蛍光ランプ (直管形, 環形)

Fluorescent Lamp (Tubular, Circular)

1944年生。1971年名古屋工業大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。現在、松下電子工業㈱蛍光灯事業部にて、蛍光ランプに関する新製品の開発に従事。

専門会員 奥野 郁弘
Ikuhiro Okuno

◀キーワード：蛍光ランプ, 直管形, 環形, 新製品, 特徴, 使い方

1. はじめに

直管形および環形蛍光ランプは、わが国での屋内照明用光源の主流であり、蛍光ランプの特徴である高効率、長寿命をいかに発揮できるタイプのランプである。

これらの蛍光ランプにおける技術に関する基本的流れは、希土類蛍光体、高周波点灯および細管径化の導入による省電力化すなわち高効率化、それに高出力化である。一方、細管径化はコンパクト化の効果を伴い、これに付随して省資源化と省スペース化をもたらす。この流れは70年代前半の石油危機以後今なお続いており、今後もなお続くと思われる。ただ異なる点は、この流れに対してランプが環境に優しい側面を兼ね備えなければならないことが加わったことである。

屋内照明の質の向上に関し、3波長域発光形による演色性の向上に加え、セードやルーバ付きの照明器具などによるグレアの低減も最近進んでいる。また、照明器具自体のコンパクト化も進んでいる。これらは、点灯時のランプ周囲温度を従来より高めることになる。このような照明器具の変化に対応するために、高周囲温度に特性を最適化したランプが多くなりつつあることも新たな流れである。

これらの流れの例として、最近の直管形および環形蛍光ランプに関する新製品について、その特徴と使い方を概説する。

2. T5直管形蛍光ランプ

2.1 特徴

従来のT8(管径26mm)直管形の高周波点灯専用形蛍光ランプよりもさらにランプ効率向上または高光束を狙った高周波点灯専用形蛍光ランプで、管径にT5(最大17.0mm)サイズを採用している。電流密度の増加を極力抑えて管径の縮小によるランプ効率の向上を実現した高効率形と、従来に比べ光束を同じ、もしくは高めた高出力形がある。従来のT8の高周波点灯専用形の場合と同じように、国内では高光束の要求が強く、今後高出力形が主流になるとと思われる。

ランプ効率(またはランプ光束)は従来ランプの周囲温度25℃より高い35℃に最適化されている。このランプでは、ランプ効率を決定する水銀蒸気圧を管端部の最冷部温度で制御する方法をとっており、この温度を周囲温

表1 T5直管形蛍光ランプの主な仕様(4000K)
寸法は最大値

	寸法 (mm)		口金	公称 ランプ電 力 (W)	初特性; 周囲温度35℃	
	管径	長さ			ランプ電流 (A)	全光束 (lm)
高効率形	17	549	G 5	14	0.170	1350
	17	849	G 5	21	0.170	2100
	17	1149	G 5	28	0.170	2900
	17	1449	G 5	35	0.170	3650
高出力形	17	549	G 5	24	0.300	2000
	17	849	G 5	39	0.340	3500
	17	1149	G 5	54	0.460	5000
	17	1449	G 5	49	0.260	5000
	17	1449	G 5	80	0.555	7500

度35℃で最適化するためにフィラメント電極を管端部から遠ざけている。したがって、厳密に言うと管端近傍の輝度は左右で若干異なるが、実使用上問題にならない。

一方、建築モジュールによりフィットさせるために、ランプ長さは対応する従来のタイプに比較して約50mm短くなっている。

専用電子安定器を用いることによって、予熱条件や点灯条件がより最適化され、寿命時間は従来の高周波点灯専用形と同等もしくはそれ以上の時間が得られている。また、従来のランプより、硝子管をはじめとする各使用材料の重量が小さく、環境の側面からも望ましい設計となっている。

各タイプと主な仕様を表1に示す。いずれも3波長域発光形である。

2.2 使い方

高周波点灯専用形であるので、専用電子安定器と専用器具が必要である。IECでの規格化も進んでおり、これらランプ間の互換性は保たれている。

最適周囲温度が常温より高い35℃に設定されるので屋内での使用や比較的内部の温度が高い器具に適する。また形状としては、薄形スクエアタイプの器具などの光源に適する。器具の寸法は、従来のT8の蛍光ランプに対して管径に比例して厚さと幅をそれぞれ40%小さくすることが可能で、薄形で幅の狭いスマートな器具が実現できる。

各々のランプのランプ電流は同じであり（高効率形で0.170A）ランプ輝度も同じとなるので、輝度を一定に保ったままで、長さの異なるランプを用いた多灯化が容易に展開できる。

省電力効果の一例を説明する。大きさが10.8m×7.2m×2.75mの事務所を2灯用器具12台で500 lxレベルの照明にする場合（取り替え時間を14000hに設定）を例にすると、このT5の高周波点灯専用形システムは、従来のT8のスタータ形システムおよびT8の高周波点灯専用形システムに対して、それぞれ25%および8%の電力削減が得られる¹⁾。

従来のT8蛍光ランプに対しランプの長さや口金が異なるので誤使用の恐れはないが、高効率形と高出力形とは同じ寸法であり口金も同じであるので、誤使用の恐れがある。この点は注意する必要がある。また、長さが1449mmの高出力形には2つのタイプがあるので同様の注意が必要である。

3. 二重環形蛍光ランプ

3.1 特徴

従来の環形蛍光ランプの管径29mmより細い20mm管径の2本の環形発光管を同一平面内に配置してブリッジ接合した高周波点灯専用形蛍光ランプで、放電路の長さを長くすることによって、高いランプ効率とランプ光束を得ることが可能である²⁾。

ここで、管径として20mmが採用されているのは従来の環形蛍光ランプ（例えば40形）のランプ電流を保ったままで、管径を細めていくと管径が20mmの近辺で蛍光体励起の主力である254nmの陽光柱での放射効率が最大となるからである。ブリッジが形成されている側の管端部に最冷部を設け、周囲温度が常温より高い40℃の場合に、ランプの効率がほぼ最大となるように水銀蒸気圧を制御している。この制御を管端部からのブリッジ位置の調整と口金部のスリット設置で行っている。ランプの基本構造を図1に示す。

ランプには環径別に3つのタイプがあり、それらのランプはおのの同心でかつ同一平面内に配置することができ、またそれらのランプ電流も共通の0.43Aに設定されているので、ランプ輝度はおのの等しい。最も環径

が大きいランプは環外径が従来のIEC規格準拠の40形環形蛍光ランプと同じ400mmで、放電路の長さが8 ft.の直管形蛍光ランプのものに相当し、周囲温度40℃で9600 lmの高い光束が得られる。これは、従来の環形蛍光ランプ40形、32形および30形を合わせた光束の1.2倍に相当し、ランプ効率も1.2倍となる。

一方、最も小さいランプはその環外径が192mmで従来の環形蛍光ランプ40形と同等の光束であり、コンパクトな形状となっている。

専用電子安定器を用いることによって、従来の銅鉄安定器に比べ予熱条件や点灯条件が最適化（ばらつきによる変動が低減）されるので寿命特性を改善でき、またトリプルコイルの新フィラメントを用いることによって、従来に比べ1.5倍の寿命時間が得られている。

二重環形蛍光ランプの主な仕様を表2に示す。いずれも3波長域発光形である。

3.2 使い方

高周波点灯専用形であるので専用電子安定器と専用器具が必要である。

最適周囲温度が常温より高い40℃に設定されているので屋内での使用や密閉形などの比較的内部の温度が高

図1 二重環形蛍光ランプの基本構造

表2 二重環形蛍光ランプの主な仕様（5000 K）

種 別	寸法 (mm)			口 金	定 格 ランプ電力 (W)	初特性			定 格 寿 命 (h)
	管 径	環外径	環内径			ランプ電流 (A)	全光束 (lm)		
							25℃	40℃	
FHD40	20	192	106	GU10q	41	0.430	3100	3300	9000
FHD70	20	296	210	GU10q	68	0.430	5900	6300	9000
FHD100	20	400	314	GU10q	97	0.430	8800	9600	9000

い器具での使用が推奨される。最近の家庭用照明分野では、ランプをセードなどで覆って使用することが一般的であり、このような状況下での使用に適する³⁾。

従来よりも、細い管径を用いているので薄形の器具での使用が可能である。その厚さはほぼ管径に比例し、約30%薄くできる。また、3つのタイプのランプは同心でかつ同一平面内に配置できるので、この薄さを保ったままコンパクトな多灯器具にも使用が可能である。この場合、おのおののランプ輝度が等しくかつ同間隔に配置されるので、器具の表面輝度の均整度も良好である。

ランプ面が水平となる点灯姿勢で周囲温度特性が最適化されており、この姿勢での使用が望まれる。口金部は従来の形状とは異なり、スリットが設置されている以外にピンがランプ平面と直交し、かつ口金表面内に納められており、専用ソケットとの組み合わせとなっている。器具への着脱は従来ランプよりも、この点で容易である。

なお、口金ピン配列は従来環形蛍光ランプと同じ G10q 配列である。

4. T5環形蛍光ランプ

4.1 特徴

二重環形蛍光ランプよりもさらに細い管径、16.5mm (T5) を用いた環形の高周波点灯専用形蛍光ランプで、管径を細めることによって高効率と高光束を得ている。管径として16.5mm が採用されているのは、一般的に環形蛍光ランプは電極封着部をモールド成形しなければならず、その場合の管径寸法の最小限界が16.5mm であるからである⁴⁾。これらのランプには環径別に3つのタイプがあり、おのおのの環外径は従来の環形蛍光ランプ、40形、32形および30形の環外径とそれぞれ同じである。

また、おのおののランプは従来 T8の直管形の高周波点灯専用形と同様に、ランプ電流が0.23A の定格点灯と0.43A の高出力点灯での使用が可能である。定格点灯の場合は、従来の環形蛍光ランプに比べ光束を維持しながらランプ電力を10%低減でき、高出力点灯の場合は1.3倍の高光束を得ることができる(30形対応品は除く)。新フィラメントコイル導入することにより、二重環形と

同様に従来に比べ1.5倍の寿命時間が得られている。

T5環形蛍光ランプの主な仕様を表3に示す。いずれも3波長域発光形である。

4.2 使い方

高周波点灯専用形であるので専用電子安定器と専用器具が必要である。専用電子安定器設計にあたっては、寿命時間を確保するために、始動時のフィラメント予熱条件とともに、点灯時の推奨フィラメント電流が明示されている。その値は、定格点灯時で0.40A、高出力点灯時で0.20A である⁵⁾。一方、管径が細くなると光出力に対する放電電圧の変動率が大きくなるので、調光(低出力)機能を持つ安定器の設計には注意が必要である⁶⁾。

従来よりも、細い管径を用いているので薄形の器具での使用が可能である。T5直管形蛍光ランプと同様にその厚さを40%薄くすることが可能である。また、3つのタイプのランプは同一平面内に配置できるので、この薄さを保ったままコンパクトな多灯器具にも使用が可能である。この場合、定格点灯および高出力点灯のいずれの場合も、おのおののランプのランプ電流が等しいので、ランプ輝度も等しくすることができる。

口金形状は従来環形蛍光ランプのものと同様であり、口金ピン配列は G10q 配列である。また、器具への取り付けは基本的には従来と同様であるが、専用のランプホルダが用意されている器具もあり、これを用いるとランプの着脱に便利である。

5. 残光形蛍光ランプ

5.1 特徴

通常の蛍光ランプはランプへの電力供給を停止すると蛍光体が発光せず照明の機能も停止するが、残光形蛍光ランプは、残光性の強い蛍光体層を従来の蛍光体層の下に付加することによって、電力停止後約1時間、物の認識ができるレベルの薄明光を発するランプである。

この残光性の強い蛍光体は、暗所における比視感度のピーク波長507nm に近い490nm に残光の発光ピークをもっており、暗所時の照明に適している。また、通常点灯時には、演色性改善の効果も兼ね備えており、平均演

表3 T5環形蛍光ランプの主な仕様(5000K)

種 別	寸法 (mm)			口 金	点灯条件	定 格 ランプ電力 (W)	初特性		定 格 寿 命 (h)
	管 径	環外径	環内径				ランプ電流 (A)	全光束 (lm)	
FHC20	16.5	225	192	GZ10q	定格 点灯 高出力点灯	20 28	0.230 0.430	1800 2300	9000
FHC27	16.5	299	266	GZ10q	定格 点灯 高出力点灯	27 38	0.230 0.430	2510 3250	9000
FHC34	16.5	373	340	GZ10q	定格 点灯 高出力点灯	34 48	0.230 0.430	3270 4250	9000

表 4 残光形蛍光ランプの主な仕様 (6700 K)

種 別	定 格 ラ ン プ 電 力 (W)	初特性	平 均 色 評 価 数 (Ra)	最 大 残 照 度 (lx)	定 格 寿 命 (h)
		全光束 (lm)			
FL20SS/18	18	1380	90	0.20	8500
FL40SS/37	37	3350	90	0.50	12000
FLR40S/M	40	3240	90	0.60	12000
FLR110H/A	110	9200	90	1.00	12000
FCL30/28	28	2000	90	0.20	6000
FCL32/30	30	2360	90	0.30	6000
FCL40/38	38	3070	90	0.40	6000

色評価数も従来の88から90に改善されている。当初、全光束は従来に比べ平均10%低い値であったが、その後同じ明るさに改善された。

このランプの残光減衰特性は、通常点灯時の照射面が1000 lx の場合、電力停止後1時間で 10^{-4} lx であり、これは人の目が光を感じる最小照度の 3×10^{-5} lx を上回っている。これが物を認識できる根拠となっている。一方、この残光減衰特性を得るためには、蓄光時間として、あらかじめ5～10分以上ランプを点灯する必要がある⁷⁾。

ランプタイプとしては従来の商用周波点灯形で、直管形（ラピッドスタート形、スタータ形）および環形があり、従来のランプと比較して光特性のみ異なる。

残光形蛍光ランプの代表的なタイプについて主な仕様を表4に示す。いずれも3波長域発光形である。

5.2 使い方

商用周波点灯形であり、基本設計はJISに準じているので、従来の安定器および器具での使用が可能である。また、従来と同じ明るさで演色性の高い一般照明が得られる。

残光照明の場合は、十分な残光特性を得るために、少なくとも事前にランプを5～10分以上通常点灯する必要があるが、一般的な使用状態では、この時間は長くない。

用途としては、地下街、地下鉄、外光の差し込まない事務所や工場などでの一般照明および地震や災害などによる停電時の応急的な照明、避難誘導に適する。また、そのような場所において照明電源スイッチと出口が離れている場合に、通常消灯後の出口までの照明にも適する。

一般家庭においても、一般照明と、停電時もしくは通常消灯後の出口までの照明にも用いることができる。

6. 光触媒膜付き蛍光ランプ

6.1 特徴

この蛍光ランプは、ランプ表面に付着した有機物の汚れ、細菌、臭いの分子などを分解する作用を兼ね備えたもので、ランプ表面には酸化チタン膜が塗布されている。また、働程中の汚れによる光束低下も防止できる。この

図 2 光触媒反応の効果⁹⁾

分解作用はランプからの微量な紫外放射がおこない、酸化チタン膜は光触媒として働く⁸⁾。このような光触媒反応の概念を図2に示す。この酸化チタンの光触媒膜はランプの光特性に影響を与えないので、光特性などの仕様は従来と変わらない。また、光触媒膜は文字どおり触媒として働くので、働程中もその機能は低下しない。

光触媒作用は以下のようなプロセスである。

ランプからの微量な380nm以下の紫外放射により半導体である酸化チタンのバンドギャップ(3.2eV)を介して電子-正孔対ができる。この対と表面の水分とが複雑な反応をしてOH基とHO₂が生成し、正孔が残る。これらが上記の汚れなどの有機物を分解するのである⁹⁾。

6.2 使い方

従来の商用周波点灯形であり、基本設計はJISに準じているので、従来の安定器および器具での使用が可能である。タイプとしては、直管のスタータ形20形とラピッドスタート形40形が実用化されている。いずれも3波長域発光形であり、光特性は従来と変わらない。

タバコの煙などによるランプの汚れを分解する効果が確認されており、タバコの煙の多い場所、たとえば麻雀店やパチンコ店、各所の喫煙コーナーでの照明に適する。また、新建材や家具などから発生する臭い（主成分ホルムアルデヒド）を分解する効果も確認されており、とくに臭いの気になる場所、たとえば病院や老人ホーム、ペット（臭いの主成分アセトアルデヒド）のいる家庭などでの照明にも適する。加えて、抗菌効果も認められており、このような場所で効果的である。

7. おわりに

直管形および環形の蛍光ランプ分野で新しく開発されるものの多くは、高周波点灯専用形であるので、その使用にあたっては専用電子安定器を用いなければならない。また、その安定器はランプサイドから示されている

予熱条件および開放電圧などを満足し、寿命末期現象にも考慮されたものでなければならない。一方、ランプ特性を高周囲温度に最適化する傾向もあり、使用環境の温度にも留意してランプを選定していかなければならない。新しい機能が付加されたランプについては、本来の機能は一般照明であり、その機能が優先されていることを認識して使用すべきであると考えている。

直管形および環形の蛍光ランプは日本においては当分の間、屋内照明の主流であるであろう。そのようななかで、上に述べた環境の側面を加えた技術の基本的流れに、さらに新しい付加価値を与え、それらを含むすべての機能を市場において十分発揮するように配慮することが、われわれのつとめと考えている。

参考文献

- (1) P. V. Cleef and J. MG Bex : "Fluorescent lighting : Application of 'TL' 5 lamp to offices, shops and public buildings", Light. Res. Technol., 30-1, pp.19-23 (1998)
- (2) A. Kitada, I. Okuno and M. Sangen : "A New Twin-type Circular Fluorescent Lamps for Residential Lighting", Proc. LUX PACIFICA '97, B-45-B-48 (1997)
- (3) 安原, 八木, 榊原, 山田 : 「 $\phi 16\text{mm}$ 環形蛍光ランプの開発」, 照学全大, p.45 (1997)
- (4) 瀧村仁視 : 「蛍光ランプへの要望と課題—照明器具開発者の視点から」, 照学誌, 79-12, pp.748-749 (1995)
- (5) K. Takahashi, A. Yasuhara and K. Shimizu : "T5 CIRCULAR FLUORESCENT LAMP SYSTEM", Proc. LUX PACIFICA '97, B-42-B-44 (1997)
- (6) 高橋, 高橋, 長谷川 : 「高周波点灯専用形細管環形蛍光ランプ用インバータの検討」, 照学全大, p.69 (1997)
- (7) 日本電気ホームエレクトロニクス(株) : 残光形蛍光ランプ技術資料 (1995)
- (8) 藤嶋昭 : 「光触媒—照明分野への応用展開」, 照学誌, 80-12, pp. 925-929 (1996)
- (9) A. Saitou, H. Kamata, M. Saitou, K. Ogishi : "Photocatalytic reaction of TiO_2 films and its application to lighting systems", Proc. LUX PACIFIA '97, B-13-B-18 (1997)