高圧水銀ランプの種類と特性†

正 会 員 野 村 誠 夫*

高圧水銀ランプは効率がよく、1灯あたりの光束が大きく、また寿命が長いという利点があるので、数年来急速な普及をみ、街路、高天井工場、造船所、発電所、公園および広場などの全般照明に多数使用され、またその特異な光色を生かして、ビルや劇場などの外壁照明にも広く利用されている。ランプの種類も用途の拡大と共に逐次増加の傾向にあり、国内メーカーも10社以上を数えるに至っている。

1. 種類

現在国内で発表されている一般照明用の高圧水銀ランプの種類は数10種に達しているが、これをランプ電力別に分類すると80W, 100W, 125W, 200W, 250W, 270W, 300W, 400W, 700W, および1000Wに分けられる。これらは大部分定格電圧200Vであるが、1000Wには200V定格のものと400V定格のものの二種類がある。

構造上から分類すると、普通の高圧水銀ランプ、けい光高圧水銀ランプ、反射形高圧水銀ランプ、反射形けい光高圧水銀ランプに大分類されるが、おのおのは更に細分類され、結局第1表に示すように9種類程度となる。こ

第1表 高圧水銀ランプの分類

高圧水銀 ランプ	高圧水銀ランプ		外管着色
	けい光高圧水銀 ランプ	けい光高圧水銀ランプ	
		銀白またはシルバーホワイト	
		黄またはゴールド	
		天然色またはデラックス	
	反射形高圧水銀 ランプ	狭角	
		中間角	
		広角	
	反射形けい光高圧水銀ランプ		

れらはいずれも発光管とそれをつつむ外管とからなっている。発光管は光源で、その内部で高蒸気圧の水銀放電が行われる。外管本来の使命は、(1)発光管の保護および温度の維持、(2)内蔵金属部品の酸化防止、(3)紫外線の遮断であるが、これに特殊な加工、処理を施したり、または形状を変えたりして上述の各種構造のものができ上っている。第1図はその外観代表例である。以下各種ランプの特長について簡単に述べる。

1.1 高圧水銀ランプ

高圧水銀ランプは、外管になんらの加工処理を施さない最も基本的なランプである。外管の形状は第2図に示

H1000A H700 H400 H300 H300S H250 H100
(a) 高圧水銀ランプ

HF1000A HF700 HF400 HF300 HF300S HF250 HF100
(b) 蛍光高圧水銀ランプ

HR400-W (広角) HR400-M (中間角) HR300-N (狭角) HR400-N (狭角)
(c) 反射形高圧水銀ランプ

第1図 高圧水銀ランプの外観代表例

すように数種類のもので発表されているが、いずれも透明である。効率は100W級で35 lm/w程度であるが、大電力になるに従ってよくなり1000Wでは55 lm/wに達する。

第2図 各種高圧水銀ランプの外管形状

このように高圧水銀ランプは効率がよいのと同時に1灯あたり

の全光束が大きいことも特長の一つである。例えば400W高圧水

† Types and Characteristics of High Pressure Mercury Lamp.
by S. Nomura

* 東京芝浦電気株式会社電灯技術部

銀ランプの全光束は 20,000 lm であるから、このランプ 1 灯で 40W けい光ランプ約 7 灯分の明るさを出すことになる。またランプ効率は 50 lm/w で、安定器の損失を含めても全効率は 46 lm/w になるから、1000W 白熱電球の約 2.2 倍に相当する。分光エネルギー分布は後述のように、水銀放電特有のスペクトルのみがあらわれる（第16図参照）。光色はやや緑味をおびた白で、色温度は400W の場合で 5700°K¹⁾ 程度である。

1.2 けい光高圧水銀ランプ

これは前述の高圧水銀ランプの外管内面にけい光物質を塗布したもので、発光管から放射される紫外線を可視線に変換利用する。しかしけい光物質は点灯中数百度の高温にさらされるので、この状態でもよく発光し、また劣化も少ないことが必要である。^{2) 3)}

この種ランプは大別すると二つにわけられる。第1は高圧水銀ランプに欠けている赤色部分をけい光物質により 7~10% 程度補い光色を改善したもので、けい光高圧水銀ランプと呼ばれている。普通 Magnesium Germanate が使用されるが、その他に Magnesium arsenate, magnesium orthotitanate, Magnesium lithium Antimonate なども使用される。第3図はそれらの励起発光特性を示す。⁴⁾

第3図 けい光高圧水銀ランプ用けい光物質の励起発光特性

と、従来の高圧水銀ランプの色を改善すると同時に明るさも増すことが出来る。現用けい光物質には strontium zinc phosphate がある。第4図はその励起発光特性であるが、けい光物質を改良すれば更に明るいものも出来るであろう。

第4図 Strontium Zinc Phosphate の励起発光特性

1.3 外管を着色した高圧水銀ランプ

外管に適当な着色をすると、一部のスペクトル分布を遮断するので、光色を変えることが出来る。

天然色あるいはデラックスけい光高圧水銀ランプと呼ばれるものは、けい光高圧水銀ランプの外管に第5図の

第5図 天然色あるいはデラックスけい光高圧水銀ランプ用外管ガラスの分光透過率

ような分光透過率をもつ硝子を使用している。⁶⁾ これにより余分の黄色の水銀スペクトルが適当に遮断されるので光色が更によくなる。

黄あるいはゴールドけい光高圧水銀ランプと呼ばれる

ものは、前述の銀白

あるいはシルバーホ

ワイトけい光高圧水

銀ランプの外管を第

6図に示すような着

色硝子に変えたもの

で、ナトリウムラン

プ類似のさえた黄色

の光をだすようにな

る。

第6図 黄またはゴールドけい光高圧水銀ランプ用外管ガラスの分光透過率

1.4 反射形高圧水銀ランプ、反射形けい光高圧水銀ランプ

第7図は反射形高圧水銀ランプの外形図である。外管

は光束が一方に集中するような形状になっていて、反射面には普通アルミニウムが蒸着されている。

第7図 各種反射形高圧水銀ランプの外管形状

反射面は、反射面の寸法と発光管の位置を適当に設定することにより、配光を適当に調節出来る。

反射形けい光高圧水銀ランプはアルミ反射面上に更にけい光物質を塗布したもので、光色が改善される。また反射面にけい光物質のみを使用したものも発表されている。

これに適当な反射笠を併用すると下方光度が大きくなる。

2. 定 格

第2表は高圧水銀ランプの日本工業規格 (JIS)⁷⁾ 仕様である。この規格はランプの種類の増加とともに互換性を確保することを主目的として制定されたもので、

第2表(a) 高圧水銀ランプの日本標準規格 (JIS)

形 式	大 小	外 径	長 さ	光 中 心	ロ 金
W	mm	mm	mm	距離	ネジ部
				mm	
H 250	250	105以下	260以下	160	E39
H F 250	250	105以下	260以下	160	E39
(H 300 S)	270	125以下	290以下	170	E39
(H F 300 S)	270	125以下	290以下	170	E39
H 300	300	125以下	335以下	185	E39
H F 300	300	125以下	335以下	185	E39
H R 300	300	205以下	350以下	—	E39
H R F 300	300	205以下	350以下	—	E39
H 400	400	140以下	335以下	185	E39
H F 400	400	140以下	335以下	185	E39
H R 400	400	205以下	350以下	—	E39
H R F 400	400	205以下	350以下	—	E39
H 700	700	155以下	380以下	240	E39
H F 700	700	155以下	380以下	240	E39
H 1000 A	1000	195以下	415以下	245	E39
H F 1000 A	1000	195以下	415以下	245	E39
H 1000 B	1000	195以下	415以下	245	E39
H F 1000 B	1000	195以下	415以下	245	E39

備考 1. 形式に使う記号および数値は、つぎの意味を表わす。

- H : 高圧水銀ランプ
HのつぎのR : 外管が反射形のもの
HまたはRのつぎのF : けい光物質塗着のもの
数 値 : 大きさ
数値のつぎのS : 形式の数値がランプの大きさと異なるもの
末尾のAおよびB : ランプ消費ワットの標準値が同じで定格電圧の異なるもの

2. この表のうちカッコをつけたものは、当分の間存置するものとする。
3. 光中心距離とは、11金の先端から発光管内の主電極間の中央までの距離をいう。

第2表(b) 高圧水銀ランプの日本標準規格 (JIS)

形 式	定 格	大 小	最 小	ラ ン	ラ ン	始 動	再 始 動
	電 圧	W	始 動	電 圧	電 流	時 間	時 間
	V		V	V	A	分	分
H 250	200	250	180	120~140	2.1 ± 0.3	8 以下	10 以下
H F 250	200	250	180	120~140	2.1 ± 0.3	8 以下	10 以下
(H 300 S)	200	270	180	100~125	2.65 ± 0.35	8 以下	10 以下
(H F 300 S)	200	270	180	100~125	2.65 ± 0.35	8 以下	10 以下
H 300	200	300	180	120~140	2.5 ± 0.35	8 以下	10 以下
H F 300	200	300	180	120~140	2.5 ± 0.35	8 以下	10 以下
H R 300	200	300	180	120~140	2.5 ± 0.35	8 以下	10 以下
H R F 300	200	300	180	120~140	2.5 ± 0.35	8 以下	10 以下
H 400	200	400	180	120~140	3.3 ± 0.4	8 以下	10 以下
H F 400	200	400	180	120~140	3.3 ± 0.4	8 以下	10 以下
H R 400	200	400	180	120~140	3.3 ± 0.4	8 以下	10 以下
H R F 400	200	400	180	120~140	3.3 ± 0.4	8 以下	10 以下
H 700	200	700	180	120~140	5.9 ± 0.7	8 以下	10 以下
H F 700	200	700	180	120~140	5.9 ± 0.7	8 以下	10 以下
H 1000 A	200	1000	180	120~140	8.3 ± 1.0	8 以下	10 以下
H F 1000 A	200	1000	180	120~140	8.3 ± 1.0	8 以下	10 以下
H 1000 B	460	1000	400	245~285	4.0 ± 0.4	8 以下	10 以下
H F 1000 B	460	1000	400	245~285	4.0 ± 0.4	8 以下	10 以下

第3表 各種高圧 (けい光高圧) 水銀ランプの
初光束定格 (メーカ発表値)

大 小	高 圧	けい光高圧	けい光高圧	けい光高圧	けい光高圧
(W)	水銀ランプ	水銀ランプ	水銀ランプ	水銀ランプ	水銀ランプ
			(銀白シルバー)	(天 然 色)	(ゴールド)
100	3300~3500	3000~3300	3600~3700	2500~2600	
200	7700~8000	7000~8000	8800	6100~6400	
250	10500~11000	9800~11000	11500~12000	7600~8400	8300
270	12300~13000	11000~12000	14000		
300	12000~14500	12000~14000	14800~16000	10200~10800	
400	19000~21000	17000~21000	22000~23000	14000~15000	15600~16000
700	31000~37000	31000~37000	39000~41000	25600~30000	
1000	50000~55500	48000~55000	57800~60500	38800~44000	

光束、寿命、配光などは照明設計上最も重要な特性ではあるが、測定方法が確立しておらず、また寿命はきわめて長く実用試験が困難なため制定されていない。

第4表 反射形高圧水銀ランプの定格代表例

形 式	ラ ン	全 長	管 径	ラ ン	ラ ン	全 光 束	中 心	ビ ー ム	ビ ー ム	口 金
	電 力	mm	mm	電 流	電 圧	lm	光 度	束 径	束 径	
	W			A	V		cd	mm	mm	
反射形	H R 100-N	100	198	120	0.9	130				E26
	H R 100-M	100	180	120	1.0	115	3070			E26
	H R 300-N	300	292	200	2.5	130	80000	3500	30 A	E39
	H R 300-M	300	292	180	2.5	130	9600	4800	70 B	E39
高 圧	H R 300-W	300	292	165	2.5	130	9600	7900	130 B	E39
	H R 400-N	400	292	200	3.3	130	100000	5500	30 A	E39
水 銀	H R 400-M	400	292	180	3.3	130	13300	6800	70 B	E39
	H R 400-W	400	292	165	3.3	130	13300	11000	130 B	E39
ラ ン	H R 700-N	700	420	290	5.9	130	28000			E39
	H R 1000 A N	1000	420	290	8.3	130	41000			E39
反射形	H R F 100	100	178	127	0.9	130	2500	2200	130 B	E26
けい光	H R F 300	300	292	180	2.5	130	8000	6600	130 B	E39
高 圧	H R F 400	400	292	180	3.3	130	11000	9100	130 B	E39
水 銀	H R F 700	700	420	290	5.9	130	25000			E39
ラ ン	H R F 1000 A	1000	420	290	8.3	130	37000			E39

- 注 1. 形式の末尾の符号は下記の意味を表わす
N : 狭角 M : 中間角 W : 広角
2. A は中心光度の1/10になる角度を示す
B は中心光度の1/2になる角度を示す

第3表は現在国内で発表されている高圧水銀ランプの
初光束定格値の概略を示す。第4表は反射形高圧水銀ラ
ンプの発表値の一例である。

3. 特 性

3.1 起動および再起動

第8図は最も簡単な高圧水銀ランプの点灯回路例であ

第8図 チョークコイルを用いた高圧水銀
ランプの点灯回路

る。電源スイッチを入れるとまず主電極 A と補助電極 C との間に放電がおこり、瞬間的に主電極 A B 間の放電に移行する。点灯直後は発光管の水銀蒸気圧が低いのでランプ電圧は低い、時間の経過と共に水銀が蒸発しランプ電圧が上がり電流は減少する、明るさも次第に明るくなる。水銀が全部蒸発したところで安定状態に入る、放電開始してから安定するまでの時間を起動時間 (また始動時間) といい、JIS では 8 分以下と規定されている。第9図はこの状態を示す一例である。

高圧水銀ランプは一たん消灯すると直ぐには再点灯出来ない。その理由は、消灯直後は発光管内の水銀蒸気圧が高く、放電開始に必要な電圧の方が電源あるいは印加電圧を上回るためである。時間がたつと水銀蒸気圧が下るので放電開始出来るようになる。安定状態で点灯しているランプを消灯してから再点灯するまでの時間を再起動

時間といい、JIS では10分以下と規定されている。

3.2 電圧変動特性

電源電圧が変動した場合にランプの受ける影響は当然

第 9 図 400ワット高圧水銀ランプの点灯初期特性（チョークコイル安定器）

る。電源電圧が上ると明るくなるが、入力が増加するので寿命は加速的に短くなる。電源電圧が下った場合には逆に暗くなるが、寿命に対する影響は上った場合ほど甚だしくはない。

しかし電圧降下かはなはだしい時には立ち消えをおこす。すなわち、放電開始直後にはランプ電圧が低いので定格電源電圧の60~70%程度の低電圧においても放電を持続するが、時間と共にランプ電圧は上昇するので放

使用安定器の種類によって異なる。第10図はその状態を示すもので、この中では定電力形が一番影を与えない。

最も普及している遅相形（チョークコイル漏洩変圧器）安定器では、電源電圧1%の変動に対してランプ電流、ランプ電力は約2%、全光束は約3%変動す

(a) 遅相形安定器の場合

(b) 進相形安定器の場合

(c) 定電力形安定器の場合

第 10 図 400ワット高圧水銀ランプの電圧変動特性

第11図 立ち消えをおこす電源電圧低下とぞの持続時間の関係

第12図 発光管の管軸に垂直な方向の輝き分布

A 400ワット高圧水銀ランプ B 250ワット高圧水銀ランプ

第12図 発光管の管軸に垂直な方向の輝き分布

第12図は弧光柱の管軸に垂直な方向の輝き分布の一例で、この状態を示している。¹⁰⁾ ランプを水平に点灯すると弧光柱上方に湾曲し、特性も第5表に示すように若干変化し、光束は数%減少する。¹⁰⁾ その理由は管壁への熱損失が増加するからである。

発光管が石英製のものは、一般にどの方向に点灯しても熱的に充分これに耐えるように設計されているが、硝子製のものは水平に点灯すると管壁の上側が過熱されて短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

第 5 表 点灯方向による 400 ワット高圧水銀ランプの特性変化（ランプ 6 本の平均）

	電 圧 (V)		ランプ電流 (A)	ランプ電力 (W)	全光束 (lm)	ランプ効率 (lm/w)
	電 源	ラ ンプ				
鉛 直 点 灯	208.0	139.5	3.14	402	20850	51.8
	207.8	139.3	3.14	400	20750	51.9
	209.8	139.8	3.20	410	21200	51.7
水 平 点 灯	208.0	138.5	3.15	392	19350	49.4
	209.8	138.8	3.21	400	19850	49.7
	209.7	138.5	3.20	399	19800	49.6

3.4 フリッカー

高圧水銀ランプもけい光ランプと同様交流で点灯するとフリッカー（ストロボ）現象をおこす。けい光ランプではけい光物質の特性によりフリッカーの程度が異なるが、殺菌ランプのように全くけい光物質のない場合にはほとんど 100% のフリッカーをおこす。高圧水銀ランプ

(a) 400ワット高圧水銀ランプ (b) 400ワットけい光高圧水銀ランプ

第 13 図 高圧水銀ランプの光度波形

電維持不能となり突然消灯するに至る。この立ち消え現象は、工場などで大容量の負荷が瞬間に入り、電源電圧が突然低下する場合などにも発生する。電圧低下かはなはだしいほど、また低下期間が長いほど立ち消えを生じやすい。第11図はこの状態を示す。⁹⁾

3.3 点灯方向

高圧水銀ランプを鉛直に点灯すると、弧光は管の中心軸に集中して真すぐな柱状となる。第12図は弧光柱の管軸に垂直な方向の輝き分布の一例で、この状態を示している。¹⁰⁾ ランプを水平に点灯すると弧光柱上方に湾曲し、特性も第5表に示すように若干変化し、光束は数%減少する。¹⁰⁾ その理由は管壁への熱損失が増加するからである。

発光管が石英製のものは、一般にどの方向に点灯しても熱的に充分これに耐えるように設計されているが、硝子製のものは水平に点灯すると管壁の上側が過熱されて短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

短寿命の原因になる。

うに思はれるが、実際には第13図に示すように昼光色けい光ランプと大差がない程度である。その理由は、ランプ電流が零の瞬間においても水銀蒸気の温度は依然として高いため、水銀原子の熱励起が続いているからである。けい光高圧水銀ランプにはけい光物質が塗布してあるが、全光束に対して占める割合が小さいので、フリッカー改善には寄与していない。

3.5 配光

第14図は高圧水銀ランプおよびけい光高圧水銀ランプの配光曲線例である。これ等のランプは普通灯器と組合せて使用するので、実際の用には立たないが、参考のため上げておく。第15図は各種反射形高圧水銀ランプの配光曲線例である。ビームの開きの広いもの、狭いものおよびその中間の三種類がある。しかし反射形けい光高圧水銀ランプでは、反射面がけい光物質で拡散性となるため広角しか出来ない。

第14図(a) 400ワット高圧水銀ランプの配光曲線(鉛直口金上)

第14図(b) 400ワットけい光高圧水銀ランプの配光曲線(鉛直口金上)

第15図 各種反射形高圧水銀ランプの配光曲線例

3.6 分光エネルギー分布

第16図は各種ランプの分光エネルギー分布である。高圧水銀ランプでは水銀放電特有のスペクトル線(4047Å, 4358Å, 5461Å, 5770~91Å)のみが強くあらわれている。一般に水銀蒸気圧が高くなると第17図に示すように長波長側が強くなるが、普通使われる2~8気圧程度においては光色に大差はない。⁹⁾ けい光高圧水銀ランプではその他にけい光物質固有の連続スペクトルが加はる。また外管に特殊な着色を施したもので、特定部分のスペクトルが遮断されるので、特異の分光エネルギー分布になる。

第16図 各種高圧水銀ランプの分光エネルギー分布

周囲温度が低下すると水銀蒸気圧が下るのでけい光ランプと同様放電開始電圧が上昇する。したがって温度が極く低い所では二次電圧の高い寒冷地兼用安定器の使用が望ましい。しかし放電を開始さえすれば発光管の温度は非常に高くなるので、安定時の特性は周囲温度の影響あまり受けない。

3.8 管壁温度

第18図は高圧水銀ランプの管壁温度を測定した一例で

第17図 水銀蒸気圧と光色変化の関係

こし不点となる。また点灯中外管に漏水、雨水などがあつた場合にも同様クラックを生ずる。

3.9 寿命

水銀ランプの特長の一つは寿命が長いことである。普通 100 W 程度の小さいもので 3000~4000 時間、大きなものでは 6000 時間程度の平均寿命を有する。しかし前述のように電源電圧が変動した場合、特に高過ぎる場合には寿命の減少が大きいので注意を要する。一般に定格電圧の $\pm 5\%$ 程度以内で使用することが望ましい。電源電圧変動のはなはだしいところは定電力形安定器を使うとよい。

また高圧水銀ランプは冷陰極起動をさせるので、起動時の陰極物質の消耗度が大きい。その上起動直後は水銀蒸気圧が低くランプ電流が多いのでやはり消耗が大きい。したがってあまり頻繁な点滅は寿命および光度維持に悪影響がある。普通 1 回の点灯時間が 5~10 時間程度以上の連続点灯が望ましい。同時に起動電流があまり大きくなるような粗悪安定器は良品と交換する必要がある。

第19図はアメリカで多数のランプを点灯した場合の生存率曲線の例であるが、¹¹⁾ わが国ではまだこの種の発表

あるが、これを灯具内に納めて点灯すると更に上昇する。管壁温度が高過ぎると長時間点灯中に外管が変形またはクラックすることがある。許容温度は外管の材質により異なるが、普通 400°C 前後である。クラックしても更に数百時間は点灯を継続するが、浸入する空気のために発光管封止部のモリブデン箔が次第に酸化し遂には切断、クラックなどをおこ

(C) 水平点灯

第18図 400ワット高圧水銀ランプの管壁温度分布 (周囲温度27°C)

第19図 生存率曲線の例

第20図 高圧水銀ランプの働程曲線

第21図 発光管の管壁負荷と働程の一例

第22図 6000時間点灯した場合の平均光束と波高率の関係(400ワット、鉛直点灯)

- lum. Eng. 52.7(1957)363~369
 (10) E. B. Noel : T. I. E. S. 43.9(1948)1044~1060
 (11) W. S. Till, M. E. Haskins Jr : Illum. Eng. 51.3(1956)227~290
 (12) 町田, 河喜多, 広田, 望月 : 日立評論 41.7(昭和34) 57~62
 (13) E. C. Marrt, R. J. Smith : Illum. Eng. 53.12 (1958) 630~640

はなされていない。

働程は管種により異なるが、メーカーの発表から推定するとその平均は概略第20図の範囲内に入っているものと思われる。しかし働程も点灯寿命同様使用条件によって影響を受けるのは当然である。

第21図は発光管の管壁負荷と働程の関係を示すものであるが、¹²⁾ 電源電圧が上れば負荷も増加するから働程は当然悪くなる。また安定器などが不適当でランプ電流の波高率が高い場合にも光束低下が大きくなる。第22図はこれを示している。¹³⁾

文献

- (1) 東, 森, 杉山 : 照学誌 41.2 (昭和32)57~62
- (2) 立原, 秦, 栗津 : 三菱電機 32.9 (昭和33)21~23
- (3) 大須賀 : 東芝レビュー 10.12 (昭和30)1087~1092
- (4) J. B. Thomas, K. H. Butler, J. M. Harris : Illum. Eng. 52.5 (1957) 279~287
- (5) 野村, 谷林, 井上 : 東芝レビュー 12.10 (昭和32) 1143~1145
- (6) W. S. Till : Illum. Eng. 53.5 (1958) 224~234
- (7) : 日本工業規格 JI SC 7604-1958
- (8) E. B. Noel, E. C. Marrt : Illum. Eng. 51.7 (1956) 513~531
- (9) J. M. Harris : Illum. Eng. 52.7(1957)363~369