最近の光源

東京芝浦電気株式会社 早 尾 卓
橋 本 恒 一

最近の照明界の進歩に伴い、光源の工業的・技術的発達とともに、新光源としてハロゲン電球、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプの概要、その他、白熱電球、蛍光ランプ、放電灯の改良状況について述べた。

1. 最近の光源の動向

1.1 電球類の工業的發展¹⁾

最近の照明は、産業の成長とともに、技術的にも工業的にも着実な発展をとげている。すなわち、都市および住宅の開発、道路の拡張整備、各種工業の発達に伴い、照明用光源としての電球類産業の成長も着実な伸びを示している。

たとえば、世界的な電球類生産国といわれる国々について、1961年～1966年の電球類総生産額についてみると、表1に示すとおりであり、各国の最近5カ年間に占める伸びは、年平均8%程度となっている。

表1 主要各国の電球類総生産金額 (単位: 億円)

年次	1961	1962	1963	1964	1965	1966
国別						
アメリカ	1,786	1,890	1,983	2,100	2,297	2,550
西ドイツ	340	350	370	410	460	470
日本	263	288	306	347	385	432
イギリス	251	254	274	305	327	334
フランス	244	272	285	306	322	
オランダ	120	140	155	175	192	195

とくに、わが国の電球類の生産額は、米国、西独について第3位の地位を占め、その伸長率もオランダとともにトップにランクされており、近い将来、生産面で西独を追い越すことも予想されている。1960年以降、わが国における電球類の品種構成別の生産推移を表2に示す。同表からわかるように、わが国の生産の急速な伸長は、主として蛍光ランプの普及が大きい役割を果たしており全生産額の33%を占め、米国の24%を大幅に上回っている。

一般照明用電球では、わが国の生産高は横ばい傾向で

表2 わが国の電球類品種別生産高 (単位: 百万円)

年次	1961	1962	1963	1964	1965	1966
品 種						
一般照明用電球	4,922	4,526	4,281	4,518	4,310	4,458
自動車用電球	2,944	3,137	4,108	4,351	5,592	6,473
クリスマスツリー用電球	2,720	2,660	2,630	2,280	3,227	5,200
その他の白熱電球	2,670	3,154	3,349	3,741	4,024	4,655
写真用閃光電球	704	744	1,153	910	1,130	1,336
赤外線電球	304	342	743	778	778	1,542
蛍光ランプ	8,953	10,646	10,692	13,220	14,390	14,117
水銀ランプ	1,836	2,105	2,174	2,782	2,443	2,634
その他の放電ランプ	1,324	1,458	1,696	2,175	2,571	2,557
合 計	26,382	28,772	30,556	34,735	38,465	43,172

あるが、自動車用電球の伸びは米国を大幅に上回り、わが国のモータリゼーションを反映し、当分この増勢は続くと考えられる。このほか、クリスマス電球は、対米輸出に左右され、赤外線電球は「電気こたつ」の普及により急激に増加しているなど、国情を示している。

水銀ランプ、ナトリウムランプ類は、高速道路などの公共投資の増加に伴い順調な伸びを示しているが、今後とも増加が期待され、その比重はますます増大するものと思われる。

1.2 電球類の開発状況

一方、これら電球類を開発面からみると、品質的には効率、色度、演色性、寿命、その他の改善とともに、各種の新光源の開発が大いに進んだ。すなわち、白熱電球では、一般電球は量産製造技術の進歩と材料面の研究が進み、品質的にも改良され、少なくとも第二次世界大戦終戦時までは、光源の主流となっていた。戦後は後述のように石英材料の使用によるハロゲン電球の出現により小形化と効率の飛躍的向上が進んだ。

蛍光ランプは、戦後における光源の主役を果たし、効率の向上、演色性の改善、高出力化など多くの技術開発が進み、照明分野の進歩に大きな貢献をした。

水銀ランプは、白熱電球の約2.5倍の効率をもち、長

¹⁾ "Recent Development of Light Sources" by Takashi Hayao and Tsunekazu Hashimoto (Tokyo Shibaura Electric, Co., Ltd., Kawasaki)

寿命であることが、屋外照明用光源として独自の地位を築いたが、最近光色の赤成分を補った蛍光水銀ランプで、稀土類蛍光体を用いたものが開発され、光色、効率ともに向上した。また最近、新光源として、金属ハロゲン化物を添加して水銀ランプの効率や演色性を大幅に改良した、メタルハライドランプが開発され、後述のように従来の水銀ランプのイメージを変えるにたるものとして実用化が進みつつある。

一方、これとともに 1965 年には、高圧ナトリウムランプが米国で開発され、光色は白熱電球に近いが、白色光源として初めて 100 lm/W を越えた最高効率の新光源が出現した。このほか、放電灯としては、キセノンランプ、ナトリウムランプなどの特性改善がみられた。

その他、写真用、自動車用、複写用、赤外線、紫外線などの各種光源の開発と、新規灯具の組合せにより、光源の応用分野はますます拡大している。

以上、各種光源の動向について述べたが、図 1²⁾ に光源の効率向上の足跡を示す。図からわかるように、最近の効率面からみた光源開発の主流は、メタルハライドランプや高圧ナトリウムランプのような高圧放電灯の時代を迎えようとしている。また、図 2¹⁾ に実用光源として各光源の容量と効率の関係を示す。これら各光源は、応用面よりみて、効率、寿命、演色性などの各要素にもとづき適切な選択をすべきであるが、図 3 は各光源の平均的な評価を各要素ごとに比較したものである。

図 1 主要光源の効率向上の足跡

図 2 実用光源の容量と最高効率

光 源	効率 (lm/W)	寿 命 (時間)	演色性 (Ra)	輝度 (log cd/cm ²)	出 力 (W)
	0 50 100	0 5000 10000	0 50 100	0 1 2 3 4 5	500 1k 5k 10k
一 般 電 球	10	1000	20	1	100
ハロゲン電球	20	2000	90	2	100
水 銀 ランプ	40	10000	80	3	100
蛍光水銀ランプ	60	10000	90	3	100
メタルハライドランプ(A)	80	10000	90	3	100
〃 〃 (B)	80	10000	90	3	100
蛍光ランプ(白色)	70	10000	90	3	100
ナトリウムランプ	100	10000	20	3	100
高圧ナトリウムランプ	100	10000	20	3	100
キセノンランプ	100	10000	90	3	100

図 3 各種光源の特性比較

以下、これら最近の新光源および主要光源の特性、開発状況について述べることにする。

2. ハロゲン電球³⁾⁴⁾

2.1 原理、構造

一般の白熱電球では、効率と寿命とは相反関係にありフィラメントの温度を上げると効率は高くなるが、タングステンの蒸発が盛んになり、寿命は急速に短くなる。ハロゲン電球は、適量のハロゲン類を適当な温度条件のもとに封入することにより、蒸発したタングステンをもう一度フィラメントに戻す役目をさせたもので、1959年米国 GE の Zubler と Mosby⁵⁾ によって実用化に成功したものである。このような循環物質としては、当初沃素が用いられたが、最近臭化沃素、臭素、ハロゲン化炭化水素など、ハロゲン物質による循環作用が活用されようとしており、その一部はすでに実用化の域に達している⁶⁾⁻⁸⁾。

ランプ内で連鎖的に行なわれている化学反応は、図 4 に示すように、フィラメントから蒸発したタングステンは、比較的低温の低いバルブ壁付近でハロゲン化物となり、しかも、このようにしてできたハロゲン化物は、点灯状態でガス状のため、フィラメントに向かって拡散しこれが高温のフィラメントにふれ、タングステンと元のハロゲンとに再び固定される。

このように、ハロゲンが仲介してタングステンを循環するハロゲンサイクル（たとえば、沃素サイクル）によって高効率で寿命末期までバルブに黒化がなく、光束低

図 4 沃素電球の構造と沃素サイクル

表3 沃素電球の定格例

品 種	電 圧 (V)	電 力 (W)	バルブ	口 金	全 長 (mm)	光 束 (lm)	色温度 (°K)	設計寿命 (h)	用 途
J100V500W	100	500	T10	RSC	118	10,500	2,950	2,000	投光器用
J200V1000W	200	1,000	T10	RSC	208	21,000	2,950	2,000	"
J200V1500W	200	1,500	T10	RSC	248	33,000	3,000	2,000	"
JPD100V600W	100	600	T14	RSC	78	18,000	3,300	30	8ミリ, 写真, スタジオ用
JP100V500WA	100	500	T10	RSC	106	13,000	3,200	100	"
JP100V500WF	95	500	T11	RSC	119	11,000	3,100	300	写真, スタジオ用
JP100V750W	95	750	T11	RSC	119	18,000	3,100	300	"
JP100V1000WI	100	1,000	T12	RSC	140	30,000	3,200	100	"
JPD100V800W	100	800	T14	RSC	92	17,500	3,050	500	スタジオ用
JF6.6A45W		45	T8	さし込形	58.4	630		1,000	飛行場用
JFD6.6A200W		200	T13	RSC	63.5	4,600		500	"
JC12V50W	12	50	T10	2pin	42			50	映写用
JC12V100W	12	100	T11	2pin	44			50	"
JC24V150W	24	150	T12	2pin	44			50	"

下のないようにしたのがハロゲン電球である。沃素電球の場合、沃素サイクルが円滑に行なわれるためには、バルブ温度は250°C以上必要で、図4のように石英チューブを用い、400°C以上に設計されており、小形で高出力の構造となっている。

2.2 特 性

表3⁹⁾は、各種沃素電球の定格例を示すもので、数十Wから数kWの大形のランプまで実用化されている。また写真1¹⁰⁾はスタジオ用に用いられている沃素電球の外観を示す。ハロゲン電球の共通的な特徴は、普通の電球と比較すると、次のとおりである。

- (1) 点灯中の光束低下、色温度の変化がほとんどない。
- (2) フィラメント温度を高くできるので、高効率でその割に寿命が長い(20~30lm/W)。
- (3) 形状が小形軽量となり、同一ワットの一般電球の1/100~1/200程度の容積である。
- (4) 色温度が高くでき、色度が良い(2,950~3,300°K)。
- (5) 器具が小形となり、またその組合せで良好な配

光が得られる。

2.3 用 途

ハロゲン電球は、前述の特長を応用して、投光器用、スタジオ用をはじめ、小形映写機用、飛行場照明用、道路標識用として用いられており、最近では自動車前照灯用、複写機用など広範な応用面⁴⁾¹⁰⁾に実用に供されている。

3. メタルハライドランプ¹¹⁾

3.1 原理と構造

水銀ランプは、水銀ラインスペクトルのうち、404.7, 435.8, 546.1, 577.0~579.1nmの4本の可視部スペクトル線の発光を利用したもので、放射エネルギーの大部分が紫外線などの可視光以外に失われるため、効率、光色、演色性などの点で不充分である。

水銀放電管中に、金属あるいは金属ハロゲン化物を導入して、金属特有のスペクトル線を利用して、効率や色の改善を行なうという試みは、かなり古くから行なわれてきたが¹²⁾、前述のハロゲン電球の研究の刺激もあり、1962年ごろから実用化研究が活発に行なわれるようになった¹³⁾。

水銀ランプの発光管の中に、金属ハロゲン化物(たとえば、沃化物)を添加すると、水銀アーク中心部の高温(5,000~6,000°K)により、金属と沃素に分解し、金属は励起発光する。しかし、発光管の管壁付近では温度が低いため、金属原子は再度沃素と結合して沃化金属にもどる。この循環作用があるため、石英発光管を侵すような金属、たとえばナトリウム金属でも、これを沃化物として封入することが可能となる。沃化物の蒸気圧は、発光管の最低温度によって規制されるが、通常金属自体より蒸気圧が高く、これが沃化物のもうひとつの特徴となっている。

写真1 スタジオ用
沃素電球

図5は、種々の金属とその沃化物の蒸気圧曲線を示すものである。また、高温アーク中では、ナトリウムのD線 (2.09 eV)、タリウムの緑線 (3.27 eV) などの原子密度は、それぞれ水銀の4本の可視線 (7.73 および 8.83 eV) よりも充分高いので、添加物質の発光にも有利な条件となっている。

メタルハライドランプの構造は、写真2に示すように外観は水銀ランプとほとんど同じである。これらのうち主として効率向上を目的とするランプの封入物として、G. H. Reiling¹⁴⁾は効率の点で、沃化タリウム、沃化ナトリウム、光色改善の点で沃化インジウムを組合せたものが最も良いと結論し、現在実用化されているランプではこの組合せによるものが多い。このランプの効率は、75～80 lm/W で、光色は色温度約 5,000°K、演色性は、白色の蛍光ランプより若干劣る程度である^{15)~18)}。このほか、スカンジウム、トリウム、ナトリウム沃化物の組合せ¹⁹⁾²⁰⁾、あるいはランタン族 (ディスプロシウム) とタリウム沃化物の組合せ²¹⁾などがあり、効率は上記と同等で演色性は若干改善される。

図5 金属およびその沃化物の蒸気圧曲線

写真2 メタルハライドランプの外観(例)

図6 各種メタルハライドランプの分光エネルギー分布

図7 高演色性メタルハライドランプの分光エネルギー分布

一方、高演色性を目的としたものに、これらとは別に沃化錫を添加することにより、可視域での連続スペクトルが 80% 以上を占め、かつ図7に示すように、紫外部から赤外部に至るまで自然昼光にきわめて近似したランプが実用化されている²²⁾。効率は水銀ランプと同程度であるが、キセノンランプに匹敵するすぐれた演色性を示し、光のちらつきも少ないことを特徴としている。

図6、図7は、以上述べた各種のメタルハライドランプの分光エネルギー分布を示したものである。

3.2 特性

現在、市販されているランプは、400W が主体であるが、最近 175, 250, 1,000, 2,000W など開発されている。表4に、各種 400W ランプの特性を示す。

表 4 400W メタルハライドランプの特性

添 加 物	電 気 特 性		全 光 束 (lm)	効 率 (lm/W)	色 温 度 (°K)	平均演色 評価数 Ra	寿 命 (h)
	ランプ電圧 (V)	ランプ電流 (A)					
THI	130~160	3.3~2.7	30,000~32,000	75~80	—	—	6,000~7,000
NaI	—	—	28,000	70	—	—	—
THI-NaI-InI ₃	120~135	3.7~3.2	垂直 30,000~33,000	75~83	5,400~5,500	60~65	6,000~7,500
			水平 27,500~30,000	69~75			
ScI ₃ -Th-NaI	130	3.4	垂直 32,000	80	5,000~5,500	79~80	6,000~7,500
			水平 30,000	75			
DyI ₃ -THI-InI ₃	—	—	垂直 30,000	75	5,200	80~88	—
			水平 26,200	66			
SnI ₂	130	3.45	20,000	50	5,000	92	6,000

一般的に、メタルハライドランプの電気特性は、一般の水銀ランプと大差はないが、添加物の種類と蒸気圧によって、ランプ電圧への影響が異なるので、設計上、封入水銀量と発光管の寸法、保温に注意が払われている。

メタルハライドランプは、一般の水銀ランプに比し次のような問題点をもっている。すなわち、電極にはハロゲンに侵される酸化バリウム系統のエミッターが使えないので、金属トリウムまたは酸化トリウムなどのエミッターを用いるため、放電開始電圧が高くなり、点灯回路には二次無負荷電圧の高い安定器、あるいはパルスまたは高周波による始動回路などが用いられ、一般の水銀ランプ用安定器との互換性がない。

また、ランプの点灯方向による光色と効率の変化が大きいので、点灯方向を指定したランプがある。寿命は、現在市販されているランプでは 6,000~7,500 時間でその光束働率は定格寿命時間で 50~80% で、水銀ランプに比し改良の余地がある。

3.3 用 途

メタルハライドランプの用途は、従来の水銀ランプの場合より広く、高効率形ランプでは道路、広場などの屋外照明のほか、工場、体育館、銀行などの屋内照明および、その高照度照明に、また、高演色性形ランプは演色性をとくに要求される工場、展示場、デパート、銀行、ホール体育館などの屋内照明のほか、分光エネルギー分布が自然光に近似していることから、植物、生物研究の人工照明光源にも使用されている。

今後、品種の拡充、品質の向上とともに、その応用分野の拡大が期待されている。

4. 高圧ナトリウムランプ²³⁾²⁴⁾

4.1 原理と構造

従来、ナトリウム金属の蒸気中の放電を利用した光源としては、ナトリウム金属の D 線（波長 589 nm）の黄色の単色発光する低圧ナトリウムランプがある。発光効率は、最近開発された高効率形²⁵⁾では 150 lm/W に達するものがあるが、発光色が特異な黄色のため用途が限定され、一般照明用の白色光源とはいえない。

この低圧ナトリウムランプは、ナトリウム金属の蒸気圧が約 4×10^{-3} mmHg（管壁温度で 270°C）で使用されているが、これより蒸気圧を高くしてゆくと、自己吸収のためむしろ発光効率は低下するが、さらに蒸気圧を高くすると発光効率は再び上昇し、約 100~200 mmHg（管壁温度 500~800°C）で極大値を示す。また、蒸気圧が上昇するにつれて、発光スペクトルは全波長に広がる連続スペクトルとなり、発光色も色温度 2,000~2,200°K の黄白色となる。この原理を応用して、1965年米国 GE から、耐熱性が高く、アルカリ金属に侵されない透光性アルミナ磁器チューブ²⁶⁾の発光管を用い、ルカロックスランプという商品名で初めて商品化された。

高圧ナトリウムランプの分光エネルギー分布は、図 8 に示すように、ちょうどナトリウムの D 線部分が吸収スペクトルとなり、その両側に連続スペクトルが広がった形になっている。

ランプの構造は写真 3 に示す外観のとおりであるが、その発光管の構造は、図 9 に示すように、上述の気密性のある透光性磁器チューブの両端に、ニオブウム金属のキャップまたはチューブと同質の磁器キャップを、セラミックセメントで封着したもので²⁷⁾²⁸⁾、これらのキャップにニオブウムの排気管が接合され、その先端部に電極が保持されている。管内には過剰の金属ナトリウムが水銀アマルガムの状態で、また始動補助用としてセソノ

* 一般に光源は点灯中に明るさが低下してゆくが、光源の明るさ、すなわち、光束の維持を示す特性である。JIS では、寿命の定義として一般照明用電球の光束働率は 500 時間で 90% 以上、蛍光ランプでは定格寿命で初特性（100 時間値）の明るさの 70% 以上と規定されている。

図 8 高圧ナトリウムランプの分光エネルギー分布

図 9 高圧ナトリウムランプの構造

写真 3 高圧ナトリウムランプの外観

ンガスが封入されている。

ランプ動作時の発光管中央部の温度は、約 $1,200^{\circ}\text{C}$ であるが、ナトリウムの蒸気圧をコントロールする低温部は $600\sim 800^{\circ}\text{C}$ になるように設計されている。また、発光管は、熱的保護のため高真空の外管内にマウントされている。

4.2 特性

ランプの品種として、米国 GE は表 5 に示すような特性値の、 $125\sim 1,000\text{W}$ のものを発表している²⁹⁾。この表に示すように、 400W ランプでは 105lm/W の高効率を示し、水銀ランプの約 2 倍の明るさをもっている。発光色は前述のように、色温度は $2,200^{\circ}\text{K}$ と低く黄白色で、演色評価数*は水銀ランプと同程度である。

高圧ナトリウムランプの場合、水銀ランプと異なり過剰のナトリウムアマルガムを封入しているので、電源電圧変動による入力の変動が大きく、したがって光束、光色もかなり変化する傾向がある³⁰⁾。また、始動電圧が約

表 5 高圧ナトリウムランプの特性値

ランプ電力 (W)	ランプ電圧 (V)	ランプ電流 (A)	全 光 束 (lm)	電極間距離 l (mm)
125	31	4.7	7,600	25
200	50	4.7	17,000	37
400	100	4.7	42,000	70
700	175	4.7	76,000	128
1,000	250	4.7	111,000	186

$2,000\text{V}$ とかなり高いので、 $2,000\text{V}$ 以上の波高値をもつパルス形の始動補助を安定器に付したものが用いられる。したがって、高圧ナトリウムランプの再始動時間は、 $30\text{sec}\sim 2\text{min}$ で、水銀ランプと比較すると短い。

寿命は、現在 $6,000$ 時間であるが、実質的にはこれよりも長く、光束効率も $6,000$ 時間で 85% と発表されており、メタルハライドランプに比し効率特性がすぐれているのが特長である。

4.3 用途

高圧ナトリウムランプは、開発後日時も浅く、高価なうえに光色もいわゆる黄白色で、演色性にも若干問題があるため、現在あまり本格的な普及に至っていない。しかし、高効率であるとともに光束効率が良いので、将来品質の向上とあいまって、色度、演色性を重視しない工場、格納庫などの屋内照明、壁面、広場などの屋外照明などへの普及が期待される。

5. その他の光源³¹⁾

5.1 白熱電球⁴⁾

わが国における一般照明用電球の年間生産量は、ここ数年間平均約 $15,000$ 万個で漸増しており、他の光源に比し数量的には依然として電球の占める割合は大きい。白熱電球の技術的進歩の傾向としては、前述のハロゲン電球をはじめとし、器具との結びつきにより、それぞれの用途に適合した製品の開発がなされた。

(1) 小形電球

局所的な手元照明用の小形スタンドが考案され、 12V 15W 程度の自動車小形電球が用いられるほか、 100V 40W 程度の小形電球も作られている。

小形化の方法として、写真 4 に示すような無口金形の閃光電球と同様な構造の、ウェッジベース電球が作られ

* 光源の性質が、物体の色を実際にどう見せるかという性能を演色性といい、それを数値化したものが演色評価数である。この演色評価法は、1965年 CIE (国際照明委員会) で確立され、JIS Z-8726 でも制定されている。

演色数は、平均演色評価数と特殊演色評価数とで表われ、前者は比較的低彩度の 8 種類の試験色につき、理想的な基準光源と比較して平均の色ずれ量を計算し、減点法により 100 より差引いた値を R_a の記号で表わしたものである。後者は赤、黄、緑、青、肌色、木の葉、日本人の肌の 7 種類の日常生活に関係の深い試験色につき同様の色ずれ量を計算し、各試験色ごとに評価数を求めたもので、それぞれ R_9 , R_{10} , ……、 R_{15} の記号で表わす。

写真4 ウエッジベース電球の外観

るようになった。ガラス球の一端で導入線を封じ込めるように、ピン成形することにより、無口金の保持部の形状をなしたもので、構造上耐震強度を増すことができ、セメントを使用しないので使用温度・湿度の制約を受けない。とくに自動車計器板照明用電球、パイロット用に使用されている。

このほか、電子計算機の表示用として、小形無口金電球が多種実用化されている。寸法、精度、信頼性の高いことが要求される電球である。

(2) シールドビーム電球

内面にアルミ蒸着したガラス反射面と、前面プリズムレンズとを加熱溶着したシールドビーム電球は、耐震強度、耐候性が強いので、自動車前照灯のほかに、各種の車両用に用いられている。また、図10に示すように、反射面をコールドミラーで作り、熱をもたない可視光のみを前方へ出すコールドミラーランプも実用化され、室内スポーツ照明などに用いられている。

(3) その他の白熱電球

新形状ランプとして、一般電球よりバルブを大きくして、まぶしさの少ない低照度形電球、着色コーティングによる色電球、バルブ上部内面上部にアルミ蒸着反射面を施した間接照明用のシルバーボール電球も開発されている。また、数個の閃光電球とミラーを組合せ一体としたフラッシュチューブは、その簡便性と連写性から非常に普及を示している。

5.2 蛍光ランプ

わが国の蛍光ランプの年間生産量は、昭和42年に約9,000万本に達し、一般家庭での普及率も、使用灯数において白熱電球より多くなったといわれている。

図10 コールドミラーランプの構造

(1) 高効率化

蛍光ランプの高効率化は、従来主として蛍光体の改良を中心に行なわれてきたが、放電的な検討として数年前諸外国では、ネオン・アルゴン混合ガスの封入、電極構造などの改良、あるいはアルゴン封入圧力の引下げなどによる効率向上が試みられた。

わが国では、1963年、管径32mmの細管化により、ランプ入力を減少しない範囲で高効率化をはかり、これにガス圧と蛍光体との改良により、40W白色で当時2,800lmのものを、3,200lmと一挙に10%以上の効率向上が行なわれ³¹⁾³²⁾、その後の改良³⁴⁾により現在3,400lmにも達している。

このほか、光色と効率に関する理論的考察により、光色をやや視感度に合わせた明白色蛍光ランプは110Wの高出力形で、91lm/Wを得たが³⁵⁾、これに類するものとして緑白色蛍光ランプ³⁶⁾などの開発も行なわれた。

(2) 高出力化

ランプ1灯当りの光出力を増加する目的で、効率が大幅に低下しない範囲で、標準形の約2倍のランプ電流を流し、光出力を約1.5倍に増加した高出力形蛍光ランプは、長さ約2.4mの長尺物の110Wランプが最近かなりの普及をみている。

これに引続き、高出力形ランプの約2倍に相当する1.5Aのランプ電流を流し、高温による水銀蒸気圧上昇を規制して効率低下を防止するため、蛍光ランプの管端部にネックコンストリクトなどのcooling zoneを設けた、超高出力形蛍光ランプが開発されている³⁷⁾。

(3) 低雑音化

蛍光ランプから発生する高周波雑音は、ラジオ受信障害に少なからぬ影響を与えていたが、昭和40年、従来の蛍光ランプに比し20~30dB低い、低雑音蛍光ランプがわが国で開発された^{38)~40)}。このランプは、陰極コイル寸法を改良して、雑音発生原因そのものに検討を加えたもので、各地での実用現地実験でも、著しい改善効果を得た⁴¹⁾⁴²⁾。工業的にも量産に適するので、最近の市販蛍光ランプでは低雑音化が急速に進んでいる。

図11は、低雑音蛍光ランプの雑音強度の経時変化を従来ランプと比較したものである。

(4) 高演色性化

従来、蛍光ランプの演色性改善については、各種の品種が開発されていたが、1965年CIE(国際照明委員会)における国際演色性評価方法³⁴⁾³⁵⁾の確立を契機として、各国で高演色性蛍光ランプの開発が活発化した。わが国においても、日本印刷学会より製版、印刷における色評価用標準照明の条件として、平均演色評価数 R_a 95以上、色温度5,000°Kなどの推奨基準が示された結果⁴⁵⁾、

図 11 低雑音蛍光ランプの雑音の経時変化
(サークルライン 30W の例)

表 6 色評価用高演色性蛍光ランプの特性と演色性

ランプ形名		大きさ (W)	ランプ 長さ (mm)	管 径 (mm)	口 金	ランプ 電 流 (mA)	全光束 (lm)
FL20S・W-EDL-50K/NL		20	580	32	G13	0.360	820
FL40S・W-EDL-50K/NL		40	1,198	32	G13	0.415	2,200

色 度		平均演 色温度色評価 (°K) 数		特 殊 演 色 評 価 数							
x	y	R_a	赤 R_9	黄 R_{10}	緑 R_{11}	青 R_{12}	肌色 R_{13}	木の葉 R_{14}	日本人の肌色 R_{15}		
0.347	0.361	5,000	98	90	95	98	95	98	98	97	

表 6 に示すように $R_a=98$ で、光束もかなり明るい色評価用高演色性蛍光ランプが開発されるに至った⁴⁶⁾。

また、カラー写真撮影用として、デイトライトカラーリバーサルフィルムの分光感度を考慮した、カラー写真用蛍光ランプも開発された⁴⁷⁾。

カラーテレビスタジオ照明用⁴⁸⁾として、在来沃素投光器と併用できる温白色形超高出力蛍光ランプが用いられていたが、カラーテレビカメラの分光感度を考慮し、演色性を大幅に改善し、かつ明るさおよび光束効率も同時に改良したカラースタジオ照明用超高出力蛍光ランプが開発された⁴⁹⁾。

(5) 特殊用途の開発

蛍光ランプの一般照明用以外の用途としては、分光エネルギー分布を葉緑素の分光吸収曲線に近似せしめ、赤と青の領域に光出力をもたせた植物育成用蛍光ランプのほか、複写機用光源として近紫外線に分光感度を有するジアゾ用、および、緑色部に分光感度をもつ電子写真用の複写用蛍光ランプが開発されている。このほか、昆虫類の視感度に分光エネルギーを近似させた捕虫器用蛍光ランプなど、光化学、農林畜産関係への用途開発が活発に行なわれている³⁴⁾。

5.3 水銀ランプ

前述のメタルハライドランプをはじめとし、一般照明用水銀ランプも需要の増大とともに、大形化と光色改善による効率向上など、技術的進歩も着実に行なわれている。

すなわち、広場照明、投光照明の大形化に伴い、2kW を初めとし、10kW および 20kW (光束 120 万 lm)、

寿命 5,000 時間の大形水銀ランプが実用化されており⁵⁰⁾ 40kW ランプの技術発表も行なわれている⁵¹⁾。

演色改善用としての蛍光水銀ランプには、従来弗化ゲルマニウム酸マグネシウム蛍光体が用いられていたが、新しい蛍光体として、カラーブラウン管の赤色蛍光体としても使用された、ユーロピウム付活バナジウム酸イットリウムが用いられ⁵²⁾、赤色成分を増加するとともに、光束も 10~15% 向上した蛍光水銀ランプが開発されている。光色も従来黄緑色系統であったが、やや桃色味を帯びた白色に近づき、肌色がよく見えるように改善された。

また、超高圧水銀ランプでは、超小形点光源として、250W~2kW のものが開発され、顕微鏡の投光用光源やカラーブラウン管の蛍光体焼付塗布用、シャドウマスク焼付用光源として大量に使用されている。写真 5 は、焼付用超高圧水銀ランプの外観を示す。

このほか、光化学用光源として大電力水銀ランプの利用も盛んに行なわれている。

写真 5 超高圧水銀ランプ (1.2kW) の外観

5.4 その他の放電ランプ

(1) キセノンランプ

丸形のショートアークキセノンランプ⁵³⁾は、高輝度の点光源のうえ高演色性のため、2~5kW のランプが映画映写用光源としてカーボンアークに代り普及しつつあり、最近、ランプを水平に保持し、磁界でアークを安定化してミラー効率を向上した水平点灯方式のキセノンランプが実用に供されている。

このほか、宇宙開発のシュミレーター用光源のほか、標準白色光源としてキセノンランプが採用されている。

ロングアークキセノンランプでは、固体レーザー用などのほか、数 kW の印刷製版焼付用として、照明用では 20kW の大電力ランプ⁵⁴⁾が開発され、実用化されている。

(2) 低圧ナトリウムランプ

従来のナトリウムランプは、発光管と外管との間に、中管をかぶせることによって保温効果を上げた Integral 形といわれる構造で、80~110lm/W の効率を得ていたが、中管を除き、そのかわりに外管バルブ内面に酸化錫の赤外線反射膜を塗布し保温効果を向上させた、高効率形ナトリウムランプが開発され、効率は 120~140lm/W に向上し、従来の 50% の効率向上が行なわれている²⁴⁾⁵⁵⁾。

5.5 エレクトロルミネッセンス (EL)

EL ランプに関しては、種々の研究が行なわれたが⁵⁶⁾、

写真 6 計器文字盤用 EL
ランプの外観

実用的には自由な形状のものが作れる ホーロー製の EL が普及しており、明るさは 10~30 rlx 程度のため、主として表示灯や、自動車、車両などの計器文字盤への応用が行なわれている。写真 6 は車両用計器盤に応用された EL ランプを示す。

6. む す び

以上、最近の新光源および各種光源の改良状況について述べたが、照明分野の発展にはこれら光源の開発が必須の条件となることは言を待たない。すなわち、白熱電球では、ハロゲン電球を中心に大容量化と用途開発を重点に、ますます本格的普及が予想される。蛍光ランプは実用理想光源の実現のため、ますます効率向上の努力が続けられるとともに、面光源として平板形蛍光ランプの普及が予想される。

高圧放電ランプでは、当面メタルハライドランプと高圧ナトリウムランプの品種拡充と性能改善が進められ、両者の競合が今後興味ある問題として注目される。また新発光管材料の研究を主体に、これが光源応用の研究が予想される。このほか、各種放電ランプでは、それぞれの用途開発を中心とした製品開発が期待される。

とくに、わが国では 1970 年の万国博を契機として、これら光源開発が積極的に推進されており、その成果が期待されるところ大なるものがある。

(昭和 43 年 8 月 10 日受付)

〔参 考 文 献〕

1) 宮本：昭 43 年電気四学会連大予，S. 3-1

- 2) A.H. Olson: Trans. Ill. Eng., **32**, 1 (1967) 2
- 3) 山本：昭 43 年電気四学会連大予，S. 3-2
- 4) 早尾ほか：東芝レビュー，**21**, 9 (1966) 901
- 5) E.G. Zubler, et al: Ill. Eng., **54** (1959) 734
- 6) G.R. Tjampens, et al: Philips Tech. Rev., **27** (1966) 173
- 7) F.A. Mosby, et al: Ill. Eng., **62** (1967) 188
- 8) 行田ほか：東芝レビュー，**22** (1967) 1336
- 9) 早尾ほか：電気工事の友，**4** (1968) 228
- 10) 片瀬ほか：東芝レビュー，**20** (1965) 952
- 11) 野村：昭 43 年電気四学会連大予，S. 3-3
- 12) GB Patent, No. 14,121 (1900)
- 13) D. A. Larsen, et al: IES Conference Paper, No. 29 (1962)
- 14) G. H. Reiling: JOSA, **54**, 4 (1964) 532
- 15) 小西ほか：National Tech. Rep., **11**, 6 (1965) 420
- 16) 久保ほか：三菱電機技，**49**, 9 (1966) 1402
- 17) 三好ほか：岩崎電機技，**9** (1967) 42
- 18) 田中ほか：GS News, **26**, 1 (1967) 67
- 19) J.M. Harris, et al: IEEE, **12**, Pt. 4 (1964) 168
- 20) 伊藤ほか：新日本電気技，**2**, 1 (1967) 89
- 21) F. Rokosz, et al: IES Conference Paper, No. 19 (1967)
- 22) 野村ほか：東芝レビュー，**22**, 10 (1967) 1207-1212
- 23) 水野：昭 43 年電気四学会連大予，S. 3-2
- 24) 大槻ほか：東芝レビュー，**20**, 12 (1965) 1133-1135
- 25) 犬飼：National Tech. Rep., **12** (1966) 434
- 26) R.L. Coble: USP 3,026,201
- 27) W.C. Loudon: USP 3,088,201
- 28) W.C. Loudon: USP 3,243,635
- 29) W.C. Loudon: IES Conference Paper, No. 13 (1966)
- 30) W.C. Loudon: Ill. Eng., **60** (1965) 696
- 31) 小堀：昭 43 年電気四学会連大予，S. 3-5
- 32) 染谷ほか：昭 39 年電気四学会連大予，979
- 33) 橋本ほか：東芝レビュー，**18**, 10 (1963) 1116
- 34) 橋本ほか：東芝レビュー，**21**, 9 (1966) 909-914
- 35) 森ほか：昭 39 年電気四学会連大予，992
- 36) 小堀：昭学誌，**47**, 1 (1963) 25
- 37) 橋本ほか：東芝レビュー，**19**, 6 (1964) 694
- 38) 太田ほか：東芝レビュー，**20**, 4 (1965) 406
- 39) 亀ヶ谷ほか：昭 41 年電気四学会連大予，644
- 40) 亀ヶ谷ほか：昭学誌，**49**, 12 (1965) 688
- 41) 亀ヶ谷ほか：放送技術，**18**, 12 (1965) 814
- 42) 井上ほか：受信技術資料，No. 1 (1965) 14
- 43) CIE Publication No. 13, 1st ed. (1965)
- 44) 森ほか：東芝レビュー，**21**, 9 (1966) 885-888
- 45) 日本印刷学会：製版ならびに印刷における色評価用標準照明 (1965)
- 46) 花田ほか：東芝レビュー，**23**, 4 (1968) 513-517
- 47) 染谷ほか：昭 42 年電気四学会連大予，843
- 48) 田中ほか：東芝レビュー，**20**, 11 (1965) 1051
- 49) 染谷ほか：テレビ誌 (予定)
- 50) 佐藤ほか：東芝レビュー，**21**, 8 (1966) 832-839
- 51) 野村ほか：昭 41 年電気四学会連大予，647
- 52) W.G. Pracejus: Ill. Eng., **62**, 12 (1967) 663-673
- 53) 谷林ほか：東芝レビュー，**20**, 12 (1965) 1127
- 54) Lighting, **81**, 4 (1965) 70
- 55) R. Groth, et al: Philips Tech. Rev., **26**, 4/5/6 (1965) 105
- 56) 昭学誌，EL 特集号，**49**, 11 (1965)