

太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン（第二版）（抜粋）

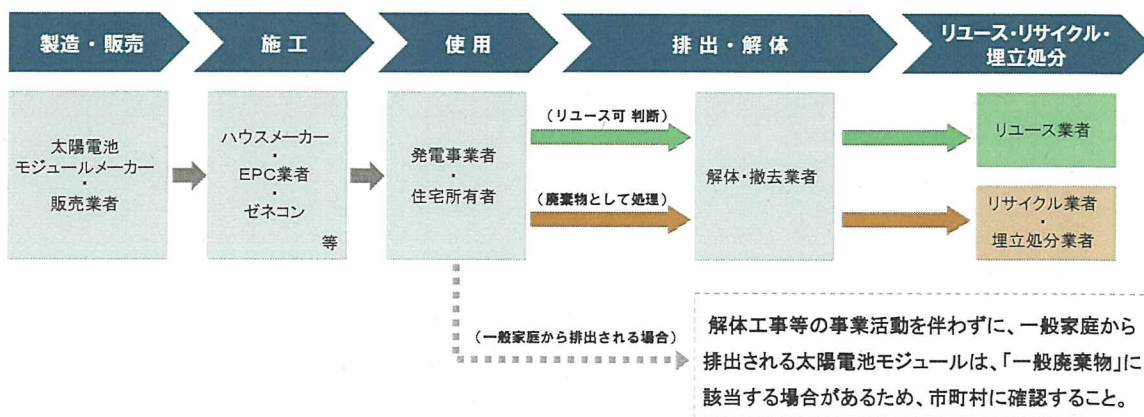
1-6. 太陽電池モジュールの排出見込量

我が国では、年間約 4,400 t の太陽電池モジュールが使用済となって排出されており、そのうち約 3,400 t がリユースされ、約 1,000 t がリサイクルまたは処分されていると推計されている。

2030 年代後半には年間約 50～80 万 t の太陽電池モジュールが排出される見通しであり、設計・施工の不具合や災害、故障、リプレイス等によって、一定割合は製品寿命よりも前倒しで排出されることも想定される。

1-7. 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像

循環型社会形成推進基本法においては、廃棄物等の処理の優先順位として、①発生抑制（リデュース）、②再使用（リユース）、③再生利用（リサイクル）、④熱回収、⑤埋立処分との優先順位を定めている。そのため、使用済太陽電池モジュールにおいてもこのような優先順位で取扱うことが望まれる。太陽光発電設備の導入量は年々増加しているが、適切なメンテナンスや可能な限りリユースすることで発生抑制（リデュース）につながる。また、リユースできないものも可能な限りリサイクルすることが望まれる。



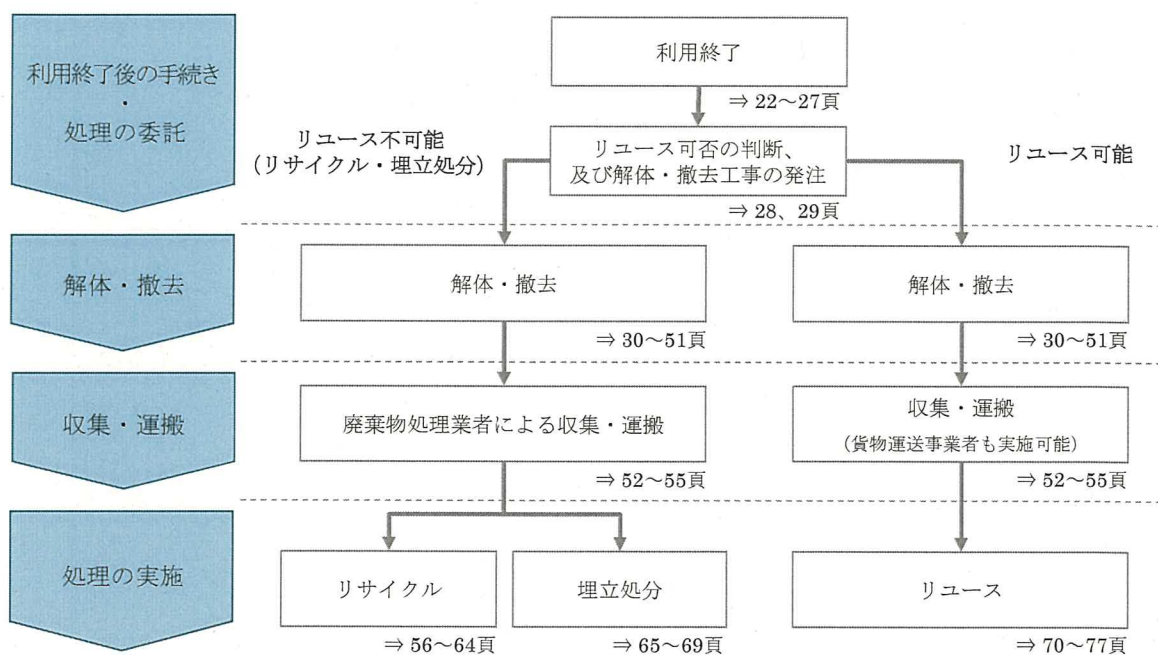
図表 15 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・埋立処分の全体像

第2章 太陽光発電設備の所有者、解体・撤去業者（利用終了～解体・撤去）

利用が終了した太陽光発電設備は、なるべく、使用継続可否の判断を行うこと。その上で、使用継続不可能な場合には、適切に解体・撤去を行う必要がある。

太陽光発電設備の解体・撤去に伴い発生する使用済太陽電池モジュールは、一般的には、産業廃棄物の品目である「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」の混合物として取り扱われるため、それらの許可品目を持つ収集運搬業者や埋立処分業者に委託しなければならない。

また、太陽電池モジュールは電気機械器具に該当するため、使用済太陽電池モジュール由来の「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」を埋立処分する場合には、管理型最終処分場への埋め立てが必要となる。



図表 16 太陽電池モジュール処理の全体像

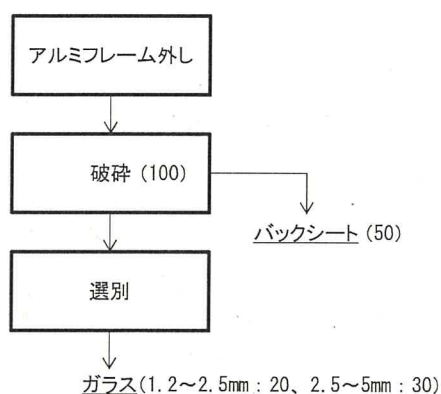
(3) 使用済太陽電池モジュールのリサイクル技術

昨今のリサイクル技術について、5件の参考事例を紹介する。なお、リサイクルの技術は出典としている調査時点の情報であるため、今後の技術開発の進歩によって、より改善される可能性がある。

参考技術① 「アルミフレーム枠外し機」を活用した破碎・選別の効率化

A社では、アルミフレーム枠外し機を使用して、アルミフレームの取り外しを行った後に使用済太陽電池モジュールの破碎・選別を行う。

アルミフレームが取り外された使用済太陽電池モジュールを破碎機に通し、ガラスの破碎・除去を行っている。除去されたガラスは篩選別、風力選別で粒度を分けている（1.2～2.5mm、2.5～5mmに選別）。



図表 29 簡易プロセスフロー

(数値は代表的なマテリアルバランスを示す)



図表 30 アルミフレーム枠外し機



図表 31 破碎機での破碎の様子

出典：「平成 26 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務 報告書（環境省）」

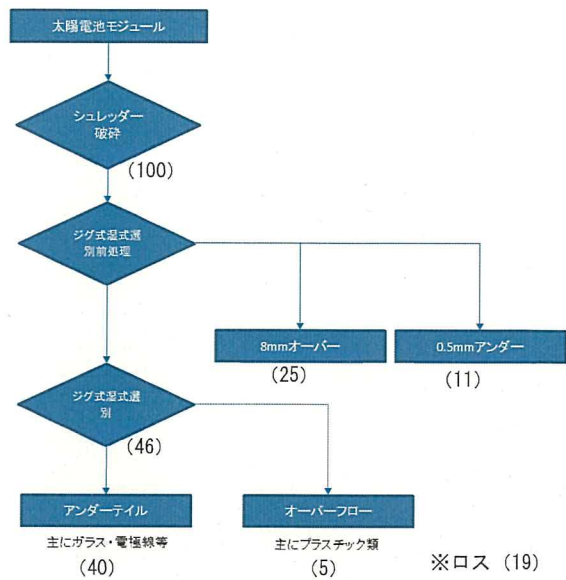
参考技術② 大量処理による低コスト化および湿式処理による選別高度化の実現

B社では、使用済太陽電池モジュールを湿式処理しており、処理能力は20t/hである。

使用済太陽電池モジュールは既設設備の全設備屋内型シュレッダーにより破碎される。自動車等の他製品もすべて当該設備による一律の方法で処理可能であり、鉄・アルミ、非鉄金属を始めとする多様な資源の選別を行っている。

破碎後、ふるいにより8mmオーバー、0.5mmアンダーが取り除かれた後、湿式比重選別機（RETACジグ）で物質相互の比重差を利用して上層分と下層分に選別される。湿式比重選別機

（RETACジグ）は低コストかつ大量処理が可能な設備であり、選別能力は5～10 t/hである。



図表 33 ローターでシュレッダーに投入



図表 32 破碎後ホッパーへ投入



図表 34 湿式比重選別機

出典：「平成26年度 使用済再生可能エネルギー設備のリサイクル等促進実証調査委託業務 報告書（環境省）」

参考技術③ PVクラッシャーR、PVスクラッチャーR等の複合技術を織り込んだ処理の高度化

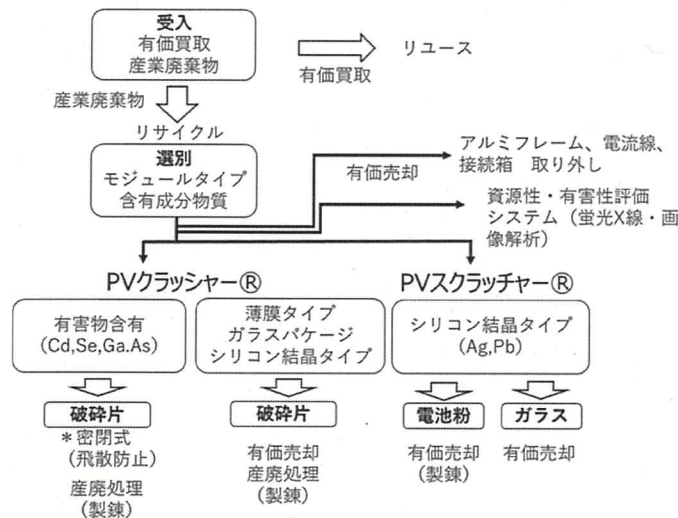
C社では、太陽電池モジュールのタイプや含有成分の違い等にかかわらず、ほぼ全ての使用済太陽電池モジュールの適切な処理が可能なプロセスを導入している。

また、C社では乾式の汎用性の高いリサイクル機器を開発したことにより高エネルギーや二次汚染が懸念される有機溶剤を使用することなく処理することが可能である。

具体的な処理方法は、アルミフレーム、電流線、接続箱を取り外し、含有成分分析を蛍光X線機器と画像処理機器を組み合わせた資源性・有害性評価システムにて実施する。

その後、C社が開発したPVクラッシャーR、PVスクラッチャーRによって主にガラスパッケージ、薄膜タイプのモジュールのガラス・発電素子等をそのまま破碎し、回収している。また、シリコン結晶タイプについては、電池粉の資源成分を濃縮し粉体として回収すると共に、板ガラスは不純物の少ないガラスとして回収している。

回収した物質については、主に資源として、また有害物質として製錬を中心に適切にリサイクル処理している。



図表 35 PVクラッシャーR、PVスクラッチャーRによる処理フロー



資源性・有害性評価システム



PVクラッシャー®



PVスクラッチャー®

図表 36 資源性・有害性評価システム・PVクラッシャーR、PVスクラッチャーR

出典：「C社からの提供資料」

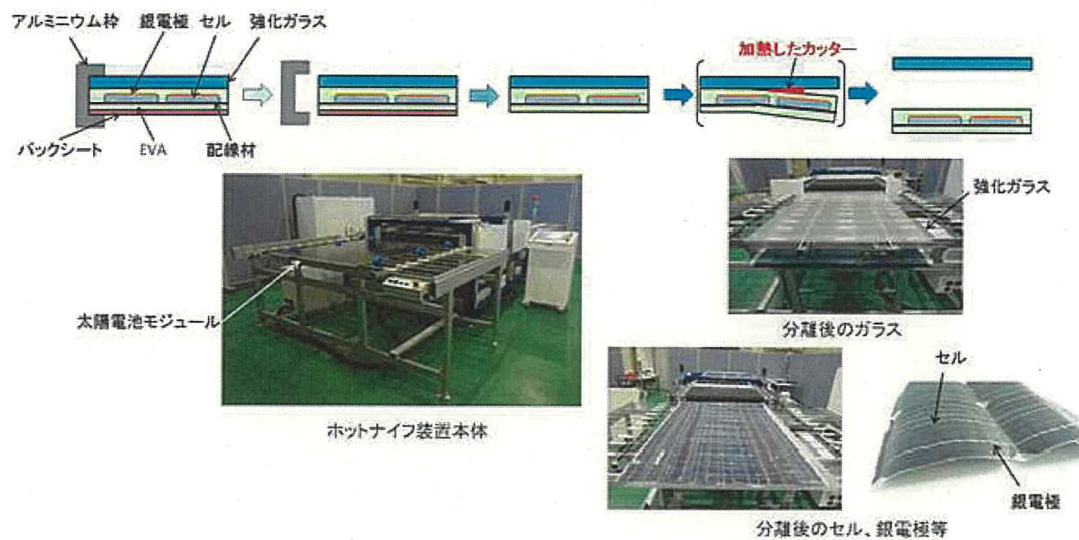
参考技術④ NEDO 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトによる技術開発

NEDO では、使用済太陽電池モジュールの処理コストとして 5 円/W を目標に掲げ、使用済太陽電池モジュールのリサイクル処理技術、有価物の回収率向上技術、回収物高純度化技術を開発し、その効果を実証試験により検証している。

【採択テーマ例】ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発

結晶シリコン系使用済太陽電池モジュールの処理を目的とし、ガラスとシリコンセルの間の封止剤 (EVA) 層を加熱した刃で切断し、ガラスやシリコンセルを破碎せずに分離回収できる「ホットナイフ」技術を開発すると共に、回収したガラスや金属等を全て再資源化するための設備及びプロセスの設計・開発を実施している。

また、本事業では、ガラスが割れている使用済太陽電池モジュールを分離できる装置も新たに開発している。割れた使用済太陽電池モジュールをプレートで上から押さえ、フラットな状態にしてホットナイフで割れたガラスと EVA/セル層を分離することが可能である。



図表 37 ホットナイフを活用した処理

図表 38 NEDO 平成 29 年度「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」実施テーマ一覧

1. 結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術実証
(三菱マテリアル株式会社)
2. ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発
(株式会社浜田、株式会社エヌ・ピー・シー)
3. 合わせガラス型太陽電池の低コスト分解処理技術実証
(ソーラーフロンティア株式会社)
4. PV システム低コスト汎用リサイクル処理手法に関する研究開発
(株式会社新菱)

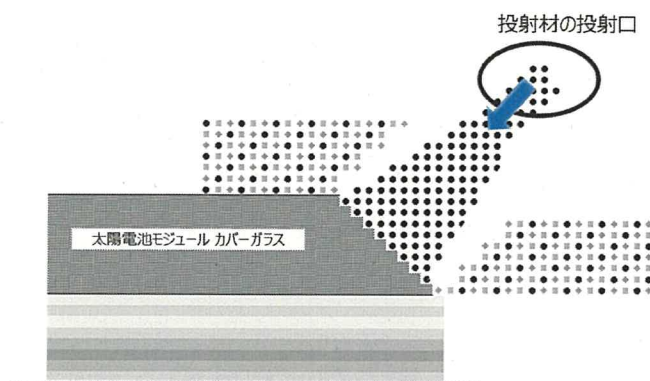
出典：「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト 実施方針：平成 29 年度版 (NEDO)」

http://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100070.html

参考技術⑤ ブラスト工法による太陽電池モジュールのカバーガラス剥離技術

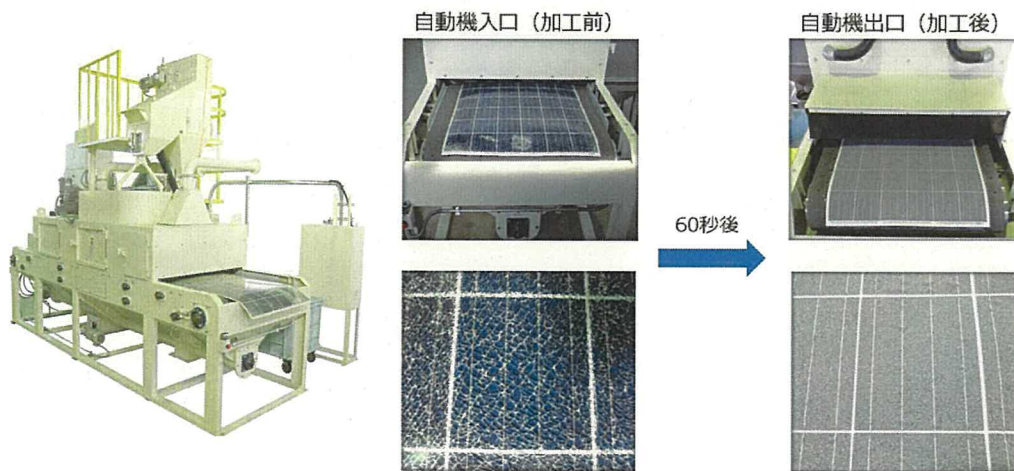
ブラスト工法によるカバーガラスの剥離とは、粒状の投射材料を圧縮エアまたはモーター駆動によってカバーガラス表面に吹き付けてカバーガラスを剥離する方法である。剥離したカバーガラスは自動的に選別され、回収することができる。

シリコンセルの EVA 層が、投射材料の衝撃を吸収し弾くため、カバーガラス真下のシート面にダメージ等の影響がなく分離することができる。また、カバーガラス面と投射材料の投射口は接触しないため、災害等でカバーガラスが割れ変形してしまった使用済太陽電池モジュールでも容易に処理できる点が本技術の特徴である。



図表 39 ブラスト工法

加工例：自動機(フレーム・ジャンクションボックス解体後)



図表 40 ブラスト工法による処理フロー

出典：「事業者からの提供資料」

6-3. リユース作業の参考事例

「4-1. 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項（70、71頁）」で示した、使用済太陽電池モジュールの検査手法を活用した事例について紹介する。

事例① 未使用品（新古品）のリユース

- 発電事業者が新規に太陽光発電所を創設するために、手配した太陽電池モジュール約 4,000 枚のうち、系統連系ができなくなった発電所分が、未使用のまま、倉庫に保管されていた。
- 未使用品（新古品）の太陽電池モジュールが、海外の主要な太陽電池モジュールメーカー製であったことから、倉庫で外観検査のみを実施し、リユース可能であることの確認を行った。本事例では、買い手による検査は行わなかった。
- リユース品となった太陽電池モジュールは、買い手に購入後、再生可能エネルギー特別措置法の認定設備や研究機関において試験材料として活用されている。

事例② 高効率な太陽電池モジュールへのリプレイスに伴うリユース

- メガソーラー発電所にて、より高効率な太陽電池モジュールへのリプレイスが実施されたため、2年間使用された太陽電池モジュール（結晶系）約 8,000 枚が発生した。
- 現地にて、リユース品の購入候補者とともに、立会い検査を行い、外観検査を実施した。また、過去の発電データ等の確認も行い、リユース可能であることを確認した。太陽電池モジュールの解体・撤去は、電気工事会社によって実施された。
- 購入後、リユース品は発電事業で使用されている。

事例③ パワーコンディショナー浸水に伴う保険適用で交換されたモジュールのリユース

- 豪雨によってパワーコンディショナーが浸水したため、保険が適用され、パワーコンディショナーと太陽電池モジュールの交換が行われた。約 3 年間使用された太陽電池モジュール、約 300 枚が交換に伴って排出され、リユース可否判断の対象となった。
- リユース品の購入候補者が、現地にて太陽電池モジュールの外観検査と電圧の確認を実施し、リユース可能であることが確認された。

事例④ 災害に伴う保険適用で交換されたモジュールのリユース

- 災害によって、太陽電池モジュールの一部が破損し、保険が適用される場合には、取替が実施される。本事例で被災認定された太陽電池モジュールの多くは、まだ使える状態であった。
- 太陽電池モジュールに関する情報（メーカー名、型番、使用状況）、及び写真等を提供してもらい、使用状況と外観に問題がなかったため、リユース業者が太陽電池モジュールを購入した。
- 購入した太陽電池モジュールは、リユース業者の施設まで収集・運搬され、工場にて洗浄、絶縁検査、IV カーブ検査、EL カメラ検査を実施し、リユース太陽電池モジュールとしてのランク評価をした後に、梱包・保管していた。
- そのリユース太陽電池モジュールは購入され、現在は発電所に設置、使用されている。また、発電所への設置以外にも、オフグリッド用途として街灯や池の循環ポンプ等で使用されている太陽電池モジュールも存在する。



図表 55 太陽電池モジュールの外観検査



図表 56 リユース品を使用した発電所

出典：「事業者からの提供資料」