

モナリザ展示に際しての照明について

石川 陸郎・登石 健三

1. はじめに

日本における博物館の展示照明はほとんど蛍光灯を主体としているのが現状である。これは一方には近來蛍光体の研究が進んで蛍光灯照明による演色性がほとんど辛抱できる段階にまで達しているということがあり、他方にはわが国の展示物が一般に湿度変化等に敏感でどうしてもケース展示が原則となり、したがってケース内にとりつける照明光源は発熱量の少ないものが要求されるということがあるからである。しかしながら蛍光灯の演色性は未だ完全とは言えないし、特に深赤色の光にはいささか不足している。したがって展示物によってはどうも蛍光灯照明だけでは物足りぬということもおこる。わが国の展示物のうちで特にこのことがおこるのは金製品とか金屏風とか金の色を出したい場合であろう。これらの色はどうも白熱灯光源なしには物淋しい色にしか見せられない。一般的に言って油絵もこの場合の一つのようである。油絵の展示には蛍光灯と白熱灯の混合の照明がよく行なわれるが、これは蛍光灯の深赤色光の不足を補う意味で、あるいは時には赤色にアクセントを置いた照明効果によって、実際に作品が引き立って見えるからである。

2. モナリザの照明

モナリザの展示が東京国立博物館で行なわれるについて、フランス側からの条件は照明が温度上昇の原因となってはならぬこと、紫外線フィルターを備えるべきこと、照度は200ルクスを越えないことであった。これに対して博物館側としては前報文図-3に示すように断熱調湿ケース天井前方に二重ガラス窓を作りその外から蛍光灯で照明を行なう計画を立てた。(図-3には蛍光灯2本が描かれているが、実際には40ワット7本が用いられた。)これら蛍光灯の下には散光のため乳白アクリル板とルーバーとが設置された。しかし当然これでは上からの一方照明となるのでモナリザの上部と下部では照度の差がおこる。これを是正するためにケース内ルーバー床上に図に示すように大きなアクリル鏡を置いて反射光を利用した。これで実験的にはほぼ画面が一様に照らされる申分ない照明が得られたのであるが、実はこの時点でわれわれは本物のモナリザの額がどんなものかを知っていなかったわけである。いざモナリザが着いて予定位置に展示してみると、その額が大変に深く、絵の上辺に陰ができることがわかった。この額はルーブル博物館で平常展示されているときにもはまっているもので、防弾ガラスがとりつけられている関係で自然このような厚みとなっている。いま仮に(実測している暇はなかった)画面の明るい所で10の光、陰の所で1の光を受けているとすると、その明暗は10:1で非常にはっきりしているが、全面に2の照明を加えてやれば $10+2:1+2=4:1$ となってあまり差が気にならなくなるであろう。これを行なうためにケース前面二重ガラス窓の外から前報文図-3に示すように白熱灯照明を当てた。勿論ケース内に温度上昇をおこしては困るので熱線吸収フィルターを通してのことである。この補助光を加えても最高照度は180ルクスに止った。またこの補助光は上述したように深赤色光を加える大切な効果を生み、照明につい

ては予期しなかった好評が得られる結果となった。

3. 無紫外線処置と蛍光灯の特性

蛍光灯は管内にごく少量の水銀と数ミリメートル Hg 圧のアルゴンガスを封入し、放電によって生ずる紫外線 2537 \AA 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、連続スペクトルとして照明光としたものである。また水銀アークによって 2537 \AA 以外に $3650 \cdot 3663 \cdot 4047 \cdot 4359 \cdot 4917 \cdot 5461 \cdot 5770$ および 5790 \AA に強い輝線スペクトルを持つ。ことに色材の変褪色は 3650 \AA の近紫外で最大とされている。蛍光ランプは 3650 \AA ラインを中心として照度 100 ルックス当たりおよそ 7 mW/m^2 の紫外放射照度を与える。この割合は自然光の $1/5$ にすぎないが長期の保存が必要な美術品などの照明には適さない。そのために 4000 \AA 以下の紫外線を除去せねばならない。紫外線除去法には現在2通りの方法が行なわれている。①蛍光体膜とガラスバルブとの間に酸化チタン、酸化セリウムなどの膜を設けたもの。②紫外線吸収物質を添加した特殊ラッカーをバルブの外壁に塗布したもの。いずれも 4000 \AA 以下の光線を完全に遮断することをねらったものである。前者は耐久性がよいと言われ、後者はランプ製造後任意の品種を必要数だけ処置できる利点を持っている。さきに蛍光灯は深赤系の光が不足勝ちと言ったがこれは現在使われている蛍光体ではいたしかたないためである。

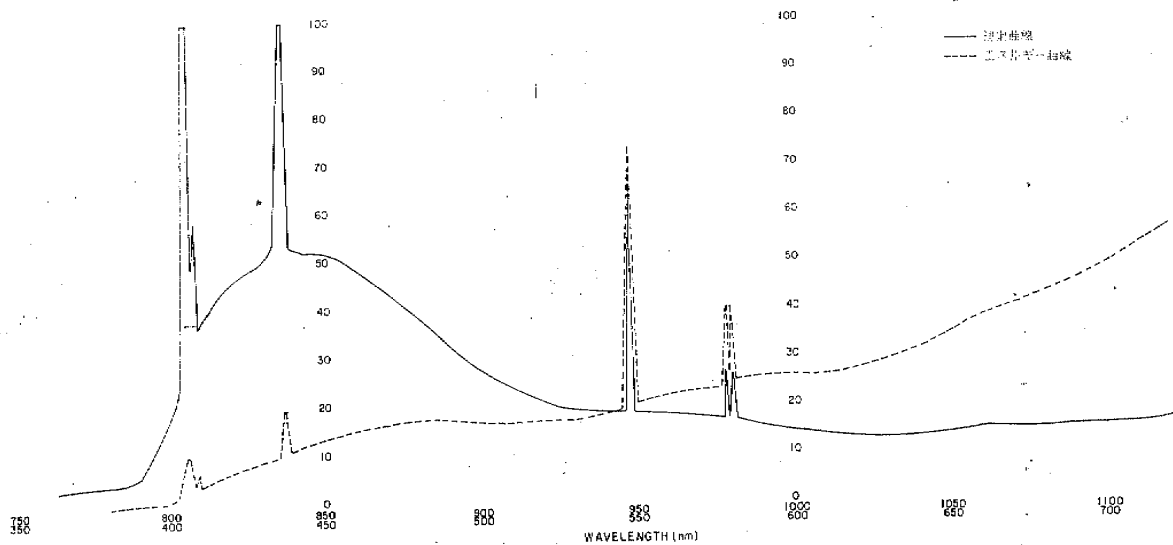
表—1 蛍光灯用蛍光物質

蛍光物質	蛍光の色	励起波長 (Å)		発起波長 (Å)	
		範囲	極大	範囲	極大
タングステン酸カルシウム	青	2200~3000	2720	3100~7000	4400
タングステン酸マグネシウム	青白	2200~3200	2850	3600~7200	4800
珪酸亜鉛	緑	2200~2960	2540	4600~6400	5250
ハロリン酸カルシウム	白	2200~3200	2500	3500~7500	5800
珪酸カルシウム	黄赤	2200~3000	2540	5000~7200	6100
// カドミウム	黄桃	2200~3200	2400	4800~7400	5950
硼酸カドミウム	桃	2200~3600	2500	5200~7500	6150
リン酸カルシウム "DR"	深赤	"	3130	5600~8300	6500
// "360 BL"	青紫	2200~3200	2500~2800	3200~4500	3600
// "E"	"	2200~2650	2480	2700~4000	3250
弗化ゲルマニウム酸マグネシウム	赤	2300~3300	3000	6300~6800	6600
ハロリン酸ストロンチウム	うす緑色	2700~2900	2450	4000~7000	5200

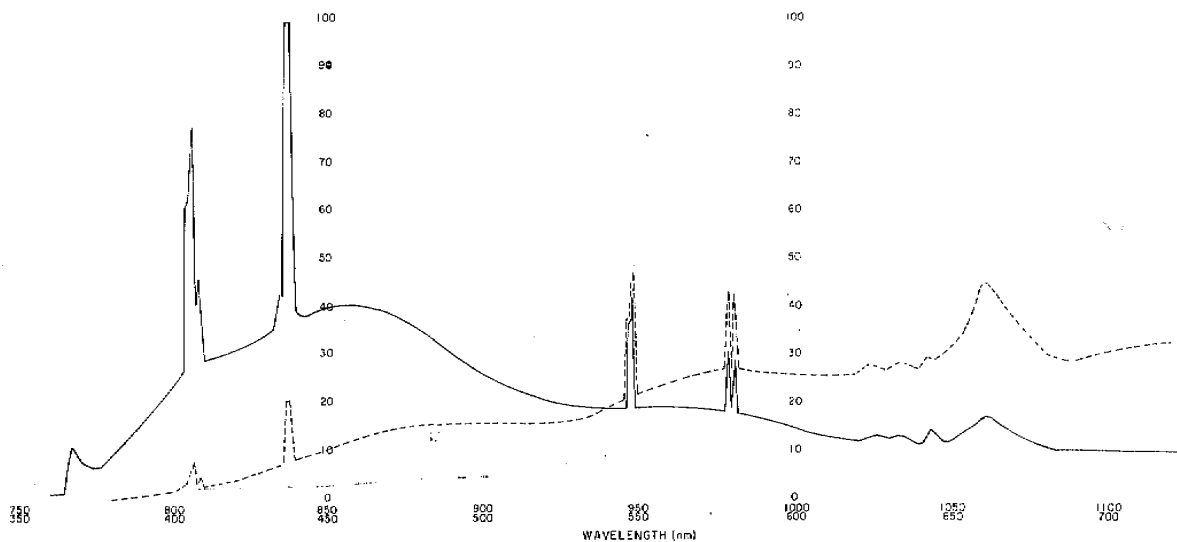
現在使用されている主な蛍光体は表—1に示したが、蛍光ランプから出てくる光の波長や色は、蛍光管内壁に塗布してある蛍光体の化学組成によって決まる。各種の蛍光体をいろいろと組合せることにより、広範囲の光色を得ることが出来る。しかし表—1の中で赤色の蛍光体のリン酸カルシウムDRで発起波長が $5600 \sim 8300 \text{ \AA}$ であるがその極大が 6500 \AA であって浅赤である。そのため赤全域約 $5800 \sim 7000 \text{ \AA}$ の平均した波長が得られずどうしても深赤が不足勝ちとなるわけである。元来蛍光灯は青系の色が主体であって赤系の色が不足であったものを種々の

蛍光体の開発によって今日に至ったわけであるが、なお深赤領域の蛍光体の開発は今後に残された課題であろう。以上が無紫外線処置と蛍光灯の特性であるが以下に現在生産されている無紫外線表示の蛍光灯で、紫外線が十分に遮断されているか、また外壁に塗布する特殊ラッカーの性能がどうかを示す実測曲線を示す。

図一はモナリザ展に用いたA社製蛍光灯で蛍光管内壁に紫外線吸収剤を塗布したものである。実線は測定曲線、点線はエネルギー曲線である。この曲線で 3900\AA 以下はカットされており、やや赤系が不足しているがバランスのとれた蛍光灯と言える。図一2は図一1と同社製の無紫外表示の同種のものであるが 3650\AA の紫外線の遮断が不完全な例である。おそらく製品のバラツキであろう。



図一1 A社製 FLR 40 S·W-DL·X NU/M 褪色防止用



図一2 A社製 FLR 40 S·W-DL·X NU/M 褪色防止用

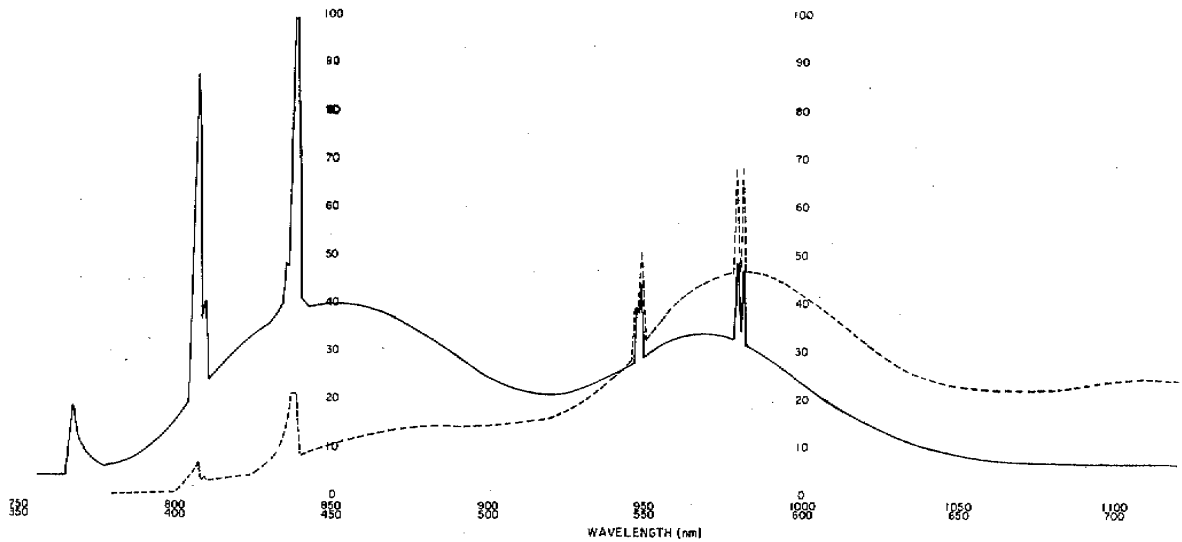


図-3 B社 FL 40 W NU 白色褪色防止用

図-3はB社製蛍光灯の特性曲線であるが、緑から黄色にかけての光が多く赤系が不足している。また 3650Å の紫外線がわずかではあるが出ている。図-4はC社製の蛍光灯で、紫外線吸収剤は蛍光管外壁に塗布するタイプのものである。カラーバランスは比較的よいが、 3650Å がまったく切れておらず、紫外線吸収剤塗膜がうすいのであろう。図-5は紫外線吸収剤（ドイツ製品）の性能を示すもので、普通の白色蛍光灯の曲線（実線）をとり、aは1回塗り、bは2回塗り、cは3回塗ったものである。これによると1回塗りでは紫外域の連続スペクトルは吸収され下降するが 3650Å の輝線は強く残る。2回塗布で 3650Å 輝線をかなり下降させることがわかったがやはり完全遮断には3回塗布が有効であることがわかった。また紫外線吸収剤によってカラーバランスが乱されてはならないが図-5の曲線からはそのような現象は認められない。もしNU表示のある蛍光管で製品のバラツキで不完全なものがあれば紫外線吸収剤を塗布して使用するのも一つの方法と言える。しかし蛍光管生産会社独自の製品チェックを慎重に行なってもらい、安心して使えるものを市場に出すよう希望する。

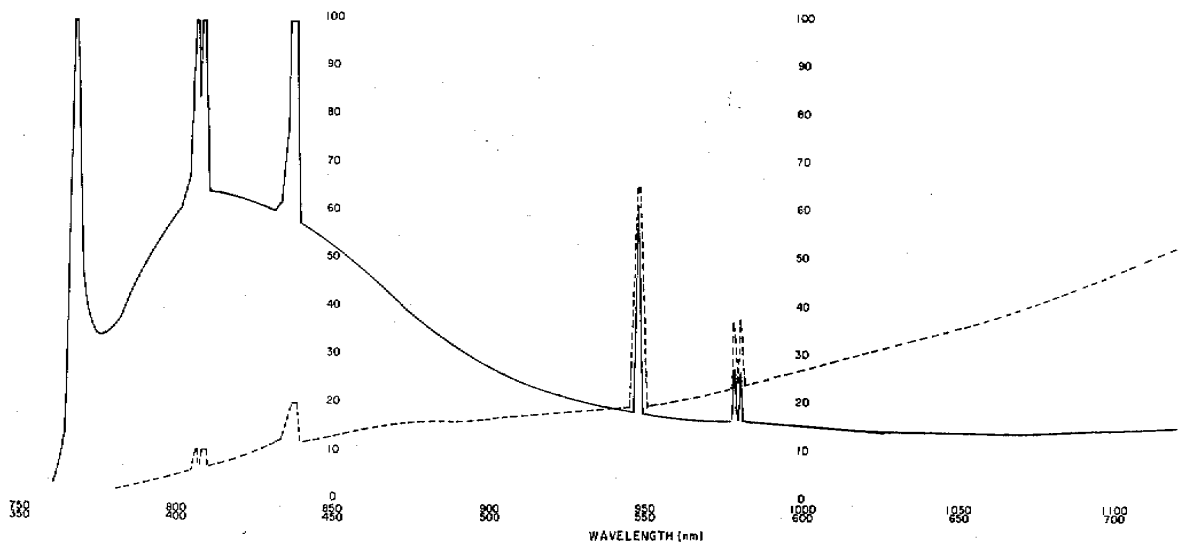


図-4 C社製 FLR 40 W-SDL NU/M

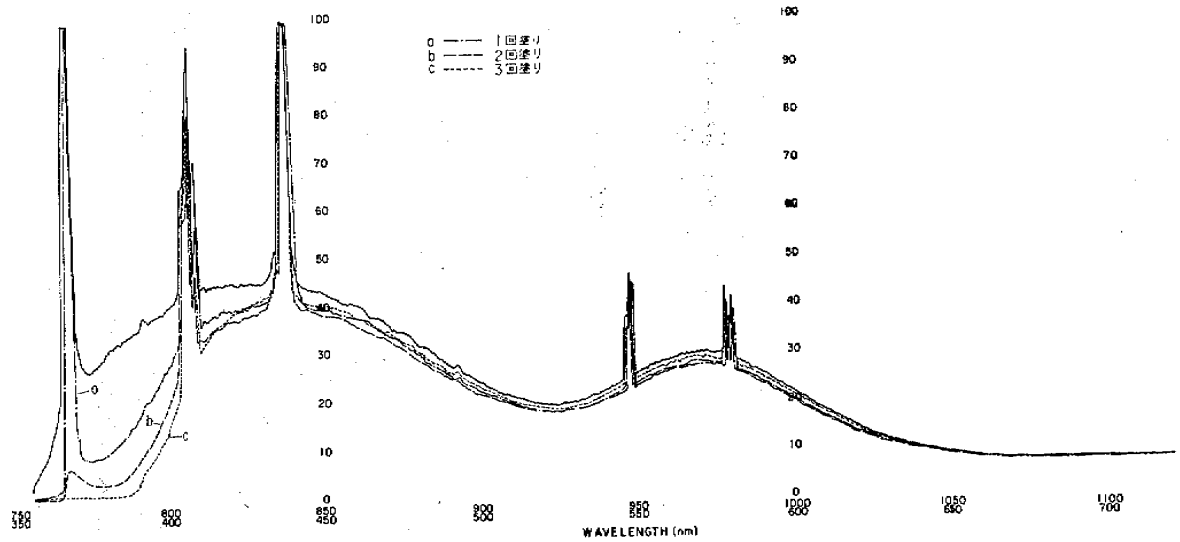


図-5 紫外線吸収剤の性能

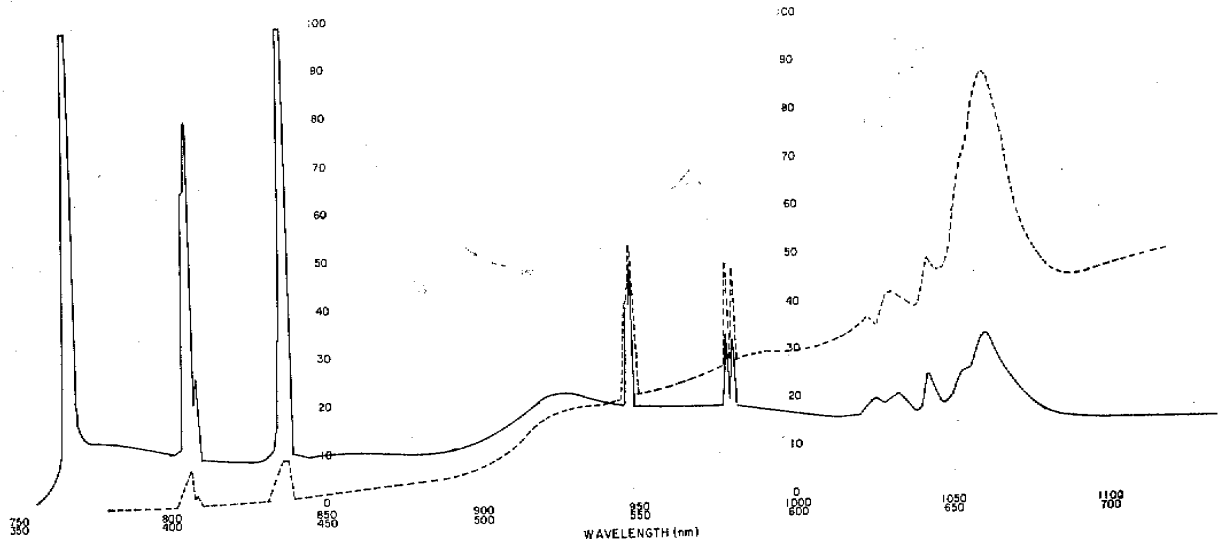


図-6 白熱蛍光灯

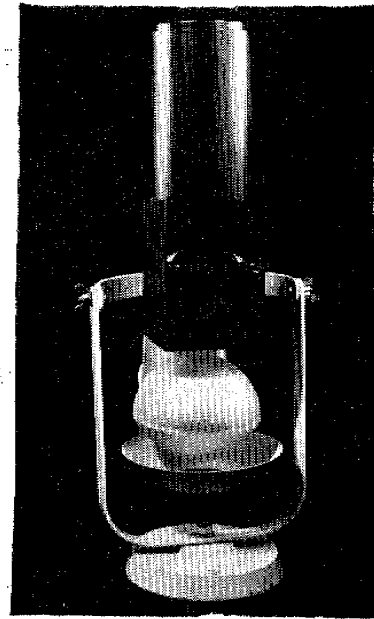
図-6は最近開発され市販されている白熱蛍光灯と称するもので、蛍光灯でありながら白熱灯相当の光を出すように工夫されたものである。事実分光曲線でのカラーバランスも白熱灯にやや似せてある。しかし深赤はやや不足勝ちである。また一般照明用のため 3650\AA は切っていないが、NU処置を加えれば美術品展示用に十分使えるようである。

4. 白熱電灯と熱線吸収フィルター

白熱電球からの光は連続スペクトルで水銀アークのような輝線は混入しない。光質としては柔かい感じを与えてくれる。ガス入り電球では消費電力の大部分の60数%が熱線となり、10%内外の光を含む全放射は70数%となる。分光分布では短波長から長波長領域にかけて徐々に多くなっている。したがって蛍光灯の赤色系の光を補うには最も適していると考えられる。

表—2 ガラスおよび熱線吸収ガラスの熱線透過率

種 類	透過率%	吸収率%
蒸着膜ガラスフィルター (2.6 m/m)	34	66
R社ガラスフィルター (4.2 m/m)	7	93
並板ガラス (1.4 m/m) (透明)		
3枚	69.75	30.25
2枚	79	21
1枚	87	13
熱線吸収窓ガラス		
サングレー (3m/m)	69.3	30.7
サンプル (//)	62.6	37.4
サンプロンズ (//)	66.9	33.1



図—7

モナリザに用いた装置は 150W 白熱灯 ピンスポット器具 (図—7) で光源自体は回転楕円面反射型電球である。白熱電灯より放射される熱線を吸収するフィルターの選定条件は、①熱線吸収率がよいこと、②可視光の吸収があまりないことである。表—2 はガラスおよびガラスフィルターの熱線透過率を示す表である。R社のガラスフィルターは熱線透過率が7%で最もすぐれているが、フィルター自体に青緑の色が入り赤系の光が吸収される。したがって①の条件は満たすが②の条件は満たさない。蒸着ガラスフィルターは熱線透過率が34%で①の条件にはやや不満はあるが、②の条件はほとんど無色のために満たされる。モナリザケースの複層ガラス厚は20 m/m あるが、通常ガラスの熱線吸収率は極めて不満足なもので赤外カットの作用は大きいものが期待できない。以上を総合して考慮し、モナリザの白熱灯照明光源には蒸着フィルターを採用した。

モナリザの照明には以上の色々な照明光源のうちから最も優れた蛍光灯と白熱灯とを選んで組み合わせたということになる。

Résumé

Rikuo ISHIKAWA and Kenzo TOISHI: On the Illumination at the Time of the "Mona Lisa" Exhibition

Actually, museums in Japan depend primarily on fluorescent lamps for illumination. Among the major reasons for the adoption of fluorescent lamps are the followings: that their effects on colours have been improved and that the bulk of our exhibits, being sensitive to humidity changes, are kept in showcases while on display. However, there exist instances where fluorescent lamps are inappropriate for effective exhibition. A gold-leafed folding screen, for example, is a case in point, when the foremost emphasis is on the colour of the gold. Oil paintings, too, seem to constitute one of such cases. On the occasion of the "Mona Lisa"

exhibition, the conditions set forth by the French side were : that illumination must be so provided as not to give occasion to temperature rises, that ultraviolet filters be installed, and that the intensity of illumination be under 200 luxes. Our Museum accordingly prepared a heat-insulated and humidity-controlled exhibition case, with a double-paned window on the top for fluorescent illumination from outside. As this provided only for illumination from above and as it was feared insufficient to secure uniform light for "Mona Lisa", an attempt was made to diminish illumination unevenness by means of a large acryl mirror installed on the floor of the case, to reflect the light. As a matter of experiment, the illumination on the painting now seemed almost uniform. By and by, however, it came to our knowledge that "Mona Lisa" was in a very thick frame which, under the illumination in question, was to cast a shadow on the upper part of the painting. In order to render this shadow as imperceptible as possible, an incandescent lamp was installed outside the double-paned front of the case, with an infrared-ray absorption filter set in front of the incandescent lamp to prevent temperature rises. This method proved successful in keeping the illumination on "Mona Lisa" under 180 lux or thereabout. Furthermore, the supplementary lamp turned out to be significant also for its effect in making up for a deficiency in dark red lights, which is one of the disadvantages of fluorescent lamps.

In order to select fluorescent lamps for the "Mona Lisa" exhibition, an examination was made of those currently on sale with "Ultraviolet rays excluded" labels. As the result, a great deal of discrepancies have been found. Now there are two methods of excluding ultraviolet rays from a fluorescent lamp: to apply an inorganic absorbent on the inside surface of the fluorescent tube or to apply an organic absorbent lacquer on the outside surface of the tube. Chart-1 shows energy distribution of a fluorescent lamp of the inside-surface-application type, employed for the "Mona Lisa" exhibition. However, exclusion has been found insufficient with some products of the same brand (Chart-2).

Chart-3 treats of another brand of the inside-surface-application type and Chart-4 one of the outside-surface-application type, taking as examples those with insufficient exclusion. The curves on Chart-5 show the efficacy of a German ultraviolet ray excluding agent tested on an ordinary fluorescent lamp. Tests proved that the agent in question, if applied more than three times, was capable of completely excluding those of 4000 Å or below.

Table-2 indicates the efficiency of infrared ray absorbent filters. So far as the infrared ray absorbing efficiency is concerned, the one produced by the R Company excels the rest. However, as this filter is itself coloured bluish green and as such possesses the effect of absorbing red in all its shades, it fails to serve our present purpose. The choice, therefore, has fallen on the interference glass filter, which is second in efficiency.