명 중에서 전복사속(mW) 값이 큰 Blue LED에서 재질 변색 정도가 크게 나타났다. 이상의 결과로, 동물성 아교 및 린시드유 등 회화유물 전색제의 변색에 미치는 광원의 영향은 전광선속(lm)보다 전복사속(mW)이 주요하게 작용함을 파악하였다.

중심어: LED, 회화 전색제, 동물성 아교, 아마인유, 변색

ABSTRACT In order to understand the influence of light artifact discoloration, priority must be given to the reaction characteristics of the light the materials constituting the product. In this study, we focus on two representative medium, animal glue and linseed oil which constitute the colored layer of the painting relics. This study is based on an accelerated degradation test using two types of light emitting diodes (LEDs) with different wavelength characteristics. In the experiments, discoloration appeared markedly in the animal glue and linseed oil under accelerated aging test conditions using Blue LED. Among the two types of LEDs, the degree of discoloration of the material was much higher with the Blue LED having the total radiation flux (mW). This indicates that the discoloration of painting artifacts such as animal glue and linseed oil is more significantly influenced by the total radiation flux (mW) of the light source than the total luminous flux (lm).

Key Words: LED, Painting medium, Animal glue, Linseed oil, Discoloration

1. 서 론

유물에서 발생하는 변색은 빛과 온·습도, 대기 등 원인이 다양하며, 그 중 조명은 유물 변색에 있어 중요한 요인으로 작용한다. 최근 들어 국내외로 문화재 변색에 영향을 미치는 기존 조명의 한계를 극복하기 위한 연구와 함께 새로운 광원의 적용을 시도하고 있는 추세이다. 국외에서의 2000년대 중반 전시조명으로의 LED 적용성 연구 발표(Mie *et al.*, 2007)를 시작으로, 국내의 대표적인 미술작품 소장처에서는 2010년을 기점으로 하여 LED광원이 전시조명으로 적용되는 사례(Jang, 2010)가 증가하고 있다. 그러나 유물의 종류는 다양하며 특히 회화작품과 같이 복합적인 재료가 사용된 유물들이 있음에도 불구하고, 현재까지 유물을 구성하는 다양한 재질에 따른 조명 영향에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 또한 회화작품의 채색에 사용된 특정 재료가 LED로 인해 변색된 사례(Whitaker, 2013)가 보고된 바와 같이 박물관 등지에서 현재 널리 사용되고 있는 LED 조명이 유물에 미치는 영향에 대한 면밀한 평가와 검증이 시급한 실정이다.

조명에 의한 유물 변색을 방지하기 위해서는 우선적으로 그 원인이 규명되어야 하며 이를 위해서는 유물을 구성하는 각각의 재질에 대한 광원과의 반응 특성을 명확하게 파악해야 한다. 특히 지루나 직물, 아교, 건성유 등 유기재료와 무기안료 등 무기재료가 결합된 회화 유물의 경우 내광성의 차이를 보여 변색의 정도와 양상이 다르게 나타날 수 있다.

따라서 본 연구는 회화작품을 구성하는 요소 중 조명에 민감한 회화 전색제를 대상으로 유기재질에 대해 조명 별 변색반응을 조사하였으며, 그를 통해 LED 광원에 의한 회화 전색제의 변색 요인을 확인할 수 있었다. 전색제는 동양 회화에 대표적으로 사용된 동물성 아교(우피교)와 유화작품에 널리 쓰인 건성유(린시드유)를 선정하였다. 가속열화 실험에는 파장대별 조건이 다른 두 종류의 LED조명을 사용하였으며, 색차 및 반사투과도 등을 통해 두 종류의 전색제의 변색 경향을 파악하였다.

2. 연구 방법

2.1. 시편 제작

회화유물을 구성하는 채색층 재질 중 전색제에 해당하는 아교 및 건성유에 대한 LED광원의 영향을 확인하기 위해 전색제가 도포된 의사시편을 제작하였으며, 방사조도 및 가속열화실험장비 장착 조건 등을 고려하여 시편의 크기 및 배수를 선정하였다. 시편은 한 개소 면적 당 가로×세로 40×50 mm 크기로 제작하였으며 한 조건 당 3배수로 하였다. 아교와 건성유 도포 시편은 열화 전·후를 평가함에 있어 바탕재의 영향을 최대한 배제하기 위해 필터페이퍼(ϕ 240 mm, 보류입자경 5 μ m, 두께 0.26 mm, Qualitative filter papers, TOYO Advantec, Japan)를 사용하였다. 또한 전색제를 칠하지 않은 필터페이퍼를 대상으로 열화실험을 실시하여 바탕재가 변색에 미치는 영향 여부를 파악하고자 하였다.

아교는 우피교(stick type glue, BongHwang, Japan)를 선정하였으며, 10%(in distilled water) 농도로 필터페이퍼 앞, 뒷면에 양모brush를 사용하여 1회 도포하고 건조 후 15% 농도로 2회 도포하였다.

건성유 종류는 유화 역사상 도로료써 가장 오랫동안 사용되었고(Park, 2008) 건조 후 표면 부착력이 우수하다고 알려진(Lee, 2009) 린시드유(Linseed oil, Gamblin, USA)를 선정하였으며, 건조시간에 대한 제약을 최소화하기 위해 건조촉진제(Liquin, Winsor&Newton, England)를 사용하였다. 건성유와 건조촉진제의 비율은 예비실험에 따라 알록이 가장 적게 생긴 비율인 1:1로 하였으며, ‘KS M 5000:2014 시험방법 2512- 도료의 건조시간 시험방법 (유성도료, oil-base paint)’를 참고하였다. 시편은 린시드유:리퀸(1:1) 혼합용액을 양모brush를 이용하여 필터페이퍼 앞·뒷면을 24시간 간격으로 2회 도포 후 일주일 자연건조 하였다. 또한, 바탕재인 필터페이퍼에 리퀸 용액을 도포하여 같은 조건으로 열화실험을 실시 후 린시드유와 리퀸 혼합

Table 1. Data of samples for experiment

Kind		Origin	Classification of samples
Base of specimen	Filter paper	Advantec	40×50 mm
	Animal glue (Cow skin)	Bong-Hwang	40×50 mm
Binder	Drying oil	Linseed oil	40×50 mm
	Dryer	Liquin	40×50 mm
		Winsor&Newton	40×50 mm

용액에서의 리퀀의 영향 정도를 파악하고자 하였다. 시편은 린시드유:리퀀(1:1) 혼합시편 제작과정과 동일하게 리퀀 100% 용액을 양모봇을 이용하여 필터페이퍼 앞-뒷면을 24시간 간격으로 2회 도포 후 자연건조 하였다. 실험에 사용된 시편은 Table 1과 같다.

2.2. 가속열화실험

가속열화장비는 실험을 위해 자체 개발되었으며, 외부 조명의 간섭이 차단되어 있고 시간 경과에 따른 열화조건을 달리하기 위해 거리 조정이 가능하게 제작되었다. 또한 내부는 팬(fan)이 설치되어 있어 조명으로 인한 발열을 방지할 수 있게 제작되었다(Figure 1). 본 실험에서는 175 mm의 거리에서 50일 동안 실험을 진행하였으며, 10일 간격으로 중간평가를 실시하여 변색의 경향을 파악하였다.

광원은 White LED 및 단파장대를 증폭시킨 Blue LED 등 두 종류의 조명을 사용하였으며, 빛을 완전히 차단한 암실 조건을 대조군으로 하여 가속열화실험을 진행하였다.

두 종류의 LED 조명은 실험 전 광원을 분석하고 이에 대한 스펙트럼을 확인하였다. White LED는 가시광선에서 단파장 영역대(380-490 nm)가 낮고 장파장 영역대(490-700 nm)가 높은 Solarlucel(社)의 Par30 LED Lamp를 선정하였으며, Blue LED는 전복사속의 비교를 위해 단파장 영역대를 높이고 장파장 영역대를 제거한 Allixs(社)의 Blue LED Lamp를 선정하였다. 광원에 대한 제원은 Table 2와 같다.

2.3. 평가

LED광원에 의한 실험시편의 변화는 표면변화, 색차, 반사투과흡수율 등의 분석을 통해 확인하였다. 먼저, 스캐너(Perfection V700Photo, Epson, Japan)를 사용하여 가속열화실험 전·후 실험 시편을 컬러 스케일바와 함께 스캔하여 표면변화에 관한 육안 관찰을 실시하였다. 색상의 변화는 분광색차측정계(CR-400, MINOLTA, Japan)를 사용하였으며, KS M ISO 5631-1을 참고하여 5 지점을 측정하였다. 색도 측정은 실험 전·후 동일지점에 대하여 3회 측정하고 평균하여 색차 값을 구하였다. 또한 반사 투과 흡수 측정 장비(CARY 5000, Agilent Technologies, USA)를 사용하여 반사 투과값의 차이를 분석하였으며, 이를 통해 변색에 따른 재질 물성변화를 파악하였다.

3. 연구 결과

3.1. 육안 관찰

LED광원에 노출시킨 시험편에 대한 스캔 이미지 결과는 Figure 2, 3과 같다. 바탕재로 사용된 필터페이퍼만 사용한 Sample(A) Group에서는 White LED, Blue LED 모두에서 육안으로 관찰되는 변화는 감지할 수 없었다. 아교를 사용한 Sample(B) Group 시편에서는 10일 경과 후부터 Blue LED에서 먼저 변색이 나타났으며, 대조군을 제외한

Figure 1. Independently developed accelerated aging apparatus (A: Exterior, B: Inside of White LED chamber, C: Inside of Blue LED chamber).

Table 2. Analysis of White LED and Blue LED

		Total luminous flux (lm)	Color rendering index	Total radiation flux (mw)	Correlated color temperature (K)	Electric power (w)
Attribute	White LED	919.61	81.57	2962.31	2546.63	11.77
	Blue LED	113.29	-	3237.01	-	10.67

모든 시편에서 백색도가 높아지는 양상을 보였다. 반면, Sample(C) Group인 린시드유 사용 시편은 빛을 완전히 차단한 대조군 시편이 황색으로 변화하였으며, White LED보다 Blue LED에 노출된 시편에서 백색으로 변화된 정도가 더 크게 나타났다. Sample(D) Group 리퀸 시편에서는 10일 경과 후 대조군을 포함한 모든 시편에서 황색도가 낮아지는 듯하였으나, 실험 후 두 종류의 LED광원에 노출시킨 시편은 백색으로 변화되었으며 대조군은 실험 전 시편과 비슷한 색을 띠었다.

3.2. 분광 색차 측정

LED가속열화실험에 대한 시험편의 실험 전·후 색차 값(ΔE)은 Figure 4, 5와 같다. 측정 결과, 모든 시편에서 White LED보다 Blue LED의 값이 높게 나타나는 유사한 경향을 보였다.

필터페이퍼를 사용한 Sample(A) Group에서는 대부분의 시편에서 ΔE 가 0.5이하의 값으로 색변화가 매우 미미하였다. Sample(B) Group인 아교시편에서는 White LED, Blue LED 모두에서 ΔE 가 4.0 이상의 큰 값이 측정되었으며, 대조군에서는 0.3 미만으로 나타났다. 반면 Sample(C) Group 린시드유 시편과 Sample(D) Group 리퀸 시편에서는 대조군에서의 색차 값이 상대적으로 크게 확인되었으며, 특히 린시드유를 사용한 Sample(C) Group에서는 대조군이 두 LED광원으로 열화 된 시편의 색차 값보다 더 높은 값을 보였다.

3.3. 반사 투과 흡수율 측정

가속열화실험에 대한 시험편의 실험 전·후 반사 투과 측정 결과는 Figure 4, 5와 같다. 바탕재로 사용된 필터페이퍼 시편인 Sample(A) Group에서는 측정 전·후 결과의 차이를 관찰할 수 없었다. 아교 시편인 Sample(B) Group과 리퀸 시편인 Sample(D) Group에서는 400-550 nm의 단파장 영역에서 반사율은 높고, 흡수율은 낮아지는 양상이 확인되었다. 또한 White LED에서는 7~10%, Blue LED에서는 10~20%의 차이를 각각 보였다. Sample(C) Group 린시드유 시편에서는 White LED와 Blue LED 모두 실험 전보다 550-780 nm의 장파장 영역에서 5% 낮은 투과율을 보였으며, Blue LED에서는 400-550 nm의 단파장 영역에서 5% 높은 반사율을 나타냈다. 특히 대조군에서 흡수율은 50% 높아지고, 반사율의 단파장 영역에서 10% 낮아지는 경향을 보였다.

4. 고 찰

Sample(A) Group 필터페이퍼 시편의 스캔 분석 결과 육안으로 관찰되는 변화는 나타나지 않았으며, 색도측정 결과 또한 최소 0.3, 최대 0.5 정도의 미미한 값으로 나타났다(Figure 3, 4). 따라서 본 연구에서 아교와 린시드유, 리퀸을 사용하여 제작한 시편의 바탕재인 필터페이퍼는 가속열화실험에 따른 시료 변색에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

Figure 2. Result of scan images on all kinds of samples before experiment and after 50 days by the LED illumination.

	Before			After		
	White LED	Blue LED	Control	White LED	Blue LED	Control
Sample(A) Group (Filter Paper)
Sample(B) Group (Animal Glue)
Sample(C) Group (Linseed Oil+Liquin)
Sample(D) Group (Liquin)

Figure 3. Result of scan images on the typical samples before experiment and after 50 days by the LED illumination.

Figure 4. Chromaticity change of specimen preparation.

Sample(B) Group 아교 시편의 스캔 분석 결과, 10일 후부터 Blue LED 조건의 열화실험 시편에서 변색이 확인되었다. 또한, 50일 후 모든 시편에서 변색이 확인되었으나 Blue LED 조건의 열화실험 시편에서의 백색 정도가 더 높게 관찰되었다. 분광 색도 측정 결과, ΔL^* 상승(White+)과 Δb^* 값의 급격한 하락(Red-)이 확인되었는데 이는 백색도는 높아지고 황색도는 떨어진다고 볼 수 있으며, 전체적인 변색정도(ΔE)는 Blue LED에서 가장 크게 나타났다(Figure 5). 결과적으로 ΔE 의 값에 주요하게 작용한 요소는 Δb^* 의 영향이 큰 것으로 보인다. 또한 반사 투과 측정결과, Sample(B) Group 아교 시편에서 단파장(380 nm)부터 장파장(780 nm)으로 갈수록 흡수율이 떨어지는 것으로 나타났다(Figure 6). 즉 아교를 사용한 조건에서는 단위 포톤당 에너지가 높은 단파장 영역을 흡수하여 열화에 기여했다고 판단할 수 있다.

Sample(C) Group 린시드유 시편의 스캔 분석 결과에서는 모든 조건에서 뚜렷한 변화가 나타났으며, 실험군과 대조군의 양상이 다른 것으로 확인되었다. White LED와 Blue LED에 노출시킨 시편은 탈색되어 백색에 가까워졌지만 암실인 대조군에서는 진한 황색으로 변색되었다. 분

광 색도 측정결과에서는 10일 후부터 큰 변화를 나타내었고, Blue LED에서 가장 크게 나타났다. 또한 실험군과 대조군을 비교했을 때 실험군의 Δb^* 는 하락(Yellow-), Δa^* 는 상승(Red+)하지만 대조군의 Δb^* 는 상승(Yellow+), Δa^* 는 하락(Red-) 양상의 대비되는 결과를 보였으며, White LED와 Blue LED의 ΔE 값보다 대조군에서의 ΔE 값이 더 큰 것으로 측정되었다(Figure 5). 반사투과 측정 결과에서도 색도 측정결과와 같이 대비되는 양상을 보였다. 특히 Blue LED에서는 단파장대(380-470 nm) 영역의 흡수율은 다소 떨어진 반면 반사율은 상승했고, 대조군에서는 흡수율이 장파장대(380-780 nm) 영역까지 전체적으로 40% 이상 상승한 반면, 단파장대(380-600 nm) 영역에서만 반사율이 떨어지는 결과를 나타냈다(Figure 6). Sample(C) Group 린시드유 시편은 일부 가시광 영역에서만 에너지를 흡수하는 양상을 보이는 것이 아닌 전체적인 흡수정도가 매우 높아지는 것을 보아, 린시드유 물질 자체가 내광성이 약한 특징이 있는 것으로 보인다. 하지만 반사율에서는 장파장대 변화가 거의 없는 반면 단파장대의 반사율이 급속도로 떨어지는 것을 보아 에너지가 높은 Blue 영역에서 주로 변색에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한, 투과율이 급격

Figure 5. L^* , a^* , b^* Raw data for chromaticity change of specimen preparation (x-axis: experiment periods, y-axis: discoloration degree).

히 낮아진 것은 린시드유에 함유된 리놀렌산이 공기 중에서 산소와 반응하며 산화중합으로 고체화되어 막을 형성하는(Sinhanart, 1999) 매커니즘이 발생되기 때문에, 본 실험에서도 이러한 결과가 나타났을 가능성이 있다고 판단된다. 린시드유는 이중결합을 3개 가진 리놀렌산을 다량 함유하고 있으며 햇빛을 쬐면 점점 맑아지는 성질이 있다. 리놀렌산은 불포화지방도가 높아 황변이 쉽게 일어나는데(Lee, 2015), 리놀렌산의 포화지방산(saturated fatty acid)과 불포화지방산(unsaturated fatty acid)의 함량비인 U/S값은 자외선 조사시간에 따라 감소한다(Wang and Choe, 2012).

따라서 Blue LED에 노출된 린시드유에서는 단파장대 영역에서 흡수율이 높아지며 산화가 촉진되어 열화 전 시료 가 갖는 색상과 유사한 경향을 나타낸다.

Sample(D) Group 리퀸 시편의 스캔 분석 결과 10일 경과 후 모든 시편에서의 변색이 확인되었으나, 50일 후 대조군 시편에서 가속열화실험 전의 시료 색상과 유사한 결과를 보였다. 분광 색도 측정결과 White LED와 Blue LED 두 조건 모두 ΔL^* 상승(White+), Δb^* 하락(Yellow-), Δa^* 상승(Red+)으로 비슷하게 나타났으며, 대조군은 실험기간 동안 Δb^* 가 점점 상승하여 열화 전의 색상과 유사해지는

Figure 6. Result of reflection and transmission data on the kinds of the LED illumination.

경향을 보였다(Figure 5). 반사 투과 측정 결과에서는 단파장(380-600nm)영역에서 흡수율이 떨어지는 것으로 나타난 반면 대조군에서는 가속열화실험 전과 비교하여 변화가 거의 나타나지 않은 것으로 나타났다(Figure 6). Sample(C) Group 린시드유 시편과 Sample(D) Group 리퀸 시편의 변색양상을 비교해보면, Sample(C) Group에서는 Blue LED 열화조건에서 큰 색차를 보였고, Sample(D) Group은 White LED와 Blue LED 두 조명 열화조건 모두에서 큰 색차를 보였다. Sample(C) Group과 Sample(D) Group 두 종류의 시료 모두 Blue LED 열화조건에서 가장 큰 색차를 보였는데, Sample(C) Group은 Δb^* 에서 큰 변화를 보였고, Sample(D) Group은 ΔL^* , Δb^* 모두에서 큰 변화를 보여 색차값에 영향을 미친 요인은 다른 것으로 확인되었다. 또한 Sample(D) Group 리퀸 시편의 경우 대조군은 실험기간동안 Δb^* 가 상승하였으나, Sample(D) Group 린시드유 시편의 대조군에 비해서는 상대적으로 적게 나타나 린시드유 시편의 황변에는 큰 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

전체적인 실험 결과, 가속열화실험에 의해 나타난 시료의 변색은 White LED보다는 Blue LED에서 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. Blue LED의 전광선속(lm)이 White LED보다 낮음에도 불구하고 재질 변색을 크게 좌우하는 것은 전복사속(mW)에 의해 주요하게 작용함을 의미한다(Table 2). 광원의 경우 $Q=hc/\lambda$ (파장)에 의해 파장이 짧을수록(청색 쪽일수록) 포톤 1개당 에너지가 더 높으며(Figure 7) 이에 의한 노화가 진행됨을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 문화재 재질 변색 요인에 있어 적산조도의 개념보다는 광원이 갖는 파장 에너지에 따른 재질별 반응 특성이 주요하게 작용한다는 것을 방증한다고 볼 수 있다.

5. 결 론

파장 특성이 다른 두 LED조명이 회화의 전색체에 미치는 영향을 파악하기 위해 가속노화실험을 수행하였다. 이번 연구를 통해 회화유물에 대한 LED 조명 사용 조건에서도 변색의 발생 가능성과 함께, 회화 변색현상은 채색층을 구성하는 안료 이외에 전색제도 영향을 미칠 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 이번 실험에 사용된 재질은 유기물에 한정되어 있으므로, 보다 다양한 조건에 대한 실험검증이 필요하며, 이와 같은 연구는 향후 유물 변색 관련 연구 및 변색 조건 표준화 마련을 위한 효과적인 정보로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 실험에 사용된 우피교 및 린시드유는 두 종류의 LED 광원(White LED, Blue LED) 중에서 Blue LED 가속열화 실험 조건에서 더 큰 변색의 경향을 보였다.

2. 아교 사용 시편은 ΔL^* 의 상승 및 Δb^* 값의 하락으로 인한 색차가 발생하였으며, 이는 아교 도막이 LED의 단파장 영역대의 에너지를 흡수하는 과정에서 나타난 황변 즉, 변색에 따른 열화로 해석할 수 있다.

3. Sample(C) Group 린시드유 시편의 경우 두 종류 LED 열화조건의 ΔE 값보다 대조군에서의 ΔE 값이 더 크게 나타났다. 즉, 대조군에서의 황변으로 인해 Δb^* 값이 대폭 증가된 반면, Blue LED 열화 조건에서는 Δb^* 는 크게 하락(Yellow-), Δa^* 는 소폭 상승(Red+)되어 린시드유의 황변현상 과정과 조명 열화로 인한 탈색이 함께 작용한 것으로 보인다. 또한 반사 투과 측정결과에서 단파장대의 반사율이 급속도로 떨어지는 것을 보아 에너지가 높은 Blue 영역에서 주로 변색이 나타나는 것으로 판단된다.

4. Sample(D) Group 리퀸 시편의 경우 두 종류의 LED

Figure 7. Spectrum of White LED and Blue LED.

열화 조건에서 모두 ΔL^* 상승 및 Δb^* 하락, Δa^* 상승 유형에 따른 색차를 보였으나, Blue LED 조건에서 편차가 크게 나타났다. 또한 Sample(C) Group과 Sample(D) Group 두 종류의 시료 모두 Blue LED 열화조건에서 가장 큰 색차를 보였으나, 색차값에 영향을 미친 요인은 다른 것으로 확인되었다.

5. White LED보다 Blue LED에서 재질 변색 정도가 크게 나타난 것은 유물의 열화에 영향을 주는 광원의 영향은 전광선속(lm)보다 전복사속(mW)에 의해 주요하게 작용함을 의미하며, 조명의 색온도에 따른 전시유물의 재질별 변색 가능성을 시사한다.

사 사

본 연구는 2017년 문화체육관광부 연구개발사업(R&D) “박물관 전시품 고연색·맞춤형 LED조명 시스템 개발 및 조명에 의한 전통문화재 변색에 관한 연구”의 지원을 받아 수행되었음을 명기한다.

REFERENCES

- Mie, I., Takayoshi, M., Masahiro, T., Kohtaro, K. and Masako, S., 2007, Color degradation of textiles with natural dyes and blue scale standard exposed to white LED lamps: Evaluation for effectiveness as museum lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Institute of Japan*, 91(2), 78-86.
- Jang, Y.J., 2010, A study on the system of Halogen, LED in museum. *The Journal for National Museum of Modern and Contemporary Art, Korea*, 2, 139. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.H., 2009, A study on the color properties of a pigment-oil color changes and light resistance experiments-. Master's thesis, Hong-ik University, Sejong, 40. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.U., 2015, A study on yellowing of white in oil color. Master's thesis, Hong-ik University, Seoul, 17. (in Korean with English abstract)
- Park, S.E., 2008, Flemish painting from flanders-pointed at 15C altarpieces. Ewha Womans University Press, Seoul, 7. (in Korean)
- Shinhanart, 1999, Science of colour paint. Yekyong Publishing Co. Seoul, 25. (in Korean)
- Wang, S.Y. and Choe, E.O., 2012, Oxidative stability and antioxidant changes in perilla seeds and perilla oil affected by UV irradiation. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 44(1), 10. (in Korean with English abstract)
- Whitaker, T., 2013, LED lighting suffers bad press in Van Gogh paint-degradation study. *LEDs Magazine Industry News*.