資 料

照明器具設計に於ける具備すべき条件[†]

正会員 清水 圭一*

正会員 竹田 一郎*

1. はじめに

照明器具とは、その場所に求められる光環境を作り出す働きを持つものといえよう。家庭には家庭の、オフィスにはオフィスの、工場には工場の明かりがある。それは、ただ単に明かりを制御する手段であったり、時には装飾性を持ったインテリアの一部であったりする。

ここでは、照明器具を設計するにあたり、照明器具をとりまく環境として関連法規・規格類と照明器具の3つの基本性能について述べる。

2. 照明器具の設計手順

一口に照明器具と言っても機能、性能、形状などにより色々な分類ができる、器具の用途などによりとりまく環境にも相違があるため、まず一般的な区分けにより照明器具の概要を表1に示す。

表1 照明器具の分類

分類	概要
使用光源による分類	照明器具に使われる光源の種類、大きさ（ワット）によるもので、よく用いられる。白熱灯（I L）器具、蛍光灯（F L）器具、高圧放電灯（H I D）器具
器具形状による分類	直付器具、吊り下げ器具、スポットライト、ダウンライト、投光器、スタンドなど
取付状態による分類	埋め込み形、直付形、吊り下げ形、卓上形、壁付（ブラケット）形など
光学特性による分類	配光曲線から分類されるもので、1/2 照度角または最大取付け間隔（S/HM）で分類されている。特狭照形（1形）、狭照形（2形）、中照形（3形）、広照形（4形）、特広照形（5形）の5段階である。「照明器具用反射がさ（J I S C 8 1 1 1）」 ²⁾ 次に代表的なものは、配光の対称性により、軸対称、2面対称、1面対称、非対称に区分している。また、中心光度（光軸光度）の1/10の光度に相当する開き角度により分類し、狭角形：30°未満、中角形：30°～60°未満、広角形：60°以上に分類されている。「投光器（J I L 5 0 0 3）」 ³⁾ 他の例では、ではグレアカットする程度によりカットオフ形、セミカットオフ形などの分類がある。「道路照明器具（J I S C 8 1 3 1）」 ⁴⁾
防水性能による分類	水の浸入に対する保護の程度による分類で、防滴形、防雨形、防まつ形、防噴流形、耐水形、防浸形、水中形、防湿形がある。「電気機械器具及び配線材料の防水試験通則（J I S C 0 9 2 0）」 ⁵⁾
電撃保護による分類	クラス0器具（接地不要で基礎絶縁だけで、全体が保護されたもの）、クラスⅠ器具（接地を行う器具、接地極付コンセントプラグを持つ）、クラスⅡ器具（二重絶縁した器具）、クラスⅢ器具（定格電圧がA C 3 0 V以下で使用する器具）に区分されている。「照明器具通則（J I S C 8 1 0 5）」 ⁶⁾
その他	可燃性ガス、引火性液体、粉塵による爆発災害の防止対象で、耐圧防爆構造と安全増防爆構造に区分されている。また粉塵危険場所では特殊防塵構造と普通防塵構造に区分されている。「防爆照明器具通則（J I S C 8 0 0 1）」 ⁷⁾

「照明用語（JIS Z 8113）」¹⁾によれば、照明器具とは「主に光源の配光及び光色を変換する機能を持ち、それらの光

源を固定し保護するため、及び電源に接続するために必要なすべてのものをもつ器具、点灯に必要な付属装置も含む」と定義されている。これより照明器具の機能は3つの機能に大別されるものと考えられる。すなわち、

- 1) 光源からの光を目的に応じた配光、光色を実現する為の光学的な機能
- 2) 光源の保持や保護そして取付構造、強度・熱などを考慮し、十分な耐久性を合わせ持ち、かつ装飾性を具備させるための機械的な機能
- 3) 光源に電力を安全にかつ確実に供給するための電気的な機能

である。

図1に照明器具設計のフローチャート例を示す。実際の設計では、この光学、機械、電気設計を同時に頭の中で相互にフィードバックさせながら、自己調整し目標仕様をどうクリアさせるかの絞り込みを行っている。また、最近ではコンピュータを活用した設計がそれぞれのレベルで実施

図1 照明器具設計のフローチャート例

[†] The Requirement of Luminaire Design

*東芝ライテック㈱ 照明電材部 照明器具技術担当

Keiichi Shimizu, Ichiro Takeda

されている。特に光学設計と構造解析そして図面の機械化への応用が著しく、試作・評価などの設計の効率化、スピードアップに貢献している。

3. 照明器具をとりまく環境

照明器具も電気機械製品の一つであり電気用品取締法など各種の法規、規格類の規制を受ける。照明器具を設計するにあたり規制される代表的な法規、規格類とその概要について表2に示す。

その外にも非常用照明器具の設置・概略構造などを規制した建築基準法、誘導灯の性能、設置について規制する消防法、照明器具に限った話ではないが今年（平成7年）7月に施行された製造物責任（PL）法により従来以上に安全設計に気を配るとともに誤使用の防止につとめなければならないことは言うまでもない。また、表2でも述べたが、国際貿易の関係で国内規格とIECとの整合も加速されてきており、様々な面から規制を受けてきている。

4. 照明器具の3要素

前にも述べたとおり、照明器具は光学特性、機械特性（構造）、そして電気特性の3つに大別される。照明器具の役割は所要の明るさを確保・維持する事が第一であるが、安全の面からは機械的安全、電気的安全を確保することも大変重要である。また、近年では電気工事業者の高齢化や人手

不足から施工性、保守性の容易な器具の要望も多くなっており、照明器具設計における新たな要素となってきた。

4.1 光学特性

照明器具の一番の重要要素であり、他の電気機械製品と最も異なる部分である。光を所望の方向へ制御する事を目的としているが、最近では、明るすぎる（まぶしい）光、所要する以外の方向への光による障害が「光害」という形で現れており、光学設計時の検討項目の一つとなっている。光学設計は古くから、幾何光学を基にした光線追跡法が用いられてきた。また、いくつかの配光予測方法や所要配光を求める形状設計方法が用いられてきた。最近のコンピュータの普及により、これらの設計計算を機械化し、器具効率の大幅な向上や多種の配光特性を持った照明器具の開発が活発に行われている⁸⁾。

しかし、初歩的には光線追跡法と光束対応法がその基本となろう。

光線追跡法とは、図2に示すように文字どおり光源から放射された光線が光学系を経由してどの方向に射出するかを作図により求めるものである。追跡が比較的容易な形状が主たる対象となる。反射鏡では放物面や楕円面がよく用いられ、レンズの場合には球面がよく用いられている。反射板の場合、完全鏡面が前提となる。

光束対応法とは、与えられた配光から反射板形状を求める方法で図3に示すように光源の配光を細分化して器具の

表2 照明器具関連法規・規格とその概要

法規・規格	概 要
電気用品取締法 (法律)	強制法規であり、電気用品（製品）がこれに適合することは前提である。電気用品の製造、販売等を規制することにより、粗悪な電気用品による危険及び障害の発生を防止を目的とし、主に安全面の性能について規制している。従来照明器具は甲種電気用品（政府による事業者登録、型式認可が必要）と乙種電気用品（事業者による自己確認で足りる）に分かれていたが、平成7年7月1日の法改正により長時間専ら無監視状態で使用する電気配線器具等を除き、ほとんどの家電製品が乙種電気用品に移行し、かつ諸外国の電気用品の安全規制法にない安全基準への適合性の確認を事業者自らが行えば足りるという制度に変更された。これにより、安全確保体制の国際的な整合化、PL法の導入を契機とする自己責任原則への移行がはかられた。
再生資源の 利用の促進に 関する法律 (リサイクル法) (時限立法・法律)	平成3年10月25日に施行された法律で(1)再生資源の利用促進に関する基本方針、(2)関係者の責務、(3)事業者に対する個別の処置、の3つの柱から成り立っている。 製造者、事業者側の立場からすると、再生資源材料及び再生資源を用いた製品の拡大、使用後の物品を再生資源として利用できるように合成樹脂材料の工夫と材料名表示、容易に分別解体できるような構造の検討等を事前評価し記録する等が義務づけられている。 (関連：製品アセスメント条例)
エネルギーの 合理化に関する 法律 (省エネ法) (法律)	平成6年4月18日付けの「省エネ法」の施行令の一部改正により、テレビ、複写機、エアコンに加え蛍光灯のみを主光源とする照明器具で以下のa)、b)、c)が特定機器と選定された。 a) 1本のランプが40形以上の蛍光灯を使用した施設用蛍光灯器具及び高周波点灯専用形ランプを使用した施設用蛍光灯器具 b) 家庭用吊りさげ型蛍光灯器具 c) 卓上スタンド用蛍光灯器具 各々次に上げる目標値が制定された。 a) 75 lm/w b), c) 62 lm/w (エネルギー消費効率の算出方法、表示項目等は省略する)
IEC (国際電気標準) (規格)	IEC: International Electrotechnical Commission 電気用品取締法及びJISの国際規格版で電気用品取締法やJISもIEC整合を図っていく方向である。
日本工業規格 (JIS) (規格)	工業標準化法に基いて、政府によって制定されるわが国の鉱工業品等の生産、流通、使用に至る広い分野に関する国家規格である。 JISマークの表示は、指定商品の製造業者が主務大臣に申請し官庁の審査を経て、その許可を受けて行うものでJISマーク品は間接的に政府が品質保証していることになる。 照明器具関連では、照明器具に関するもの、ランプ配線器具等の部品に関するもの、測定や照度基準に関するものなど機械特性、電気特性、光学特性等の全ての項目について関連する規格がある。
日本照明器具 工業会規格 (JIL) (規格)	(社)日本照明器具工業会が照明器具などの標準化を図るため、審議し制定する団体規格でJISの原案となるような規格類である。 JISに採用されたJILは廃止される。
日本電球 工業会規格 (JEL) (規格)	(社)日本電球工業会がランプ、安定器などの標準化を図るため、審議し制定する団体規格でJISの原案となるような規格類である。 JISに採用されたJELは廃止される。

図2 光線追跡法の例⁸⁾

図3 光線対応法の原理図⁸⁾

a) 光源の配光の分割

b) 光束の分配法

所要配光に分配していくもので、点光源であること、完全鏡面であることが前提とされる。

図4は光学系の中で配光に影響を及ぼす主要要素をまとめたもので、設計の要素が3つに大別できる。これらの要素が単独に、あるいは複合してそれぞれの照明器具の配光に影響を及ぼしている。この影響の程度が定量的に評価検討できれば、最適な光学設計に近付くことができる。

図4 配光特性に影響を与える要素⁹⁾

以上は光線の配光、方向を制御する手段について述べたが、光源の種類や光色を変えずに、前述の反射板、レンズ等を変える事により光色、波長を変える事もできる。反射板に多層薄膜を形成して、可視光のみを照射し、熱線（赤外光）を照射させない事で照射物の熱劣化を低減したり、光色を変えることのできる器具の例を図5に示す⁹⁾。

a) 赤外線（熱線）透過反射板の構造

b) 分光エネルギー分布図

c) 器具外観

図5 赤外線（熱線）透過反射板応用器具の例¹³⁾

4.2 機械特性

照明器具の構造部材は、自重に対して変形がなく、安全であることは当然であるが、使用環境を考慮して、地震、風雨、積雪、紫外線などに対しても事前に計算、実験等により、その安全性を確認しておかなければならない。設計時には建設基準法、鋼構造設計基準、JIL (社)日本照明器具工業会規格)等を参考にした仕様決定が必要である。

また、最近では人手不足と人件費の高騰から、施工が確実、スピーディに行える照明器具が要求されるようになってきた。施設用の器具では、その一つに電気結線の容易化があり、ねじ締め方式からプラグイン、コネクタ式が増えてきている。また、照明器具自体の天井への取付けも、開梱から始まる取付準備、本体取付、電源線接続、反射板取付、ランプ取付などにおいても2人作業より1人作業、簡単・確実・スピーディに取り付けられる構造のものが求められてきている。図6に施工性を向上させた器具の例を示す¹⁰⁾。

a) 簡単取付方式の反射板の構造

b) 器具外観

図6 施工性を改善した器具の例¹⁰⁾

施工性同様、照明器具の清掃、点検、ランプ交換等の保守が容易で早く、確実に行えることが求められる。そのためランプ交換のしやすい構造としたり、器具内部を汚れにくくするためのフィルタ付きの照明器具としたり、照明器具を昇降式として、保守時に照明器具が降りてきて地上で清掃、ランプ交換ができるようにしたものがある。

最近の住宅用照明器具では、天井の引掛シーリングに工具を使用せずに器具本体を取り付けられ、かつ、ランプ交換も容易な照明器具が商品化され、その一例を図7に示す¹¹⁾。

図7 施工性、保守性を改善した直付器具の例¹⁴⁾

4.3 電気特性

照明器具に使用される電気部品(端子、電線、スイッチ、ソケット、安定器等)は、先に述べた法規等の規定に適合するのみならず、使用環境に対しての温度、湿度、振動に対して、絶縁抵抗、絶縁耐圧等電気特性が寿命末期まで異常が生じないようなマージンを見込んだ設計としなければならない。特に金属部品の電触熱等による酸化、ゆるみ、黄銅部品のシーズクラック、樹脂の劣化、吸湿によるトラッキング性能の低下、ランプ、太陽光からの紫外線劣化等に気を付けなければならない¹²⁾。特に最近、点灯開始時にパルス電圧を発生する HID 光源が広く使われ始めているので、電気部品はそれらに十分耐えられるものを使用しなければならない。これら照明器具に関連したフィールドにおける劣化程度の発表データは少なく、相互にもっと提供し合うことが望まれる。

5. おわりに

照明器具設計における具備すべき条件として、関連法規類と照明器具の持つ3つの基本性能についてまとめた。本編が照明器具に関係する方々に少しでもお役に立てれば幸いである。

参考文献

- (1) 日本工業規格「JIS Z 8113 照明器具用語」
- (2) 日本工業規格「JIS C 8111 照明器具用反射がき」
- (3) 日本照明器具工業会規格「JIL 5003 投光器」
- (4) 日本工業規格「JIS C 8131 道路照明器具」
- (5) 日本工業規格「JIS C 0920 電気機械器具及び配線材料の防水試験通則」
- (6) 日本工業規格「JIS C 8105 照明器具通則」
- (7) 日本工業規格「JIS C 8001 防爆照明器具通則」
- (8) 佐藤ほか：照明器具の光学設計におけるコンピュータ利用 照学誌66-12 p550~553(昭57)
- (9) 橋端ほか：高色温度変換反射板を用いたスポットライトの開発 照学全大(p43)(平元)
- (10) 富山ほか：省施工形蛍光灯器具の開発 電設学全大(ポストセッション4)(平5)
- (11) 星野ほか：直付照明器具の簡易取付の一方式 照学全大(p168)(平6)
- (12) 松下：劣化診断技術3 照明器具 電気設備学会誌(平5.12)(p43~46)
- (13) 東芝ライテック㈱「Shop Lighting」カタログ('95~'96)
- (14) 東芝ライテック㈱「住宅照明」カタログ('95~'96)

清水 圭一 (正会員)

昭和38年6月13日生まれ。昭和61年東京工芸大学卒業。同年4月東芝電材㈱入社。平成元年4月東芝ライテック㈱発足と同時に移籍、住空間事業部技術担当を経て照明電材部において照明器具の開発に従事。

竹田 一郎 (正会員)

昭和37年10月7日生まれ。昭和60年岡山大学卒業。同年4月東芝電材㈱入社。平成元年4月東芝ライテック㈱発足と同時に移籍、研究所照明技術研究担当を経て照明電材部において照明器具の開発に従事。