

No.03 -LED 関連材料-

調査責任者 一般社団法人日本化学工業協会

1. 調査の目的

LED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード) とは、電流を流すと発光する半導体 (ダイオード) である。その LED を光源とする電球が LED 電球である。LED 電球は、有機 EL 照明と共に次世代の省エネ型の照明として注目されており、省エネの一つの指標である発光効率 (lm/W) が高いのが特長である。今後、照明だけでなく IT 機器やエレクトロニクス機器における表示装置や車向けランプなど様々な用途が期待されている。本事例は照明に使用する LED 電球の CO₂ 排出削減貢献量を定量的に把握するために cLCA による評価を行った。

①CO₂ 排出削減貢献の内容

長寿命、かつ消費電力が少ない。

②LED で使用される化学製品例

- ・ LED パッケージ、チップ
- ・ LED 基板 (GaAs、GaP、GaN、SiC、サファイア)
- ・ MO-CVD 用有機金属
- ・ LED 封止材 (エポキシ、シリコーン)
- ・ LED 樹脂パッケージ (リフレクタ樹脂: ポリアミド系、シリコーン、液晶ポリマー)
- ・ LED セラミックスパッケージ
- ・ 蛍光体、高放熱性基板、高反射率フィルム、照度向上塗料など

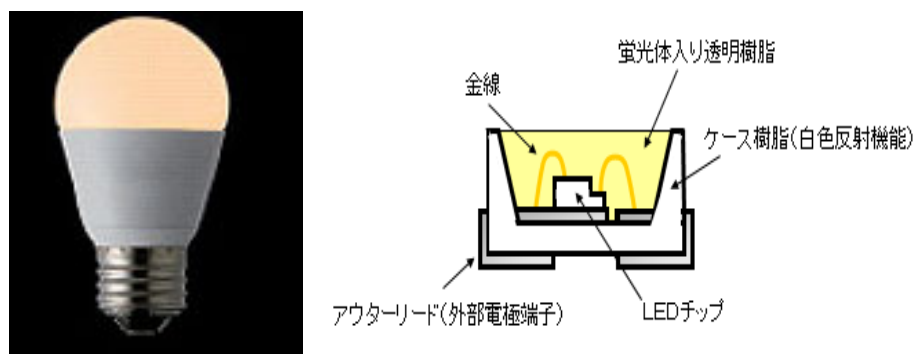


図 3-1. LED 電球の外観と構造

2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は LED 電球と白熱球を対象としたものであり、そのバリューチェーンを下図に示す。



図 3- 2. 本事例のバリューチェーン

3. 製品の比較

本事例は、電球のライフサイクルにおける CO₂ 排出量を評価したものであり、評価対象製品は LED 電球、比較製品は白熱電球である。どちらの製品もライフサイクルを考慮して CO₂ 排出量を算定している。評価対象製品の LED 電球は白熱電球よりも使用する際の消費電力が少なく、製品寿命が長いことから使用時の CO₂ 排出量が少ない。

2018 年度における評価対象製品の LED 出荷数量¹⁾は 21,677 千個、比較製品の白熱電球の出荷数量は 57,462 千個である。2030 年においては減少傾向の度合いが弱まり、16,842 千個程度に収まると予測した。(「8. 今後の予測」を参照)

表 3- 1. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
LED 電球	白熱電球

本事例による CO₂ 排出削減貢献量は、評価対象製品が存在しなければ比較製品を使い続けていたとみなし、「評価対象製品が普及したことによって、比較製品を使い続けた場合よりも削減された CO₂ 排出量」を表現している。

4. 機能単位

4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は製造方法の異なる電球を評価したものであり、どちらの電球も照明としての機能は同じである。両製品の違いは、主として電球を使用する際に消費される電力消費量と製品寿命である。したがって、同一の点灯時間において比較を行うため、機能単位は LED 電球の製品寿命²⁾である 40,000 時間とした。

LED による便益を受けるユーザーは同製品の利用者である。

- ・機能

 - 明るさの提供

- ・機能単位

 - 40,000 時間の点灯(LED 電球の生涯点灯時間)

- ・便益を受けるユーザー

 - LED 電球の利用者

4.2 品質要件

評価対象製品である LED 電球は発光効率が³⁾150lm/W(2015 年頃の見込み³⁾)と高く、この効果によって消費電力が少ない。これに対して白熱電球の発光効率は 15lm/W である。また LED 電球は調光機能にも優れており、HEMS/BEMS といったエネルギー管理システムの一部に組み込まれ、エネルギー利用のキーテクノロジーとなる可能性を秘めている。

4.3 製品のサービス寿命

評価対象製品である LED 電球のサービス寿命は 40,000 時間²⁾とした。比較製品である白熱電球の製品寿命は 1,000 時間²⁾とした。

4.4 時間的基準と地理的基準

CO₂ 排出量の算定に用いた電球のデータは 2009 年のデータである。

本事例は、対象年(2030 年)1年間に製造された製品をライフエンドまで使用した際の CO₂ 排出削減貢献量として算定している。

電球の使用段階の CO₂ 排出係数は電気事業分野の「自主的枠組みの概要」及び「電気事業における低炭素社会実行計画」⁴⁾(平成 27 年 7 月 17 日公表)に基づく 2015 年時点での 2030 年目標値とした。

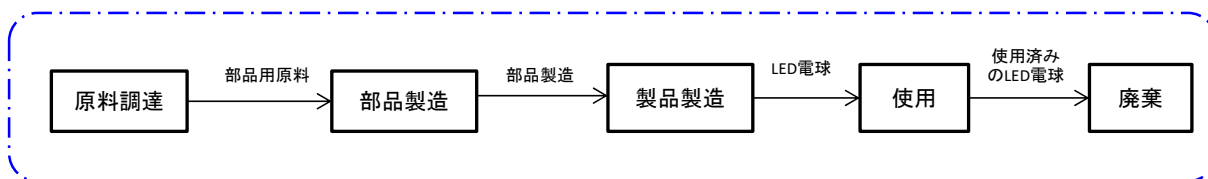
対象地域は日本とした。

5. 算定の方法論

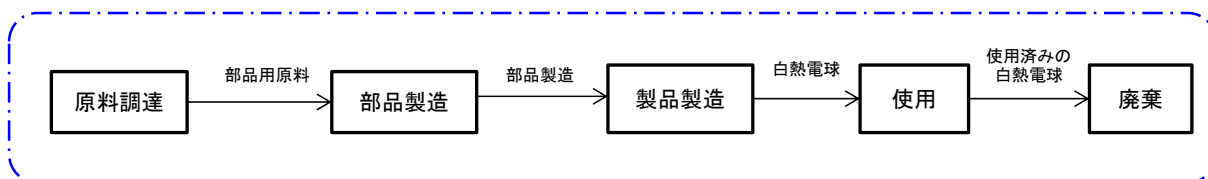
5.1 境界の設定

評価対象製品と比較製品の双方について、原料調達、製品製造、製品の使用、廃棄に係るプロセスをシステム境界に含めた。

【評価対象製品のシステム境界】



【比較製品のシステム境界】



注: 本図ではプロセス間の輸送を省略している。

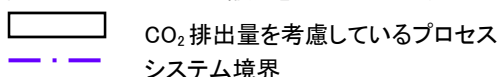


図 3- 3. システム境界

5.2 前提条件

・点灯時間

LED の製品寿命が 1 個あたり 40,000 時間であることから、製品寿命の違いにより LED 電球では必要個数が 1 個に対し、白熱電球は 40 個となる。したがって LED 電球 1 個分の生涯点灯時間 40,000 時間を基準とし、これに見合った電球の必要個数(LED 電球 1 個、白熱電球 40 個)において比較した。

5.3 主要パラメータ

使用段階における評価対象製品と比較製品の CO₂ 排出量差が大きいことから、これに与える影響が大きい主要パラメータとして①電球の消費電力が挙げられる。また、電球 1 個当たりの製品寿命は比較製品の 1,000 時間に比べて評価対象製品は 40,000 時間であることから②電球の製品寿命も評価に影響を与えるパラメータである。

5.4 不確実性と将来的進展シナリオの統合

2030 年度の CO₂ 排出削減貢献量の算定をベースケースとしており、将来に大きな変化もおこらないと想定した。

6. 貢献の度合い(重要性)

LED 電球を使用することによって、使用時に消費する電力量を抑制することができ、この電力使用に伴って排出される CO₂ 排出量の削減に貢献している。CO₂ 排出削減貢献量は、化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から電球の利用者を通じたバリューチェーン全体に帰属している。

貢献度合い		化学製品と最終製品の関係
○	基本的 (Fundamental)	その化学製品は、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にする上で重要な要素である。
	必要不可欠 (Extensive)	その化学製品は重要な要素の一部であるとともに、最終製品を用いて GHG 削減貢献を可能にするためにその化学製品の特性・機能が必要不可欠である。
	実質的 (Substantial)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、最終製品による削減貢献量に影響なく容易に置き換えられるものではない。
	間接貢献 (Minor)	その化学製品は GHG 削減貢献に直接的な貢献をしていないが、基本的又は広範囲に貢献している製品の製造プロセスで用いられている。
	貢献対象外 (Too small to communicate)	その化学製品は、最終製品を用いた GHG 削減貢献量に変化を及ぼさずに置き換えが可能である。

7. CO₂ 排出量の算定結果

LED 電球と白熱電球の製品寿命および消費電力を表 3- 2、ライフサイクルにおける CO₂ 排出量を表 3- 3 に示す。

LED 電球1個分の生涯点灯時間 40,000 時間を基準とし、これに見合った電球の必要個数(LED 電球1個、白熱電球 40 個)についてのライフサイクル全体の CO₂ 排出量を算定した結果、評価対象製品 1 個(40,000 時間点灯)当たりにおける CO₂ 排出量は 122.062kg-CO₂、比較製品(40 個: 40,000 時間点灯)は 601.420 kg-CO₂となった。

●製品寿命と消費電力

使用時の消費電力は LED 電球が 8W、白熱電球が 40W であり、白熱電球の方が大きい。

・使用時の消費電力比較

LED 電球は、1 個当たりの消費電力(LED: 8W/個、白熱: 40W/個)が小さいことに加え、長寿命のため必要個数が少ない(40,000 時間まで使用、LED: 1 個、白熱: 40 個)。

- ・ CO₂ 排出係数(kWh 当たりの発電に伴い排出された CO₂ 排出量)

公共電力：0.37kg-CO₂/kWh⁴⁾

表 3- 2. 製品寿命と消費電力

	評価対象製品 LED 電球	比較製品 白熱電球	単位
製品寿命	40,000	1,000	時間
40,000 時間の点灯を達成するために必要な個数	1	40	個
消費電力量	8	40	W/個

●原料調達～製品製造段階の CO₂ 排出量⁵⁾

電球 1 個当たりの製造時消費電力は LED 電球が 9.9kWh、白熱電球が 0.612kWh であり LED 電球の方が大きい。

評価対象製品 1 個(40,000 時間点灯)当たりにおける原料調達から製品製造までの CO₂ 排出量は 3.66kg-CO₂、比較製品(40 個:40,000 時間点灯)の CO₂ 排出量は 9.06kg-CO₂ である。

●使用段階の CO₂ 排出量⁵⁾

評価対象製品 1 個(40,000 時間点灯)当たりにおける使用段階の CO₂ 排出量は 118.4kg-CO₂、比較製品(40 個:40,000 時間点灯)の CO₂ 排出量は 592kg-CO₂ である。

●廃棄段階の CO₂ 排出量⁶⁾

評価対象製品 1 個(40,000 時間点灯)当たりにおける廃棄段階の CO₂ 排出量は 0.002kg-CO₂、比較製品(40 個:40,000 時間点灯)の CO₂ 排出量は 0.360kg-CO₂ である。

・LED 電球 1 個(40,000 時間)当たりの CO₂ 排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品の CO₂ 排出量の差から算出した CO₂ 排出削減貢献量は 479 kg-CO₂/個(40,000 時間)となる。

表 3-3. 40,000 時間当たりの CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量

区分	評価対象製品 LED 電球	比較製品 白熱電球	単位
①原料調達～製造・組立時			
原料調達～製造・組立時の消費電力	9.9	0.612	kWh/個
LED 製品寿命見合いの製造個数	1	40	個
電力の CO ₂ 排出量	0.37	0.37	kg-CO ₂ /kWh
小計:原料調達～製造に係わる CO₂ 排出量	3.66	9.06	kg-CO₂
②使用時			
40,000 時間使用時の消費電力	320	1,600	kWh
電力の CO ₂ 排出量	0.37	0.37	kg-CO ₂ /kWh
小計:使用に係わる CO₂ 排出量	118.4	592.0	kg-CO₂
③埋立			
埋立個数	1	40	個
埋立に係る CO ₂ 排出量	0.002	0.009	kg-CO ₂ /個
小計:廃棄に係わる CO₂ 排出量	0.002	0.360	kg-CO₂
ライフサイクル全体の CO₂ 排出量(①～③の合計)	122.062	601.420	kg-CO₂
CO₂ 排出削減貢献量(40,000 時間)	▲479		kg-CO₂/個

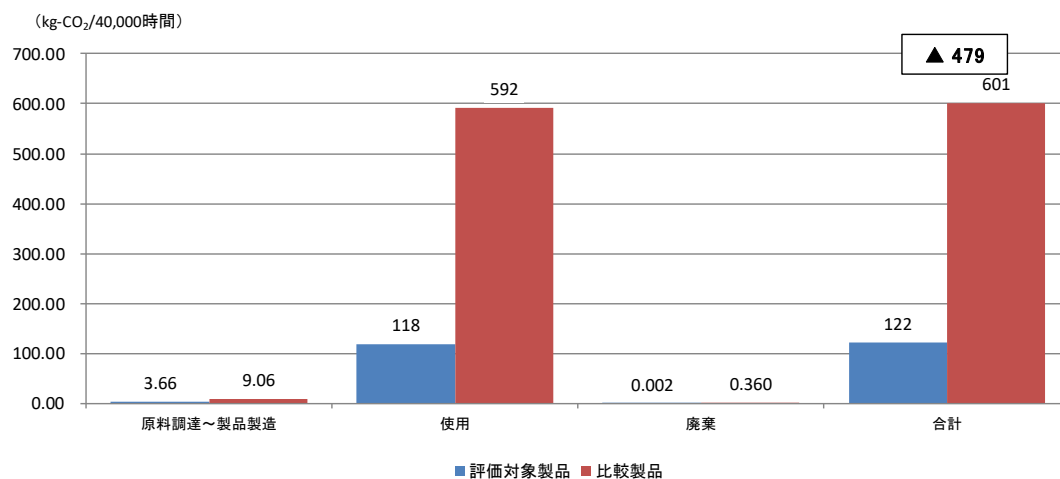


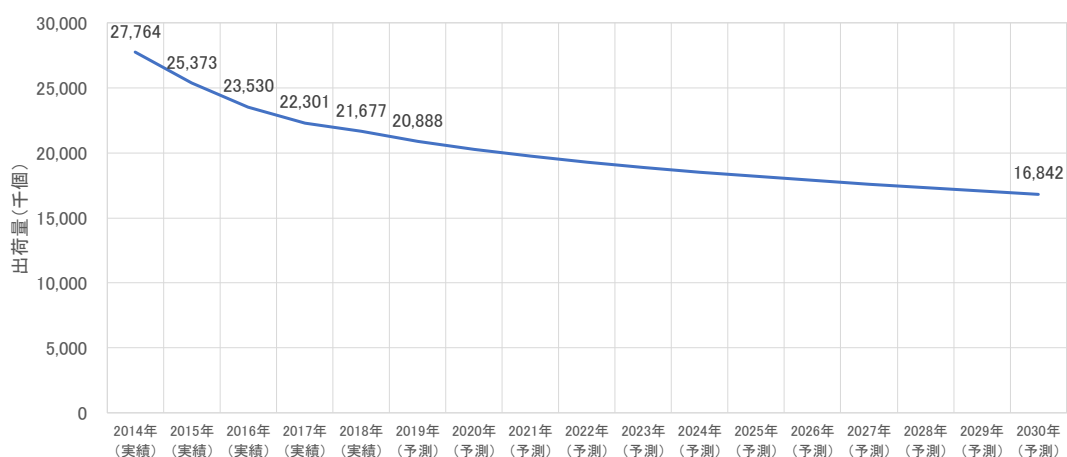
図 3-4. 40,000 時間当たりの CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量

8. 今後の予測

本事例の 2030 年における CO₂ 排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①日本全体の市場規模(見込) 2030年 16,842千個

2018年度における評価対象製品のLED出荷数量¹⁾は21,677千個、比較製品の白熱電球の出荷数量は57,462千個である。LED電球は2014～2018年度にかけて減少傾向にあり、2030年までは減少の度合いが弱まり、16,842千個程度に収まると予測した。



出典：一般社団法人日本照明工業会の出荷量から推計

図3-5. 出荷実績と2030年の予測

②40,000時間当たり(LED電球1個)のCO₂排出削減貢献量 479kg-CO₂/個

③CO₂排出削減貢献量

$$\begin{aligned}
 &40,000 \text{ 時間当たりの CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \times \text{市場規模(見込)} \\
 &= 479 \text{ kg-CO}_2 / \text{個} \times 16,842,000 \text{ 個} \\
 &= 8,067 \times 10^6 \text{ kg-CO}_2 \\
 &= 8,067 \text{ kt-CO}_2
 \end{aligned}$$

表3-4. 2030年に導入されるLED電球によるCO₂排出削減貢献量

項目	数量	単位
1) 2030年の市場規模(見込)		
・LED電球の市場規模(見込)	16,842	千個
・LED電球1個あたりのCO ₂ 排出削減貢献量	▲479	kg-CO ₂ /個
2) CO ₂ 排出削減貢献量	▲807	万t-CO ₂

評価対象製品のCO₂排出量は122.062kg-CO₂/40,000時間であり、2030年における市場規模(見込)は16,842千個であることから、CO₂排出量の総量は206万t-CO₂(122.062kg-CO₂/40,000時間×16,842千個=2,056kt-CO₂)となる。

9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例はLED電球の製品寿命を40,000時間で評価し、今後の予測は2030年の市場規模(見込)に基づいてCO₂排出削減貢献量を算定したものである。したがって使用段階の消費電力、明るさが異なるLED電球、直管型のLED照明については個別の評価が必要であり、その結果によってはCO₂排出削減貢献量の算定結果が異なる。

10. 課題

現在のLED電球は一般電球タイプ、直管タイプ等の多くの種類があり、白熱電球や蛍光灯を代替するものとして広く普及している。したがって、LED電球の比較基準として、LED電球と白熱電球の対応種の比較、明るさ、輝度、照度などの基準に基づく比較についての検討が今後の課題である。

参考文献

- 1) 電球類年度生産・出荷(販売)統計, (一社)日本照明工業会
https://www.jlma.or.jp/tokei/pdf/lamp_statistics01-2014-2018.pdf
- 2) LEDの寿命, 特定非営利活動法人LED照明推進協議会
http://www.led.or.jp/led/led_life.htm
- 3) 白色LEDの技術ロードマップ(2008年), 特定非営利活動法人LED照明推進協議会
- 4) 電気事業分野の「自主的枠組みの概要」及び「電気事業における低炭素社会実行計画」, 平成27年7月17日公表
https://www.fepec.or.jp/news/_icsFiles/afieldfile/2015/07/17/20150717_CO2.pdf
- 5) “Life Cycle Assessment of Illuminants: A Comparison of Light Bulbs Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps”, OSRAM(2009年12月)
- 6) MiLCA(MiLCAマスタ・データベース構造バージョン:1.2.0、IDEAバージョン名:IDEA Ver.1.1.0)

※著作権の帰属について

本著作物の著作権は著作者に帰属し、著作物の一部または全部を無断で複写・複製・転載することを禁じる。なお本著作物の著作者は一般社団法人日本化学工業協会とする。