

# 蛍光灯の配光測定と照明設計

## Measurement of Light Distribution of Fluorescent Lamps and Related Calculations

藤原靖郎\* 中道松郎\*

### 内容梗概

我国における蛍光灯および蛍光照明器具の普及は最近非常にめざましく、照明設計も照明理論の進歩とともに向上発達して蛍光照明器具の光学的機能とくに配光の測定データおよび照明率表などの照明設計の基礎データが重要視されるようになってきた。このような情勢に応じて日立製作所においても蛍光照明器具の配光測定装置一式を設置し、測定を行ってきたので、ここに本装置の概要・測定方法ならびに代表的器具の配光曲線・照明率表をしめし、あわせてこれらの意義および使用法について述べ、今後の照明設計の参考に供する。

### 〔I〕 緒 言

近年蛍光灯の出現につれて Moon, Spencer などによる照明理論の進歩はいちじるしく、我国においてもこれらの理論にもとづいて照明全般にわたる検討改善がなされつつあり、それとともに蛍光灯照明設計の基礎データたる配光曲線や照明率表などが重要視されるようになってきた。

蛍光灯の配光測定は種々の方式が採用されているが、日立製作所においても数年前に装置一式を完成し、以来多数の器具について測定をおこなってきたので、ここに本装置の概要、測定方法、ならびに代表的器具の配光曲線、照明率表をしめし、あわせて現在おこなっている照明率の算出方法とその照明率をもちいた照明設計計算法について述べ、配光測定から照明設計までの過程をあきらかにする所である。

### 〔II〕 配光測定設備

蛍光照明器具の配光を測定するには器具を取付ける装置、器具の各方向の光度を測定するための照度計、蛍光灯ランプ点灯用の電源および測定を行う暗室などを必要とする。その測定方式の二三の例をあげるとつぎのようである。

#### (1) 各所の配光測定方式

まず第一の方法としては器具の位置は一定にしておき回転鏡によつて各方向の光度を測定する方式<sup>(1)</sup>があり、また第二の方法としては回転鏡をもちいることなく照度計受光部を器具のまわりに回転させながら半自動的に配光を記録する方法<sup>(2)(3)</sup>があり、G. E. 社がこの方式によつている。第三は W. H. 社などで採用している照度計の位置を一定にしておき器具自身を回転させる方式<sup>(4)</sup>である。この方法は空間を有効に利用でき、比較的せまい測定室でも測光できるので我国の蛍光照明器具製作所<sup>(4)</sup>

\* 日立製作所亀戸工場

および研究所の一部も、ほぼ W. H. 社とおなじ方式を採用している。

#### (2) 日立製作所の測定設備

日立製作所における測定も第三の方式により照度計位置を一定にし、器具を回転させて各方向の光度を測定するもので、測光距離は最大 10m である。

##### (A) 蛍光照明器具回転装置

構造は第 1 図にしめすように回転素子三つを有する一種の goniometer<sup>(5)</sup> で器具を取付け、これを所要の方向にむけられるようになっている。

##### (B) 照度計

照度計としては補償回路<sup>(6)</sup>付(電流平衡型)セレン光電池照度計を使用している。そのため照度とふれの関係が直線性で便利である。使用にあたっては照度計の特性たとえば角特性、温度特性、初期効果、疲労現象、分光感度などに注意しなければならない。

##### (C) 測定室および測定用電源

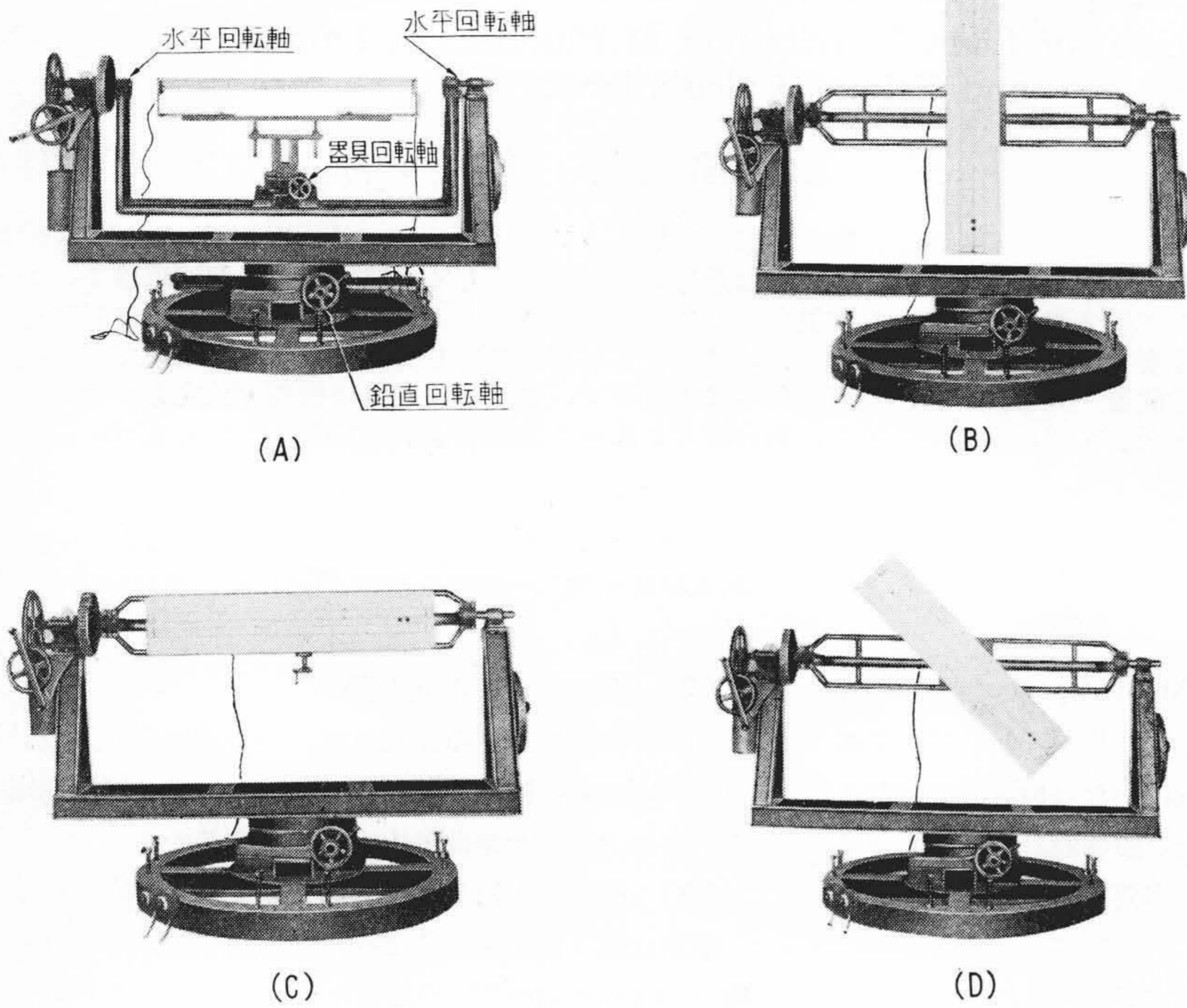
測定室は反射および外部からの漏光をふせぐため天井、壁などはすべて黒色つや消し塗料を塗布するか、または暗幕でおおうようになっている。電源は電動発電機を使用し電圧、周波数を制御できるようになっている。

### 〔III〕 配光測定法

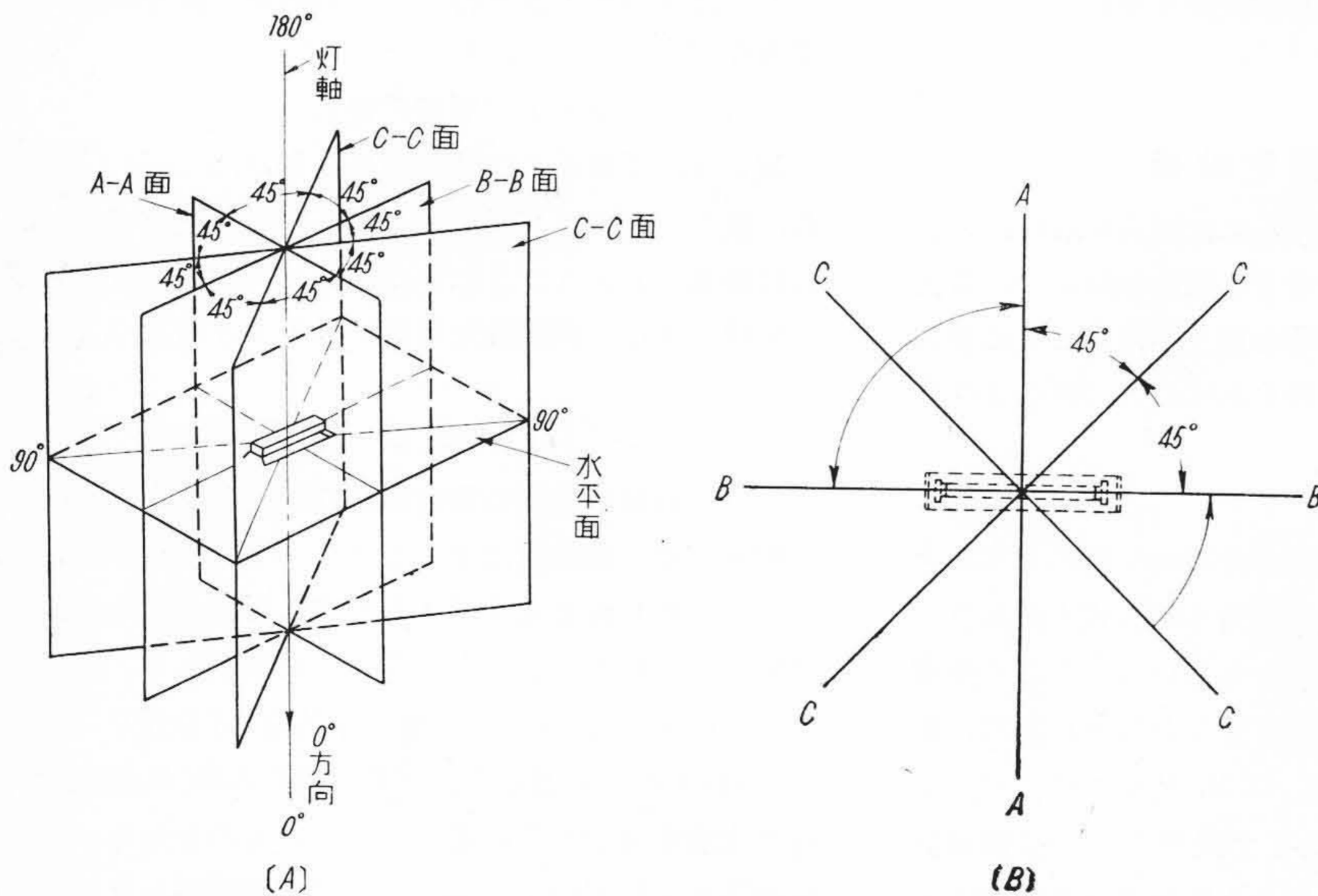
#### (1) 供試放電管の選定および配光の測定

配光曲線の諸数値はすべてランプの光束がもとになり、かつ器具配光もランプの配光に影響されるゆえ、まず配光測定用のランプを選定する必要がある。選定にあたっては光中心(ランプの幾何学的重心)を通り、かつランプ軸(光中心を通るランプ長て方向の軸)に垂直な各方向の光度を測定しその差のすくないものをとる。また供試器具が 2 灯用以上の場合には安定器回路とランプの組合せを器具を取付ける場合と同一にして配光を測定し、その差のなるべくすくないものを選定する。なお 50 時間以上点灯し十分枯化された白色蛍光灯を使用するの





第1図 蛍光灯器具回転装置  
Fig. 1. Goniometer for Fluorescent Lighting Fixture



第2図 A-A, B-B および C-C 面の関係  
Fig. 2. Relation Among A-A, B-B and C-C Planes

が普通である。こうして選定したランプの配光を器具に取付ける場合と同一条件の下で測定する。

(2) 器具配光の測定

一般に光源の光度分布を配光というが蛍光照明器具の場合には通常光源の中心をとる平面上の光度分布をしめす極座標曲線を配光曲線といっている。そのうち水平面すなわち灯軸（灯具を正規の位置においた場合の光中心をとる鉛直線）に垂直な面上のものを水平配光曲線、鉛直面（灯軸をふくむ面）のものを鉛直配光曲線といつて、通常は後者であらわす。

またその鉛直面としては普通第2図にしめすような A-A面（灯軸をふくみかつ器具長て方向に垂直な平面）、B-B面（灯軸をふくみかつ A-A面と垂直な平面）および C-C面（灯軸をふくみかつ A-A, B-B面と45°の傾きをなす平面）の三平面をとり、それらより平均鉛直面配光をもとめる。

実際に測定する場合には器具の大きさに応じて測光距離を定め、角度10°おきに A-A, B-B, C-C面の光度を測定し最後に測定開始と同一方向の光度普通  $I(0^\circ)$  を測定し最初の振れとのズレを確かめ、補正または再測定を行う。なお A-A 面配光は第1図 (B) の場合は鉛直回転軸、(C) の場合は水平回転軸のまわり



に回転させることによつてもとめられる。B-B面配光は(B)では水平回転軸、(C)では鉛直回転軸のまわりにまわすことによつてえられる。またC-C面配光は(D)で水平、鉛直いずれかの軸のまわりに回転させればよい。照度曲線の測定もほぼ同様におこなう。

(3) 測定上の注意

配光測定上の誤差の原因としては(イ)照度計にもとづくもの(ロ)蛍光灯の光束変化にもとづくもの(ハ)電源にもとづくもの(ニ)器具回転装置にもとづくもの(ホ)測定室にもとづくものなどが考えられる。したがつてこれらにもとづく誤差をできるだけ小さくするため予備点灯および室内温度、照度計の特性、器具回転装置の角度誤差、遮光、器具の熱のこもり方、ランプのピンとソケットの組合せ、電圧・周波数および電流の監視、測定室各部の反射などに注意する必要がある。

[IV] 蛍光照明器具配光の表示法

(1) 配光法による光束計算

(A) 一般的基礎理論

一般に光源の配光は配光立体(または配光曲面)によつて表わすことができその場合の光束は(1)式によつて求められる。

$$F = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} I(\theta, \varphi) \sin\theta d\theta d\varphi \dots\dots\dots(1)$$

ただし F: 水平角  $\varphi_1 \sim \varphi_2$ , 垂直角  $\theta_1 \sim \theta_2$  間の光束

$I(\theta, \varphi)$ : 水平角  $\varphi$ , 垂直角  $\theta$  方向の光度

とくにその光源が軸対称配光の場合には(2)式であらわされる。

$$F = 2\pi \int_{\theta_1}^{\theta_2} I(\theta) \sin\theta d\theta \dots\dots\dots(2)$$

球帯係数法は器具の配光を等価な軸対称光源のそれにおきかえて近似的に光束をもとめる方法である。すなわち光中心を中心とする仮想球を  $n$  個の等角の球帯にわけ、各球帯ごとに光束を計算してその和をもとめる。その場合全光束は(3)式によつて計算される。

$$F_{\circ} = \sum I(\theta) 4\pi \sin\left(\frac{\pi}{2n}\right) \sin\theta \dots\dots\dots(3)$$

この  $Z(\theta) = 4\pi \sin\left(\frac{\pi}{2n}\right) \sin\theta$  を  $\theta$  方向の球帯係数という、つまり  $\theta$  方向の光度  $I(\theta)$  にその方向の球帯係数を乗ずればその球帯の光束がえられ、これを全球帯について総和すれば全光束がえられる。 $\frac{\pi}{n}$  としてはなるべく小さい方がよいが測定回数がおおくなるので通常  $10^\circ$  おきに光度をもとめる方法が採用されている。この場合の球帯係数は  $0^\circ$  を基準とするときは第1表にしめすような値となる。

なお等角に球帯を分割する以外に種々の方法がある。

ルーツ線図は(4)式の積分を図解法によつておこなう方法である。そのほか平均鉛直面配光から光束を計算する種々の簡便式がある。たとえば山内氏、Zicklerの式がその例である。

(B) 蛍光灯光束の計算

蛍光灯の配光はランプ軸に対してほとんど対称と考えて差支えないから、その軸をふくむ平面の配光より光束を計算することができる。しかし完全な軸対称光源ではなく、また測定の角度誤差をのぞく意味ですくなくとも一鉛直面について配光をもとめ、これらの平均をとり平均鉛直面配光とした方が安全である。つぎにこれら各方向の平均鉛直面光度にその方向の球帯係数を乗ずればもとむる光束がえられる。たとえば  $10^\circ$  おきの場合には

$$F_l = \sum_{\theta=0}^{\theta=180^\circ} I(\theta)Z(\theta) = I(0)Z(0) + \dots + I(180)Z(180) \\ = \{I(0) + I(180)\}Z(0) + \dots + I(90)Z(90) \dots\dots\dots(4)$$

ただし放電管の場合の角度は対称軸であるランプ軸を基準 ( $0^\circ$  方向として) にしてあらわす。

なお  $90^\circ$  方向の光度より(5)式によつてもとめる方法がある。

第1表 蛍光灯配光データ  
Table 1. Data of Light Distribution of Fluorescent Lighting Fixture

PM 4106-G 配光 (測定距離=7.5m)									
角度 ( $0^\circ$ )	器具配光				球帯係数	球帯光束 (lm)	球帯光束計 (lm)	ランプ配光	
	A-A	B-B	C-C	平均				光度 (cd)	球帯光束 (lm)
0	390	390	390	390	0.0239	9		0	0
10	390	387	390	389	0.1902	75		42	8
20	394	367	380	380	0.3746	142		123	45
30	399	330	369	367	0.5476	201	$F_{30}^{(30)} = 327$	219	119
40	414	280	355	351	0.7040	247	$F_{40}^{(40)} = 551$	316	222
50	418	224	338	329	0.8390	276		403	340
60	415	156	318	302	0.9485	286	$F_{60}^{(60)} = 1093$	478	453
70	396	89	288	265	1.029	273		528	543
80	344	29	246	216	1.079	234		562	507
90	332	0	216	191	1.095	209	$F_{90} = 1848$	572	625
100	334	"	"	"	1.079	205			
110	270	"	161	148	1.029	152			
120	204	"	103	103	0.9485	97			
130	130	—	50	58	0.8390	49			
140	58	"	7	18	0.7040	12			
150	0	"	0	0	0.5476	0			
160	"	"	"	"	0.3746	"			
170	"	"	"	"	0.1902	"			
180	"	"	"	"	0.0239	"	$F_{180} = 619$		
$\eta = 93\%$						$F_{\circ} = 2467$ $F_l = 2650$			



$$F_l = KI(90) \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式における  $K$  は係数でその値は測光距離と放電管の長さの比によつて多少こととなり、JIS では4倍以上の距離で測定した場合の係数として9.3が採用されている。また  $K$  はランプごとに多少ことなる。そのほか三照度法<sup>(7)</sup>といつて  $I(90)$ ,  $I(45)$  および  $I(135)$  よりつぎのようにして計算する方法もある。

$$F_l = 4.78I(90) + 3.6\{I(45) + I(135)\} \dots\dots\dots (6)$$

(C) 器具光束の計算

器具の配光は一般に軸対称光源ではないが、各鉛直面における同一鉛直光度を平均した平均鉛直光度をもつ等価の軸対称光源におきかえることができる。普通平均鉛直光度は前述のA-A, B-B および C-C の三鉛直面の光度  $I(\theta)$  (A-A),  $I(\theta)$  (B-B),  $I(\theta)$  (C-C) より (7) 式によつてもとめる。

$$I(\theta) = \frac{I(\theta) (A-A) + I(\theta) (B-B) + 2I(\theta) (C-C)}{4} \dots\dots\dots (7)$$

以上のようにしてもとめた平均鉛直光度より器具各球帯の光束もランプのみの場合と同様にもとめられる。今一般にもちいられている 10° おきの光度および球帯係数による方法をしめすとつぎのようになる。

すなわち

$$\left. \begin{aligned} F_0 &\equiv F \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix} = I(0)Z(0) \\ &\vdots \\ F_{10} &\equiv F \begin{pmatrix} 15 \\ 5 \end{pmatrix} = I(10)Z(10) \\ &\vdots \\ F_{90} &\equiv F \begin{pmatrix} 95 \\ 85 \end{pmatrix} = I(90)Z(90) \\ &\vdots \\ F_{180} &\equiv F \begin{pmatrix} 180 \\ 175 \end{pmatrix} = I(180)Z(180) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

したがつて

$$F \begin{pmatrix} 40 \\ 0 \end{pmatrix} = F_0 + F_{10} + \dots + F_{30} + \frac{F_{40}}{2} \dots\dots\dots (9)$$

$$F \begin{pmatrix} 60 \\ 0 \end{pmatrix} = F_0 + F_{10} + \dots + F_{50} + \frac{F_{60}}{2} \dots\dots\dots (10)$$

$$F_{\circ} = F \begin{pmatrix} 90 \\ 0 \end{pmatrix} = F_0 + F_{10} + \dots + F_{80} + \frac{F_{90}}{2} \dots (11)$$

$$F_{\Delta} = F \begin{pmatrix} 180 \\ 90 \end{pmatrix} = \frac{F_{90}}{2} + F_{100} + \dots + F_{170} + F_{180} \dots (12)$$

$$F_{\circ} = F_{\circ} + F_{\Delta} = F_0 + F_{10} + \dots + F_{90} \dots + F_{170} + F_{180} \dots\dots\dots (13)$$

(注: 一般に  $F \begin{pmatrix} \theta_2 \\ \theta_1 \end{pmatrix}$  は  $\theta_1$  から  $\theta_2$  までの球帯にふくまれる光束をしめし,  $F_{\circ}$ ,  $F_{\Delta}$  をそれぞれとくに上半球光束, 下半球光束または上向光束, 下向光束という)

また器具効率  $\eta$  は器具から発散する全光束  $F_{\circ}$  と器具内に取付けられたランプの全光束  $F_l$  から (14) 式によつてもとめられる。

$$\eta = \frac{F_{\circ}}{F_l} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (14)$$

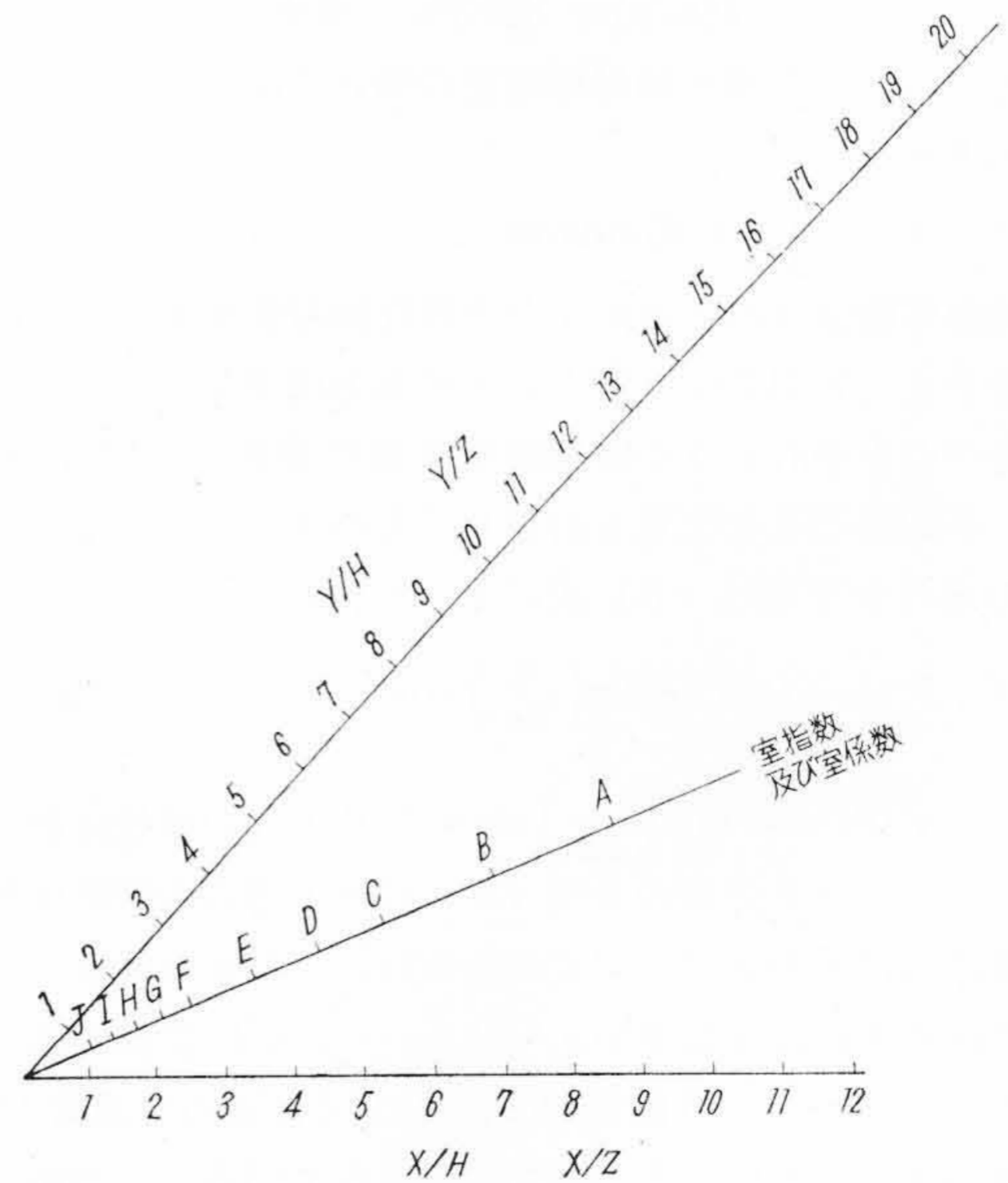
(D) 配光測定による光束計算の誤差について

配光法による器具光束の計算は一種の近以計算である以上ある程度の誤差がともなう。すなわち平均鉛直面光度はわずかに三鉛直面の光度より平均してもとめるため同一水平面の配光が円にちかいなめらかな形の場合には比較的誤差はすくないが、特殊な形になると誤差が大きくなる。また球帯のわけ方を細くすれば精度は増すが測定回数がおおくなり、しかも計算が煩雑になる。なお2灯用以上の器具の配光測定においてランプの光束として2灯以上一緒に点灯させてその配光から光束をもとめた場合と1灯ごとに光束をもとめ、それら個々の光束の和を求めた場合とでは放電管の相互反射<sup>(8)</sup>によつて前者の方が光束がわずかに小となり、したがつて器具効率が大となる。そのほか測光距離の影響、配光測定時の測定誤差もくわつてくる。

(2) 配光曲線の表示法とその見方および使い方

(A) 配光曲線の表示法

蛍光照明器具の配光の形は供試ランプによつてそれ程の影響はうけないがその光度値は供試放電管および試験条件によつてかなり変化し、測定値をそのまま表示すると一般性にかけるので通常蛍光ランプ光束値を白色蛍光ランプの規定の光束 (第4表参照) になおし同時にその



第3図 室指数および室係数の計算図表  
Fig. 3. Nomogram for Room Index and Room Coefficients



蛍光灯の配光測定と照明設計

第2表 照明率計算用係数表  
Table 2. Universal Multiplying Factors for Coefficient of Utilization

(A) 間接分係数  $\varphi_i$  および水平分係数  $\varphi_h$

天井の反射率 壁の反射率	室指数		75%			50%			30%	
			50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
J 0.6		$\varphi_i$	.20	.155	.135	.13	.11	.09	.06	.05
		$\varphi_h$	.215	.155	.115	.19	.15	.10	.11	.09
I 0.8		$\varphi_i$	.25	.205	.18	.17	.14	.12	.08	.07
		$\varphi_h$	.28	.21	.165	.24	.18	.14	.16	.13
H 1.0		$\varphi_i$	.29	.245	.215	.19	.16	.14	.10	.08
		$\varphi_h$	.32	.25	.205	.28	.22	.18	.19	.15
G 1.25		$\varphi_i$	.335	.285	.265	.23	.19	.17	.11	.10
		$\varphi_h$	.37	.30	.245	.31	.25	.21	.22	.18
F 1.5		$\varphi_i$	.365	.315	.275	.25	.21	.19	.12	.11
		$\varphi_h$	.41	.34	.28	.35	.29	.24	.25	.21
E 2.0		$\varphi_i$	.415	.365	.33	.28	.24	.22	.14	.13
		$\varphi_h$	.475	.40	.34	.40	.34	.29	.29	.25
D 2.5		$\varphi_i$	.445	.405	.37	.30	.27	.25	.16	.15
		$\varphi_h$	.52	.445	.38	.44	.38	.33	.33	.29
C 3.0		$\varphi_i$	.495	.44	.425	.371	.29	.27	.17	.16
		$\varphi_h$	.56	.485	.42	.47	.41	.36	.36	.32
B 4.0		$\varphi_i$	.535	.495	.46	.35	.33	.31	.19	.18
		$\varphi_h$	.62	.55	.485	.52	.46	.42	.40	.37
A 5.0		$\varphi_i$	.56	.52	.49	.38	.35	.33	.21	.19
		$\varphi_h$	.65	.585	.525	.55	.49	.45	.42	.40

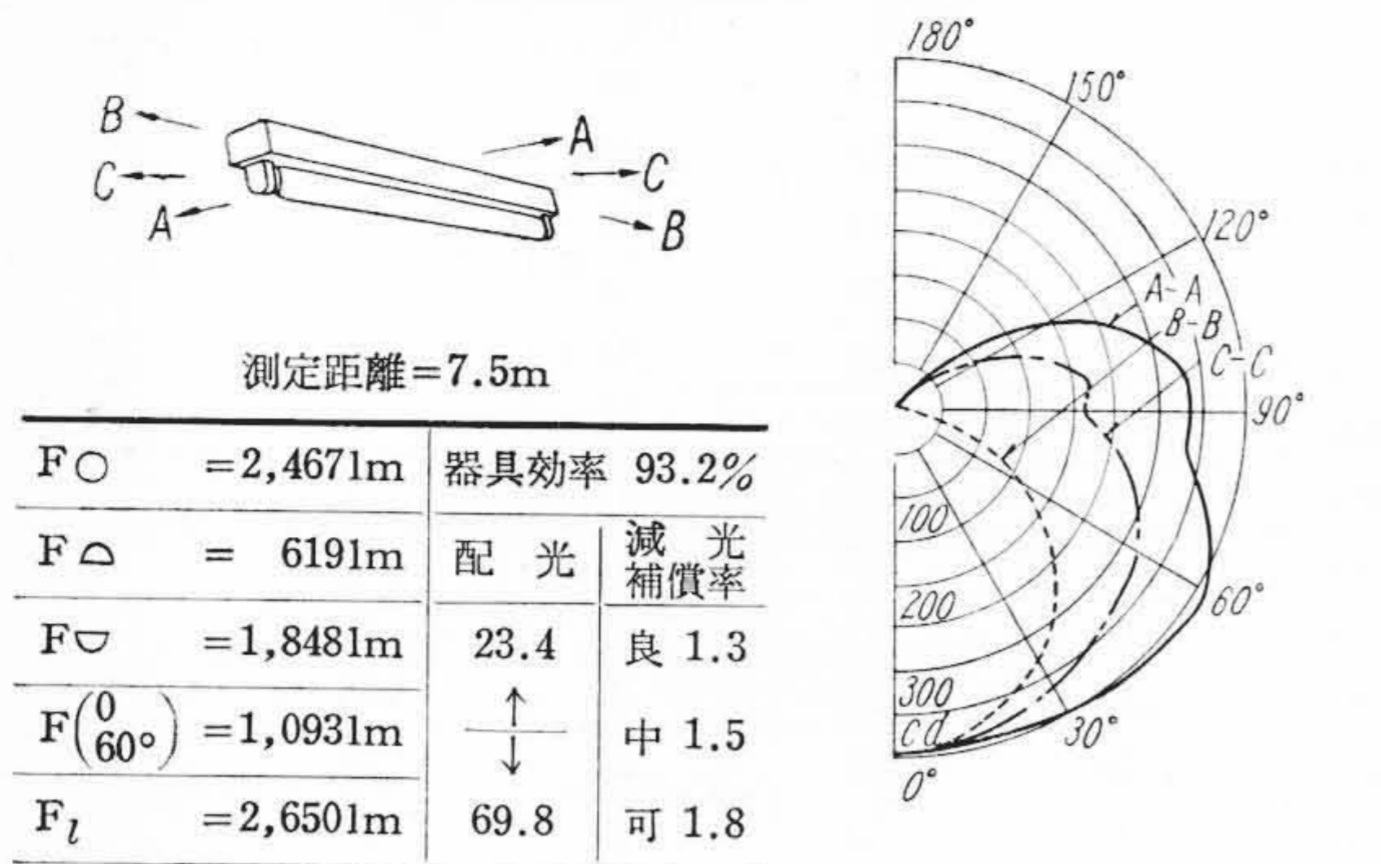
(B) 直接分に対する係数  $\varphi_a$  (%・右肩の・は第3位に5があることを示す)

直接分の分類 壁の反射率	B (35~40%)			M (40~45%)			N (45~50%)			VN (50~55%)			C (55~60%)			F (60%~)		
	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
室指数	天井の反射率 = 0.75																	
J	44	36	30	47	40	35	50	44	40	53	48	45	55 <sup>・</sup>	51	49	57 <sup>・</sup>	54	52
I	55	48	43	58	52	48	61	56	53	64	60	58	66 <sup>・</sup>	63	62	68 <sup>・</sup>	66	65
H	60 <sup>・</sup>	54 <sup>・</sup>	49 <sup>・</sup>	63 <sup>・</sup>	58 <sup>・</sup>	54 <sup>・</sup>	66 <sup>・</sup>	62 <sup>・</sup>	59 <sup>・</sup>	69 <sup>・</sup>	66 <sup>・</sup>	64 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>	69 <sup>・</sup>	68 <sup>・</sup>	73 <sup>・</sup>	72 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>
G	65 <sup>・</sup>	59 <sup>・</sup>	54 <sup>・</sup>	68 <sup>・</sup>	63 <sup>・</sup>	59 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>	67 <sup>・</sup>	64 <sup>・</sup>	74 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>	69 <sup>・</sup>	76 <sup>・</sup>	74 <sup>・</sup>	73 <sup>・</sup>	78 <sup>・</sup>	77 <sup>・</sup>	76 <sup>・</sup>
F	69 <sup>・</sup>	63 <sup>・</sup>	58 <sup>・</sup>	72 <sup>・</sup>	67 <sup>・</sup>	63 <sup>・</sup>	75 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>	67 <sup>・</sup>	78 <sup>・</sup>	75 <sup>・</sup>	71 <sup>・</sup>	80 <sup>・</sup>	78 <sup>・</sup>	75	82 <sup>・</sup>	80 <sup>・</sup>	78 <sup>・</sup>
E	75 <sup>・</sup>	70 <sup>・</sup>	65 <sup>・</sup>	78 <sup>・</sup>	74 <sup>・</sup>	70 <sup>・</sup>	80 <sup>・</sup>	77 <sup>・</sup>	73 <sup>・</sup>	82 <sup>・</sup>	80 <sup>・</sup>	77	84 <sup>・</sup>	83	80	85 <sup>・</sup>	84 <sup>・</sup>	83
D	81	77	72	84	80	76	86	82	79	88	84	82	90	86	84	91	87 <sup>・</sup>	86
C	84	80	76	86 <sup>・</sup>	83	79	88 <sup>・</sup>	85	81	90 <sup>・</sup>	87	83	91 <sup>・</sup>	89	85	92 <sup>・</sup>	90	87
B	88 <sup>・</sup>	85	82	90 <sup>・</sup>	87	84	91 <sup>・</sup>	88	86	92 <sup>・</sup>	89	88	93 <sup>・</sup>	90	89	93 <sup>・</sup>	91	90
A	91 <sup>・</sup>	87	84	92 <sup>・</sup>	89	86 <sup>・</sup>	93 <sup>・</sup>	90	87 <sup>・</sup>	94 <sup>・</sup>	91	89 <sup>・</sup>	94	92	90	94 <sup>・</sup>	93	91 <sup>・</sup>
	天井の反射率 = 0.5																	
J	43	36	30	46	40	35	49	44	40	52	48	45	54	51	49	56	54	52
I	54	47	42	57	51	47	60	55	52	63	59	57	65	62	61	67	65	64
H	59	54	49	62	58	54	65	62	59	68	65	63	70	68	67	72	71	70
G	64	59	54	67	63	59	70	67	64	73	70	68	75	73	71	77	75	74
F	67	62	58	70	66	63	73	70	67	75	73	71	77	76	74	79	78	77
E	74	69	65	77	73	70	79	76	73	81	79	76	83	81	79	84	83	81
D	79	76	72	82	79	76	84	81	79	86	83	81	87	85	83	88	86	85
C	82	78	76	84	81	79	86	83	81	88	85	83	89	87	85	90	88	86
B	86	83	81	88	85	83	89	86	85	90	87	86	91	88	87	91	89	88
A	89	85	83	90	87	85	91	88	86	92	89	87	92	90	88	92	90	89
	天井の反射率 = 0.3																	
J		35	30		39	35		43	40		48	44		52	48		54	51
I		47	42		51	47		55	52		59	56		62	59		65	62
H		53	49		51	54		61	59		65	63		68	66		71	69
G		57	54		61	59		65	64		69	68		72	71		75	73
F		61	58		65	63		69	67		73	71		76	74		78	76
E		68	65		72	70		75	73		78	76		80	78		82	80
D		75	72		78	76		80	79		82	81		84	83		85	84
C		77	75		80	78		82	80		84	82		85	84		86	85
B		82	80		84	82		85	84		86	85		87	86		88	87
A		84	82		86	84		87	85		88	86		89	87		89	88

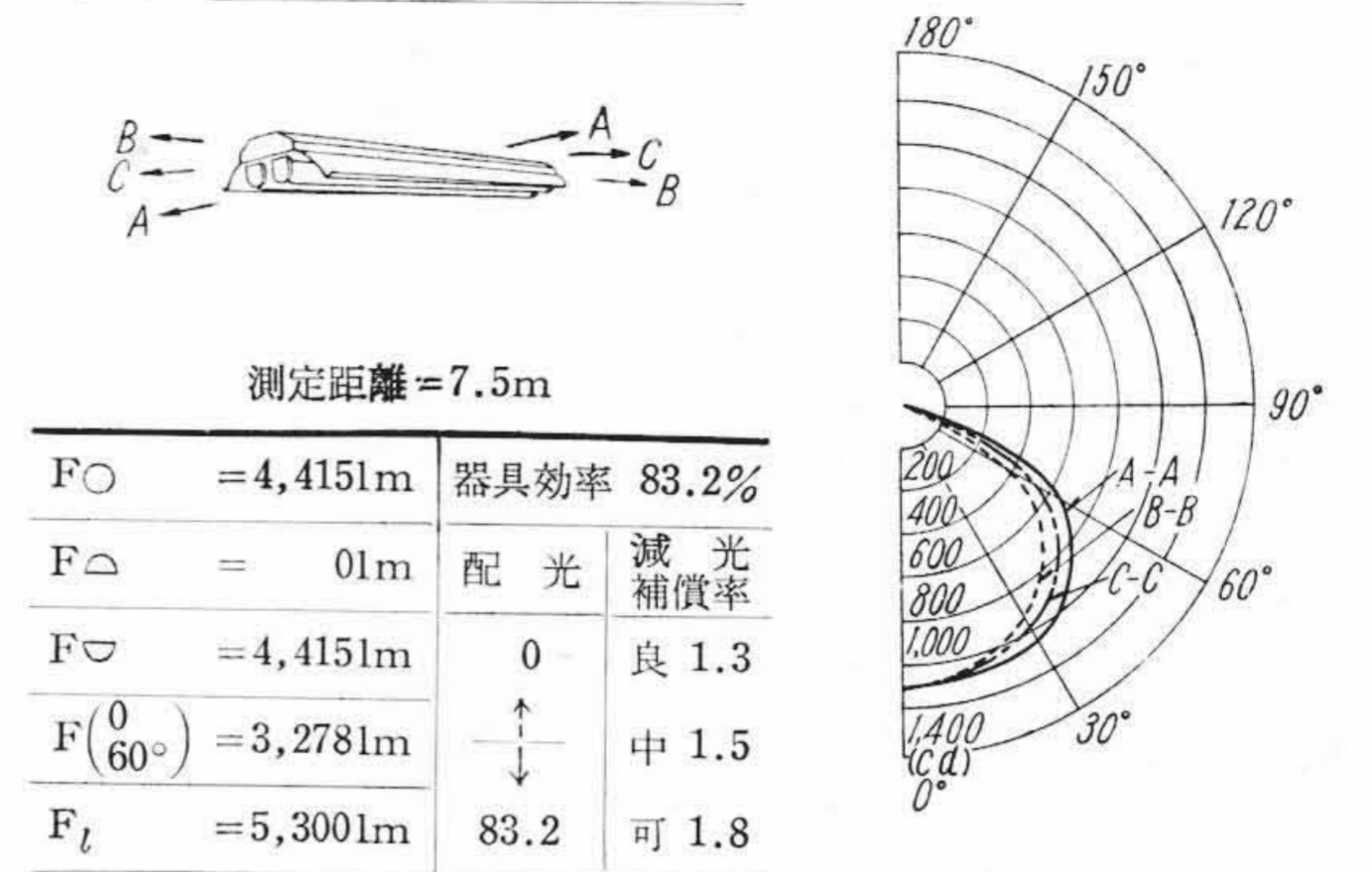


第4図(A) 配光曲線および照明率  
Fig. 4.(A) Light Distribution Curves and Coefficients of Utilization of Typical Fluorescent Lighting Fixtures

[A] 型式 PM4106-G



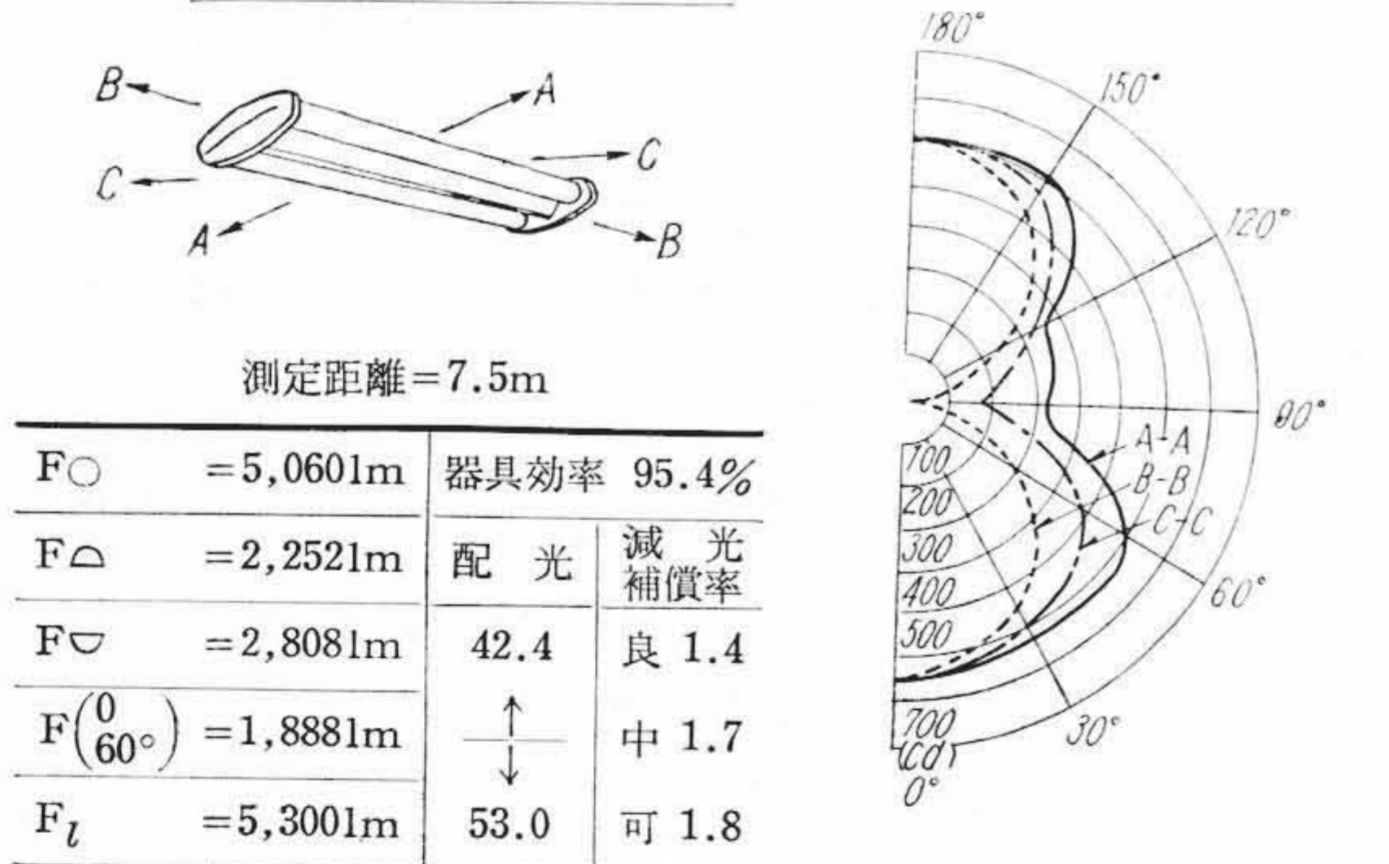
[B] 型式 PK4206-F



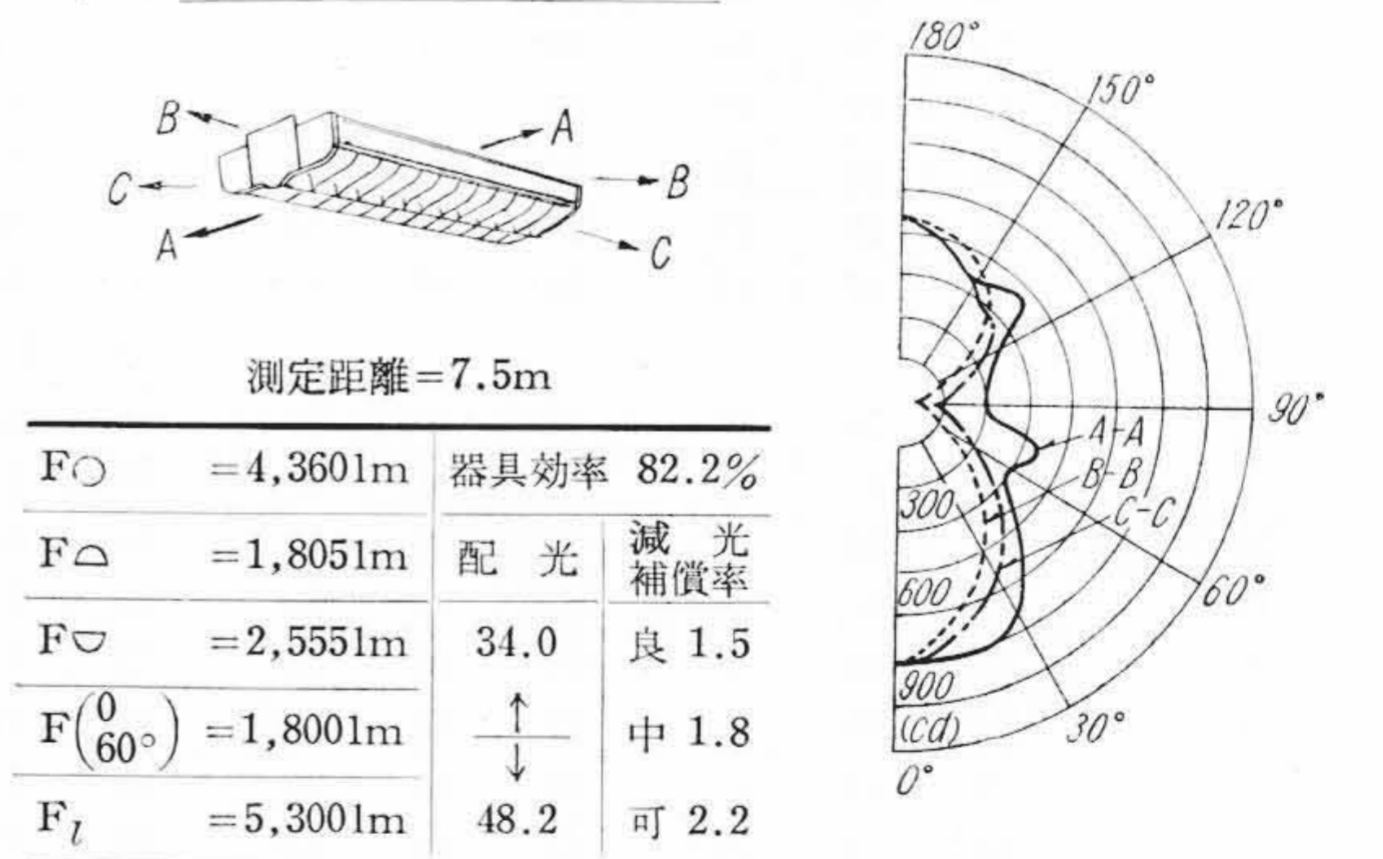
天井	75%			50%			30%	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
壁								
室指数	照明率							
J	.30	.24	.20	.29	.24	.20	.22	.20
I	.38	.31	.28	.35	.30	.27	.29	.26
H	.42	.36	.32	.40	.35	.31	.33	.30
G	.47	.41	.36	.43	.38	.35	.36	.33
F	.50	.45	.40	.47	.42	.38	.40	.36
E	.56	.50	.45	.52	.47	.43	.44	.41
D	.61	.55	.49	.56	.51	.47	.49	.46
C	.64	.58	.52	.58	.54	.50	.51	.48
B	.69	.63	.58	.63	.58	.55	.55	.51
A	.71	.66	.61	.66	.61	.57	.57	.55

天井	75%			50%			30%	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
壁								
室指数	照明率							
J	.37	.30	.25	.36	.30	.25	.30	.25
I	.46	.40	.36	.45	.39	.35	.39	.35
H	.50	.45	.41	.49	.45	.41	.44	.41
G	.55	.50	.45	.53	.49	.45	.47	.45
F	.58	.53	.49	.56	.52	.48	.51	.48
E	.63	.59	.55	.62	.57	.54	.57	.54
D	.67	.64	.60	.66	.63	.60	.62	.60
C	.70	.67	.63	.68	.65	.63	.64	.62
B	.74	.71	.68	.72	.69	.67	.68	.67
A	.76	.72	.70	.74	.71	.69	.70	.68

[C] 型式 PM4206-F



[D] 型式 PL4201-F



天井	75%			50%			30%	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
壁								
室指数	照明率							
J	.25	.23	.19	.26	.22	.18	.19	.17
I	.36	.30	.27	.32	.27	.24	.25	.22
H	.40	.35	.31	.36	.32	.28	.27	.26
G	.45	.39	.36	.40	.35	.32	.32	.29
F	.49	.43	.39	.43	.38	.35	.34	.32
E	.54	.49	.45	.48	.43	.40	.39	.36
D	.59	.54	.49	.52	.48	.44	.43	.40
C	.62	.57	.53	.55	.50	.47	.45	.42
B	.67	.62	.58	.58	.54	.51	.48	.46
A	.69	.68	.61	.60	.56	.54	.50	.48

天井	75%			50%			30%	
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
壁								
室指数	照明率							
J	.29	.25	.22	.26	.24	.21	.22	.20
I	.36	.31	.29	.32	.29	.27	.27	.25
H	.39	.36	.33	.36	.33	.30	.30	.28
G	.43	.40	.37	.39	.36	.33	.33	.31
F	.46	.43	.39	.41	.38	.36	.35	.33
E	.50	.47	.43	.45	.42	.39	.38	.36
D	.54	.50	.47	.48	.45	.43	.41	.40
C	.57	.53	.49	.50	.47	.45	.43	.41
B	.60	.56	.53	.53	.50	.48	.45	.44
A	.62	.58	.56	.55	.52	.50	.47	.45



ときの器具配光の光度値もそれに比例するように較正する。つまり蛍光照明器具の配光および光束はそれら規定の光束を有するランプを使用した場合の値であらわす。

つぎにこれら換算値より平均鉛直面光度を(7)式によつてもとめ、この平均鉛直面配光から各球帯の光束をもとめる。(8)式(13)式参照)最後に器具効率を(14)式によつて算出し第1表のようにとりまとめる。

配光曲線は第4図に示すように一般にA-A面配光は実線、B-B面配光は点線、C-C面配光は鎖線でしめす。

(B) 配光曲線の見方および使い方

器具の配光は普通第4図のようにA-A、B-B、C-Cの三つの鉛直面配光をかいて、それら三鉛直面配光で器具の配光を代表させている。これら三鉛直面はすでに述べたように第2図のような関係にあり第4図は第2図のA-A面を90°、C-C面を45°灯軸のまわりに回転させてB-B面にかさねあわせ、一平面上にまとめてあらわしたと考えればよい。また逆にA-A、B-B、C-C三鉛直面をもとにもどし、これら三つの配光曲線でかこまれた一つの配光立体を想像することによつて大略の配光が知れる。また配光のデータから各球帯の光束および器具効率がわかり、配光による器具の分類が可能となる。

また配光曲線からA-A、B-B、C-C各鉛直面の光度が知れるからこれより水平面の照度が計算できる。すなわち照度分布が求められるわけで、同一の部屋に多数灯取付ける場合の器具間隔なども配光よりおよその見当がつく。しかし配光曲線より照度分布を計算するにあたってつぎの3点を考慮する必要がある。第一に配光曲線は一般に器具を点光源とみなして大差のない距離で測定してもとめるのが普通である。したがって作業面または照射面を基準にした器具の高さが器具の長さと比較して逆二乗の法則に関して無視できない程度になると大きさを有する光源として取扱わねばならなくなる。一般に距離がちかいほど逆二乗の法則を適用した場合よりすくな目の照度となる。第二には実際に室に取付けた場合には壁、天井、床そのほかの相互反射による拡散照度がかわつてくるため、それらの影響のない場合の光度分布である配光曲線によりもとめた値よりは照度値がおおきくなる傾向がある。すなわち配光曲線はあくまでも器具単独の光学的特性をしめすものである。第三に器具の配光曲線は普通白色蛍光ランプの定格光束のものを使用した場合の光度値をしめしている。したがって白色以外の蛍光ランプを使用する場合には、その光度値は配光曲線に示してある数値とことなつてくる。

〔V〕 照明率の計算

(1) 照明率および室指数

照明器具を取付けて部屋の照明をおこなう場合、器具からでた光は天井や壁、床などで反射または吸収されるので、実際に作業面に達する光束は光源のそれとかなり相違する。光源の全光束に対する作業面の光束の比を照明率というが、器具からでる光束は器具構造に左右される器具効率と配光曲線によつて変化するので、これらを考慮にいたした固有照明率を通常照明率と称し作業面に達する光束を算出するのにもちいている。

照明率は光源の高さに対する室のおおきさの割合、室内部の天井・壁・床などの反射率によつてことなるとともに器具の配光に関係して変化する。室のおおきさと光源の高さとの割合は(15)式から計算できるが、第3図に示す計算図表を用いて簡便に記号で表示される数値をうることができる。これが室指数であつて光源の高さと室の大きさとの関係はすべてこの室指数で表示する。

$$\frac{XY}{H(X+Y)} \dots\dots (15) \left[ \begin{array}{l} X: \text{間口}, Y: \text{奥行} \\ H: \text{作業面から光源までの高さ} \end{array} \right]$$

(2) 照明率の計算

配光がわかっている場合はHarrison, Anderson両氏が発表しその後理論的に補正されたつぎの方法にもとづいて算出する。すなわち配光のデータによつて器具からでる光束を3成分に分ける。

$$\begin{array}{l} \text{水平分 } F_h = \pi^2 I_h \cong 10 I_h \\ \text{直接分 } F_a = F_{\ominus} - 5 I_h \\ \text{間接分 } F_i = F_{\Delta} - 5 I_h \end{array} \left[ \begin{array}{l} I_h : \text{水平方向光度} \\ F_{\ominus} : \text{下半球光束} \\ F_{\Delta} : \text{上半球光束} \end{array} \right]$$

この3成分にそれぞれの係数 $\varphi_i, \varphi_h, \varphi_a$ を乗じて加算し使用ランプの全光束で除して照明率Uを算出する。

$$U = \frac{F_i \varphi_i + F_h \varphi_h + F_a \varphi_a}{Fl} \dots\dots\dots (16)$$

各成分の係数は第2表にしめすが、直接分の係数 $\varphi_a$ は下半球配光の広狭によつて変化するので同表(B)にべつにしめた。この表の直接分分類とは次式によつて計算し%であらわしたものである。

$$\frac{F\left(\frac{40}{0}\right) - 0.65 I_h}{F_a} \left( F\left(\frac{40}{0}\right) \text{は } 0^\circ \text{ から } 40^\circ \text{ に至る間の光束である} \right)$$

(3) 減光補償率

照明器具は使用中時間の経過にともなつてランプの光束減少および器具の汚損をしようじて照度が低下してくる。この照度低下の原因はランプの取替と器具の清掃によつて更新することができるが、取替や清掃の直前においても予定照度がえられるように、あらかじめ減光補償率を乗じて余裕を見込んでおく必要がある。蛍光ランプ



に関する減光補償率はランプの動程曲線から定めてくるが、器具に関係した分は器具の構造と設置場所のいかんによる保守の難易によつてこととなつてくる。したがつて保守状態により良、中、可の3種類にわけて1.2から2.4の間の適当な数値を定め通常照明率表に併記している。

以上にもとづいて計算した照明率表および減光補償率の一例は第4図にしめた。

## [VI] 照明設計

### (1) 照明設計の方法

#### (A) 照明方式と使用器具の選定

建築の主体照明は天井から器具を吊りさげるペンダント方式と天井裏に器具を埋込む埋込方式に大別できるが、これらの方式のいずれをとるかによつて作業面から光源までの高さがこととなつてくるし、また建築のコーブを利用した間接照明などにおいては照明の効率がいちじるしくちがつてくる。他方、照明率や減光補償率の値は上述のように各器具に関して固有のものであるため、照明方式と使用器具の選定をあらかじめおこなわないと所

要光束の算出ができない。使用器具が決定されない場合は照明方式を定めてそれに見合う器具を想定し、その器具の照明率および減光補償率を類似の器具から定める。

#### (B) 照度と使用ランプの選定

適当な照度をえらぶことは照明の効果を十分あげる上にもつとも重要なことであり、大体の標準は第3表の所要照度表からえられる。最近では蛍光ランプの種類が増し第4表にしめす多種類のものが生産されている。したがつてそれぞれのランプの特長を要求に応じて適当に組合せるとよい照明効果を期待できるが、ランプによつて光束値がちがつているため、最初に計画するさい使用するランプの種類を定めておかないと取付後照度が不足するような結果を招くおそれがある。

#### (C) 所要光束の計算

上述の各項が定まつたら光束法にもとづき<sup>(17)</sup>式をもちいて所要光束を計算する。

$$NF = \frac{EAD}{U} \dots\dots\dots (17)$$

ここに、 $N$ : 光源の数、 $F$ : 光源1個あたりの光束、 $E$ : 所要照度、 $A$ : 室面積、 $D$ : 減光補償率、 $U$ : 照明率で、室面積の単位は $m^2$ をもちいる。

照明率 $U$ は第3図にしたがつて室指数をさだめ、天井、壁の反射率を第5表から決定すれば、使用器具の照明率表からもとめることができる。減光補償率は照明率表に併記してあるから設置場所を考慮したうえで保守の難易により適当な値を撰ぶ。

なお照明率表の値は床の反射率を15%程度にとつた場合の値であるから、床の反射率が高く40%ぐらいになるさいは約10%程度増加する。低い反射率の場合は問題ない。一般には天井、壁などに比較して床の色彩がくらく反射率も低いから、特別の場合以外床面はさほど考慮しなくてもよい。

#### (D) 光源の大きさおよび器具の配置

所要光束がきまつたら作業面に照度のむらを作らぬように光源の大きさと器具の配置をさだめる。建築構造の関係で梁、配管などが障害となり器具の取付に制限を受けることがおおいが、直射照度が器具直下の照度の $1/2$ になる点までの水平距離の2倍を器具の最大間隔になるよう配置するのがのぞましいから、できるだけこの条件にちかづくように器具の台数、1台の灯数、配置を考える。そのために計算値と実際の取付台数とが多少ことなるのはやむをえないが、こうした場合、差がきわめてちいさくないかぎり計算値よりもおおい方をえらぶのが普通である。

#### (E) 光束発散度の比に対する検討

あかるさの対比が極端な場合には眼に疲労を感じさせ

第3表 所要照度表 [lx]  
Table 3. Level of Illumination

	種 類	照 度 [lx]
事 務 所	* タイプライター * 製図 * 計算事務 一般事務室	400~ 200 200~ 100
	会議室, 応接室	100~ 50
学 校	製図室 * 図書室, 裁縫室 * 黒板面	200~ 100
	普通の教室, 実験室	100~ 50
	講堂(聴講のみ), 体操場, 集会室	50~ 20
住 宅	* 裁縫 * 子供勉強室	400~ 200
	* 読書 △客間 △居間 △台所	200~ 100 100
工 場	* 精密機械作業台 * 印刷(植字文選) * 暗色布地検査	1000~ 300
	塗装仕上, 機械組立(修繕)紡織(暗色物)	200~ 100
	* 機械加工, 鋳造, 熔接 * 明色布地検査	300~ 100
	製紙, 紡織(明色物), 塗装, 化学 * 木工(荒切)	100~ 50
	金属(炉), 化学(炉窯), 鋳造(鋳込作業)	50~ 20
病 院	△診療室 △検査室 △調剤室 △技工室 病室	300 50
	手術室 全 般 手術台	300~ 200 5000~1000
旅 館	△談話室 △客室, 調理場	200~ 100
	大広間 ホール, 廊下, 階段, 手洗場, 浴室	100~ 50 60~ 30
料 理 店 店	調理場	200~ 100
	客 室	100~ 50
百 貨 店	1 階	500~ 200
	2 階以上	300~ 150
	地下	400~ 200
商 店	衣料, 洋品, 時計, 貴金属, 写真機 眼鏡, 電機器	500~ 200
	書籍, 化粧品, 生花, 玩具, 食料品 履物, 食器	300~ 150
	家具, 金物, 雑貨, 肉, 野菜, 煙草	200~ 100
理 髪 店 院		300~ 150
劇 場 (映画を含む)	観客席 休憩中	50
	上演中	2~ 1
	一般の廊下, 階段, 便所, 出入口	20

\* は局部照明を併用し、そのほかは全般照明によるを可とす。  
△は作業範囲にこの照度がえられればよい。



たり、まぶしさを感じさせたりするから、計算が終つたらこの対比を検討してみる必要がある。あかるさの対比をもとめる場合は、光源からでた光が対象物で反射して眼にはいるので、対象物が照らされた照度よりも、対象物からでる反射光線の量をあらわす光束発散度を比較する方が妥当である。

室指数をもとめるさいにもちいたHのかわりに、床から天井までの高さZを使つて第3図からもとめる室係数により第6表(A)から天井、壁、床の照度比をみだし、これを平均照度に乗じればおのおのの照度をもとめることができるので、さらにそれぞれの反射率をかけて天井、壁、床の光束発散度をだす。他方作業面の照度にその反射率を乗じて作業面の光束発散度を計算し、これら光束発散度の比が第6表(B)<sup>(9)</sup>の限度内であればよい。

第4表 日立蛍光ランプの分類(大きさ, 明るさ, 光色およびその適用場所)

Table 4. Classification of Hitachi Fluorescent Lamps

種類	型式	大きさ(W)	明るさ		光色の主な性質	照明の適所
			全光束(lm)	%		
昼光色 D	FL — 40D	40	2,330	88	青, 紫は鮮明に見えるが, 赤はくすむ。冷い感じがする。	赤系統のない場所。涼しい冴えた感じを必要とする所。
	FL — 20D	20	900	86		
	FL — 15D	15	570	90		
	FL — 10D	10	400	89		
天然昼光色 D-DL	FL-40D-DL	40	2,100	79	Dの場合の赤色をやや良くしたもの。	同上。色調を重視する所。
	FL-20D-DL	20	740	71		
純天然昼光色 D-SDL	FL-40D-SDL	40	1,850	70	北窓光線にもつとも近い。各色とも極めて鮮明。	あらゆる色を北窓光線の場合に酷似させることを特に必要とする場所。
	FL-20D-SDL	20	660	63		
白色 W	FL — 40W	40	2,650	100	Dより明るく黄色部分も強調されるが赤はややくすむ。	一般照明向き。
	FL — 20W	20	1,050	100		
	FL — 15W	15	630	100		
	FL — 10W	10	450	100		
天然白色 W-DL	FL-40W-DL	40	2,300	87	Wより青や赤色部が良く見える。ちらつきが少い。	明るさと同時に色調を重視する所。
	FL-20W-DL	20	820	78		
純天然白色 W-SDL	FL-40W-SDL	40	1,970	65	日中の光線にもつとも近い。各色とも極めて鮮明。	高度に色調を重視する場所。
	FL-20W-SDL	20	730	70		
温白色 WW	FL — 40WW	40	2,700	102	温い感じを与える。明るい。ちらつきが少い。電灯色に近い。	温かさを好む場所。
	FL — 20WW	20	1,070	102		
	FL — 15WW	15	640	102		
天然温白色 WW-DL	FL-40WW-DL	40	2,300	87	WWの青および赤を補つたもの。ちらつきが少ない。	温かさとともに色調を重視する場所。
	FL-20WW-DL	20	840	80		

(注 明るさ%のは各ワット数の白色ランプを100%にした場合の値である。)

第5表 各種材料の反射率および透過率  
Table 5. Reflection and Transmission Factors of Various Materials

類別	材料	反射率(%)	透過率(%)	類別	材料	反射率(%)	透過率(%)
ガラス	無色透明 (2~5mm)	8~10	80~90	金属	鋼, ステンレススチール	55~60	
	つや消 (滑面入射)	10~15	70~85		アルミニウム (普通板)	60~75	
	淡乳白 (滑面入射)	15~25	60~70		アルミニウム (電解研磨板)	62~80	
	濃乳白 (滑面入射)	45~75	10~50	木材	桧板	55	
	銀モール (3.5mm)		85~90		杉板	35	
	ダイヤ (3.5mm)		80~85		杉赤味板	30	
プラスチック	無色透明アクリル (2~3mm)		85~92	壁	普通漆喰仕上	65	
	乳白アクリル		50~60		黄大津壁	65	
	乳白硬質ビニール (2mm)		30~40		ねずみ色壁	22	
	乳白硬質ビニール(1.3~1.5mm)		35~43		浅黄漆喰仕上	35	
	強化プラスチック (1~2mm)		35~75		黒大津壁	15	
ガラスファイバー	ガラスファイバー		40~60	ペンキ	白色	65~70	
	ガラスファイバー		35~40		黒色	2.5~4.5	
紙	白色ケント紙	75			黄色	33	
	アート紙	63	17		ピンク色	38	
	障子紙	50	45		みどり色	22	
	雲竜紙		46		淡みどり色	62	
金属	銀	92			茶褐色	20	
	クロム	65			クリーム色	40	
	ニッケル	55			青色	15	



第6表 照度比および光束発散度の比  
〔A〕 照度比(上:天井,下左:壁,下右:床)  
〔B〕 光束発散度の比の最大限度

Table 6. Illumination Ratio and Ratio of Luminous Radiance  
〔A〕 Illumination Ratio  
〔B〕 Ratio of Luminous Radiance

(A) 照度比									
照明方式	直接			間接			全般拡散		
	0.1~0.3	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
壁の反射率	0.1~0.3			0.5			0.1		
床の反射率	0.3			0.1			0.1~0.3		
室係数	J	0.26	0.24	3.58	4.35	5.18	1.52	1.71	2.12
	I	0.28	0.23	2.60	2.98	3.38	1.29	1.38	1.63
	H	0.26	0.18	2.11	2.32	2.54	1.14	1.18	1.35
	G	0.25	0.16	1.89	2.05	2.20	1.07	1.09	1.21
	F	0.26	0.14	1.70	1.81	1.91	0.99	1.00	1.09
	E	0.26	0.13	1.61	1.70	1.79	0.95	0.96	1.00
	D	0.27	0.13	1.53	1.60	1.66	0.92	0.92	0.92
	C	0.28	0.12	1.48	1.53	1.59	0.89	0.89	0.89
	B	0.28	0.12	1.41	1.45	1.49	0.86	0.86	0.86
	A	0.29	0.11	1.38	1.41	1.44	0.84	0.84	0.84

照明方式	直接および間接		全般拡散		照明方式	直接および間接		全般拡散	
	0.3	0.1	0.3	0.1		J	0.66	0.91	
床の反射率	0.3		0.1		室係数	I	0.75	0.92	
室係数	J	0.85	0.83	1.33		1.30	H	0.81	0.94
	I	0.76	0.73	1.19		1.15	G	0.85	0.95
	H	0.71	0.67	1.10		1.05	F	0.88	0.96
	G	0.69	0.64	1.05		1.00	E	0.90	0.97
	F	0.68	0.62	1.01		0.96	D	0.92	0.98
	E	0.67	0.60	0.99		0.93	C	0.93	0.98
	D	0.66	0.59	0.97		0.91	B	0.95	0.99
	C	0.66	0.58	0.95		0.89	A	0.96	0.99
	B	0.65	0.57	0.93		0.88			
	A	0.65	0.57	0.92	0.87				

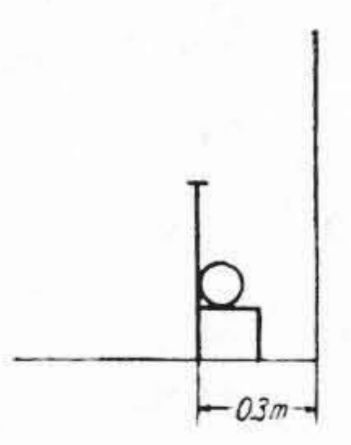
(B) 光束発散度の比の最大限度

場所	事務所学校等	工場
作業対象物とその周囲との間で	3	5
作業対象物とそれより離れた面との間で	10	20
灯器や窓とその付近との間で	20	40
普通視野内にある面と面との間で	40	80

(2) コーブライティングの照明設計

通常照明率表は配光が対称的で光源の配置が比較的均一である場合の値を示すが、建築のコーブを利用して間接照明をおこなうコーブライティングの場合は、器具の配置も不均一でありかつ反射光を利用して照明するので効率が非常に低くなるから一般の照明率表が利用できない。第7表<sup>(10)</sup>はコーブライティングのための照明率表

第7表 コーブライティングの照明率  
Table 7. Coefficient of Utilization for Cove Lighting



天井	70%以上			70~50%		
	70~50%	50~30%	30%以下	70~50%	50~30%	30%以下
壁	70~50%	50~30%	30%以下	70~50%	50~30%	30%以下
室指数	照 明 率					
J	.10	.08	.06	.07	.05	.04
I	.14	.11	.09	.09	.07	.06
H	.17	.14	.11	.10	.09	.07
G	.21	.17	.15	.13	.11	.10
F	.23	.20	.18	.15	.13	.11
E	.27	.24	.21	.17	.15	.14
D	.31	.28	.26	.20	.19	.17
C	.33	.30	.28	.21	.20	.19
B	.34	.32	.30	.22	.21	.20
A	.37	.36	.34	.24	.23	.23

コーブの高さが0.15m増すと照明率は約5%増加する。

の一例で、コーブの高さ 0.3m を基準にしている。この高さが 0.15m 増すと約 5% 程度増加する。

〔VII〕 結 言

蛍光灯の普及とともに照明の基準が再検討され、照明設計をおこなう上からも基礎データの整備が要求されるようになってきた。日立製作所でも蛍光灯の生産を開始していらいこれらデータをもととして蛍光灯器具の構造にはつねに改良をくわえる一方、照明設計も更新させてきた。ここに現在使用している配光測定装置と配光測定の方法、配光曲線およびそれをもちいた照明率の算出方式を紹介し、実際にこれらデータを基礎にした照明設計の方法を述べて蛍光灯照明の発展に資するしだいである。

参 考 文 献

- (1) G. A. Horton: Illum. Eng. 45 7 (July 1950)
- (2) G. R. Baumgartner: Illum. Eng. 45 4 (April 1950)
- (3) W. G. Pracejus, C. H. Zaar: Illum. Eng. 49 12 (Dec. 1954)
- (4) 黒沢そのほか: 東芝レビュー 7 11 (昭27—11)
- (5) T. H. Projector: Illum. Eng. 48 4 (April 1953)
- (6) 岡 松: 電試彙 15 9 (昭26—9)
- (7) Einborn, Sauermann: J. I. E. E. 95 Part II (Aug 1947)
- (8) 黒沢, 伊藤, 堀: 照学誌 38 4 (昭29—4)
- (9) I. E. S. Lighting Handbook 10—58, 69 (1952)
- (10) John. O. Kraehenbuehl: Electric Illumination, 2nd ed p. 252 (1951)

目 次

- ◎変圧器の組立輸送について
- ◎インデックステスト法の理論と実際 (2)
- ◎手賀沼干拓用大型排水機設備
- ◎手賀沼排水機場の制御装置
- ◎微粉炭用フラクソ式空気輸送設備
- ◎ラインファインダの改良
- ◎酸化物陰極分解過程における被覆変化について
- ◎走行中の台車の応力測定例
- ◎グナート法による残留応力測定上の二三の注意
- ◎ケーブル鉛被のナトリウム処理効果
- ◎異方性珪素鋼帯を用いた電磁遮蔽ケーブル
- ◎可鍛鉄管継手の切削試験
- ◎真空熔融法による鉄鋼のガス分析