

太陽光発電設備の 処理に関する手引

【リユース・リサイクル・処分編】

埼 玉 県 環 境 部
産 業 廃 棄 物 指 導 課

令和2年8月

目 次

	(頁)
1 総論	
(1) 本手引きの目的	1
(2) 本手引きの使い方	1
(3) 用語の整理	2
(4) 太陽電池モジュールの種類・構造	5
(5) 太陽光発電設備の設置の種類と特徴	8
(6) 太陽電池モジュールの排出見込量	11
(7) 太陽電池モジュールの リユース・リサイクル・埋立て処分の全体像	11
2 使用済太陽電池モジュールの処理	
(1) 収集・運搬	14
(2) リサイクル	17
(3) 処分	24
3 リユース	
(1) 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項	28
(2) リユース時における関連法制度への対応	29
(3) リユース太陽電池モジュール構成上の留意点	32
4 災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い	
(1) 災害時における解体・撤去作業の流れ	33
(2) 災害時に求められる 収集運搬業者（一般廃棄物の処理業者）の対応	35
5 参考資料	
(1) 太陽電池モジュールの性状	36
(2) リユースに向けて実施する検査等のコスト感	40
(3) 環境科学国際センターによる 太陽電池モジュールの破砕試験結果	42
(4) 関係法令条文一覧表	43
(5) 問い合わせ先一覧表	47

1 総論

(1) 本手引きの目的

再生可能エネルギーは、温室効果ガスの排出削減、エネルギーセキュリティ、新規産業・雇用創出、震災復興等の観点から注目されており、導入が大幅に進んでいる。

太陽光発電設備については、これまでに導入された設備が既に使用済となって排出され始めており、その排出量は加速度的に増加することが想定され、再生可能エネルギーの大量導入を支える処理（リユース・リサイクル・処分）の体制構築が求められている。

本手引きが広く周知されることにより、太陽光発電設備のリユース、リサイクル等の推進を通じて循環型社会の形成に寄与することはもとより、太陽光発電設備の普及による低炭素社会の実現に資することが期待される。

(2) 本手引きの使い方

本手引きは、環境省が策定した「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）平成30年 環境省環境再生・資源循環局総務課リサイクル推進室」をベースに、現場担当者の参考となるように、太陽光発電設備のリユース、リサイクル、処分等について整理したものである。

「1 総論」では、本手引きの目的、使い方のほか、太陽光発電設備に係る基本的な事項及び処理方法の全体像を整理している。

「2 使用済太陽電池モジュールの処理」では、太陽光発電設備の利用終了後の手続きや遵守すべき事項について整理している。

「3 リユース」では、太陽電池モジュールを再使用する際の留意事項について整理をしている。

「4 災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い」では、被災した太陽光発電設備の取扱いを関係者別にまとめている。

(3) 用語の整理

ア 太陽光発電設備

太陽光発電設備は、太陽電池モジュール・アレイ、接続箱、集電箱、パワーコンディショナー等から構成されている。

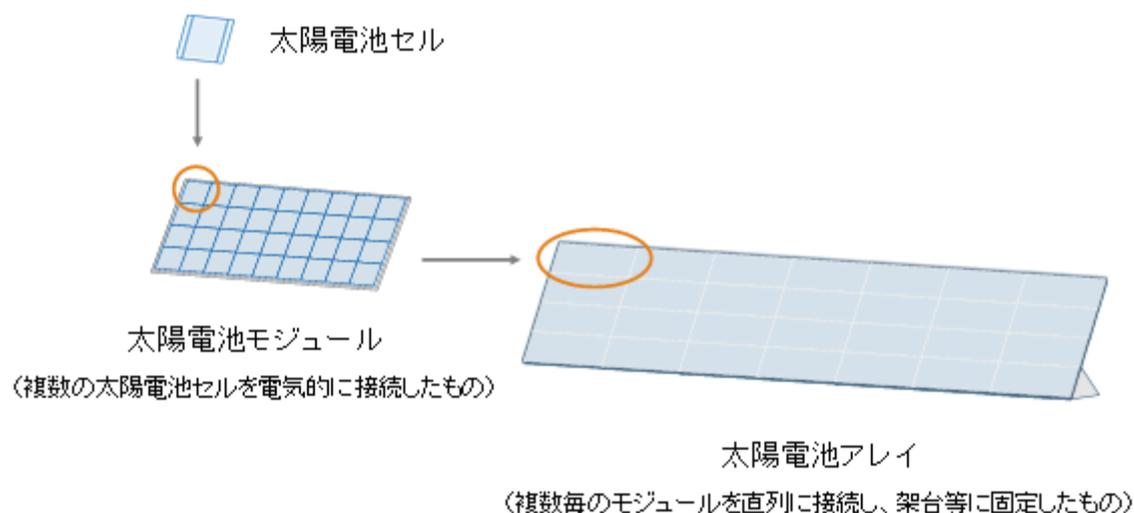


図1 太陽電池の単位（セル、モジュール、アレイ）

出典：「太陽光発電システムの設計と施工（改訂5版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

表1 太陽光発電設備の構成品（1/2）

構成品	説明
① 太陽電池セル	● 光起電力効果を利用し、光エネルギーを直接、電力に変換する電力機器で、太陽電池の最小単位をいう。
② 太陽電池モジュール	● 複数の太陽電池セルを所定の出力が得られるように電氣的に接続したものを、長期間の使用に耐えられるようガラスや樹脂を用いて封止し、固定設置するための枠を取り付けたものをいう。
③ 太陽電池アレイ	● 電圧を高めるため、太陽電池モジュールを複数枚、直列に接続したものを太陽電池ストリングと呼ぶ。これをさらに複数、並列に接続し、所定の電力が得られるように構成し、架台等に固定したものをいう。

表1 太陽光発電設備の構成品（2/2）

構成品	説明
④ 接続箱	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続箱は、ストリングごとに発電した直流電力を、パワーコンディショナーまたは直流集電箱に供給するための盤である。 ● 目的の電流・電圧が得られるよう太陽電池アレイを構成するために、必要な枚数の太陽電池モジュールをつなぎ込むための端子台を備えた機器をいう。端子台機能の他に、故障や事故でストリング間に電圧差が発生したときに高電圧のストリングから他のストリングに電流が流れ込むのを防ぐための逆流防止ダイオード、保守点検時のための直流側開閉器等が内蔵されている。
⑤ 集電箱	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電した直流電力を一つにまとめてパワーコンディショナーに供給する装置をいう。
⑥ パワーコンディショナー（PCS）	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽電池からの直流電力を一般の電気器具で使用可能な交流電力に変換するとともに、商用系統との連系運転や自動運転に必要な各種保護・制御機能を備えたものをいう。 ● パワーコンディショナーの出力容量は、一般的に、住宅用で10kW未満、公共・産業施設用で10～100kWであり、家庭用（3～5kW）では1台、公共・産業施設用では発電出力に合わせて複数台のパワーコンディショナーが必要となる。
⑦ 蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> ● 電気エネルギーを蓄え、必要に応じて取り出すことができる電気機器をいう。 ● 系統連系システムに蓄電池を設置することにより、出力変動の抑制、電力貯蔵、災害時の電力供給等が可能となる。
⑧ 架台・基礎	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽電池モジュールを屋根や地面に固定するために用いる台及び基礎部分をいう。

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」に基づき作成

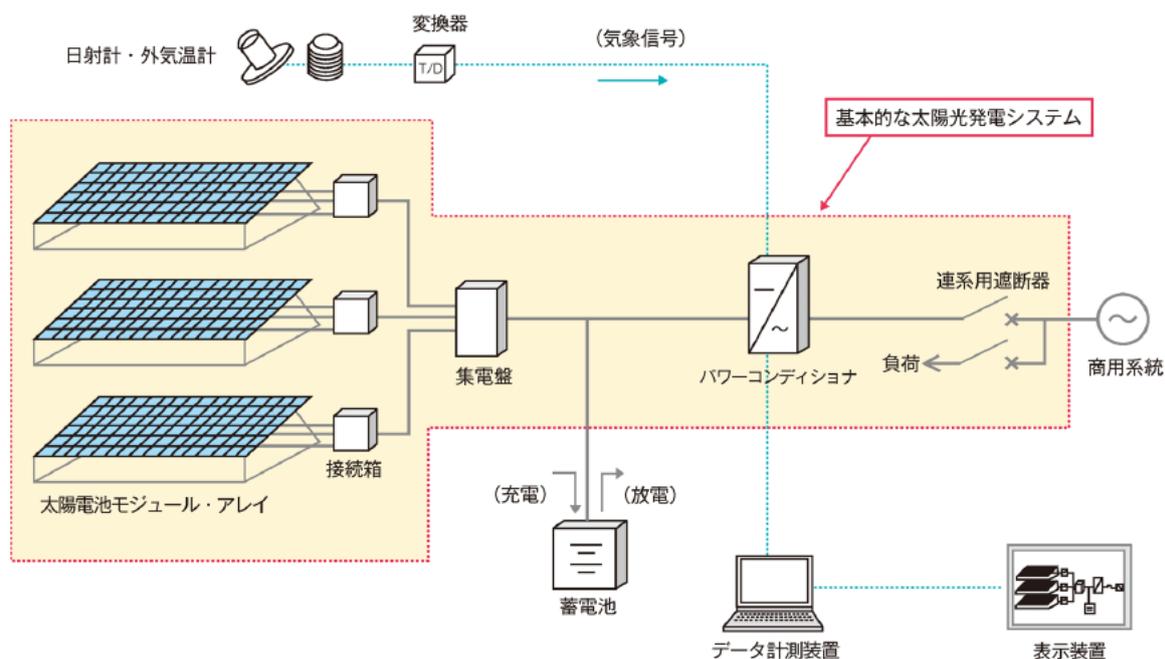


図2 太陽光発電システムの概要

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」

複数の機器から構成される太陽光発電設備の処理において、特に太陽電池モジュールの処理が課題とされていることから、本手引きでは基本的に太陽電池モジュールの取扱いについて記述することとする。

イ 関係者

太陽光発電設備の処理の関係者は表2のとおり整理することができる。関係法令に基づき適正に手続き・処分等を進める際の参考資料として活用されたい。

表2 本ガイドラインにおける関係者の分類と具体例（1/2）

分類	各分類における具体例
所有者	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電設備を所有する一般消費者 ● 太陽光発電設備を所有し、発電を行う事業者 ● 太陽電池モジュールのメーカー ● 太陽電池モジュールのリース・レンタルを行う事業者
解体・撤去業者	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電設備の解体・撤去工事等を行う建設業者（施工業者・ゼネコン・建物解体業者） ● 太陽光発電設備設置住宅を提供するハウスメーカー ● 太陽光発電設備をメンテナンスする業者（電気工事業者等）

表2 本ガイドラインにおける関係者の分類と具体例（2/2）

分類	各分類における具体例
収集運搬業者	● 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬を行う業者
リユース業者	● 使用済太陽電池モジュールを入手し、整備・検査の上、自らの責任で再使用可と判断したものを販売する事業者
リサイクル業者	● 使用済太陽電池モジュールのリサイクルを行う業者
中間処理業者、埋立処分業者	● 使用済太陽電池モジュールの破碎・埋立処分を行う業者 (中間処理と埋立処分を別の会社が行うケースもある)
太陽電池モジュールに関する情報提供主体	● 太陽電池モジュールのメーカー ● 太陽電池モジュールの販売業者 ● 太陽電池モジュールの輸入業者

本手引きにおける「使用済太陽電池モジュール」とは、使用を終了し、廃棄物として処理する太陽電池モジュールを指す。

ウ 関係法令等

太陽光発電設備の処理に関連する法律のうち、本手引き中で掲載頻度の高い法律については表3のとおり略称で示すこととする。

表3 関連する法律の正式名称と略称

正式名称	略称
廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (昭和45年12月25日法律第137号)	廃棄物処理法
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 (平成23年法律第108号)	再生可能エネルギー特別措置法
建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律 (平成12年法律第104号)	建設リサイクル法

(4) 太陽電池モジュールの種類・構造

実用化されている太陽電池モジュールは、「シリコン系（結晶系、薄膜系）」、「化合物系（CIS/CIGS系、CdTe系）」に大別することができる。

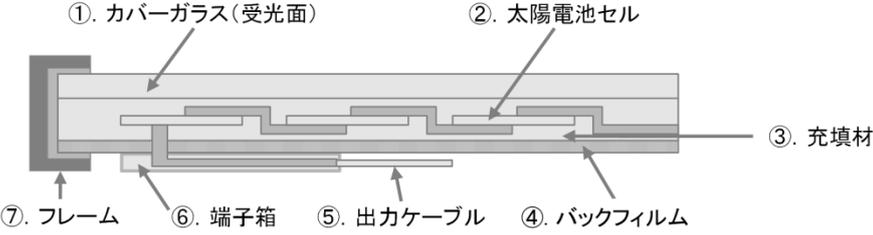
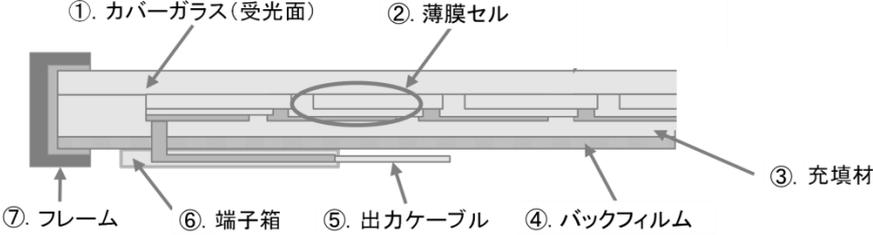
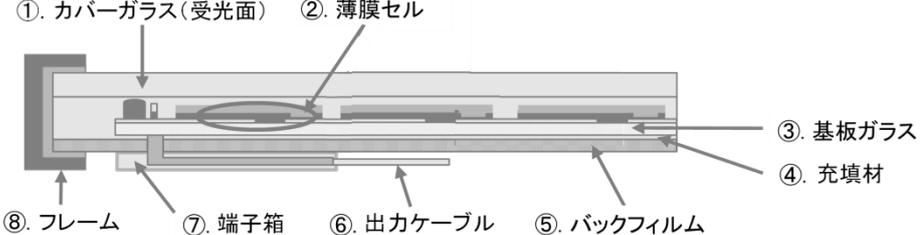
再生可能エネルギー固定価格買取制度（いわゆるFIT制度）における設備認定を受けた太陽電池モジュールの型式及び変換効率については、再生可能エネルギー発電設備 電子申請のホームページ（<https://www.fit-portal.go.jp/>）にて「太陽光パネルの型式登録リスト」として掲載されている。

表4 実用化されている太陽電池モジュールの種類と特徴

種類		特徴	
シリコン系	結晶系	単結晶	160～200 μ m 程度の薄い単結晶シリコンの基板を用いる。シリコンの原子が規則正しく配列した構造で、変換効率が高い。製品の歴史が長く、豊富な実績を持っている。 モジュール変換効率：15～19%
		多結晶	単結晶シリコンが多数集まってできている。単結晶シリコンに比べて、変換効率は若干低いが無駄に製造ができる。 モジュール変換効率：13～15%
		ヘテロ結合	結晶系基板にアモルファスシリコン層を形成した高効率な太陽電池である。変換効率が高く、特に住宅等の限られたスペースへの設置に優れている。
	薄膜系	アモルファス	シリコン原子が不規則に集まった太陽電池であり、結晶系の約 1/100 の薄さで発電できる。また、ガラスやフィルム基板上に製造が可能となっている。 モジュール変換効率：6～7%（アモルファス）
		多接合	異なる波長感度特性を有する 2 つ以上の発電層を重ね合わせた太陽電池であり、発電効率が向上している。 モジュール変換効率：8～10%（多接合）
化合物系	CIS/CIGS 系	銅 (Cu)・インジウム (In)・セレン (Se) の 3 つの元素を主成分とした太陽電池である。なお、CIGS はガリウム (Ga) を加えている。 モジュール変換効率：11～12% 特長：省資源 課題：インジウムの資源量	
	CdTe 系	カドミウム・テルルを原料とする化合物系モジュール モジュール変換効率：11～12% 特長：省資源・量産可能・低コスト 課題：カドミウムの毒性	

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」、「太陽光発電システムの設計と施工（改訂5版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

図3 太陽電池モジュールの断面図と構成部材

種類	断面図と構成部材
結晶シリコン系	 <p>①. カバーガラス(受光面) ②. 太陽電池セル ③. 充填材 ④. バックフィルム ⑤. 出力ケーブル ⑥. 端子箱 ⑦. フレーム</p>
薄膜シリコン系	 <p>①. カバーガラス(受光面) ②. 薄膜セル ③. 充填材 ④. バックフィルム ⑤. 出力ケーブル ⑥. 端子箱 ⑦. フレーム</p>
化合物系 (CIS/CIGS系)	 <p>①. カバーガラス(受光面) ②. 薄膜セル ③. 基板ガラス ④. 充填材 ⑤. バックフィルム ⑥. 出力ケーブル ⑦. 端子箱 ⑧. フレーム</p>

出典：「太陽光発電システムの設計と施工（改訂5版）（太陽光発電協会）」に基づき作成

一般的な構成部材の素材は、組成に基づき以下のとおりとなる。

表5 太陽電池モジュール構成部材及び素材（1/2）

種類	構成部材	素材
結晶シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	ガラス
	②. 太陽電池セル	金属
	③. 充填剤（EVA*等）	プラスチック
	④. バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤. 出力ケーブル	
	⑥. 端子箱	
	⑦. フレーム	金属

表5 太陽電池モジュール構成部材及び素材（2／2）

種類	構成部材	素材
結晶シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	ガラス
	②. 太陽電池セル	金属
	③. 充填剤（EVA*等）	プラスチック
	④. バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤. 出力ケーブル	
	⑥. 端子箱	
	⑦. フレーム	金属
薄膜シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	ガラス
	②. 薄膜セル	金属
	③. 充填剤（EVA*等）	プラスチック
	④. バックフィルム	金属・プラスチック
	⑤. 出力ケーブル	
	⑥. 端子箱	
	⑦. フレーム	金属
化合物系 (CIS/CIGS系)	①. カバーガラス（受光面）	ガラス
	②. 薄膜セル	金属
	③. 基板ガラス	ガラス
	④. 充填剤（EVA*等）	プラスチック
	⑤. バックフィルム	金属・プラスチック
	⑥. 出力ケーブル	
	⑦. 端子箱	
	⑧. フレーム	金属

※ EVAとはエチレン酢酸ビニル共重合樹脂（Ethylene Vinyl Acetate copolymer）の略称であり、耐候性や引張強度、透明性、柔軟性、接着性を有することから、太陽電池モジュールの充填材に使用される代表的な材料である。

（5）太陽光発電設備の設置の種類と特徴

太陽光発電設備の主な設置の種類は、下表に示すように屋根置き型、地上設置型、建物一体型、集光型、独立型であり、それぞれについて使用される太陽電池モジュールの種類等に特徴がある。

表6 太陽光発電設備の設置の種類と特徴

設置種類	特徴	主に使用される太陽電池モジュール
屋根置き型	<ul style="list-style-type: none"> ● 住宅やビル等の屋根に設置されるタイプ ● 架台に固定するため、モジュールにはガラス基板が用いられる ● 設置面積が限られるため、発電効率の高い太陽電池が使用される 	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
地上設置型	<ul style="list-style-type: none"> ● 平地に設置されるタイプ、メガソーラーが代表例 ● 架台に固定するため、モジュールにはガラス基板が用いられる 	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
建物一体型	<ul style="list-style-type: none"> ● 住宅やビルの屋根材や外壁材等と太陽電池モジュールが一体化したタイプ ● シースルータイプのガラス基板を用いることで、発電と採光／遮光が両立できるガラス建材としても活用が可能 ● フレキシブル基板を用いることにより、建物の曲面に沿った設置も可能 	結晶シリコン系 薄膜シリコン系 化合物系
集光型	<ul style="list-style-type: none"> ● 小面積の高効率な多接合太陽電池等にレンズや鏡で集光することにより、高い発電効率を実現可能となる ● 特に豊富な日射量を得られる地域において有効 	III-V 族系
独立型	<ul style="list-style-type: none"> ● ベランダ等に設置できる太陽光発電キット ● 施工業者に依頼しなくても、自ら設置することが可能であるため、住宅等に備えられることが多い 	

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」、「太陽光発電システムの設計と施工（改訂5版）（太陽光発電協会）」に基づき作成



図4 平置き型太陽光発電システム 例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」



図5 建物一体型太陽光発電システム 例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」



図6 集光型太陽光発電システム 例

出典：「再生可能エネルギー技術白書（第2版）（NEDO）」

本手引きでは、屋根置き型や地上設置型等の発電事業または自家消費を目的に設置された太陽電池を対象としているが、独立型の太陽光発電設備や電卓や玩具等に付属している太陽電池の取扱いについても安全対策等、参考にすること。また、市町村の分別方法に従うこと。なお、本手引きにおける「分別」とは太陽電池モジュールをその他のものと区別することを指すこととする。

(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（平成30年時点）。

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、前倒しで排出されることも想定される。

(7) 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル・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埋立処分と定めている。

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をすることで発生抑制（リデュース）につながる。

利用が終了した太陽光発電設備は、できる限り、リユース可否の判断を行うこと。その上で、リユースが不可能な場合には、適切に廃棄物として解体・撤去を行う必要があるが、可能な限りリサイクルすることが望まれる。

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中間処理業者等に委託しなければならない。

(※ 委託先については、一般社団法人埼玉県環境産業振興協会（TEL：048－822－3131）にお問い合わせください。)

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、埋立処分する場合には、管理型最終処分場への埋立てが必要となる。

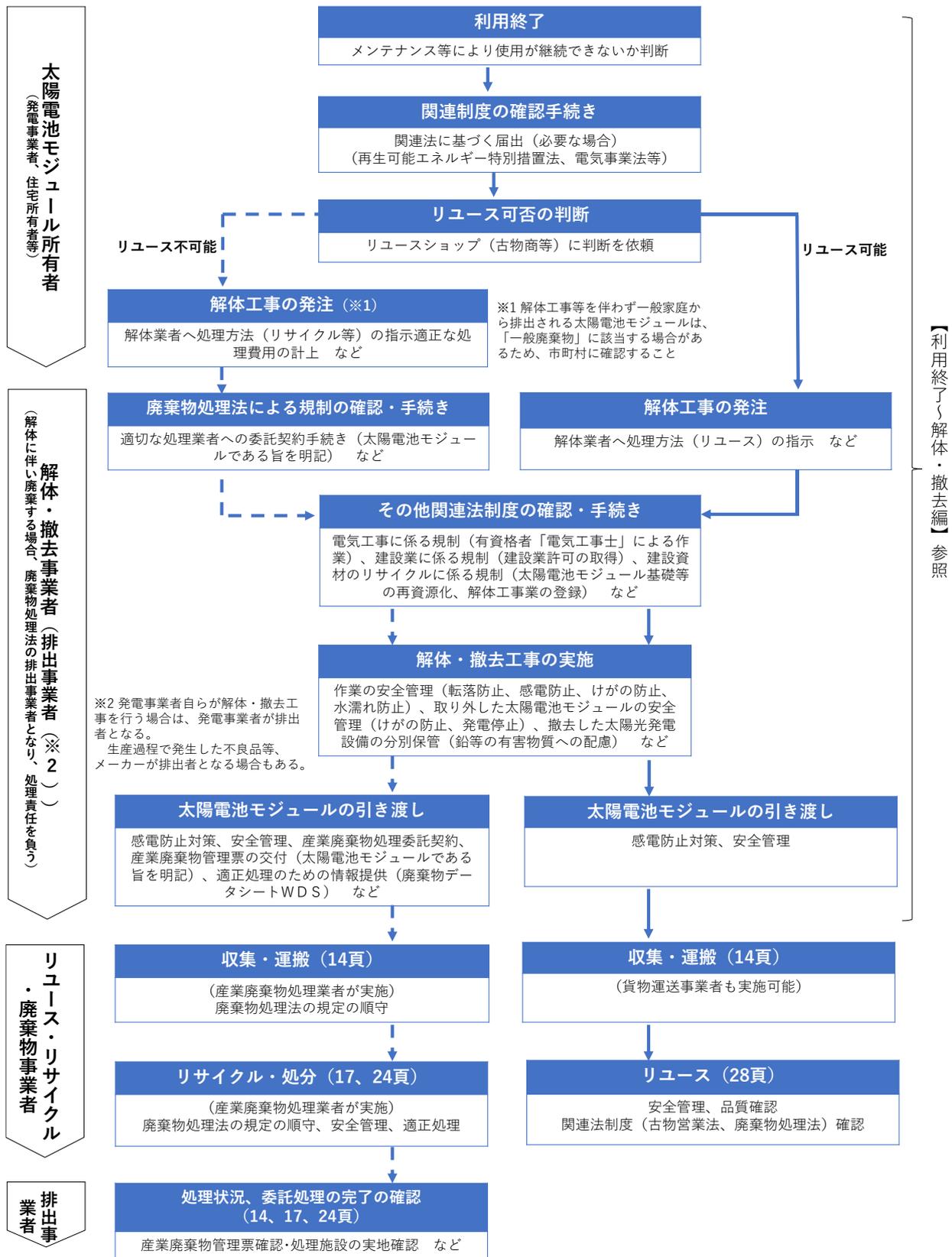


図7 太陽電池モジュール処理の全体像

使用済太陽電池モジュールを廃棄物として処理する場合、基本的に「産業廃棄物」に該当する。所有者は、解体・撤去の依頼、再生可能エネルギー特別措置法の手続きが必要となる。解体・撤去業者は、排出事業者として廃棄物処理法上の処理責任を負う。

表7 使用済太陽電池モジュールの廃棄物処理法上における位置づけ

産業廃棄物に該当する事例	<ul style="list-style-type: none"> ● 太陽電池モジュールメーカー、施工業者、発電事業者、またリユース業者が、不良品の使用済太陽電池モジュールを廃棄物として処理する場合 ● 所有者（発電事業者、住宅所有者）が、解体・撤去業者に、使用していた太陽電池モジュールの解体・撤去を依頼し、廃棄物として処理する場合 <p style="text-align: right;">等</p>
一般廃棄物に該当する事例	<ul style="list-style-type: none"> ● 独立型の太陽電池モジュール（9頁参照）等、解体工事等の事業活動を伴わず、一般家庭から排出される場合 <p>※一般廃棄物に該当するか否かに関しては、市町村に確認すること。</p>

2 使用済太陽電池モジュールの処理

(1) 収集・運搬

使用済太陽電池モジュールを廃棄物として収集・運搬を行う場合、収集運搬業者は、以下の事項に留意する必要がある。

ア 収集・運搬時における安全管理

(ア) 感電の防止

パワーコンディショナーや、太陽電池モジュールと電線との接続部は、水没・浸水している時に接近または接触すると感電する恐れがある。感電防止のためには、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用して作業すること。

・ (複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合)

ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。

・ (太陽光発電設備周辺の地面が湿っている場合や、太陽光発電設備のケーブルが切れている等、感電の可能性がある場合)

不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

収集運搬業者は、上記に示したような感電防止対策や発電防止対策を講じたうえで、それらの情報とともに処理業者に太陽電池モジュールを引き渡すこと。

(イ) 破損等による怪我の防止

太陽電池モジュールは大部分がガラスで構成されており、収集・運搬作業等における破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等により、リスクを低減させるよう努めること。

(ウ) 水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質が流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、ブルーシート等で覆う等の水濡れ防止策をとるよう努めること。

イ 産業廃棄物の収集・運搬に関する廃棄物処理法の遵守

産業廃棄物の収集・運搬は、廃棄物処理法に基づき、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた産業廃棄物の収集運搬業者が行う必要がある。

排出事業者が収集・運搬を他人に委託する場合には、交付した産業廃棄物管理票（マニフェスト）や実地確認等により、その一連の処理が適正に行われているか確認すること。

産業廃棄物の収集・運搬にあたっては、産業廃棄物の飛散、流出の防止等、産業廃棄物の収集・運搬の規定を遵守することが義務付けられている（43頁参照）。

産業廃棄物を収集・運搬する際には、その収集運搬車の両側面に次の事項を表示することが義務付けられている。



図8 産業廃棄物の収集運搬車両への表示

出典：「産業廃棄物収集運搬車への表示・書面備え付け義務（環境省）」

産業廃棄物の収集運搬車は、下記のような書面の備え付け（携帯）が義務付けられている。

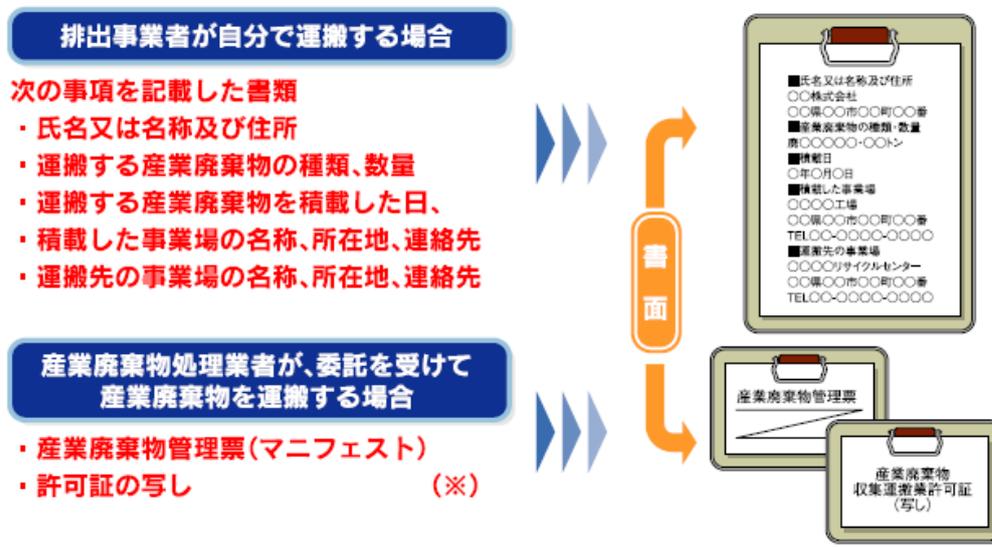


図9 産業廃棄物の収集運搬車が携帯すべき書面

出典：「産業廃棄物収集運搬車への表示・書面備え付け義務（環境省）」

ウ 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬方法

使用済太陽電池モジュールの収集・運搬方法は、リユース、リサイクルといった目的に応じて変わる可能性がある。そのため、収集運搬業者はリユース業者やリサイクル業者、中間処理業者、埋立処分業者と、その収集・運搬方法について事前に相談しておくことが望まれる。

(2) リサイクル

使用済太陽電池モジュールのリサイクルを実施する場合、リサイクル業者は、以下の事項に留意する必要がある。

ア リサイクル時における安全管理

(ア) けが、粉じんの吸入防止

リサイクル時には、手解体の際のけがや、粉じんの吸入を防止するために、作業手順を遵守することや、破損に備えて保護帽、グローブ、保護メガネ、作業着等を着用すること等によりリスクを低減させること。

(イ) 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。感電防止のためには、使用済太陽電池モジュールの受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないようにすることが有効である。また、絶縁手袋・ゴム長靴を着用する、絶縁処理された工具を使用する等によりリスクを低減させること。

イ 中間処理に関する廃棄物処理法の遵守

産業廃棄物の中間処理は、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた中間処理業者が行い、廃棄物処理法の規定を遵守することが義務付けられている。

排出事業者が中間処理を他人に委託する場合には、交付したマニフェストや実地確認等により、その一連の処理が適正に行われているか確認すること。

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（表5参照）。許可品目のどれに該当するかが不明な場合等には、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する県又は政令市等（47頁参照）に相談すること。

また、太陽電池モジュールは、鉛等の有害物質を含むことがある。そのため、使用済太陽電池モジュールの中間処理をする際には、排出事業者（解体・撤去業者等）、太陽電池モジュールメーカー、販売業者からの提供情報を参考とすること。

なお、排出事業者は、中間処理業者に産業廃棄物の処理を委託する場合には、適正処理のために必要な情報を提供することが義務付けられている（45頁）。

上記の情報提供を支援するものとして、一般社団法人太陽光発電協会では、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表しているので参考にすること。

使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第1版）
2017年（平成29年）12月 一般社団法人太陽光発電協会
<http://www.jpaea.gr.jp/topics/171211.html>

4. 情報提供する対象物質の種類と閾値

1) 対象物質

廃棄時に環境に影響を及ぼす可能性のある化学物質の視点と太陽光発電モジュールの種類に応じた含有の可能性の高さを考慮し、以下の4物質とする。

鉛、カドミウム、ヒ素、セレン

2) 含有率基準値

表示を行う際の含有率基準値は以下の通りとし、これを超える場合に4項に定める方法で表示する。

鉛： 0.1wt%

カドミウム： 0.1wt%

ヒ素： 0.1wt%

セレン： 0.1wt%

尚、対象物質の含有率は、比較的容易に解体できるモジュール部を構成する4つの部位（①フレーム、②ネジ、③ケーブル、④ラミネート部（端子箱を含む、①・②・③以外部分））毎の質量を分母、それぞれの部位中の対象化学物質含有量を分子とし、除して算出する理論値。

出典：「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン（第1版）（太陽光発電協会）」

なお、産業廃棄物の処理の委託を受けた事業者が、排出事業者の交付する産業廃棄物管理票（マニフェスト）と異なる処理をすることはできない（46頁参照）。

ウ 使用済太陽電池モジュールのリサイクル技術

ここでは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）。

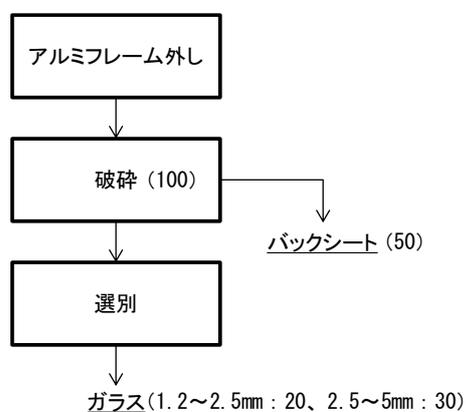


図10 簡易プロセスフロー

(数値は代表的なマテリアルバランスを示す)



図11 アルミフレーム枠外し機



図12 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。

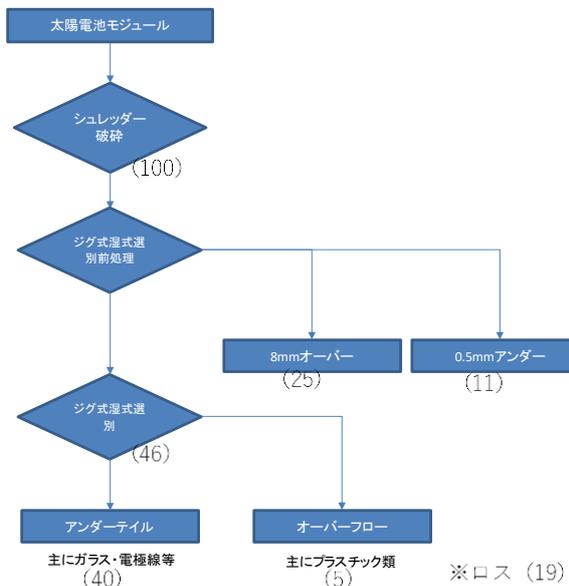


図13 ローダーでシュレッダーに投入



図14 破碎後ホッパーへ投入



図15 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。

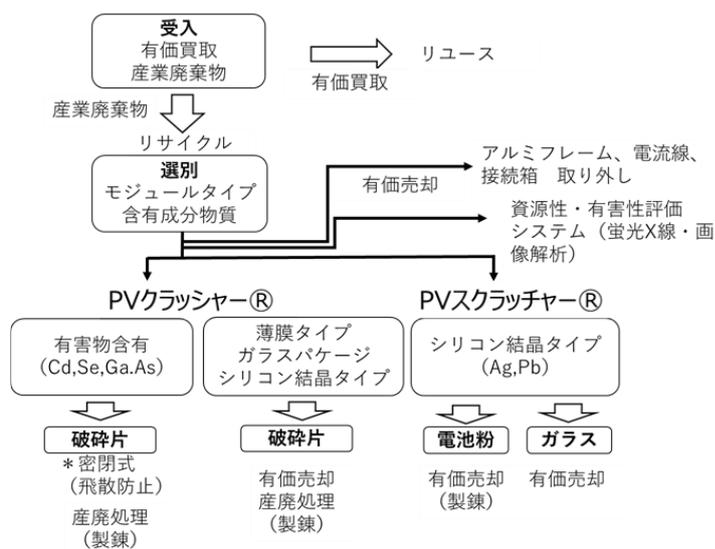


図 16 PVクラッシャーR、PVスクラッチャーRによる処理フロー



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 17 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砕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。

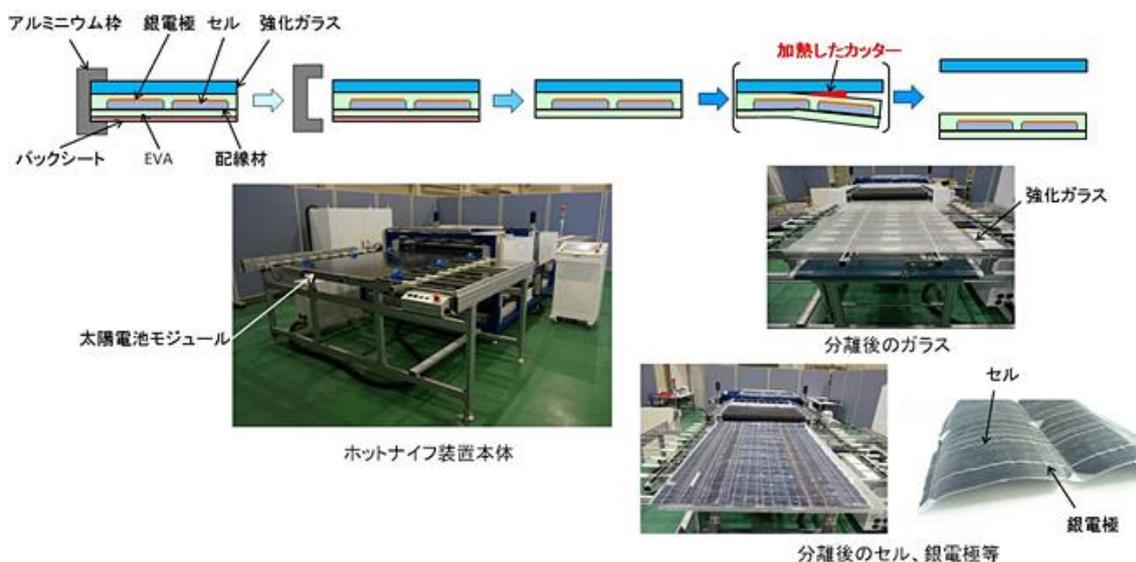


図 18 ホットナイフを活用した処理

表 7 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	(三菱材料株式会社)
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。

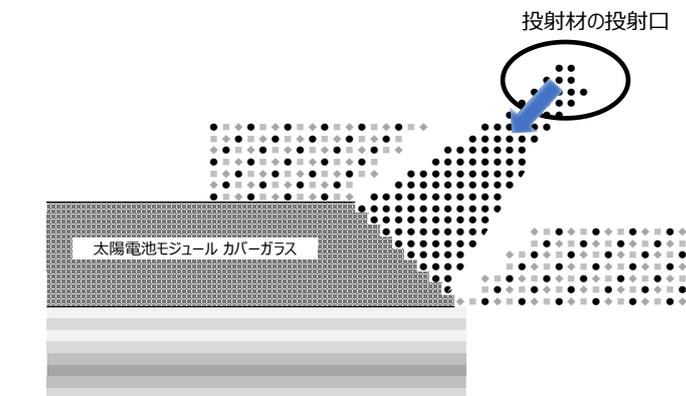


図 19 ブラスト工法

加工例：自動機(フレーム・ジャンクションボックス解体後)

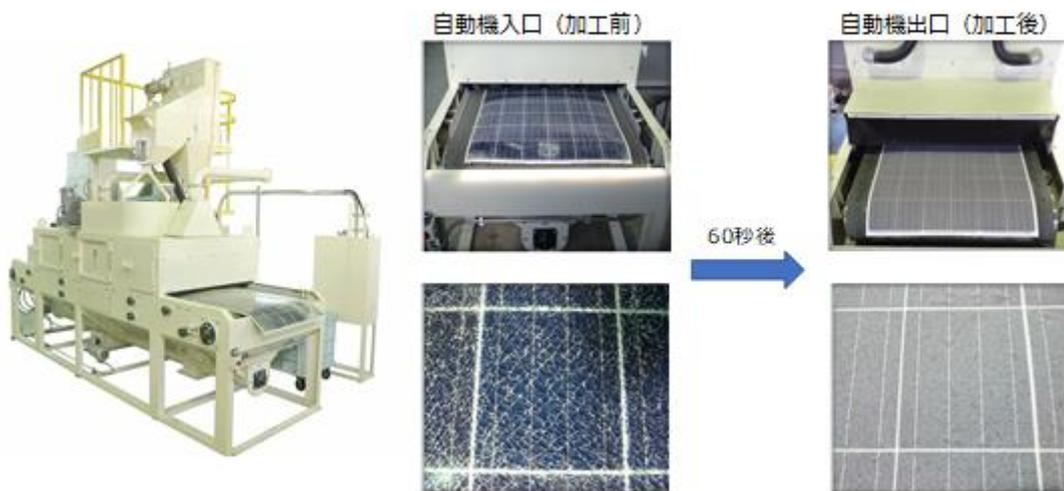


図 20 ブラスト工法による処理フロー

出典：「事業者からの提供資料」

(3) 処分

使用済太陽電池モジュールの処分を行う場合、中間処理業者、埋立処分業者は、以下の事項に留意する必要がある。

ア 使用済太陽電池モジュールの取扱い時における安全管理

(ア) けが、粉じんの吸入防止

使用済太陽電池モジュールの中間処理時には、手解体の際のけがや、粉じんの吸入を防止するために、作業手順を遵守することや、破損に備えて保護帽、グローブ、保護メガネ、作業着等を着用すること等によりリスクを低減させること。

(イ) 感電の防止

太陽電池モジュールは、受光面に光が当たると発電する。感電防止のためには、使用済太陽電池モジュールの受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないようにすることが有効である。また、絶縁手袋・ゴム長靴を着用する、絶縁処理された工具を使用する等によりリスクを低減させること。

イ 処分に関する廃棄物処理法の遵守

産業廃棄物の処分は、排出事業者自ら、もしくは排出事業者から委託を受けた処分業者が行い、産業廃棄物処理法を遵守することが義務付けられている。

産業廃棄物の処分を他人に委託した場合は、マニフェスト等により最終処分が適正に終了したことを確認すること。

使用済太陽電池モジュールを廃棄する場合には、資源循環の観点からリユース、リサイクルを推進することが望ましいが、埋立処分する場合も想定される。使用済太陽電池モジュールを処理する際には、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（表5参照）。許可品目のどれに該当するかが不明な場合等には、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する県又は政令市等（47頁参照）に相談すること。

太陽電池モジュールは電気機械器具に該当することから、埋立処分する場合には、廃棄物処理法に定める処理基準に基づき、廃プラスチック類を最大径おおむね15センチメートル以下になるよう破碎等をおこなったうえで、管理型最終処分場に埋め立てることが必要である。

また、前述の、一般的な使用済太陽電池モジュール由来の産業廃棄物の品目が下記に示す「金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準」を超えた場合、管理型最終処分場への埋立処分は処理基準違反とはならないが、維持管理の観点から処分場の運用に支障を生じるおそれがあることに留意する必要がある。

表8 金属等を含む産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準

有害物質 ¹⁾	特別管理産業廃棄物			
	水銀を含む燃え殻とばいじん、その処理物	その他の燃え殻、ばいじん、鉱さい、その処理物	水銀やシアンを含む汚泥、その処理物	その他の汚泥、その処理物
試験方法 (単位)	溶出試験 (mg/L 以下)			
アルキル水銀化合物	不検出	不検出 ^{2) 6)}	不検出	—
水銀またはその化合物	0.005	0.005 ^{2) 6)}	0.005	—
カドミウムまたはその化合物 ³⁾	—	0.3	—	0.3
鉛またはその化合物 ³⁾	—	0.3	—	0.3
有機燐 (リン) 化合物	—	—	—	1
六価クロム化合物 ³⁾	—	1.5	—	1.5
砒 (ヒ) 素またはその化合物 ³⁾	—	0.3	—	0.3
シアン化合物	—	—	1	—
PCB	—	—	—	0.003
トリクロロエチレン	—	—	—	0.3
テトラクロロエチレン	—	—	—	0.1
ジクロロメタン	—	—	—	0.2
四塩化炭素	—	—	—	0.02
1,2-ジクロロエタン	—	—	—	0.04
1,1-ジクロロエチレン	—	—	—	1
シス-1,2-ジクロロエチレン	—	—	—	0.4
1,1,1-トリクロロエタン	—	—	—	3
1,1,2-トリクロロエタン	—	—	—	0.06
1,3-ジクロロプロペン	—	—	—	0.02
チウラム	—	—	—	0.06
シマジン	—	—	—	0.03
チオベンカルブ	—	—	—	0.2
ベンゼン	—	—	—	0.1
セレンまたはその化合物 ³⁾	—	0.3	—	0.3
1,4-ジオキサン	—	0.5 ⁴⁾	—	0.5
ダイオキシン類 (DXN) ⁵⁾	—	3ng-TEQ/g ⁶⁾	—	3ng-TEQ/g ⁶⁾

注1) 指定下水汚泥は省略。

注2) 鉱さい、その処理物に適用する。

注3) 3倍値基準である。

注4) 燃え殻及びばいじんに適用。

注5) DXN は、鉱さいを除いた燃え殻、ばいじん、汚泥およびその処理物に含まれる濃度を示す。

注6) 特別管理産業廃棄物に適用

出典：日本産業廃棄物処理振興センター ホームページ <http://www.jwnet.or.jp/index.shtml>

埋立処分を行おうとする産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法は「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（環境庁告示13号、公布日：昭和48年2月）」に示されている。燃え殻、ばいじん、鉱さい、汚泥等の廃棄物については、本検定方法により基準値を超えるものは、管理型最終処分場でも埋立処分することができない。また、平成25年5月には環境省より「産業廃棄物の検定方法に係る分析操作マニュアル」が公表されている。

環境省では有識者検討会を開催し、部位別の溶出寄与度の分析結果並びに想定されるモジュールの処分方法（埋立処分される場合のモジュールの破碎の程度や行き先での浸出水管理方法等）を参考に、使用済モジュールの環境影響を評価するための溶出試験方法について検討を実施した。

< 溶出試験のための試料調製方法検討における留意点 >

- ・ 機械破碎による試料調製は一定の範囲での粒度調整が困難なので手作業での破碎を前提とする。
- ・ 対象製品の性質・構造にあわせた試料採取部位の選定が必要。
- ・ 粒径は原則、0.5～5mm とする。ただし0.5mm 未満の破碎物の素材等が明らかに0.5～5mm のものと異なる場合は、これらも混合して試験試料とする。

上記留意点を踏まえ、環境省の有識者検討会として、以下の案1、案2の2つの方法を提案している。溶出試験用試料については、同方法に基づき調製することが望まれる。

表9 溶出試験のための試料調整方法（案）

《案1》	《案2》
<p>①フレーム・端子ボックス等の取外し ※端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討</p> <p>②モジュールを代表する部位を選んで裁断(20cm×20cm程度)</p> <p>※部位ごとに性状が異なる場合は複数箇所採取して混合</p> <p>③樹脂等が含まれてそのままの状態では破碎が困難な場合は液体窒素で凍結処理</p> <p>④ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破碎。必要に応じて破碎作業中に再度液体窒素処理を行う。</p> <p>⑤破碎不能な部位(バックシート、金属電極等)が含まれる場合は過度な破碎作業はせずにハサミ等によって0.5～5mmに裁断する。</p> <p>⑥0.5～5mmに調製した破碎物を溶出試験用試料とする。</p> <p>⑦溶出試験用試料を用いて環境庁告示13号に準じて溶出試験を実施する。</p>	<p>①フレーム・端子ボックス等の取外し ※端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討</p> <p>②部材ごとに解体・重量構成比測定</p> <p>③部位ごとに破碎</p> <p>④樹脂等が含まれていてそのままの状態では破碎が困難な場合は液体窒素で凍結処理</p> <p>⑤ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破碎。必要に応じて破碎作業中に再度液体窒素処理を行う。</p> <p>⑥破碎不能な部位(バックシート、金属電極等)が含まれる場合は過度な破碎作業はせずにハサミ等によって0.5～5mmに裁断する。</p> <p>⑦0.5～5mmに調製した部位ごとの破碎物を重量構成比で混合し、溶出試験用試料とする。</p> <p>⑧溶出試験用試料を用いて環境庁告示13号に準じて溶出試験を実施する。</p>

埋立処分業者を対象としたヒアリング調査・アンケート調査によると、現時点で使用済太陽電池モジュールの受入を行っている埋立処分業者では、有害物質の含有や溶出試験結果等、必要な情報提供を依頼主に求めている。

上記の情報提供を支援するものとして、一般社団法人太陽光発電協会では、「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」を策定・公表している。これにより、太陽電池モジュールメーカーや販売業者が、あらかじめ含有化学物質の情報を提供することで、排出事業者（解体・撤去業者等）が埋立処分業者に、適正処理のために必要な情報を提供する際の参考とすることが求められている（17頁参照）。

3 リユース

リユース品の販売・使用にあたっては、リユース業者が性能確認を行い、安全性・品質を確認し、適切に情報提供することが望まれる。

(1) 太陽電池モジュールのリユースにおける実施事項

太陽電池モジュールをリユースする際の実施内容の例としては、使用済太陽電池モジュールが正常に機能するかを確認するために、①外観検査、②太陽電池モジュール洗浄、③絶縁検査、④出力検査、⑤バイパスダイオード検査を実施することが挙げられる。

リユース、リサイクル等の有効利用目的であっても、廃棄物に該当する可能性がある。廃棄物に該当する場合は、リユース・リサイクルが可能になるまでの間は廃棄物処理法に基づいて扱う必要がある。

廃棄物に該当するかどうかの判断にあたっては、下記アからオまでの各種判断要素を考慮して総合的に判断することとされている。具体的な廃棄物該当性の判断は、当該地域における産業廃棄物に関する指導監督権限を有する県又は政令市等（47頁参照）に相談すること。

表10 廃棄物該当性の判断要素

ア 物の性状
利用用途に要求される品質を満足し、かつ飛散、流出、悪臭の発生等の生活環境の保全上の支障が発生するおそれのないものであること。実際の判断に当たっては、生活環境の保全に係る関連基準（例えば土壌の汚染に係る環境基準等）を満足すること、その性状について JIS 規格等の一般に認められている客観的な基準が存在する場合は、これに適合していること、十分な品質管理がなされていること等の確認が必要であること。
イ 排出の状況
排出が必要に沿った計画的なものであり、排出前や排出時に適切な保管や品質管理がなされていること。
ウ 通常の見取り形態
製品としての市場が形成されており、廃棄物として処理されている事例が通常は認められないこと。
エ 取引価値の有無
占有者と取引の相手方間で有償譲渡がなされており、なおかつ客観的に見て当該取引に経済的合理性があること。実際の判断に当たっては、名目を問わず処理料金に相当する金品の受

領がないこと、当該譲渡価格が競合する製品や運送費等の諸経費を勘案しても双方にとって営利活動として合理的な額であること、当該有償譲渡の相手方以外の者に対する有償譲渡の実績があること等の確認が必要であること。

オ 占有者の意思

客観的要素から社会通念上合理的に認定し得る占有者の意思として、適切に利用し若しくは他人に有償譲渡する意思が認められること、又は放置若しくは処分の意思が認められないこと。したがって、単に占有者において自ら利用し、又は他人に有償で譲渡することができるものであると認識しているか否かは廃棄物に該当するか否かを判断する際の決定的な要素となるものではなく、上記アからエまでの各種判断要素の基準に照らし、適切な利用を行おうとする意思があるとは判断されない場合、又は主として廃棄物の脱法的な処理を目的としたものと判断される場合には、占有者の主張する意思の内容によらず、廃棄物に該当するものと判断されること。

出典：「行政処分の指針について（通知）平成 30 年 3 月 30 日 環循規発第 18033028 号（環境省）」

（２）リユース時における関連法制度への対応

リユース業者は以下に対応する必要がある。

ア 古物営業法に基づく手続き

古物営業とは「古物商」、「古物市場主」、「古物競りあっせん業者」に分類され、古物市場が所在する都道府県の都道府県公安委員会ごとに営業許可を受けることが義務付けられている（46頁参照）。

古物営業法において、古物の取引を行うたびに、帳簿若しくは国家公安委員会規則で定めるこれに準ずる書類に記載、または電磁的方法により記録をすることが義務付けられている。記録しておかなければならない事項は以下のとおりである。

- 取引の年月日
- 古物の品目及び数量
- 古物の特徴
- 相手方（国家公安委員会規則で定める古物を引き渡した相手方を除く。）の住所、氏名、職業及び年齢
- 前条第一項の規定によりとつた措置の区分（同項第一号及び第四号に掲げる措置にあっては、その区分及び方法）

出典：「古物営業法 第 16 条」

イ 使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準への対応

中古品判断基準は、リユースに適さない使用済電気・電子機器がリユースを名目に輸出され、処分されることが起こらないよう、環境省により平成24年に策定された。

以下に掲げている判断基準となる項目をすべて満たしていなければ、リユース目的として輸出することはできない。

表11 中古品判断基準の項目

	基準	輸出者等による対処事項	輸出者による証明方法※1の例
① 年式・ 外觀	破損や傷、汚れがないこと (大幅な修理が必要な場合は 中古使用とは見なされない)	- 製品の筐体に大きな打痕がないこと及び著しい汚れがないことを確認する。 - 電源プラグの溶痕(キズ)・変形のないこと、電源コードの劣化・キズ(半断線、亀裂)がないことを確認する。	個別製品ごとに、製造年・型式・メーカー及び破損等のないことを確認し、その結果の記録、もしくは、その事実を確認できる書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。記録については、開披せずとも確認できるようにしておくこと。 - また、求めに応じ目視可能な状態にしておくこと。 ※ 製造年等が不明な場合は、個別製品に番号を記したシールを貼り、求めに応じて説明可能な状態にしておくこと。
② 正常作 動性	通電検査等を実施し、個々が 正常に作動すること※ 使用に 際しての当該電気・電子機器 の作動に必要な通電用、充電 用付属品が欠損していないこ と	- 通電等の正常作動検査を実施し、その機能、効用を有することを確認する。 - 左述付属品が欠損している場合は、現地での使用方法又は付属品の調達方法を確認する。 - 蓄電池が内蔵されている物については、その蓄電池の使用期間を確認し(又は、充電機能検査を実施し)、十分な蓄電を行えることを確認する。 (この場合、蓄電池使用に係るメーカー推奨期間に留意するとともに、鉛蓄電池等が機能せず中古使用が不可能な状態であれば、バーゼル法の規制対象となる懸念があることに留意すること。)	- 個別製品ごとの正常作動検査の結果、個別製品の種類ごとの正常作動検査方法及び検査実施状況を撮影した写真を記録し、検査内容に責任を負う事業者名・連絡先と併せて、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。開披せずとも記録を確認できるようにしておくこと。 - 税関での検査時等において、求めに応じて正常作動検査等を行えるようにしておくこと。 - 左述付属品が欠損している場合は、その付属品名と輸出国での調達可能性の説明を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 内蔵された蓄電池については、その使用期間を記載するか、充電機能検査を実施した結果を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。

	基準	輸出者等による処理事項	輸出者による証明方法※1の例
③ 梱包・積載状態	荷姿等が適切であること（集荷、輸送、積み込み及び積み下ろし作業中の破損を防ぐように適切に梱包、積載及び保管されていること）	<ul style="list-style-type: none"> - テレビモニター等がある場合には、その画面部分には段ボール紙等により画面保護を行う。 - 小型の物については、必要に応じて、段ボール箱を利用、個別に包装する等し、整然と積載する。 - 積み込みを行うまでの間、風雨等にさらされないよう屋内で適切に保管する。 	<ul style="list-style-type: none"> - 輸送中等の破損を防止するための梱包・積載方法の説明とともに、梱包の状況を撮影した写真及び積載の状況を撮影した写真（コンテナ積載開始時・中間・扉付近の3箇所以上）を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
④ 中古取引の事実関係	契約書等により中古品取引の事実関係が確認されること ※ 当該契約書等には、1. 使用済電気・電子機器の中古品の販売に関する内容（取引価格に関する情報を含む）2. 部品取りされない旨が少なくとも記載されていること		<ul style="list-style-type: none"> - 取引の事実関係等を証する書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
⑤ 中古市場	輸入国において当該製品の中古市場があること	<ul style="list-style-type: none"> - 輸入国において確実にリユース目的で販売されることを確認する。 - 輸入国政府の許可を前提に、輸出目的で輸入が認められている場合は、その政府許可等を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> - 輸入国において自ら中古販売する者の名称・所在・連絡先・販売店の写真を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 輸入国政府の許可を前提に、再輸出目的で輸入を認められている場合は、その政府許可等を提示可能な状態にしておくこと（英文以外は、その翻訳（日本語又は英文）を提示できるように配慮すること）。

※1 証明のための記録・書類等は、輸入国等においても確認が行われる可能性を考慮し、英文のものを提示できるよう配慮すること。

※2 特定家庭用機器再商品化法（平成 10 年法律第 97 号）第 2 条第 4 項に規定する特定家庭用機器をいう。

出典：「使用済電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準（環境省）」

なお、本基準は、家庭で使用した電気・電子機器（事業者が一般的な事務活動において使用した電気・電子機器を含む。）をリユース目的で輸出する場合に適用されるものであり、太陽電池モジュールは明示的に対象とされていないものの、中古太陽電池モジュールの輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望まれる。

また、リサイクルを目的として使用済太陽電池モジュールの輸出を行う場合は、原則として廃棄物処理法に基づく環境大臣の確認及び「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」（バーゼル法）（平成4年法律第108号）に基づき、輸出の相手国への事前の通告・同意の受領、外国為替及び外国貿易法（昭和24年法律第228号）に基づく輸出承認の取得等の手続きが必要となる。

ウ 使用済太陽電池モジュールを処理・処分する際の廃棄物処理法への対応

リユース業者が使用済太陽電池モジュールを引き取った後、リユースに不相当とみなした場合には、リユース業者が排出事業者となり、廃棄物処理法に基づいた適切な処理・処分が必要となる。

（3）リユース太陽電池モジュール構成上の留意点

ア 同一型式モジュールによる構成

太陽電池アレイ（※1）やストリング（※2）を構成する太陽電池モジュールに、電気特性の異なる太陽電池モジュールを追加すると、通常は太陽電池モジュールに接続されたバイパスダイオードが逆電圧を防止しているが、バイパスダイオードが故障した場合には、電気特性の異なる太陽電池モジュールに逆電圧がかかるため、発熱や発火の危険性がある。そのため、安全面から、同一型式の太陽電池モジュールで構成することが望まれる。

イ 太陽電池モジュールとパワーコンディショナーの組み合わせ

一般的に、特定の太陽電池モジュールと特定のパワーコンディショナーを組み合わせた場合、不具合が出る可能性が想定されるため、留意することが望まれる。

※1 太陽電池アレイについては、用語の整理（2頁）にて解説している。

※2 ストリングとは、複数枚の太陽電池モジュールを直列に接続し、パワーコンディショナー入力電圧等まで電圧を高めた1つのブロックを指す。

4 災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い

(1) 災害時における解体・撤去作業の流れ

地震や落雷、台風等の災害等が原因で太陽光発電設備が落下・破損し、生活環境保全上の支障が生じたために解体・撤去や処理を行う必要が生じた被災太陽光発電設備は、災害に起因して発生する一般廃棄物である災害廃棄物として市町村が処理する。なお、使用済太陽光発電設備の個別の処分方法については、当該地域の一般廃棄物の処理責任を有する市町村毎に対応が異なることから、各市町村の廃棄物担当窓口にご相談すること。

本手引きでは、参考として、災害時に想定される標準的な解体・撤去、収集・運搬、処分の流れについて示す。

災害時においても、基本的には平常時と同様の流れに則り、現場確認、解体・撤去、収集・運搬、処分を行う。ただし、発災直後には、人命救助や道路啓開等が実施されるため、家屋の解体等が実施されるまでは災害が発生してから一定の時間を要することになる。そのため、災害が原因で破損した家屋に設置されている太陽光発電設備の解体・撤去が実施されるまでも一定の時間がかかることが予想され、それに伴う留意点が生じる。加えて、災害廃棄物として解体・撤去された太陽電池モジュールはその他の災害廃棄物と同様に、仮置場で保管されることとなる。

次頁からは、関係者別の留意点を記載している。

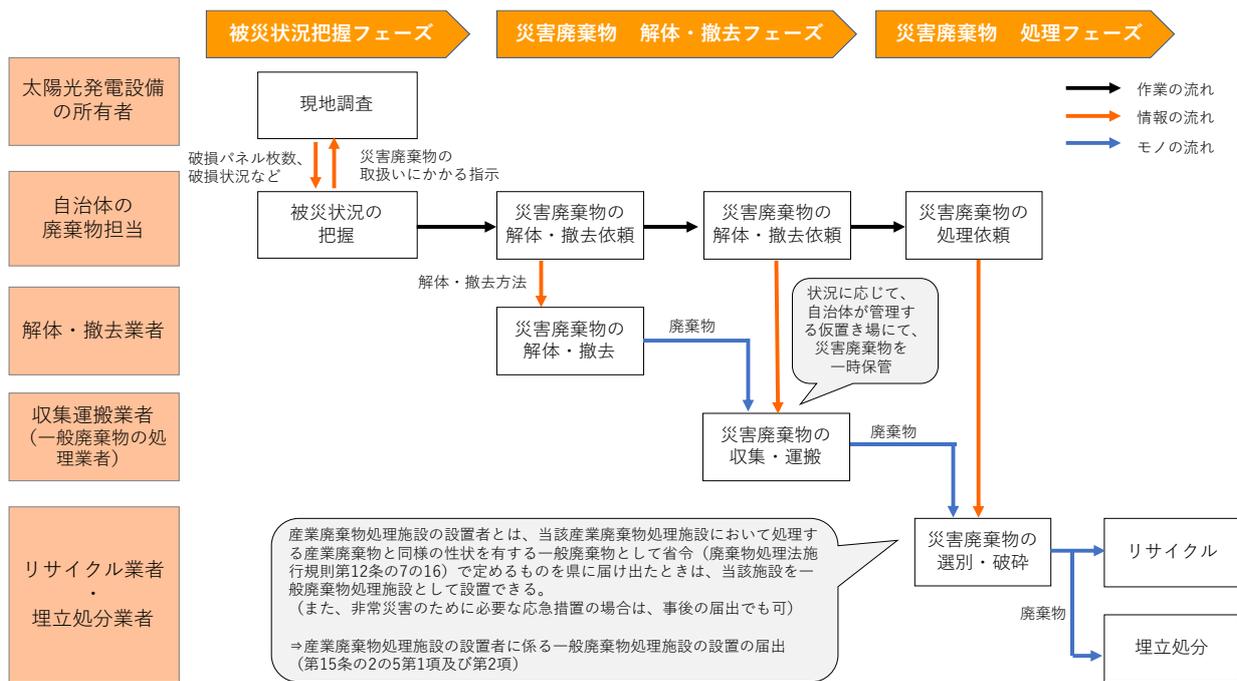


図 21 災害時における解体・撤去、収集・運搬、処分の流れ（公費解体を想定）

(2) 災害時に求められる収集運搬業者の対応

被災した太陽電池モジュールを収集・運搬する際には、感電防止に十分な対策が求められる。

災害廃棄物として太陽電池モジュールを処理する場合には、自治体からの委託等を受けている等、廃棄物処理法を遵守している必要がある。

ア 感電の防止

積み込みや収集・運搬時等の感電防止のためには、荷台において太陽電池モジュールの受光面を下にするか、または受光面をブルーシート等の遮光用シートで覆い、発電しないように留意すること。なお、降雨等の影響でモジュール内部に水が溜まっている可能性があり、その場合、感電の恐れがあるため、必ずゴム手袋をして作業をすること。それ以外の留意事項は下記のとおりである。

- ・（複数の太陽電池モジュールがケーブルで繋がっている場合）ケーブルのコネクターを抜き、ビニールテープ等を巻くこと。その際、厚手のゴム手袋、ゴム長靴を着用し、絶縁処理された工具を使用すること。
- ・（モジュール周辺の地面が湿っている場合やモジュールが土砂に埋もれている、モジュールに土砂が付着している、ケーブルが切れている等、感電の可能性のある状態のものを見つけた場合）不用意に近づかず、電気工事士やメーカー等の専門家の指示を受けること。また、降雨・降雪時には極力作業を行わない等の対策によりリスクを低減させることが望ましい。

イ 破損等による怪我の防止

積み込みや収集・運搬時等における破損による怪我を防止するよう十分に注意する必要がある。破損に備えて保護帽、厚手のゴム手袋、保護メガネ、作業着等を着用する等によりリスクを低減させるよう努めること。

ウ 水濡れ防止

ガラスが破損した太陽電池モジュールは雨水等の水濡れによって含有物質の流出する恐れや感電の危険性が高まる恐れがあるため、荷台をブルーシート等の遮光用シートで覆う、屋根付きトラックによる運送等の水濡れ防止策をとるよう努めること。なお、地震により破損した太陽光発電設備は廃棄物処理法に基づき、収集・運搬する必要があるので注意すること。

5 参考資料

(1) 太陽電池モジュールの性状

廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法をベースとして、国内、国外の計27 サンプルにつき、太陽電池モジュールの含有量試験を実施したところ、鉛、アンチモン、銅、すず、銀といった物質が含まれていることが判明した。

表 12 含有量試験結果

種類	製造年	部位	含有量試験結果 (単位: mg/kg)																N数	
			Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr ⁶⁺ 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn すず	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀		
結晶シリコン系 (単結晶)	国内	~1999	フロントカバーガラス	20	-	<1	-	-	-	-	5	-	-	-	11	-	-	-	3	
			電極	5	<1	<1	-	-	-	3	-	-	-	9	-	-	-	-	6	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	110,000	-	-	-	-	-	-	-	740,000	-	69,000	-	-	-	-	30,000	6
			EVA・結晶・バックシート	85,000	-	-	-	-	-	-	-	550,000	-	490	-	-	-	-	18,000	6
		2000~2009	フロントカバーガラス	310	-	1	-	-	-	2,100	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6
			電極	<1	<1	<1	-	-	-	1,600	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	6
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	44	-	-	-	-	-	-	-	730,000	-	150,000	-	-	-	-	25,000	3
			EVA・結晶・バックシート	110	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	12	<1	13	13	180	8	68	7	3,200	3
		2010~2013	フロントカバーガラス	32	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	8	<1	11	13	58	7	58	6	3,200	3
			電極	270	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	10	<1	460	40	1,100	3	3	7	5,300	3
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	220	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	6	<1	71	11	270	2	2	3	3,100	9
			EVA・結晶・バックシート	120	-	4	-	-	-	-	2,200	-	-	-	-	<1	-	-	-	9
	海外	2008~2013	フロントカバーガラス	16	-	<1	-	-	-	-	1,200	-	-	-	<1	-	-	-	23,000	9
			電極	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	280	9
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	290	<1	25	<1	<1	<0.5	<1	96	26	160,000	170	3,700	7	400	6	9,400	9
			EVA・結晶・バックシート	1	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	9	<1	49	12	26	2	<1	<1	150	9
			フロントカバーガラス	10	-	<1	-	-	-	-	780	-	-	-	-	<1	-	-	-	3
			電極	5	-	<1	-	-	-	-	510	-	-	-	-	<1	-	-	-	9
		2017~	フロントカバーガラス	58,000	-	-	-	-	-	-	-	880,000	-	97,000	-	-	-	-	22,000	9
			電極	9	-	-	-	-	-	-	-	760,000	-	9,800	-	-	-	-	84	6
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	66	<1	3	<1	<1	<0.5	<1	2,200	2	140	100	87	3	<1	1	470	3
			EVA・結晶・バックシート	27	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1,200	<1	21	16	28	1	<1	1	280	3
			フロントカバーガラス	10	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	52	<1	110,000	26	19,000	2	<1	<1	120	1
			電極	7	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	36	<1	94,000	13	16,000	2	<1	<1	59	1
結晶シリコン系 (多結晶)	国内	2001~2005	フロントカバーガラス	21	1	14	<1	<1	<0.5	<1	1,500	1	44	33	9	<1	<1	<1	1	
			電極	21	1	14	<1	<1	<0.5	<1	1,500	1	44	33	9	<1	<1	<1	<1	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	43,000	<1	2	<1	<1	<0.5	<1	<1	3	900,000	6	54,000	<1	49	<1	3,200	1
		2012~2013	フロントカバーガラス	43,000	<1	2	<1	<1	<0.5	<1	<1	3	900,000	6	54,000	<1	49	<1	3,200	1
			電極	62	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	72	6	26	12	57	<1	<1	2	1,400	1
			EVA・結晶・バックシート	62	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	72	6	26	12	57	<1	<1	2	1,400	1
	海外	2001~2005	フロントカバーガラス	360	-	<1	-	-	-	2,000	-	-	-	-	17	-	-	-	12	
			電極	<1	-	<1	-	-	-	2	-	-	-	-	<1	-	-	-	12	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	140,000	-	-	-	-	-	-	-	830,000	-	250,000	-	-	-	-	32,000	12
		2017~	フロントカバーガラス	390	-	-	-	-	-	-	-	410,000	-	460	-	-	-	-	4,700	12
			電極	7,600	6	14	<1	<1	<0.5	<1	57	7	5,600	940	14,000	5	1	7	12,000	6
			EVA・結晶・バックシート	100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	5	<1	40	14	41	2	<1	3	290	6
2012~2013	フロントカバーガラス	8	-	3	-	-	-	-	2,000	-	-	-	-	<1	-	-	-	6		
	電極	<1	-	2	-	-	-	-	1,700	-	-	-	-	<1	-	-	-	6		
	ガラス・EVA・結晶・バックシート	64,000	-	-	-	-	-	-	-	83,000	-	89,000	-	-	-	-	12,000	6		
	EVA・結晶・バックシート	5,500	-	-	-	-	-	-	-	70,000	-	2,900	-	-	-	-	1,800	6		
	フロントカバーガラス	990	<1	14	<1	<1	<0.5	<1	35	7	890	940	290	5	1	4	2,600	6		
	EVA・結晶・バックシート	100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	5	<1	40	97	41	2	<1	3	290	6		
2017~	フロントカバーガラス	15	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	2,600	29	12	11	2	<1	<1	<1	<1	1		
	電極	15	<1	1	<1	<1	<0.5	<1	2,600	29	12	11	2	<1	<1	<1	<1	1		
	ガラス・EVA・結晶・バックシート	68,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	1	810,000	20	18,000	<1	2	<1	12,000	1		
	EVA・結晶・バックシート	68,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	1	810,000	20	18,000	<1	2	<1	12,000	1		
	フロントカバーガラス	29	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	25	17	23	67	30	<1	<1	5	1,900	1		
	EVA・結晶・バックシート	29	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	25	17	23	67	30	<1	<1	5	1,900	1		
薄膜シリコン系	国内	2008~2013	フロントカバーガラス	30	-	6	-	-	-	1,700	-	-	-	<1	-	-	-	6		
			電極	1	-	<1	-	-	-	450	-	-	-	-	<1	-	-	-	6	
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	59,000	-	-	-	-	-	-	-	850,000	-	85,000	-	-	-	-	19,000	6
		2017~	フロントカバーガラス	1,400	-	-	-	-	-	-	-	750,000	-	3,700	-	-	-	-	3,900	6
			電極	1,400	<1	19	<1	<1	<0.5	<1	100	100	2,900	210	1,500	5	3	5	2,100	6
			EVA・結晶・バックシート	100	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	15	3	160	58	280	2	<1	3	160	6
	海外	2008~2013	フロントカバーガラス	630	<1	10	<1	<1	<0.5	<1	570	16	200	51	1,100	3	<1	3	3,300	6
			電極	41	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	81	2	13	20	10	2	<1	1	250	6
			EVA・結晶・バックシート	41	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	81	2	13	20	10	2	<1	1	250	6
		2017~	フロントカバーガラス	39	<1	65	<1	<1	<0.5	<1	2,600	7	37	11	12	<1	<1	<1	<1	3
			電極	17	<1	4	<1	<1	<0.5	<1	1,800	2	10	8	<1	<1	<1	<1	<1	3
			EVA・結晶・バックシート	58,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	27	900,000	20	60,000	3	32	<1	12,000	3
化合物系	国内	2007~2013	フロントカバーガラス	46,000	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	<1	<1	830,000	12	55,000	<1	<1	<1	5,700	9
			電極	4,100	-	-	-	-	-	-	-	840,000	-	160,000	-	-	-	-	5,800	9
			ガラス・EVA・結晶・バックシート	8	-	-	-	-	-	-	-	570,000	-	26	-	-	-	-	12	9
	海外	フロントカバーガラス	26	390	2	370	<1	<0.5	<1	1,600	470	4,500	500	450	180	300	53	11	9	
		電極	2	5	1	150	<1	<0.5	<1	<1	<1	18	10	15	8	<1	<1	<1	9	
		EVA・結晶・バックシート	2	5	1	150	<1	<0.5	<1	<1	<1	18	10	15	8	<1	<1	<1	9	

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」

平成 30 年度リサイクルシステム統合強化による循環資源利用高度化促進業務（環境省）において

三菱総合研究所作成

含有量試験で評価した部位については、「1（4）太陽電池モジュールの種類・構造（5～8頁）」で示した太陽電池モジュール（結晶シリコン系、薄膜シリコン系、化合物系（CIS/CIGS系））の構成部材と照らし合わせると、以下のとおりとなる。

表 13 太陽電池モジュール構成部材の分類

種類	構成部材 (15、16頁参照)	含有量試験で評価した部位
結晶シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	フロントカバーガラス
	②. 太陽電池セル	電極
	③. 充填剤（EVA等）	EVA・結晶・バックシート
	④. バックフィルム	EVA・結晶・バックシート
	⑤. 出力ケーブル	EVA・結晶・バックシート
	⑥. 端子箱	EVA・結晶・バックシート
	⑦. フレーム*	—
薄膜シリコン系	①. カバーガラス（受光面）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	②. 薄膜セル	電極
	③. 充填剤（EVA等）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	④. バックフィルム	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑤. 出力ケーブル	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑥. 端子箱	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑦. フレーム*	—
化合物系 (CIS/CIGS系)	①. カバーガラス（受光面）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	②. 薄膜セル	電極
	③. 基板ガラス	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	④. 充填剤（EVA等）	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑤. バックフィルム	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑥. 出力ケーブル	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑦. 端子箱	ガラス・EVA・結晶・バックシート
	⑧. フレーム*	—

※ 含有量試験の実施にあたり、フレームは対象外にしている

有害性の観点から注意が必要な物質の溶出について、太陽電池モジュールを対象とした公定試験法や基準等は存在しない。

そのため、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令に基づき定められている方法及び基準（環境庁告示第13号試験及び燃えがら・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃棄物処理法による特別管理産業廃棄物の判定基準）に準じて太陽電池モジュールの破碎片の溶出試験を実施したところ、結晶系のモジュールの一部（3検体）において鉛が燃えがら等についての基準値（0.3mg/L）を上回る結果となった。

同様に、化合物系モジュールの一部（2検体）においてセレンが燃えがら等についての基準値（0.3mg/L）を上回る結果となった。また、化合物系モジュールの一部（1検体）においてカドミウムが基準値を上回る結果となった。なお、試料調製方法、分析機関により結果にばらつきが生じる可能性があり、製品の評価にあたっては注意が必要である。追加分析試験の結果、同一製品を同一の調製方法で分析した場合であっても、0.02～1.1mg/Lと分析機関によってばらつきのある結果が得られている。

表 14 溶出試験結果

No.	種類	製造年	単位:mg/L																		
			Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr ⁶⁺ 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn すず	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀			
1	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2018	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2017	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2017	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	結晶シリコン系（単結晶）	国内	1993	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
7	結晶シリコン系（単結晶）	国内	1998	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
8	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	<0.01								
9	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2009	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01								
10	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2012	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
11	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2012	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.11	<0.01	<0.01								
12	結晶シリコン系（単結晶）	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.04	<0.01								
13	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2008	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01								
14	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01								
15	結晶シリコン系（単結晶）	海外	2013	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	<0.01								
16	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2002	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.17	<0.01	<0.01								
17	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01								
18	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2001	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
19	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2005	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
20	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2012	0.35	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
21	結晶シリコン系（多結晶）	国内	2013	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	<0.01								
22	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2012	0.36	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
23	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	0.03	<0.01								
24	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	0.50	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
25	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2013	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.02	<0.01								
26	結晶シリコン系（多結晶）	海外	2012	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01								
27	薄膜シリコン系	国内	2008	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
28	薄膜シリコン系	国内	2011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
29	薄膜シリコン系	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
30	化合物系（CIS系）	国内	2007	<0.01	<0.01	<0.01	1.07	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01								
31	化合物系（CIS系）	国内	2013	<0.01	<0.01	<0.01	0.98	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	<0.01								
32	化合物系（CdTe系）	国内	2013	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1.57								

今後、分析予定

0.01～0.3mg/L 基準値超過

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」
平成 30 年度リサイクルシステム統合強化による循環資源利用高度化促進業務（環境省）において
三菱総合研究所作成

表 15 同一製品（化合物系モジュール）におけるセレンの溶出に関する
試料粉碎方法別分析結果（mg/L）

		分析機関 A (本試験結果)	分析機関 A (追加試験結果)	分析機関 B	分析機関 C	分析機関 D
本試験結果詳細 (カッティングミ ル粉碎)	①	1.1	—	—	—	—
	②	0.9	—	—	—	—
	③	0.9	—	—	—	—
追加試験 a) カッティングミル 粉碎※ ¹	④	—	0.10	0.02	0.049	—
	⑤	—	0.13	0.02	0.064	—
	⑥	—	0.11	0.02	0.076	—
追加試験 b) 部材混合※ ¹	⑦	—	0.01	<0.01	<0.005	—
	⑧	—	0.01	<0.01	0.006	—
	⑨	—	0.01	<0.01	<0.005	—
参考 c) 化合物付き基板 (最終処分業者によ る処分方法確認の ための試験) ※ ²	⑩	—	—	—	—	0.047
	⑪	—	—	—	—	0.008

注) ①～⑨は、環境庁告示 13 号試験に準拠した方法に基づき試料調製・分析を実施。①～⑥はカッティングミルを使用して試料粉碎したものであり、⑦～⑨は各部材をハンマー及びはさみを用いて粉碎した上で太陽電池モジュールの構成重量比で混合したもの。

⑩、⑪は、環境庁告示 13 号試験（改訂前）に準拠した方法に基づき試料調製し、「水素化物発生原子吸光法（JIS K 0102 67.2）」に準拠し分析。化合物付き基板のみの測定結果を全体重量比で 1/3 相当したもの。

※ 1 化合物系モジュールメーカーによる追加分析結果

※ 2 化合物系モジュールメーカー提供データ

出典：「平成 25 年度 使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書（環境省）」

(2) リユースに向けて実施する検査等のコスト感

使用済太陽電池モジュールの正常性を確認するための検査機器等の設備費用においては、特に出力検査に用いる機器の費用が高くなっている。

リユース業者の施設まで持ち帰って使用済太陽電池モジュールを検査した場合とメガソーラー発電所等の現場で検査した場合について、それぞれの設備費や所要時間を以下に示す。なお、それぞれの情報は、リユース業者へのヒアリング結果に基づくリユース事例の一例であり、民間事業者の創意工夫により検査費用等の低減を図っていくことが重要である。

表 16 太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（持ち帰り検査の例）

項目	内容	設備費	太陽電池モジュール 1枚あたりの所要時間
① 太陽電池 モジュール洗浄	検査前に太陽電池 モジュールの洗浄を 実施。	—	5～10分程度
② 外観検査	カバーガラス割れ、型 式の不一致、セルず れ、タブ(導電性リボ ン)ずれ、外観の焦げ キズ等を確認。	—	1分程度
③ 絶縁検査	ドライ検査と湿潤検 査がある。湿潤検査で は水中に入れて漏電 の危険性がないかを 確認。	検査機器：数万円	1～2分程度
④ 出力検査	IVカーブにより出力 特性を確認。	検査機器：2,000万円	数秒
⑤ ELカメラ検査	赤外線を使って測定 し、セル割れや太陽電 池モジュール内の異 物やバイパスダイオ ードのショートがな いか等を確認。	分析機器：200～1,000 万円	数秒
⑥ バイパス ダイオード検査	バイパスダイオード が切れていないかを 確認。	分析機器：数万円～20 万円程度	数秒

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）」、リユース業者へのヒアリング結果に基づき作成

表 17 太陽電池モジュールのリユースに向けた実施内容における費用等（現場検査の例）

項目	内容	設備費	太陽電池モジュール 1枚あたりの所要時間
① 外観検査	カバーガラス割れ、型式の不一致、セルずれ、タブ（導電性リボン）ずれ、外観の焦げキズ等を確認。	—	1分程度
② 開放電圧測定	ストリング毎の電圧を確認。	検査機器：数万円～	5秒程度* (2MW/日で測定可能)
③ 絶縁抵抗測定	ストリング毎に大地及び他の電路と絶縁されていることを確認。	検査機器：約10万円～	5秒程度* (2MW/日で測定可能)
④ 出力検査	I-Vカーブにより出力特性を確認。 (※I-Vトレーサを用いてストリング毎のI-V特性、及び日射と温度の確認を行いSTCの条件に近い形で測定、解析を行う。)	検査機器：150万円	15秒程度* (1MW/日で検査可能)
⑤ IR検査	太陽電池モジュール内の温度のばらつきを確認し、発電時にホットスポット（セル、BPD）の有無を確認。	検査機器：約10万円～	5秒程度* (2MW/日で検査可能)
⑥ EL検査	太陽電池モジュールを取り外すことなく、日中、ストリング単位にてEL画像を取得し、セル割れやモジュール内の異物やバイパスダイオードのショートの有無を確認。	検査機器：2,500万円	75秒程度* (200kW/日で検査可能)

※ 屋外で太陽電池モジュールの正常性を確認する場合には、複数枚が直列に接続されたストリング毎に検査・測定することが可能であるため、太陽電池モジュール1枚あたりの所要時間は参考値となる。
出典：リユース業者へのヒアリング結果に基づき作成

(3) 環境科学国際センターによる太陽電池モジュールの破碎試験結果

埼玉県環境科学国際センターで行った太陽電池モジュールの破碎試験結果について参考に紹介する。

ア 目的

ガラスが剥離されたセル付きバックシートは、銀が含まれているため、銀含有量がある程度高い場合、有価で売却できる可能性がある。また、バックシートは化学組成にもよる（塩素フリー、フッ素フリー等）がプラスチック樹脂であることが多いため、サーマルエネルギー源としてリサイクルできる可能性がある。しかし、サーマル燃料の場合、適度な大きさに破碎する、灰分（焼却残渣）を少なくする等、燃料としての質を整える必要がある。

そこで、銀の濃縮及びサーマル燃料としての質を検討するために、破碎選別試験を行った。

イ 方法

太陽電池モジュールのガラス剥離はガラス剥離機を使用した。ガラスが剥離されたセル付きのバックシートは、二軸破碎機を用いて粗破碎を行い、さらに、試験篩を用いて5mm篩下を篩別、5mm篩上を用いて細破碎試験を行った。細破碎試験は一軸破碎機2機種、チェーンハンマー式破碎機（横型）1機種を用いて行った。一軸破碎機の場合、φ14mmのスクリーンを用いて粒度を調整した。細破碎後、3種類の試験篩（5mm、2mm、1mm）で篩別し、各粒度について嵩密度、強熱後残渣量、強熱後残渣の化学組成等を調べた。

ウ 結果

(1) 細破碎をすることによって嵩密度が高くなる（空隙の減少）⇒運搬効率は上がる。

粗破碎物の嵩密度（0.09kg/l、2検体平均）⇒細破碎物：5mm篩上（0.26kg/l、4検体平均）、5mm篩下（0.70kg/l、4検体平均）

(2) 熱灼減量の結果から、1mmで篩別すると、バックシートはほとんど1mm篩上の粒度に選別されることが判明した。また、プラスチック分が多い1mm篩上の粒度を見た場合、細破碎にチェーンハンマー破碎機を用いた方が、一軸破碎機を用いた方よりも強熱後残渣率が低いことから、シリコン結晶等が破碎の衝撃によりバックシートから分離されていると示唆された。

(3) Ag濃縮率の結果から、一軸破碎機やチェーンハンマー破碎機を用いて細破碎し、1mm孔径で篩別することによって、1mm篩下にAgを簡易に濃縮できることが分かった。

このように、適切な破碎機を用いることによっても、破碎物の品質の制御やAgの簡易な濃縮が可能であることがわかった。

表 18 細破碎機バックシートくず物性試験結果

破碎機種 パネル種	5mm篩上		5mm篩下		5mm篩下の内訳			600°C強熱後残渣率				Ag濃縮率(5<xの値を1)			
	割合	嵩密度	割合	嵩密度	2<x<5	1<x<2	x<1	5<x	2<x<5	1<x<2	x<1	5<x	2<x<5	1<x<2	x<1
K社一軸 パネルL	50%	0.33kg/L	31%	0.90kg/L	62%	13%	25%	24%	19%	20%	78%	1	2.8	2.3	9.7
H社チェーン パネルL	25%	0.22kg/L	58%	0.70kg/L	42%	10%	49%	14%	3.4%	8.3%	80%	1	1.1	1.3	14
H社チェーン パネルD	28%	0.24kg/L	52%	0.61kg/L	40%	14%	47%	14%	3.2%	5.7%	65%	1	0.7	1.1	18
C社一軸 パネルD	58%	0.24kg/L	44%	0.59kg/L	32%	20%	47%	20%	22%	20%	71%	1	2.3	2.7	11

(4) 関係法令条文一覧表

<p>産業廃棄物の 処理基準 (廃棄物処理法 施行令第3条、 第6条) (15頁)</p>	<p>第三条 法第六条の二第二項の規定による一般廃棄物（特別管理一般廃棄物を除く。以下この条及び次条において同じ。）の収集、運搬及び処分（再生を含む。）の基準は、次のとおりとする。</p> <p>一 一般廃棄物の収集又は運搬に当たっては、次によること。</p> <p>イ 収集又は運搬は、次のように行うこと。</p> <p>(1) 一般廃棄物が飛散し、及び流出しないようにすること。</p> <p>(2) 収集又は運搬に伴う悪臭、騒音又は振動によつて生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。</p> <p>ロ 一般廃棄物の収集又は運搬のための施設を設置する場合には、生活環境の保全上支障を生ずるおそれのないように必要な措置を講ずること。</p> <p>ハ 運搬車、運搬容器及び運搬用パイプラインは、一般廃棄物が飛散し、及び流出し、並びに悪臭が漏れるおそれのないものであること。</p> <p>ニ 船舶を用いて一般廃棄物の収集又は運搬を行う場合には、環境省令で定めるところにより、一般廃棄物の収集又は運搬の用に供する船舶である旨その他の事項をその船体の外側に見やすいように表示し、かつ、当該船舶に環境省令で定める書面を備え付けておくこと。</p> <p>ホ 石綿が含まれている一般廃棄物であつて環境省令で定めるもの（以下「石綿含有一般廃棄物」という。）の収集又は運搬を行う場合には、石綿含有一般廃棄物が、破碎することのないような方法により、かつ、その他の物と混合するおそれのないように他の物と区分して、収集し、又は運搬すること。</p> <p>ヘ 一般廃棄物の積替えを行う場合には、次によること。</p> <p>(1) 積替えは、周囲に囲いが設けられ、かつ、一般廃棄物の積替えの場所であることの表示がされている場所で行うこと。</p> <p>(2) 積替えの場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように必要な措置を講ずること。</p> <p>(3) 積替えの場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。</p> <p>ト 石綿含有一般廃棄物の積替えを行う場合には、積替えの場所には、石綿含有一般廃棄物がその他の物と混合するおそれのないように、仕切りを設ける等必要な措置を講ずること。</p> <p>チ 一般廃棄物の保管は、一般廃棄物の積替え（環境省令で定める基準に適合するものに限る。）を行う場合を除き、行つてはならないこと。</p> <p>リ 一般廃棄物の保管を行う場合には、次によること。</p> <p>(1) 保管は、次に掲げる要件を満たす場所で行うこと。</p>
---	--

(イ) 周囲に囲い（保管する一般廃棄物の荷重が直接当該囲いにかかる構造である場合にあつては、当該荷重に対して構造耐力上安全であるものに限る。）が設けられていること。

(ロ) 環境省令で定めるところにより、見やすい箇所に一般廃棄物の積替えのための保管の場所である旨その他一般廃棄物の保管に関し必要な事項を表示した掲示板が設けられていること。

(2) 保管の場所から一般廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないように次に掲げる措置を講ずること。

(イ) 一般廃棄物の保管に伴い汚水が生ずるおそれがある場合にあつては、当該汚水による公共の水域及び地下水の汚染を防止するために必要な排水溝その他の設備を設けるとともに、底面を不浸透性の材料で覆うこと。

(ロ) 屋外において一般廃棄物を容器を用いずに保管する場合にあつては、積み上げられた一般廃棄物の高さが環境省令で定める高さを超えないようにすること。

(ハ) その他必要な措置

(3) 保管の場所には、ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。

第六条 法第十二条第一項の規定による産業廃棄物（特別管理産業廃棄物以外のものに限るものとし、法第二条第四項第二号に掲げる廃棄物であるもの及び当該廃棄物を処分するために処理したものを除く。以下この項（第三号イ及び第四号イを除く。）において同じ。）の収集、運搬及び処分（再生を含む。）の基準は、次のとおりとする。

一 産業廃棄物の収集又は運搬に当たつては、第三条第一号イからニまでの規定の例によるほか、次によること。

イ 運搬車の車体の外側に、環境省令で定めるところにより、産業廃棄物の収集又は運搬の用に供する運搬車である旨その他の事項を見やすいように表示し、かつ、当該運搬車に環境省令で定める書面を備え付けておくこと。

ロ 石綿が含まれている産業廃棄物であつて環境省令で定めるもの

（以下「石綿含有産業廃棄物」という。）又は水銀若しくはその化合物が使用されている製品が産業廃棄物となつたものであつて環境省令で定めるもの（以下この項において「水銀使用製品産業廃棄物」という。）の収集又は運搬を行う場合には、第三条第一号ホの規定の例によること。

ハ 産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号への規定の例によること。

ニ 石綿含有産業廃棄物又は水銀使用製品産業廃棄物の積替えを行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。

	<p>ホ 産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号チ及びリの規定の例によるほか、当該保管する産業廃棄物の数量が、環境省令で定める場合を除き、当該保管の場所における一日当たりの平均的な搬出量に七を乗じて得られる数量を超えないようにすること。</p> <p>ヘ 石綿含有産業廃棄物又は水銀使用製品産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。</p> <p>ニ 産業廃棄物の処分（埋立処分及び海洋投入処分を除く。以下この号において同じ。）又は再生に当たっては、次によること。</p> <p>ロ 産業廃棄物の保管を行う場合には、次によること。</p> <p>(1) 第三条第一号リの規定の例によること。</p> <p>(2) 環境省令で定める期間を超えて保管を行つてはならないこと。</p> <p>(3) 保管する産業廃棄物（当該産業廃棄物に係る処理施設が同時に当該産業廃棄物と同様の性状を有する一般廃棄物として環境省令で定めるものの処理施設である場合にあつては、当該一般廃棄物を含む。）の数量が、当該産業廃棄物に係る処理施設の一日当たりの処理能力に相当する数量に十四を乗じて得られる数量（環境省令で定める場合にあつては、環境省令で定める数量）を超えないようにすること。</p> <p>ニ 石綿含有産業廃棄物の処分又は再生を行う場合には、次によること。</p> <p>(1) 石綿含有産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。</p> <p>ホ 水銀使用製品産業廃棄物又は水銀含有ばいじん等（水銀又はその化合物が含まれているばいじん、燃え殻、汚泥、廃酸、廃アルカリ又は鉱さいであつて、環境省令で定めるものをいう。（2）において同じ。）の処分又は再生を行う場合には、次によること。</p> <p>(3) 水銀使用製品産業廃棄物の保管を行う場合には、第三条第一号トの規定の例によること。</p>
--	--

<p>廃棄物処理法 施行規則 第8条の4の2 (17頁)</p>	<p>六 委託者の有する委託した産業廃棄物の適正な処理のために必要な次に掲げる事項に関する情報</p> <p>イ 当該産業廃棄物の性状及び荷姿に関する事項</p> <p>ロ 通常の保管状況の下での腐敗、揮発等当該産業廃棄物の性状の変化に関する事項</p> <p>ハ 他の廃棄物との混合等により生ずる支障に関する事項</p> <p>ニ 当該産業廃棄物が次に掲げる産業廃棄物であつて、日本工業規格C〇九五〇号に規定する含有マークが付されたものである場合には、当該含有マークの表示に関する事項</p> <p>(1) 廃パーソナルコンピュータ</p>
--	---

	<p>(2) 廃ユニット形エアコンディショナー</p> <p>(3) 廃テレビジョン受信機</p> <p>(4) 廃電子レンジ</p> <p>(5) 廃衣類乾燥機</p> <p>(6) 廃電気冷蔵庫</p> <p>(7) 廃電気洗濯機</p> <p>ホ 委託する産業廃棄物に石綿含有産業廃棄物、水銀使用製品産業廃棄物又は水銀含有ばいじん等が含まれる場合は、その旨</p> <p>ヘ その他当該産業廃棄物を取り扱う際に注意すべき事項</p>
--	---

<p>廃棄物処理法第27条の2(18頁)</p>	<p>次の各号のいずれかに該当する者は、一年以下の懲役又は百万円以下の罰金に処する。</p> <p>四 第十二条の三第四項若しくは第五項又は第十二条の五第六項の規定に違反して、管理票の写しを送付せず、又はこれらの規定に規定する事項を記載せず、若しくは虚偽の記載をして管理票の写しを送付した者</p> <p>八 第十二条の四第三項又は第四項の規定に違反して、送付又は報告をした者</p> <p>十 第十二条の五第三項又は第四項の規定に違反して、報告せず、又は虚偽の報告をした者</p>
--------------------------	---

<p>古物営業法第2条第2～5項(29頁)</p>	<p>2 この法律において「古物営業」とは、次に掲げる営業をいう。</p> <p>一 古物を売買し、若しくは交換し、又は委託を受けて売買し、若しくは交換する営業であつて、古物を売却すること又は自己が売却した物品を当該売却の相手方から買い受けることのみを行うもの以外のもの</p> <p>二 古物市場（古物商間の古物の売買又は交換のための市場をいう。以下同じ。）を経営する営業</p> <p>三 古物の売買をしようとする者のあつせんを競りの方法（政令で定める電子情報処理組織を使用する競りの方法その他の政令で定めるものに限る。）により行う営業（前号に掲げるものを除く。以下「古物競りあつせん業」という。）</p> <p>3 この法律において「古物商」とは、次条第一項の規定による許可を受けて前項第一号に掲げる営業を営む者をいう。</p> <p>4 この法律において「古物市場主」とは、次条第二項の規定による許可を受けて第二項第二号に掲げる営業を営む者をいう。</p> <p>5 この法律において「古物競りあつせん業者」とは、古物競りあつせん業を営む者をいう。</p>
---------------------------	--

(5) 問い合わせ先一覧表

名 称	所在地・電話番号	管轄地域
埼玉県 中央環境管理事務所	〒330-0074 さいたま市浦和区北浦和 5-6-5 TEL048-822-5199 FAX048-822-5139	鴻巣市、上尾市、蕨市、戸田市、桶川市、北本市、伊奈町
埼玉県 西部環境管理事務所	〒350-1124 川越市新宿町 1-17-17(ウエスタ川越公共施設棟 4 階) TEL049-244-1250 FAX049-246-7885	所沢市、飯能市、狭山市、入間市、朝霞市、志木市、和光市、新座市、富士見市、日高市、ふじみ野市、三芳町
埼玉県 東松山環境管理事務所	〒355-0024 東松山市六軒町 5-1 TEL0493-23-4050 FAX0493-23-4114	東松山市、坂戸市、鶴ヶ島市、毛呂山町、越生町、滑川町、嵐山町、小川町、川島町、吉見町、鳩山町、ときがわ町、東秩父村
埼玉県 秩父環境管理事務所	〒368-0042 秩父市東町 29-20 TEL0494-23-1511 FAX0494-23-6679	秩父市、横瀬町、皆野町、長瀬町、小鹿野町
埼玉県 北部環境管理事務所	〒360-0031 熊谷市末広 3-9-1 TEL048-523-2800 FAX048-526-3949	熊谷市、本庄市、深谷市、美里町、神川町、上里町、寄居町
埼玉県 越谷環境管理事務所	〒343-0813 越谷市越ヶ谷 4-2-82 TEL048-966-2311 FAX048-966-5600	草加市、八潮市、三郷市、吉川市、松伏町
埼玉県 東部環境管理事務所	〒345-0025 北葛飾郡杉戸町清地 5-4-10 TEL0480-34-4011 FAX0480-34-4785	行田市、加須市、春日部市、羽生市、久喜市、蓮田市、幸手市、白岡市、宮代町、杉戸町
埼玉県環境部 産業廃棄物指導課	〒330-9301 さいたま市浦和区高砂 3-15-1 (県庁第 3 庁舎 2 階) TEL048-830-3135 FAX048-830-4774	
「マニフェストの販売」 一般社団法人 埼玉県環境産業振興協会	〒330-0063 さいたま市浦和区高砂 3-5-7 (高砂建物ビル 3 階) TEL:048-822-3131 FAX:048-822-6299	
「電子マニフェストの窓口」 公益財団法人 日本産業廃棄物処理振興センター (JW センター)	〒102-0084 東京都千代田区二番町 3 番地 (麹町スクエア 7 階) TEL:0800-800-9023	

さいたま市内、川越市内、川口市内、越谷市内に関することは、それぞれの市が窓口になります。

- ・ さいたま市産業廃棄物指導課：048-829-1609
- ・ 川越市産業廃棄物指導課：049-239-7007
- ・ 川口市産業廃棄物対策課：048-228-5370
- ・ 越谷市産業廃棄物指導課：048-963-9188



埼玉県のマスコット
「さいたまっち」