

# 再生可能エネルギー —太陽光発電材料—

## 1. 調査の目的

太陽電池は、太陽光のエネルギーを半導体の原理を利用して直接電気エネルギーに変える装置であり、電力を直流から交流に変えるパワーコンディショナーや屋根に設置するための架台などを含めて、太陽光発電システムと呼ばれる。

太陽光発電システムはどのような場所でも発電が可能で、規模を自由に選べるシステムであり、一般の住宅に導入することも可能であることから、さらなる普及が期待される。また、化石資源の枯渇や地球温暖化といった環境問題が顕在化しつつあり、これらの問題を解決するための重要な技術として、「太陽光発電」には大きな期待がよせられている。本事例は太陽光発電の CO<sub>2</sub> 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。

### ①CO<sub>2</sub> 排出削減貢献の内容

化石燃料を使用しないため発電時に CO<sub>2</sub> の排出がない。

### ②太陽電池の種類と特徴

- ・ 結晶シリコン系：現在の主流、高い変換効率を実現、最も多く流通
- ・ 薄膜シリコン系：低コスト
- ・ 化合物半導体系：シリコン未使用、さらなる低コスト・変換効率向上を期待

### ③発電効率（太陽光エネルギーを電気エネルギーに変換する効率）

- ・ 現在：結晶シリコン系でのモジュール効率 ～16%程度
- ・ 将来：2025年の目標 - NEDOの技術開発ロードマップ -

結晶シリコン系	25%
化合物系	40%

### ④太陽光発電システムに使用される化学製品例

太陽電池はモジュールを構成する材料のうち、多結晶シリコン、バックシート（樹脂）、封止材（樹脂）が主たる化学品であり、これらの材料を算定の対象とした。

- ・ 多結晶 Si、Si ウェハ、SiH<sub>4</sub> ガス
- ・ 太陽電池用封止材（エチレン酢酸ビニルコポリマー、フェノール樹脂）
- ・ 太陽電池用バックシート（ポリフッ化ビニル、PET）
- ・ 各種薬品（洗浄液、レジスト剥離剤）
- ・ ジエチル亜鉛、BCl<sub>3</sub>、CVD 材料
- ・ インバータ向けセラミックス基板、ヒートシンク

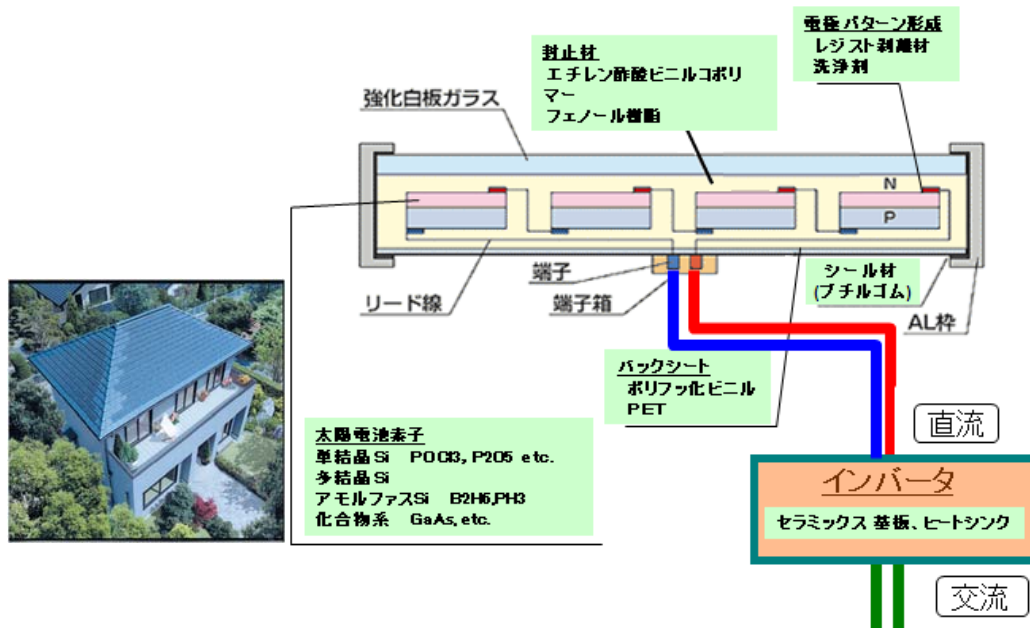


図 1. 太陽光発電システム構造例

## 2. バリューチェーンにおけるレベル

本事例は太陽光発電と公共電力（全国の平均）との比較評価を行ったものである。本事例のバリューチェーンを下図に示す。

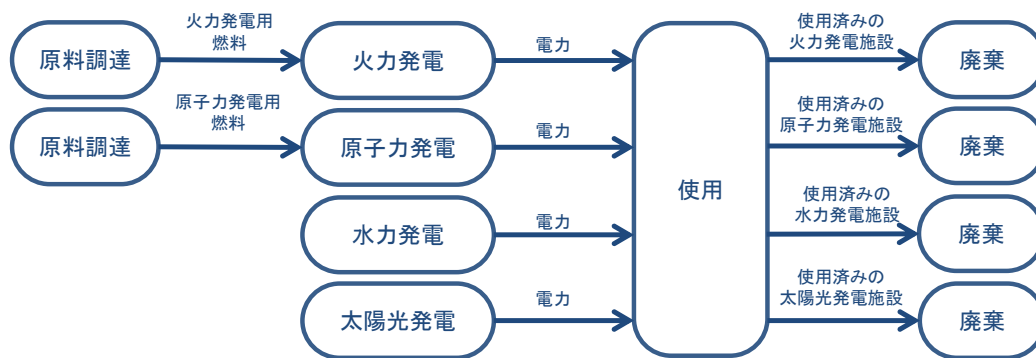


図 2. 本事例のバリューチェーン

## 3. 製品の比較

本事例は、電力を生産する際の CO<sub>2</sub> 排出を評価したものである。評価対象製品は太陽光発電による電力の生産、比較製品は公共電力（全国の平均）による電力の生産である。どちらの発電もライフサイクルを考慮して CO<sub>2</sub> 排出量を算定している。評価対象製品の太陽光発電は発電時に CO<sub>2</sub> が発生しないため、公共電力（全国の平均）と比べて排出される CO<sub>2</sub> が少なくなる。

表 1. 評価対象製品と比較製品

評価対象製品	比較製品
太陽光発電によって生産された電力	公共電力（全国平均）

## 4. 機能単位

### 4.1 機能及び機能単位の詳細

本事例は太陽光発電によって生産された電力と公共電力（全国平均）の比較であり、発電方式に違いがあるため、ライフサイクルにおける CO<sub>2</sub> 排出量に差が生じる。発電された電力の機能は同じであり、機能単位は電力 1kWh とした。

太陽光によって発電された電力を使用することによって便益を受けるユーザーは電力の利用者である。

- ・機能  
電力の生産（発電）
- ・機能単位  
電力 1kWh の発電（東京）
- ・便益を受けるユーザー  
電力の利用者

### 4.2 品質要件

評価対象製品は太陽光発電システムを用いて電力の生産を行うものである。現在、結晶シリコン系でのモジュール効率は 16%程度<sup>1)</sup>であり、NEDO の技術開発ロードマップでは 2025 年の目標として結晶シリコン系のモジュール効率 25%、化合物系 40%を掲げている。

比較製品は公共電力（全国の平均）であり、電気事業連合会の低炭素社会実行計画に基づく 2009 年時点での 2020 年目標値である 0.33kg-CO<sub>2</sub>/kWh とした。

### 4.3 製品のサービス寿命

評価対象製品である太陽光発電システムの使用期間は 20 年<sup>3)</sup>であることから、サービス寿命を 20 年とした。

### 4.4 時間的基準と地理的基準

CO<sub>2</sub> 排出量の算定に用いたデータは 2009 年（報告書発行年）のデータを使用した。2020 年のまでの平均導入量は、2005 年導入実績値と 2020 年導入計画値から求めた。

CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量として算定された。

対象地域は日本の東京とした。

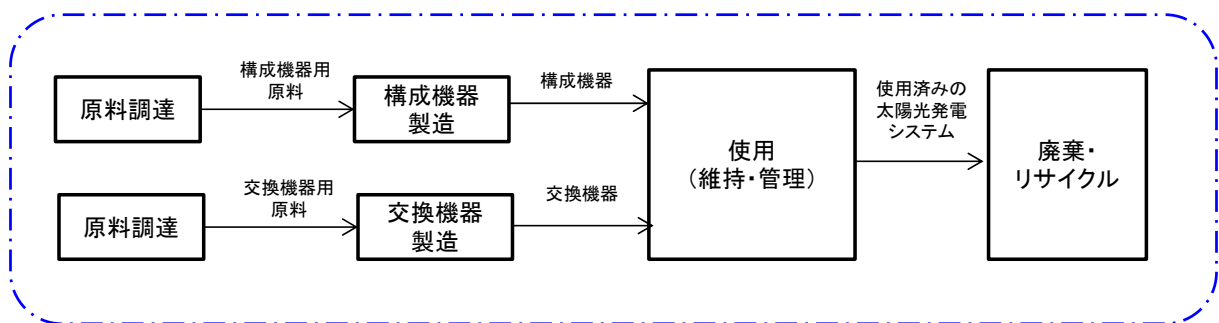
## 5. 算定の方法論

### 5.1. 境界の設定

評価対象製品の太陽光発電は、多結晶シリコン太陽電池による発電システムの原料・製造・使用・保守（部品交換）と廃棄までの排出全てをシステム境界に含む。廃棄は、撤去・回収した太陽電池モジュールからアルミフレームと端子ボックス（結線用ケーブル含む）を除去し、再生業者によってリサイクルを行う。その他のモジュールは産業廃棄物処理とし、その中間処理を経て再生可能な材料はリサイクル、そうでないものは最終埋立処分とした。

比較製品の公共電力は、低炭素社会実行計画における電気事業連合会目標値を用いているが、システム境界については詳細が不明のため記載していない。

【評価対象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。

□ CO<sub>2</sub>排出量を考慮しているプロセス  
- - - システム境界

図 3. システム境界

### 5.2 前提条件

- ・ CO<sub>2</sub> 排出係数（kWh あたりの発電に伴い排出された CO<sub>2</sub> 排出量）

太陽光発電システムの CO<sub>2</sub> 排出係数は NEDO の報告書に基づき 1kWh あたり 0.047kg-CO<sub>2</sub> とした。公共電力の CO<sub>2</sub> 排出係数は電気事業連合会の 2009 年時点での 2020 年目標値に基づき 0.33 kg-CO<sub>2</sub>/kWh とした。

○太陽光発電：0.047kg-CO<sub>2</sub>/kWh<sup>4)</sup>

（多結晶 Si 太陽光発電システムの公共・産業用 10kW システムにおいて、モジュールのリサイクル促進ケースにおける CO<sub>2</sub> 排出原単位）

○公共電力：0.33 kg-CO<sub>2</sub>/kWh<sup>5)</sup>

- ・ 日射量条件

日射量の条件となる対象地域は東京とした。

表 2. 太陽光発電システムによる発電電力量

	多結晶 Si
システム電力(kW)	10.0
モジュール電力(W)	186
モジュール枚数	54
年間日射量 (東京) (kWh/m <sup>2</sup> / 年)	1,342
システム出力係数	0.79
年間発電量(kWh/システム/年)	9,932

- ・太陽光発電システム使用年数<sup>6)</sup>

太陽光発電システムの使用年数は太陽光発電協会の自主ルールに基づき 20 年とした。

### 5.3 主要パラメータ

CO<sub>2</sub> 排出量に与える影響が大きい主要パラメータは、電力の CO<sub>2</sub> 排出係数と太陽光発電システムのサービス寿命である。

### 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想定（2009 年時の CO<sub>2</sub> 削減貢献量を使用）した 2020 年の CO<sub>2</sub> 排出量の算定をベースケースとして行った。

## 6. 貢献の度合い（重要性）

太陽光発電システムに使用される多結晶 Si 等の化学製品は太陽光を電力に変換する重要な機能を有し、CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献している。ただし、CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量は化学産業だけに帰属しておらず、原料調達から電力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. CO<sub>2</sub> 排出量の算定結果

評価対象製品と比較製品の CO<sub>2</sub> 排出量を以下に示す。

評価対象製品 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は 0.047kg-CO<sub>2</sub>、比較製品は 0.33kg-CO<sub>2</sub> である。

- ・太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

評価対象製品と比較製品の CO<sub>2</sub> 排出量の差から算出した太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量は 0.283kg-CO<sub>2</sub> である。

表 3. 太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量と CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

	評価対象製品 太陽光発電 (公共・産業用 10kW)	比較製品 公共電力
原料調達～廃棄段階 CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	0.047	0.33
CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	▲0.283	

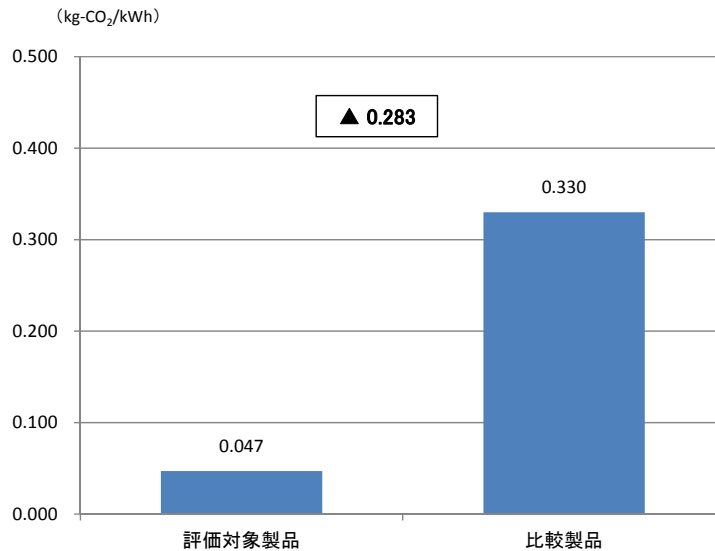


図 4. 太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量と CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

## 8. 今後の予測

太陽光発電システムの2020年におけるCO<sub>2</sub>排出削減貢献量は、以下の設定に基づいて算定した。

①太陽光発電導入予想 2020年 176万kW

太陽光発電システムの導入量は、2005年(140万kW)と2020年(2,780万kW)の太陽光発電システムの累積導入量<sup>7)</sup>の差分をとり、これを15年間で割った1年の平均増加分(176万kW)を導入量とみなした。

②太陽光発電の出力1kW当たりの年間発電量 902kWh/年、20年間で18,040kWh

東京の日照条件を適用して算出した。

③太陽光発電による電力1kWh当たりのCO<sub>2</sub>排出削減貢献量 0.283kg-CO<sub>2</sub>/kWh

④CO<sub>2</sub>排出削減貢献量

$$\begin{aligned}
 & \text{太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO}_2 \text{ 排出削減貢献量} \times \text{総発電量} \times \text{導入予想} \\
 & = 0.283 \text{ kg-CO}_2 / \text{kWh} \times 18,040 \text{ kWh/kW} \times 1,760,000 \text{ kW} \\
 & = 8,985 \text{ kt-CO}_2
 \end{aligned}$$

表 4. 2020 年に導入される太陽光発電システムによる CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量

1) 2020 年の導入量		
・ 2005 年の累積導入量実績	(万 kW)	140
・ 2020 年の累積導入量予測	(万 kW)	2,780
・ 2020 年の導入予測	(kW)	1,760,000
・ 太陽光発電の出力 1kW 当たりの生涯発電量	(kWh・20 年)	18,040
・ 太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量	(kg-CO <sub>2</sub> /kWh)	0.283
2) CO <sub>2</sub> 排出削減貢献量 (2020 年、20 年使用分)		(万 t-CO <sub>2</sub> )
		▲898

太陽光発電システムのライフサイクルでの CO<sub>2</sub> 排出量は 0.047kg-CO<sub>2</sub>/kWh、出力 1kW 当たりにおける 20 年間の発電量は 18,040kWh、導入予測は 1,760,000 kW であることから、太陽光発電システムの CO<sub>2</sub> 総排出量は 149 万 t-CO<sub>2</sub> (0.047 kg-CO<sub>2</sub>/kWh × 18,040kWh/kW × 1,760,000kW = 1,492kt-CO<sub>2</sub>) となる。

## 9. 調査の限界と将来に向けた提言

本事例は公共・産業向けの出力 10kW タイプの多結晶シリコン太陽光発電システムで生産された電力を評価しており、2020 年の需要予測に基づいて CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量を算定したものである。したがって発電の方法や出力規模が異なるシステム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 CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量の算定結果が異なる。

## 10. 課題

### ①CO<sub>2</sub> 排出削減貢献量の算定

太陽光発電による電力 1kWh 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は、原料調達、製品製造、使用、廃棄などの段階別に表記することが望ましい。今回引用した報告書は cLCA 事例に合わせた段階別表記がなされていないため、本事例においては原料調達から廃棄段階における CO<sub>2</sub> 排出量の合算値となっている。

### ②安定的な電力供給

天候に左右されやすい発電形態である太陽光発電による電力生産の比率が高まると、安定的な電力供給を実現するために予備的な装置や施設が追加的に必要となる可能性が考えられる。現段階においては、こうした将来の電力供給形態を想定した CO<sub>2</sub> 排出量の評価を行なった事例がないため、本事例では太陽光発電と公共電力のライフサイクルにおける CO<sub>2</sub> 排出量の比較に留めた。

## 【参考文献】

- 1) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会」報告書 (太陽光発電ロードマップ PV2030+) (2009 年 6

月)

- 3) 表示に関する業界自主ルール（平成 22 年度）太陽光発電協会
- 4) NEDO 委託業務報告書：太陽電池発電システム共通基盤技術開発  
「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」（2009 年 3 月）
- 5) 低炭素社会実行計画 電気事業連合会目標値 2009 年時点での 2020 年目標値
- 6) 表示に関する業界自主ルール（平成 22 年度）太陽光発電協会
- 7) 経済産業省 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの全量買取制度の大枠について」  
(2010 年 8 月 4 日) <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004629/framework03.pdf>