

전시 조명에 의한 천연염색한지의 색과 강도 변화(Ⅰ)

이승은* · 노현숙 · 이민수

국립중앙박물관 보존과학팀

Changes in Color and Strength of Natural Dyed Korean Paper Caused by Exhibition Lighting(Ⅰ)

Sungeun Lee, Hyunsook Roh and Minsoo Lee

Conservation Science Team, National Museum of Korea

요 약 박물관에서 항상 사용되고 있는 전시 조명이 유물의 변색 및 재질 약화에 끼치는 영향을 살펴보고, 현재 사용되고 있는 조명들이 유물과 비슷한 재질의 염색 한지 변색 및 재질 변화에 주는 영향을 직접 실험하였다. 전시 조명에 따라 염색 한지에 끼치는 영향은 조금씩 차이가 있었으며, 이러한 차이들을 근거로 보다 유물에 안전한 조명을 선택할 방법을 모색하였다. 네 타입의 형광등을 실험해 본 결과 그 중 한 형광등이 변색 및 재질 변화가 상대적으로 적어 박물관에서 사용하기 적합한 것으로 판단된다.

Abstract Influence of lighting for exhibition normally used in museum on discoloration of relics and weakening of materials was reviewed, and influence of currently used lightings discoloration of dyed Korean paper similar to relic and change of material quality was directly tested. There were small differences in influence made on dyed Korean paper according to exhibition lighting, and based on these differences, method to select lighting safer for relics were explored. As a result of testing 4 types of fluorescent lamps, one lamp of them showed little influence on discoloration and change of material quality, which is judged to be proper for use in museum.

1. 머리말

박물관의 전시물에 대한 광방사 작용과 관련된 연구는 1850년경부터 영국 런던의 국립미술관에서 소장하고 있는

미술품의 보존 상태를 조사하는 것으로부터 시작되었다. 그 후 1950년 미국 국립표준국(NBS : National Bureau of Standards)은 국회도서관에 전시 중이던 미국의 헌법이나 독립선언서가 더이상 손상이 진행되지 않도록 하기

* Corresponding Author : Conservation Science Team., The National Museum of Korea
Tel : 02)2077-9432 | Fax : 02)2077-9449 | E-mail : sungeun@museum.go.kr

위한 연구를 통해 조명에 의한 유물 손상의 정량적 평가가 이루어졌다. 그 결과 파장과 손상의 상관관계로 파장이 증가할수록 손상이 감소한다는 논리가 도입되었다. 즉 광방사에 의한 손상은 파장이 짧아질수록 대수적으로 증가하며, 동시에 가시방사에서도 손상이 일어난다는 것을 의미한다. 역으로 자외방사나 가시방사의 단파장을 잘 조절하여 막을 수만 있다면 전시물의 손상을 최소화 할 수 있는 조명을 할 수 있다는 결론에 도달한다. 보통 300nm - 380nm의 자외선에서 95%, 380nm - 780nm의 가시 광선에서 약 5%정도의 손상작용이 있는 것으로 알려져 있다. 대부분의 광화학적 손상은 자외선에서 일어난다고 볼 수 있다.¹⁾

박물관에서 사용하는 조명광원은 전시실이나 전시케이스 내 전시품의 내용들을 정확하게 감상할 수 있도록 하는 전시효과와 함께 조명에너지에 의한 전시품의 손상을 방지하여 보존효과를 높일 수 있는 것을 기준으로 선택한다. 전시조명은 크게 채광에 의한 자연광과 백열전구 형광등의 인공광원으로 나눌 수 있다. 채광을 위한 설비는 건물의 개구부를 설치하는 건축적인 방법과 각종 장치를 이용한 기계적인 설비 방법이 있는데, 채광의 용도나 목적에 따라 자연주광의 도입방법이나 개구부의 형태를 포함한 채광방식이 주로 사용된다. 인공광원에 의한 박물관의 조명은 계절, 기후 및 시각에 따른 조명조건의 변동이 없으므로 조명환경을 자유로이 조절할 수 있는 장점이 있다. 전시조명으로 적합한 광원으로는 백열전구와 형광등이 가장 일반적으로 사용되며, 메탈할라이드 램프와 같은 HID 램프는 고천장 전시실, 홀 등의 전반조명에 사용된다. 최근에는 연색성이 좋고 자외선 방사를 줄일 수 있는 할로겐 램프나 연색성이 높고 절전효과도 높은 미니 할로겐램프, 화이버옵틱등의 첨단조명기법이 전시케이스 조명에 사용되고 있다.

II. 박물관에서의 조명과 전시물의 변퇴색

박물관에서 진열장 조명의 관건은 관람의 편의와 유물의 변퇴색 방지 사이에서의 적정조도 조절이다. 국립중앙박물관에서는 진열장 내부와 조명박스 분리를 기본으로 하여 진열장을 설계함으로써 적외선으로 인한 온도 상승의 요인을 완화하였으며, 화이버 옵틱 및 400칼빈 퇴색방지 형광등을 사용하여 조명기구에서 오는 자외선으로 인한 피해를 보다 근본적으로 차단하고자 하였다.²⁾

자외선 등 빛에 의한 손상이 육안으로 인식되는 시간은 그 물질의 내광성에 따라 몇 시간에서 몇 십 년으로 판이하게 다르다. 박물관은 소장품의 다양성으로 인해 개별적인 내광성의 척도를 가늠하는 것은 용이한 일이 아니다. 현재 박물관학계에서는 사람이 지각할 수 있는 최소한의 색상 변화가 일어나는데 소요되는 입사 에너지량을 적산조도로 대체하여 손상의 기준으로 채택되고 있다. 그리고 이것을 블루스케일(Blue scale)을 이용하여 크게 3개의 범주로 구분하여 등급화하였다.

블루스케일(Blue scale)은 양모평직물을 정련표백한 것으로 재료의 내광성을 측정할 때 ISO 등급의 기준이 되는 것이다. 내광성을 1등급에서 8등급까지 분류하여 1등급이 가장 낮고, 8등급이 가장 높다. 블루스케일을 주로 3단계로 분류하여 사용하는데 1-3등급까지는 빛에 대단히 민감한 자료, 4-6단계는 빛에 비교적 민감한 자료, 그리고 그 이상은 내광성이 있는 자료로 분류된다.

블루스케일은 공업제품의 변퇴색 시험의 표준시료로 사용되어 왔으나 온도나 습도등의 환경 인자에 의한 차이에 영향을 받음으로서 조사 광량과 퇴색상의 명확한 관계를 포착하는 것이 어려웠다. 그러나 박물관의 전시공간과 같이 이러한 환경요소들이 어느 정도 일정하게 유지되는 공간에서는 광방사의 누적에 의한 물질의 변화가 시간적 안정성을 가지고 나타난다. 이러한 관점에서 볼 때 블루스케일은 전시물의 내광성 평가에 상당히 유용하게 쓰일 수 있다.

1) 金弘範, 1998, 『光放射에 의한 博物館 展示物의 光化學的 損傷에 관한 實驗的 研究』, 고려대학교.

2) 국립중앙박물관, 2006, 『건립지』, pp.126-136.

전시물의 보존을 고려한 측면에서 볼 때 광방사에 의한 색상의 허용 가능한 범위는 색차 ΔE 가 1이하가 되도록 하는 것이다. 회화류 전시물 등과 같이 색상이 있는 전시물은 본래의 색을 유지하고 있는지 여부가 소장품의 가치를 좌우하는 중요한 요소이며, 관람객이 색상의 변화를 인식할 수 있는 최소한의 변화가 ΔE 가 1 정도의 상태이기 때문이다. 각각의 적산조도를 ISO 등급과 비교하면 광원이나 염색 종류에 따라 유물의 빛에 대한 민감도가 변화함을 알 수 있다. 이러한 점에서 볼 때 광원의 선택은 유물의 변퇴색에 중요한 의미를 부여한다. 광원의 선택시 전시에 필요한 효과를 낼 수 있음과 동시에 자외방사를 어떻게 효과적으로 차단할 것인가를 염두에 두어야 한다.

본 연구는 천연염색한 한지에 여러 광원에 따라 변색되는 정도 및 강도 변화를 측정하여, ΔE , Δa , Δb 값이 1이하인 광원을 선택하고자 하였다. 향후 이러한 조명들은 박물관의 전시를 위해 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

III. 실험

3.1. 염색

2점의 외발지에 치자, 오리나무, 소목, 쪽으로 염색 후 K_2CO_3 로 매염하여 시편을 만들었다. 시편의 경우 앞으로의 계속될 실험을 위하여 염색방법을 정량화하였다.

증류수 2ℓ : 염색재료 100g의 비율로 넣은 후 1시간 동안 가열하여 염색액을 추출한 후 2겹 외발지(3.5 몸매)를 발의 직각방향으로 잘라 준비한다. 염액에 한지를 침적하는

시간은 30분으로 하였으며, 완전 건조 후 다시 한 번 염색한다. 매염제로 K_2CO_3 를 사용하였으며 증류수 1ℓ : K_2CO_3 0.1g을 용해(pH 9)시켜 사용하였으며, 30분간 침적 후 5회 수세하였다.

3.2. 색도 측정³⁾

염색으로 얻어진 시료를 일정 크기로 자른 후 일반형광등, 퇴색방지등A,B⁴⁾, 자외선필터를 장착한 일반형광등 4종류로 1000 lux에서 500시간 노출시킨다.⁵⁾ 한 염색시편당 12장, 각 시편당 3지점의 총 36지점의 색도를 측정 비교하였다.



Fig. 1. View of exposure to light source

광원에 노출된 시료와의 비교를 위해 각 실험시 똑같은 시간과 온습도 조건에 빛을 차단한 시료를 노출시켜 비교하였다. 각 시편은 노출 전의 색도와 노출 후의 색도를 측정하여 결과를 판독한다.

3.3. 강도 측정⁶⁾

색도 측정이 끝난 후, 모든 시편의 인장강도를 측정하여

3) 실험전후의 색 변화를 측정하기 위해 색도계(미놀타 CM-2600d, Japan, SCI 방식, D65, $\Phi 3mm$ 측정)를 사용하였다.

4) 형광등은 모두 20cm, 18W 사용함.

5) 광원의 방사에 의한 작용의 결과는 누적된다. 광방사에 의해 물체가 받는 에너지는 물체에 입사한 광량의 총수량과 같다. 그러므로 분광분포가 동일한 광원에 의해 조명하는 조건이면, 조도와 시간의 곱으로 정의되는 적산조도가 일정할 때 물체가 받는 에너지는 동일하다.

적산조도($lux \cdot hour$) = 조도(lux) \times 시간(t)

위식에서 볼 때 낮은 조도로 전시하는 것은 손상을 줄일 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있다. 동시에 전시기간을 조정하여도 동일한 효과를 얻을 수 있다.

노출량과 손상의 관계는 물질의 열화과정을 예측하는 데 중요한 역할을 한다. 대부분의 염료나 안료는 조명에 노출되는 시간이 경과함에 따라 그 열화의 정도가 포화되는 양상을 나타낸다.

6) 인장강도는 만능재료시험기(인스트론 3360, USA)를 사용하여 측정하였으며, 분당 1.5mm로 인장하였다.

시편의 변색 뿐 아니라 재질의 약화가 초래되었는가 여부도 확인한다. 천연염색의 특성상 모든 시편이 같은 색으로 염색될 수 없음을 감안하여 노출 전후의 색도 측정은 항상 같은 위치에서 하였으며, 한 시편 당 3지점을 측정하여 평균값을 사용하였다. 조도는 전체적으로 1000 ± 10 lux, 온도는 $20 \pm 4^\circ\text{C}$ 습도는 $50 \pm 10\%$ 를 유지하고자 하였다.

인장강도는 빛에 노출된 시료와 빛의 차단한 시료의 재질 강도 변화를 측정하는 방법의 하나로, 만능재료시험기로 최대 파단 하중을 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

실험 결과는 Fig. 2~4으로 나타내었다. Fig. 2~4은 실험 전, 후의 시편을 비교하여 L, a, b값이 변화한 상태를 나타낸 것이다. Δa 값이 + 인 것은 실험 전보다 실험 후의 색이 붉어졌다는 것이며, - 인 것은 녹색에 가까워졌다는 것이다. Δb 값이 + 인 것은 실험 전보다 실험 후의 색이 노랗게 되었다는 것이며, - 인 것은 파랗게 되었다는 것이다. ΔE 는 색차값으로 ΔE 가 높을수록 변퇴색이 많이

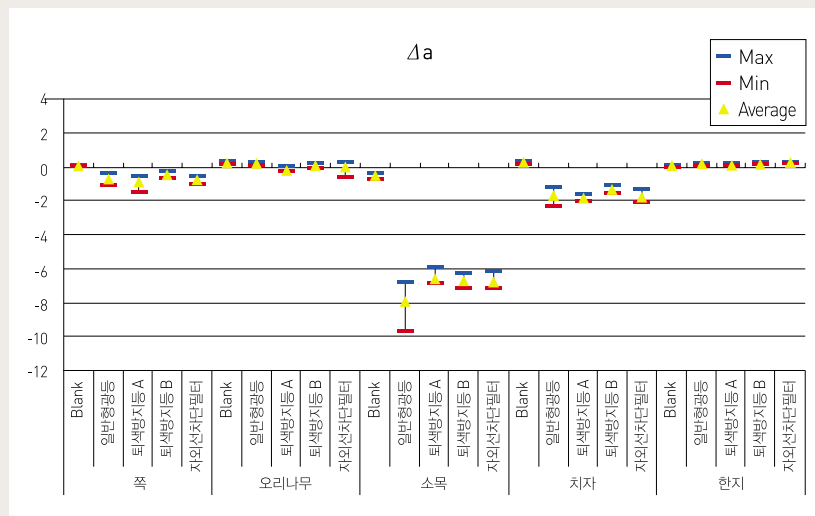


Fig. 2. Change of Δa of dyed Korean paper caused by lighting

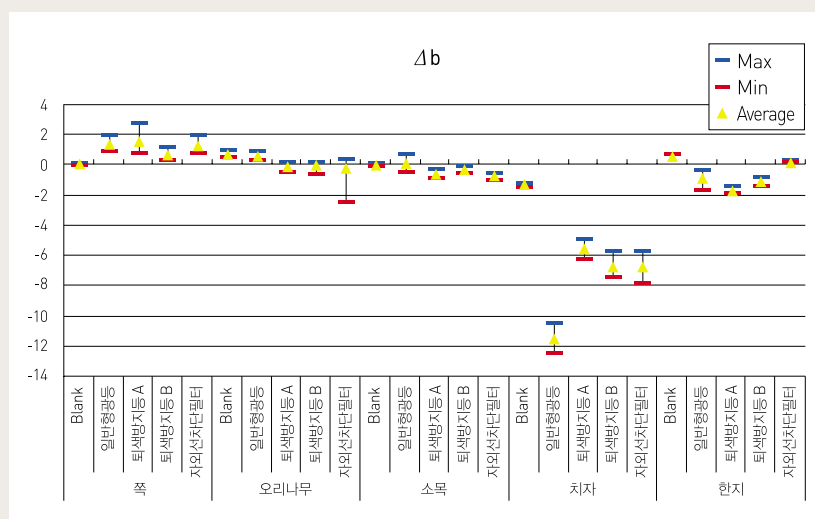


Fig. 3. Change of Δb of dyed Korean paper caused by lighting

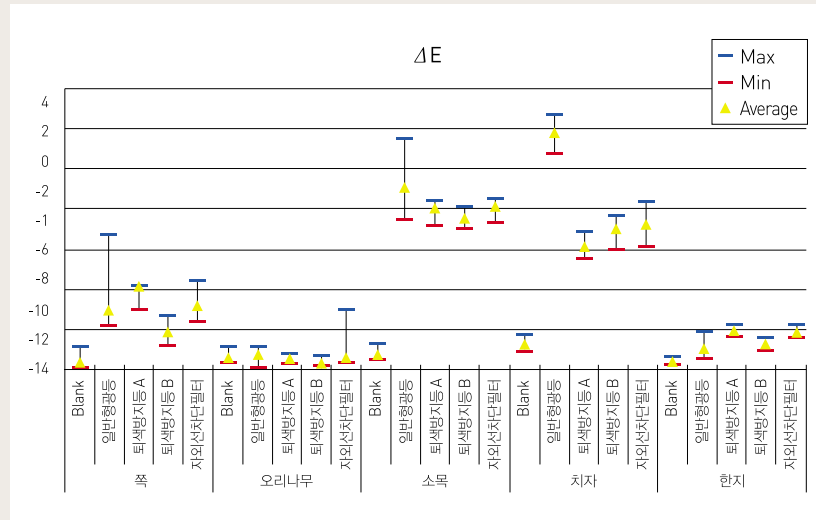


Fig. 4. Change of ΔE of dyed Korean paper caused by lighting

진행되었음을 의미한다.

전체적으로 Δa 값으로 볼 때 남색으로 염색된 쪽 염색지, 옅은 갈색의 오리나무 염색지, 그리고 염색하지 않은 한지의 경우 큰 변화가 없었다. 그러나 붉은 색으로 염색된 소목 염색지의 경우 일반형광등에서는 평균 Δa 가 -8정도로 많은 변화를 보였으며, 자외선을 어느정도 차단한 형광등에서도 -6정도의 차이를 보였다. Δb 값으로 볼 때는 노란색으로 물든 치자염색지에서 가장 많은 변화가 보였다. 일반 형광등의 경우 Δb 값은 -12로 확연히 변색된 모습을 보였으며, 그리고 필터로 자외선을 어느정도 차단된 형광등의 경우 -6정도의 변화를 보였다. 치자염색지의 경우 자외선 차단만으로 탈색이 절반 이상 줄어든 것을 관찰할 수 있었다.

ΔE 는 색차계를 이용하여 노출 시료와 기준 시료에 대해 3회씩 L^* , a^* , b^* 를 측정하고 다음 식을 이용하여 색차 ΔE^* 를 계산하였다.

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

한 가지의 화학적 성질을 가진 물질은 그 열화과정이 단순하다. 그러나 여러 가지 복합물로 이루어진 물체는 열화가 시작해서 변화하는 추이가 복합 물질의 수만큼 다양하게

나타난다. 따라서 Fig.4.의 ΔE 값의 차이에서 구성물질의 다양성에 따른 변화의 차이도 고려해야 한다. 보통의 종이를 특정 광원의 자외방사에 노출시키면 리그닌 성분은 어두운 색으로 검게 변한다. 동시에 종이의 또 다른 성분인 셀룰로오스가 열화해서 변색된 부분은 가시방사나 자외방사에 의해서 표백되기도 한다. 즉 경우에 따라 표백과 변색이 동시에 일어나서 상기 두 반응 중 주를 이루는 반응으로 변색이 나타난다. 다만 본 실험의 경우 최대한 외부 대기 상황을 배제하였으며 최대한 전시 진열장의 상태와 비슷하게 하고자 노력하였다. 본 실험에서 적산조도가 500,000 lux·hour 인데, 이는 하루 100 lux씩 8시간 조명으로 환산해 보면 1년 9개월 정도 전시한 적산조도이다. Fig.4.에서 보여지는 것과 같이 오리나무 염색지나 일반한지의 경우에도 $\Delta E=1$ 이상 변화한 것으로 나타나 책 등을 전시할 경우에도 1년 9개월 정도면 육안으로 조금 인식할 수 있을 정도의 변색이 일어날 수 있다고 보여진다. 특히 소목이나 치자, 쪽 등 색상이 선명한 염색지의 경우 변퇴색은 더욱 급격하게 이루어짐을 알 수 있다. 일반 형광등의 경우 ΔE 값이 10에서 12까지 변색되어 확연히 색상이 변했으며, 퇴색방지등이나 자외선 차단필터를 사용하였을 경우 변색 정도가 적게는 10%정도 많게는 30%이상 개선할 수 있음을 위의 실험을 통해서 알 수 있었다. 같은 퇴색방

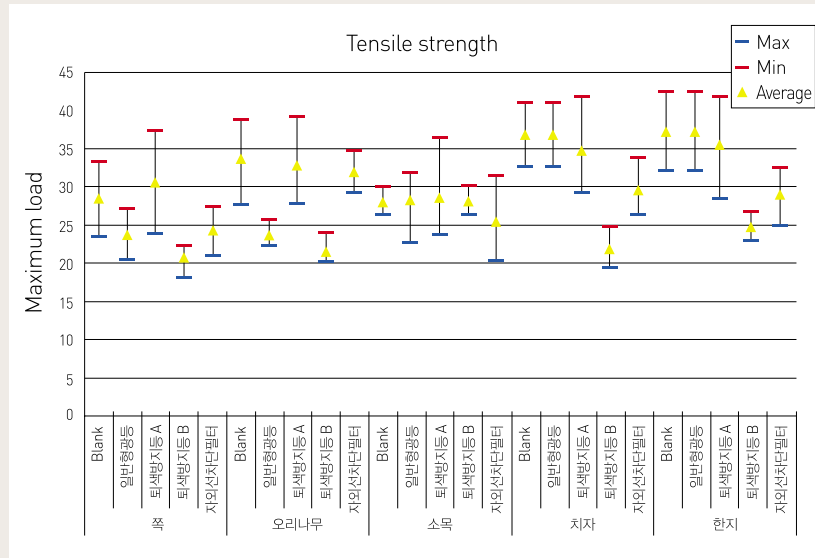


Fig. 5. Change of tensile strength of dyed Korean paper caused by lighting

지등 사이에서도 약간의 차이를 보였는데 본 실험 결과로는 퇴색방지등 A가 퇴색방지에 가장 많은 효과가 있음을 알 수 있었다. 이러한 실험을 바탕으로 같은 방식의 조명이라도 유물의 변색 정도에 차이가 있음을 알 수 있었다. 좀 더 다양한 염색지와 다양한 재질에 같은 실험을 적용한다면, 유물에 보다 적합한 조명을 선정하는데, 이러한 실험이 선택의 기준으로 제시될 수 있을 것이다.

염색지의 인장강도 측정은 염색지의 재질이 얼마나 약화되었는가를 볼 수 있는 기준을 제시하기 위함이다. 유물의 변퇴색은 우선 유물의 색상변화로 원형 훼손을 가져오기도 하지만 변퇴색이 되었다는 의미는 유물 재질의 특성이 일부 변했다는 의미이기도 하다.

위의 결과에서 보면 최대값 하중이 약해질수록 재질이 약화되었다고 볼 수 있으며, 대부분 조명에 노출된 시편은 Blank 시편보다 재질이 약화됨이 보여진다. 다만 약화의 정도는 염색지 별로 상이하나, 종합적으로 볼 때 퇴색방지 등 A가 가장 적게 영향을 주는 것으로 보여진다.

V. 맺음말

박물관에서 전시조명은 박물관의 기본 기능인 전시라는 측면에서 볼 때 반드시 필요한 부분이나, 전시조명이 유물의 변퇴색 및 재질 약화에 막대한 영향을 주는 것은 부인할 수 없는 사실이다. 특히 위의 실험에서 본 바와 같이 적산 조도가 증가하면, 자외선을 차단한 광원에서조차 모든 염색지 뿐 아니라 염색을 하지 않은 한지에서도 육안으로 인지할 수 있을 정도의 변퇴색이 일어남을 알 수 있었다. 특히 다양한 색상으로 염색된 유물의 경우 변퇴색의 정도는 더욱 심해 1년 이상 지속적으로 전시할 경우 변퇴색이 확연히 보여질 것이다. 본 실험에서의 결과로 추론해보면 다양한 색상으로 염색된 유물의 경우 $\Delta E=1$ 이하의 값을 가지기 위해서는 전시조명 100 lux를 기준으로 1년에 3~4개월 정도 전시가 가능하다. 다만 전시조명을 좀 더 낮춘다면 전시 기간을 연장할 수는 있을 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서 보여지는 바와 같이 같은 자외선 차단 조명이라 할지

라도 회사별 성능에 차이가 있으므로 이러한 실험을 통해 보다 나은 조명을 찾을 수 있을 것으로 여겨진다. 일반적인 조명의 손상계수의 계산은 자외선의 복사량 또는 복사비율을 측정하여 계산이 가능하나, 박물관 진열장의 경우 일단 밀폐된 공간이므로 적외선 등으로 인한 온도 변화를 무시할 수 없으며, 일정 조도를 지속적인 기간에 같은 위치를 같은 방법으로 조명함으로써 국부적인 손상이 더욱 진행될 수 있다. 따라서 박물관 전시조명의 변퇴색 측정은 진열장과 같이 어느 정도 밀폐된 공간에서 측정하는 것이 유물의 변퇴색 정도를 보다 정확히 예측하는데 바람직하겠다.

VI. 참고문헌

1. N. S. Allen, 1992, 『Action of Light on Dyed and Pigmented Polymers, Polymers in Conservation』, Royal Society of Chemistry, pp.193-214.
2. P. C. Crews, 1987, 「The Fading Rates of Some Natural Dyes」, 『Studies in Conservation』, Vol. 32(2), pp.65-72.
3. 국립중앙박물관, 1995, 『박물관 건축과 환경』, pp.192-194.
4. 김은경, 2004, 『일광노출에 따른 변, 퇴색의 시간적 변화에 관한 연구』, 연세대학교, pp.3-7.
5. 金弘範, 1998, 『光放射에 의한 博物館 展示物の 光化學的 損傷에 관한 實驗的 研究』, 고려대학교.
6. 金弘範, 1994, 「博物館의 展示照明計劃」, 『한국조명전기설비학회지』, Vol. 8(2), pp.2-9.
7. 金弘範, 2004, 『박물관의 전시조명』, CA Press 현대건축사.
8. 金洪基, 尹道根, 1994, 「博物館 展示部門 觀覽空間의 照明環境 現況 및 特性에 관한 研究」, 『大韓建築學會』, Vol. 10(2), pp.233-245.
9. 문화체육부, 1996, 『박물관내 전시 및 수장공간의 조명 환경 기준연구』.
10. 문화체육부, 1996, 『박물관내 전시 및 수장유물의 보존 환경 기준연구』.
11. 국립중앙박물관, 2006, 『건립지』, pp.126-136.
12. 이미식, 홍문경, 김의경, 배순화, 2001, 「천연염색 직물의 환경조건에 따른 변, 퇴색 및 물성변화에 관한 연구」, 『한국의류학회지』, Vol. 25(3), pp.617-628.
13. 이학정, 권영숙, 장정대, 이상준, 조현호, 2006, 「견직물의 광열화 거동」, 『Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers』, Vol. 18, pp.37-42.
14. 한중성, 김 훈, 김홍범, 2006, 「국립중앙박물관의 조명환경 측정 및 분석」, 『Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers』, Vol. 20, pp.1-5.
15. 한중성, 김홍범, 김 훈, 2005, 「자외선복사의 측정과 분석」, 『Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers』, Vol. 19, pp.7-12.

Appendix 1

아래는 각국의 전시조명 추천 조도이다. 전시조명에서 추천 조도도 중요하나 더욱 중요한 것은 적산 조도라 하겠다.

현재 국립중앙박물관에서는 기준 조도 뿐 아니라 기준 적산 조도를 설정하여 보다 유물에 안전한 전시를 하고자 노력하고 있다.

Table 1. Recommended illumination for exhibition lighting of each country's Art gallery, museum

Standard Object		ICOM (1977)	IESNA (U.S.A) (1993)	CIBSE (U.K)	JIS (Japan) (1979)	MMFA (Canada) (1991)	G.Thomson (1986)	Cultural Bureau (Japan) (1980)	National Museum of Korea
Objects highly sensitive to light dyed textile, clothing, watercolor painting, sketch, Oriental painting, printed stuff, stamp, wall paper, dyed leather, natural history-related specimen		50 lx Lower is better. (color temperature about 2,900)	yearly accumulated illumination 54,000 lx · h based on 54 lx 8 hours per day 125 days of year	yearly accumulated illumination 150,000 lx · h based on 50 lx 60 hours per week 50 weeks per year	75~300 lx (75~150 lx for stuffed goods, specimen)	4 weeks exhibition per year with 75 lx or yearly accumulated illumination 12,000 lx · h (discoloration will be seen after 100 years.)	50 lx	below 150 lx (paintings within 60 days, specially weak materials within 30 days)	80 · 100 lx (yearly accumulated illumination 54,000 lx · h)
Objects comparatively sensitive to light oil painting, tempera painting, fresco painting, leather goods, inscribed bone ivory, wooden products, lacquerware		150~180 lx (color temperature about 4,000)	yearly accumulated illumination based on 220 lx 8 hours per day 300 days per year	yearly accumulated illumination 600,000 lx · h based on 200 lx 60 hours per week 50 weeks per year	300~750 lx	exhibition for 10 weeks with 100 lx or yearly accumulated illumination 42,000 lx · h (discoloration will be seen after 250 years.)	200 lx	below 150 lx	220 lx (yearly accumulated illumination 500,000 lx · h)
Objects not sensitive to light metal, stone, glass, porcelain, jewelry, enamel stained glass		No limit. But lighting exceeding 300 lx is not needed. (color temperature 4,000~6000lx)	depending on exhibition conditions	Decision should be made considering adaptation and temperature increase.	750~ 1500 lx	exhibition for 20 weeks with 100 lx or yearly accumulated illumination 84,000 lx · h (discoloration will be seen after 3,500 years.)			below 450 lx

* Ministry of Culture, Sports and Tourism, 1996, reference to Study on standards for lighting for exhibition and storage space in museum

ICOM : International Council of Museum (국제박물관회의)

IESNA : Illuminating Engineering Society of North America
(북미조명학회)

CIBSE : Chartered Institution of Building Service Engineers
(영국건축설비공학회)

JIS : 일본공업규격 Z 9110

MMFA : Montreal Museum of Fine Art (몬트리올 박물관)

G. Thomson : Garry Thomson의 「The Museum Environment」