

エネルギー効率の国際比較（照明 [家庭及び業務部門]）

平成 20 年 3 月 21 日

RITE システム研究グループ

家庭部門及び業務部門における照明に関して、光源技術、省エネ方法とそのバリアについて概観した後、照明に関するエネルギー効率の国際比較を行った。

1. 照明光源技術

(1) はじめに

照明機器は、その用途により、単に物理的な照度を提供するのみならず、快適性や意匠性を確保することが求められる。従って、眩しさ（グレア）を抑え、場合によっては明暗のコントラストを利用することも必要となる。ここでは、照明機器全般ではなく、その光源に的を絞って、エネルギー効率等の観点から技術的要素についてまとめる。

光源として、従来は白熱灯と蛍光灯が用いられてきたが、近年は LED や有機 EL も注目されつつある。これらの特徴や技術動向について、以下まとめる。

(2) 白熱灯（Incandescent lamp）

ジュール熱による発熱を利用した電球。一般に、白熱灯の電球は安価で演色性*に優れるが、低効率、短寿命（1,000 時間＝一般電球の場合）[1]。フィラメントにはタングステンを用いて、電球中をアルゴンガスで充填しているものが一般的。

*演色性 = 照明が物体を照らした際に、元の物体が自然光で見た場合とどの程度の差異があるかといった指標。平均演色評価(Ra)といった数値評価も行われるが、人間の目で判断した主観的な演色性とは差異がある場合が多い[2]。

白熱灯の種類（価格／寿命） [1]

1. 一般電球(90-150 円／1,000 時間)
2. ボール電球(190-250 円／2,000 時間) ... 装飾効果あり
3. (ミニ)クリプトン電球(190-250 円／2,000 時間) ... 電球内をクリプトンで充填、小型のものが多い
4. ハロゲン電球(2,000-25,000 円／3,000 時間) ... 電球内にハロゲンを若干添付、スポットライト・ダウンライト・スタジオ用・自動車ヘッドランプなどでの利用が多い

以上、価格データは、2007 年 4 月時点の日本の小売価格、寿命は文献[1]に基づく（以下、同様）。

白熱灯の特徴(特に、一般電球)

- 安価
- 高い演色性
- 点滅に強く、初期(0.1 秒から 0.2 秒後)から 100%の光度を発揮
- 全ての白熱電球が、調光器に対応
- 高温多湿な場所でも、防雨・防湿対策を行えば利用可能(屋外、風呂場、洗面台など)
- △ 一般に短寿命 (長寿命化を図ると、エネルギー効率が低下)
- × 低いエネルギー効率

(3) 蛍光灯 (Fluorescent Lamp)

ガラス管内の低圧水銀蒸気中のアーク放電により波長 253.7 nm の紫外線を発生させ、さらに蛍光体で可視光線に変換する光源。一般に、高効率(白熱灯の 1/4 程度の電力消費)、長寿命(6,000 時間から 12,000 時間)。

点灯方式による区分(40W直管蛍光灯の価格)

1. 手動式
2. 点灯管方式(FL)(180-750 円：温白色、3 波長形などは高い)...「スタータ形」と呼ばれる。蛍光管・安定器・点灯管(グロースタータ)からなる／従来型の点灯管を使用した場合は点灯まで 3 秒程度必要 (一方、グロースタータではなく電子点灯管を用いたものもある)
3. ラピッドスタート方式(FLR)(160-500 円：温白色、3 波長形などは高い)...点灯管はなく、磁気漏れ変圧器で始動
4. 高周波点灯方式(Hf、FHF)(440-800 円)...「インバータ式」とも呼ばれる／点灯管はなく、整流回路で直流化した後インバータで高周波交流電力に変換し、点灯させる／家庭向けが中心

形状による区分(価格)

1. 電球形蛍光灯(950-1200 円) ...通常、白熱灯器具(口金 E26)にそのまま用いることが可能
2. コンパクト型蛍光灯(800-2000 円[W 数に依存])
上記 1.及び 2.の二つは CFL(compact fluorescent lamp)と呼ばれる
3. 一般(直管)形蛍光灯(価格については上記点灯方式を参照)... 棒状タイプ、一般にオフィスなどの業務向け
4. 環形蛍光灯(40W 通常タイプ:400-800 円、40W 相当スリムタイプ:1,000-1,200 円)... 一般に家庭向け、より高効率のスリムタイプもある

蛍光灯の一般的特徴

- × 高価/ただし、数年間の使用で白熱灯よりもトータルで経済的
- △ 演色性は一般に低い、改良されたものも
- × 点滅に弱い
- △ 一部の蛍光灯のみ調光器に対応
- × 高温多湿な場所には不向き
- 一般に長寿命
- 高いエネルギー効率

(4) 高輝度放電ランプ (HID: High Intensity Discharge lamp)

金属原子高圧蒸気中のアーク放電を利用した光源。高圧ナトリウムランプ、メタルハライドランプ、高圧水銀ランプの総称。構造が単純であり大型化が容易かつ経済的なため、大規模空間での利用が多い。一般に、エネルギー効率がよく、長寿命であり、演色性も優れている。具体的には、工場、屋外スポーツ照明、体育館やホール・展示場、街灯の他、自動車や鉄道車両の前照灯（ヘッドランプ）での利用が進んでいる。

高輝度放電ランプの一般的特徴

- △ 小型のものは高価だが、大型のものは単位光束当たりの価格で見ると経済的
- 演色性は相対的に優れている
- × 点滅に弱い/または光束が安定・再安定するまで数分間必要
- △ 調光のためには調光用安定器が必要（水銀ランプ、高圧ナトリウムランプ）、メタルハライドランプは調光不可
- 一般に長寿命
- 高いエネルギー効率

(5) 発光ダイオード(LED: Light Emitting Diode)

2005年10月時点で30から40ルーメン/ワットの効率を持つ(実験室レベルの値ではなく、商品段階の効率、白熱灯と蛍光灯の中間程度)。ただし、数年後には100ルーメン/ワットに達する見込み[3]。小型・軽量、視認性、応答性、耐振性に優れ、長寿命(数万時間から10万時間)であるが、発光強度は低く、現在のところ高価。特性を活かし、信号機、小型照明、常夜灯、誘導灯、演出照明（ネオンなど）での利用が進んでいる[4]。

LED照明の一般的特徴

- × 高価/ただし、長寿命高効率であるため長期的には経済的
- 視認性に優れる

- 点滅に強い
- 蛍光灯よりも長寿命
- 高いエネルギー効率（光源にフィルターをかけて発色させる必要がなく、実質的に高いエネルギー効率）
- × 現在のところ、大型／強光度照明には不向き（ただし、自動車の前照灯での利用が今後増加する見込み）
- 将来の大幅な技術改良が見込める

(6) 有機 EL(OLED: Organic Light Emitting Diode)

有機 EL は、表面から順に、表面基盤(透明)、陽極(透明電極)、正孔輸送層、発光材料層、電子輸送層、陰極、裏面基盤といった層構造を成し形成されている。電極間に電圧を加えることで正孔と電子が放出され、発光材料層中で互いに結合することで発光する。正孔輸送層、発光材料は、それぞれジアミン、アントラセンなどの有機物であることから有機 EL と呼ばれる。

光源自体が二次元に広がりを持つといった特徴があり、携帯の画面など、小型・短寿命の商品として実用化が進んでいる。大型化、長寿命化、コスト低減が課題であるが、照明用の光源、薄型ディスプレイなどの商用化が期待されている。

なお、「有機 EL」は、日本での通称名。正しくは、有機エレクトロルミネッセンス(Organic Electroluminescence)、あるいは Organic Light Emitting Diode(OLED)。

有機EL照明の一般的特徴

- × 高価
- △ 一般に短寿命（近年の技術開発により、現在 2,000 時間から 1 万時間程度の寿命）
- 高いエネルギー効率（発光体そのものが平面のため、実質的なエネルギー効率は良好）
- × 現在のところ、大型／強光度照明には不向き
- 将来の大幅な技術改良が見込める
- 極めて薄型のデバイスとして利用でき、デバイスそのものを折り曲げることも可能

以上の光源技術を含め、IEA(2006a) [3]は最新の動向をまとめており大いに参考になる。ただし、これら光源技術の進歩は著しく、以上の情報は、現時点の状況である点に注意が必要である（例えば、電球型蛍光灯/コンパクト型蛍光灯（CFL）は、中国において日本円換算で 100 円程度で販売されており、また現時点で高価とされる LED も安価になりつつある。従って、これらが早い段階で光源の標準となる可能性もある。）

2. 照明に関する省エネ手法とバリア

昼光の有効利用により、大幅な照明需要の低減が図れるとする見方もある。歴史的変遷に関しては文献[5]が詳しく、また最新の手法に関しては IEA(2006b)[6]、IPCC(2007)[7]が詳しい。具体的に文献[6][7]では、採光用の戸、ブラインド自動開閉装置（照明照度の自動調整装置も併設）、パッシブ型太陽光利用パイプ（表面加工したアルミパイプなどにより、可視光を建物内部へ送る装置）などを紹介している。

照明器具の配置の工夫によっても照明需要を低減でき、例えば、IEA(2006b)[6]、IPCC(2007)[7]p.402 では、個別照明を利用し、バックグラウンドの照度を落とす方法は、シンプルながら効果があるとしている。また、不必要な場所にある照明機器や過度の光度を持つ照明設備の削減も効果があるとしている。

ただし、照明需要低減のためのこれら施策には、各種バリアがある。建築物の設計者、昼光の利用技術を扱う業者、照明器具の設置者や電装会社、ランニングコストの支払者（建物の使用者）の間で情報のやり取りが希薄であり、照明機器や昼光利用技術の初期コストとランニングコストを含めたライフサイクル全体でのコスト最小化が行われないこともバリアの一つである。

他方、途上国の一部では、エネルギーアクセス向上の観点から、電気料金を（補助金などにより）低位に抑えつつ、白熱灯を無料で配布するケースもある。白熱灯代替と期待される電球型蛍光灯/コンパクト型蛍光灯（CFL）は、既に途上国でも広く生産販売されているが、一部で寿命が極端に短い粗悪品も販売され、CFL の評判を落としている。さらには、系統電力の品質（電圧等）に蛍光灯の寿命は依存し、電力の品質の劣る地域では白熱灯が依然として好まれる。これらも、照明における省エネの進展を阻害するバリアの一つである[3]。

3. エネルギー効率の国際比較

照明機器の保有及び利用実態については、データの入手可能性が極めて限られており、これは特に途上国で顕著となる。ここでは、IEA(2006a)[3]記載の主要地域別のエネルギー効率（lm/W）及び一人当たり照明需要（Mlm/capita）を基本的に参照しつつ、より細かい地域区分を含め不足するデータに関しては、IEA の Energy Balances における家庭部門、業務部門における電力消費量[8]、一人当たり GDP と照明需要の連関等から独自に推定を行った。

ただし、本推定で扱った照明需要は次の通りであり、IEA(2006a)[3]で「照明」として扱った区分よりも狭い点に注意が必要である。

□考慮した照明需要

- ・いわゆる家庭部門や業務部門の照明需要
- ・政府／公共機関における照明需要
- ・屋外のネオン、道路照明など

□今回扱っていない照明需要

- ・産業部門の工場や倉庫における照明需要
- ・トンネルなどの特殊用途向け照明
- ・系統連結されていない自家発による電力を利用した照明需要、不正に入手した電力による照明機器への給電
- ・非電力による照明需要（灯油ランプ、薪など）
- ・自動車、鉄道などの移動体における照明需要

このような手法、区分により推計された「照明」の地域別効率、及び電力消費量は、表1の通りである。

表1 「照明」のエネルギー効率と電力消費量（2000年時点）

	照明需要 Tlmh/yr	電力消費量 TWh/yr	平均効率 lm/W
United States	21,304	428	49.7
Canada	1,801	36	50.3
EU 15	12,417	241	51.6
Other Western Europe*	430	8	51.2
East Europe**	2,276	49	46.7
Japan	5,384	88	61.2
Korea	1,779	30	58.9
Australia/New Zealand	1,028	21	49.5
China	6,048	113	53.6
India	2,358	55	42.9
Other Asia	4,149	95	43.7
Middle East	3,776	89	42.3
Turky	907	21	42.5
Africa	3,584	84	42.7
Mexico	1,463	35	42.3
Brazil	3,949	93	42.4
Other Central and South America	3,809	90	42.6
FUSSR	6,161	149	41.4
World/Average	82,623	1,724	47.9

* Other Western Europeは、Norway, Iceland, Switzerland, Maltaなど

** East Europeは、Hungary, Poland, Czech, Bulgaria, Romania, Slovakia, Croatia, Slovenia, Yugoslavia, Albania, Bosniaなど

照明需要は、北米、ヨーロッパ、日本、ロシアなどが多い。中国、インド、アフリカ、南米は、人口の割に照明需要は相対的に小さい（今後の増加が見込まれる）。照明の平均効率は、日本、韓国で高く、また最近照明需要の増加が著しい中国の効率が比較的高い。

4. 照明に関するまとめ

ここでは、光源技術、省エネ手法とバリア、照明のエネルギー効率国際比較について検討を行った。光源技術の進歩と価格低下は著しいものがあり、今後もこういった流れは継続すると思われる。また、照明に関する省エネ手法は多数あり、今後の各種省エネの進展が期待される。一方、省エネの実施にあたっては、既に述べた通り各種バリアがあり、今後の所得向上に伴い（エネルギーアクセスの向上、第三次産業の進展などを通して）照明需要は世界的に益々増加すると考えられる。また、光源のエネルギー効率向上に伴い、（電力小売価格の水準によって）いわゆるリバウンドも生じる可能性が高い。

従って、照明に関する「真の省エネ」を進めるためには、効率に優れた機器の普及といった単一の方策のみならず、各種バリアの除去、さらに長期的観点から電力料金水準（補助金の打ち切り、課税額の上乗せ）も含め、総合的に検討することが必要である。

参考文献

- [1] (財)照明学会ホームページ. <http://www.ieij.or.jp/> (最終アクセス日：2007/3/30).
- [2] 東リ株式会社ホームページ. http://www.toli.co.jp/m_library/m_library8_15_2.html (最終アクセス日：2007/3/30)
- [3] IEA (2006a). Light's labor's lost, Policies for energy-efficient lighting, In support of the G8 Plan of Action, 2006.
- [4] LED 照明推進協議会. LED 照明ハンドブック 2006, 2006.
- [5] 日本太陽エネルギー学会. 新太陽エネルギー利用ハンドブック, 新太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会編集, pp.510-516, 2000.
- [6] IEA (2006b). Energy Technology Perspective, 2006.
- [7] IPCC (2007). Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change: Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC.
- [8] IEA (2007). Energy balances of OECD/Non-OECD countries, CD-ROM.