

博物館における照明光源の特質と蛍光灯の選択

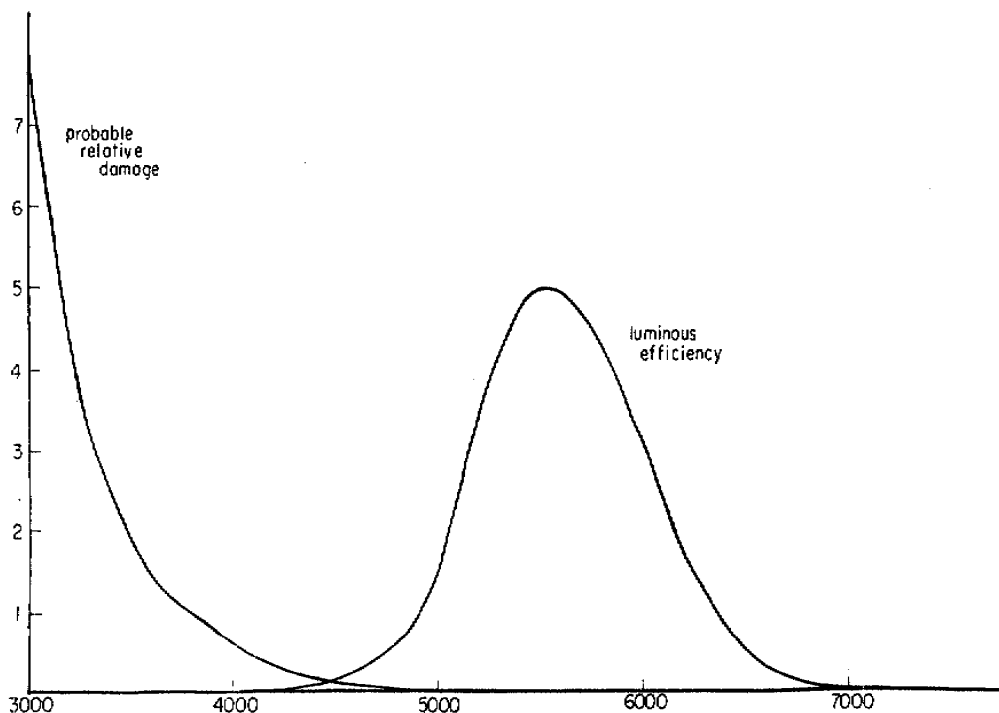
登石健三・石川陸郎

1. 文化財の保存と活用の面からみた光源の特質

現在博物館は大気汚染の侵蝕からのがれるため、空気調節に便利のため、演色性はよいが危険度が高い外光を遮断するため等々の理由から閉鎖的な建物が専ら採用されつつある。従って照明も人工光源に頼らざるを得ない。これまで天然光は物の色を見る上で最もすぐれた光とされてきた。天然光源である太陽光は 6000°K の完全黒体に近い光を発している。しかしながら大気圏を通過して地上に達する時には、ちりや大気によって散乱されて方向による光色の差が出来るし、また晴天と曇天、朝夕と日中ではやはり光質が変化し一定でない。そのため美術品の真の色は見分けにくく、天然光を人工的に調節することは不可能である。また次の表で分るように天然光の紫外線含有率は一般に高い。

3 mm の窓硝子を通した青天光	25%
" 曇天光	10%
" 太陽光	5%
蛍光灯 (紫外線除去処置が施してないもの)	3~7%
白熱電灯	約 1%

紫外線とは 4000\AA 以下の波長の光で第1図に示すように光として目に与える効果はなく、



第1図

物に対する危険性は非常に大きい光線である。但しこの危険度の曲線は Harrison¹⁾ により下級紙の劣化について出されたもので、すべての物の劣化にそのままあてはまるものではない。

更に天然光はそれ自体の中に変化があっても一般に物に対する演色性は最もよいとされているが、これにも問題はある。

博物館が多分に歴史的な意味をもつ上から云うなら、その展示は制作がなされた時の状態、多分薄暗い青天光からの採光に合わせてなされるべきであるが、それだけでよいであろうか。博物館展示は物の保存の意味から、明るい照明は避けねばならない。今油絵に対する国際的な照明基準が第1表のようにになっているが

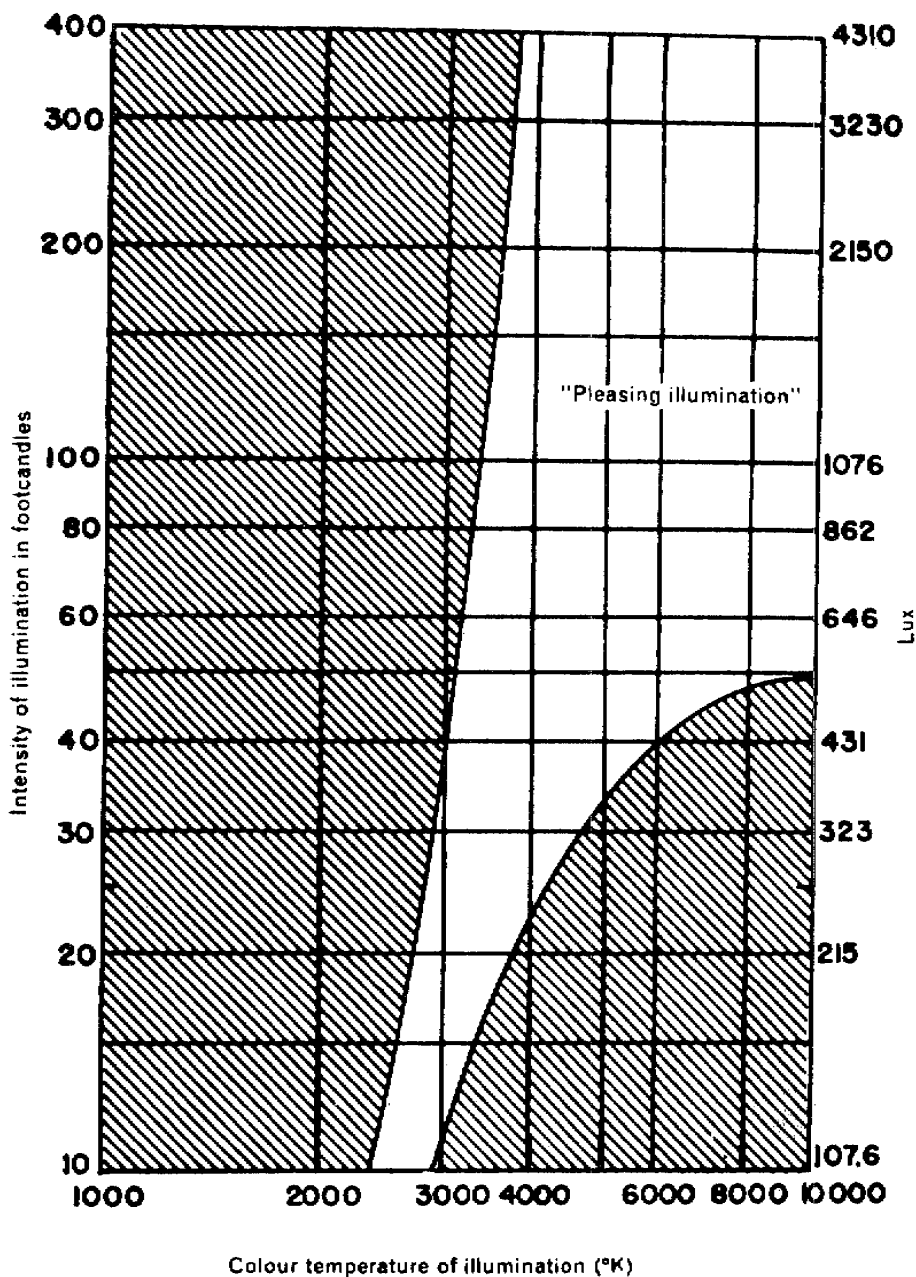
Lux			Footcandle			
Low	Medium	High	Low	Medium	High	
50			5			Burlington Mag, 57 (July 1930) P. 31
40	180		4	18		Mouseion, 27-28 (1934), P. 193
30	100		3	10		ibid, 33-34 (1936), P. 185
60	100		6	10		ibid, 33-34 (1935), P. 191
	110			11		Museum, 5 (1952), P. 28
	120	300		12	30	L. S. Harrison [23]
	180			18		J. J. Balder [2]
80		250	8		25	Lichttechnik, 9 (1957), P. 547
70		200	7		20	Couleurs, no. 20 (1957), P. 15
80	150	300	8	15	30	Museum News, 38, no. 4 (1959), P. 26
	180			18		Museums Journal, 59 (1959), P. 66
50	150	300	5	15	30	G. Thomson [49]
	150	200		15	20	Museums Journal, 61 (1962), P. 259

* 1 ft-c=10 lux=1 lm/ft² 第 1 表

我国の絵画等彩色の物は更に光に弱いと思われるので、この基準より内わ目に照明せねばならない。このような照度で青天光のような色温度の高い(青味よりの)照明を行なうときは、人間は不快感をもつのである。

Kruithof²⁾ によれば照度と快感色温度帯の関係は第二図のようにになっている。すなわち 300 lx ならば光源の色温度は 4500°K 以下 2800°K 以上位がよく lx が下がるにつれて段々この範囲を下にずらし、且つ縮める必要がある。もう一つ現在アメリカでは特に演出効果をねらった照明ということが行われているようである。これは制作時の状態を再現するということは逆に展示照明技術で或る効果を強調するというやり方であり、我国でも金屏風の豪華さを出すためにはわざと白熱電球で照明することに通ずる。美術館でなく博物館であるならこの後のことは一応無視するとしても、先の Kruithof の説は気にせざるを得ない。従って博物館照明としてはその照度に合わせた快感帯の色温度の黒体輻射をもつ光源を最適として採用することが妥当であろう。以上演色性についてである。

- 1) L. S. Harrison: Report on the deteriorating effect of modern light sources. New York. The Metropolitan Museum of Art, 1954; Illum, Engr. 48 (1954), P. 253.
- 2) A. A. Kruithof: Philips Technical Review, 6 (1941) P. 65.



第2図

2. 博物館照明用人工光源の良否

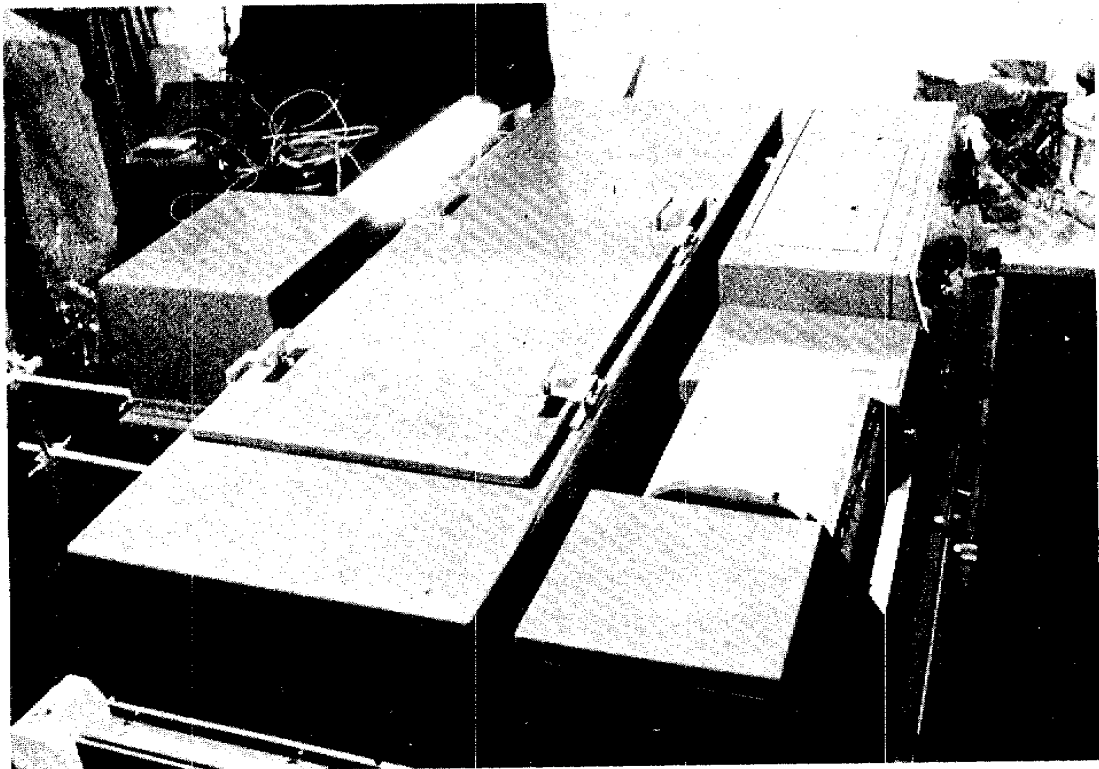
博物館照明として要求されることは熱輻射のないもの、長時間の使用に対して色温度が変化しにくいもの、非正常電圧でも安定性のあるもの等の条件を兼ねそなえていることが望ましい。熱輻射の少いことは我国の博物館展示では不可欠となる。それは外国では油絵自体に保護膜をかけているからむき出しの展示が出来るのに反し、我国の展示物は大い保護壁が別に存在することが望ましいし、また一方湿度ショックに弱いものが多いので、どうしてもケース内展示が基本となるからで、ケース内照明で熱輻射が伴えばケース内の湿度が乱れることは当然だからである。

完全黒体輻射に近い人工光源としては白熱電球（沃素ランプもこの範疇に入る）、キセノン

アーク灯、金属ハロゲンを入れた水銀灯、蛍光灯等が考えられる。

白熱電灯では消費電力の大部分の60%前後が赤外線となり可視光は10%前後にしかすぎない。すなわち約90%の電力は何らかの形の発熱をおこすのである。更に白熱電灯は時間と共に色温度が低くなる性質がある。熱効果からだけでも放熱に特別の工夫を加えぬ限り陳列ケース内等の照明には向かないであろう。キセノンアーク灯は青色部に著しい輝線を持つほかは連続スペクトルからなる光源で、白熱電灯と反対に青味がかつた光を発する。昼光に最もよく似るが、紫外線や赤外線は強い。更にこの光源は発光装置や安定器などの附属品を必要とし、また一度発光させたものを消すと、次に発光させるのに管球が一定の温度以下に下らないと発光しない欠点を持っている。従って簡単な照明方法とは云えない。金属ハロゲンを入れた水銀灯は現在相当に演色性が良くなってきて蛍光灯に匹敵するくらいの演色性を示すが、発光面積が小さいことと、ワット数が高すぎケース内照明には明るすぎるので未だ採用の段階ではなく、せいぜいロビーの照明にしかならない。蛍光灯は数ミリメートル(Hg柱)圧のアルゴンガスとごく少量の水銀粒がガラス管に封入され、管内の放電によって生ずる 2537\AA の紫外線によって、ガラス管内壁に塗布された蛍光物体を励起して可視光線に変え、照明光としたものである。これは効率もよく蛍光体の種類によって任意の光色が得られること、輝度が低いので光が柔かく陰影が生じない等の特性を持っている。光源からの熱放射は同じ光束を出す白熱電球の約 $\frac{1}{6}$ ですみ管壁温度は $35\sim 45^{\circ}\text{C}$ 程度で冷光源である。欠点としては水銀特有の輝線が強いこと、特に紫外線が多く出ることである。紫外線については紫外線吸収剤等で少なくすることは可能となっているので、他光源に比べて博物館光源として最も適していると思われる。

しかしながら現在市販されている蛍光灯はメーカーによりまた種類により大いに性質を異にしている。博物館において如何なる蛍光灯種を選び採用するかは展示の優劣をさめる大きい因子の一つとなる。以下において目下出廻っている数種の蛍光灯の特性曲線を示してみる。

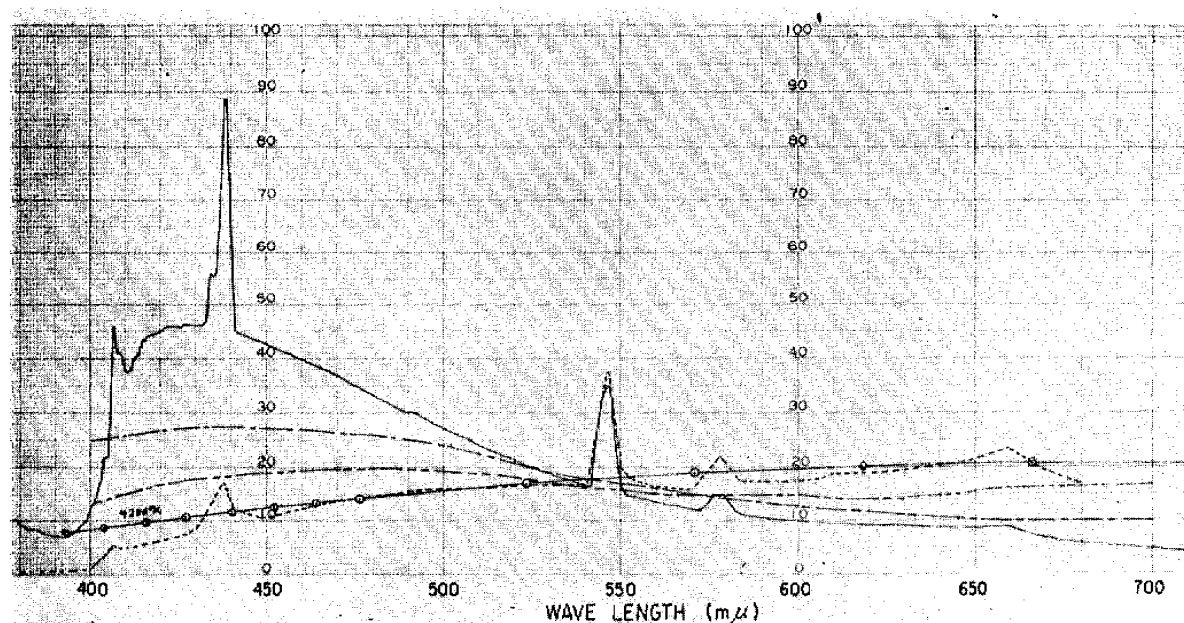


第3図

3. 測定方法

測定は自記分光輻射計を用いた。この装置は復光東光学零位式自記分光光度計で、常に標準光と試験光のエネルギーが各波長にわたって各々等しくし、もし光の強さが相違すると信号が生ずる。生じた信号を利用してモーターを回転させ減光櫛を動かして標準光束のエネルギーを加減し両光束を等しくさせる。即ち減光櫛が入った量が比強度を示しペンによって記録させるのである。標準にした光源は A 光源 (2850°K 黒体輻射) で可変直流低電圧安定化電源で点灯したが、長時間使用することによって色温度が変化するので、交流電球を A 光源で比較補正しこれを標準光源として用いた。機械に書かせた曲線から蛍光灯のエネルギー分布を算出し黒体輻射光曲線に乗るか比較検討してみた。この分光エネルギー分布曲線から望みの黒体輻射曲線に乗るもの、紫外部の切れのよいもの、輝線スペクトル (所々にとび出した山) の小さいものなどを選ぶべきである。

4. 測定結果及び検討



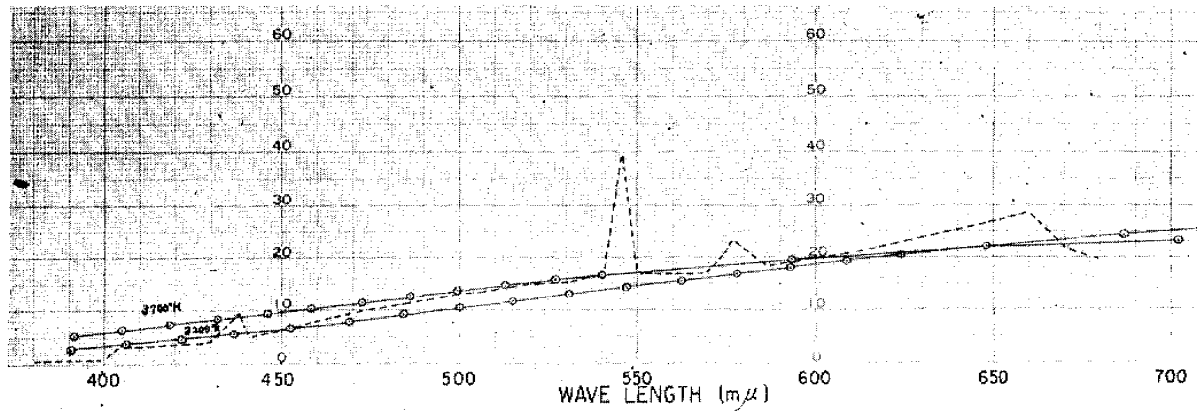
第4図

- 機械に書かせた曲線
- 蛍光灯のエネルギー分布曲線
- 完全黒体輻射光エネルギー曲線
- 天然光 (晴天光) エネルギー曲線
- · - · - 天然光 (曇天光) エネルギー曲線

A 社 真天然昼光色 FL-20S・D-SDL NU (第4図)

4500Å~5400Å までは黒体輻射光の 4200°K に一致するが、5500Å~6400Å まではやや不足気味である。即ち青から黄緑が強くそれに較べ深赤がやや弱い。4000Å~4300Å まではやや低い値を示しているが、美術品に対して影響が少ないのでむしろ望ましいであろう。また紫外線の切れはよく、褪色防止用としての NU 処置は効力がある。しかし水銀の輝線がやや強い。この第3図で分るように天然光 (晴天光・曇天光) のエネルギー分布曲線は蛍光灯のエネルギー分

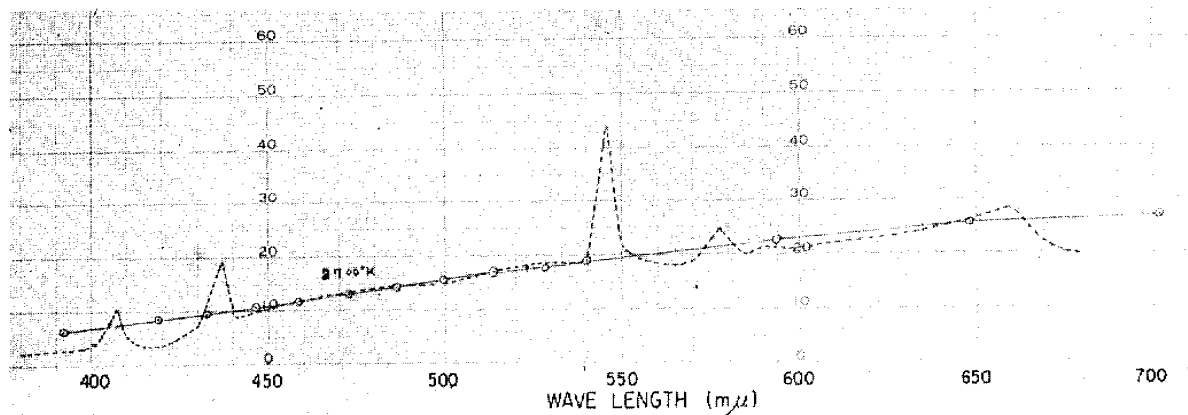
布と合致せず比較することはむずかしい。したがって天然光エネルギー分布曲線は第4図以下は省略する。また機械に書かせた曲線もエネルギー分布曲線に換算してあるので同様省略する。



第5図

A社 真天然白色 FL-20S・W-SDL NU (第5図)

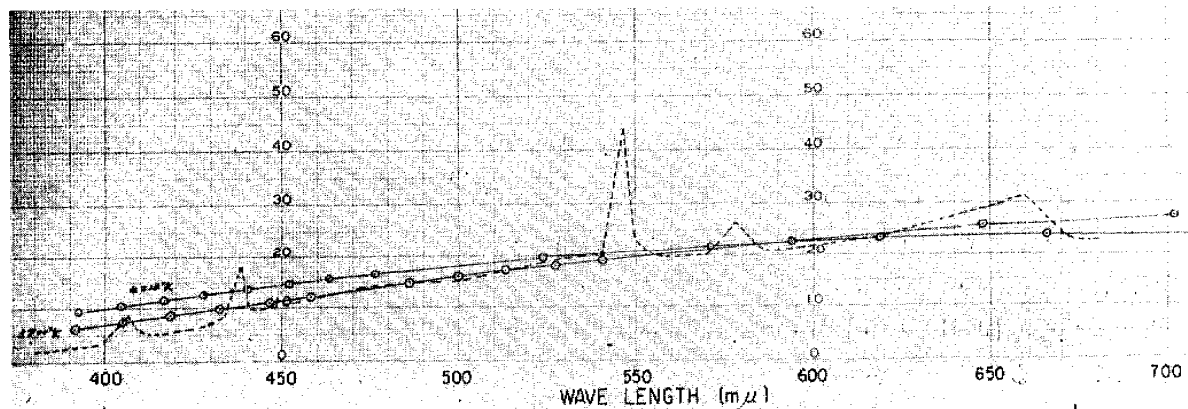
全体として 3200°K 曲線に乗るが 4000Å~4300Å, 5500Å~6000Å の範囲がやや下廻る。赤色の出し方が浅赤で強く、深赤で弱いのは現在の蛍光灯すべてに共通したことで致し方ないであろう。この蛍光灯の紫外線の切れは良い。



第6図

A社 真天然白色 FL20SW-SDL (第6図)

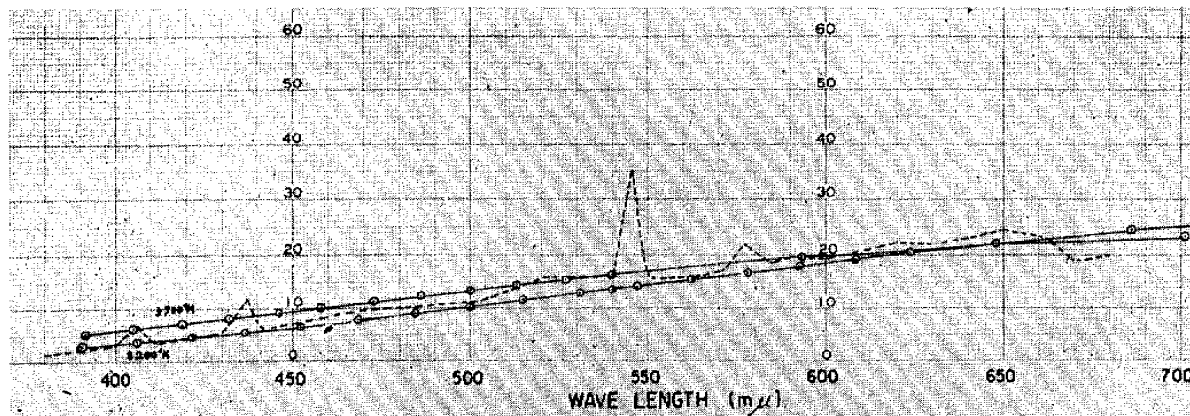
3700°K 黒体輻射エネルギーにほぼ一致する。5500Å~6400Å にかけてやや弱い。色のバランスは大体よい。しかし紫外線防止処置をしていないので紫外線が目立ちまた水銀の輝線が強い、更に深赤の不足が目立つ。



第7図

A 社 真天然白色 FL20S・W-SDL AP (第7図)

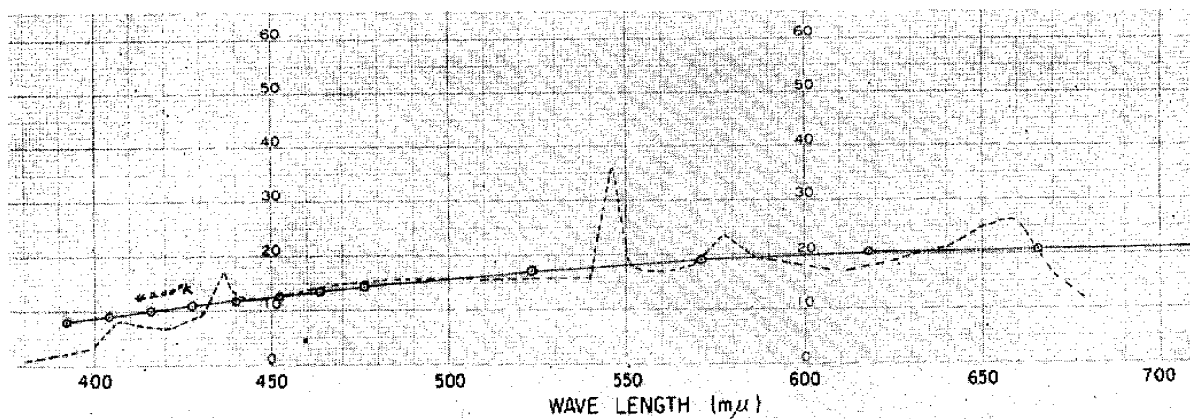
この蛍光管は FL20S・W-SDL の改良型で 赤味を強くした 蛍光管である。紫外線の切れは悪く水銀の輝線が強いのが欠点である色のバランスは大体よい。



第8図

B 社 自然白色 FL20W-SDL 無紫外線 (第8図)

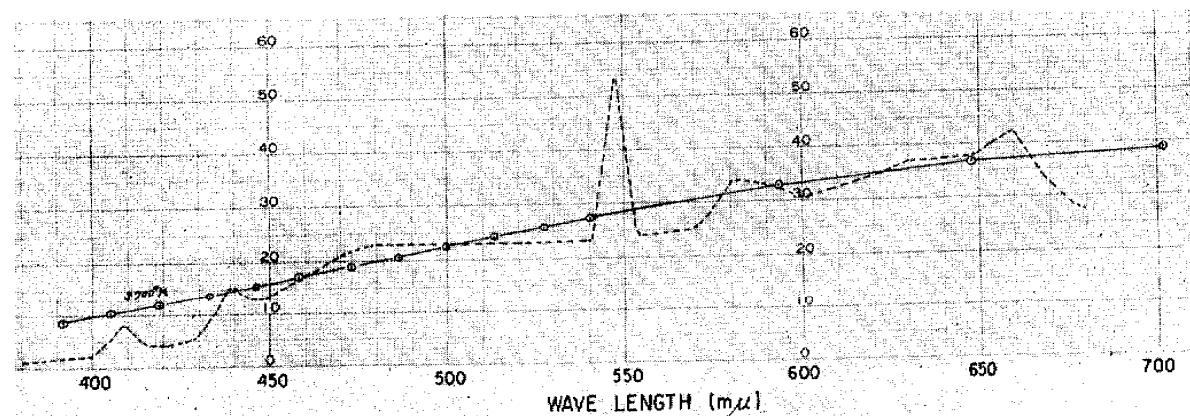
各波長ごとのばらつきやや目立ち、色温度はむしろ低く 3200°K に大体添う。この蛍光灯は赤味が強い。紫外線の切れはやや悪く、無紫外線効果はあまりあがっていない。



第9図

B 社 自然色 FL20D-SDL 無紫外線 (第9図)

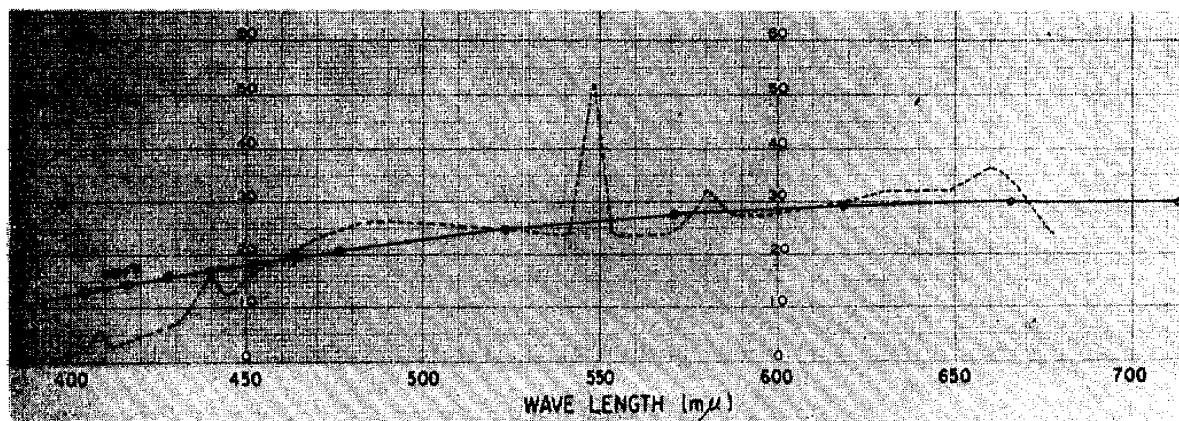
4200°K 黒体輻射光にほぼ一致するが橙から赤にかけて弱く深赤が更に弱くなっている。水銀の輝線はあまり目立たず、紫外線の切れもよい。



第10図

B 社 EDL 42 (第 10 図)

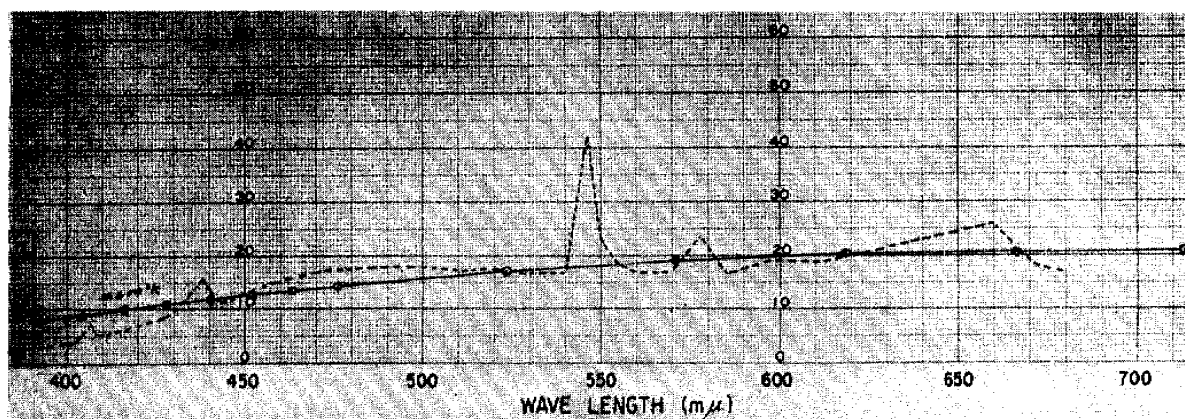
この蛍光管は波長ごとのばらつきが大きく、 $5000\text{\AA} \sim 6200\text{\AA}$ が弱く、また深赤も弱い。紫外線の切れはよいが水銀の輝線のうち特に 5461\AA が強い。



第 11 図

B 社 EDL 50 (第 11 図)

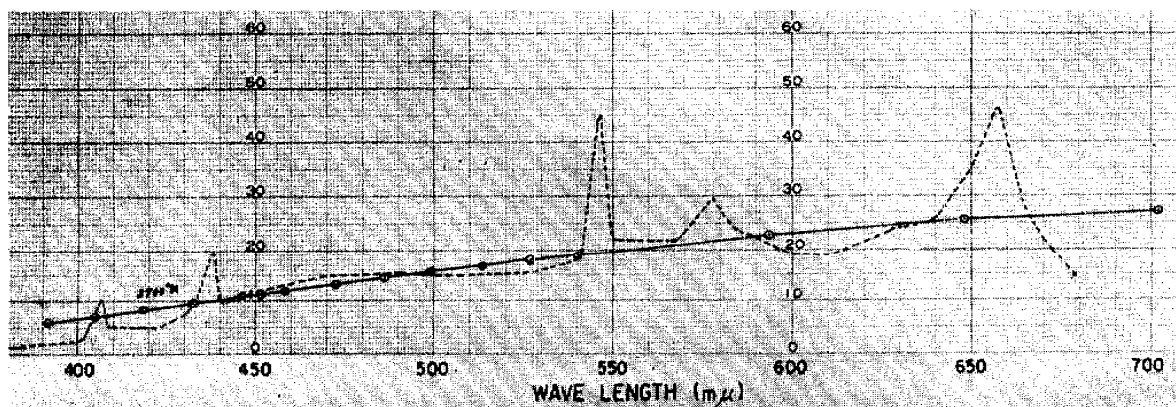
この蛍光管も B 社 EDL42 と同様に波長ごとのばらつきがあり、 4300\AA と 5700\AA の近くが弱くなっている。色温度は 4200°K 黒体輻射光に添うとみてよい。紫外線の切れは良いが水銀の輝線がやや強い。



第 12 図

C 社 純天然昼光色 FL20S・D-SDL NU (第 12 図)

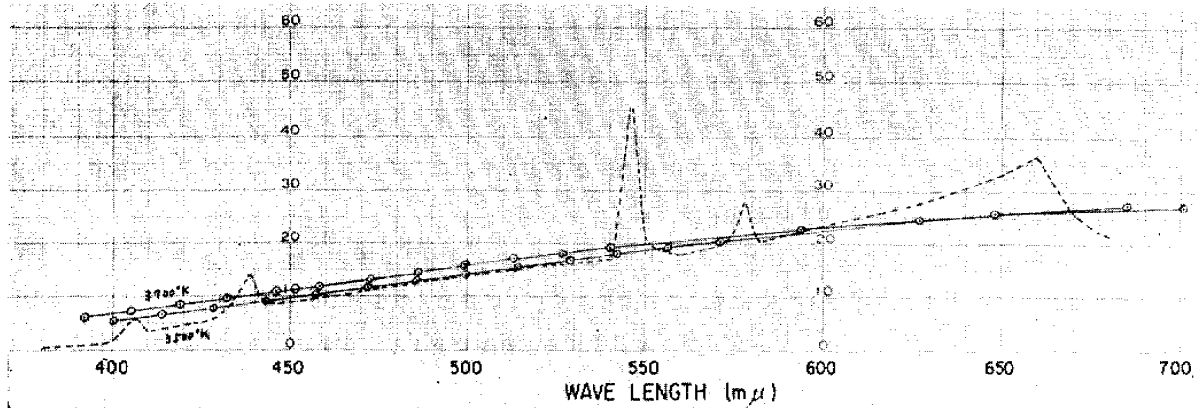
4200°K 黒体輻射光に近いが青系がやや強い。紫外線の切れはあまりよくなく NU 処置の効果があがっていない。色のバランスは大体よい。



第 13 図

C社 純天然白色 FL20S・W-SDL NU (第13図)

各波長ごとのばらつきが大きすぎる。特に赤を強くしてあるが、極端すぎるし、水銀の輝線も強く紫外線の切れが悪い。大体 3700°K 黒体輻射光に添う。



第14図

C社 純天然白色 FL20SW-SDL (第14図)

色のバランスは大体よいが赤がやや強いのが気になる。 3500°K 黒体輻射光に近い。紫外線の切れはよい。

5. 考 察

博物館照明光源として蛍光灯を用いるには、紫外線が出ないことが第1条件、黒体輻射光曲線に近い光を出していることが第2条件、連続スペクトル中に現われる水銀の輝線がなるべく弱いものが第3条件としてよいであろう。この11例の曲線をみればこれら三条件をみたす度合いは自ら明かであると思う。

蛍光管壁に NU とか無紫外線とか褪色防止用などと明示されている中でも紫外線の切れが悪いのがあった。

また従来から高演色性蛍光灯は白色 (W-SDL) が色温度 4500°K 、昼光色 (D-SDL) が 6500°K とされているが今回の測定結果からすると白色 (W-SDL) の類では色温度 3500°K – 3700°K 、昼光色 (D-SDL) の類では 3700°K – 4200°K の曲線に最もよく添うようである。但しここでは三色値からの計算でないので公称色温度とのくい違いがおこるのは当然である。尙この測定した蛍光管は現在市販されているものや試作段階のもの合せて数十点になった。その中から先にあげた条件に近いものを選んだがその結果が11点となったものである。

Résumé

Kenzo TOISHI and Rikuo ISHIKAWA: Characteristics of Light Sources Suitable for Use in Museums and Selection of Fluorescent Lighting.

New museum buildings tend to be built in completely closed form in order to escape the effects of air pollution, to facilitate air-conditioning and to avoid natural light which is, although excellent for rendering colours, harmful to art objects.

Natural light has been held to be most suitable for the appreciation of art objects.

However, its properties are not constant, varying according to the direction of radiation, the time of day, the type of weather, because it is diffused by particles in the atmosphere in the course coming down to the ground.

Natural light has in general a relatively large content of ultra-violet rays which do not improve vision, but greatly harm the objects. Since even visible rays are harmful, we must dim the lighting of a museum as far as possible without impairing the visibility of the objects exhibited. However, saying from the psychological standpoint, comfortable colour sensation cannot be achieved under conditions of dim lighting with high colour temperatures.

It can therefore be deduced that the ideal source of lighting for a museum is an illumination which has an energy distribution curve corresponding to that of a black body with a colour temperature which is felt comfortable under a given value of brightness.

Lighting sources roughly corresponding to the radiation composition of a black body are incandescent lamps, xenon-arc lamps, fluorescent lamps etc.

Of these the fluorescent lamps seem most suitable for our purposes, because they give off little heat when installed in a show case which is the most prominent form of exhibition of our delicate art objects. Moreover, it does not alter its colour temperature during its span of life and does not require large devices to be kept in action.

The authors have conducted measurements on various fluorescent lamps on sale and give their respective energy distribution curves. The measurements were made with a recording spectroradiometer using a standard incandescent lamp in comparison. The energy distribution curves were drawn according to calculations.

Paying attention to the following three conditions

- 1) exclusion of ultra-violet rays
- 2) the energy distribution curve is to be as similar as possible to that of a black body
- 3) line spectra have a negative effect on colour sensation

colleagues will be able by using the curves to select the most suitable type of fluorescent lamp.