照明器具の効率 —高効率な照明器具とは—

専門会員 大塚 忠弘*

1. 省エネルギー照明と器具効率

資源の有効活用および地球環境保護のため、照明においても省エネルギー（以下省エネという）を達成しつつ良い照明を実現することは重要な課題である。人工照明における省エネ照明とは、消費電力に対して有効に利用できる光の量 (lm/w) を大きくすることであろう。すなわち照明システムの効率 (lm/w) は、

照明システムの効率

= ランプ効率 × 照明率

= ランプ効率 × (器具からの有効な光出力 / ランプ光出力)

= ランプ効率 × (器具から出る光出力 / ランプ光出力) × (有効な光出力 / 器具から出る光出力)

= ランプ効率 × 器具効率 × 利用率 (1)

ここで、照明率とはランプからの光束のうち照明しようとするところで有効に生かされる光束の率をいい、器具効率とはランプからの光束のうち器具外に出ていく光束の割合をいう。1994年に制定された省エネ法で規定されたのは、ここでいうエネルギー消費効率の高い蛍光灯照明器具の利用を勧めるものである。ランプ効率はランプの種類により大きく異なり、省エネの観点からだけでは自ずと使用すべきランプが決まってしまう。しかし光束は少ないが非常に光の制御性のよいランプと、光束は多いが光の制御性が悪いランプとではどちらが有利なのかは一概にはいえない。用途などをよく考えて判断すべきである。一方照明の役割である目的に合った安全で快適な視環境を実現するためにも別の観点からランプを選定することになる。この場合にも省エネの面から照明率あるいは器具効率の高い器具を選定すべきである。

2. 照明率と器具効率

本来照明システムは照明率で評価すべきであるが、照明率は照明設計手法や照明する空間の条件などで変わるもので、器具そのものの評価ができる尺度も必要である。器具効率は照明器具からの光の出方（配光）までは問題にしないので異なる形態の器具を単純に器具効率だけで優劣

を付けることは意味がない。器具効率は高いが狙いのところへの光が少なく、むしろ光洩れやグレアなど弊害となる光が多い場合があるのかも知れない。その意味から器具効率について正しく理解することが重要である。

3. 器具効率

例えばランプを図1のような器具に組み込んだときの器具効率 η は（ランプから直接ガラスを通してできた光束 + ランプら反射板にて反射した後にガラスを通してできた光束） / （ランプの全光束）で表される。

$$\eta = [\Phi_{\theta_0} + \rho (\Phi_{\theta_1} + \Phi_{\theta_0})] \tau / \Phi$$

$$= [\eta_{\theta_0} + \rho (\eta_{\theta_1} + \eta_{\theta_0})] \tau \quad (2)$$

図1 点光源のときの反射板の器具効率を求める説明図

図2 点光源器具効率簡易計算図表

ここで各 η_{θ_1} は図2より簡易的に求められる。反射率 (ρ) や透過率 (τ) は1.0以下なので、 $\eta < 100\%$ となる。実際には反射板で反射された光がランプに再入射したり、さらに別の反射板に当たるなどの二次以上の反射を生じたりする

* 松下電工(株)照明開発研究所

Tadahiro Ohtsuka

とさらに効率は悪くなる。そこで高効率な器具にしようとすると、a) ρ , τ をアップすること、b) 反射率 ρ の関係しない項 $\Phi\theta_0$ の割合を大きくすること、c) ランプへの再入射や別の反射板での二次反射を防ぐこと、などである。このうちb) の $\Phi\theta_0$ は器具として配光の制御をしていない光であり、これを大きくすることは十分に制御した目標配光が得られにくいことを意味する。c) については配光シミュレーションでこれらを小さくする反射板設計を目指す。反射率が高くなれば2次反射、3次反射が生じても器具効率はそのほど低下しない。そこで最近ではa) 項の反射率の高い銀蒸着や多層薄膜処理による無反射処理のガラスや反射率増加処理の反射板などの技術開発が盛んである。

4. 使用条件の考慮

(1)式において、ランプ効率そのものも使用条件により変化することも考慮すべきである。冬の夜、家路につくとき蛍光灯の防犯灯がいかにも寒々しく頼りなげにともっていると感ずることがあるが、実際に夏に比べて光の量が減っており照度が低くなっている。図3に蛍光ランプの周囲温度特性を示す。コンパクト蛍光ランプやHfランプなどでは温度の影響を一層受けやすい。器具組み込みでのランプの

図3 温度特性 (40W 蛍光ランプの場合)

管壁温度が光束が最も大きくなる温度になるように設計されているものもある。最近の器具の傾向として小形化があるが、ランプそのものも小形化される傾向がある。そのためHIDランプ(高輝度放電ランプ)では、発光管を覆う外管をなくしたものもある。この種のランプでは器具組み込み時の温度上昇による光出力の増加の方が器具内での光のロスに比べて大きくなる場合によってはあり得る。結果として器具効率が100%を越えることもあり得る。ただし、裸ランプの光束測定を試験用のガラス管の中に入れて、器具内の温度にほぼ合わせて行ないこれを定格値とすることもあり、この場合には100%を越えない。

5. 1/10ビーム効率の意味

投光器やスポットライトなどでは、最大光度値または直下光度値、その1/10光度角、さらに1/10光度角内にある光束を表すビーム効率、などで光学特性を表現している。

2つの器具が最大光度が同じ場合には、ビーム効率の比較ができるが、たとえば一方の器具の直下光度だけが他方より大きいとすると、1/10ビーム角は小さくなり結果としてビーム効率も小さくなることもある。(直下の球帯係数は他より小さいので)。すなわち、直下光度が大きい方がビーム効率が小さく、性能が悪い印象をうける。しかも直下光度はランプの位置ズレなどの影響を受けやすく、それを基準とするビーム効率よりは器具光軸からの開き角に対する累積効率で評価すべきであろう。

図4 1/10ビーム角とビーム効率

6. 総合的な考慮で高効率実現を

使用場所によっては照明器具に最適なルーバやフードを後付けすることもあるが、器具効率的には最初からそれを考慮して設計しているのに比べて大幅な低下となることが多い。また実際にはランプの光束減退や器具の汚れに伴う反射率、透過率などの低下により、光出力も初期に比べて変化してくる。人の明るさ感と照度とは正比例的に変化するわけではないので、光出力の低下に気がつきにくい。照明器具が点灯しておればそれで初期の状態が維持されているかのように思い込むことになる。しかしある期間使用した家庭用照明器具を年末の大掃除で、ランプが切れないうちに交換したり、器具の清掃をしたりすることにより、見違えるほど明るく感じた経験を持つ人も多いと思う。道路照明や防犯照明でも設置したまま10年以上経過した施設があり、本来の必要な水準を満たしていないところもあるかも知れない。これからは同じエネルギーを消費するのであれば最大限の効果が得られるように、光源や器具の選定、照明設計、保守など総合的に考える必要がある。

参考文献

- (1) ライティングハンドブック (オーム社) '87, P194