各種蛍光ランプによる天然色素染色布の変退色への影響に関する比較検討 —同一照度による評価—

正会員 霜鳥真意子 (共立女子大学) 専門会員 河本康太郎 (社団法人日本電球工業会)
正会員 齊藤昌子 (共立女子大学)

Comparative Research on the Influence of Various Fluorescent Lamps on Discoloration of Fabrics Dyed with Natural Dyes —Evaluation by Equal Illuminance—

Member Maiko Shimodori (Kyoritsu Women's University),
Fellow Member Kohtaro Kohmoto (Japan Electric Lamp Manufacturers Association) and
Member Masako Saito (Kyoritsu Women's University)

ABSTRACT

The degree of discoloration of dyed fabrics irradiated by using the three kinds of 20-watt tubular type fluorescent lamps having different spectral irradiance distribution where the distance between the lamp and the samples was kept constant in order to give equal radiation energy (irradiance) to the samples was previously reported. In this research, the effect of the optical radiation on the discoloration of dyed fabrics under equal level of illuminance (500 lx) on samples using the three kinds of fluorescent lamps (D_{65} , W, NU) and the eight kinds of dyed fabrics was investigated. The following results were obtained.

- (1) The order of discoloration degree was $D_{65} > W > NU$. On dyed fabric, differences in each mordant and each colorant especially were recognized.
- (2) The discoloration reduction effect of the NU lamp compared to the D_{65} lamp and W lamp was 33% and 9%, respectively.
- (3) The discoloration reduction effect of the NU lamp compared to the D_{65} was 18% for equal irradiance and 33% for illuminance. The equal irradiance condition was defined as changing the lamp in the museum and the equal illuminance condition corresponds to not only changing the lamp, but also keeping the illuminance equal.
- (4) From this experiment, we found that the discoloration of dyed fabrics showed a closer relationship to the exposure dose of illuminance ($lx \cdot hr$) than that of irradiance ($W \cdot hr$).

KEYWORDS : fluorescent lamp, dyed fabrics, discoloration reduction effect, equal irradiance, equal illuminance

1. まえがき

美術品や工芸品、衣料品、新聞紙などが、日光や蛍光ランプなどの人工光源の光の照射により、変退色を起こすことはよく知られている。美術品や工芸品など、重要文化財の変退色防止が重要であることは言うまでもないが、日常品である衣料品や紙製品などについても、日光や人工光源による変退色はできるだけ防止する方がよい。変退色の防止を有効に実施するためには、これら衣料品や紙製品などの、光に対する変退色特性を明らかにすることが重要となってくる。

美術品や工芸品、衣料品、紙製品などの光に対する変退色特性については、過去、定性的な調査結果や、限定された条件での定量的検討の結果はいろいろと報告されている^{1)~6)}が、照射される光の波長特性と変退色特性との関係を、定量的・総合的に調査した結果についての報告は余り多くない。

筆者らは、衣料品の基本構成要素である各種の染色布について、光に対する変退色特性の研究を行ってきている。染色布の主要な材質は繊維と染料であり、共に有機物であるために、変退色や光による劣化が著しいことはよく知られている⁷⁾。染色布の劣化の度合は、周囲の環境条件、すなわち空気中の酸素や水分（湿度）、熱（温度）や大気汚染物質などによっても影響を受けるが、中でも光の影響が大きい。CIE (Commission Internationale de L'Eclairage—国際照明委員会) の技術委員会—TC3-22: 美術館照明と光による劣化の防止 (Museum Lighting and Protection against Radiation Damage) においては、絹やタペストリーなどの染織品は、光放射に非常に敏感な部類に分類されている。そして、この分類に属する美術品の展示に際しては、一般の光環境に比べて遥かに低い水準の照度 (=50 lx) が展示推奨照度とされている⁸⁾。

筆者らは、この研究の一環として、代表的な染色布に対し、放

表 1 光源（蛍光ランプ）の種類とその分光特性
Table 1 Spectral irradiance distribution of three types fluorescent lamps.

Lamp	D ₆₅ daylight-simulator	White lamp	Lamp for art galleries and museums
Abbreviation	D ₆₅	W	NU
Form	FL20S.D-EDL-D ₆₅	FL20SS.W/18	FLR20S-L-EDL-NU/M.A
Spectral irradiance distribution
Wavelength (nm)	300~780	300~780	400~780
Maker	Toshiba lighting & Technology Corporation		

照射度が同一（照射されるエネルギー量が同一）で、波長特性（分光分布）が異なる各種の蛍光ランプによる変退色の度合を調査・研究し、照射される光の波長と変退色特性の関係を明らかにした^{9)~10)}。そして、同一の光エネルギーを照射する条件では、「美術館・博物館用高演色紫外防止形蛍光ランプ（NU ランプ）」を用いることによって、特に変退色の著しい天然色素染色布の場合でも、変退色の進行を30~50%抑制できることを報告した¹¹⁾。この報告は、照射する光の放射照度（照射エネルギー量）を一定とし、光の波長による変退色の違いを明らかにすることに視点を置いたもので、染色布やそれらを構成する各種染料の基本特性を明らかにすることを目的としたものである。

ところで、美術品や工芸品、衣料品や紙製品などが光の照射を受ける美術館や博物館での展示ケースや、日常生活環境においては、光環境の照明条件は、通常、「放射照度」ではなく、人間の視覚特性を加味した心理物理量である「照度」で設定される。したがって、このような実際の光環境での使用条件における変退色状況の考察に当っては、光エネルギー量に対応した「放射照度」値よりも、むしろ、その環境設計の基準となった光の「照度」値に対応した変退色特性を明らかにしておくことが重要となってくる。

そこで、今回の研究では、各種染色布について、分光分布の異なる蛍光ランプについて実施した、放射照度一定（照射エネルギー量一定）の条件における変退色状況の調査¹¹⁾に引続き、各種の蛍光ランプについて、照度一定（=500 lx）の条件での変退色状況を明らかにした。以下にそれらの内容を報告する。

2. 試料

2.1 染色布

試料には絹布を用い、未処理布と8種の染色布（クルクミンの明ばん（Al）、鉄（Fe）、消石灰（Ca）、銅（Cu）、木灰（ash）媒染布、クエルセチンの明ばん（Al）媒染布、紅花の紅染、桃染）を用いた。

2.2 光源

光源には、標準の光 D₆₅ の常用光源蛍光ランプ「色比較・検査用 D₆₅ 蛍光ランプ」（東芝ライテック㈱ FL20S・D-EDL-D₆₅、以下 D₆₅ ランプと略）、一般照明用として広く普及している「白色蛍光

ランプ」（東芝ライテック㈱ FL20SS・W/18、以下 W ランプと略）、紫外線をカットしている退色防止形の「美術・博物館用蛍光ランプ」（東芝ライテック㈱ FLR20S-L-EDL-NU/M・A、以下 NU ランプと略）、の3種を使用した。各ランプの種類とその分光特性を表1に示す。

3. 実験方法

暴露は、上部にランプを取り付けた暴露装置を作成し、底部にチャンバーを設置して行った。染色布を2×2.5cmの大きさに切断し、円形暴露台に固定してチャンバー内に設置した。暴露装置内壁は黒色のベルベット布で覆い、実験中の温湿度はデータロガーと温湿度計で記録した。暴露は温湿度をコントロールするために恒温恒湿室で350時間行った。実験中のチャンバー内は温度を23℃、湿度を50% RH に保った。試料面の照度を同一（500 lx）と

図 1 実験方法
Fig. 1 Experimental condition.

表2 実験条件
Table 2 Experimental condition.

		Distance between lamp and sample (cm)	Illuminance (lx)	Ultraviolet irradiance (W/m ²)	Irradiance (W/m ²)	
					~400nm	400nm~
Experimental condition A Exposure time 700hr~	D ₆₅	38	500	0.26	0.05	0.41
	W		1010	0.11	0.02	0.57
	NU		430	0.00	0.00	0.34
Experimental condition B Exposure time 350hr~	D ₆₅	38	500	0.26	0.05	0.41
	W	52		0.05	0.01	0.28
	NU	22		0.00	0.00	0.39

図2 染色布の変退色の経時変化
Fig. 2 Discoloration changes of dyed fabrics.

するため、ランプから試料面までの距離は図1、表2に示す通りランプごとに異なった。暴露前、暴露開始後210時間、350時間に分光光度計（マクベス COLOR EYE 7000）を用いて測色し、CIE $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて暴露前後の色差(ΔE)（JIS Z 8730準拠¹²⁾）を算出した。

4. 結果と考察

実験期間中の温湿度は、チャンバー内に設置したデータロガーから、温度が22.5±2.5℃、湿度が49.5±6.5% RH にコントロールされていたことがわかった。

染色布の各ランプによる変退色を測定した結果を示す（図2）。その結果、変退色の大きさの順位は、試料面におけるエネルギー量を一定にした場合とほぼ同様の結果が得られ、ランプによる変退色の大きさは「D₆₅ランプ」>「Wランプ」>「NUランプ」の順であった。各染色布については、いずれのランプにおいてもクルクミンの消石灰媒染布、木灰媒染布の変退色が著しく大きいのに対し、クルクミンの硫酸銅媒染布には変退色は見られず、媒染剤や色素の違いが顕著に認められた。

「D₆₅ランプ」、「Wランプ」の変退色値を1とした時の、「NUランプ」の変退色軽減化の効果についてみると（表3）、「D₆₅ランプ」に対して平均33%、「Wランプ」に対して平均9%であった。染色布の中で最も高い変退色軽減化の効果がみられたのは、「D₆₅ランプ」に対してはクルクミンの硫酸銅媒染布で50%、「Wランプ」に対してはクルクミンのおほぐろ媒染布で27%であった。紅花の桃染、紅染においては、変退色が著しいにもかかわらず軽減化の効

表3 D₆₅、W ランプに対する NU ランプの変退色の比較
Table 3 Comparison of the discoloration for NU lamp compared with D₆₅ and W lamp.

Samples		D ₆₅	NU	W	NU
Colorant	Mordant				
Curcumin	Ca	1.00	0.69	1.00	0.91
	ash	1.00	0.68	1.00	0.90
	Fe	1.00	0.52	1.00	0.73
	Cu	1.00	0.50	1.00	0.82
Momozome	—	1.00	0.83	1.00	1.07
Benizome	—	1.00	0.79	1.00	1.08
Quercetin	Al	1.00	0.65	1.00	0.87
Untreated	—	1.00	0.38	1.00	1.00
Average(except untreated)		1.00	0.67	1.00	0.91

果は認められなかった。これは、紅花の変退色を生じさせる作用波長が紫外域ではなく400nm以上の可視域（525nm付近）にあるためである⁹⁾。

用いた8種のサンプルの平均値を用いて、同一エネルギーの場合（実験方法A）¹¹⁾と同一照度の場合（実験方法B、本実験）における変退色軽減化の効果を表4に示した。この結果を実際の展示、照明の場に当てはめて考えると、同じ器具を使用してランプのみを交換した場合、「D₆₅ランプ」を「NUランプ」に交換することによって18%、「Wランプ」を「NUランプ」に交換することによ

表 4 実験方法による変退色の比較

Table 4 Comparison of the discoloration under two experimental conditions.

	D ₆₅	NU	W	NU
Experimental condition A ・ equal radiation energy ・ exposure at 700 hr	1.00	0.82	1.00	0.80
Experimental condition B ・ equal illuminance ・ exposure at 350 hr	1.00	0.67	1.00	0.91

て20%の変退色軽減化の効果が得られる。ランプを交換し、照度
も同じにすると、「D₆₅ ランプ」を「NU ランプ」に交換した場合は、
ランプのみを交換する場合より大きい33%の効果が得られるが、
「W ランプ」を「NU ランプ」に交換した場合は、ランプのみを

交換する場合より小さい9%の効果に止まることを意味してい
る。変退色の生じ易い染織品にとって、変退色の度合いを少なく
とも9%軽減化できることは大きいことである。本研究では、染
色品の変退色（色の変化）のみに着目しているが、照射による
染色品の劣化は、色の変化のみでなく、繊維素材の強度低下、伸
度変化なども同時に生じている。染色品に生じるこれらの劣化、
変退色を最小限に食い止めるためにも、ランプの選択が重要であ
る。

「NU ランプ」の「D₆₅ ランプ」に対する変退色軽減化の効果は、
同一エネルギーの場合18%、同一照度の場合33%、「W ランプ」
に対しては、同一エネルギーの場合20%、同一照度の場合9%で
あった。この結果については、染織品に対して推奨されている照
度は50 lxであり、いずれのランプを用いても50 lxという同一照度
で照明が行われることになるため、本実験での同一照度という条

図 3 変退色 (ΔE) と総暴露量 (W×hr) との関係
Fig. 3 Relationship between radiant energy (W·hr) and color difference (ΔE).

図 4 変退色 (ΔE) と総露光量 (lx×hr) との関係
Fig. 4 Relationship between quantity of light (lx·hr) and color difference (ΔE).

件が、実際の展示環境に相当するものと考えられる。

同一エネルギーの場合¹¹⁾と同一照度の場合(本実験)の結果を用いて、各ランプの総暴露量と変退色との関係を見た。図3は、試料に与えられた総暴露量($W \cdot hr$)との関係(D_{65} , W , NU ランプ共に20W)を、図4は試料表面の総露光量($lx \cdot hr$)との関係(同一エネルギーの場合は D_{65} : 500 lx, W : 1010 lx, NU : 430 lxであり、同一照度の場合は各ランプ共に500 lx)を表したものである。両者ともに変退色との相関性は見られるが、総露光量との関係がより相関性が高いことがわかった。

5. まとめ

筆者らは、波長特性の異なる3種類の蛍光ランプ(20W形)を用い、光源から試料面までの高さを一定にして、同一の放射照度を試料に与えるという条件により、天然色素染色布の変退色の状況について報告したが¹¹⁾、本研究では、3種類の蛍光ランプ及び8種類の染色布を用いて、試料面の照度を同一(500 lx)とした場合の染色布の変退色について調査した。その結果、以下のことを明らかにした。

- (1) 変退色の大きさの順位は、 $D_{65} > W > NU$ の順であった。各染色布については、媒染剤や色素の違いが顕著に認められた。
- (2) 「NU ランプ」の変退色軽減化の効果は、「 D_{65} ランプ」に対する効果が平均33%、「W ランプ」に対する効果は平均9%であった。最も効果が高かったのは、「 D_{65} ランプ」に対してはクルクミンのCu媒染布で50%、「W ランプ」に対してはクルクミンのFe媒染布で27%であった。
- (3) 「NU ランプ」の「 D_{65} ランプ」に対する変退色軽減化の効果は、同一エネルギーでは18%であったのに対し、同一照度の場合は33%、「W ランプ」に対しては、同一エネルギーでは20%であったのに対し、同一照度の場合は9%であった。実際の展示においては各々の展示品に対する推奨照度(染織品では50 lx)で照明が行われることになるため、本実験での同一照度という条件が、実際の展示環境に相当するものとなる。
- (4) 同一エネルギーの場合と同一照度の場合の実験から得られた染色布の変退色の結果を総暴露量との関係について見ると、変退色の度合いは、染色布に与えられた総エネルギー量(Total radiant energy, $W \cdot hr$ 又は $W \cdot hr/m^2$)よりも染色布表面の総露光量(Total quantity of light, $lx \cdot hr$)との相関性がより高いことが判明した。

参考文献

- (1) 柏木, 山崎: 天然染料の耐光堅ろう性, 古文化財の科学, 27, pp.54-65 (1982).
- (2) 菊池, 齊藤, 柏木: 絹および綿の光による劣化, 家政誌, 38 (1), pp.33-38 (1987).
- (3) 神庭: 博物館展示照明が色材料に及ぼす作用効果, 照学誌, 74, pp.212-216 (1990).
- (4) N. Katsuda, S. Yabushita, K. Otake, T. Omura and T. Takagishi: Photodegradation of a Disperse Dyes on Polyester Fiber and in Solution, Dye and Pigments, 31, pp.291-300 (1996).
- (5) N. Katsuda, K. Otake, T. Omura and T. Takagishi: Effect of Ultraviolet Absorbing Agents on Photodegradation Behavior of a Disperse Dye, Dye and Pigments, 36, pp.193-204 (1996).

- (6) N. Katsuda, T. Omura and T. Takagishi: Photodegradation Behavior of Disperse Dyes in Solution, Dye and Pigments, 36, pp.231-241 (1996).
- (7) 田邊三郎助監修: 美術工芸品の保存と保管, フジ・テクニクス, pp.124-136, pp.337-34 (1994).
- (8) C. Cuttle and E. Ne'eman: Control of Damage to Museum Objects by Exposure to Optical Radiation, 24th Session of the CIE Proceedings, pp.324-328 (1999).
- (9) M. Katano, M. Saito and K. Kohmoto: An Investigation of Correlation between Spectral Absorptance and Discoloration Degree of Dyed Fabrics, 24th Session of the CIE Proceedings, pp.322-324 (1999).
- (10) M. Katano, M. Saito and K. Kohmoto: The Effect of Light Sources for Galleries and Museums on Prevention from the Discoloration of Fabrics with Natural Dyes, Lux Pacifica '97 Proceedings, E74-E78 (1997).
- (11) 片野, 齊藤, 河本: 美術館・博物館展示用光源による天然色素染色布の変退色防止効果, 照学誌, 83, pp.314-319 (1999).
- (12) JIS Z 8730-1980: 「色差表示方法」.

(受付日2002年1月28日/採録日2002年10月4日)

霜鳥 真意子 (正会員)

昭和47年3月13日生まれ。平成7年3月共立女子大学家政学部被服学科卒業。平成9年3月共立女子大学大学院家政学研究科被服学専攻修士課程修了。同年4月共立女子大学家政学部被服管理研究室教育助手。平成14年3月退職。文化財保存修復学会会員。

河本 康太郎 (専門会員)

社団法人日本電球工業会

1962年3月大阪大学工学部電気工学科卒業。同年4月株式会社東芝入社。1992年4月東芝ライテック株式会社に移籍。1998年11月より、社団法人日本電球工業会勤務。照明学会光放射の応用・関連計測研究専門部会委員長。日本照明委員会第6部会国内委員会委員長。中央大学、神奈川大学非常勤講師。

齊藤 昌子 (正会員)

共立女子大学家政学部被服学科

昭和18年2月18日生まれ。昭和40年3月共立女子大学家政学部被服学科卒業。昭和50年3月お茶の水女子大学大学院家政学研究科修士課程修了。昭和50年4月共立女子大学家政学部被服学科助手。専任講師、助教授を経て、現在教授。繊維製品の劣化、変退色、保存、管理、特に染織文化財の保存、管理について研究。日本家政学会、日本油化学会、文化財保存修復学会、繊維学会会員。学術博士。