

省エネルギー その4 -LED 関連材料-

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

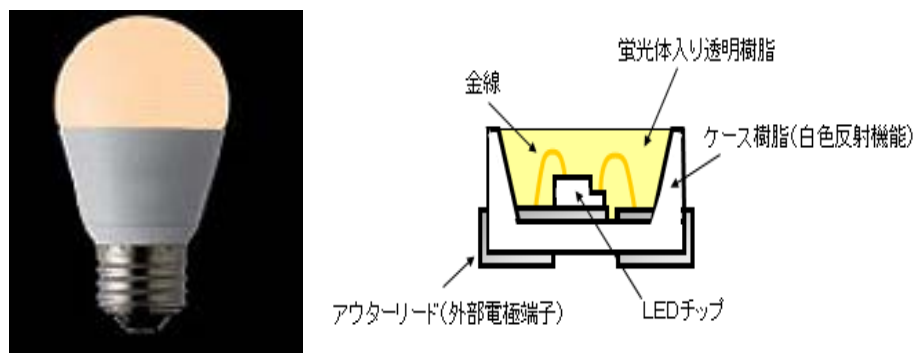


図 22. LED 電球の外観と構造

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 23. 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。

2009年における評価対象製品のLED販売数量は2,200千個（シェア2%）、比較製品の白熱電球の販売数量は99,879千個である。2020年においては、LED電球の普及が進み、28,000千個に増大するものと予測した。

表 19. 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

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電球の製品寿命である25,000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
25,000時間の点灯²⁶⁾（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 150lm/W (2015 年頃の見込み²⁷⁾) 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マネジメント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 25,000 時間²⁶⁾とした。特定非営利法人 LED 推進協議会によると LED 電球の一般的な製品寿命は 40,000 時間であるが、本報告書では OSRAM 社のレポート内容を引用しているため、LED の製品寿命を 25,000 時間としている。比較製品である白熱電球の製品寿命は 1,000 時間である。

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。2020 年の需要は市場予測値を用いた。

排出削減貢献量は、対象年(2020 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されている。

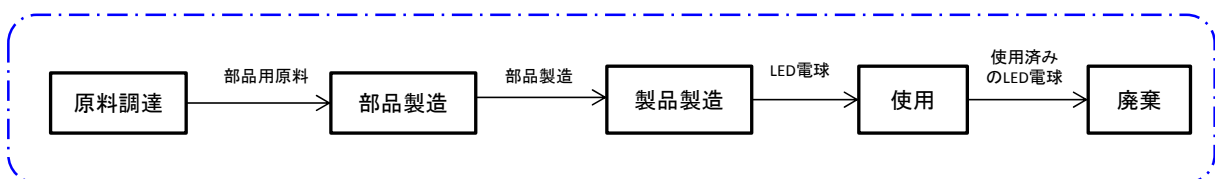
対象地域は日本とした。

5. 算定の方法論

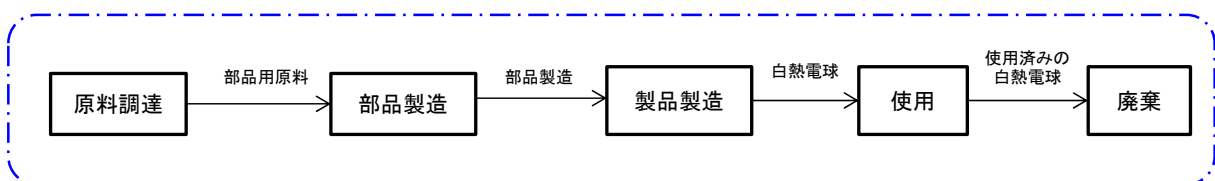
5.1 境界の設定

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。

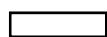

 CO₂ 排出量を考慮しているプロセス
 システム境界

図 24. 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 25,000 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 25 個となる。したがって LED 電球 1 個分の生涯点灯時間 25,000 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 25 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 25,000 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

シナリオ分析：将来何の変化もおこらないと推定（2009 年時の CO₂ 削減貢献量を使用）した 2020 年の CO₂ 排出削減貢献量の算定をベースケースとした。

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 排出削減に貢献している。ただし、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。

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 20、ライフサイクルにおける CO₂ 排出量を表 21 に示す。

●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（25,000 時間まで使用、LED：1 個、白熱：25 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： 0.33kg-CO₂/kWh²⁹⁾

表 20. 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
製品寿命 (時間)	25,000	1,000
25,000 時間の点灯を達成するために必要な個数 (個)	1	25
消費電力量 (W/個)	8	40

LED 電球 1 個分の生涯点灯時間 25,000 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 25 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 (25,000 時間点灯) 当たりにおける CO₂ 排出量は 69.272kg-CO₂、比較製品 (25 個 : 25,000 時間点灯) は 335.275 kg-CO₂ となった。

●原料調達～製品製造段階の CO₂ 排出量

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 (25,000 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 3.27kg-CO₂、比較製品 (25 個 : 25,000 時間点灯) の CO₂ 排出量は 5.05kg-CO₂ である。

●使用段階の CO₂ 排出量

評価対象製品 1 個 (25,000 時間点灯) 当たりにおける使用段階の CO₂ 排出量は 66kg-CO₂、比較製品 (25 個 : 25,000 時間点灯) の CO₂ 排出量は 330kg-CO₂ である。

●廃棄段階の CO₂ 排出量

評価対象製品 1 個 (25,000 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 (25 個 : 25,000 時間点灯) の CO₂ 排出量は 0.225kg-CO₂ である。

・25,000 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 266 kg-CO₂ (25,000 時間) となる。

表 21. 25,000 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	比較製品
	LED 電球	白熱電球
① 原料調達～製造・組立時		
原料調達～製造・組立時の消費電力 (kWh/個)	9.9	0.612
LED 製品寿命見合いの製造個数 (個)	1	25
電力の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh)	0.33	0.33
小計：原料調達～製造に係る CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	3.27	5.05
② 使用時		
25,000 時間使用時の消費電力 (kWh)	200	1,000
電力の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kWh)	0.33	0.33
小計：使用に係る CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	66	330
③ 埋立		
埋立個数 (個)	1	25
埋立に係る CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /個)	0.002	0.009
小計：廃棄に係る CO₂ 排出量 (kg-CO₂)	0.002	0.225
ライフサイクル全体の CO₂ 排出量 (kg-CO₂) (①～③の合計)	69.272	335.275
CO₂ 排出削減貢献量 (kg-CO₂/25,000 時間)	▲266	

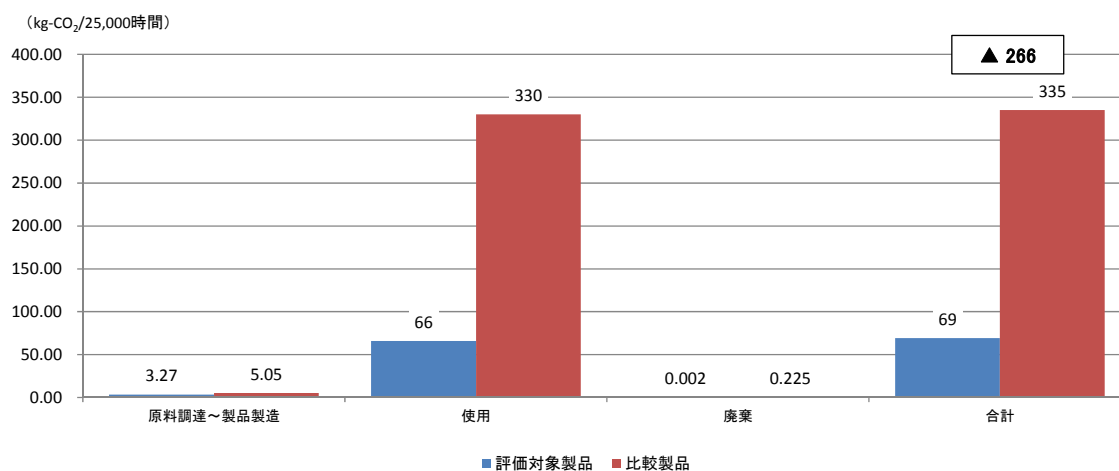


図 25. 25,000 時間当たりの CO₂ 排出量と CO₂ 排出削減貢献量

8. 今後の予測

本事例の 2020 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 日本全体の販売予想量³⁰⁾ 2020 年 28 百万個

②25,000 時間当たり (LED 電球 1 個相当) の CO₂ 排出削減貢献量 266kg-CO₂/25,000 時間

③CO₂ 排出削減貢献量

$$\begin{aligned} & 25,000 \text{ 時間当たりの CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \times \text{販売予想量} \\ & = 266\text{kg-CO}_2 / 25,000 \text{ 時間} \times 28,000,000 \text{ 個} \\ & = 7,448\text{kt-CO}_2 \end{aligned}$$

表 22. 2020 年に導入される LED 電球による CO₂ 排出削減貢献量

1) 2020 年の販売量予測と CO ₂ 排出削減貢献量		
・ LED 電球販売量	(百万個)	28
・ LED 電球 1 個あたりの CO ₂ 排出削減貢献量	(kg-CO ₂ /個)	▲266
2) CO ₂ 排出削減貢献量		(万 t-CO ₂)
		▲745

評価対象製品の CO₂ 排出量は 69.272kg-CO₂/25,000 時間であり、2020 年における販売予想量は 28 百万個であることから、CO₂ 排出量の総量は 194 万 t-CO₂ (69.272kg-CO₂/25,000 時間×28 百万個=1,940kt-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 25,000 時間で評価し、今後の予測は 2020 年の需要予測に基づいて 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。

【参考文献】

- 26) OSRAM “ Life Cycle Assessment of Illuminants:A Comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and LED Lamps” (2009 年 12 月)
- 27) LED 照明推進協議会「白色 LED の技術ロードマップ」(2008 年)
- 29) 低炭素社会実行計画 電気事業連合目標値 2009 年時点での 2020 年目標値
- 30) 富士キメラ総研「2010 LED 関連市場総調査 (上巻)」