

電気設備のLCCO₂, LCC削減のケーススタディ 2017

Study on LCCO₂ and LCC Saving on Electrical Installations

(一社)電気設備学会 地球環境委員会

1. はじめに

電気設備学会地球環境委員会では、電気設備に関する環境負荷削減手法のライフサイクルCO₂(以下、LCCO₂)及びライフサイクルコスト(以下、LCC)評価を行っており、近年の技術や価格などの状況変化が著しい、変圧器、照明、太陽光発電の3項目について、最新技術のLCCO₂, LCCによる評価を行い、2015年4月号の学会誌に報告(以下、前回報告)した¹⁾。

その後2年以上経過し、LED照明のさらなる高効率化や太陽光発電の普及に伴うコストダウンが進んだことなどを踏まえ、前回報告内容の見直しを行った。

2. 電力CO₂原単位(排出係数)の動向他

LCCO₂評価において共通な条件である電力CO₂原単位は、前回報告では、電気事業連合会による2013年7月時点の5年間平均値(クレジット反映分)である0.406kg-CO₂/kWhを用いていた¹⁾。

表-1に、2017年8月時点で公開されている電力CO₂原単位のうち、主なものを示す。電気事業低炭素社会協議会が公開した0.531 kg-CO₂/kWhは、2015年度に事業活動を行った39事業者の実績である²⁾。温対法・調整後係数は、特定排出者の温室効果ガス排出量算定用

表-1 電力CO₂排出係数の調査結果^{2), 3)}

出典	排出係数 [kg-CO ₂ /kWh]	公表時期
電気事業低炭素社会協議会	0.531	2017年6月
温対法・調整後係数	東京電力	2016年12月
	中部電力	
	関西電力	
	代替値	

に公開された電気事業者別排出係数であり、2015年度の実績値に基づく値である³⁾。表-1には東京電力等の電気事業者の例と、実際の排出係数が把握できない場合に使用する代替値を示している。本稿は、LCCO₂とLCCの削減手法の一般的な条件による評価を目的としている。また、温対法代替値は実際の使用頻度は低いと考えられる。以上を踏まえ、電気事業低炭素社会協議会の公表値である0.531kg-CO₂/kWhを用いることとした。

なお、その他の共通条件として、電気料金には前回報告にならない、東京電力の最新値である2017年7月時点での業務用電力(高圧)契約の単価を、建築物寿命としては65年を用いた。

3. 変圧器に関する動向

変圧器の効率については、2014年4月より第二次判断基準(第二次トップランナー基準)が告示された以降、新しい基準は公表されていない。このため、LCCO₂, LCC評価における変圧器損失電力量には変化はない。また、コストについても、文献4)を調査した結果では、前回報告で検討対象としたモールド三相300kVAの実勢価格は2830000円であり、2014年9月の価格と同じであった。変圧器の価格は鉄や銅などの材料価格の影響を受けるため、出荷開始後3年以上経過し普及が進みつつあるものの、価格低下はないのが現状である。よって、LCCO₂, LCC削減手法の優位性比較への影響はない。

委員会構成

委員長	滝澤 総	(株)日建設計
委員	小野田修二	大成建設(株)
〃	小田島範幸	清水建設(株)
〃	菊池良直	東光電気工事(株)
〃	小林 浩	(株)トーエネック
〃	鷹野 一朗	工学院大学
〃	寺田克己	東芝インフラシステムズ(株)
〃	留目真行	(株)関電工
〃	本間大策	国土交通省
〃	丸林洋大	パナソニック(株)
〃	森 明	(公財)産業廃棄物処理事業振興財団
〃	渡部裕一	鹿島建設(株)
事務局	齋藤範幸	(一社)電気設備学会

4. 照明に関する検討

4.1 前回報告以降の動向

ここ2～3年の動向としては、LED照明のさらなる普及拡大が挙げられる。器具の低価格化とエネルギー消費効率(lm/W)の飛躍的な向上を背景に、急激に普及率が高まっている。(一社)日本照明工業会の自主統計⁵⁾では、LED照明器具の出荷数量比率が95%を超えてきている。本稿では、最新のLED照明のオフィス専有部への導入効果を、前回報告時の仕様のLED照明器具を使用する場合と比較することで試算した。

4.2 検討条件

前回報告での試算に用いた仮想オフィスと同様の空間を想定した。検討条件、検討対象を次に示す。

(1) 共通条件

- ①年間点灯時間：3 000 時間/年
- ②センサによる削減効果(LED一体型)：
明るさセンサのみ 25%，明るさ+人感センサ 44%
※LED一体型器具における削減効果は、オフィス専有部の試算に用いた照明器具の保守率0.86を使用し、文献1)の計算方法により算出した。
- ③器具選定：同一台数でほぼ同照度となるよう2017年度公共施設型番から選定した。
- ④修繕周期、修繕率：10年、20%
- ⑤更新周期：20年
※LED寿命の製造者公称値は、40 000時間のものが多いが、試算上更新周期を20年とした。
- ⑥器具単価：文献4)の単価を基本とし、文献4)に記載がない製品については、前回報告資料の単価とした。

(2) オフィス専有部の検討条件(図-1)

- ①平面プラン：6.4m×12.8m(3.2mスパン)
- ②天井高さ：2.7m
- ③設定照度：机上面(床面高さ0.8m) 750 lx
- ④器具形式：埋込下面開放

4.3 検討ケースと検討結果

(1) オフィス専有部への最新LED照明の導入

前回報告までの検討に使用した次のケースに最新LED照明を追加した。今回は、ケースe)からケースh)2017についての比較検討を主体とした。

- ケースa) FLR40W×3灯用
- ケースb) Hf32W×2灯用
- ケースc) Hf32W×2灯用+明るさセンサ
- ケースd) Hf32W×2灯用+明るさセンサ+人感センサ

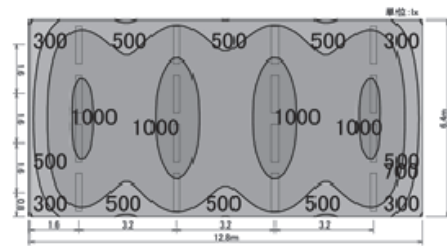


図-1 オフィス専有部の平面図と照度分布の例

- ケースe) LED(直管ランプ交換型)
- ケースe)2017 LED(直管ランプ交換型)
- ケースf) LED(一体型)
- ケースf)2017 LED(一体型)
- ケースg) LED(一体型)+明るさセンサ
- ケースg)2017 LED(一体型)+明るさセンサ
- ケースh) LED(一体型)+明るさセンサ+人感センサ
- ケースh)2017 LED(一体型)+明るさセンサ+人感センサ

LCCO₂の評価結果を図-2及び図-3に示す。前回報告時に比べて器具効率の向上により消費電力が小さくなり、LCCO₂削減効果は大きく、ケースf)2017のLED(一体型)では、30%程度の削減となった。明るさセンサと人感センサを組み合わせたケースh)2017では、運用時の電力削減に大きな効果があるため、ケースf)と比較して60%以上の削減効果を期待でき、LCCO₂の低減に寄与する。

図-3では、直管ランプ交換型LEDと一体型LEDを比較しているが、一体型LEDの技術進歩が著しく、LCCO₂削減に有効であることが分かる。

LCCの評価結果を図-4及び図-5に示す。図-4、5の傾向は、図-2、3のLCCO₂と同様である。いずれのケースでも、設備費用よりも電力量が占める割合が大きいため、LCC低減のためには最新LEDの使用とセンサの併用が効果的である。また、図-5より、ケースe)2017とケースf)2017では器具単価の差も大きくなっており、この点からも最新一体型LEDの使用が有効であることが伺える。

このように一体型LEDの技術進歩は著しい。直管ランプ交換型LEDよりも放熱効率の高い製品設計が可能のため、高いエネルギー消費効率(lm/W)の製品開発が進んでいる。前回報告時のエネルギー消費効率(lm/W)は100 lm/W前後だったものが、現在では150 lm/Wを超えており、高効率に特化したタイプでは、既に190 lm/Wに達している製品もある。このような背景の中で、ベースライトにおいては一体型の出荷比率が90%近くを占めている。

運用時の省エネ効果を考慮した単位設備電力を図-6

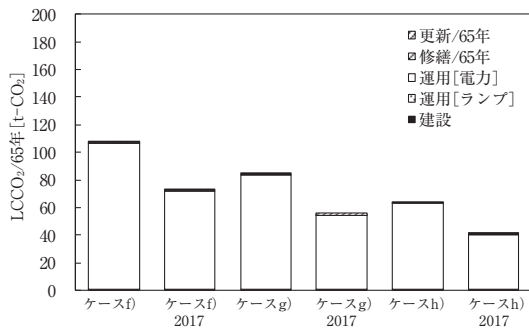


図-2 オフィス専有部のLCCO₂ 試算結果(1)
(一体型LEDの比較)

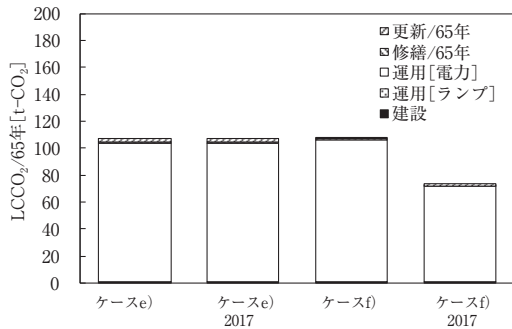


図-3 オフィス専有部のLCCO₂ 試算結果(2)
(直管ランプ交換型LEDと一体型LEDの比較)

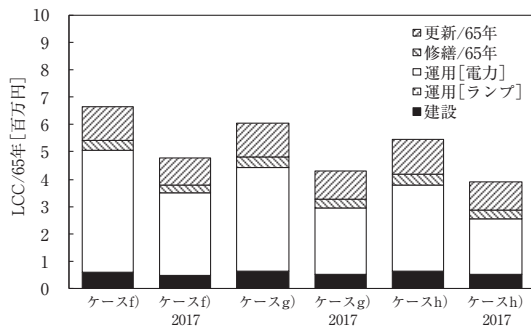


図-4 オフィス専有部のLCC 試算結果(1)
(一体型LEDの比較)

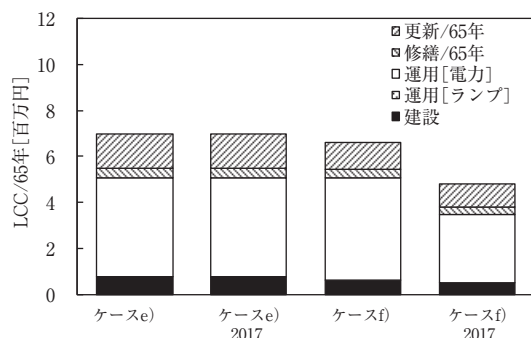


図-5 オフィス専有部のLCC 試算結果(2)
(直管ランプ交換型LEDと一体型LEDの比較)

に示す。Wh/h/m²で見ること、単純に省エネルギー性能が評価できる。最新の一体型LEDであるケースf) 2017は8.4Wh/h/m²であり、前回報告時最新であったケースf)に比べ33%の大幅減となっている。また、各

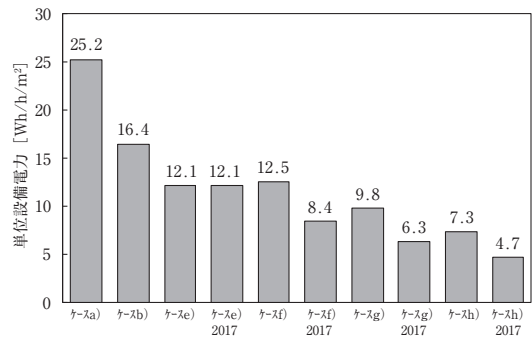


図-6 オフィス専有部の単位設備電力の試算結果

種センサを組み合わせた場合においても、同様の傾向が見受けられる。

以上の試算結果から、一体型LED照明にプラスして、センサ類の活用が省エネルギーに大きく貢献することが再認識された。今後も一体型LEDの動向に注視し、最適な照明方式・制御方式を選定するべきと考えられる。

5. 太陽光発電に関する検討

5.1 近年の動向

2012年7月に導入された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」以降、太陽光発電の導入が進んでいる。このため設置費用も安くなってきたが、同時に買取価格も毎年安くなっている。その影響から発電事業者は、なるべく発電電力量を多くするために、パワーコンディショナ(PCS)の定格出力以上の太陽電池(PV)モジュールを設置する設計、いわゆる過積載設計を行うようになった。これにより、発電所出力が同じでも実発電電力量が変化することになり、LCCO₂やLCCの試算結果に影響が生じる。また、電力系統の電圧上昇抑制を目的に、発電事業者が電気事業者からの要請で、PCSを電力系統からみて一定の遅れ率で運転する力率一定制御が一般的になりつつある。この力率一定制御を行うと、過積載設計の発電所では発電電力量に若干の影響を与えるといわれている。

これらの背景を踏まえ、過積載設計及び力率一定制御を行った場合の試算を行った。

5.2 検討対象

検討ケースは、前回報告の出力10kWをベースに次のとおりとした。

ケースa) 標準：PCS10kVA、PVモジュール10kW
PCS定格容量と同じ公称出力のPVモジュールを設置した場合である。

ケースb) 過積載：PCS10kVA、PVモジュール12kW
PCS定格容量10kWに対して1.2倍の公称出力のPVモジュール(12kW)を設置した場合である。

ケースc) 力率一定制御:PCS10kVA, PVモジュール12kW, 力率一定制御

ケースb)に対して, 電圧上昇抑制対策として力率一定制御を行った場合である。力率値は東京電力等が推奨している90%とする。

LCCO₂とLCCは, 太陽光発電を設置しない場合を基準とし, 基準よりCO₂排出量やコストが増加する分をプラス, 削減できる分をマイナスとして評価した。

5.3 検討条件

試算のための各種条件を, 次のとおり設定した。

(1) 年間発電電力量

太陽電池モジュールを, 東京地区, 南向き, 傾斜角度20°で設置する条件で, NEDOが提供する発電量試算ソフトウェアのSTEP-PV Ver.2 試用版を用いて計算した。前回報告で使用したSTEP-PVとの大きな違いは, 計算の基となる気象データが新しくなった点である。

(2) 買取価格

2017年度の10kW以上の買取価格である21円+消費税とした。

(3) 建設時コスト

文献6)に記載された, 2016年度の固定価格買取制度の買取単価の設定根拠として示されたコストデータのうち, 10kW~50kWの2016年通年の平均値である327千円/kW(前回報告では369千円/kWを採用)を, 文献7)における部材別コストデータの比率で按分し, 最新の部材別コストとして計算に用いた。

上記以外の条件は, 全て前回報告と同じとした。

5.4 検討結果

LCCO₂の評価結果を図-7に示す。ケースa)では削減できるCO₂排出量のほうが大きく, 折れ線で示したLCCO₂合計はマイナスである。ケースb)は, ケースa)に対して建設時と更新時のCO₂排出量がPVモジュールを1.2倍とした分だけ大きくなるが, 発電電力量がほぼ1.2倍(計算上は1.198倍)になるため, LCCO₂削減量はケースa)より大きくなる。

ケースc)では, 力率一定制御が発電電力量に影響を与えるのは, 発電電力が定格容量10kVAに力率90%を乗じた9kWを超過する場合のみであるため, 発電電力量はケースb)とほぼ同じ(計算上は0.99倍)である。また, ケースb)のPCの制御方法を変更するのみであるため, 建設時や更新時のCO₂はケースb)と同じである。よって, LCCO₂試算結果はケースb)とほぼ同じである。

LCCの評価結果を図-8に示す。ケースa)では削減で

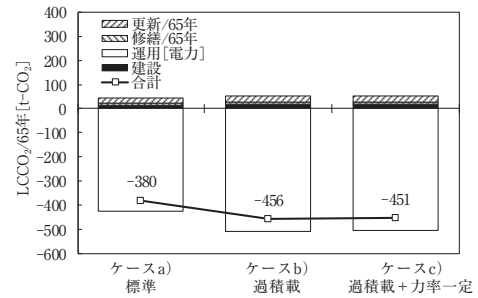


図-7 太陽光発電に関するLCCO₂の試算結果

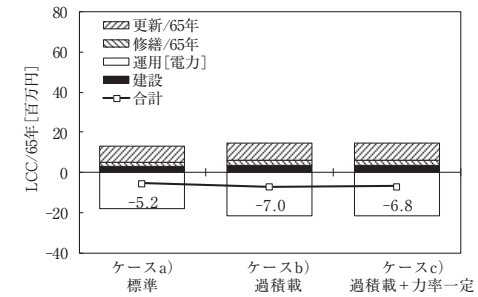


図-8 太陽光発電に関するLCCの試算結果

きるコストのほうが大きく, LCC合計はマイナスである。ケースb)は, ケースa)に対して建設時と更新時のPVモジュール分のコストが1.2倍になるが, LCC合計はマイナスである。

ケースc)では, ケースb)より発電電力量が減るのみLCC合計がケースb)より大きくなる。

以上の結果から, 過積載設計はLCCO₂とLCCの削減に寄与し, 力率一定制御がLCCO₂とLCCに与える影響は小さいことが確認できた。

6. おわりに

本稿では, 照明と太陽光発電に関する最新のLCCO₂とLCC評価事例を紹介した。これら以外にも, 最近蓄電池の導入も進みつつあるが, 前回報告で試算したりチウムイオン電池の更新・修繕やコストに関わる情報が十分ではない。これを踏まえ, 今後地球環境委員会では, 蓄電池に関する調査を実施する予定である。

参考文献

- 1) 電気設備学会:「地球環境を考慮した電気設備」IEIEJ-B-0030(2003年)
- 2) 電気事業連合会:「電気事業からのCO₂排出量等について」, http://www.fepc.or.jp/about_us/pr/kaiken/_icsFiles/afiedfile/2017/06/16/kaiken_20170616.pdf
- 3) 環境省:「電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)-平成27年度実績-」, <http://www.env.go.jp/press/files/jp/106409.pdf>
- 4) 建設物価調査会:建設物価(2017年6月号)
- 5) 日本照明工業会:照明器具自主統計(2017年6月分)
- 6) 資源エネルギー庁:「電源種別(太陽光・風力)のコスト動向等について」, 平成28年11月
- 7) 資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課:「平成24年度 新エネルギー等導入促進基礎調査太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」(2013)