

太陽光発電設備の処分に着目したライフサイクル評価

1915008 岩崎 瑠南
指導教員 石川 春乃

太陽光発電設備 CO₂排出量 リサイクル
LCA FIT 制度

1 はじめに

2022年「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の施行により、再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）がスタートし、太陽光発電設備が一般住宅に大量に導入された。一方、太陽光発電設備の寿命は一般的に20年とされ、FIT開始以降の急速な普及状況から、将来的な大量処分が想定される。

本研究では、住宅用太陽光発電設備の製造前調達時と使用後処理の処分時に着目し、ライフサイクル CO₂排出量の把握により、リサイクルによる環境負荷削減効果を明らかにすることを目的とする。

2 評価手法

まず、評価条件として、設備仕様、ライフサイクル工程の分類を設定する。その工程種別の CO₂排出量を算定し、検討ケースごとの削減量差の年次推計によって評価を行い、静岡県目標値との比較を行う。

表2に、評価対象とする太陽光発電設備仕様を示す。評価には2012年設置当時の設備仕様を用いる。評価対象地域範囲は、日照環境に恵まれた静岡県とする。

表2 太陽光発電設備の設定仕様

設備用途	住宅専用
太陽電池種類	多結晶Si太陽電池
設備用途構成機器	太陽電池モジュール、パワーコンディショナ、接続箱、架台
設備出力規模	3.5kW（住宅用太陽光発電設備標準出力）
設備効率	0.75
モジュール寸法	1,326mm × 1,008mm
モジュール枚数	21枚
設置形態	傾斜屋根上への架台設置型
設置方向	真南
傾斜角度	仰角30度
使用年数	20年（パワーコンディショナは10年で交換）

図1に、ライフサイクルの全工程と段階種別を示す。新規素材のみで「製造」し耐用年数使用後、最終段階「回収」埋立を case1、リサイクルを case2 と分類する。また、新規素材と再生素材をあわせて「製造」し耐用年数使用後、最終段階の「回収」の埋立を case3、リサイクルを case4 とする。

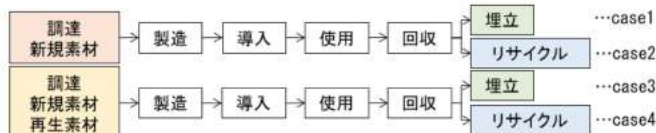


図1 ライフサイクルの全工程と種別

ケース別評価は、工程種別ごとにインベントリ分析を用い

て行う。本研究では、いずれのケースも「製造」、「導入」、「使用」の工程が同一であるため合算比較の対象外とし、リサイクルを行わない『従来』と、現時点で可能な廃棄設備部位の全量をリサイクルした場合の『促進案』の2案を比較する。

調達時と処分時については、一般社団法人日本電機工業会の LC-CO₂排出量簡易算出手法¹⁾の試算式(1)を用いた。

$$\begin{aligned} \text{調達時・処分時のCO}_2\text{排出量 (t-CO}_2\text{)} \\ = \text{素材別質量 (t)} \times \text{素材別排出係数 (t-CO}_2\text{/t)} \dots (1) \end{aligned}$$

表3に太陽光発電設備の構成素材と素材別質量を示す。設備仕様は、2012年当時の値をメーカーカタログ²⁾から採用した。

表3 太陽光発電素材別構成量

設備構成機器	構成素材	素材別質量 (t/ユニット*)
モジュール	セル	結晶シリコン 0.01129
	フロントカバー	ガラス 0.21
	フレーム	アルミニウム 0.05261
	電極材料	銅/はんだ 0.00225
	その他	EVA/プラスチック 0.05932
パワーコンディショナー	鉄	0.0052
	銅	0.0013
	アルミニウム	0.0026
	エポキシ樹脂	0.0039
接続箱	鉄	0.00136
	アルミニウム	0.00034
	絶縁材料	0.00068
架台	亜鉛めっき銅板	0.208

ユニット* : 3.5kw 出力を1ユニットとする。

表4に『従来』と『促進案』の構成素材の処分率と再生率を示す。処分と再生の割合は、既往研究³⁾を参考とした。

表4 構成素材の処分率と再生率の設定

構成素材	処分率 再生率		処分・再生設定
	従来	促進	
セル原料	100%	-	回収不可能
	30%	70%	-
基盤ガラス	100%	-	再生せず全量廃棄処理
	10%	90%	回収ルート確立よりカレットとし再生
アルミフレーム	30%	70%	アルミサッシ再生率（現状）
	-	100%	回収ルート確立より全量再生
電極材料	100%	-	再生せず全量廃棄処理
	-	100%	全量を回収・リサイクル
プラスチック	100%	-	端子ボックス以外は回収不可能
	35%	65%	全量をマテリアルリサイクル
産業廃棄物(鉄)	従来 9%	88%	金属くずの中間処理時に3%減量化
産業廃棄物(銅)	従来 -	100%	全量を回収・リサイクル
産業廃棄物(樹脂)	従来 100%	-	基盤、絶縁体は不回収

『従来』と『促進案』の排出係数は同値としている。新規素材は参考文献^{4) 5)}の合算値、再生素材は参考文献⁴⁾の値とした。

回収時については、経済産業省・国土交通省のロジスティクス分野における CO₂排出量算定方法共同ガイドライン⁶⁾の試算式(2)を用いた。

$$\begin{aligned} & \text{回収時のCO}_2\text{排出量 (t-CO}_2\text{)} \\ &= \text{輸送距離 (km)} \times \text{製品質量 (t)} \\ & \times \text{燃料使用原単位 (}\ell\text{/t}\cdot\text{km)} \times 0.001 (\text{k}\ell\text{/}\ell\text{)} \times \text{単位発熱量 (GJ/k}\ell\text{)} \\ & \times \text{排出係数 (t-C/GJ)} \times 3.666 (\text{t-CO}_2\text{/t-C)} \dots (2) \end{aligned}$$

輸送距離について、埋立は、県内に唯一の管理型最終処分場 A 社が県内全ての処分を受け入れると仮定した。本研究では、現在より 20 年前の平成 14 年の静岡県各自治体の世帯数⁷⁾に各自治体役場から A 社工場までの距離を乗算したものに、同年同自治体の世帯数で除した値、84km と設定した。リサイクルは、県内で太陽光発電設備のリサイクル処理施設を有する B 社、C 社にヒアリング調査を行い、輸送距離を算出した。調査より、処理実績値(t)と搬入元から処理場までの距離(km)を乗算し、輸送トンキロ(t・km)を算出した。この輸送トンキロ(t・km)から処理実績値の総量(t)を除した値、9.134km と設定した。

燃料使用原単位、単位発熱量、排出係数について、燃料：ガソリン、最大積載量：軽貨物車、積載率：100%と設定し、省エネ法告示のCO₂排出係数の表⁶⁾よりそれぞれ0.324(ℓ/t・km)、34.6(GJ/kℓ)、0.0183(t-C/GJ)とする。

年度ごとの静岡県の一般住宅太陽光発電設備の導入戸数⁷⁾に、①の結果より算出した、ケースごとのCO₂排出量を乗算し算出した。case1 から『従来』case2 を引いた処分差の累積、case1 から『従来』case3 を引いた調達差の累積を算出した。『促進案』も同様である。

県の参考文献⁸⁾におけるCO₂排出量削減目標(2013年比)は、2030年には53.4%、2050年には0%である。この目標値と②の結果より算出した、2030年のcase1に対する『促進案』のcase2~4の削減割合を比較する。

3 評価結果

図2に、ケースごとの一戸当たりのCO₂排出量を示す。いずれのケースも回収時のCO₂排出量が少ないことが分かった。工程種別ごとの差では、『従来』の値に比べ、リサイクルを促進させることにより、いずれの工程も約2倍のCO₂削減効果が見られた。ケース別では、case4はcase2・3に比べ、約2倍の差が見られた。以上より、調達時と処理時でリサイクル処理をすると全体で約2倍のCO₂排出量を減少させることが分かった。

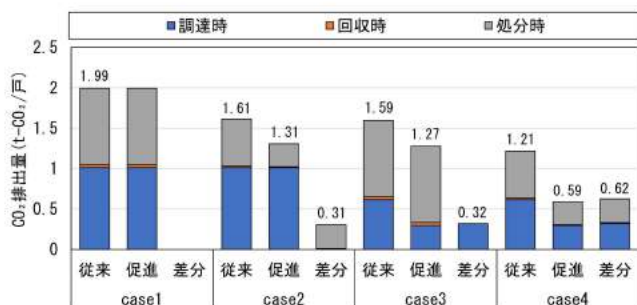


図2 ケースごとの一戸当たりのCO₂排出量

図3に、case1に対する工程種別CO₂削減量差の年度推計

を示す。現状は、県内の管理型最終処分業者のヒアリング調査より、太陽光発電設備がリサイクルされていると仮定する。現在(2022年)では、case1と比べ『従来』のcase4は(2013年比)約4,000(t-CO₂)程度の削減ができています。2030年には、case1と比べ『促進案』のcase4は、(2013年比)約40,000(t-CO₂)削減できることが分かった。

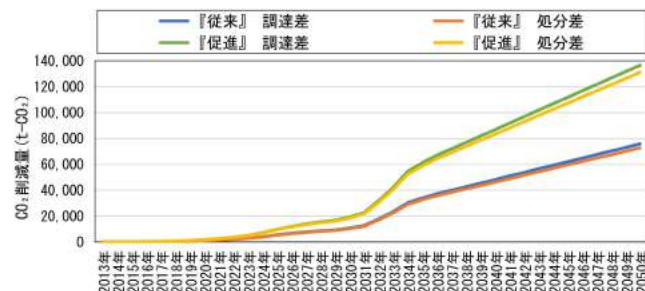


図3 工程種別ごとのCO₂削減量差の年度推計

図4に、県の目標値と2030年のcase1に対する『促進案』のCO₂削減割合の比較を示す。2030年のcase1に対する『促進案』の削減割合は、case2:約66%、case3:約64%、case4:約30%である。いずれのケースも現在(2022年)では、目標値を達成できているが、最も削減割合が大きい『促進案』のcase4を採用しても、2039年には目標値を上回る。

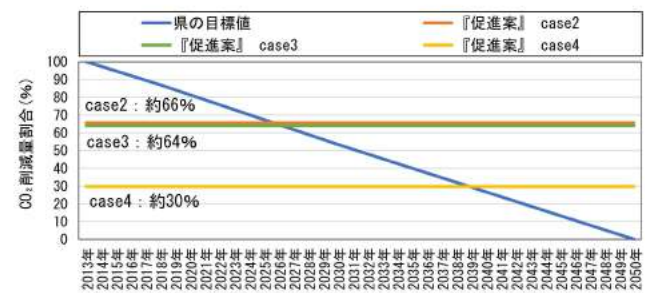


図4 CO₂削減割合の比較

4 まとめ

現在(2022年)では、case1と比べ、(2013年比)約4,000(t-CO₂)程度の削減ができていますといえる。2030年には、case1と比べ、『促進案』のcase4は、CO₂排出量(2013年比)約20,000(t-CO₂)、CO₂排出割合(2013年比)約30%削減できる。現在(2022年)での削減割合は県の目標を達成しているが、2050年に向けて目標値が年々下がるため、2039年に目標割合不達となる。これより、2039年を目処に更に削減幅の大きい案に移行していく必要がある。

【参考文献】

- 1) (一社)日本電機工業会：LC-CO₂排出量簡易算出手法，2017.7
- 2) パナソニック株式会社：太陽電池モジュール製品情報，2011.1
- 3) NEDO：太陽光発電システム共通基盤技術研究開発，2009.3
- 4) 環境省：サプライチェーンを通じた組織の温室効果ガス排出等の算定のための排出原単位データベース(Ver.3.2)，2022.3
- 5) 電力中央研究所：日本における発電技術のライフサイクルCO₂排出量総合評価，p.20，表4.3素材のCO₂排出原単位，2016.7
- 6) 経済産業省・国土交通省：ロジスティクス分野におけるCO₂排出量算定方法共同ガイドラインVer.3.1，2016.3
- 7) 総務省：住民基本台帳に基づく人口動態及び世帯数調査，2012.8
- 8) 静岡県：ふじのくにエネルギー総合戦略，2022.3