細径環形蛍光ランプの開発と技術動向

The Development and Technical Trends for Slim Tube Circular Fluorescent Lamps

1973年生。大阪大学基礎工学部物性物理工学科卒。現在、日立ライティング機器㈱にて蛍光ランプの設計・開発業務に従事。

正会員 高橋 喜将
Yoshimasa Takahashi

◀キーワード：蛍光ランプ、環形、細径、省エネルギー、高効率、省資源

1. はじめに

近年あらゆる分野で省エネルギー、省資源及び省スペース化が急激に進んでおり、それに対応した商品が次々に発表されている。また、1997年11月の地球温暖化防止京都会議以降、このような流れはより加速され、最近のダイオキシン問題に象徴される廃棄物処理問題への関心の高まりとともに、各家庭においても、地球環境保全への関心が高まってきた。

1961年と1996年の家庭電力消費量の製品別内訳を図1に示す。電化製品で消費される電力のうち、照明に消費される電力は、1961～1996年の35年間で、38%から16%に減少している。しかし、製品別の内訳で見てみると、1996年の時点で、ルームエアコン22%、冷蔵庫18%について、未だ照明に消費される電力は第3位であり、さらなる省エネルギー化が必要であった。

現在、日本の家庭で広く使われている環形蛍光ランプを高周波点灯する器具は、既に1980年代初頭から発売され²⁾³⁾、前述した照明に消費される電力の低減に貢献してきた。さらに、1996年になると、管径が29.5mmの従来の環形蛍光ランプ（FCL形）よりも細く、高周波点灯専用設計された細径環形蛍光ランプである管径16.5mm

のいわゆる T5 環形蛍光ランプ（FHC 形）が開発され、1997年には管径20mmの二重環形蛍光ランプ（FHD形）が相次いで開発された。

従来の環形蛍光ランプ（以下 FCL と略す）とこれらの細径環形蛍光ランプの外観写真を図2に示す。高周波点灯専用設計されたランプとそのランプのために設計された電子安定器及び器具の組み合わせにより、いずれも FCL では達成できなかった高効率化、器具の小型化及び省資源化を実現している。これらの省エネルギー化及び省資源化を同時に達成できる細径環形蛍光ランプは、次世代の家庭用住宅照明の主力機種として期待されており、今日ますます普及が進んでいる⁴⁾。

また、1999年4月に施行された「エネルギーの使用の合理化に関する法律の抜本的改正」（改正省エネ法）では、実使用状態での照明器具の効率（lm/W）の目標値が規定されている。照明器具の内部温度は、ランプ自身から発生する熱などにより、室温よりも上昇する。したがって、従来の蛍光ランプは、室温において最も発光効率が良くなるよう設計されているため、器具の中で点灯させると、最適発光効率を示す温度からずれてしまう。細径環形蛍光ランプは、器具の内部温度条件において、最も発光効率が高くなるよう、そのランプ構造で水銀蒸気圧を制御する技術を採用している。

以下、現在日本国内で発表されている細径環形蛍光ランプの代表例2品種について、その仕様及び特徴を順次説明していく。

2. T5 環形蛍光ランプ

T5 環形蛍光ランプ（以下 FHC と略す）は、1996年秋に細径環形の高周波点灯専用形蛍光ランプとして、世

図1 家庭電力消費量の製品別内訳

(a) 従来の環形蛍光ランプ FCL40/38

(b) T5 環形蛍光ランプ FHC34

(c) 二重環形蛍光ランプ FHD100

図2 従来の環形蛍光ランプと細径環形蛍光ランプ

表 1 T5 環形蛍光ランプ (FHC) の主な仕様 (3 波長形昼白色)

種 別	寸 法			点灯条件	定格 ランプ電力 (W)	初特性			定格 寿命 (h)
	管 径 (mm)	環外径 (mm)	環内径 (mm)			ランプ電流 (A)	全光束 (lm)	35℃ 光束 (lm)	
FHC20	16.5	225	192	定格	20	0.215	1700	1790	9000
				高出力	28	0.380	2310	2320	
FHC27	16.5	299	266	定格	27	0.215	2490	2610	9000
				高出力	38	0.380	3430	3450	
FHC34	16.5	373	340	定格	34	0.215	3240	3400	9000
				高出力	48	0.380	4480	4510	
FHC41	16.5	447	414	定格	41	0.215	3820	4240	9000
				高出力	58	0.380	5300	5680	

界で最初に発表された⁵⁾⁶⁾。

管径が従来品の29.5mm から、16.5mm と細径化されたことにより、容積比で約57%、質量比で約55%とスリムになっており、省資源化にもつながっている。また、それに加え、高効率化及び高光束化を実現している。

ランプがスリムになったことにより、FHC 専用 に設計された器具も薄型化、省資源化及び省スペース化が実現できた⁷⁾。

FHC の主な仕様を表 1 に示す。FHC20、FHC27及び FHC34の環外径は、それぞれ FCL30/28、FCL32/30及び FCL40/38と同一となっているが、それぞれの管径はいずれも 16.5mm と従来品とは異なるため、従来の器具にそのままランプを装着して使用することはできない。

FHC のランプ構造を図 3 に、FHC 及び FCL の周囲温度特性比較を図 4 に示す。FHC は、密閉器具内で点灯した場合の全光束低下を抑えるため、片側電極のステム高さを他方より高くして、最冷部を片側だけ高くなったステムの根元に設け、周囲温度特性を改善している。これにより、最冷部の温度を低下させ、水銀蒸気圧を制御している。FHC の周囲温度特性としては、常温の 25~40℃まで、ほぼフラットな光束となっており、下面開放形から半密閉形までの幅広いタイプの器具に対応できるよう配慮されている。

FHC の口金を図 5 に示す。口金は、管径に対応して細径化している以外、FCL とほぼ同一であり、口金ピンの配列も FCL と同様、G10q 配列である。

FCL 用照明器具を FHC 専用の新しい器具に置き換える場合、器具もランプ同様スリム化を実現している分、天井からの圧迫感が和らげられており、部屋がスッキリ広く感じられるようになった。また、ランプ電流が 4 種別とも同じなので、それぞれのランプで明るさ感のばらつきがなく、器具内で同心円状に多点灯したとき、セード面の輝度ムラを抑えている。

FHC は、現在日本国内で主にビル、工場及び事務所などに普及が進んでいる直管形の T8直管形蛍光ランプ (管径25.5mm) と同様に、定格点灯と高出力点灯の二重定格となっている。FHC27及び FHC34を例にとると、

図 3 FHC のランプ構造

図 4 FHC と FCL の周囲温度特性比較

図 5 FHC の口金

定格点灯では、従来の 3 波長形 FCL32/30及び FCL40/38に対して、約10%省電力であり、高出力点灯では、従来比約30%の全光束向上が図られている。二重定格の実現は、新設計のフィラメントによるものであり、このフィ

表2 二重環形蛍光ランプ (FHD) の主な仕様 (3 波長形昼白色)

種 別	寸 法			点灯条件	定格 ランプ電力 (W)	初特性			定格 寿命 (h)
	管 径 (mm)	環外径 (mm)	環内径 (mm)			ランプ電流 (A)	全光束 (lm)	35℃ 光束 (lm)	
FHD40	20	192	106	高出力	41	0.430	3100	3300	9000
FHD70	20	296	210	高出力	68	0.430	2900	6300	9000
FHD100	20	400	314	高出力	97	0.430	8800	9600	9000

ラメントは、後述するが同時に従来比1.5倍の定格寿命を実現している。

3. 二重環形蛍光ランプ

二重環形蛍光ランプ (以下 FHD と略す) は、高度なガラス加工技術によって、管径20mm の 2 本の環径の異なる環形発光管を同心円状かつ同一平面上に並べ、一端をブリッジ接合技術により接合し、1 本の環形蛍光ランプとした高周波点灯専用形の細径環形蛍光ランプである。

FHD の主な仕様を表 2 に示す。管径は、いずれも 20 mm であり、それぞれ FHD40、FHD70 及び FHD100 の環外径は、FCL30/28、FCL32/30 及び FCL40/38 とほぼ同一である。また、環内径は、FHD100 の内径と FHD70 の外径との差、あるいは FHD70 の内径と FHD40 の外径との差が、いずれも 18mm であり、それらの組み合わせで器具にランプ取り付け可能な値となっている。これにより、3 種類のランプを同心円状に配置したとき、ランプ同士が等間隔に並び、またランプ電流が 3 種別とも同じであることと合わせて、器具のセード輝度ムラを最小限に抑えることができる。

管径を従来品29.5mm から20mm と細径化し、2 本の環形発光管を接合して1本の長い放電路を形成することにより、FHD40 と FCL40/38 を比較すると、専有面積比で約75%、質量比で約34%の省スペース化及び省資源化が図られている⁸⁾。

最も放電路の長い FHD100 (3 波長形昼白色) の場合、そのランプ効率は、密閉器具内温度と想定されている周囲温度40℃ で99 lm/W を達成し、環形蛍光ランプとしては、最高のランプ効率である。また、全光束は9600 lm と外径がほぼ同一の FCL40/38 の約 3 倍の高光束を実現している。

FHD のランプ構造を図 6 に示す。FHD は、ブリッジ接合技術で 2 本の環形発光管を接合した構造であり、ブリッジ接合位置を管先端から離すことによって、外側の発光管の先端に最冷部を設けている。この最冷部の温度を調節することによって、ランプ内の水銀蒸気圧を制御することができる。すなわち、ブリッジ接合の位置をランプ先端の最冷部に近づければ、最冷部の温度が上昇し、逆に最冷部から遠ざければ、温度は低下する。FHD の特

図6 FHD のランプ構造

図7 FHD と FCL の周囲温度特性比較

性を測定した結果、全光束がピークとなるのは、最冷部の温度が50℃ 付近の時である。実使用状態でランプの周囲温度が35～40℃ の時、最冷部の温度が50℃ 付近になるようブリッジ接合の位置が決定されている。

FHD 及び FCL の周囲温度特性を図 7 に示す。家庭で FHD を密閉器具あるいは半密閉器具内で点灯させると、器具の内部温度は一般に35～40℃ 程度になる。したがって、実際に使用される最も標準的な使い方、最も効率よく点灯させる設計となっていることが分かる。

FHD の口金を図 8 に示す。口金は、電極部とブリッジ接合部にまたがるように固定されている。形状は、FCL 及び FHC とは異なるが、口金ピンの配列は、同じ G10q 配列である。これは、国内の環形蛍光ランプのすべてがこのピン配列であり、それを踏襲したものである。ピンの方向はランプ平面に対して垂直で、ピンの先端は、ランプと同一平面の口金表面内に納められており、口金の上面からピンが突出していない。そのため、器具のさらなる薄形化が可能となっている。また、口金に 1 カ所あるいは 2 カ所の通風孔を設けることにより、口金内の最

図8 FHDの口金

冷部の温度を低下させる機能も有している。安全のため、この通風孔内部にはリード線や金属部品などの通電部分が露出しない構造となっている。

4. 長寿命化技術

蛍光ランプの寿命は、電極寿命と点灯による光束の劣化で定義されている。

電極寿命は、始動時の電極予熱条件、点灯時のフィラメント温度及びフィラメントが保持するエミッター（電子放射物質）量に依存している。FHC及びFHDの始動時の電極予熱条件は、予熱時間に対する予熱電流または予熱電圧で与えられる（最近では予熱エネルギーの提案もなされている）。この電極条件は、始動時に熱電子が電極から放出される過渡的な状態を表現したものであり、電子安定器の設計に用いられ、必要かつ十分な予熱を供給することにより、始動時のエミッター消耗を抑える有効な情報である。現在、日本工業規格（JIS）では予熱電流で規定されているが、国際電気標準会議（IEC）では予熱エネルギーでの規格化が進められている。フィラメント温度は、主にランプ電流とフィラメントの主線径で決定される。ランプを高周波点灯させると、陽極降下電圧が低下するため、フィラメント温度も低下する。そこで、FHC及びFHDのフィラメントは、主線径をFCLより細くすることにより、フィラメント温度を最適に保ち、かつ定格寿命を十分満足するエミッター量を保持できるよう設計されている。

点灯による光束の劣化を抑え、光束を維持するために、従来よりも高性能の緻密な保護膜をガラスバルブ内表面に塗布し、ランプ内の紫外線による蛍光体の劣化及び発

光管ガラスのソーラーゼーションを防止している。

これら新フィラメントの採用と従来よりも高性能の緻密な保護膜の働き、さらに高周波点灯であることにより、定格寿命はFHC及びFHDとも9000時間を実現した。これは、FCLの定格寿命である6000時間の1.5倍の長寿命である。

5. 今後の動向

高周波点灯専用形の細径環形蛍光ランプは、1996年にFHCが日本で発表され、次いで1997年にFHDが同じく日本で発表された。ヨーロッパでは、1997年にFHCが発表されている。今のところ、この2品種以外の細径環形蛍光ランプは提案されておらず、当分はこの2品種を中心に、次世代の家庭用住宅照明として、普及が進むものと思われる。

これらのランプは、国内では、日本電球工業会規格（JEL）として、既に制定されており、現在、日本工業規格（JIS）の作業が進行中である。また日本からの提案で、国際電気標準会議（IEC）では既に、口金が規格化され、ランプ本体は国際標準としての規格化作業が進行している。

6. おわりに

細径環形蛍光ランプとして、FHC及びFHDについて、その特性と技術動向を概説した。これらのランプは、今後どちらも省エネルギー、省資源及び省スペースをになう次世代の家庭用住宅照明としての普及化と、さらなる特性向上が期待される。

参考文献

- (1) 山田ほか：家電製品の省エネルギー技術、日立評論82-6, pp. 61-64 (2000)。
- (2) 新製品紹介、照学誌, 65-6, p.279 (1981)。
- (3) 西野、佐藤：住宅用照明器具用電子安定器の開発、照学全大, p. 23 (1984)。
- (4) 清水圭一：高周波点灯専用形蛍光ランプ用器具(2)、照学誌, 83-10, pp.766-768 (1999)。
- (5) 電波新聞 (1996.8.29)。
- (6) 電波新聞 (1997.2.3)。
- (7) 安原ほか：φ16mm環形蛍光ランプの開発、照学全大, p.45 (1995)。
- (8) 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)。