

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：82620

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K01098

研究課題名（和文）白色LED光照射に伴う蛍光性有機染料の変退色挙動とその抑制

研究課題名（英文）Study of color deterioration of fluorescent dyestuffs under white LEDs illumination

研究代表者

吉田 直人（YOSHIDA, NAOTO）

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・保存環境研究室付

研究者番号：80370998

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：黄色染料を絹布に染色したサンプルを用いた実験、検証により、以下の知見を得た。（1）同じ白色LEDでも、色温度が高いほど、つまり青色光の寄与が大きいほど、反射光に対する蛍光の量が大きい。（2）異なる波長帯での長期照射実験により、照射光が短波長であるほど、変退色速度が早いことを確認した。（3）さらに、耐光性の低い染料では、吸収ピークより短波長側の光照射で、変退色や反射スペクトルの変化が著しくなることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内では、博物館等における展示照明の白色LED化が急速に進んでいる。一方で、展示物の変退色抑制を主眼とした照度基準や積算照度基準は、従来光源であるハロゲンランプや蛍光ランプの時代に提示されたものであり、これらとは発光原理、発光特性（分光分布）などが異なる白色LED光にそのまま適用されることが適切かどうかの実証的研究はないままであった。今回の研究では、特に白色LED光に特長的な狭い波長帯での鋭い発光ピークに着目し、特定波長帯での黄色染料への照射試験により、波長帯による相対的な変退色、色差増大の差を染料の吸収特性との関連で明らかにし、白色LED時代の安全な展示に資する知見を得た。

研究成果の概要（英文）：The following findings were obtained through experiments and verifications using samples of yellow dyestuffs on silk fabric. (1) Even with the same white LED, the higher the color temperature, that is, the greater the contribution of blue light, the greater the amount of fluorescence with respect to the reflected light. (2) By long-term irradiation experiments in different wavelength bands, it was confirmed that the shorter the wavelength of the irradiation light, the faster the discoloration / fading rate. (3) Furthermore, it was demonstrated that with dyes having low light resistance, discoloration and fading and changes in the reflection spectrum become remarkable when light is irradiated on the wavelength side shorter than the absorption peak.

研究分野：文化財保存科学

キーワード：染料 LED 展示照明

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

染織品や絵画で使用される有機染料のうち蛍光性を有するものは、従来の展示照明であるハロゲンランプや蛍光灯と比較して短波長成分が多い白色 LED 光照射下では蛍光強度が高くなるため、変退色速度にも相違が生じる可能性を想定したが、このことについては先行研究が存在しなかった。

### 2. 研究の目的

蛍光性有機染料の白色 LED 光照射下における変退色の経時変化やその様態を実測し、文化財保護に必要な展示照度基準や積算照度基準を検討する上での基礎的な情報を得ることを目的とするものである。

### 3. 研究の方法

定法の染織技術に準じた方法で染色サンプルを作成し、これを LED 等の光源下で長期照射し、定期的に反射スペクトルや色差測定を行って、変退色等の経時変化を把握する。また、バンドパスフィルターにより、白色光から抽出した特定の波長帯の光での長期照射試験も行い、白色 LED 光に特有の、狭い波長域での強い発光による影響を詳細に検討する。

### 4. 研究成果

(1) 平成 30 年度は本研究の初年度として、蛍光性有機染料の白色 LED 光を照射した際の発光、発光による視覚への影響について、黄色染料である黄檗等による染織布による検証を行った。その結果として、同じ白色 LED でも、色温度が高いほど、つまり青色光の寄与が大きいほど、反射光に対する蛍光の量が多い。これは、染料が青色光により励起されることから、予想されたことであるが、反射スペクトル測定によって実証できた。また、励起波長帯に相当する光をカットしたうえで、染織布を照射した場合の反射スペクトルを比較することによって、蛍光を発する場合とそうではない場合との色差を求めたところ、数値としては小さいものの、蛍光の発生は、視覚による色彩への影響となって表れることを示唆する結果を得た。また、白色 LED 光の色温度、照度による色彩への影響に関しては、実資料(浮世絵)による実験を行った。その結果、単に反射光のみではなく、色温度、照度に依存していると考えられる、表面での拡散反射の状態が視覚的な色彩に何らかの影響を与えていることも示唆された。

(2) 先述の平成 30 年度の結果を受けて、平成 31・令和元年度は、染色試料の染料や支持体からの蛍光の強さと変退色挙動の関係性を明らかにするため、新たに構築した実験システム(写真 1)を使い、可視光領域の中で、複数の単色光で長期照射した際の、可視反射スペクトルと色差の経時変化の測定に着手した。これは、短波長になるほど染料分子の励起と蛍光が増加し、その影響で長波長側とは異なる変退色挙動を示すのではとの想定に基づくものである。絹布とこれにカルミン酸を染色した試料では、短波長になるほど、色差の変化が早いことが明らかになりつつあり、蛍光強度との関連を検証するにあたって、有意義なデータが得られた。

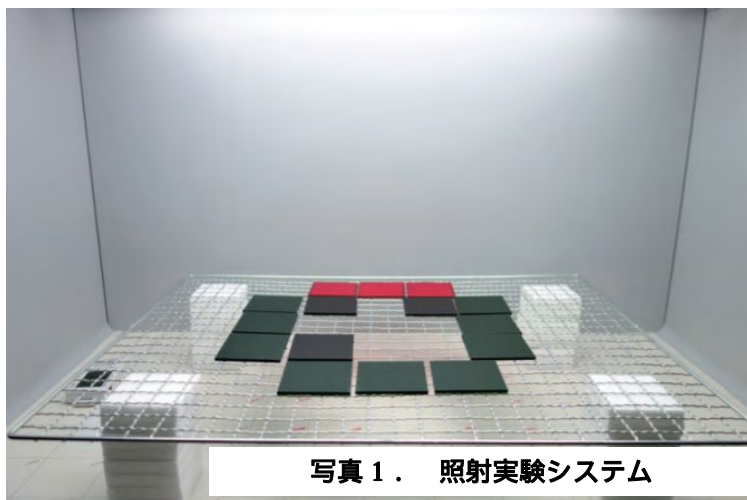


写真 1. 照射実験システム

(3) 最終年度である令和 2 年度は、前年度の結果を受けて、カルミン酸と併せて、絹布に染色したクルクミンとサフラワイエローを対象に、短波長光の長期照射実験を行った。その結果、クルクミンとサフラワイエローでは、それぞれの吸収波長帯より短波長側の光を照射した際には、漸次吸光度が減少すること、これに合わせて、色差が増大することが認められた。一方、吸収波長帯より長波長側の光照射では、吸光度の変化はみられなかった。上記 2 種のサンプルでは、吸収ピークと重なり大きい波長帯の光で照射した際に、より吸光度減少と色差増大のスピードが大きくなることを示唆するデータが得られた。一方、カルミン酸では、照射波長域によら

ず、吸光度および色差の変化は、他の2種と比較して非常に小さかった。この色素は、一般的にも光に対して堅牢とされているが、明礬のアルミニウムとの結合により、励起状態から基底状態への遷移時間が極めて短くなることが理由である可能性がある。これについては、異なる媒染剤の場合での検証などがさらに必要であり、今後の課題としたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 相馬 静乃・吉田 直人・佐野 千絵	4. 巻 60
2. 論文標題 特定波長域を遮光した光照射下における 黄色系染料を主とした有機染料の変退色挙動	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 保存科学	6. 最初と最後の頁 51-60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田直人、石井恭子
2. 発表標題 白色 LED の発光特性と彩色絵画の色彩との関係について
3. 学会等名 文化財保存修復学会第40回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	相馬 静乃  (SOMA Shizuno)	東京文化財研究所・保存科学研究センター・研究補佐員  (82620)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------