

自記分光放射計を用いた展示用光源と材料の分光特性測定

三浦定俊・佐野千絵

1. はじめに

保存科学部では、昭和42年3月に自記分光放射計を購入して、展示照明用蛍光灯の分光特性を調べ、光源から文化財に悪影響を与える紫外線が出ていないか確認し、紫外線防護処置を施した蛍光灯を博物館、美術館の展示に用いるよう、メーカーも含めた関係機関に働きかけを行ってきた。現在、展示用照明に紫外線防護処置が施された蛍光灯を用いることはほとんど常識化し、当初の目的はほぼ達成されたかに見えるが、近年、高演色性の蛍光灯や色温度の低い蛍光灯が開発されて²⁾文化財の展示に用いられるようになり、また展示ケース用ガラスにも、いろいろな特性を持ったものが開発され、広く用いられるようになった。これらの分光特性について、メーカーから渡されるデータだけに頼るのではなく、保存科学の立場から改めて調べて、その性能をチェックすることは大切なことである。

本研究所では当初から使用してきた自記分光放射計が老朽化したために、昭和63年3月に新しい自記分光放射計 SR-500B 型（日本分光工業㈱製）を購入した。この装置では、種々の光源の分光スペクトルが測定できるほか、水銀-キセノンランプなどの励起光源を用いて、試料からの蛍光分光スペクトルも測定できることが特長である。

ここではこの新しい自記分光放射計を利用して、展示用光源の分光特性や博物館・美術館でよく用いられるガラスなどの紫外線透過特性を調査した結果について報告する。

2. 光源の分光特性

2-1 測定対象

測定対象の光源として、最近展示によく用いられるようになったハロゲンランプと高演色型の蛍光灯、比較のために写真用フラッドランプと白色蛍光灯の4種類を用いた。ただし、蛍光灯については次章の説明の関係上、紫外線防止型でない通常のものを用いた（表-1）。

表-1 測定した光源

光源の種類	会社名	製品名(記号)	色温度(K)	ワット数(W)
ハロゲンランプ	Cool-Lux (USA)	MINI-COOL	約3000	250
写真用 フラッドランプ	岩崎電気	アイランプ (PRF-500W)	約3000	500
蛍光灯(白色)	日立	サンラインエース (FLR20SW/M)	4200	20
蛍光灯 (高演色性)	ナショナル	演色AAA昼白色 (FL20S-N-EDL)	5000	20

2-2 測定の方法

測定装置の自記分光放射計 SR-500B 型で、放射計の入射窓から約25cm離れた白色拡散板を測定しようとする光源で50cmの距離から照射して、拡散光のスペクトルを測定した。測定波長範囲はこの装置で測定できる最大範囲の200nmから1000nmまで、検知器にはシリコンホトセルを用いた。

2-3 測定の結果

4種類の光源とも異なったスペクトルを示した。蛍光灯の測定では、ロックインアンプの感度を $300\mu\text{V}$ としたが、ハロゲンランプとフラッドランプの測定では光量が多すぎるために、ロックインアンプの感度を 30mV に落として測定したので、図-1, 2と図-3, 4では縦軸のスケールが異なっている。

写真用フラッドランプとハロゲンランプは、どちらも白熱したタングステンフィラメントか

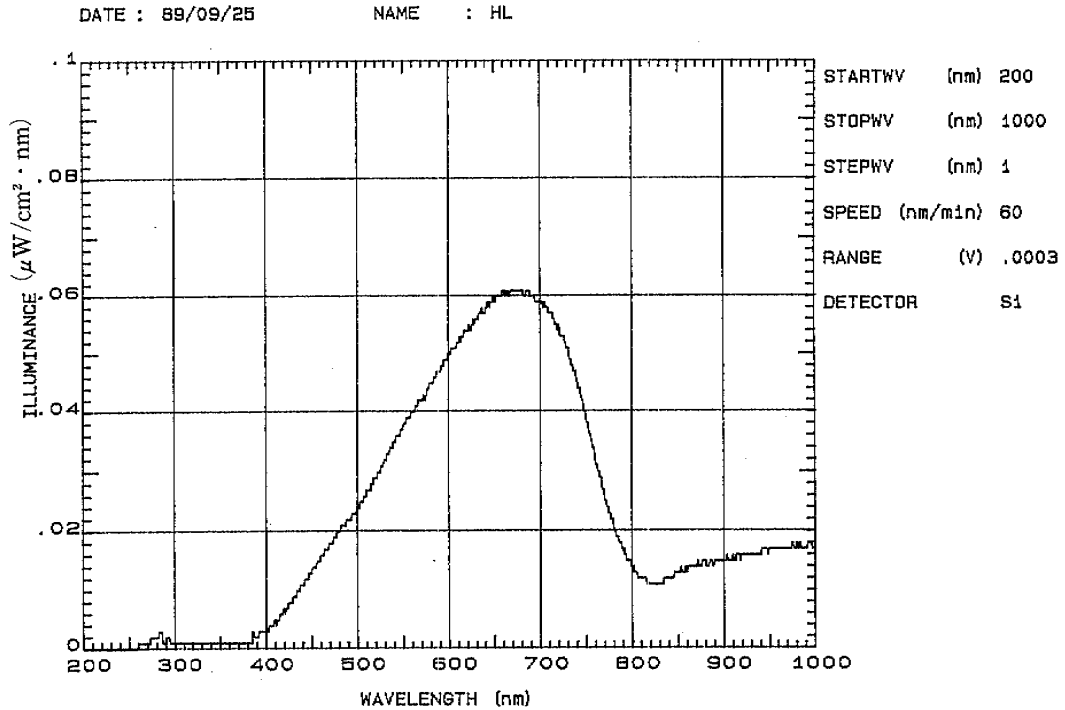


図-1 ハロゲンランプの分光スペクトル

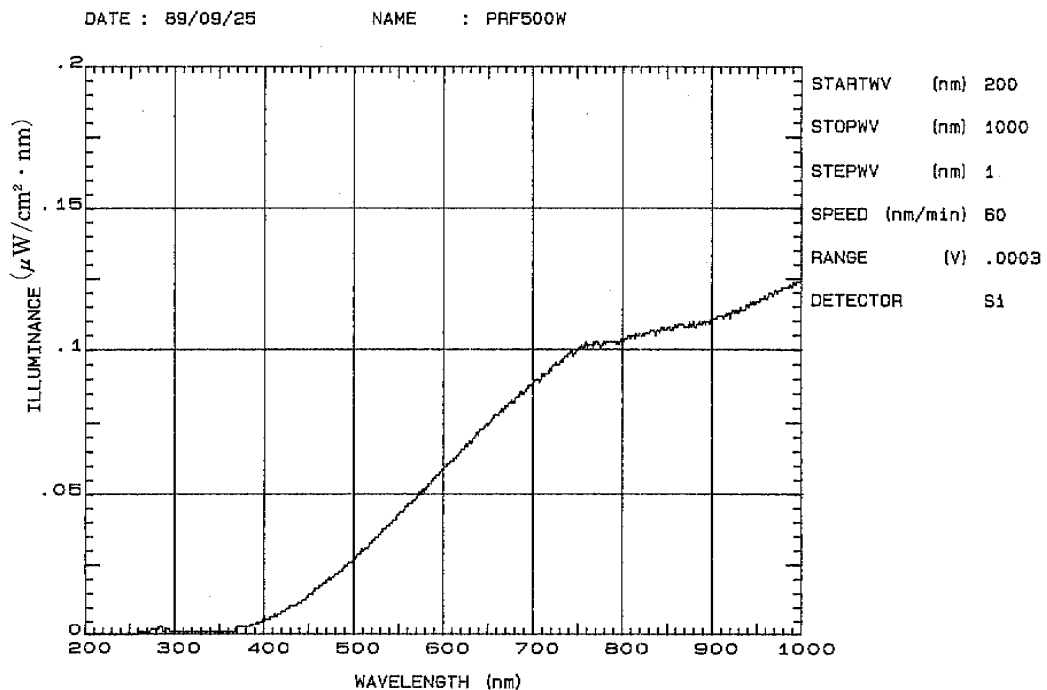


図-2 写真用フラッドランプの分光スペクトル

DATE : 89/09/27 NAME : FLR20SWM

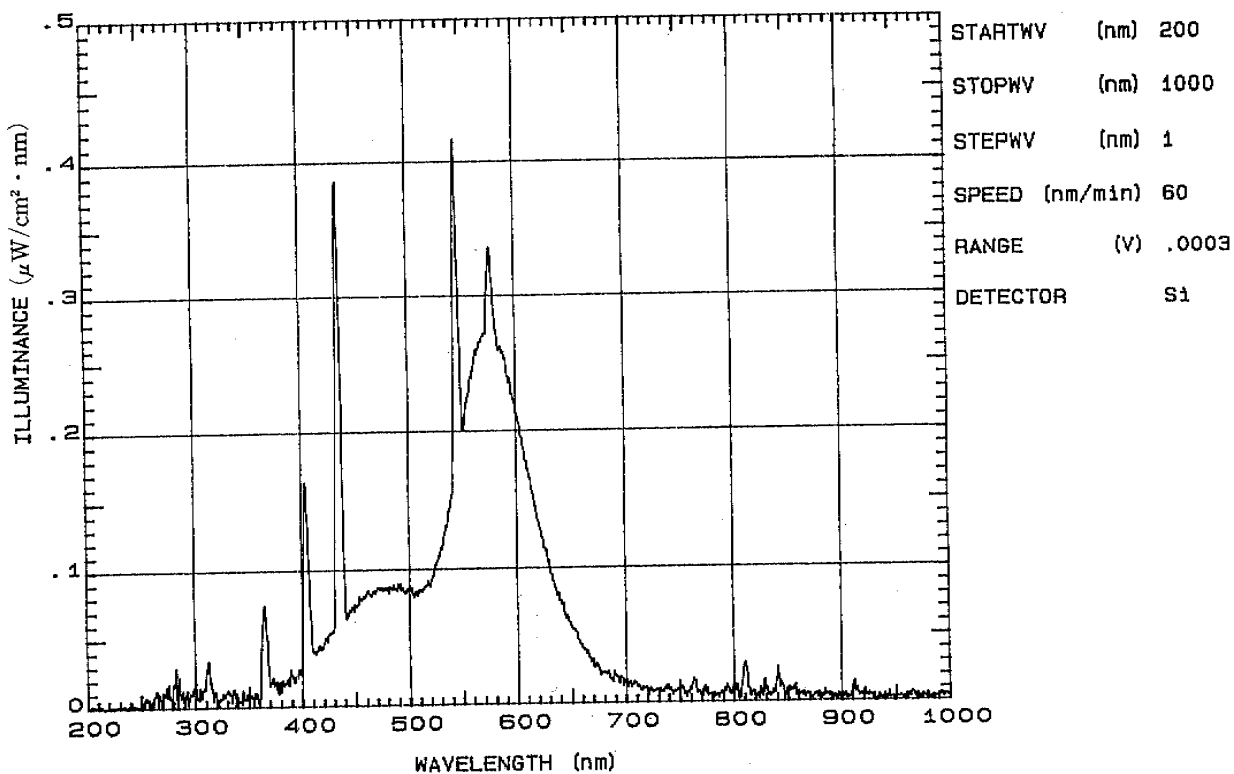


図-3 白色蛍光灯の分光スペクトル

DATE : 89/09/27 NAME : 20SNEDL

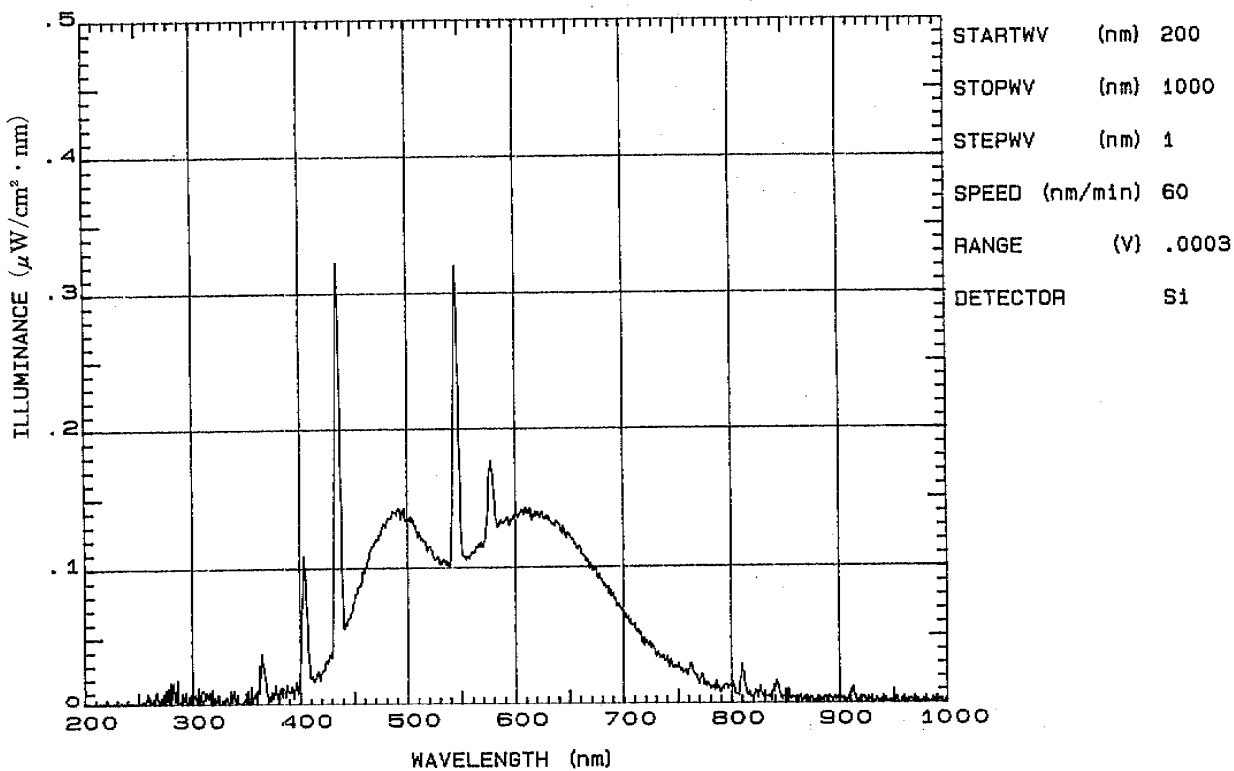


図-4 高演色性蛍光灯の分光スペクトル

ら発生する光を光源とするランプであるので、長波長の光を多く含み、400nm以下の紫外線は700nm前後の赤い光に比べるとほとんど含まれていない。またハロゲンランプは、800nm以上の赤外線量が写真用フラッドランプにくらべてたいへん少なかった。

2本の蛍光灯のどちらにもはっきりとした5本の水銀の輝線を見ることができたが、スペクトルの形は大きく異なっていた。白色蛍光灯は550~600nmの可視光線を多く出すが、650nm以上の赤い光がほとんどない。これに対して、高演色性の蛍光灯は550~600nmの光が少なく、700~800nmの光が白色蛍光灯にくらべて多く含まれている。

2-4 考察

通常のタングステンランプでは、白熱したタングステンが蒸発して管球内面に付着して、使用するにしたがい管球が暗くなる、いわゆる黒化現象がおきて長い時間使用することができない。ハロゲンランプは管球にハロゲンガスを封入し、蒸発したタングステンが管球内面に付着することを防いでいる。この結果、ハロゲンランプからは長い時間色温度の変わらない安定した光が出るので、展示照明には適しているとされる。また管球に耐熱性のある石英ガラスを用いているので、通常のタングステンタイプの電球にくらべて、ハロゲンランプはフィラメントをより高温にすることができて色温度の高い、見た目に自然な光をつくり出すこともできるといわれる。

本実験の結果を見ると、蛍光灯と同じ距離から照射した場合、ハロゲンランプは約100倍の放射照度をもつが、写真用ランプと同様、400nm以下の短波長の成分がほとんどないので、全体の照度を蛍光灯と同程度に下げれば、紫外線の寄与は無視してよいといえる。タングステンフィラメントから発生する熱赤外線が作品の表面温度を上げることが心配されるが、ここで用いたハロゲンランプの場合、バルブや反射鏡にコーティングを施して赤外線を前面に放射しないようにしているので、赤外線による温度上昇の心配も少ないと考えられた。

最近展示によく用いられるようになった高演色性の蛍光灯は、白色蛍光灯の下でもものの色が青みを帯びて見え、デイライトタイプのフィルムで写真をとると、緑っぽい色合いになってしまう蛍光灯の欠点を改善するために開発されたものである。測定されたスペクトルから、管球内面に塗る蛍光塗料に工夫を加え、緑味の光の量を押さえて赤い光をより多く発生するようにしてあることがわかる。この結果、高演色性の蛍光灯の下ではもの本来の色をよく再現できて、人間にとって自然な感じがするようになっている。自記分光放射計を用いたこの測定で、2種類の蛍光灯の違いを、測定したスペクトルの分布で確かめることができた。なお文化財の展示で問題になる紫外域の365nmの輝線は、現在、美術館・博物館用として市販されている紫外線防止型の高演色性蛍光灯では、完全にカットされている。

3. ガラスなどの紫外線透過特性

3-1 測定の対象

この実験の目的は、博物館・美術館の窓や展示ケースに用いられるガラスやそのほかの透明な材料の紫外線透過特性を調べて、紫外線防止処置をしていない蛍光灯などからの光を受けた場合、その材料がどのくらい紫外線を防止する性能があるか明らかにすることである。そこで測定の対象としては、通常の建築用板ガラスの他に、展示ケース用の様々な種類のガラスを選んだ(表-2)。

高透明度ガラス(ミュージアムガラス)は一般のガラスより赤い光に対する透明度を高くして、ものの色がガラスを通して青みを帯びることがないように改善したガラスである。低反

表一 各種ガラスの紫外線透過特性

試料名	会社名	製品名	厚み (mm)	紫外線透過率
建築用一般板ガラス	不明	なし	1.8	0.91
建築用一般板ガラス	旭硝子	なし	10	0.66
高透明度ガラス	旭硝子	ミュージアムガラス	10	0.77
低反射ガラス	旭硝子	なし	3	0.80
紫外線カット合せガラス	旭硝子	ラミセーフUV	6	0
飛散防止フィルム貼りガラス	旭硝子	なし	6	~0
アクリル板	住友化学工業	スピベックス000クリヤ	3	~0

射ガラスは、一般の板ガラスの両面に薄膜をコーティングして表面での反射を小さく抑さえ、ガラス越しにものを見るときに邪魔になりやすい照明の映り込みを防ぐように改善したガラスである。この2つのガラスはケース内のものをより良く鑑賞できるように開発されたガラスといえる。

これに対して紫外線カット合わせガラス(ラミセーフUV)と飛散防止フィルム貼りガラスは、展示の際の安全性を考慮したガラスである。紫外線カット合わせガラスは2枚の板ガラスの間に、紫外線吸収用の中間膜をはさんでつくったガラスで紫外線を通さず、割れても破片が飛び散りにくい。飛散防止ガラスは板ガラスの表面にポリエステルフィルムを貼って同様の効果が出る

ようにしたガラスである。

この他、額などの前面に用いられる透明アクリル板についても測定した。ここで測定したスピベックス000クリヤは、ガラスより紫外線をよく吸収するとされているものである。

3-2 測定の方法

測定装置は前章と同様、自記分光放射計SR-500B型である。放射計の入射窓に測定したい試料を取り付け、先ほどの実験で光源を置いた位置にブラックライト(ナショナル製)を取り付けて白色拡散板からの紫外線の透過率を測定した。

紫外線透過特性の評価には、ブラックライトから出る365nmの水銀の輝線の透過率を用いた。この理由は前章で述べたように、博物館・美術館の展示で問題になる紫外線は、おもに紫外線防止処置をしていない蛍光灯から出る365nmの水銀の輝線だからである。透過率は試料をおかない場合の放射照度(単位 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \text{nm}$)を1として、放射照度の比で計算した。

3-3 測定の結果

一般板ガラス、高透明度ガラス、低反射ガラスでは70%から80%の量の紫外線が透過した。板ガラスの厚みを厚くしても紫外線の吸収はそれほど大きくなっていない。また高透明度ガラスでは可視光線の透過が大きくなっている分だけ、紫外線の透過も大きくなっていることがわかった。

これに対して、紫外線カット合わせガラスや飛散防止フィルム合わせガラス、アクリル板はいずれも紫外線をよく吸収して、紫外線がほとんど透過しなかった。

紫外線をよく吸収した2種類のガラスとアクリル板について、紫外線による強制劣化試験を行なった。最初測定した試料について、殺菌灯の光を温度約24°Cで、1060時間照射した後[†]、紫

[†] この時照射した紫外線の(254nm)強度は $12\text{mW}/\text{cm}^2$ であったので、総紫外線量は約 $13\text{W} \cdot \text{h}/\text{cm}^2$ となる。東京で冬期、快晴の日の正午に測定した紫外線強度(254nm)は約 $150\mu\text{W}/\text{cm}^2$ であったから、この劣化試験は冬期、晴天の直射日光下に約9万時間放置したことに相当する。

外線透過特性を再度測定したが、紫外線防止性能の低下は認められなかった。

3-4 考察

通常の板ガラスでは、厚さを厚くしても紫外線防護効果は望めない。低反射ガラスについてはガラスの両面に反射を防ぐための薄膜がコーティングしてあるが、紫外線を防ぐ効果はほとんどないと考えられる。また高透明度ガラスは可視光線の透過を良くしたかわりに紫外線の透過も大きくなっている。これらのガラスについて、もしも紫外線を発生するおそれのある光源の下で使用するときには、他の紫外線カット合わせガラスや飛散防止フィルム貼りガラスやここでのべたアクリル板などと併用すべきである。

紫外線カット合わせガラスや飛散防止フィルム合わせガラス、アクリル板はいずれも紫外線をよく吸収して、紫外線がほとんど透過せず、その効果は強制劣化試験後も持続していた。ただしアクリル板については、劣化試験後、表面が黄味を帯びてしまったので、紫外線防止効果については問題がないものの、作品鑑賞の点からいえば交換が必要となるだろう。このことに関連して言えば、殺菌灯は254nm, 365nm などいろいろな波長の紫外線を放出するが、殺菌灯からの紫外線を照射したアクリル板は黄色く表面が変色したのに、長い365nm の波長の紫外線をおもに放出するブラックライトで同じ時間照射したアクリル板にはまったく変色がみられなかったので、劣化には短い波長の紫外線が大きく寄与するものと推定された。

なおガラス試料については、はじめにたまたま手元にあったものを用いたので、一社の商品だけの比較になったが、その後、他の市販品についても測定したところ、類似の結果が得られたので追記する。

4. ま と め

新規に購入した自記分光放射計を利用して、博物館・美術館の展示に用いられる光源やガラスなどの分光特性について考察した。その結果、良い商品が近年市販されていることを確かめたが、その商品の特性を十分理解せずに、放射強度の大きいハロゲンランプで明るすぎるスポット照明をしたり、紫外線を受けるおそれのある場所で高透明度ガラスを使った展示ケースを設計したりする誤った使い方がないよう、保存の立場からのチェックはこれからも必要であると考えられた。

本装置の性能等の選定に関しては、保存科学部の石川陸郎主任研究官が中心となって当たった。また本実験に当たっても、同氏から助言をいただいた。この他、試料の紫外線劣化試験については、修復技術部の川野邊渉氏に協力していただいた。ここに記して感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 石川陸郎「<総説>照明の手引—展示照明と列品の劣化—」『古文化財の科学』20—21(合併号), 70—82(1977)
- 2) G.トムソン (東京芸術大学保存科学教室訳)『博物館の環境管理』63—71, 雄山閣 (1988)

Spectral Characteristics of Lamps and UV Transmittance of Glass Materials for Museum Display

Sadatoshi MIURA and Chie SANO

Spectra of light from lamps and UV transmittance of glasses for display were measured by a spectrophotometer, SR-500B, which was newly installed in our institute. A halogen lamp emitted only weak UV rays even though it was much brighter than a fluorescent lamp. The halogen lamp also radiated IR rays which may possibly heat the surface of an object. However, due to the coatings made on the lamp tube and mirror, the emission of IR rays was negligible. Most of the UV rays (365nm) passed through three kinds of glasses: a normal type, a highly transparent type and a low reflective type. UV rays were almost perfectly absorbed by two other types of glasses (UV protected type and a broken-safe type) and a transparent acrylic panel. The two glasses and the acrylic panel were still completely protective against UV rays even after UV deterioration test of 1060 hours by a fungicide lamp.