



今、改めて蛍光灯の実力に注目する

Now, Look Anew at the Ability of Fluorescent Lamps

(社)日本電球工業会 蛍光灯業務委員会

Fluorescent lamp operations

Committee, JELMA

1. はじめに

2009年に一般照明用の電球形LEDランプが本格的に市場導入されて以降、LED照明の時代を迎えた。当初は直下照度を白熱電球のそれに合わせるものがやっとなり、総じて暗いという印象を与える商品実力(電球形LEDランプ)であったが、その後の急速なLEDモジュールの光出力性能の向上で、最近市販されている白色LED製品の中には、照明用光源としての基本特性(従来光源に劣らない一定レベルの全光束・配光・演色評価数など)を満足する実力を備えた商品が含まれるようになってきた。

そうしたLED照明の時代を迎えた現時点においても、“照明電力削減”“環境配慮”“システム対応力”といった各視点で、蛍光灯による照明がLED照明製品と並ぶ効果的な省エネ照明システムであることに変わりはない(2011年7月現在)。本稿は、蛍光灯による照明システムを新規に導入しようと検討するエンドユーザー・照明デザイナー・照明施工者に対して、正しい情報を発信し安心して導入いただくことを意図して執筆した。

以下、蛍光灯の生い立ちや技術変遷を概観した上で、LED照明との比較を前提に、蛍光灯とその照明システムの優れた点を記述する。最後に、総合評価の視点から、照明学会が平成21年度にNEDO委託事業「エコイノベーション推進事業/照明システムのサステナビリティ評価基準策定」として将来LCA(Life Cycle Assessment)評価に活かされることを前提に行ったインベントリ分析LCIの一部結果¹⁾を紹介する。

2. 蛍光灯の生い立ちと技術変遷

蛍光灯の実用化は1938年からで、当時、欧米を中心としたメーカー間で開発競争が繰り広げられる中、General Electric社の開発技術者たちによって成し遂げられた。その発光原理は、低圧放電・熱非平衡プラズマ中の加速電子の衝突を受けて励起した水銀原子の、その緩和により発生する紫外域共鳴線(おもに253.7nm)が蛍光体を介して可視光に変換されることに基づく。

ハロゲン酸カルシウム蛍光体(1942年に実用化)に代わる1970年代の3色の希土類蛍光体の採用、および1980年以降の高周波点灯化を経て、蛍光灯による高効率と高演色の両立、ならびに“高出力化”と電球形を含む“コンパクト化”が進展した。“高周波点灯化”は、既存の環形蛍光灯を対象にして1980年台前半に始まり、直管32形の高周波点灯専用形(Hf)蛍光灯の実質的な市場導入は1991年に入ってからである。

比較的最近(2005年前後～)の商品化動向には、“細管化”と高周波点灯を前提とした直線的でない“異形状化”がある。また、同時並行的に、光束と光束維持率の性能向上による“長寿命化”と環境配慮の“封入水銀量削減”の取り組みが国内各社で進められた²⁾。図1、図2に蛍光灯による照明器具の消費電力の推移と白色LEDを含む各種光源の発光効率向上の変遷を示す。

なお、ここでいう蛍光灯とは、エミッタ付きフィラメントコイルからなる電極を有する熱陰極形蛍光灯のことで、それよりもランプ効率で劣る冷陰極形蛍光灯は除外される。

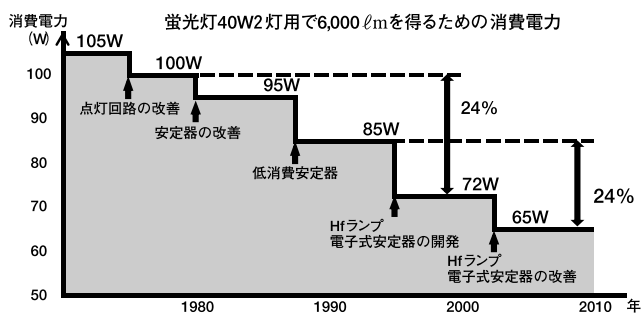


図1 照明器具(ランプと安定器)の消費電力推移

Fig. 1 Transition of power consumption for Luminaires (lamps and ballasts)

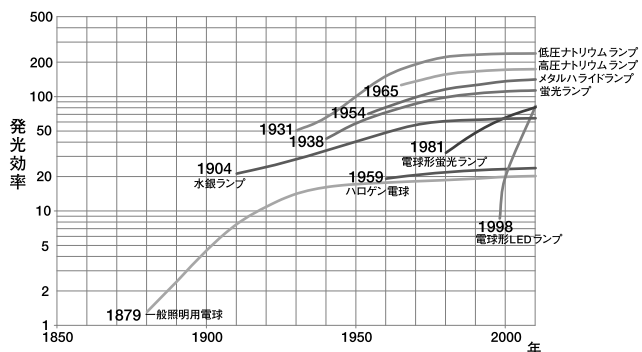


図2 照明用ランプの変遷

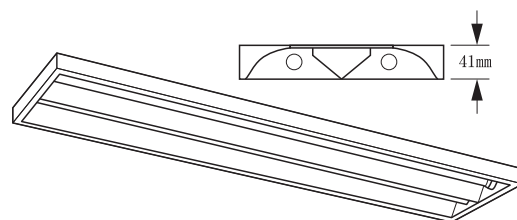
Fig. 2 Change of lamps for lighting

また、2011年現在、パッケージないしはモジュール形式の白色LEDの発光効率 100lm/W を超えたが、商品形式で 100lm/W を超えているのは 450lm 前後の低光出力クラスの電球形LEDランプのみである。

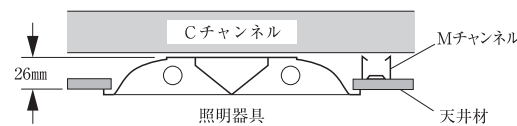
3. システム対応を含む蛍光ランプによる照明電力削減

3.1 高周波点灯専用形蛍光ランプ

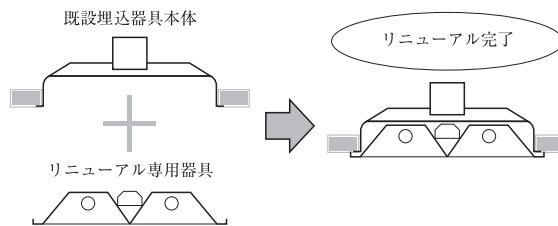
高周波点灯専用形蛍光ランプ(FHF32)は、発光に寄与しない陽極降下損を解消するために“高周波点灯化”をはかり、希土類蛍光体の採用を組み合わせることによって 100lm/W を超えるランプ効率を実現し、施設照明の分野で欠くことのできない商品である。このランプは、定格仕様の32W以外に高出力仕様の45W点灯が可能で、従来のFLR40ラピッドスタート形蛍光ランプ用照明器具に比べて“照度アップ提案”と“省電力提案”の2つのオプションが選択できる。また、このランプ用の照明器具は薄型化されていて、天井に直に設置する“Hf薄型直付型器具”や天井裏のCチャンネルを回避して天井に埋め込む“Hf薄型埋込器具”が用意されており、施工性に優れる。さらには、既設の埋込器具に代替設置する“Hfリニューアル専用埋込器具”も用意されており(図3)、照明電力削減に向けた様々なニーズに応えることができる。



(a) Hf薄型直付型器具



(b) Hf薄型埋込器具



(c) Hfリニューアル専用埋込器具

図3 さまざまなHf照明器具

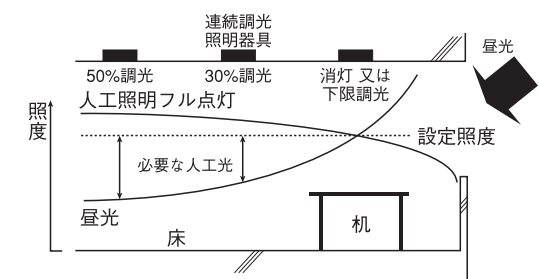
Fig. 3 Various Hf luminaires

高周波点灯専用形(Hf)蛍光ランプ用照明器具には、調光が可能な機種が数多くある。そうした照明器具の連続調光や段調光の機能を有効活用すれば、それぞれの顧客目的に適った照明電力削減が実現できる。

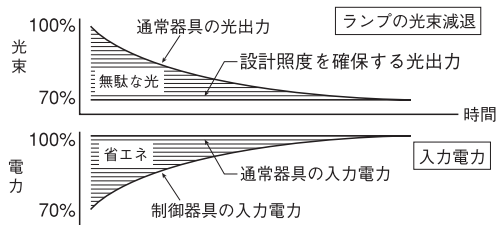
更に、調光機能を活用するシステム対応(照明制御)の進化形には、窓際の光出力を抑えて(調光して)部屋全体の照度を一定に保つ“明るさセンサー内蔵の昼光利用制御照明システム”や、蛍光ランプが点灯時間とともに光束が低下することを予め見越して装着直後のランプを調光する“初期照度補正機能付き照明システム”がある。このようなシステムに対応をすることで、より一層の照明電力削減が図れる照明器具が発売されている。上述した2つの照明制御およびそれら機能を併せ持った“自動設定機能付きセンサー内蔵照明システム”の基本機能をそれぞれ図4に例示する。

その他の蛍光ランプを利用した照明制御の方式として、人感センサーを組み込んで在室検知や通過検知による点滅点灯または段調光の機能を有する照明器具も商品化されており、照明電力削減に一役買っている。

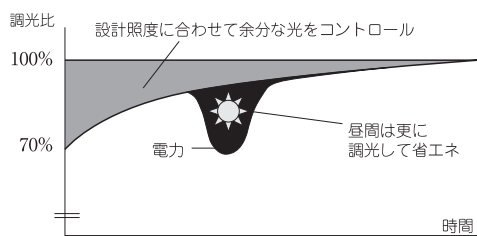
蛍光ランプのシステム対応といった視点では、以上の内容以外にも各メーカー・機関からさまざまな



(a) 明るさセンサー内蔵の日光利用制御照明システム



(b) 初期照度補正機能付き照明システム



■夜間など日光の入らない場合、調光比はランプの光束減退曲線と反比例して定格の70%から徐々に定格に近づく
 ■日光の入る場合、明るさセンサーにより設計照度に自動的にコントロール

(c) 自動設定機能付きセンサー内蔵照明システム

図4 蛍光ランプを用いた各種照明制御の方式

Fig. 4 Various lighting control methods using fluorescent lamps

情報が発信されている³⁾。

3.2 電球形蛍光ランプ

直管形以外の環形やコンパクト形蛍光ランプでも、ランプの発光効率や照明器具を含めたシステム効率の向上がそれぞれに進み、このようなランプ類が照明電力の削減に果たす役割も大きい。ここでは、そうしたランプの代表として“電球形蛍光ランプ”を紹介する。

電球形蛍光ランプは、文字通り白熱電球を代替する目的で開発された商品であるが、近年は「環境負荷物質である水銀を含む」「冬季、点灯初期の光束立ち上がりが遅い」ことをマイナス点として、電球代替の主役の座を電球形LEDランプに譲った形ではある。

一方の電球形LEDランプは、その全光束と発光効率の実力を次第に上げながら、現時点の発光効率は低出力クラスで“100lm/W”を達成したところである。白熱電球60形の全光束810lmをベースに考えれば、電球形蛍光ランプも一部高性能の電球

形LEDランプも、現在の発光効率の実力はともに“80lm/W”程度ということができよう。

電球形蛍光ランプでは、以前はグローブタイプ(A形)を中心に、点灯中の発光効率低下を抑止するため発光管に封入した“アマルガム”が「点灯初期の光束立ち上がりが遅い」という副作用をもたらした。しかし、最近ではグローブ無しタイプ(D形)を中心に“アマルガム無し”仕様が普及して、この問題はかなり軽減された。

4. 東日本大震災後の節電について

2011年3月に発生した東日本大震災に由来して照明電力削減が緊急の要請事項となった。2011年6月に出された経済産業公報の節電行動計画の中では「従来型蛍光灯を、高効率蛍光灯やLED照明に交換する。」(従来型蛍光灯からHf蛍光灯又は直管形LED照明に交換した場合、約40%消費電力削減)と記載されており、Hf蛍光ランプの優れた省エネ性の証となろう。また、一般家庭にあってはこれまでの“一室一灯”照明から脱却して一室の“多灯分散照明”⁴⁾⁵⁾を進め、家庭での省エネルギー照明の普及が望まれている。その目的に適う光源は、3.2項で紹介した2つの電球代替光源であろう。多灯分散照明は、その部屋を使用する住人の主体的意思と好みに合わせて行われるのがよく、その際には、照明心理面を含めた電球形蛍光ランプの“良さ”(例えば、配光性能)を再認識し、“光源の多様性”が確保されることが望まれる。

5. 照明システムのライフサイクル評価(総合評価)

照明学会では直管高周波点灯専用形(Hf)蛍光ランプ、電球形蛍光ランプと最近注目を集めている電球形LEDランプとを対象にして、光源として利用できる光束あたりのエネルギー消費について、原材料の調達から製造・流通・設置・使用・廃棄リサイクル(原則)のライフサイクルにわたって算出するモデルを構築し、エネルギー消費についてのインベントリ分析LCIを行った(平成21年度NEDO委託事業)。こうしたインベントリ分析結果に重みづけを与えることで、LCA評価が可能になる。今回行われたインベントリ分析結果の一部を図5に示す。

図5で評価対象としたランプは、上述した2種の蛍光ランプの電球形(CFL)、直管形(Hf-FL)と2009年に発売された電球形LEDランプ(LED AとLED B)、および発光効率が、2009年モデルよりほぼ2倍に向上するであろうことを想定した未来型電球形

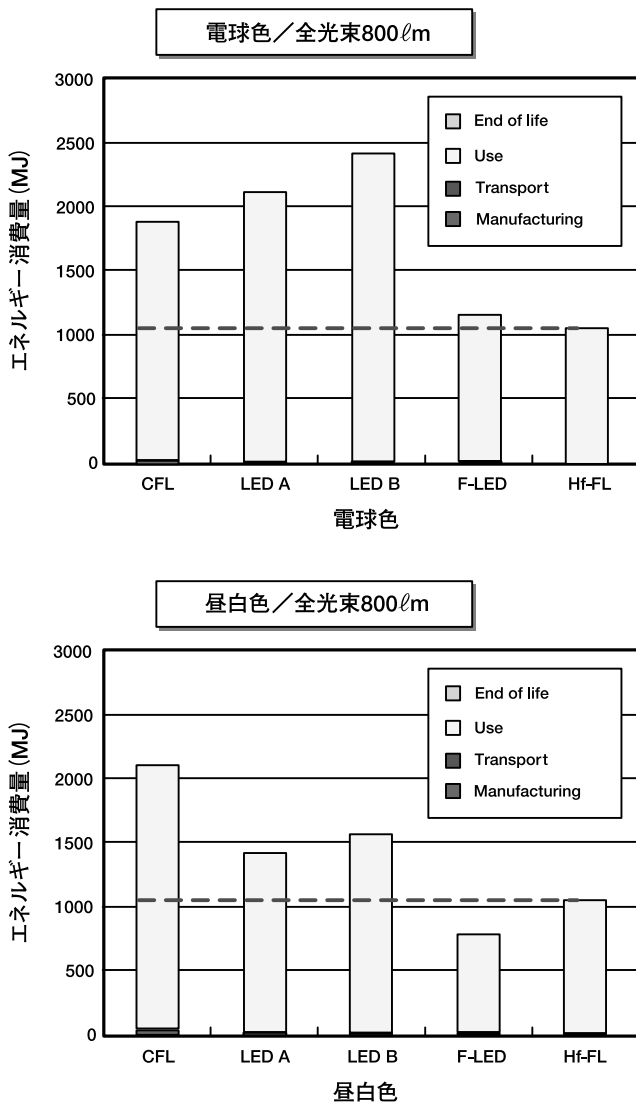


図5 LCI分析結果¹⁾

Fig. 5 Results of the LCI analysis

LEDランプ (F-LED) である。光色は電球色 (色温度 3,000K) と昼白色 (同5,000K) の2色とし、全光束を 800lm、点灯時間を40,000時間、演色性はほぼ同等であることを前提としている。

各ランプの実力は、Hf-FL (直管形) のエネルギー消費の実力レベル (図5の破線) と比較することによって、把握することができる。各ランプともに、そのエネルギー消費量は照明点灯時の“使用 (Use)”で

占められている。

グラフが示しているように、機能単位を全光束で見るとき、Hf-FL (直管形) のエネルギー消費量は未来型電球形LEDランプ (F-LED) のそれとほぼ同等であるという、LCIインベントリ分析結果が得られた。

6. おわりに

以上のように、直管高周波点灯専用形 (Hf) 蛍光ランプを搭載した照明はLED照明よりも優れていることから、LED照明の時代を迎えた現時点においても省エネ照明として重要な選択肢となる。

特に、JIS照明基準総則の演色性で、オフィスや住宅の居間・応接室・食堂などに求められる $R_a > 80$ を、全ての光源色 (電球色、温白色、白色、昼白色、昼光色など) で得ており、グレア規制面でもまぶしさの少ない拡散光が優れた効果を発揮するなどして、蛍光ランプは良好な照明環境の確保を可能にしている。

また、蛍光ランプは、LCIインベントリ分析結果によるエネルギー消費量の少なさは、環境配慮の視点からも、大きな選択のポイントとなろう。

いずれにせよ蛍光ランプには、LED照明にはない光の質的な面での特長があり、LED照明と蛍光ランプとを上手に使い分けすることが、優れた照明環境をより少ないエネルギーで達成するために重要である。

参考文献

- 1) 八田章光: “持続可能な社会における照明システム”、エネルギー・資源、Vol.32 No.3, pp.10~14 (2011)
- 2) 明星 稔: “蛍光ランプの最新動向”、電気設備学会誌、Vol.30, No.1 pp.24~26 (2010)
- 3) 森田正之, 大田正明: “高周波点灯専用形蛍光ランプ・器具・システムの照明設計”、照明学会誌、Vol.83 No.10 pp.785~787 (1999)
- 4) 三木保弘: 多灯分散照明とその効果、日本電球工業会報 No.505 (2009.7)
- 5) 大谷義彦, 他: “特集: 省エネと快適性を目的とした住宅照明”、照明学会誌、Vol.94 No.10 pp.684~722 (2010)