

# 博物館展示照明が色材料に 及ぼす作用効果 (I)

神 庭 信 幸

---

1. 序論	3. 照明光源の放射により展示資料に生じる作用効果
1-1 問題提起	3-1 作用効果
1-2 公開のための条件	3-2 ハリソンの損傷係数
1-3 退色測定のための標準試料	3-3 反応特性曲線と分光反応度曲線
1-4 光化学反応と影響を及ぼす様々な要因	3-4 反応度の基準値D <sub>0</sub>
2. 色材料の退色に関する研究事例	4. 退色促進試験における照射条件
2-1 色材料	4-1 相反則不軌
2-2 退色促進方法	4-2 複合効果
2-3 退色評価方法	5. 結論

---

## 1. 序 論

### 1-1 問題提起

本論は、博物館における展示照明が展示資料に及ぼす劣化や退色などの作用を、数量的に把握するための基礎研究の一部である。今回は、過去に行なわれた研究・実験例をもとに、実験方法あるいは公開条件に見られる問題点を明らかにし、今後の研究の方向を導き出すことを目的とした。

一般に博物館照明の強さは、肉眼が感じる明るさの単位—照度—によって論じられるために、資料を見るために必要な照明の強さと、資料の退色や劣化を招く照明の強さの区別が正しく理解されていない。明るさとは肉眼に入射した光が引き起こす作用であり、その大きさは入射光の分光放射スペクトルと比視感度曲線により決定される。比視感度とは肉眼が光に対して示す特性で、555 ナノメートルに反応のピークを持つ。

一方、展示資料の光に対する特性は比視感度とは異なり、赤外線を含む赤色側の光に敏感なもの、紫外線を含む青色側の光に敏感なものなど、特性曲線に幾つかの類型があることが分かっている。つまり、照度により表わされる作用量が資料の受ける作用量と必ずしも一致するとは限らず、例えば555 ナノメートルから大きく外れた位置に

反応のピークを持つ資料にとって、照度の大きさは意味を持たないことになる。

しかし、それぞれの材料に備わった具体的な特性曲線の形状に関しては未解決の問題である。

## 1-2 公開のための条件

展示照明には、1)展示対象を傷めることなく照し出す、2)太陽光の下で鑑賞した場合と同等な色彩感覚あるいはバランスを再現できる、3)観賞者に心理的不快感を与えないことなど大きく三つの点が要求される。それぞれ保存、演色、居住性（心理的な快適度）に重点が置かれている。ここでは1)に関して、資料の保存を考慮したときに採用される展示照明の照度について取り上げる。勿論、演色性あるいは居住性の問題と照度とは強く関係するが<sup>29)31)91)100)110)</sup>、問題点を簡略化するためにそれらとの関連については触れない。

展示資料は、それを構成する材料によって光に対する強さ（耐光性あるいは堅牢度）は異なる。例えば、染色された布の類は比較的退色が早く、漆器や油彩画のようなものはそれに比べて緩やかである。表1に示す数字は現在世界各地で使用されている推奨照度と、過去に推奨されたことのある照度の幾つかをまとめたものである。

表1 美術館・博物館における展示照明の推奨照度

(単位はルクス)

		文化庁 67) (1970)	ICOM 86) (1977)	カルコン レポート 88) (1977)	JIS規格 93) (1979)	G.Thoms- on 119) (1985)	IES 127) (1987)
光に非常に敏感なもの	染織品、衣装、タピストリー、水彩画、日本画、素描、手写本、切手、印刷物、壁紙、染色した皮革品、自然史関係標本	150以下 (特に脆弱なものは30日以内)	50	100 (1日10時間、年50日で積算照度 50000 l x・h)	150—300 (自然史関係標本は75—150)	50	50 (1日8時間、年300日で積算照度 120000 l x・h)
光に比較的敏感なもの	油彩画、テンペラ画、フレスコ画、皮革品、骨、角、象牙、木製品、漆器	150以下	150—180		300—750	200	75 (1日8時間、年300日で積算照度 180000 l x・h)
光に敏感ではないもの	金属、石、ガラス、陶磁器、宝石、エナメル、ステンドグラス		特になし		750—1500		

光に対して最も脆弱な染織品や、日本画を含む水彩画あるいは彩色写本の類は一致して50ルクス以下である。それらよりもやや耐光性のある油彩画や漆器に対しては75ルクス、150ルクス、200ルクスの三段階の条件が存在している。Thomsonは以前150ルクスを推奨していたが<sup>52) 80) 90) 91) 92)</sup>、1985年からは200ルクスにしている<sup>119)</sup>。その根拠として、Loe等が行なった絵画鑑賞に好ましい展示空間に関する実験<sup>100)</sup>において、色彩や形の識別力および絵画に感じる質的評価、そして照明光源に対して下す質的評価は照度の上昇と共に高くなり、特に200ルクスまでは急激に上昇するが、200ルクスを越えると割合が急激に減少することが判明した点が挙げられる(図1)。保存と鑑賞の両面を考慮した時、最も効果的な照度を200ルクスにしたものと考えられる。

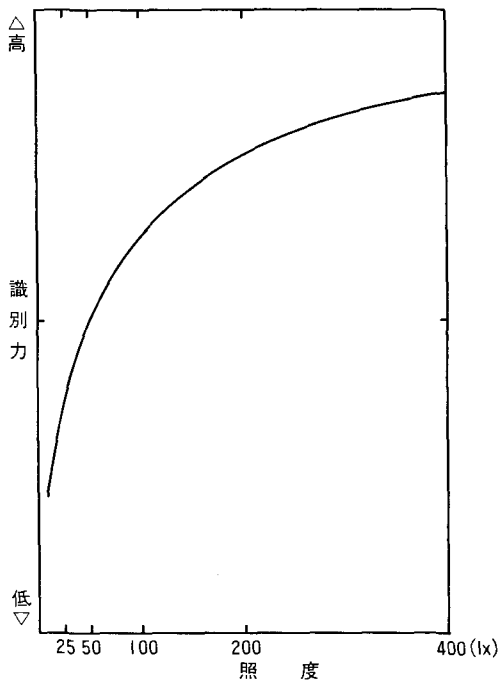


図1 照度と絵画の細部や色彩の識別力

(Loe, D. L., Rowlands, E., Watson, N. F., 'Preferred lighting condition for the display of oil and watercolour paintings', *Light research and technology*, 14(1982), 173—192より)

50ルクスから200ルクスまでのいずれの条件も展示が原則的に一年を通じて常時行なわれることを想定したものであり、50ルクスの場合の年間の積算照度は、展示期間を年間300日、1日8時間として120,000ルクス・時間(50ルクス×8時間×300日=120,000ルクス・時間/年)である。同様にして75ルクスは180,000ルクス・時間/年、150ルクスは360,000ルクス・時間/年、200ルクスは480,000ルクス・時間/年の積算照度になる。

ここに取り上げた推奨照度の中で、JIS規格<sup>99)</sup>だけが特に照度が高いように思う。その理由として考えられることは、国内では光に対して敏感な資料が年間を通じ

て展示されることは稀で、普通には100日前後あるいはそれ以下の展示期間であるために、先に示した積算照度から逆に、展示期間を基に照度を決めていると考えられる。つまり、展示期間を年間4カ月とすれば、染織品に対する照度は50ルクスから150ルクス位まで上げることが可能となる。

また、文化庁の指針<sup>87)</sup>は以上の条件から判断する限りかなり厳しい条件であり、年間の積算照度は50,000ルクス・時間前後になる。

### 1—3 退色測定のための標準試料

染織布の太陽光に対する堅牢度または耐光性を測定するときに、ブルー・スケールが退色標準として使用される。スケールは1級から8級までの8種類の青色染料を羊毛布に染め付けたものを使用する。染料の日光堅牢度は1級が最も低く、8級が最も高い。使用方法<sup>108)</sup>は、堅牢度を測定する試験片とブルー・スケールとを同一条件下(直射日光下)に置き、試験片の退色と同程度の退色を示すスケールの等級を試験片の堅牢度とする。試験片およびブルー・スケールの退色量はグレー・スケール<sup>102)</sup>により肉眼で測定する。

Feller<sup>81) 82)</sup>は、ブルー・スケールを博物館照明に応用することを試みた。一般の工業製品の退色試験標準として頻繁に使用されるブルー・スケールに対して、照射光量と退色量との量的関係を求める研究がしばしば試みられているが<sup>10) 25) 34) 38) 39) 41)</sup>、太陽光に含まれる紫外線量や試験片を置く場所の温湿度環境の相違等、他の様々の因子の影響によって明確な関係を捕えることは難しいとされている。一方、博物館環境のように人工照明、自然光照明を問わず、基本的にはほとんどの紫外線が除去され、かつ温湿度も20℃、60%RH付近に保たれていることが予想される場所では、色材料の時間的安定性を表わすのにブルー・スケールが役立つことをFellerは見付け出した。年間の積算光量が1,500,000ルクス・時間(約500ルクス)の北向きの自然光照明によって照された壁に掛けたブルー・スケールが図2のような挙動を示すことから、スケールの等級と博物館資料の光化学的安定性を表2のように対応させた。図2の縦軸は、グレー・スケールで表わした退色量、横軸は時間を対数目盛で表示してある。現在の色彩を保ちえるおおよその目安をクラス別に、Cクラスは20年以下、Bクラスは20—100年、Aクラスは100年以上としている。照度を500ルクスから150ルクスに下げれば、それぞれのクラスは約3倍ずつ安定性が延びることになる。

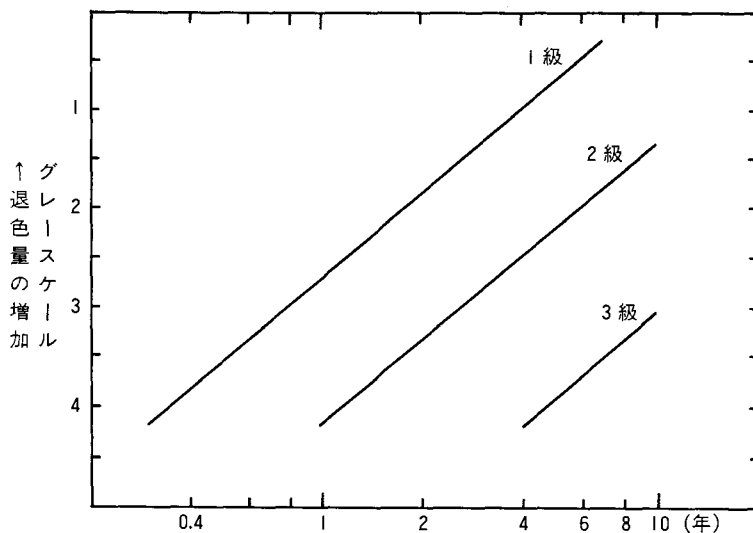


図2 自然光照明の北壁に掛けたブルー・スケール (BS1006:1971) の1級, 2級, 3級の退色時間  
(Feller, R. L., 'Studies on photochemical deterioration', ICOM Committee for Conservation, Venice (1975), 75/19/4より)

表2 博物館資料の光化学的安定性

分類	耐光性	期間	対応するブルー・スケール (BS1006:1971)
C	非常に脆弱	20年以下	3級以下
B	中程度	20—100年	3級—6級
A	非常に堅牢	100年以上	6级以上

(Feller, R. L., 'Studies on Photochemical Deterioration', ICOM Committee for Conservation, Venice (1975), 75/19/4より)

#### 1-4 光化学反応と影響を及ぼす様々な要因

光放射による色材料の退色は、光化学反応として捕えることができる。光化学反応には二つの重要な法則がある。第一は、グロツス・ドレイバーの法則と呼ばれる光化学第一法則である。この法則は物質により吸収された光のみが光化学反応を引き起こし、反射あるいは透過した光は反応に関与しないというものである。例えば、青色光のみを吸収する物質は青色光により反応が引き起こされる可能性がある。一般的に、光化学反応が生じた場合には、吸収された光の内のいずれかが反応に関与している訳であるが、その逆は成立しない。

第二は、アインシュタインにより提唱された光化学第二法則である。この法則は、

光の吸収は常に光量子を単位として行なわれ、吸収は常に原子や分子が一時に一個の光量子をとり込むかたちで行なわれることを述べている。1モルの分子がそれぞれ1個の光量子を吸収したときのエネルギーは：

$$E = N h \nu = N h \frac{C}{\lambda}$$

$$= \frac{11.96 \times 10}{\lambda} \text{ (kJ/mol, 0.1nm)}$$

N：アボガドロ数  $6.022 \times 10^{23}$

h：プランク定数

c：光速

$\lambda$ ：波長

$6.022 \times 10^{23}$  個の光量子が吸収されたときに励起される分子数が1モルであり、そのときのエネルギーが1アインシュタインである。例えば、400ナノメートルの波長の光の1アインシュタインは、励起状態と基底状態のエネルギー差が1モルにつき299 kJの分子を励起するエネルギーに対応している。光の波長とエネルギーとの対応関係は表3のようになる。これから分かるように、波長が短い光ほど光化学反応を起こしやすい。

表3 光の波長とエネルギー

光の波長 (nm)	エネルギー (kJ/mol)
350	341.7
400	299.0
450	265.6
500	239.2
550	217.5
600	199.5
650	184.0
700	170.8
750	159.4
800	149.5
850	140.7
900	132.8

第一法則から、物質の吸収スペクトルを見れば、少なくとも吸収されない光は反応に影響を与えないことが分かる。McLaren<sup>19)</sup>は、退色に最も強く作用するスペクトルは、その物質の日光堅牢度と密接に係わることを示した。羊毛に染め付けた百数十種類の染色試験片に対する実験から、光化学反応を生じさせる波長にはある臨界値があり、この値以下の波長が反応を促進させることができることを述べている。図3は、青色光から赤色光にかけてのスペクトル領域が退色に関与する割合を、試験片の日光堅牢

度に対して示したものである。試験片の90パーセント以上が実線で囲まれた領域に納まることから、堅牢度の低いものがより青色から赤色の可視領域の光から作用を受けやすいと言える。つまり臨界波長は堅牢度の上昇と共に短くなる訳である。

変退色に作用する他の因子として、酸素、水分、温度そして顔料あるいは染料を保

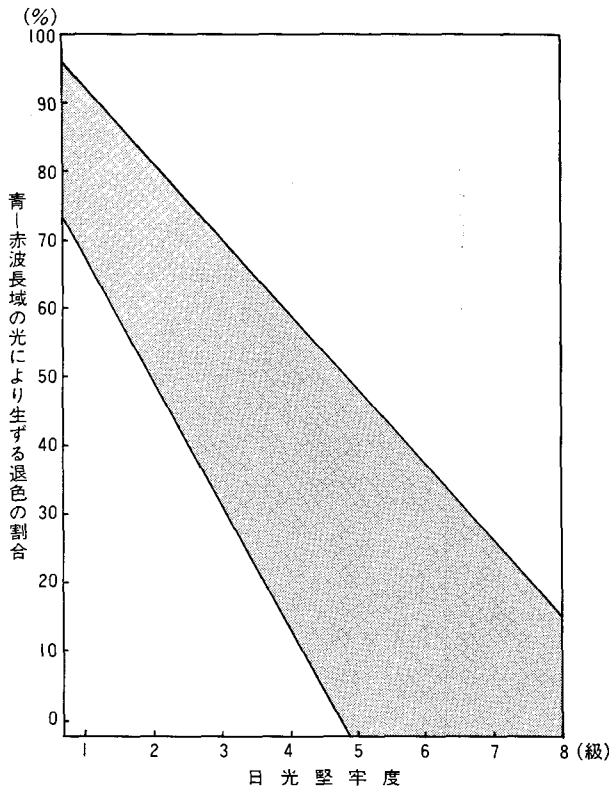


図3 染料の日光堅牢度と青—赤波長域の光が退色に関与する割合  
(McLaren, K., 'The spectral regions of daylight which cause fading', Journal of the society of dyers and colourists 72(1956), 86—99より)

持っている支持体を考える必要がある。McLaren<sup>40)</sup>は、アゾ染料を木綿布に染め付けた試験片により、相対湿度の上昇と耐光性との関係を調べ、退色の割合は木綿繊維に吸着される水分量、つまり相対湿度と密接な関係があることを示した。図4は耐光性と相対湿度との関係を示したものである。

また、Russell・Abneyの報告書<sup>43)</sup>、あるいはKuhn<sup>42)</sup>や登石<sup>23)</sup> 42)等の研究により、無酸素の状態の方が空气中に置かれた状態と比べて明らかに変退色の割合が小さくなることが分かっている。

染料の耐光性は、また、媒染剤や染め付けられた繊維の種類によっても左右される<sup>38)</sup> 126)。例えば、藍は木綿布より羊毛布に染めた方が退色しにくく、茜はその逆である。また、クロム媒染のものが他の媒染剤を使用したものに比べ耐光性に優れている。

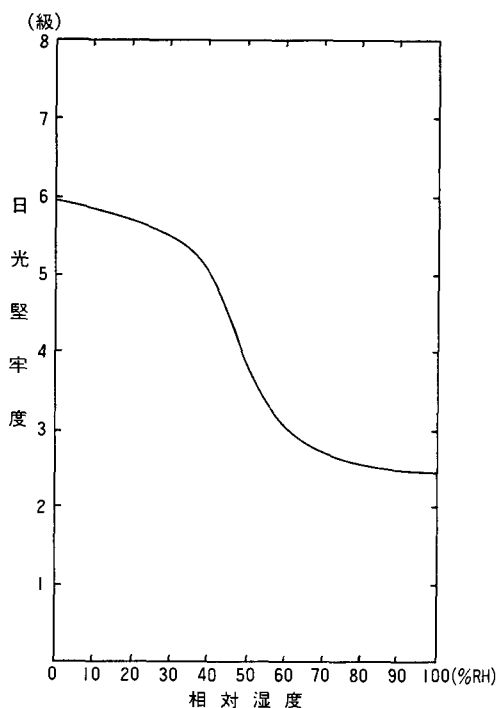


図4 相対湿度が日光堅牢度に及ぼす影響

(McLaren, K., 'The importance of temperature and relative humidity in light-fastness testing; A correction', Journal of the society of dyers and colourists, 78(1963), 34-36より)

## 2. 色材料の退色に関する研究事例

退色実験に関する幾つかの事例を表4に示す。ここで扱う事例は原則として博物館資料の保存の面から行なわれた研究であるが、参考としてその他の分野にも例を求めた。それぞれの事例を、1) 実験者、2) 色材料、3) 退色促進法、4) 退色評価法、5) 実験結果、の各項目に従いまとめた。

### 2-1 色材料

退色試験に用いられる色材料はほとんどの場合が天然染料あるいは無機顔料である。現在までのところ博物館資料の中に見られる色材料のほとんどはこれらの中に含まれているが、今後は合成染料あるいは有機顔料の割合が増すことが予想される。有機顔料は主としてアゾ顔料、フタロシアニン顔料、キナクリドン顔料である。

### 2-2 退色促進方法

試験片に照射する光の種類によりスペクトル・バンド法と非スペクトル法とがあ



表4 退色実験研究の事例

<p>1) Russell, W.J., Abney, W. De W. (1888)<sup>43)</sup></p> <p>2) ウィンザー&amp;ニュートン社製水彩絵具(カーマイン, クリムソンレーキ, パープルマダー, スカーレットレーキ, パイニーズグレー, ネーブルスイエロー, オリーブグリーン, インジゴ, ブラウンマダー, ガンボージ, バンダイクブラウン, ブラウンピンク, インディアンイエロー, カドミウムイエロー, レイヒブルー, バイオレットカーマイン, パープルカーマイン, パーマネントブルー, アントワープブルー, マダーレーキ, パーミリオン, エメラルドグリーン, バートアンバー, イエローオーカー, インディアンレッド, ベネチアンレッド, バートシエンナ, クロムイエロー, レモンイエロー, ローシエンナ, テールベルト, クロムオキシサイド, プルシアンブルー, コバルトブルー, フレンチウルトラマリン, ウルトラマリンアッシュ)</p> <p>3) 乾燥空气中, 高湿度中, 高湿度+水素ガス, 真空中, 赤緑青色ガラスのそれぞれの条件下で太陽光を約2年間照射</p> <p>4) 各絵具毎に作った8種類の濃度階調の半分を覆って日光を照射。実験後に被覆部分と照射部分とを比較して, 変化が認められる限界の濃度を堅牢度とする。</p> <p>5) 不安定な順に並べると次のようになる。カーマイン, クリムソンレーキ, パープルマダー, スカーレットレーキ, パイニーズグレー, ネーブルスイエロー, オリーブグリーン, インジゴ, ブラウンマダー, ガンボージ, バンダイクブラウン, ブラウンピンク, インディアンイエロー, カドミウムイエロー, レイヒブルー, バイオレットカーマイン, セピア, オーレオリン, ローズマダー, パーマネントブルー, アントワープブルー, マダーレーキ, パーミリオン, エメラルドグリーン, バートアンバー。</p> <p>変化の認められない顔料は, イエローオーカー, インディアンレッド, ベネチアンレッド, バートシエンナ, クロムイエロー, レモンイエロー, ローシエンナ, テールベルト, クロムオキシサイド, プルシアンブルー, コバルトブルー, フレンチブルー, ウルトラマリンアッシュ。</p> <p>水分と酸素の影響は重大である。真空中ならばパーミリオンを除いてほとんどの顔料に変化が認められない。太陽光の内, 青から紫の領域の光が退色に大きな影響を及ぼす。混色された顔料は, 不安定なものが先に退色し, 安定なものは後に残る。</p>
<p>1) McLaren, K. (1956)<sup>19)</sup></p> <p>2) 117種類の合成染料。</p> <p>3) 300, 360, 400, 460, 600nm以下の光をそれぞれ吸収するフィルターを用い, 直射日光を照射。</p> <p>4) 分光反射スペクトル</p> <p>5) 退色に最も関与する波長領域は物質の耐光性により変化する。物質に特有な臨界波長があり, 光化学反応はこの波長以下の光により起こる。不安定なものほど臨界波長が長波長側にある。</p>
<p>1) Thomson, G. (1957)<sup>20)</sup></p> <p>2) Caledon Jeda Green 4G, Indanthrene yellow 7GK, Caredon yellow 5G, Caledon Brilliant Orange 4Rのそれぞれを木綿布に染色。</p> <p>3) 3650Å 200μw/cm<sup>2</sup>, 4047—4358Å 200μw/cm<sup>2</sup>, 5461—5780Å 200μw/cm<sup>2</sup>の単色光を15カ月間照射。</p> <p>4) 色差(詳細は不明)</p> <p>5) 黄緑光, 青色光, 紫外線の順に影響が大きくなる。黄緑光によってもかなりの変化は生じる。</p>

表4のつづき

<p>1) 新井農夫男, 本馬達夫 (1959)<sup>21)</sup></p> <p>2) ニッポンファストイエローBC (住友), ニッポンファストイエローA (住友), ニッポンファストオレンジS (住友), ダイアコットオレンジR (三井), ジャパノールファストレッドF (住友), ダイレクトグリーンBコンク (化薬), ニッポンファストターコイズブルーGコンク (住友), ニッポンブルーBBコンク (住友), ニッポンファストバイオレットBBコンク (住友), ダイレクトバイオレットLN (化薬), ジャパノールブラウンM (住友), ニッポンブラウンCBコンク (住友), ダイアコットファストブラックDコンク (三井), ダイレクトブラックBH (化薬)。</p> <p>3) 直射日光 5, 10, 15, 20, 30時間照射, フェードメータにより 37klx を 5, 10, 20, 40時間照射, 蛍光灯, 白熱電球, 殺菌灯により 900lx を 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500時間照射。</p> <p>4) 分光反射率, K/S値</p>																			
<p>1) 登石健三, 見城敏子 (1963)<sup>42)</sup></p> <p>2) 鉛丹, 朱, 黄土, 朱土, 洋紅</p> <p>3) 真空, 1気圧の酸素, 1気圧の二酸化炭素の各条件で試験片をガラスに封入し, 蛍光灯により 2000lx を 1時間から 4000時間照射。</p> <p>4) 分光反射スペクトル, 色度図 X Y Z および明るさ Y。</p>																			
<p>1) Padfield, T., Landi, S. (1966) <sup>55)</sup></p> <p>2) アリザリンレーキ, ラック, カーマイン, うこん, インジゴ, ブラジルウッド, ロックウッド, サフラン, 紅花, マダー, コチニールなど約 40種類の天然染料。</p> <p>3) 直射日光で 500000から 2500000lx・hour, 蛍光灯 16000から 20000lx で 6500000から 9100000lx・hour の照射。環境の気温は 16から 20℃, 試料表面の温度は 30℃ 以下。</p> <p>4) ブルースケールとグレースケール。</p> <p>5) すべての天然染料は 5000000lx・hour の蛍光灯照明により大きく退色した。直射日光の場合は更に早い。コチニール, インジゴ, プルシアンブルー, マダーなどが高い耐光性を示した。インジゴを除き後はアントラキノ系系の染料である。耐光性は媒染剤や繊維の種類によるところが大きい。例えばインジゴは木綿布より羊毛布の方が強い。マダーはその逆である。</p>																			
<p>1) 佐藤吉昭 (1973)<sup>78)</sup></p> <p>2) 人間の皮膚</p> <p>3) 250—310nm にかけて 10nm 間隔の単色光。290nm で 20000μw・sec/cm<sup>2</sup>。</p> <p>4) 紅斑を肉眼により観察。</p>																			
<p>1) Duff, D.G., Sinclair, R.S., Stirling, D. (1977)<sup>85)</sup></p> <p>2) ロックウッド, アリザリン, コチニール, ラック, インジゴ, スルフォネイトインジゴ, オウボク, ペルシアンベリー</p> <p>3) 500W 水銀ランプを試料面から 20cm 離し, 20時間毎の測定で 240時間の照射。</p> <p>4) 色差 ΔE (CIE 1976 LAB)</p> <p>5)</p> <table border="1" data-bbox="299 1555 1049 1705"> <thead> <tr> <th>染料 (媒染剤)</th> <th>色差 ΔE</th> <th>グレースケール</th> <th>ブルースケール</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ロックウッド (Cr)</td> <td>0.8</td> <td>4—5</td> <td>6—7</td> </tr> <tr> <td>アリザリン (Al)</td> <td>3.6</td> <td>4</td> <td>5—6</td> </tr> <tr> <td>アリザリン (Sn)</td> <td>6.1</td> <td>3—4</td> <td>5—6</td> </tr> </tbody> </table>				染料 (媒染剤)	色差 ΔE	グレースケール	ブルースケール	ロックウッド (Cr)	0.8	4—5	6—7	アリザリン (Al)	3.6	4	5—6	アリザリン (Sn)	6.1	3—4	5—6
染料 (媒染剤)	色差 ΔE	グレースケール	ブルースケール																
ロックウッド (Cr)	0.8	4—5	6—7																
アリザリン (Al)	3.6	4	5—6																
アリザリン (Sn)	6.1	3—4	5—6																

表4のつづき

染料 (媒染剤)	色差 $\Delta E$	グレースケール	ブルースケール
コチニール (Sn)	7.9	3	4
ラック (Sn)	8.7	3	3-4
インジゴ	5.0	3-4	5-6
スルフォネイトインジゴ	29.8	1	1-2
オウボク (Sn)	19.0	1-2	1-2
ペルシアンベリー (Sn)	30.6	1-2	2
ペルシアンベリー+インジゴ	15.8	1	1-2

1) Thomson, G (1978) <sup>91)</sup>			
非常に堅牢な色	堅牢な色	ほぼ堅牢な色	不安定な色
オーピメント (As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> )	バリウムイエロー (BaCrO <sub>4</sub> )	ベルディグリス (Cu(C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> · 2Cu (OH) <sub>2</sub> )	バンダイキブラ ウン (アスファ ルト)
炭酸カルシウム (CaCO <sub>3</sub> )	マンガンズブルー (BaMnO <sub>4</sub> + BaSO <sub>4</sub> )	樹脂酸銅 (天然樹脂+銅)	その他の天然染 料を用いた顔料
ブラック (C)	カドミウムオレンジ (CdS(Se))	クロムイエロー (PbCrO <sub>4</sub> )	
ピルジアン (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 2H <sub>2</sub> O)	プルシアンブルー (Fe <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] <sub>3</sub> )	クロムレッド (PbCrO <sub>4</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> )	
クロムオキシド (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	パーミリオン (HgS)	スマルト (コバルトガラス)	
コバルトブルー (CoO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	ジンクイエロー (4ZnO · 4CrO <sub>3</sub> · K <sub>2</sub> O · 3H <sub>2</sub> O)	ガンボージ (ガム樹脂)	
セルリアンブルー (CoO · nSnO <sub>2</sub> )	フタロシアニンブル ー (フタロシアニン系 顔料)	インジゴ	
コバルトバイオレッ ト (Co <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> )	フタロシアニングリ ーン (フタロシアニン系 顔料)		
アズライト (2CuCO <sub>3</sub> · Cu(OH) <sub>2</sub> )	ハンザイエロー (アゾ系顔料)		
マラカイト (CuCO <sub>3</sub> · Cu(OH) <sub>2</sub> )	キナクリドンレッ ド (キナクリドン系顔 料)		
オーカー (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · MnO <sub>2</sub> )	キナクリドンバイ オ レット (キナクリドン系顔 料)		
ネーブルスイエロー (Pb <sub>3</sub> (SbO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> )	マダーレーキ (アリザリン)		
レッド・チン・イエ ロー (Pb <sub>2</sub> SnO <sub>4</sub> )			
ウルトラマリン (Na <sub>8</sub> Al <sub>6</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>24</sub> S <sub>4</sub> )			
鉛白 (2PbCO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> )			
チタニウムホワイト (TiO <sub>2</sub> )			
藍鉛華 (ZnO <sub>2</sub> )			

表4のつづき

<p>1) Nakagawa, T. (1982)<sup>104)</sup>                  2) Lithospermi Radices                  3) 200℃で加熱                  4) 反射スペクトル, 赤外線吸収スペクトル                  5) 分子量の小さいものがより昇華しやすい。明るい赤色の方がより昇華しやすい。暗い紫は昇華しにくい。</p>																								
<p>1) Bowmann, G.J., Reagan, B.M. (1983)<sup>101)</sup>                  2) うこん, 茜, 藍                  3) 白熱灯, 蛍光灯, ハロゲンランプと紫外線吸収フィルターおよび赤外線吸収フィルターを組合せ, 1615lxで100, 200, 300, 400時間の照射。                  4) K/S値                  5) 茜, 藍, うこんの順に耐光性が高い。フィルターで紫外線および赤外線を取り除いた方が退色が小さい。</p>																								
<p>1) 森田恒之 (1985)<sup>112)</sup>                  2) 民族資料に見られる染色部。                  3) 展示室のクールビーム型の白熱灯照明。                  4) 資料表面の温度分布, 分光反射スペクトル, 赤外線吸収スペクトル。                  5) 熱分布と退色部位に一致が見られる。退色は染料の分解ではなく, 量的な減少により生じる。</p>																								
<p>1) 見城敏子 (1985)<sup>111)</sup>                  2) ローダミンB, 密陀僧。                  3) 単色光の照射。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>nm</th> <th>erg/cm<sup>2</sup>, sec × 10<sup>5</sup></th> <th>nm</th> <th>erg/cm<sup>2</sup>, sec × 10<sup>5</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>699</td> <td>0.162</td> <td>441</td> <td>0.330</td> </tr> <tr> <td>647</td> <td>0.186</td> <td>390</td> <td>0.300</td> </tr> <tr> <td>596</td> <td>0.195</td> <td>338</td> <td>0.255</td> </tr> <tr> <td>544</td> <td>0.260</td> <td>287</td> <td>0.084</td> </tr> <tr> <td>498</td> <td>0.303</td> <td>235</td> <td>0.010</td> </tr> </tbody> </table> <p>4) 色差△E                  5) 密陀僧は441nm以下の光に敏感, 498nm以上には比較的安定。ローダミンBは338-596nmの範囲で比較的敏感。</p>	nm	erg/cm <sup>2</sup> , sec × 10 <sup>5</sup>	nm	erg/cm <sup>2</sup> , sec × 10 <sup>5</sup>	699	0.162	441	0.330	647	0.186	390	0.300	596	0.195	338	0.255	544	0.260	287	0.084	498	0.303	235	0.010
nm	erg/cm <sup>2</sup> , sec × 10 <sup>5</sup>	nm	erg/cm <sup>2</sup> , sec × 10 <sup>5</sup>																					
699	0.162	441	0.330																					
647	0.186	390	0.300																					
596	0.195	338	0.255																					
544	0.260	287	0.084																					
498	0.303	235	0.010																					
<p>1) Crews, P.C. (1987)<sup>126)</sup>                  2) オウボク, 茜, うこん, もくせいそう, コチニール, インジゴ                  3) 2500Wキセノン・アーク灯ウエザオメータ                  4) 色差△E (CIE1976LAB)                  5) Gilesによる退色傾向分類で, コチニール, インジゴ, オウボク (Cr<sub>2</sub>媒染) がタイプⅢ, その他がタイプⅡ。</p>																								

### 3. 照明光源の放射により展示資料に生じる作用効果

る。後者は、タングステン灯、蛍光灯、太陽光など実際の博物館照明に使用されている光源や、キセノン・アーク灯などを使用したウエザオメータにより紫外線域から可視光域そして近赤外域にわたる幅広い波長域の放射を一度に照射する方法である。前者は、目的とする波長域の照射光を適当な幅のスペクトルに分解して、試験片に照射して退色を起こさせる方法である。

研究事例のほとんどが非スペクトル法を採用している。初期的な段階において、退色の全体的な傾向を理解するためにはこの方法は適していると言える。しかし、光源のスペクトル分布や照射時間と退色量とのより細かな議論を行なうためにはスペクトル・バンド法を用いる必要がある。

#### 2-3 退色評価方法

退色の過程あるいは結果を数量的に把握する方法としては、1) 分光反射スペクトルを測定し、形状の変化を見る、2) 分光反射スペクトルを用い、クペルカ・ムンク理論のK/S値の算出、3) CIE Lab 表色系を用いて色差 $\Delta E$ を求める方法、などが代表的なものである。

染料に生じた退色を把握する場合には、一般的にK/S値、あるいはXYZ三刺激値の内の明度を表わすY値の変化量が用いられることが多い。

退色の評価は、色材料に生じた変化の内容に合わせて選択する必要がある。退色過程で生じるフリー・ラジカルの生成量を評価に利用する方法も考えられる。

### 3. 照明光源の放射により展示資料に生じる作用効果

照明光源から発せられる放射により展示資料に生じる退色や劣化を、光源が及ぼす作用効果と言う。ここでは放射強度と退色量の関係を議論する上で不可欠な作用関数<sup>117) 124)</sup>について述べる。

#### 3-1 作用効果

照明光源からの放射が展示資料に入射すると、その一部は反射され、一部は透過し、残りの放射が資料内部に吸収される。吸収された放射エネルギーは内部に放射による反応を生じさせる。これが退色や黄変などの現象として現われる。例えば、染織品の染料が時間と共に褪せていく現象、油彩画の絵具が次第に黄変する現象などは放射による反応の代表的なものである。

放射が作用することにより生じる効果には二種類ある。第一は、入射した放射に対して瞬時的に応答し、後に効果、つまり反応の結果を残さないもので、肉眼が光に対して示す明るさの感覚や、光電効果などがこれに属する。第二は、放射により生じた効果が後に残り、時間と共に蓄積されるものである。色材料の変色や黄変がこれに属する。この反応は蓄積効果と呼ばれ、本論が対象としている効果である。

### 3-2 ハリソンの損傷係数

公開の条件で述べたように、光に敏感な資料に対する展示照明の基準はおおよそ50—200ルクスである。しかし、この数値は肉眼が感じる明るさ、つまり肉眼が光源から受ける作用効果の量を表わしているのであり、展示資料が光源から受ける作用効果を意味しているのではないことは先に述べた。光源の放射と肉眼が感じる明るさとの関係を波長的に表すと：

$$L = K_m \int_{360}^{830} E(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

$V(\lambda)$  : 比視感度 (相対値)

$E(\lambda)$  : 光源の分光放射スペクトル

$K_m$  : 重み、この場合683 lm/W

( $K_m \cdot V(\lambda)$  で標準比視感度になる)

従って、展示資料が受ける作用効果の量を求めるためには、比視感度  $V(\lambda)$  の代わりに作用関数  $S(\lambda)$  を見付け出す必要がある。照度については  $K_m \cdot V(\lambda)$  とほぼ同じ感度を持つ受光器が存在しているため、照度を照度計により容易に計測することができる。図5は光源の分光スペクトルと作用関数との関係を表したものである。

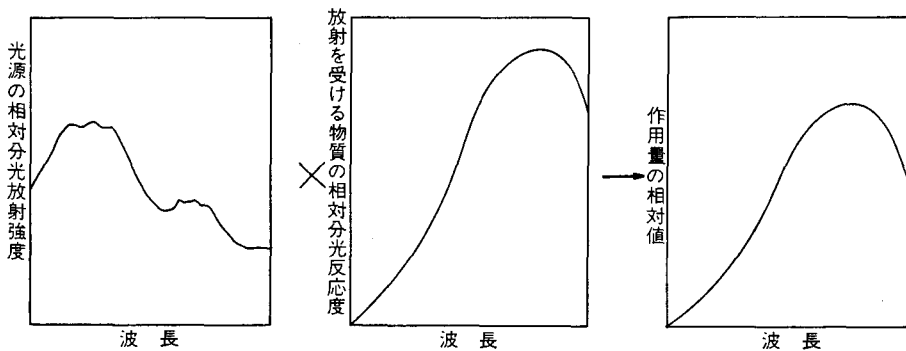


図5 作用量の求め方

Harrison は新聞紙のような低品質の紙を用いて行なった実験<sup>16)</sup>から、300ナノメー

3. 照明光源の放射により展示資料に生じる作用効果

タの紫外域から780ナノメートルの可視域までのそれぞれの波長が紙に与える損傷程度を相対比によって求めている。重みKが与えられていないので、損傷作用量の絶対量を得ることはできない。損傷係数によって求められる損傷作用量は：

$$D/1x = \frac{\sum_{300}^{760} E_i D_i \Delta\lambda}{\sum_{300}^{760} E_i V_i \Delta\lambda}$$

$D_i$ ：相対損傷係数

$E_i$ ：光源の放射エネルギー強度

$\Delta\lambda$ ：20nm

$V_i$ ：標準比視感度

$D/1x$ は1ルクス当たりの作用量を表している。表5に相対損傷係数と比視感度、表6に各種の光源の相対損傷作用量を与えておく。

表5 標準比視感度とハリソンの損傷係数

波長 (nm)	比視感度 ( $V_i$ )	損傷係数 ( $D_i$ )	波長 (nm)	比視感度 ( $V_i$ )	損傷係数 ( $D_i$ )
300	0.0000	7.75	560	0.995	0.007
320	.0000	4.50	580	.870	.004
340	.0000	2.63	600	.631	.002
360	.0000	1.45	620	.381	.001
380	.0000	1.07	640	.175	.0005
400	.0004	.66	660	.061	.0000
420	.004	.37	680	.017	.0000
440	.023	.20	700	.0041	.0000
460	.060	.12	720	.0010	.0000
480	.139	.065	740	.0003	.0000
500	.323	.037	760	.0001	.0000
520	.710	.021	780	.0000	.0000
540	.954	.012			

表6 各種光源の相対損傷作用量

光源	$D/1x$
青天光	0.480
曇天光	0.152
太陽光	0.0790
白熱灯	0.0148
ハロゲンランプ	0.0248
蛍光灯 (National L-EDL-NU)	0.0061

Harrisonの相対損傷係数は、光の物質に対する作用関数の一種である。ただし、この場合の物質は低品質の紙に限られる。

### 3-3 反応特性曲線と分光反応度曲線

一般的に、光源から放射される光のエネルギー（E）と照射時間（T）の積である入射量（W）と、反応によって生じた効果の蓄積量を示す反応度との関係は図6のように斜S字形の曲線になる<sup>124)</sup>。放射される光の波長分布により反応度と、曲線の形状は変化する。Giles<sup>48)</sup>は各種の染料に行なった照射試験から、染料の退色過程に5種類の形状を示している（図7）。このうちタイプⅡとⅢが天然染料に一般的に見られる形状である。

反応特性曲線は、単色光を放射光源として用い、波長を変化させながら、波長毎に

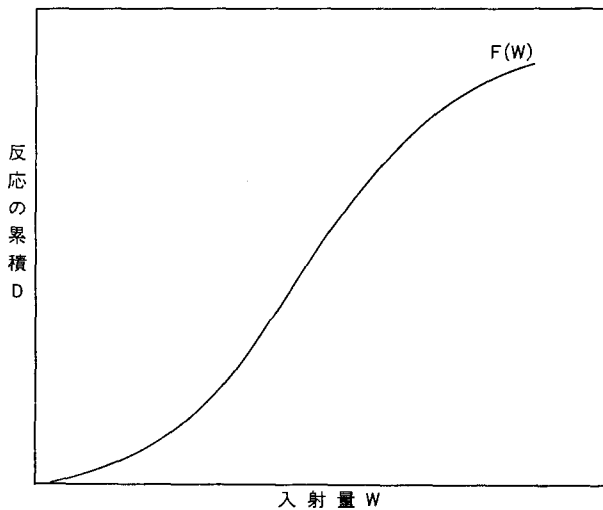


図6 反応特性曲線

（中川晴夫：光放射の測定の考え方，照明学会誌，70(1986)，160-165より）

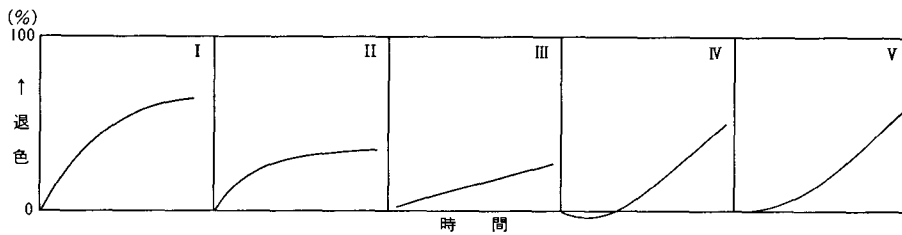


図7 Gilesによる退色パターン

- Type I：時間と共に退色率が低下
- Type II：初期に急激な退色があり、その後緩やかになる
- Type III：一定の割合で退色が進む
- Type IV：退色の初期に色が暗くなる
- Type V：退色率が徐々に増加する

（Giles, C. H., 'The fading of colouring matters', Journal of applied chemistry, 15 (1965), 541-550より）



3. 照明光源の放射により展示資料に生じる作用効果

入射量と反応度との関係を示す曲線を得る (図8)。反応がある特定レベル  $D_0$  に到達したとき、 $D_0$  に対応した入射量が波長毎に決る (図8)。次に、入射量の逆数を縦軸にとり、入射光の波長を横軸にとることによって、分光反応度曲線が得られる (図9)。この曲線が作用関数である。図10に各種の分光反応度曲線を示す。

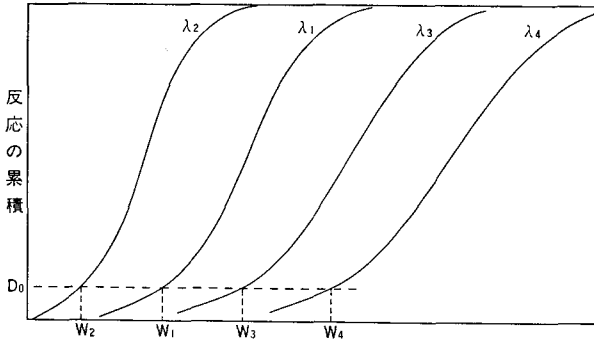


図8 波長をパラメータとした反応累積度  
 $D_0$ は反応の基準値  
 $W_1 \sim W_4$ は波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$ での  $D_0$  における入射量  
 (中川靖夫: 光放射の測定の考え方, 照明学会誌, 70 (1986), 160-165より)

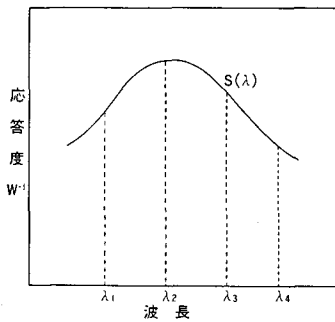


図9  $D_0$  までの反応累積の波長特性 (分光反応度  $S(\lambda)$ )

(中川靖夫: 光放射の測定の考え方, 照明学会誌, 70 (1986), 160-165より)

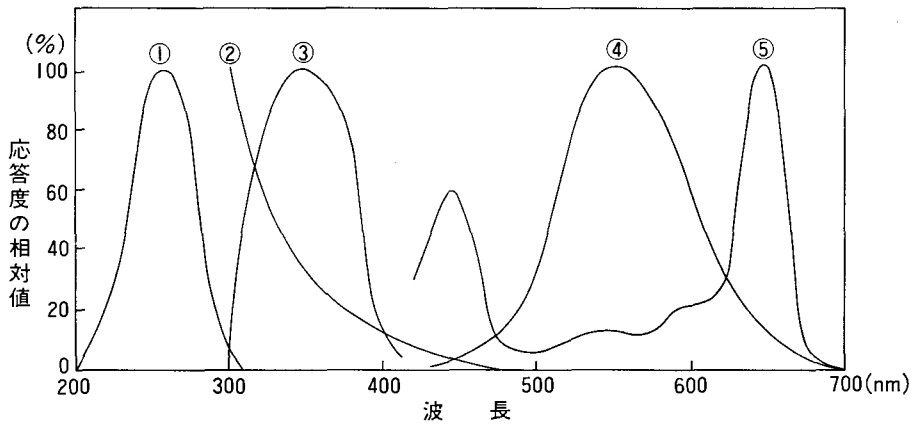


図10 各種効果の波長特性 (分光反応度)

- ① 殺菌作用
- ② ハリソンの損傷係数
- ③ 色素沈着
- ④ 標準比視感度
- ⑤ 葉緑素合成

(照明ハンドブック, 照明学会編, オーム社 (1985) より)

### 3-4 反応度の基準値 $D_0$

単色光を用いて波長を変化させながら得た反応特性曲線から、分光反応度曲線を導き出すためには、反応特性曲線が必ず通過する反応度の特定レベル  $D_0$  を決定する必要がある。 $D_0$  は反応度の基準値と呼ばれる。

反応が著しく現われるまでにある時間（入射量）を要するとすれば、この時間は反応度の誘導時間と考えられ、この誘導時間を反応度の基準値として用いることができる。紫外線照射によって、人間の皮膚に生じる紅斑に対する分光反応曲線<sup>78)</sup>の場合、紅斑を生じた最小照射量が基準値となる。見城<sup>111)</sup>は色差 $\Delta E = 5$ を基準値として採用している。

## 4. 退色促進試験における照射条件

### 4-1 相反則不軌

退色の促進試験により反応特性曲線を求めるときには、次の点に注意する必要がある。試料面への入射量すなわち入射強度と照射時間の積を同じにしても、その強度の強弱、あるいは照射時間の長短により反応状態が異なる場合がある。

一般的には、同じ反応を起こすためには入射強度が低いときには照射時間を長くしなければならない傾向がある。この現象は相反則不軌と呼ばれ、この現象が起こる場合、反応特性曲線の形が入射強度により変化する<sup>124)</sup>。従って、展示室内における現実レベルの照射強度により生じる反応特性曲線と、実験によって得た特性曲線とが大きく食違わないような照射強度を促進試験の際には選択することが重要である。

蛍光灯照明の場合に照度を 100 ルクスに保つと、可視域 (400nm—700nm) の範囲で約  $1000\mu\text{w}/\text{cm}^2$  の全エネルギーが照射される。単色光によって行なった退色試験の照射強度の例を幾つか挙げると、Thomson<sup>20)</sup> が  $200\mu\text{w}/\text{cm}^2$  (404.7nm — 435.8nm) で15カ月、見城<sup>111)</sup> が  $3000\mu\text{w}/\text{cm}^2$  (498nm) で約3時間、McIaren<sup>18)</sup> は太陽光と各種の透過フィルターを用いて6カ月、参考までに紅斑効果<sup>78)</sup> の場合には  $4000\mu\text{w}/\text{cm}^2$  (290nm) で5秒程度である。

### 4-2 複合効果<sup>124)</sup>

試験片に、まず特定の波長  $\lambda_1$  の入射  $W_1$  を与えて反応量  $D_1$  を得る。次に入射の波長を  $\lambda_2$  にして  $W_2$  の入射量を与えて、更に反応量  $D_2$  を得て、 $W_1$  と  $W_2$  の加算によって反

応 $D_1+D_2$ を得たとする。今度は同じ対象に $W_1$ と $W_2$ を同時に与える。反応量が $D_1+D_2$ になった場合は加法性の成立であるが、これは常に成り立つ訳ではなく、単波長照射と複合波長照射とでは相当な差が出ることもある。

## 5. 結 論

色材料の変退色に関する実験例は数多く存在し、それらの結果から反応に関与する様々な要因、あるいは染料や顔料の反射スペクトルの変化、照射光源の種類と退色量との関連など、全体的な傾向についてはかなり把握できている。

しかしながら、資料の分光反応度曲線が分からないために、異なる放射スペクトル分布を持つ光源が同一材料に対して及ぼす作用量（退色量）、あるいは逆に異なる反応特性を持った材料に対して同一の光源が及ぼす作用量など定量的な答えを導き出すことはできない。

退色量あるいは劣化量に関するより細かな議論を行なうためには、比視感度に代わる資料の分光反応度曲線と、光源の分光放射強度とによって具体的な作用量を求める必要があると考える。

### 参考文献

- 1) EIBNER, A., 'LES RAYONS ULTRA-VIOLETS APPLIQUES A L' EXAMEN DES COULEURS ET DES AGGLUTINANTS', MUSEON, 21-22(1933), 32-68
- 2) RAWLINS, F. I. G., 'STUDIES IN THE COLORIMETRY OF PAINTINGS I', TECHNICAL STUDIES, 4(1936), 179-186
- 3) RAWLINS, F. I. G., 'STUDIES IN THE COLORIMETRY OF PAINTING II', TECHNICAL STUDIES, 5(1936), 150-156
- 4) FRANSWORTH, M., 'INFRA-RED ABSORPTION OF PAINT MATERIALS' TECHNICAL STUDIES, 7(1938), 88-98
- 5) RAWLINS, F. I. G., 'THE OPTICAL PROPERTIES OF SOME COMMON VARNISHES', TECHNICAL STUDIES, 6(1938), 180-182
- 6) BARNES, N. F., 'A SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF ARTIST'S PIGMENTS', TECHNICAL STUDIES, 7(1939), 120-138
- 7) RAWLINS, F. I. G., 'A TINTOMETRIC COMPARISON OF ARTISTS' PIGMENTS', TECHNICAL STUDIES, 9(1940), 2-10
- 8) RAWLINS, F. I. G., 'STUDIES IN THE COLORIMETRY OF PAINTINGS III', TECHNICAL STUDIES, 9(1941), 207-220

- 9) APPLEBY, D. K., 'THE ACTION OF LIGHT ON TEXTILE MATERIALS', AMERICAN DYESTUFF REPORTER, 38(1949), 149-192
- 10) MORTON, T. H., 'THE PRACTICAL ASSESSMENT OF THE LIGHT FASTNESS OF DYEINGS', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 65(1949), 597-605
- 11) STROMBERG, E., 'DYES AND LIGHT', ICOM NEWS, 3-3(1950), 1-4
- 12) EECKHOUT, P., 'NATURAL AND ARTIFICIAL LIGHTING AT THE MUSEUM VOORSCHONE KUNSTEN GHENT', MUSEUM, 5(1952), 28-38
- 13) GENARD, J., 'MUSEUM NOTES: LIGHTING OF MUSEUM OBJECTS' MUSEUM, 5(1952), 53-65
- 14) ICOM, 'USE OF FLUORESCENT LIGHT IN MUSEUMS', ICOM COMMISSION FOR LIGHTING OF MUSEUM OBJECTS, 1953, 1-14
- 15) COOPER, B. S., 'FLUORESCENT LIGHTING IN MUSEUMS', MUSEUMS JOURNAL, 53(1954), 279-290
- 16) HARRISON, L. S., 'AN INVESTIGATION OF THE DAMAGE HAZARD IN SPECTRAL ENERGY', ILLUMINATING ENGINEERING, 49(1954), 253-257
- 17) PLENDERLEITH, H. J., 'FLUORESCENT LIGHTING IN MUSEUMS', 3RD GENERAL CONFERENCE OF ICOM, MILAN, 1953
- 18) 登石健三：人工照明の美術品に及ぼす影響に関する最近の議論、古文化財の科学、10(1955)、19-22
- 19) MCLAREN, K., 'THE SPECTRAL REGIONS OF DAYLIGHT WHICH CAUSE FADING', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 72(1956)、86-99
- 20) THOMSON, G., 'VISIBLE AND ULTRAVIOLET RADIATION', MUSEUMS JOURNAL, 57(1957), 27-32
- 21) 新井農夫男、本馬達夫：人工照明による染色物の退色、染色研究、13-1(1959)、31-36
- 22) 呉屋充庸：日本顔料に対する強照明の影響に関する一実験、古文化財の科学、16(1959)、11-18
- 23) 登石健三、見城敏子、石川陸郎：染織品の褪色とその防止の試み、保存科学、16(1959)、19-26
- 24) CRAWFORD, B. H. 'COLOUR RENDITION AND MUSEUM LIGHTING', STUDIES IN CONSERVATION, 5(1960), 41-51
- 25) SCHMITT, C. H. A., 'LIGHTFASTNESS OF DYESTUFFS ON TEXTILES', AMERICAN DYESTUFF REPORTER, 49(1960), 974-980
- 26) BROMMELLE, N. S., HARRIS, J. B., 'MUSEUM LIGHTING PART 1:', MUSEUMS JOURNAL, 61(1961), 169-176

- 27) BROMMELLE, N. S., HARRIS, J. B., 'MUSEUM LIGHTING PART 2:', MUSEUMS JOURNAL, 61(1961), 259-267
- 28) CRAWFORD, B. H., PALMER, D. A., 'FURTHER INVESTIGATIONS OF COLOUR RENDERING, AND THE CLASSIFICATION OF LIGHT SOURCES', STUDIES IN CONSERVATION, 6(1961), 71-82
- 29) ROBINSON, H. M., REEVES, W. A., 'A SURVEY OF THE EFFECT OF LIGHT ON COTTON AND OTHER CELLULOSIC FABRICS', AMERICAN DYESTUFF REPORTER, JANUARY(1961), 17-31
- 30) RUHEMANN, H., 'EXPERIENCE WITH THE ARTIFICIAL LIGHTING OF PAINTINGS', STUDIES IN CONSERVATION, 6(1961), 83-85
- 31) THOMSON, G., 'A NEW LOOK AT COLOUR RENDERRING, LEVEL OF ILLUMINATION, AND PROTECTION FROM ULTRAVIOLET RADIATION IN MUSEUM LIGHTING', STUDIES IN CONSERVATION, 6(1961), 49-70
- 32) BROMMELLE, N. S., HARRIS, J. B., 'MUSEUM LIGHTING PART 3:' MUSEUMS JOURNAL, 62(1962), 337-346
- 33) BROMMELLE, N. S., HARRIS, J. B., 'MUSEUM LIGHTING PART 4:', MUSEUMS JOURNAL, 62(1962), 178-186
- 34) SCHMITT, C. H. A., 'DAYLIGHT FASTNESS TESTING BY THE LANGLEY SYSTEM', AMERICAN DYESTUFF REPORTER, (1962), 664-675
- 35) WOLTERS, C., KUHN, H., 'BEHAVIOUR OF PAINTED WOOD PANELS UNDER STRONG ILLUMINATION', STUDIES IN CONSERVATION, 7(1962), 1-9
- 36) FELLER, R. L., 'STANDARDS OF EXPOSURE TO LIGHT', BULLETIN OF THE AMERICAN GROUP, IIC, 4-1(1963), 10-12
- 37) FELLER, R. L., 'SPECIAL REPORT ON CONTROL OF THE DETERIORATING EFFECTS OF LIGHT UPON MUSEUM OBJECTS', NATIONAL GALLERY OF ART RESEARCH PROJECT, WASHINGTON, 1963
- 38) GILES, C. H., McKAY, R. B., 'THE LIGHTFASTNESS OF DYES: A REVIEW', TEXTILE RESEARCH JOURNAL, 33(1963), 527-577
- 39) JAECKEL, S. M., WARD, C. D., HUTCHINGS, D. M., 'VARIATIONS IN ASSESSMENT OF LIGHT FASTNESS AND IN RATES OF FADING AND SPECING OF BLUE STANDARDS', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 79(1963), 702-722
- 40) McLAREN, K., 'THE IMPORTANCE OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY IN LIGHT-FASTNESS TESTING; A CORRECTION', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 78(1963), 34-36
- 41) RAWLAND, O., 'FADING OF THE BRITISH DYED-WOOL LIGHT-FASTNESS

- STANDARDS IN THE U.K. : SOME ENERGY MEASUREMENTS', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 79 (1963), 697-701
- 42) 登石健三、見城敏子:岩絵具の褪色、古文化財の科学, 17(1963)、6-22
- 43) BROMMELLE, N. S. , 'THE RUSSELL AND ABNEY REPORT ON THE ACTION OF LIGHT ON WATER COLOURS', STUDIES IN CONSERVATION, 9(1964), 140-152
- 44) FELLER, R. L. , 'CONTROL OF DETERIORATING OF LIGHT UPON MUSEUM OBJECTS', MUSEUM, 17(1964), 57-98
- 45) PHILLIPS, G. O. , ARTHUR, J. C. Jr. , 'CHEMICAL EFFECTS OF LIGHT ON COTTON CELLULOSE AND RELATED COMPOUNDS. PART I: PRIMARY PROCESSES IN MODEL SYSTEMS', TEXTILE RESEARCH JOURNAL, 34(1964), 497-504
- 46) THOMSON, G. , 'IMPERMANENCE-SOME CHEMICAL AND PHYSICAL ASPECTS', MUSEUMS JOURNAL, 64(1964), 16-36
- 47) TAYLOR, A. H. , 'FADING OF COLORED TEXTILES', ILLUMINATING ENGINEERING, 41(1964), 35-38
- 48) GILES, C. H. , 'THE FADING OF COLOURING MATTERS', JOURNAL OF APPLIED CHEMISTRY, 15(1965), 541-550
- 49) JOHNSTON, R. M. , FELLER, R. L. , 'OPTICAL OF PAINT FILMS: GLAZES AND CHALKING', PROCEEDINGS OF THE SEMINOR OF APPLICATION OF SCIENCE IN EXAMINATION OF WORKS OF ART, MUSEUM OF FINE ARTS, BOSTON, 1965, 86-95
- 50) JONES, S. R. , 'THE HISTORY OF THE ARTIST'S PALETTE IN TERMS OF CHROMATICITY', PROCEEDINGS OF THE SEMIOR OF APPLOCATION OF SCIENCE IN EXAMINATION OF WORKS OF ART, MUSEUM OF FINE ARTS, BOSTON, 1965, 71-77
- 51) THOMSON, G. , 'TOPICS IN THE CONSERVATION CHEMISTRY OF SURFACES', PROCEEDINGS OF THE SEMINER OF APPLICATION OF SCIENCE IN EXAMINATION OF WORKS OF ART, MUSEUM OF FINE ARTS, BOSTON, 1965, 78-85
- 52) THOMSON, G. , 'LIGHTING OF MUSEUM EXHIBITS', ICOM COMMITTEE FOR SCIENTIFIC MUSEUM LABORATORIES, WASHINGTON-NEW YORK, 1965
- 53) VAN BEEK, H. C. A. , HEERTJES, P. M. , 'FADING BY LIGHT OF ORGANIC DYES ON TEXTILES AND OTHER MATERIALS' ,STUDIES IN CONSERVATION, 11 (1966), 123-132
- 54) FELLER, R. L. , BAILIE, C. W. , 'STUDIES OF THE EFFECT OF LIGHT ON

- PROTECTIVE COATINGS USING ALUMINUM FOIL AS A SUPPORT:  
DETERMINATION OF RATIO OF CHAIN BREAKING TO CROSS-LINKING',  
BULLETIN OF THE AMERICAN GROUP, IIC, 6-1(1966)
- 55) PADFIELD, T. LANDI, S., 'LIGHT-FASTNESS OF THE NATURAL DYES', STUDIES IN CONSERVATION, 11(1966), 181-196
- 56) HALL, E. T., 'AN ULTRAVIOLET MONITOR FOR MUSEUMS', IIC LONDON CONFERENCE ON MUSEUM CLIMATOLOGY, 1967, 151-157
- 57) KUHN, H., 'THE USE OF HEAT-PROTECTION FILTERS WHEN WORKS OF ART ARE FILMED OR TELEVISED', STUDIES IN CONSERVATION, 12(1967), 102-115
- 58) THOMSON, G., 'ANNUAL EXPOSURE TO LIGHT WITHIN MUSEUMS', STUDIES IN CONSERVATION, 12(1967), 26-36
- 59) THOMSON, G., 'CALIBRATION AND USE OF AN UV MONITOR', IIC LONDON CONFERENCE ON MUSEUM CLIMATOLOGY, 1967, 159-172
- 60) FELLER, R. L., 'CONTROL OF DETERIORATING EFFECTS OF LIGHT ON MUSEUM OBJECTS: HEATING EFFECTS OF ILLUMINATION BY INCANDESCENT LAMPS', MUSEUM NEWS, 46-9(1968), 39-47
- 61) JIS Z 8811: 殺菌紫外線の測定方法、日本規格協会(1968)
- 62) KUHN, H., 'THE EFFECT OF OXYGEN, RELATIVE HUMIDITY AND TEMPERATURE ON THE FADING RATE OF WATERCOLORS. REDUCED LIGHT-DAMAGE IN A NITROGEN ATMOSPHERE', 1967 LONDON CONFERENCE ON MUSEUM CLIMATOLOGY (ED. G. THOMSON), IIC. REVISED ED. (1968), 79-88
- 63) 登石健三、石川陸郎: 博物館における照明光源の特質と蛍光灯の選択、保存科学、4 (1968)、1-10
- 64) PLESTERS, J., 'A PRELIMINARY NOTE ON THE INCIDENCE OF DISCOLORATION OF SMALT IN OLD MEDIA', STUDIES IN CONSERVATION, 14 (1969), 62-74
- 65) THOMSON, G., FELLER, R. L., GAYMARD, L., KUHN, H., 'PRODUCTS AND INSTRUMENTS SUITABLE FOR USE IN MUSEUMS FOR PROTECTION AGAINST DAMAGE BY LIGHT', ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, LIGHTING GROUP, 1969
- 66) 登石健三、石川陸郎: 文化財撮影時の照明に対する安全についての考察、保存科学、5 (1969)、35-48
- 67) 文化財保護提要 法規編: 文化庁監修、第一法規 (1970)
- 68) EGERTON, G. S., MORGAN, A. G., 'THE PHOTOCHEMISTRY OF DYES. I-

- FUNDAMENTAL PRINCIPLES', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, FEBRUARY (1970), 79-83
- 69) EGERTON, G. S., MORGAN, A. G., 'THE PHOTOCHEMISTRY OF DYES. II-SOME ASPECTS OF THE FADING PROCESS', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, JUNE (1970), 242-249
- 70) HOFFMANN, E., SARACZ, A., 'WEATHERING OF PAINT FILMS: III. INFLUENCE OF WAVELENGTH OF RADIATION AND TEMPERATURE ON THE CHALKING OF LATEX PAINTS', JOURNAL OF OIL COLOUR CHEMICAL ASSOCIATIONS, 54 (1971), 450-470
- 71) JIS L 0842: カーボンアーク灯光に対する染色堅ろう度試験方法、日本規格協会 (1971)
- 72) THOMSON, G., 'MEASUREMENT OF COLOUR CHANGES ON PAINTINGS', IIC UNITED KINGDOM GROUP, 1971
- 73) THOMSON, G., 'TEXTILES IN THE MUSEUM ENVIRONMENT', IN: TEXTILE CONSERVATION, EDITED BY LEENE, J. E., BUTTERWORTHS, LONDON, 1972, 98-112
- 74) GILES, C. H., SHAH, C. D., WATTS, W. E., SINCLAIR, R. S., 'OXIDATION AND REDUCTION IN LIGHT FADING OF DYES', JOURNAL OF THE SOCIETY OF DYERS AND COLOURISTS, 88(1972), 433-435
- 75) HOFFMANN, E., SARACZ, A., 'WEATHERING OF PAINT FILMS: IV. INFLUENCE OF THE RADIATION INTENSITY ON CHALKING OF LATEX PAINTS', JOURNAL OF OIL COLOUR CHEMICAL ASSOCIATION, 55(1972), 101-113
- 76) WERNER, A. E. A., 'CONSERVATION AND DISPLAY: ENVIRONMENTAL CONTROL', MUSEUMS JOURNAL, 72-2(1972), 58-60
- 77) 見城敏子: 油絵の保存について-第1報-アマニ油の硬化過程および塗膜に及ぼす雰囲気湿度と紫外線の影響、保存科学、11(1973)、21-27
- 78) 佐藤吉昭: 紫外線の生体への効果皮膚、照明学会雑誌、57(1973)、222-228
- 79) THOMSON, G., 'CLIMATE AND THE MUSEUM IN THE TROPICS', CONSERVATION IN THE TROPICS, PROCEEDINGS OF ASIA-PACIFIC SEMINAR ON CONSERVATION OF CULTURAL PROPERTY, NATIONAL MUSEUM, NEW DELHI, 1973, 37-52
- 80) THOMSON, G., 'CONSTRAINTS ON THE MUSEUM ENVIRONMENT', COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LE CONTROLE DES CONDITIONS CLIMATIQUES DANS LES MUSEES DE PEINTURE, MAY 6-9, COMITE NATIONAL FRANCAIS DE L'ICOM, PARIS, 1974
- 81) FELLER, R. L., 'SPEEDING UP PHOTOCHEMICAL DETERIORATION', BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL DU PATRIMOINE ARTISTIQUE, 15 (1975), 135-



150

- 82) FELLER, R. L., 'STUDIES ON PHOTOCHEMICAL DETERIORATION', ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, VENICE(1975), 75/19/4
- 83) 石川陸郎、登石健三:モナリザ展示に際しての照明について、保存科学、14 (1975)、9-15
- 84) THOMSON, G., 'CURRENT RESEARCH ON COLOUR CHANGE IN PAINTINGS AT THE NATIONAL GALLERY, LONDON', ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, 4TH TRIENNIAL MEETING, VENICE, 1975, 75/19/1
- 85) DUFF, D. G., SINCLAIR, R. S., STIRLING, D., 'LIGHT-INDUCED COLOUR CHANGES OF NATURAL DYES', STUDIES IN CONSERVATION, 22(1977), 161-169
- 86) INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUM : LA LUMIÈRE ET LA PROTETC-TION DES OBJÉCTS ET SPECIMENS DANS MUSÉES ET GALERIES D'ART, PUB. DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ECLAIRAGE (PARIS)
- 87) 石川陸郎 : 照明の手引き—展示照明と列品の劣化—、古文化財の科学、20 / 21(1977)、70-82
- 88) 「海外展の際の美術品の取扱に関するスタヂー・グループ」報告書: CULCON 博物館交流小委員会(1977)
- 89) BULLOCK, L., 'REFLECTANCE SPECTROPHOTOMETRY FOR MEASUREMENT OF COLOUR CHANGE', LONDON NATIONAL GALLERY TECHNICAL BULLETIN, 2(1978), 49-55
- 90) THOMSON, G., 'CLIMATE CONTROL POLICY', ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, 5TH TRIENNIAL MEETING, ZAGREB, 1978, 78/18/1
- 91) THOMSON, G., THE MUSEUM ENVIRONMENT, BUTTERWORTHS, 1978 (LONDON)
- 92) THOMSON, G., BULLOCK, L., 'CONSERVATION AND MUSEUM LIGHTING', MUSEUM ASSOCIATION INFORMATION SHEET, IS No. 6, 1978
- 93) JIS Z 9110: 照度基準、日本規格協会 (1979)
- 94) THOMSON, G., 'PENETRATION OF RADIATION INTO OLD PAINT FILMS', NATIONAL GALLERY TECHNICAL BULLETIN, LONDON, 3(1979), 25-33
- 95) THOMSON, G., 'WORKING PARTY ON LIGHTING', ICOM CONSERVATION COMMITTEE, MADRID, 1979
- 96) 石川陸郎: 博物館・美術館の展示照明、博物館研究、15-5(1980)、1-14
- 97) THOMSON, G., 'SOME HINTS ON MEASUREMENT AND CONTROL OF CLIMATE IN HISTORIC HOUSES', IIC VIENNA CONGRESS ON CONSERVATION WITHIN HISTORIC BUILDINGS, SEP 7-13, 1980, 6-8
- 98) BONFORD, D. STANFORTH, S., 'WAX-RESIN LINING AND COLOUR

- CHANGE:AN EVALUATIUN', NATIONAL GALLERY TECHNICAL BULLETIN, LONDON, 5(1981), 58-65
- 99) THOMSON, G., 'CONTROL OF THE ENVIRONMENT FOR GOOD OR ILL? MONITORING', NATIONAL GALLERY TECHNICAL BULLETIN, 5(1981), 3-13
- 100) LOE, D. L., ROWLANDS, E., WAT SON, N. F., 'PREFERRED LIGHTING CONDITIONS FOR THE DISPLAY OF OIL AND WATERCOLOUR PAINTINGS', LIGHT RESEARCH AND TECHNOLOGY, 14(1982), 173-192
- 101) GLLILAND BOWMAN, J., REGAN, B. M., 'FILTERED AND UNFILTERED LIGHTS AND THEIR EFFECTS ON SELECTED DYED TEXTILES', STUDIES IN CONSERVATION, 28(1983), 36-44
- 102) JIS L 0804 : 変退色用グレースケール、日本規格協会(1983)
- 103) JIS L 0841 : 日光に対する染色堅ろう度試験方法、日本規格協会(1983)
- 104) NAKAGAWA, T., 'SUBLIMATION CHARACTERISTIC ON LITHOSPERMI RADIX DYES', 学葉 (金沢女子短期大学紀要)、24(1983)、9-23
- 105) TYMCHUK, M. P., DIEFENBAKER CENTER, R. H. J. G., SASKATCHEWAN, S., 'ENVIRONMENTAL MONITORING OF MUSEUM COLLECTIONS:THE NICHOLSON PROJECT', CURATOR, 26(1983), 265-274
- 106) BENZSCHAWEL, T., LEE GUTH, S., 'ATDN:TOWARD A UNIFORM COLOUR SPACE', COLOR RESEARCH AND APPLICATION, 9(1984), 133-141
- 107) MICHALSKI, S., 'LIGHT DAMAGE TO COLOURED MATERIALS, THE DEVELOPMENT OF NEW TEACHING AIDS', PREPRINTS OF PAPER PRESENTED AT THE TWELFTH ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN INSTITUTE FOR CONSERVATION OF HISTORIC AND ARTISTIC WORKS, LOS ANGELES, MAY 15-20, 1984, 112-114
- 108) TENNENT, N. H., TOWNSEND, J. L., 'THE MEASUREMENT OF LIGHT LEVELS IN MUSEUMS', BULLETIN OF THE SCOTTISH SOCIETY FOR CONSERVATION AND RESTORATION, 3(1984), 26-27
- 109) THOMSON, G., 'SPECIFICATION AND LOGGING OF THE MUSEUM ENVIRONMENT', THE INTERNATIONAL JOUENAL OF MUSEUM MANAGEMENT AND CURATORSHIP, 3 (1984), 317-326
- 110) 橋本健次郎、納谷嘉信：高演色性蛍光ランプの照明下での明るさ感、日本色彩学会誌、9 (1985)、151-152
- 111) 見城敏子：変褪色に対する光モニター、保存科学、25 (1985)、25-31
- 112) 森田恒之：民族資料の展示におけるクールビームライト照明の影響について(1)、国立民族学博物館研究報告、10 (1985)、755-772
- 113) 中川靖夫、大谷文雄、谷治環、笹木広久、藪崎憲司：有害紫外線放射照度計の開発、照明

- 学会誌、69 (1985)、20-24
- 114) 染色物および染料の堅ろう度試験、色彩科学ハンドブック、日本色彩学会編、東京大学出版会 (1985)
- 115) SHAH, H. S., BILLMEYER, F. W. JR., 'KUBELKA-MUNK ANALYSIS OF ABSORPTANCE IN THE PRESENCE OF SCATTERING, INCLUDING SURFACE-REFRECTION CORRECTION TO TRANSMITTANCE', COLOR RESEARCH AND APPLICATION, 10 (1985), 26-31
- 116) STANIFORTH, S., 'RETOUCHING AND COLOUR MATCHING : THE RESTORER AND METAMERISM', STUDIES IN CONSERVATION, 30 (1985), 101-111
- 117) 照明ハンドブック、照明学会編、オーム社 (1985)
- 118) 武市啓司郎、宮埜寿夫、佐川賢：低照度照明と色の見え方、日本色彩学会誌、9(1985)、160-161
- 119) THOMSON, G., STANIFORTH, S., 'CONSERVATION AND MUSEUM LIGHTING', MUSEUM ASSOCIATION INFORMATION SHEET, 6 (1985)
- 120) 馬場護郎、小森律夫：分光測定と機器、照明学会誌、70 (1986)、171-176
- 121) 毒島溥：赤外放射の測定とその応用、照明学会誌、70 (1986)、182-188
- 122) 見城敏子：光モニターの利用—展示照明の安全な使用のために—、保存科学、25 (1986)、37-42
- 123) 三嶋泰雄：光の測定の基礎事項と関連JISの紹介、照明学会誌、70 (1986)、166-170
- 124) 中川靖夫：光放射の測定の考え方、照明学会誌、70 (1986)、160-165
- 125) 大谷文雄：紫外放射の測定、照明学会誌、70 (1986)、177-181
- 126) CREWS, P. C., 'THE FADING RATES OF SOME NATURAL DYES', STUDIES IN CONSERVATION, 32 (1987), 65-72
- 127) IES LIGHTING HANDBOOK-APPLICATION VOLUME, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 1987
- 128) 見城敏子：赤色素の変退色、保存科学、26 (1987)、31-34

(本館 情報資料研究部)  
(1987年8月31日 受付)