論 文

紫外部光源のエネルギー分布について

正 会 員 増 田 磯 雄*

On The Spectral Energy Distributions of
Ultraviolet Radiation Sources

By Isao Masuda (Member)

(Matsuda Research Laboratory, Tokyo-Shibaura Electric Co., Ltd.)

ABSTRACT

Spectral energy distributions of several radiation sources for ultraviolet region are briefly discussed. In practice, as the standard of spectral energy, the Krafft's standard lamp seems to be the most useful source at present. With the appearance of the photomultiplier as a high sensitive detector, the ribbon filament tungsten lamp would become useful source emitting continuous spectrum in U. V. region.

As for the quartz enveloped low pressure mercury discharge lamp, caution is necessary for its weak fluorescence in same cases. The high wattage Xe-arc lamp is the strongest source emitting continuous spectrum in U. V. region. The hot cathode hydrogen discharge lamp can be easily stabilized in its radiation intensity with application of vacuum tubes, so that it is a quite suitable source for measuring absorption transmission etc.

1. はしがき

紫外線の応用が盛んになるにつれて紫外部の光源を取り扱う機会も多くなりつつある。ここにはそれ等について調べ、あるいは筆者が体験した事柄について断片的に報告する。

2. 標準として使用し得る光源

絶対的な強度は別として分光エネルギー分布の安定なものは、黒体放射炉、タングステン電球（リボンフィラメント）、Krafft の標準灯、カーボンアークなどがあげられるが、黒体放射炉は実用的にはほとんど意味がなく、カーボンアークは使用した例はある¹⁾が、そのエネルギー分布が芯物質によってひどく変る²⁾。現在ではあまり使用されない。タングステン電球は放射エネルギーは小さいが高感度の測光器の進歩によって今後使用される可能性が強い。

1951年の国際照明委員会議事録によると二次電子増倍管を測光器として、2,483 Å まで3桁の測定をした。黒体放射に対するタングステンの放射の比は²⁾³⁾ Hamaker によって、2,300 Å まで3桁の測定がなされているが、これについては再検討されつつある。分光測定用標準としては非常にこまかい間隔で、この放射率を知りたい場合もあるが、紫外部では Hamaker の表から内挿法で求めることはできない。黒体放射の分布エネルギーについては、3,000 Å 以上では山内、岡松の表⁴⁾⁵⁾ が便利であるが、

さらに短波長側までも使用し得る表は今後作製する必要がある。

紫外部の標準灯として最も努力の払われているのは Krafft の標準灯で、これについては多くの報告がある。第1図は Rössler⁶⁾ の表にしたがってかいた水銀の線スペクトルとエネルギー準位の関係である。

線スペクトルの相対強度の測定値の主なもの第1表に示す。測定者によってかなりの相違が認められるが、第2表に示すようにランプが異っても同一測定者の出した結果の相対強度は非常によく一致していて、安定な光源であることを示している。

この標準灯を標準として写真測光を行う場合は、標準が線スペクトルであることを注意する必要がある。試料が連続スペクトルである場合には¹⁰⁾、

$B(\lambda)$ ……線スペクトルのスリット面における輝き

$I(\lambda)$ …… " 感光膜面における照度

$\frac{\pi}{2} + \theta$ ……光軸と感光面とのなす角

$m(\lambda)$ ……スリットの長さとお像の大きさの比

$B_c(\lambda)$ ……連続スペクトルのスリット面における輝き

$I_c(\lambda)$ …… " 感光膜面における照度

$\delta(\lambda)$ ……プリズムの分散

とすると

$$\frac{B_c(\lambda_1)}{B_c(\lambda_2)} + \frac{B(\lambda_1)}{B(\lambda_2)} \cdot \frac{I_c(\lambda_1)/I(\lambda_1)}{I_c(\lambda_2)/I(\lambda_2)} \cdot \frac{m(\lambda_2) \cos \theta(\lambda_2)}{m(\lambda_1) \cos \theta(\lambda_1)} \cdot \frac{\delta(\lambda_1)}{\delta(\lambda_2)}$$

なる関係があるので、試料のエネルギー分布を決定するためには m , δ を考慮しなければならない。乾板の彎曲が小さく、分散が小さければ $\cos \theta$ の波長による差は無

* 東京芝浦電気株式会社マツダ研究所

第 1 図 水銀原子のエネルギー準位と線スペクトル

視して差支えなからう。モノクロメータの場合は $\cos \theta$ は考慮する必要がないが m と δ は考慮しなければならない。

この標準灯は非常に輝きが高いので、ダイヤフラムと石英拡散板とで光を弱くしなければならないこともあ

る。また集光レンズを使用する場合は光源の前に拡散板を置いてから使用しなければならない。

第 2 図は Krefft の標準灯が入手できなかった当時東芝製「I-1」型高圧水銀灯²⁾を標準として測定したマツダけい光ランプ（健康線）のエネルギー分布である。

第1表 Krefft の標準灯の線スペクトルの相対強度

λ (Å)	Fischer	Rossler	Coolidge	Stekelenburg	Krefft Rossler
5770/91	—	73.7	—	75.4	78
5461	—	90.0	—	86.0	85
4916	—	0.93	—	1.15	—
4358	76.1	72.4	—	71.0	52
4047/78	44.8	47.7	—	43.7	33
3906	1.25	0.8	—	1.0	—
3650/63	100	100	100	100	100
3341	9.5	7.3	7.4	7.65	8
3126/32	70.9	67.0	66.0	66.2	56
3022/26	32.8	28.6	29.6	28.7	28
2967	18.4	15.3	17.1	15.3	15
2925	2.38	1.5	1.7	1.56	—
2894	7.21	5.9	6.5	5.8	5
2804	12.4	10.2	11.4	10.75	8
2753	3.96	3.8	3.85	3.5	2.5
2699/700	4.75	4.5	4.7	4.3	3.5
2652/4	24.6	23.3	23.4	23.6	19
2640	—	0.6	—	—	—
2482	10.1	11.5	9.8	8.7	—
2400	—	3.4	3.3	—	—
2378	—	2.9	3.0	—	—

第2表 4個のランプ相対強度の比較⁸⁾

λ (Å)	ラ ン プ No. 10	No. 11	No. 12	No. 13
5770/91	1.005	1.00	0.92	1.075
5461	1.00	1.01	0.925	1.065
4358	1.00	1.01	0.935	1.055
4047/78	1.00	1.01	0.94	1.06
3650/63	1.01	1.01	0.935	1.065
3341	1.01	1.005	0.92	1.095
3/32/26	1.01	1.01	0.935	1.05
3022/26	1.01	1.02	0.925	1.065
2967	1.01	1.01	0.92	1.075
2894	1.01	1.01	0.92	1.08
2804	1.00	1.015	0.915	1.07
2753	1.01	1.01	0.90	1.095
2699/700	1.00	1.01	0.895	1.095
2652/40	1.00	1.03	0.91	1.06
2537	1.00	1.025	0.92	1.07
2483	0.99	1.03	0.90	1.055
平 均	1.005	1.015	0.90	1.07
最大偏差	0.015	0.015	0.025	0.025

Krefft の標準灯ならびにこれを国産化した標準灯の実測値は別に発表されるはずである。

第2図 マツダけい光ランプ（健康線のエネルギー分布）

3. 標準灯以外の光源

3,650 Å 附近を強く放射する光源としては前記標準灯の他に高圧水銀灯，超高圧水銀灯がある。第3図は超高圧水銀灯とけい光ランプのスペクトルである。ブラックライトは超高圧水銀灯（SHL-100）とマツダ UV-D₁ フィルタと組合わせたものに類似した分布をもつ。

低圧水銀灯は 2,537 Å の強い光源として不可欠のものであるがその可視光線を遮断するには Corning の No. 9863 フィルタ，硫酸ニッケルと硫酸コバルトの溶液フィルタ等があり前者はガラス製であるから使用に便利である。裸の低圧水銀灯⁹⁾と、このフィルタを透過したもの*の線スペクトルの相対強度は大体第3表のようになる。

第3表 低圧水銀灯のエネルギー分布

λ (Å)	裸 水 銀 灯	Corning フィルタ × 水 銀 灯
2 5 3 7	1 0 0	1 0 0
3 1 3 2	4	9
3 6 5 0	4	8
4 0 4 7	5	1
4 3 5 8	7	0.2 以下

低圧水銀灯は現在は石英製のものとガラス製のものがあり、殺菌灯として利用されているが、石英製のものは近紫外から可視部短波長側にまたがって石英のけい光を発する。第4,5図にそれを示す。

このけい光は弱いので普通にはあまり問題にならないが、低圧水銀灯で刺激してけい光を測定する場合など、

* Corning カタログ(1948)より厚さ 3 mm で計算した

第3図 超高圧水銀灯とけい光ランプ

第4図 低圧水銀灯のスペクトル

第5図 石英のけい光スペクトル

試料のけい光スペクトルの短波長側が弱いと試料の面で反射して、混入する石英のけい光がかなりの割合を占める場合もある。一例として珪酸カルシウム : Pb, Mn の場合を第6図に示す。

広範囲に連続スペクトルを放射する光源には水素放電管、超高圧水銀灯、超高圧 X_e アークランプ等がある。第7図は当社で試作した熱陰極 30 W、ガラス製水素放電管の使用約 70 時間後のエネルギー分布の変化を示すものである。

この変化の主な原因は短波長側紫外線で照射された放電管のバルブに着色中心ができたものと考えられる。この型水素放電管は、電流もすくなく(約 300 mA) 真空管を用いて電源電圧の変動の影響を容易に除去できるので非常に安定に点灯することができ、吸収率、透過率等の

測定に非常によい。

第6図 珪酸カルシウム : Pb, Mn の短波長領域のけい光スペクトル

(約 70 時間使用したもののエネルギー) 3900 Å を 100 として表わす
使用開始直後のエネルギー

第7図 水素放電管のエネルギー分布の変化

第8図 Xe アークのエネルギー分布

Xe アークランプは 150 W, 500 W, 1 kW 等強力なものがある。これらはランプ電圧は低く、大電流を必要とするので特別に専用の電源を用意しないと、電源の電圧の変動の影響を除去することがむずかしい。筆者等の使用しているものは 500 W で両極間の距離は 4 mm であるので極めて輝きの高い点光源である。Baum-Dunkelman¹¹⁾ によると紫外部のエネルギー分布は石英の固有吸収のある波長(2,250 Å 以下)を除いては 6,000 °K の黒体放射に非常に似ている。

第8,9図は熱電堆と 1×10^{-7} V の検流計によって、日立製 Beckman 型分光器で分光して測定した結果を示す。9図で 7,000 Å 以上は分光写真による結果と比較して Beckman 型分光器の波長目盛を訂正したものである。2,250 Å においてはスリット幅 1 mm ($d\lambda$ 約 20 Å) で2桁の測定ができ、9,000 Å 附近ではスリット幅 3/100 mm ($d\lambda$ 約 60 Å) で3桁の測定ができた。

紫外部の Baum-Dunkelman とのくい違い、赤外部 10,000 Å 附近の Frühling-Richter¹²⁾ とのくい違いが分光器の凹面鏡(アルミニウム蒸着膜)によるものか、光源自体のものかについては検討してない。9,000 ~

第9図 Xe アークのエネルギー分布

10,000 Å における微細構造は筆者等の場合、見られないがこれは 200 Å とびの測定だからである。

紫外部では非常になめらかな曲線になる。

(昭31-5-9受付)

文 献

- 1) A. S. Coolidge : J. O. S. A. **30**, 189 (1944)
- 2) 原田常雄 : 光源, 70 (昭19) (共立社)
- 3) H. C. Hamaker : Physica **3**, 561 (1936)
- 4) 山内, 岡松 : 照学誌 **21**, 79 (昭12)
- 5) 同上 : 電試. 研究報告 No. 402, (昭11)
- 6) F. Rössler : Ann Physik, **6** Folge Bd. 10 (1952)
- 7) Fischer : Z. Techn. Phys., **18**, 336 (1937)
- 8) Stekelenburg : C. I. E. 議事録 (1951)
- 9) H. Krefft, F. Rössler, A. Rittenauer : Z. Techn. Phys., **18**, 20 (1937)
- 10) 小穴 純 : 物理実験学第6巻, 河出書房. (昭16)
- 11) W. A. Baum, L. Dunkelman : J. O. S. A. **40**, 782 (1950)
- 12) H. G. Frühling und M. Richter : C. I. E. 13 th Session (1955) Individual Paper.

会 告

昭和31年
東京支部大会

照明討論会のお知らせ

8月号会告(色紙)でお知らせしたように、当支部における今年秋の講演会は、照明学会東京支部単独で開催します。なお本年は照明学会創立40周年にあたりますので、前号で予告しましたように第1部一般講演の後で第2部討論会『これからの照明』を開催します。講演者および演題は下記のように定まりましたので当日は活発な質疑応答をお願いします。

第1部 一般講演

日 時 昭和31年11月17日 A.M. 9,00 より

第2部 照明討論 これからの照明

日 時 昭和31年11月17日 P.M. 2,30 ~ 5,00

会 場 日本電気協会5階講堂

討論内容 (1)光源(原田常雄君), (2)照明施設(関重広君), (3)照明器具と配線(池田栄一君), (4)電力(谷鹿光治君), (5)建築(小木曾定彰君)

東京支部大会実行委員会