行列を用いたけい光放電管の放射束計算

専門会員 福井 和久海* 寺岡 義伸*

Calculation of Radiant Flux of a Fluorescent Lamp by Means of Matrix

Wakumi Fukui (Fellow Member), Yoshinobu Teraoka

(Department of Electrical Engineering, Himeji Institute of Technology)

ABSTRACT

In the preceding report, the author stated that phosphors were excited by interreflected ultraviolet rays inside a fluorescent lamp, and resting on this assumption, he derived the equations to express the luminous flux distribution on the lamp.

In this report, by introducing matrices into those equations, we develop them into quantitative ones that can calculate an amount of radiant flux from the fluorescent lamp.

Practially, beginning with the calculation of the interreflected ultraviolet rays, we find quantities of internal interreflected fluorescent radiant fluxes in the visible range. And we refer to the fluorescent radiant fluxes toward the outside which consist of the transmitting components after interreflection in the inside and of the components of the fluorescent initial radiances toward the outside, and to the radiant fluxes of the visible range mercury spectra calculated in the same way. Then, by summing these fluxes, we get the total ones radiated from the lamp.

Besides, we make simplified equations and estimate conversion factors of the phosphors in the fluorescent lamps from the relative quantities between ultraviolet rays, mercury spectra and fluorescences in the visible range.

1. 緒 言

さきの報告¹⁾で、けい光放電管では、発生した紫外線が管内で相互反射を行ない、相互反射後の放射照度に比例してけい光発光が行なわれていると仮定できることを述べたが、さらに検討を進めると、各分割部における相互反射後の紫外線の量が決まると、けい光の放射束を量的に式で表現できることがわかった。このため、ここで多分割の場合のけい光放射、および可視域水銀スペクトルの内部、ならびに外部へ向かう放射束と、これら両者の和を求めるとともに、別に簡略した式を導入して、計算に用いた記号の概略値を算出してみた。

2. 理 論

反射および透過性をもつ多くの完全拡散面が、内部お

よび外部へ向かう初期放射束発散度を有し、内部では他の面との間で相互反射を起こすが、外部へ出ていく成分はそのまま発散するとき、面 i の相互反射後の内部および外部へ向かう放射束発散度が、次の式で表わせることはすでに述べた²⁾。

$$L_{i \cdot in} = L_{oi \cdot in} + \rho_i \sum_{j=1}^n F(i, j) L_{j \cdot in} \cdots \cdots (1)$$

$$L_{i \cdot out} = L_{oi \cdot out} + \tau_i \sum_{j=1}^n F(i, j) L_{j \cdot in} \cdots \cdots (2)$$

ただし、

$L_{i \cdot in}$: 面 i の相互反射後の内部へ向かう放射束発散度

$L_{i \cdot out}$: 面 i の相互反射後の外部へ向かう放射束発散度

$L_{oi \cdot in}$: 面 i の内部へ向かう初期放射束発散度

$L_{oi \cdot out}$: 面 i の外部へ向かう初期放射束発散度

* 姫路工業大学・電気工学教室

$F(i, j)$: 面 i, j 間の Shape Factor (Form Factor).

ρ_i, τ_i : 入射する放射エネルギー分布を J_i , 入射面のスペクトル反射率を ρ_i , 同透過率を τ_i とするとき, 可視域 ($\nu_1 \rightarrow \nu_2$) 内で,

$$\rho = \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} J_i \rho_i d\lambda}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} J_i d\lambda}, \quad \tau = \frac{\int_{\nu_1}^{\nu_2} J_i \tau_i d\lambda}{\int_{\nu_1}^{\nu_2} J_i d\lambda}$$

のように表わされる ρ, τ の面 i における値.

(1), (2)式を行列で示すと, 次のようになる.

$$[L_{in}] = [L_o \cdot in] + [\rho][F][L_{in}] \dots\dots\dots (3)$$

$$[L_{out}] = [L_o \cdot out] + [\tau][F][L_{in}] \dots\dots\dots (4)$$

ただし,

$$\begin{aligned} [L_{in}] &= \begin{pmatrix} L_{1 \cdot in} \\ L_{2 \cdot in} \\ \dots\dots\dots \\ L_{n \cdot in} \end{pmatrix} & [L_o \cdot in] &= \begin{pmatrix} L_{o1 \cdot in} \\ L_{o2 \cdot in} \\ \dots\dots\dots \\ L_{on \cdot in} \end{pmatrix} \\ [L_{out}] &= \begin{pmatrix} L_{1 \cdot out} \\ L_{2 \cdot out} \\ \dots\dots\dots \\ L_{n \cdot out} \end{pmatrix} & [L_o \cdot out] &= \begin{pmatrix} L_{o1 \cdot out} \\ L_{o2 \cdot out} \\ \dots\dots\dots \\ L_{on \cdot out} \end{pmatrix} \\ [\rho] &= \begin{pmatrix} \rho_1 & & 0 \\ & \rho_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & \rho_n \end{pmatrix} & [\tau] &= \begin{pmatrix} \tau_1 & & 0 \\ & \tau_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & \tau_n \end{pmatrix} \\ [F] &= \begin{pmatrix} F(1,1) & F(1,2) & \dots\dots\dots & F(1,n) \\ F(2,1) & F(2,2) & \dots\dots\dots & F(2,n) \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ F(n,1) & F(n,2) & \dots\dots\dots & F(n,n) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

である. また,

$$[\rho]^{-1} = \left[\frac{1}{\rho} \right] \quad [\tau]^{-1} = \left[\frac{1}{\tau} \right]$$

であることは容易にわかる. なお単位行列は一致に $[E]$ で表わされるが, 照度との混同を避けるため, ここでは $[1]$ を用いることにする. すなわち, 次のようになる.

$$[1] = \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ & 1 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & 1 \end{pmatrix}$$

内部へ向かう成分の相互反射をみると, (3)式より,

$$([1] - [\rho][F])[L_{in}] = [L_o \cdot in] \dots\dots\dots (5)$$

$$\therefore [L_{in}] = \frac{[L_o \cdot in]}{[1] - [\rho][F]} = [T]^{-1}[L_o \cdot in] \dots\dots\dots (6)$$

ただし, $[T] = [1] - [\rho][F]$

あるいは, (6)式の分子, 分母を $[\rho]$ で割って,

$$[L_{in}] = \frac{\left[\frac{L_o \cdot in}{\rho} \right]}{\left[\frac{1}{\rho} \right] - [F]} \dots\dots\dots (7)$$

が得られる. なお, 単位面積あたりの入射放射束の列ベクトル $[\Phi]$ は次のように表わせる.

$$[\Phi] = \left[\frac{L_{in}}{\rho} \right] \dots\dots\dots (8)$$

(6), (7)式は O'Brien 教授の示した相互反射の行列³⁾ と本質的に同じであり, 電子計算機を用いて容易に計算することができる.

この場合の分布の式は, 基準とする部分 S に対する任意の部分 i の相互反射後の放射束発散度の比をとればよいから, (6)式より

$$\begin{aligned} L_{i \cdot in} &= \frac{\sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} L_{oj \cdot in}}{|T|} \\ \therefore \frac{L_{i \cdot in}}{L_{s \cdot in}} &= \frac{\sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} L_{oj \cdot in}}{\sum_{j=1}^n \Delta T_{js} L_{oj \cdot in}} \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

ただし, $|T|: [T] = [1] - [\rho][F]$ の行列式

$\Delta T_{ji}: [T]$ の余因子

として求められる. また, これらの部分全体から内面へ向かう全放射束 $F_o \cdot in$ は, 各分割部の面積を S_j とすると, 次のようになる.

$$F_o \cdot in = \sum_{j=1}^n S_j \cdot L_{j \cdot in} \dots\dots\dots (10)$$

外部へ向かう成分は, 外部へ向かう初期放射束発散度と, 内部で相互反射した後透過するものとの和であるが, 式をまとめるために, 外部および内部へ向かう初期放射束発散度が次のような関係にあるとする.

$$\frac{L_{oi \cdot out}}{L_{oi \cdot in}} = k_i \dots\dots\dots (11)$$

あるいは,

$$L_{oi \cdot out} = k_i \cdot L_{oi \cdot in}$$

これを行列で表わすと,

$$\begin{aligned} [L_o \cdot out] &= \begin{pmatrix} k_1 L_{o1 \cdot in} \\ k_2 L_{o2 \cdot in} \\ \dots\dots\dots \\ k_n L_{on \cdot in} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1 & & 0 \\ & k_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & k_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} L_{o1 \cdot in} \\ L_{o2 \cdot in} \\ \dots\dots\dots \\ L_{on \cdot in} \end{pmatrix} \\ &= [k][L_o \cdot in] \end{aligned}$$

$[k]$ は対角行列で, 次のようである.

$$[k] = \begin{pmatrix} k_1 & & 0 \\ & k_2 & \\ 0 & & \ddots \\ & & & k_n \end{pmatrix}$$

(3), (4)式より次の関係が得られ,

$$\begin{aligned} & [\rho][L_{out}] - [\tau][L_{in}] \\ & = [\rho][L_{o.out}] - [\tau][L_{o.in}] \end{aligned}$$

これを整とすると,

$$\begin{aligned} [L_{out}] &= [L_{o.out}] - \left[\frac{\tau}{\rho} \right] [L_{o.in}] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] [L_{in}] \\ &= [L_{o.out}] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] ([L_{in}] - [L_{o.in}]) \\ &= [k][L_{o.in}] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] ([L_{in}] - [L_{o.in}]) \\ &= \left[k - \frac{\tau}{\rho} \right] [L_{o.in}] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] [L_{in}] \dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

となる。ただし、 $\left[k - \frac{\tau}{\rho} \right]$, $\left[\frac{\tau}{\rho} \right]$ 共に次のような対角行列である。

$$\begin{aligned} \left[k - \frac{\tau}{\rho} \right] &= \begin{pmatrix} k_1 - \frac{\tau_1}{\rho_1} & & 0 \\ & k_2 - \frac{\tau_2}{\rho_2} & \\ 0 & & k_n - \frac{\tau_n}{\rho_n} \end{pmatrix} \\ \left[\frac{\tau}{\rho} \right] &= \begin{pmatrix} \frac{\tau_1}{\rho_1} & & 0 \\ & \frac{\tau_2}{\rho_2} & \\ 0 & & \frac{\tau_n}{\rho_n} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

ゆえに、 $[L_{in}]$ が計算されると、その計算に用いた数値から $[L_{out}]$ を求めることができる。なお(6)式を代入すると $[L_{out}]$ は次のようになる。

$$\begin{aligned} [L_{out}] &= \left[k - \frac{\tau}{\rho} \right] [L_{o.in}] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] \frac{[L_{o.in}]}{[1] - [\rho][F]} \\ &= \left(\left[k - \frac{\tau}{\rho} \right] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] \frac{[1]}{[1] - [\rho][F]} \right) [L_{o.in}] \\ &= \left(\left[k - \frac{\tau}{\rho} \right] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] [T]^{-1} \right) [L_{o.in}] \dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

これは内部へ向かう初期放射束発散度を得れば、外部へ向かう放射束発散度が計算されることを示している。

この場合の分布は(13)式から i 成分をとり、

$$L_{i.out} = \left(k_i - \frac{\tau_i}{\rho_i} \right) \sum_{j=1}^n L_{o.j.in} + \frac{\tau_i}{\rho_i} \frac{\sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} L_{o.j.in}}{|T|}$$

基準となる S 成分との比をとって、次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} & \frac{L_{i.out}}{L_{s.out}} \\ &= \frac{\rho_s \left\{ |T| (\rho_i k_i - \tau_i) \sum_{j=1}^n L_{o.j.in} + \tau_i \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot L_{o.j.in} \right\}}{\rho_i \left\{ |T| (\rho_s k_s - \tau_s) \sum_{j=1}^n L_{o.j.in} + \tau_s \sum_{j=1}^n \Delta T_{js} \cdot L_{o.j.in} \right\}} \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

また、外部へ出る全放射束 $F_{o.out}$ の計算は、(10)式と同様に次の式によって行なうことができる。

$$F_{o.out} = \sum_{j=1}^n S_j \cdot L_{j.out} \dots\dots\dots(15)$$

ある波長 λ に対して反射率 ρ_λ 、透過率 τ_λ を示す面に、別の放射源から、同波長で P_λ のエネルギーを持つ線スペクトルが入射して、単位面積あたり $i\Phi_o$ の放射束となって相互反射を起こすとき、

$$\rho' = \frac{\sum P_\lambda \cdot \rho_\lambda}{\sum P_\lambda} \quad \tau' = \frac{\sum P_\lambda \cdot \tau_\lambda}{\sum P_\lambda}$$

で表わされる ρ' , τ' を考えると、その行列は次のようになる。ただしこの場合には、各行列に λ を付加して区別する。

$$[iL_{o.in}] = [\rho'] [i\Phi_o]$$

これを(6)式に適用すると、

$$\begin{aligned} [iL_{in}] &= \frac{[iL_{o.in}]}{[1] - [\rho'] [F]} = \frac{[\rho'] [i\Phi_o]}{[1] - [\rho'] [F]} \\ &= [\rho'] [T]^{-1} [i\Phi_o] \dots\dots\dots(16) \end{aligned}$$

$$\text{あるいは,} \quad [iL_{in}] = \frac{[i\Phi_o]}{\left[\frac{1}{\rho'} \right] - [F]} \dots\dots\dots(17)$$

$$\left[\frac{iL_{in}}{\rho'} \right] = \frac{[i\Phi_o]}{[1] - [\rho'] [F]} = [T']^{-1} [i\Phi_o] \dots\dots\dots(18)$$

また、このとき内部および外部への初期放射束発散度は、それぞれ直射する放射束の反射分および透過分に相当するから、

$$\begin{aligned} iL_{o.i.out} &= \tau'_i \cdot i\Phi_{oi} \\ iL_{o.i.in} &= \rho'_i \cdot i\Phi_{oi} \end{aligned}$$

(11)式を参照して、

$$\frac{iL_{o.i.out}}{iL_{o.i.in}} = i k_i = \frac{\tau'_i \cdot i\Phi_{oi}}{\rho'_i \cdot i\Phi_{oi}} = \frac{\tau'_i}{\rho'_i} \dots\dots\dots(19)$$

すなわち、

$$[i k] = \left[\frac{\tau'}{\rho'} \right]$$

この関係と(12)式とから類推すると、

$$[iL_{out}] = \left[\frac{\tau'}{\rho'} \right] [iL_{in}] \dots\dots\dots(20)$$

さらに(18)式を用いと、次のようになる。

$$[iL_{out}] = [\tau'] [T']^{-1} [i\Phi_o] \dots\dots\dots(21)$$

分布を求めるには、(21)式から、

$$iL_{i.out} = \tau_i \frac{\sum_{j=1}^n \Delta T'_{ji} \cdot i\Phi_{oj}}{|T'|}$$

これと基準となる部分との比をとればよい。すなわち、

$$\frac{iL_{i.out}}{iL_{s.out}} = \frac{\tau'_i \sum_{j=1}^n \Delta T'_{ji} \cdot i\Phi_{oj}}{\tau'_s \sum_{j=1}^n \Delta T'_{js} \cdot i\Phi_{oj}} \dots\dots\dots(22)$$

また、外部へ出る全放射束 $iF_{o.out}$ は(15)式と同じ形になる。

$${}_iF_{o \cdot out} = \sum_{j=1}^n S_j \cdot {}_iL_{j \cdot out} \dots\dots\dots (23)$$

3. けい光放電管の相互反射

3.1 紫外線の相互反射

けい光放電管内部で、水銀蒸気の放電によって発生した紫外線は、けい光膜に吸収、反射されてほとんど透過しないので、この場合は別の放射源からの放射束が内面で相互反射する場合に相当するが、紫外線であることを H を付加して表現すると、(18)式は次のようになる。

$$\left[\frac{{}_H L_{in}}{\rho_H} \right] = \frac{[{}_H \Phi_o]}{[1] - [\rho_H][F]} = [T_H]^{-1} [{}_H \Phi_o] \dots\dots\dots (24)$$

ただし、 ${}_H \Phi_o$: 単位面積あたりの直射紫外線の放射束

ρ_H : けい光物質の紫外線に対する反射率

$$[T_H] = [1] - [\rho_H][F]$$

ここで、放電管を管の部分と両端のベース部とに分けると、 $[T_H]$ は 3 行 3 列の行列になり計算は容易になる。

なお、このベース部の影響は少ないのでこの部分を無視し、全放射束について考えると式はさらに簡単になる。すなわち、発生後管壁に直射する紫外線の全放射束を ${}_H F_o$ 、相互反射後に管内壁から内部へ向かう全放射束を $({}_H F_o)_r$ とすると、(24)式から容易に次の式が導ける。

$$\frac{({}_H F_o)_r}{\rho_H} = \frac{{}_H F_o}{1 - \rho_H \cdot F} \dots\dots\dots (25)$$

$$\therefore ({}_H F_o)_r = \frac{\rho_H \cdot {}_H F_o}{1 - \rho_H \cdot F} \dots\dots\dots (26)$$

ただし、 F はベース部を除く管全体の Shape Factor である。

あとの便宜のため、(24)、(25)式とも左辺は管壁へ向かう紫外線の放射照度を表す形にしている。

各分割部へ入射する平均放射照度、および内部へ向かう平均放射束発散度の分布の式は、それぞれ次のようになり、

$$\frac{{}_H L_{i \cdot in}}{\rho_{Hi}} = \frac{\sum_{j=1}^n {}_H \Delta T_{ji} \cdot {}_H \Phi_{oj}}{\sum_{j=1}^n {}_H \Delta T_{js} \cdot {}_H \Phi_{oj}}$$

$$\frac{{}_H L_{i \cdot in}}{({}_H L_{s \cdot in})} = \frac{\rho_{Hi} \sum_{j=1}^n {}_H \Delta T_{ji} \cdot {}_H \Phi_{oj}}{\rho_{Hs} \sum_{j=1}^n {}_H \Delta T_{js} \cdot {}_H \Phi_{oj}}$$

ただし、 ${}_H \Delta T_{ji}$: $[T_H]$ の余因子。反射率が各部で等しいときには、両者は同じ形になることがわかる。

なお、けい光物質のもつ分光反射率は連続的に変化し、紫外部が可視部に比較してやや大きくなる程度にすぎないから、 $\rho_H = \rho + \varepsilon$ とすることもできる。

3.2 けい光の相互反射

3.2.1 内部の相互反射

けい光物質からの初期放射束発散度が、入射する紫外

線の放射照度に比例するとみなされるとき、けい光物質の紫外線の吸収率を α_H 、吸収された紫外線のうち可視域の放射に変わる場合を η_H 、その初期放射束発散度の列ベクトルを $[L_o]$ とすると、次の関係が導かれる。

$$[L_o] = [\eta_H][\alpha_H] \left[\frac{{}_H L_{in}}{\rho_H} \right] \dots\dots\dots (27)$$

あるいは、(24)式を代入して、

$$[L_o] = \frac{[\eta_H][\alpha_H][{}_H \Phi_o]}{[1] - [\rho_H][F]} = [\eta_H \cdot \alpha_H][T_H]^{-1} [{}_H \Phi_o] \dots\dots\dots (28)$$

ただし、 $[\eta_H]$ 、 $[\alpha_H]$ は共に対角行列である。

可視域初期放射束発散度の列ベクトル $[L_o]$ のうち、内部に向かう成分を $[L_o \cdot in]$ 、外部に向かう成分を $[L_o \cdot out]$ とすると、

$$\left. \begin{aligned} [L_o \cdot in] &= [k_{in} \cdot L_o] = [k_{in}][L_o] \\ [L_o \cdot out] &= [k_{out} \cdot L_o] = [k_{out}][L_o] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (29)$$

のように表わせる。このとき $[k_{in}]$ 、 $[k_{out}]$ は共に対角行列で、吸収その他を考慮すると、次の関係が得られる。

$$[k_{in}] + [k_{out}] = [1]$$

けい光の放電管内面における相互反射は(6)式で示されているから、(29)式を用いると、

$$[L_{in}] = \frac{[L_o \cdot in]}{[1] - [\rho][F]} = [T]^{-1} [k_{in}][L_o] \dots\dots\dots (30)$$

この式の L_o に(28)式を代入すると、次のようになる。

$$[L_{in}] = \frac{[k_{in}]}{[1] - [\rho][F]} \cdot \frac{[\eta_H][\alpha_H][{}_H \Phi_o]}{[1] - [\eta_H][F]}$$

$$= [T]^{-1} [k_{in}][T_H]^{-1} [\eta_H \cdot \alpha_H][{}_H \Phi_o]$$

$$= [\eta_H \cdot \alpha_H \cdot k_{in}][T]^{-1} [T_H]^{-1} [{}_H \Phi_o] \dots\dots\dots (31)$$

3.2.2 外部へ出る可視域のけい光

外部へ向かう可視域の放射束発散度の式はすでに(11)、(12)、(13)式に求めているから、これらの諸式の係数をけい光放射に用いた係数 k_{in} 、 k_{out} 、および L_o に置き換えると、まったく同様の計算過程を経て次の諸式が得られる。(12)式より、

$$[L_{out}] = [L_o \cdot out] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] ([L_{in}] - [L_o \cdot in]) \dots\dots\dots (32)$$

これに(29)式を代入すると、

$$[L_{out}] = \left[k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [L_o] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] [L_{in}] \dots\dots\dots (33)$$

この式に(30)式を用いると、(13)式と類似の式が得られる。

$$[L_{out}] = \left(\left[k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] + \left[\frac{\tau}{\rho} \right] \frac{[k_{in}]}{[1] - [\rho][F]} \right) [L_o]$$

$$= \left(\left[k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right) [L_o] \dots\dots\dots (34)$$

さらに、(28)式を代入すると次のようになる。

$$[L_{out}] = \left(\left[k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right) [\eta_H \cdot \alpha_H]$$

$$\begin{aligned} [T_H]^{-1} [{}_H\Phi_0] &= [\eta_H \cdot \alpha_H] \left(\left[k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] \right. \\ &\quad \left. + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right) [T_H]^{-1} [{}_H\Phi_0] \quad \dots\dots\dots (35) \end{aligned}$$

あるいは, (4), (29), (30)式から

$$\begin{aligned} [L_{out}] &= [k_{out}] [L_0] + [\tau] [F] \frac{[k_{in}] [L_0]}{[1] - [\rho] [F]} \\ &= ([k_{out}] + [\tau] [F] [T]^{-1} [k_{in}]) [L_0] \\ &= [\eta_H \cdot \alpha_H] ([k_{out}] + [\tau \cdot k_{in}] [F] [T]^{-1}) \\ &\quad [T_H]^{-1} [{}_H\Phi_0] \quad \dots\dots\dots (36) \end{aligned}$$

の形になおすこともできる。

なお, けい光物質はガラス管の内面に塗布してあるため, けい光物質から外部へ向かう放射束はすべてガラスの吸収の影響を受ける。このことは水銀スペクトルについてもまったく同様である。ゆえに, けい光放電管に使用されているガラスの透過率を τ_g , 各分割部に対するその対角行列を $[\tau_g]$, ガラス管の表面から外へ出ていく放射束を各記号の右肩に *net* をつけて表わすことにすると, 次のようにまとめられる。

$$[L_{out}^{net}] = [\tau_g] [L_{out}]$$

一般にけい光放電管においては, k_{out} , k_{in} , ρ , τ , ρ_H , α_H , η_H , τ_g などは各分割部で等しいとみなされるから, (35)および(36)から次の式が導ける。

$$\begin{aligned} [L_{out}^{net}] &= \tau_g \left\{ \left(k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right) [1] + \frac{\tau}{\rho} k_{in} [T]^{-1} \right\} [L_0] \\ &= \tau_g \eta_H \alpha_H \left\{ \left(k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right) [1] + \frac{\tau}{\rho} k_{in} [T]^{-1} \right\} \\ &\quad [T_H]^{-1} [{}_H\Phi_0] \quad \dots\dots\dots (37) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [L_{out}^{net}] &= \tau_g \{ k_{out} [1] + \tau k_{in} [F] [T]^{-1} \} [L_0] \\ &= \tau_g \eta_H \alpha_H \{ k_{out} [1] + \tau k_{in} [F] [T]^{-1} \} [T_H]^{-1} \\ &\quad [{}_H\Phi_0] \quad \dots\dots\dots (38) \end{aligned}$$

以上の諸式は, 水銀蒸気の放電によって得られる紫外線の各分割部における量, あるいはこの紫外線によって発生したけい光の可視域初期放射束発散度を得れば, これに *Shape Factor*, ρ , τ およびけい光放射に関する諸係数, ガラス透過率などから得られる数値を掛けることによって, 各分割部から外部へ放射されるけい光の可視域における平均放射束発散度が求められることを示している。

各部の量がわかれば, その分布は基準となる部分との比をとることによって求められる。一例として (38) 式の $[L_0]$ を用いた分布の式をつくると, 分割部 i では,

$$L_{i \cdot out}^{net} = \tau_g \left\{ k_{out} + \tau k_{in} \sum_{j=1}^n F(i, j) \frac{\sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot L_{0j}}{|T|} \right\}$$

となり, 比は次のようになる。

$$\frac{L_{i \cdot out}^{net}}{L_{s \cdot out}^{net}} = \frac{L_{i \cdot out}}{L_{s \cdot out}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{k_{out} |T| + \tau k_{in} \sum_{j=1}^n F(i, j) \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot L_{0j}}{k_{out} |T| + \tau k_{in} \sum_{j=1}^n F(s, j) \sum_{j=1}^n \Delta T_{js} \cdot L_{0j}} \end{aligned}$$

図1 各分割部における外部へ向かうけい光の可視域放射束発散度／紫外線の放射強度の変化

この式から明らかなように, k_{out} , k_{in} , ρ_H , ρ , τ , $F(i, j)$ などのいずれが変化しても分布状態は違ってくる。ちなみに, 20 等分割の 20 W 普通形けい光放電管において, 紫外線の分布から外部へ向かうけい光の可視域での放射束発散度分布を求める係数の比をとると, 図 1 のようになる。

3.2.3 けい光の可視域における全放射束

外部へ向かうけい光の可視域での全放射束を求めるには, さきに示した式(35)があるが, 放射している円柱部分に比較してベース部の影響はわずかであるから, この部分を無視し, 円柱部分が一体として相互反射をするだけとみなすと, 上述の諸式を簡単な形のものにすることができ。

まず, 外部へ向かう可視域の全放射束 $F_{0 \cdot out}$ に対し, 内部へ向かう相互反射後の同全放射束を $F_{0 \cdot in}$ とし, すでに(25)式で求めたけい光膜へ入射する相互反射後の紫外線の全放射束 ${}_H F_0 / (1 - \rho_H \cdot F)$ を(27)式にあてはめると, けい光物質から出る初期の可視域全放射束は $\eta_H \alpha_{HH} F_0 / (1 - \rho_H \cdot F)$ として求められる。

これと(31)式を参照すると $F_{0 \cdot in}$ は次のようになる。

$$F_{0 \cdot in} = \frac{k_{in}}{1 - \rho \cdot F} \cdot \frac{\eta_H \alpha_{HH} \cdot {}_H F_0}{1 - \rho_H \cdot F} \quad \dots\dots\dots (39)$$

しかるに, F を計算すると, 普通形けい光放電管の 10

W, 20 W, 30 W, 40 W ではそれぞれ 0.96, 0.98, 0.97, 0.98 程度で、ほとんど 1 とみなしてさしつかえない。すなわち、

$$F \doteq 1 \dots\dots\dots (40)$$

なお、紫外線のけい光物質に対する透過率は、ほとんど 0 であるから、

$$\alpha_H + \rho_H \doteq 1 \quad \text{あるいは、} \quad \alpha_H \doteq 1 - \rho_H$$

$$\therefore \frac{\alpha_H}{1 - \rho_H} \doteq 1 \dots\dots\dots (41)$$

$$\therefore F_o \cdot in \doteq \frac{k_{in} \cdot \eta_H \cdot H F_o}{1 - \rho}$$

となる。これに対して外部へ向かう可視域での全放射束 $F_o \cdot out$ は(36)式から容易に類推されて、

$$F_o \cdot out = \left(k_{out} + \frac{\tau \cdot k_{in} F}{1 - \rho \cdot F} \right) \cdot \frac{\eta_H \alpha_H}{1 - \rho_H \cdot F} H F_o \dots\dots\dots (42)$$

(40), (41)式を用いると、

$$F_o \cdot out = \left(k_{out} + \frac{\tau \cdot k_{in}}{1 - \rho} \right) \eta_H \cdot H F_o \dots\dots\dots (43)$$

なお、次のようにおくと、

$$\frac{\tau}{1 - \rho} = \frac{1 - \rho - \alpha}{1 - \rho} = 1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} = \delta \dots\dots\dots (44)$$

$$F_o \cdot out = (k_{out} + k_{in} \cdot \delta) \eta_H \cdot H F_o \dots\dots\dots (45)$$

となるが、 $k_{out} + k_{in} \doteq 1$ を用いる場合には、(43), (44)式より次のように変形される。

$$\begin{aligned} F_o \cdot out &= \left\{ k_{out} + k_{in} \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} \right) \right\} \eta_H \cdot H F_o \\ &= \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} k_{in} \right) \eta_H \cdot H F_o \dots\dots\dots (46) \end{aligned}$$

なお、放電管から外部へ出る可視域の全放射束 $F_o \cdot out^{net}$ は、

$$F_o \cdot out^{net} = \tau_g \cdot F_o \cdot out$$

で表わされる。ここで、 δ の物理的意味を調べるために、 $1 - \rho = \tau_o$ とおくと、この式は吸収率が 0 のときの透過率が τ_o であることを示し、そのうえ (44) 式から $\tau/\tau_o = \delta$ となるから、 δ は吸収のないある理想状態の透過率に対する吸収のある一致の場合の透過率の比ということになる。

このとき、 $1 > \delta > 0$ であり、同様に k_{out} , k_{in} および η_H についても $1 > k_{out}$, $k_{in} > 0$, $1 > \eta_H > 0$ となるから、(46)式をはじめ他の諸式もエネルギー保存の法則にのっとっていることがわかる。

3.2.4 けい光の可視域放射束の増大に関する考察

(46)式において、 η_H , $H F_o$ を一定とし、 α , k_{out} , k_{in} を変化させて ρ に対する $F_o \cdot out / (\eta_H \cdot H F_o)$ の変化を示すと、図 2 のようになる。ここでは、わかりやすくするために適当な値のものだけを記入している。

また (43) 式を用い、 τ , k_{out} , k_{in} を変えた場合を示す

図 2 ρ に対する $\frac{F_o \cdot out}{\eta_H \cdot H F_o}$ の変化

○……けい光放電管

図 3 ρ に対する $\frac{F_o \cdot out}{\eta_H \cdot H F_o}$ の変化

○……けい光放電管

と、図 3 のようになる。

図 2 では、各曲線は k_{out} および k_{in} の値によって定まる群をつくり、縦軸上の各点を中心として右上方向に拡散していくような形をとり、図 3 では、縦軸上の 1.0 の点を中心として、 k_{out} と k_{in} の値に応ずる群をつくり、右下方へ拡散していくような形になっている。

しかも、 α と τ とは、 $\alpha + \rho + \tau = 1$ という関係にあるため、図 2 と図 3 の間には、図 4 にみられるような関連がある。

これらの図から明かなように、紫外線の発生量 $H F_o$ と、その変換率 η_H を一定とみなす場合、可視域での全放射束を増すには、 k_{out} を大、すなわち k_{in} を小に、また ρ および α を小、すなわち τ を大にすればよいことがわかる。

普通形けい光放電管の位置を図に示すため、実験から得られた次の概略値を用いて計算すると、

$$\alpha \doteq 0.1, \quad \rho \doteq 0.6, \quad \tau \doteq 0.3$$

$$\left. \begin{aligned} k_{in} &\doteq 2.2 \\ k_{out} &\doteq 0.3 \\ k_{out} + k_{in} &\doteq 1 \end{aligned} \right\} \text{すなわち、} k_{out} \doteq 0.3, k_{in} \doteq 0.7$$

$$\therefore \frac{F_{0 \cdot out}}{\eta_H \cdot H F_0} \div 0.8 \text{ あるいは, } \frac{F_{0 \cdot out}^{net}}{\tau_g \cdot \eta_H \cdot H F_0} \div 0.8$$

となり、図中○の場所を占める。

参考までに、全体の Shape Factor F を考慮し、(42)式を用いて計算すると、 $1 > F$ のため、この値よりわずかな下がった値が得られる。

さらに、外部へ向かう可視域での全放射束を増すには、さきに一定とおいた $H F_0$ および η_H を増大することが考えられる。ところで、 $H F_0$ は放電管管壁のけい光物質に到達する紫外線の全放射束であるから、これを増加することはおもに、水銀蒸気の放電に帰着する。そしてこの問題は、高出力けい光放電管において詳細に検討され、具体的には、

水銀の蒸気圧を最適値にすること、ネオンを封入して電子温度を高め、あわせて熱伝導を強めること、管径を適当にして、発生した紫外線の通路を短くすること、アークの通路を長くするため、形状を工夫する⁴⁾ などの諸対策となって実現されている。

次の η_H は、けい光物質を媒介とすることによって、吸収された紫外線が可視域の放射に変換される割合ともいえるもので、その値は 3.4 項で示しているように、普通形の白色系のけい光放電管では 0.7 程度の値になる。しかし、他の色光のものではこの値より低くなるので、まだ改善の余地があるように思われる。

一般に、この変換率 η_H と可視域の放射の透過には、けい光物質の粒子の寸法が大きな役割を果たしているといわれている。そのため、まずこの粒度が定まると、次には膜厚が問題になり、同時に、 ρ 、 τ 、 α および k_{out} 、 k_{in} の値が決定されてくる。

たとえば、けい光物質の粒度を一定と仮定して膜厚が比較的大きいとする、紫外線は膜の表面付近で反射、吸収され、ここで放射が起こる。このとき η_H は用いたけい光物質によって決まるが、当然起こる吸収のために $k_{out} + k_{in} < 1$ となるであろう。

膜厚を減少していくと、 ρ 、 η_H はほぼ不変だが、 α が減少して τ が増し始め、 $(k_{out} + k_{in})$ の値がより 1 に近づく。さらに膜が薄くなり、紫外線が透過し始めると、 η_H 、 ρ 、 α 共に減少し、 τ が大きくなり、 $(k_{out} + k_{in})$ はほとんど 1 になるはずである。

粒度を変えると、同様の事がらが違った量において起こってくる。このほかけい光物質の製造、塗布の技術上、制限されることもあったと考えられる。要するにこの問題は、製造者のけい光物質の研究と実験によるところが大きいといえよう。

3.3 可視域水銀スペクトル

水銀スペクトルは、紫外線とともに水銀蒸気の放電によって発生しているから、これを式で表現するとき

は、紫外線の場合と同様に、放射源が別にあるときの式 (16)~(23) を用いればよい。しかも可視域では、けい光物質の分光反射率、同透過率はほとんど一様であるため、 ρ' 、 τ' は、 ρ 、 τ に置き換えてもさしつかえない。こうすると、可視域の水銀スペクトルによる相互反射の場合、内部および外部へ向かう放射束発散度 $[{}_i L_{in}]$ 、 $[{}_i L_{out}]$ は次のようになる。

$$[{}_i L_{in}] = [\rho][T]^{-1} [{}_i \Phi_0] \dots\dots\dots (47)$$

$$[{}_i L_{out}] = [\tau][T]^{-1} [{}_i \Phi_0] \dots\dots\dots (48)$$

$$\text{また, } [{}_i L_{in}^{net}] = [\tau_g][{}_i L_{in}], \quad [{}_i L_{out}^{net}] = [\tau_g][{}_i L_{out}]$$

さらに、分布の式も (22) と同じ形になる。

$$\frac{{}_i L_{i \cdot out}}{{}_i L_{s \cdot out}} = \frac{\tau_i \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot {}_i \Phi_{0j}}{\tau_s \sum_{j=1}^n \Delta T_{js} \cdot {}_i \Phi_{0j}} \dots\dots\dots (49)$$

ゆえに、各分割部に直射する放射束の量が変われば、分布の様子は当然変わるが、 ρ 、 F が変わっても、これらが ΔT_{ji} に含まれているために、その分布の形状が少し異なってくる。そして大体の様子はけい光の場合のものと類似している。

なお、可視域水銀スペクトルはその直射放射束の分布が紫外線の直射放射束の分布に近似しているため、相互反射の計算もけい光の場合に類似してくる。この結果、発生した可視域水銀スペクトルに対して、けい光膜を透過して外へ向かう成分の割合を各部分でとると、これも図 1 と似たものになる。

また、両端のベース部を無視し、可視域水銀スペクトルが円柱部分全体で相互反射を行なうと仮定して、外へ向かう全放射束を求めようとすると、(47)、(48)式において、面積を考慮するだけで次の式を導き出すことができる。

$${}_i F_{0 \cdot out} = \frac{\tau}{1 - \rho \cdot F} \cdot {}_i F_0 \dots\dots\dots (50)$$

ただし、 ${}_i F_{0 \cdot out}$: 外部へ向かう可視域水銀スペクトルの全放射束

${}_i F_0$: 発生した可視域水銀スペクトルの全放射束 である。

しかるに、 $F \div 1$ であるから

$${}_i F_{0 \cdot out} = \frac{\tau}{1 - \rho} \cdot {}_i F_0 = \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho}\right) {}_i F_0 = \delta \cdot {}_i F_0 \dots\dots (51)$$

ガラス管を透過して外へ出る可視域の全放射束 ${}_i F_{0 \cdot out}^{net}$ は、

$${}_i F_{0 \cdot out}^{net} = \tau_g \cdot {}_i F_{0 \cdot out}$$

となる。(51)式は(43)、(46)式において、 $k_{out} = 0$ 、 $k_{in} = 1$ 、 $\eta_H = 1$ とした場合に相当するから、その図は、図 2 および図 3 の $k_{out} = 0$ 、 $k_{in} = 1$ の部分にあたる。しかしここでは、図 2、図 3 の α と τ との関連性を示す意味も含めて、図 4 として描いてみた。

図 4 ρ に対する $\frac{外部へ向かう可視域水銀スペクトルの全放射束 (iF_{o.out})}{可視域水銀スペクトルの全放射束 (iF_o)}$ の変化

3.4 けい光放電管から外部へ出る可視域の放射束

けい光放電管からは、けい光と水銀スペクトルとが放射されているから、各分割から外部へ向かう可視域の放射束発散度および同全放射束は、それぞれ可視域にあるけい光と水銀スペクトルとの和として求めることができる。この場合の記号として、添え字を T にかえたものを用いると、各分割部から外部へ向かう可視域の放射束発散度 $[TL_{out}]$ は次のように表わせる。

$$\begin{aligned} [TL_{out}] &= [L_{out}] + [iL_{out}] \\ &= [\eta_H \alpha_H] \left\{ \left(k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right) + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right\} \\ &\quad [T_H]^{-1} [H\Phi_o] + [\tau] [T]^{-1} [i\Phi_o] \dots\dots\dots (52) \end{aligned}$$

ここで、各分割部に入射する単位面積あたりの可視域水銀スペクトルの放射束と、紫外線の放射束との比を行列 $[\gamma]$ で表わすと、この値は水銀蒸気の放電状態によって定まり、次の関係が得られる。

$$[i\Phi_o] = [\gamma] [H\Phi_o] \text{ あるいは } [\gamma] = \frac{[i\Phi_o]}{[H\Phi_o]} \dots\dots\dots (53)$$

これを用いると、

$$\begin{aligned} [TL_{out}] &= \left\{ [\eta_H \alpha_H] \left\{ \left(k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right) + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right\} \right. \\ &\quad \left. [T_H]^{-1} + [\tau \gamma] [T]^{-1} \right\} [H\Phi_o] \dots\dots\dots (54) \end{aligned}$$

また、 k_{out} , k_{in} , η_H , α_H , ρ_H , ρ , τ , γ , τ_g が管の分割に関係せず一様であると仮定すると、次のようになる。

$$\begin{aligned} [TL_{out}] &= [\eta_H \alpha_H] \left\{ \left(k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in} \right) (1) + \left[\frac{\tau}{\rho} k_{in} \right] [T]^{-1} \right\} \\ &\quad [T_H]^{-1} + \tau \gamma [T]^{-1} [H\Phi_o] \dots\dots\dots (55) \end{aligned}$$

$[TL_{out}^{net}] = \tau_g \cdot [TL_{out}]$
上の 2 式からその分布を求めようとすると、まず、その i 成分をとり、これと基準となる s 成分との比を求めればよい。すなわち、

$$\begin{aligned} TL_{i.out}^{net} &= \tau_g \eta_H \alpha_H \left\{ \frac{k_{out} - \frac{\tau}{\rho} k_{in}}{|T_H|} \sum_{j=1}^n H \Delta T_{ji} \cdot H \Phi_{oj} \right. \\ &\quad + \frac{\tau \cdot k_{in}}{\rho |T| |T_H|} \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \left(\sum_{k=1}^n H \Delta T_{ki} \cdot H \Phi_{ok} \right) \\ &\quad + \frac{\tau_g \cdot \tau \cdot \gamma}{|T|} \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot H \Phi_{oj} \dots\dots\dots (56) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{TL_{i.out}^{net}}{TL_{s.out}^{net}} &= \frac{TL_{i.out}}{TL_{s.out}} \\ &= \frac{\eta_H \alpha_H \left\{ \left(\rho k_{out} - \tau k_{in} \right) |T| \sum_{j=1}^n H \Delta T_{ji} \cdot H \Phi_{oj} \right.}{\eta_H \alpha_H \left\{ \left(\rho k_{out} - \tau k_{in} \right) |T| \sum_{j=1}^n H \Delta T_{js} \cdot H \Phi_{oj} \right.} \\ &\quad \left. + \tau k_{in} \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \left(\sum_{k=1}^n H \Delta T_{ki} \cdot H \Phi_{ok} \right) \right\}}{\eta_H \alpha_H \left\{ \left(\rho k_{out} - \tau k_{in} \right) |T| \sum_{j=1}^n H \Delta T_{js} \cdot H \Phi_{oj} \right.} \\ &\quad \left. + \tau k_{in} \sum_{j=1}^n \Delta T_{js} \left(\sum_{k=1}^n H \Delta T_{ks} \cdot H \Phi_{ok} \right) \right\}} \\ &\quad + \rho \tau \gamma |T_H| \sum_{j=1}^n \Delta T_{ji} \cdot H \Phi_{oj} \dots\dots\dots (57) \end{aligned}$$

この分布状態は、 $[H\Phi_o]$ によって大体決まるが、 k_{out} , k_{in} , ρ , τ , γ , η_H , α_H , $F(i, j)$ が変わっても少し違ってくる。

次のけい光放電管から外部へ出る可視域の全放射束 $TF_{o.out}$ は、正確には、 $TF_{o.out} = \sum_{j=1}^n S_j \cdot TL_{j.out}$ 、およ

び $TF_{o.out}^{net} = \tau_g \cdot TF_{o.out}$ として求められるが、両端を無視し同柱部分を一体とみなす簡略計算からは、次のようにして算出できる。すなわち (42), (50) 式から

$$\begin{aligned} TF_{o.out} &= F_{o.out} + iF_{o.out} \\ &= \left(k_{out} + \frac{\tau \cdot k_{in} \cdot F}{1 - \rho \cdot F} \right) \frac{\eta_H \alpha_H}{1 - \rho_H \cdot F} \cdot H F_o \\ &\quad + \frac{\tau}{1 - \rho \cdot F} \cdot iF_o \dots\dots\dots (56) \end{aligned}$$

これまでも同じように、

$F \neq 1$, $k_{out} + k_{in} \neq 1$ とすると、(46), (51) 式から次の関係が得られる。

$$TF_{o.out} = \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} k_{in} \right) \eta_H \cdot H F_o + \frac{\tau}{1 - \rho} \cdot iF_o \dots\dots\dots (57)$$

57 式の右辺の第 1 辺の第 1 項は、外部へ向かうけい光の可視域での全放射束、第 2 項は外部へ向かう可視域水銀スペクトルの全放射束であるから、この比を ζ とおくと、

$$\zeta = \frac{\frac{\tau}{1 - \rho} \cdot iF_o}{\left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} \right) \eta_H \cdot H F_o}, \quad (1 > \zeta > 0) \dots\dots\dots (58)$$

これを 57 式に代入すると、次のようになる。

$$TF_{o.out} = (1 + \zeta) \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \rho} k_{in} \right) \eta_H \cdot H F_o \dots\dots\dots (59)$$

$$\tau F_{o \cdot out}^{net} = \tau_g \cdot \tau F_{o \cdot out}$$

数種の普通形けい光放電管について ζ の値を求めると、白色、緑、青、赤系統のもので、それぞれ約 1/8.2, 1/5.2, 1/5.6, 1/4.1 であった。

なお、59式は46式に $(1+\zeta)$ の項が加ったのにすぎないから、図2、図3で縦軸の目盛を ζ の値に応じてずらせば、これに対応する図とすることができる。

このほか、58式からは η_H を算出することができる。53式を参照して

$$\gamma_T = \frac{\tau F_o}{H F_o}$$

とおくと、58式は次のようになる。

$$\eta_H = \frac{\frac{\tau}{1-\rho}}{1 - \frac{\alpha}{1-\rho} k_{in}} \cdot \frac{\gamma_T}{\zeta} \dots\dots\dots (60)$$

γ_T は、紫外線の全放射束に対する可視域水銀スペクトルの全放射束の割合なので測定して求められ、室温約 20℃ のときの 10 W 殺菌灯では約 1/10 である。 ζ にさきに求めた値を用い、他の値を従来どおり、 $\alpha \div 0.1$, $\rho \div 0.6$, $\tau \div 0.3$, $k_{in} \div 0.7$ とすると、白色系、緑、青、赤色けい光放電管に対する η_H の値は、それぞれ約 0.7, 0.5, 0.5, 0.4 となる。

さらに59式からは次の式が導けるが、

$$\frac{\tau F_{o \cdot out}}{H F_o} = (1+\zeta) \left(1 - \frac{\alpha}{1-\rho} k_{in} \right) \eta_H$$

これは57式を変形したものであるから、その右辺は、水銀蒸気の放電によって発生した全放射束に対する外部へ向かう可視域の全放射束の割合を表わしている。前述の場合と同じ数値を用いて、この値を白色系のものについて求めると、

$$\frac{\tau F_{o \cdot out}}{H F_o} \div 0.7 \quad \text{あるいは} \quad \frac{\tau F_{o \cdot out}^{net}}{H F_o} \div 0.6$$

同様に46式に代入すると、発生した紫外線の全放射束に対する外部へ向かうけい光の可視域における全放射束の割合が得られ、

$$\frac{F_{o \cdot out}}{H F_o} \div 0.6 \quad \text{あるいは} \quad \frac{F_{o \cdot out}^{net}}{H F_o} \div 0.5$$

となる。けい光に水銀スペクトルが加わった分だけ値が増していることが明白である。

こうして η_H の値がわかると、図2、図3の縦軸の数値をこの値に応じてかえれば、図はそのままで $\frac{F_{o \cdot out}}{H F_o}$ と ρ との関係を示すものになる。さらにガラス管の影響まで考慮する場合でも、まったく同様に処理することができる。

4. 結 言

われわれの実験では、 ρ , τ , α の測定値に精度の低いものしか得られなかったので、けい光放電管の性能を表わす諸数値も簡略計算に基づく概数にとどめた。しかし、いつかは、これら測定値の精度を高め、各分割部の和をとる計算を行なって、より正確な値を得たいと考えている。

また、ここでは普通形けい光放電管を検討したが、特殊な形状のもの、ことに高出力のものに対してそのまま利用できるかどうか疑問があり、さらに周囲温度が高くなると輝点の輝きが増して、部分的にかなり影響することがあるので、機会があればこうした点について検討を進めたいと思っている。

なお、電子計算機のプログラムの作成の際、ここに示された式よりも、それにつごうのよい形にまとめる必要の起こることも予測される。

ここで行なった式の展開は、内部で相互反射は起こるが、外部へはそのまま発散する場合のものである。しかし、詳細にみると、外部へ出たものも相互反射を行なって、それがさらに内部へ影響してくることが考えられる。ゆえに、次はこのように複雑な場合を式によって表現することを試みる予定である。

参 考 文 献

- (1), (2) 福井：照学誌 52-8 (昭43) 468
- (3) P. F. O'Brien : Illum. Engng 55 (1960) 215
- (4) 斎藤：照明工学講義 (昭39) 305

(受付1968年12月16日, 再受付1969年4月28日)