

次世代型照明器具導入による効果の検証

高山 和裕¹・黒肱 裕也²

¹独立行政法人水資源機構琵琶湖開発総合管理所 管理課（〒520-0243 滋賀県大津市堅田2-1-10）

²独立行政法人水資源機構関西支社 事業部 建築課（〒540-0005 大阪府大阪市中央区上町セイビル内）

琵琶湖開発総合管理所の管理棟は、平成4年3月の完成から築20年を迎えた建物であるが、各部位において経年劣化により支障が生じてきている。このうち照明設備では、経年劣化による照明効率の低下がみられ、ランプの取替頻度も目に見えて高くなってきた。

今回、長時間使用する執務室を対象に、低消費電力・長寿命をうたう次世代型の照明器具を導入しコスト削減を図るとともに、その効果の検証を行った。

キーワード：照明器具、経年劣化、コスト削減、省エネルギー、環境 CO2 削減

1. はじめに

地球温暖化対策として2005年に京都議定書が発効され、日本は2008年から2012年の間にCO2などの温室効果ガス排出量を1990年比で6%削減することとなった。更に2009年9月には国連気候変動会議において2020年までに1990年比で温室効果ガスを25%削減する目標を表明している。その中、平成23年3月11日の東日本大震災の発生でクリーンエネルギーとして位置づけられていた原子力発電の施設が大きな被害を受け、電力の供給が不安定なものになった。

全国的に節電が叫ばれるなか、日本政府や民間企業はあらゆる方策を総動員して節電に取り組んでいるが、地球と日本の環境を未来へ引き継ぐため、新技術の開発、導入は喫緊の課題となっている。

琵琶湖開発総合管理所(写真-1)は、1992年(平成4年3月)に建築され、2012年(平成24年)には築20年を迎えた建物である。

建築設備の耐用年数は機器の運転状況により劣化の度合いは違うものの、耐用年数は建物躯体より遙かに短い15~20年であり、総合管理所の照明設備で経年劣化による照明効率の低下が見られるようになった。

今回、長時間使用する執務室を対象に、低消費電力・長寿命の照明器具に改修を行い、前年の同時期と比べ、消費電力、照度などの効果について検証を行ったので、ここに報告する。



写真-1 琵琶湖開発総合管理所全景

2. 建物概要

表-1 に琵琶湖開発総合管理所の概要を示す。

表-1 琵琶湖開発総合管理所概要

所在地	滋賀県大津市堅田2-1-10
規模・構造	地上3階+PH階 鉄筋コンクリート造 ラーメン構造
面積・主用途	延べ床面積2,127m ² 1階床面積870m ² (会議室、受変電機械室等) 2階床面積832m ² (執務室、情報処理室等) 3階床面積352m ² (資料倉庫、仮泊室等) PH階床面積73m ² (高架水槽機械室)
建築年月	1992年3月(平成4年3月)
勾配屋根	フッ素鋼板横葺き
外壁	磁器質二丁掛けタイル横張り

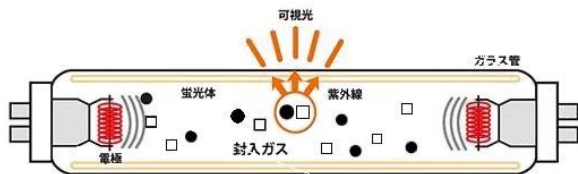
2. 照明方式の検討

従来から使用されている蛍光灯と次世代型と呼ばれる照明の特徴について以下に示す。

(1) 照明器具の種類と特徴

a) 40W型蛍光灯（従来型：HCFL：Hot Cathode Fluorescent Lamp）

これまでの事務所建物で多く使用されているラピッドスタート型の蛍光灯である。ラピッドは「速い」という意味で点灯速度は1～2秒であるが、両側の極（フィラメント）を加熱し放電させるため、1回のON/OFFで1時間程度、寿命が低下する欠点がある。また20年前の安定器を使用している灯具の消費電力は、近年の同型と比較しても10～20%程度多い。点灯の仕組みを図-1に示す。



封入したガスと電子が衝突することにより光を発する
図-1 40W型蛍光ランプの点灯の仕組み

b) Hf（高効率）型蛍光灯（従来型）

省電力のため40W型蛍光ランプの代替品として1998年頃から普及してきた蛍光灯である。高周波の交流電力を用い点灯させる方式で、ちらつきも少なく発光効率が良いため40W型蛍光ランプ同等でも32Wの消費電力でよく、より省エネ化された製品である。

点灯の仕組み、欠点は前述のラピッドスタート型と同じである。

c) LED（Light Emitting Diode）

全国的な節電要請から次世代の照明として注目される照明方式である。

「発光ダイオード（写真-2）」と呼ばれる半導体素子を指し、電極を埋め込んだ樹脂に電圧を加え発光させるものである。近年の技術開発により発光効率が向上しており、いろいろな分野の照明として採用されてきている。



写真-2 発光ダイオードと電球型LED器具

LEDの特徴は、その光源の指向性にある。LEDは光に指向性があり正面から見ると非常にまぶしいが、側面から見るとそれほどでもない。これを直進性光源という。そのためLEDは懐中電灯やスポットライト的な用途に向いている。

LEDは紫外線を含まない光が得られるため、虫の寄りつきや美術品への悪影響がほとんどない光源である。

構造が非常に簡単であるため、大量に生産することができ安く調達が可能であるが、その分品質に“ばらつき”があり発光色の微妙な違いにその影響がでるようである。

現在、40W型蛍光ランプに替わるものとしてLED電球を直列に並べ直管型の蛍光灯として使用できる製品が生産されるようになってきた。（写真-3）



写真-3 LED蛍光灯イメージ

d) 有機EL（Organic Electro Luminescence）

有機ELについては、照明器具としての利用は開発途上の技術である。既に20年も前から研究が続けられており携帯電話などの小さな画面での採用が主だったが、近年大型化が図られてきている。

将来的には極薄の大型ディスプレイへの採用や、天井自体が発光するような照明も考えられる技術である。（写真-4）



写真-4 有機ELイメージ

e) CCFL（Cold Cathode Fluorescent Lamp）

「冷陰極蛍光ランプ」と訳され、液晶画面のバックライトやスキャナー・コピー機の光源として30年程の実績がある。近年テレビやパソコンの液晶のバックライトは点滅性能（反応速度）の良さからLEDが採用されてきており、CCFLが使われる製品は少なくなっている。

CCFLは長年利用されてきた技術で品質も安定しており、発光効率が良く省エネであるため従来の蛍光灯の代替品として開発された。

点灯の仕組みを図-2に示す。

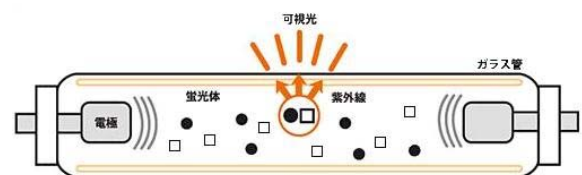


図-2 CCFLの点灯の仕組み

従来型の蛍光灯とは点灯方式が異なり、従来型の蛍光灯では両側の極（フィラメント）を加熱し放電させ点灯させるのに対し、CCFL では両側の電極カップに高電圧をかけ放電させることによって点灯させる。電極加熱がないだけ温度の上昇が小さいので従来型の蛍光灯の「熱陰極」に対し「冷陰極」と呼ばれる。(写真-5)



写真-5 CCFL 蛍光灯イメージ

(2) 演色性

照明の性能として演色性があるが、これは自然光(太陽光)下での色の見え方を 100 とし、それぞれの光源を評価した指数のことで平均演色評価数 Ra の単位を用いる。

光は電磁波の一種で周波数 400nm (ナノメートル) 以下の紫外線から 400nm~800nm の可視光線、800nm 以上の赤外線で構成されている。太陽光をプリズムガラスに通すと虹のように照射され、複数の色(周波数)の集合体であることがよくわかる。

従来型の蛍光灯と CCFL では、その点灯の仕組みからランプ内で発生した紫外線を管の内側に塗布された蛍光体で可視光に変換するため微量の紫外線と可視光線、赤外線として放出されることで光の三原色である R(赤)、G(緑)、B(青)がバランスよく含まれ図-3 のように自然な W(白)が生み出されていた。

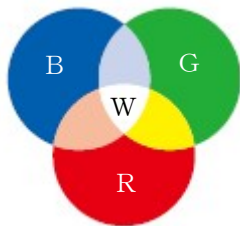
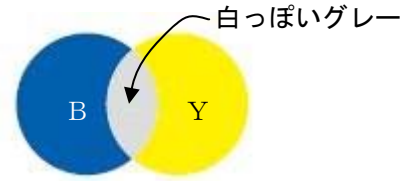


図-3 光の三原色構成による白色

しかし、LED に至っては半導体樹脂の組み合わせにより、必要な色の周波数をもつ光が作り出せるが、光の三原色である RGB を発光できる LED は出力が弱く実用的ではないため、光としては強い周波数を持つ青色の LED に黄色蛍光体を組み合わせ擬似的に白い光源を作り出している。このため図-4 のように不自然な白により、演色性が蛍光灯に比べ低くなってしまふ要因となっている。近年、白色の光源を作るにはいくつかの方法が開発されているが、照明として多く使用されているのは前述の方法である。



青色LED+黄色蛍光体

図-4 白色LEDの1例

それぞれの照明方式の演色性を含めた特徴を表-2 にまとめる。

表-2 特徴比較

方式	40w型	Hf型	LED	CCFL
設定寿命	10,000 h	15,000 h ~ 20,000 h	40,000 h	40,000 h
消費電力	約4年	6年 ~ 8年	約15年	約15年
ランプ価格	1,000	2,700	12,000	7,500
演色性	Ra85	Ra85	Ra70~84	Ra85

※LED は口金がL型のもの

3. 改修方法の決定

改修方法を選定するにあたり、経済比較を行った。比較条件は以下のとおり

- ①40w 型蛍光灯 (既存照明) 継続使用
 - ・設置後 20 年経過のため安定器の取替を行う
- ②H f 型蛍光灯に改修
 - ・既存の照明位置にそのまま 2 灯用を設置すると過剰照度となるため、32w2 灯を 63w 1 灯型の器具とし台数の変更はしない。(天井改修回避)
- ③直管型LEDに改修
 - ・器具新設。
 - ・台数は変更しない。
 - ・日本電球工業界規格(L型口金)の直管型LED
- ④CCFL 蛍光灯に改修
 - ・安定器を経由しないバイパス配線を行うことで既存器具を再利用する。
- ⑤製品価格は公表価格とする。
- ⑥施工費は公共建築工事積算基準による。

表-3 LCC 試算条件

方式	40w型	Hf型	LED	CCFL
点灯時間	12h/日x220日/年=2,640 h			
使用台数	50台			
入力電力	100V			
消費電力	85w/台	65w/台	62w/台	54w/台
電気料金	16円/kwh			

表-4 LCC10年計算表

※継続使用(安定器交換11,770+ランプ2本2,000)x50台x1.25(経費)= 860,000										
40w型蛍光灯	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
ランプ代(初年度安定器)	860,000	0	0	0	50,000	0	0	0	50,000	0
電気代	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520	179,520
合計	1,039,520	179,520	179,520	179,520	229,520	179,520	179,520	179,520	229,520	179,520
累計	1,039,520	1,219,040	1,398,560	1,578,080	1,807,600	1,987,120	2,166,640	2,346,160	2,525,680	2,755,200
HF改修費(既存器具撤去処分2,700円、新設32,800円)x50台x1.25(経費)= 2,220,000										
高効率型蛍光灯	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
器具取替費、ランプ代	2,220,000	0	0	0	0	0	0	135,000	0	0
電気代	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280
合計	2,357,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	137,280	272,280	137,280	137,280
累計	2,357,280	2,494,560	2,631,840	2,769,120	2,906,400	3,043,680	3,180,960	3,453,240	3,590,520	3,727,800
LCC合計差額	1,317,760	1,275,520	1,233,280	1,191,040	1,098,800	1,056,560	1,014,320	1,107,080	1,014,840	972,600
LED改修費(既存器具撤去処分2,700円+新設52,100円)x50台x1.25(経費)= 3,430,000										
LED蛍光灯	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
ランプ代	3,430,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電気代	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048
合計	3,544,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048
累計	3,544,048	3,658,096	3,772,144	3,886,192	4,000,240	4,114,288	4,228,336	4,342,384	4,456,432	4,570,480
LCC合計差額	2,504,528	2,439,056	2,373,584	2,308,112	2,192,640	2,127,168	2,061,696	1,996,224	1,880,752	1,815,280
CCFL改造費(安定器切り離し1,930円+ランプ代7,500円x2本)x50台x1.25(経費)= 1,060,000										
CCFL蛍光灯	1年	2年	3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年
ランプ代	1,060,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
電気代	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048
合計	1,174,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048	114,048
累計	1,174,048	1,288,096	1,402,144	1,516,192	1,630,240	1,744,288	1,858,336	1,972,384	2,086,432	2,200,480
LCC合計差額	134,528	69,056	3,584	-61,888	-177,360	-242,832	-308,304	-373,776	-489,248	-554,720

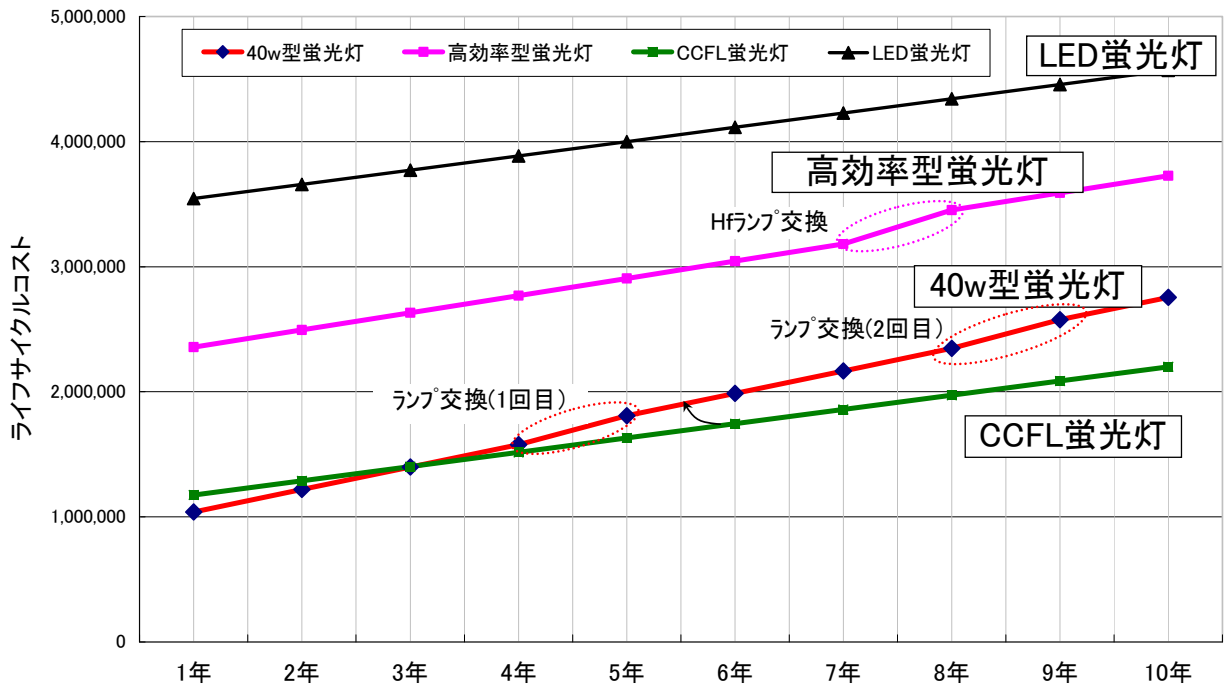


図-5 LCC10年比較グラフ

表-3の照明器具消費電力を比較すると、40w型蛍光灯の安定器を取り替えて継続使用する場合に比べ、Hf型蛍光灯では消費電力が20%、LED、CCFLに至っては42.4%の削減が可能であり、ランプの価格、施工費を考慮した10年間のLCC(ライフサイクルコスト)では表-4、図-5のとおりとなった。

結果、LCC10年計算ではCCFLは、40W蛍光灯を継続して使用するより、わずか3年で費用対効果が得られる試算結果となった。以上のことから、改修で使用する照明器具はCCFLを採用することとした。

4. 導入による効果の検証

4.1 見た目

改修後については**写真-6**のとおり、シャープなラインとなり見た目にもすっきりした外観となった。



写真-6 改修前(上)、改修後(下)

4.2 照度比較

写真-7のように改修前 793Lx、改修後 919Lx と計測位置による差はあるが、概ね 100Lx~200Lx 程度照度が上がった。改修前の蛍光灯の殆どが「設計寿命を迎えた状態（新設時の70%の照度）」と考えると当然の結果ではあるが、かなり明るくなっている。なお、照明器具直下の机上で計測しているため通常必要とされる照度(750Lx)よりも大きく出ている。



写真-7 改修前(左)と改修後(右)

4.3 効果

感覚的には個人差はあるものの、従来型の蛍光灯にあった「ちらつき」がないこと、また演色性（物が自然に見える度合い）も従来型の蛍光灯と変わらず良いため、職員の評判も良く照明による眼の疲れに関しては格段に改善されたように思われる。

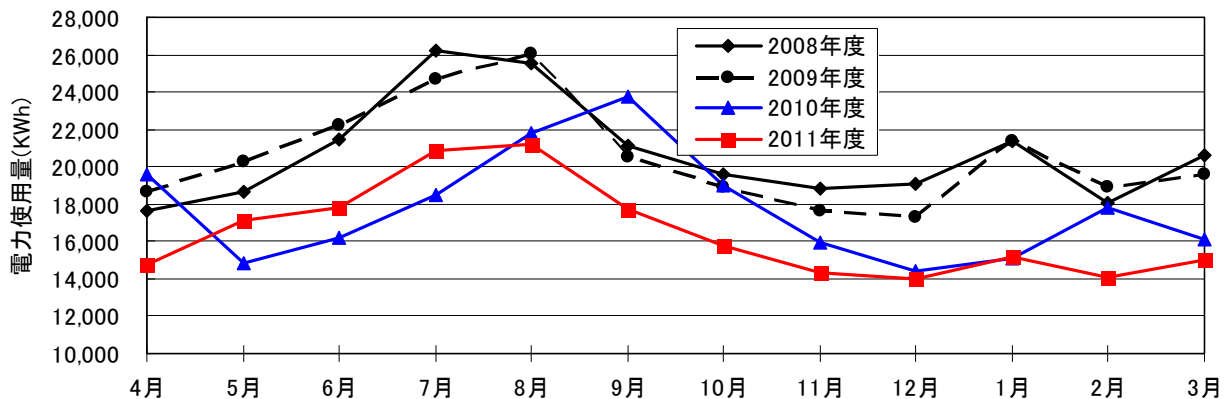
表面温度が従来型の蛍光灯表面より低いため室温に与える影響が少ないものとなっており、空調負荷の低減にもつながっている。

他の効果としては、地震などで落下した場合でも破損しないため安全性が確保できること、安定器が不要なことから安定器の加熱膨張発火の心配がないこと、更には長期に渡りランプ交換が不要なため、職員のランプ交換時における脚立事故の軽減にもなっていることが挙げられる。

4.4 電気料金の検証

2011年3月(平成23年3月)に改修を行ったため2011年度の電気料金を2010年度と比較した。

表-5 電力使用量比較



導入後の4月では電力使用量は大幅に減っており、中間期のため空調等の他の電力使用の影響を受けない月としては照明器具の省エネ化が図られた結果といえるだろう。

しかし翌々月からの3ヶ月間は逆に増えている。これは2011年の5月から7月にかけて前線・台風の影響により防災態勢に入り、執務室の使用時間が伸びているためではないかと思われる。8月からは前年度に比べ使用電力量は減っていることが確認できるため照明改修の効果があったものと思われる。

なお、2009年度の電力使用量が2010年度で大きく減少しているのは、ISO14001におけるCO2削減への取り組みによる効果であると思われる。

5. おわりに

省エネルギー化が図れる次世代型の照明器具に改修することは、コスト縮減や安全面においても大きな効果があることが分かった。東日本大震災の影響により原子力による発電の見通しが立たないことや限りある資源の有効活用等を鑑みると、省エネ製品の開発は一段と加速していくことは間違いない。

水力・風力発電や太陽光発電によるクリーンエネルギーの供給能力を考えると、需要側の機器類において電力消費量削減は当然行わなければならない課題の一つである。

積極的な省エネ製品の導入、改修が更なる省エネを促しコスト縮減のみならずCO₂排出削減にもつながり地球温暖化防止へ大きく貢献できるであろう。

参考文献

- 1) 財団法人省エネルギーセンター. オフィスビルの省エネルギー
- 2) パナソニック電工(株)照明技術資料
- 3) 東芝ライテック(株)LED-T.LEDS 技術資料
- 4) コニカミノルタ-有機EL照明技術資料
- 5) (株)豊光社 CCFL 照明-SOLANA 技術資料
- 6) (株)オプトロム CCFL 照明-E-COOL 技術資料