

太陽光発電パネルの リサイクルについて

認定特定非営利活動法人 経営支援NPOクラブ
環境事業支援研究会 GL高尾正人

著作権の問題もありますので、外部への流用はお控えください。

説明内容

0. 経営支援NPOクラブのご紹介
1. 太陽光パネルリサイクルの現状
2. 太陽光発電システムの概要
3. 使用済みパネルのリサイクルシステム
4. パネルリサイクルの課題
5. サマリー

活動理念と内容

■活動理念

- 中小企業の経営支援と次世代育成支援を通じて社会に貢献することを基本理念とする。総合力システム力
- 社会に貢献する気概を持つ会員の自由な活動を尊重し、その達成感を大切にすることにより、企業OBの自己活性化を図る。
- それぞれの専門分野の対応ばかりでなく、相互啓発による総合力・システム力により、新しいビジネス分野に向けて提案していく。



■支援内容

- 販路開拓・・・商品に即した対象企業へのビジネスマッチング、発注企業への訪問・紹介。
- 展示会商談会・・・展示会・商談会のサポート、来場企業招致など。
- お気軽な経営相談・・・事業計画策定、市場状況調査、生産・品質向上対策等。
- 講演会・・・実践的な課題をテーマにした講演やセミナーの実施。
- 海外・国内ポータルサイト開設・支援、補助金制度活用、事業継承、各種研究会による支援。

NPOクラブの概要

- 理事長：助川英治
- 会員数：正会員238名、賛助会員8社、特定支援会員55社（2023年4月現在）
- 設立：2002年6月、大貫義昭(初代理事長、三井物産OB)が仲間20名と諮り中小企業支援事業を目指したNPOクラブを設立
- 支援グループ：産業分野別等案件担当グループ（7グループ）
 - Aグループ（農林水産、食品他）、Bグループ（化学、素材、環境）、Cグループ（機械、電気）
 - H C（ヘルスケア）グループ（医療、介護）、Eグループ（ICT、建設その他）、関西グループ（全分野）
 - 次世代育成支援グループ（行政、学校、教育機関、企業等）
- 支援研究会/タスクチーム
 - エネルギー産業研究会、新素材研究会、中小企業経営強化研究会、補助金制度活用支援研究会
 - 環境事業支援研究会、国内・海外ポータルサイト、自然大災害復興支援チーム、デジタル・イノベーション支援チーム、事業承継支援チーム、起業家支援チーム、特定支援会員連携チーム、子ども食堂支援チーム
- 活動実績

	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
支援回数	3,149	2,750	1,941	1,896	2,544
支援会社数	968	1,066	754	797	1,103



(所在地) 〒101-0047東京都千代田区内神田1-5-13内神田TKビル1階

TEL: 03-5577-6785 FAX: 03-5577-6766

(関西グループ) 〒532-0011 大阪市淀川区西中島4-6-294

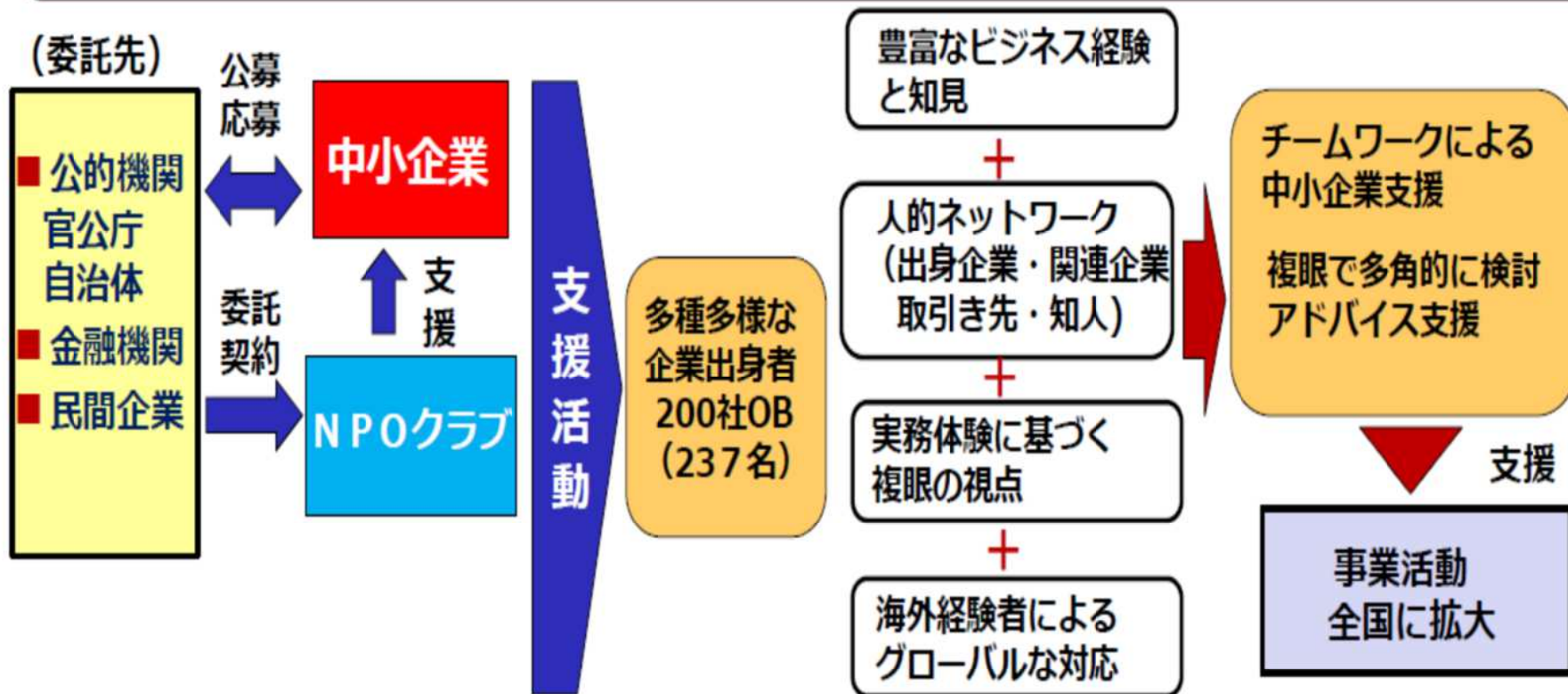
第3ユヤマビル5階A号室 TEL/FAX: 06-4805-6785

(Eメール) jimu@ka-npom.com

(URL) <https://www.ka-npo.com/>

(認証番号) 14生都協市特第1104号 (2002年10月25日) (認定番号) 3生都管第1180号 (2021年12月27日) 更新

NPOクラブの特徴（企業OBによるサポートで成果実現へ）



会員の出身企業一覧

(2023年5月現在)

業種	企業名	業種	企業名
農林・水産	全農、ニッスイ、宝幸水産、マルハニチロ、三井物産フォレスト	輸送・精密・その他製造	オリンパス、KYB (カヤバ工業)、コベルコ E&M、サクラクレパス、凸版印刷、トヨタ自動車、日産自動車、日本信号、日本飛行機、富士フイルムビジネスイノベーション (旧富士ゼロックス)、本田技研、三菱プレジジョン
食品	味の素、アクリフーズ、いなば食品、エスピー食品、キーコーヒー、キリンビール、国分、テーブルマーク (旧加ト吉)、日清オイリオ、ニチレイ、ニッスイ、日本アクセス、ハナマルキ星野物産、マルハニチロ、三菱食品、ミツカン、横浜冷凍	金融・保険	オリックス、セディナ、ソニー生命、日本生命、プルデンシャル生命、丸和証券、みずほ銀行、三井住友銀行、三井住友信託銀行、三菱UFJ銀行、楽天損害保険
卸売・小売	ダイコクドラッグ、東武ストア、阪急阪神百貨店、三越伊勢丹	建設・不動産	大林組、清水建設、新日本空調、竹中工務店、丹青社、千代田化工建設、間組、三井住友建設、森ビル、森トラスト
商社	伊藤忠商事、川重商事、JFE 商事、神栄、双日、丸紅、三井物産、三菱商事、	陸運・海運・空運	国際自動車、日本航空、日清物流、プラネット物流、
医療・健康・介護、福祉	味の素、アステラス製薬、大塚製薬、オリンパス、カーディナルヘルス (日本シャーウッド)、ケアリング、資生堂、JIMRO、GEヘルスケアジャパン、ゼリア新薬、中外製薬、テルモ、パーカッションエア・ジャパン、フクダ電子、富士フイルム、ブラッツ、ライオン、リコオテクノ	ホテル・観光	芝パークホテル、城山観光、日本旅行、ホテルオークラ、ホテルニューオータニ、藤田観光、
繊維・パルプ・紙	東洋紡、北越コーポレーション	サービス・メディア	エルゴ、オータパブリケーションズ、ケアリング、厲済堂、スタジオアルタ、ZORAN、ダイヤモンド・ピーアール・センター、デジタルダイレクト、デロイトトーマツ、ともクリエーションズ、日刊現代、福島テレビ、毎日新聞社、ヤマハ音楽教室
化学・石油	ADEKA、ENEOS、JSR、住友ベークライト、生化学工業、デンカ、東亜合成、東燃化学、日東電工、日本エア・リキード、パーカッションエアジャパン、フィリップス・ジャパン、三井石油開発、三井化学、三菱ガス化学、レソナック (旧、日立化成)	情報通信・電力	アープ、インテル、NTT、ソフトバンク、大興電子通信、ティーガイヤ、TIS、日本オラクル、日本HP、日本テレコム、日本ユニシス、日本コンピュータシステム、みずほ情報総研、ヤフー、
窯業・鉄鋼・非鉄・金属	アーレスティ、神戸製鋼所、JFE、隅田加工、大和製罐、日本製鉄、プロテリアル (旧・日立金属)、	その他 (官庁・大学・研究機関等)	国土交通省、科学技術振興機構、さいたま市産創財団、ふくしま医療機器産業推進機構、宇都宮大学、大阪府立大学、昭和女子大学、帝京大学、都立学校、東京農工大学、日本生産性本部、船井総研、ベース研究所、ボストンコンサルティング、コベルコ科研、
機械・工業	IHI、イーグル工業、川崎重工業、クボタ、コマツ、CKD、住友重機械工業、西島製作所、ホソカワミクロン、三井E&S (旧三井造船)	(士業) 他	弁護士、弁理士、司法書士、行政書士、特許事務所
電気機器・電子機器・電子部品	アプライドマテリアルズジャパン、アムコーテクノロジージャパン、イピデン、岩崎電気、加賀電子、ソニー、デンカ、東京エレクトロン、東芝、東芝テック、パナソニック、パトライト、日立製作所、富士フイルムビジネスイノベーション (旧富士ゼロックス)、富士通、富士電機、堀場製作所、北芝電機、マクセル、三菱電機、明電舎、リコージャパン、ヨコオ		

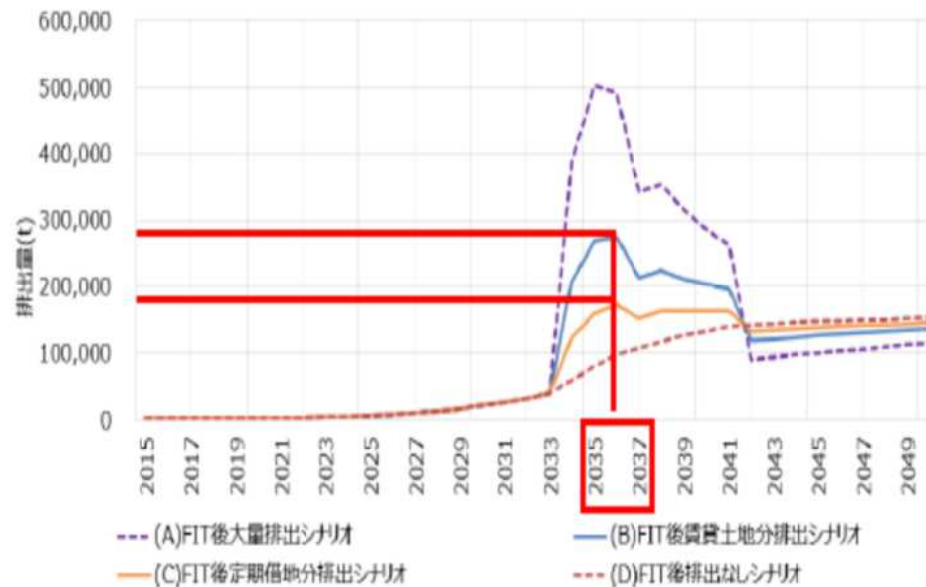
詳細は経営支援NPOクラブHPをご参照ください
<https://www.ka-npo.com/>

1. 太陽光パネルリサイクルの現状

太陽光パネルリサイクルの現状

2012年から始まった再生可能エネルギーの固定買取価格制度（FIT）により大量導入された太陽光パネルのリプレイス、故障による廃棄が始まっているが、通常言われているパネルの寿命20年から30年からするとNEDOの推計では2035年から2037年には年間排出量が約17～28万トン程度、産業廃棄物の最終処分量の1.7%から2.7%に相当する量と推計されている

使用済み太陽光パネルの廃棄量予測

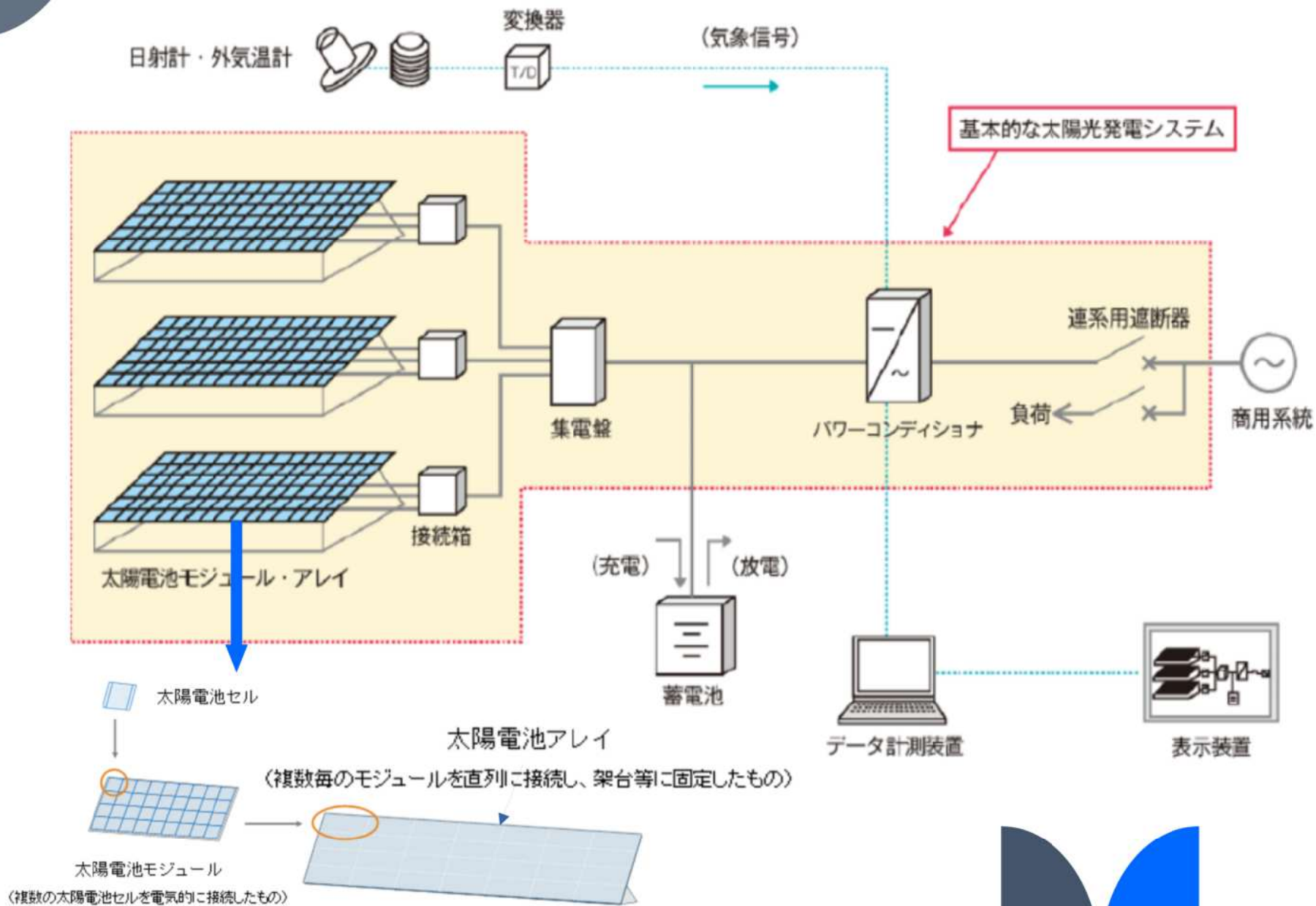


	2020	2025	2030	2036
排出見込み量(B)、(C)	約0.3万トン	約0.6万トン	約2.2トン	約17~28万トン
平成27年度の産業廃棄物の最終処分量に占める割合	0.03%	0.06%	0.2%	1.7~2.7%

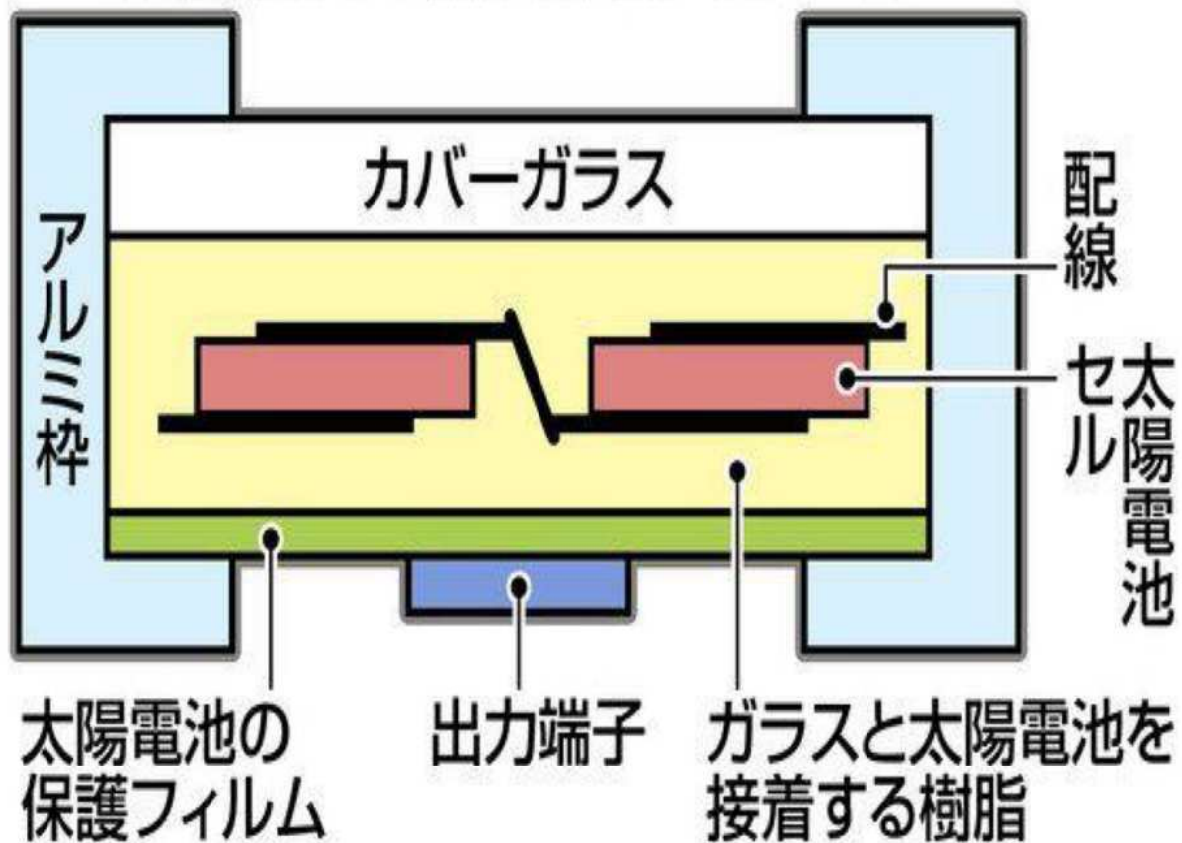
出所) NEDO推計

2. 太陽光発電システムの概要

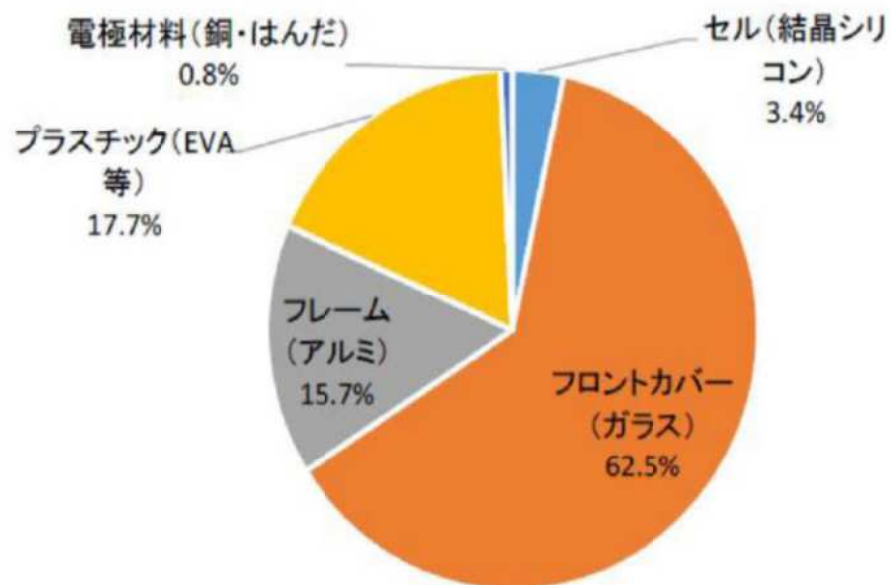
太陽光発電システムの概要



太陽光パネル断面のイメージ



結晶シリコン系太陽電池モジュール(パネル)の構造と重量比



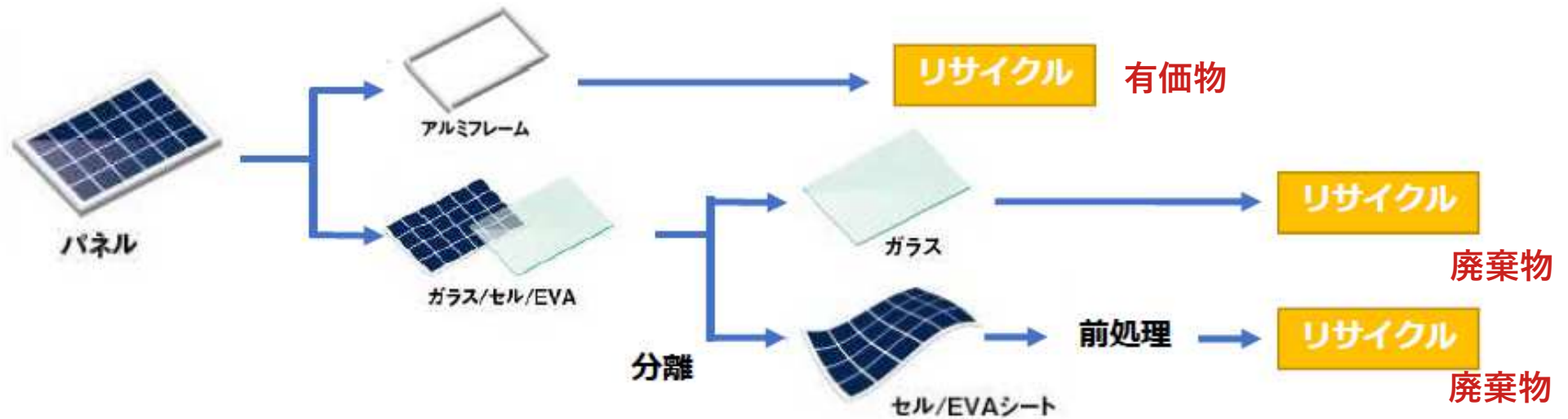
出所: 太陽光発電開発戦略 2020 (NEDO PV Challenges 2020)

<https://www.nedo.go.jp/content/100926249.pdf>

3. 使用済みパネルのリサイクルシステム

使用済パネルのリサイクル（イメージ）

リサイクルの例①



リサイクルの例②



使用済パネルのリサイクル技術

事例① 二軸破碎機によるガラス破碎

- 使用済太陽光モジュールからアルミフレームを取り外した後、ロール式の破碎機でガラスの破碎・除去を行っている。
- ガラスはふるい選別、風力選別で粒度を分けている。

事例② 大型湿式処理による高度選別機

- 使用済太陽光モジュールをシュレッダー破碎し、ふるい選別、湿式比重選別により鉄、アルミ、非鉄金属を始めとする多様な資源を選別。
- 本装置は、自動車等の他製品も一律の方法で処理が可能。

事例③ 蛍光X線評価・破碎・分離機器複合システム

- アルミフレームを取り外した後、蛍光X線機器と画像処理機器の組み合わせにより含有成分を分析し、資源性及び有害性を評価。
- 評価結果に基づき、破碎機（クラッシャー） 又は 分離機（スクラッチャー） による処理を選択し、効率的に資源を選別・回収している。

事例④ ホットナイフによる金属・ガラス分離装置

- 太陽光モジュールからアルミフレームを取り外した後、ガラスとシリコン層の間の封止剤層（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。

事例⑤ ブラスト工法によるカバーガラス剥離装置

- フレームを取り外した使用済太陽光パネルについて、粒状の投射材料を圧縮エア又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、ガラスを剥離する方法。
- EVA層が投射材料の衝撃を吸収し弾くため、シート面への影響がない。



事例①二軸破碎機



事例②湿式比重選別機



事例③有害性資源性評価



事例④ホットナイフ



事例⑤ガラス剥離装置

PVリサイクル

ガラスリサイクル装置導入状況

企業	導入
未来創造（株）	29社
（株）環境保全サービス	17社
（株）チヨダマシナリー	9社
（株）エヌ・ピー・シー	8社
近畿工業株	4社
東芝環境ソリューション	2社
ゼンキ工業	2社
自社開発 ハリタ金属（株） （株）リサイクルテック	2社

2023年4月現在

リサイクル技術

ホットナイフ分離法

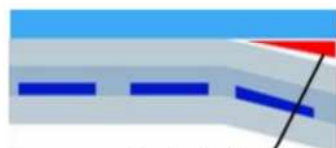
事業者

(株) エヌ・ピー・シー
未来創造 (株)

技術概要

対象：結晶シリコン系型結晶系パネル

- ・ガラスとセルの間の封止剤（EVA）層を加熱した刃（ホットナイフ）で切断し、ガラスやセルを破碎せずに分離



ホットナイフ



EVA/ガラス分離装置



金属(セル/リボン)の回収



ガラスを板状のまま回収

[動画](https://www.youtube.com/watch?v=r8g_tpSY_tY) : https://www.youtube.com/watch?v=r8g_tpSY_tY

出典:東京都使用済太陽光発電設備リサイクル検討会 (第2回)

資料4 太陽光パネルの課題解決に対する当社の取り組み (株)エヌ・ピー・シー

リサイクル技術

ロール式破砕法（圧砕）

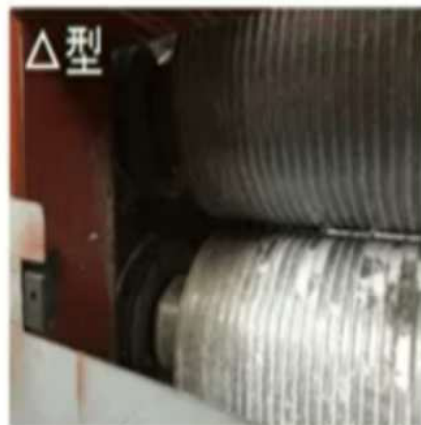
事業者

（株）チヨダマシンアリー

技術概要

対象：結晶シリコン系太陽光パネル（破損・変形したパネルも対応可能）

- ・ロール式破砕法は、表面に凹凸形状を持つ円筒（ロール）2本を対にし、太陽光パネルがロールの間を通過することで、パネル表面のガラスを破砕します。破砕されたガラスは必要に応じ、ふるい機や風力選別機により混入したセルやバックシートの破片等を選別されます。



ロール式破砕機（引用元：NEDO）

破砕処理後の太陽電池（引用元：NEDO）

出展：使用済住宅用太陽光パネルの取り外し・収集運搬マニュアル_東京都環境局_2023_5

（株）チヨダマシンアリー製品案内

<https://www.pv-recycle.com/2021/06/28/classification-of-pv-recycling-technologies-vol2/>

などから筆者がまとめ

リサイクル技術

ブラスト工法

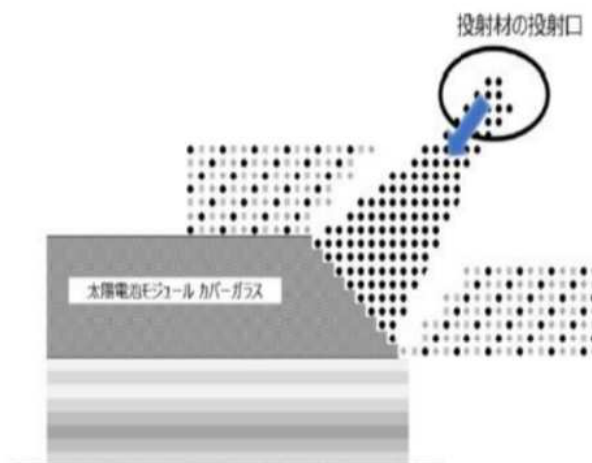
事業者

(株) エーシー
ミクロンメタル (株)

技術概要

対象：結晶シリコン系、薄膜系、化合物系 太陽光パネル

・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ガラス表面に噴きつけ、 ガラスを剥離



出典:環境省「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）」

リサイクル技術

ブラシ剥離法

事業者

(株) 環境保全サービス

技術概要

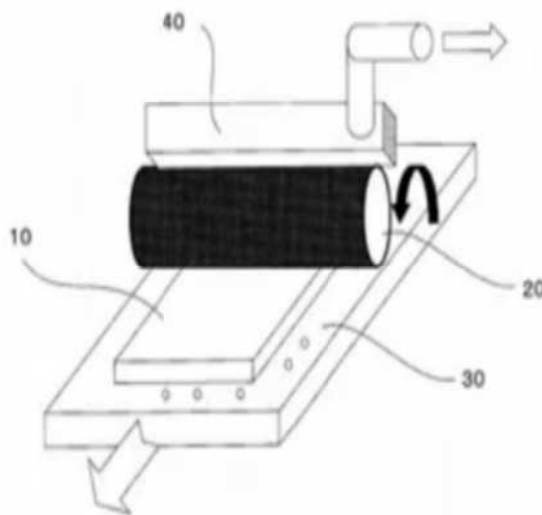
対象：結晶シリコン系、薄膜系、化合物系 太陽光パネル

- ・ ロールで大きなガラス片を剥離し、ブラシで、細かいガラスや導線、発電セルなどをそぎ落とす



PVスクラッチャー®

ブラシ剥離法 (引用元: 環境省)



太陽電池パネルのリサイクル方法 (引用元:
公開特許公報)

出展：使用済住宅用太陽光パネルの取り外し・収集運搬マニュアル_東京都環境局_2023_5
(株)環境保全サービスウェブサイト カタログ

<https://www.pv-recycle.com/2021/06/28/classification-of-pv-recycling-technologies-vol2/>
から筆者が作成

技術概要

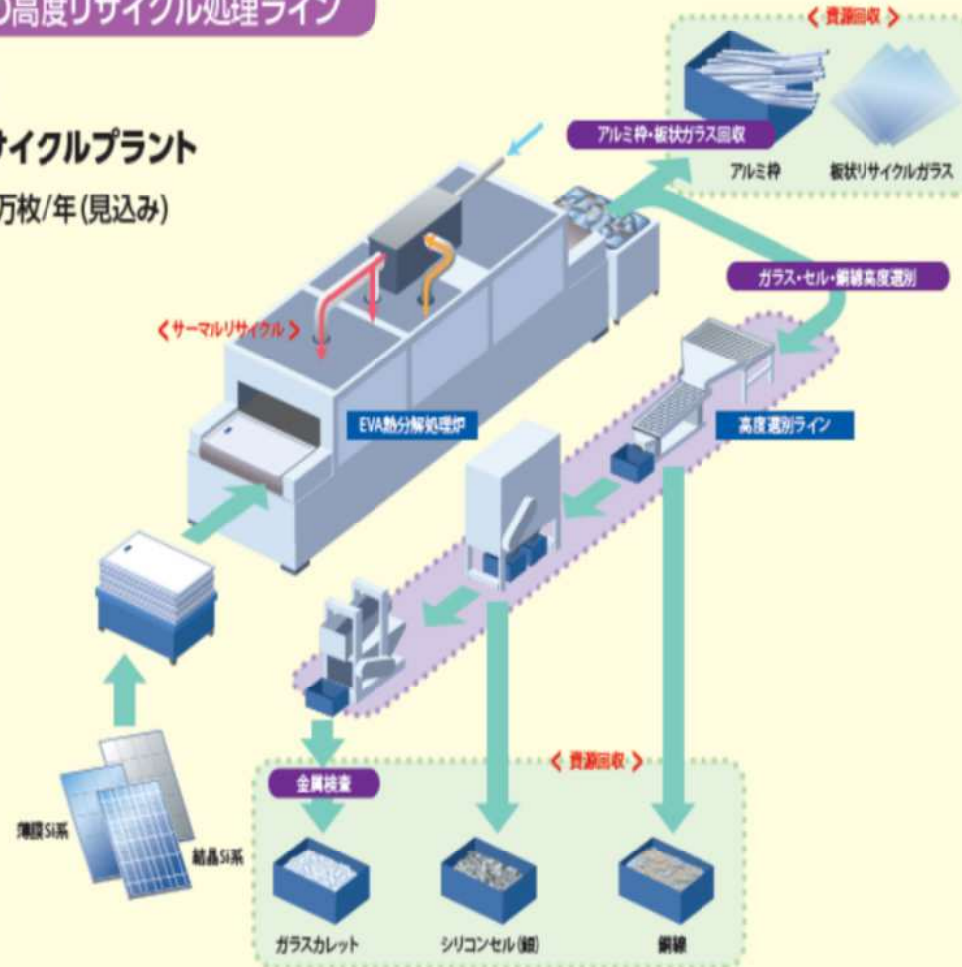
対象：シリコン系太陽光パネル

- ・太陽光パネルを熱分解炉に投入し、EVA（封止材）やバックシートなどの有機物を熱で分解ガス化除去し、各部材を分離する。
- ・分離後、アルミフレームを回収したうえで高度選別ラインに投入し、銅線やシリコンセル、高品位ガラスカレットを選別し回収する。

独自技術の高度リサイクル処理ライン

PVパネル
高度リサイクルプラント

処理能力:9万枚/年(見込み)



出展：使用済住宅用太陽光パネルの取り外し・収集運搬マニュアル_東京都環境局_2023_5

(株)チヨダマシナリー製品案内

<https://www.pv-recycle.com/2021/06/28/classification-of-pv-recycling-technologies-vol2/>

などから筆者がまとめ

ガラスのリサイクルについて

ガラスのリサイクル：現状と課題

＜現状な主な用途＞



出典：タイガー・チヨダマテリアルHP

出典：アサヒファイバーグラスHP

出典：タイガーマシン製作所

＜課題＞

- ・ガラスメーカー側にPVガラスとして受入基準が定まっていない
- ・ヒ素、アンチモンが含まれた廃ガラスを使用するメーカーに及ぼす影響
- ・太陽光パネルに使用されるガラスは、ソーダライムガラスだが、中には化学強化されたガラスが使用されているケースがある
- ・リサイクルガラスカレットの流通価格

パネルメーカーの情報開示とDB化が課題



一般リサイクルガラスの代表的用途

機能性土木資材



地盤安定剤
『ソルバック工法』



雨水流出抑制工事



上下水道工事埋め戻し作業

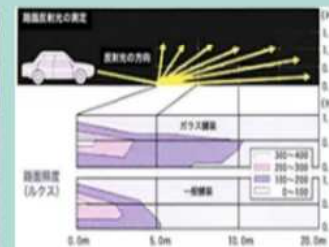
機能性舗装材



樹脂景観舗装
(骨材として30~100%)



アスファルト舗装
(骨材として5~50%)



カレット混入による
路面粗度向上

防草舗装



防草舗装試験場



防草舗装表面

景観用途・インテリア製品



壁材
(結婚式場チャペル外観)



化粧庭石



インテリア用品

骨材としての利用



コンクリート製品
(骨材として30~100%)



セメント製品
(骨材として5~30%)

出展： 廃ガラスリサイクル事業協同組合HP
<https://www.glassrecycle.ne.jp/glass>



【板ガラス向けガラスカレット原料】

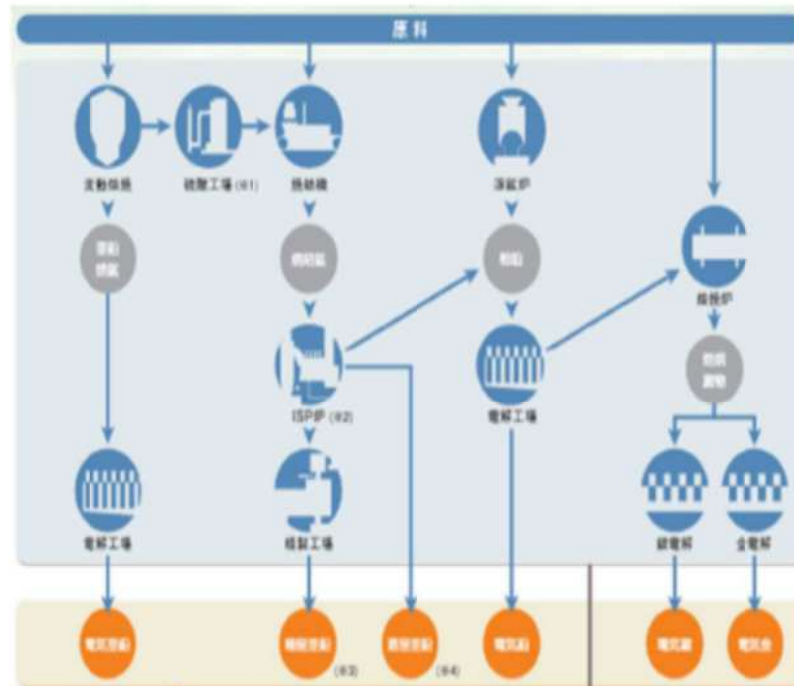
不純物の種類	大きさ	許容量
①有機物（樹脂、紙、ゴム、木片等）	10 mm以上	0
	10 mm未満	20ppm以下
②酸化物系無機物（石、砂、セラミックス、セメント等）	0.5 mm以上	0
	0.5 mm未満	10ppm以下
③金属Fe（炭素鋼スクラップ）	1 mm以上	0
	1 mm未満	10ppm以下
④金属Al、金属Ni、金属Cu（Al、Ni合金、Ni系特殊鋼、銅）		0

【ガラスウール向けガラスカレット原料】

異物の区分		許容値	解体業者に要求される事項
金属類	鉄	1.0 ppm以下	端子を取り除く必要
	アルミニウム	0.2 ppm以下	
	その他（銅素材・鉛など）	1.5 ppm以下	
陶磁器	陶器・磁器	含まないこと	－
石類	クロマイト等の鉱石類・難溶性耐火物・コンクリート・がれき類など	含まないこと	床面に落ちがモノの回収時、石類を混入させない
異質ガラス	結晶化ガラス・クリスタルガラス・光学ガラスなど	含まないこと	
有機物	プラスチック・木片など	50 ppm以下	基準以下までプラスチックをあらかじめ除去

セルシートのリサイクルについて

〈現状な主な用途〉



金属精錬工場において
有価金属を回収

〈課題〉








- ・全メーカー全型式の含有物質情報が手に入らない
- ・有価金属の含有量の情報が無い（WDSではわからない）
- ・銀、銅、鉛は回収できるが、シリコンの回収は困難（技術的には可能だが、経済性がない）
- ・有価評価できる含有物質が銀のみ
- ・リサイクルの有価評価対象の銀含有量が低下している

出典：三井金属 Environmental Report 2011

出展：「再生可能エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルのあり方に関する検討会」における第三回ヒアリング
一般社団法人太陽光リユース・リサイクル協会20230619
三井金属（株）ENvironment Report 2021

4. パネルリサイクルの課題

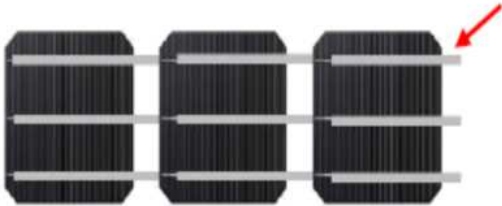
太陽光パネルリサイクルの課題

	リユース <ul style="list-style-type: none">▶ 不適正リユースを防ぐための判断基準が未整備▶ リユース可否の診断や物流に係るコストの低減
	有害物質に関する情報提供 <ul style="list-style-type: none">▶ 太陽電池モジュールに含まれる鉛等の有害物質への懸念により、一部の最終処分業者が受入れに慎重な姿勢をとっている。▶ 製品寿命が長く、排出時に製造業者等が存在となり、有害物質等の情報が処理事業者に適切に伝達されず、適正かつ円滑な処理に支障を来す可能性
	処理能力の確保 <ul style="list-style-type: none">▶ 急激な排出量の増加が見込まれることから、将来的に処理能力が不足するおそれ
	資源の有効利用 <ul style="list-style-type: none">▶ 単純に市場に委ねれば、リサイクルが選択されにくく、太陽電池モジュールのうちアルミ枠を除く部分を埋立処分した場合、ピーク時で年間230～370億円相当の有用資源(銀等)が未回収となる(環境省調査)
	最終処分場の残余容量 <ul style="list-style-type: none">▶ アルミ枠を除く部分の全量を埋立処分した場合、ピーク時には2025年度の産業廃棄物最終処分量目標値の4～7%に達し、最終処分場の残余容量への影響の懸念
	撤去・廃棄費用の積立 <ul style="list-style-type: none">▶ 将来の撤去・廃棄費用を確保している発電事業者は3割以下に留まり、発電事業終了後に放置や不法投棄が発生するおそれ
	導入に当たっての環境配慮の推進 <ul style="list-style-type: none">▶ 森林伐採等に伴う土砂流出や濁水、生態系への影響や景観への影響を回避・低減するための仕組みが未整備

主な太陽光パネルの種類と含有物質

シリコン系

- 配線部分のはんだに鉛を含むものがある。



- カバーガラスに清澄剤として一部ヒ素を含むものがある。
※シリコン系以外についても同様

CIS系

- 銅 (Cu)、インジウム (In)、セレン (Se) からなる化合物系の太陽電池であり、主原料としてセレンを含む。



出典：ソーラーフロンティア

CdTe系

- カドミウム (Cd)、テルル (Te) からなるテルル化カドミウムを用いた化合物系の太陽電池であり、主原料としてカドミウムを含む。



出典：米・ファーストソーラー社

出展：再生・可能発電エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルについて_資源エネルギー省2023年4月

- 注：①CIS系、CdTe系にも配線部分のはんだに鉛を、カバーガラスにヒ素を含むものがある
②CIS系ではバックシート・化合物・電極にカドニウムを含む可能性がある。

出展：一般社団法人太陽光発電協会2023年5月19日

期待される新型電池

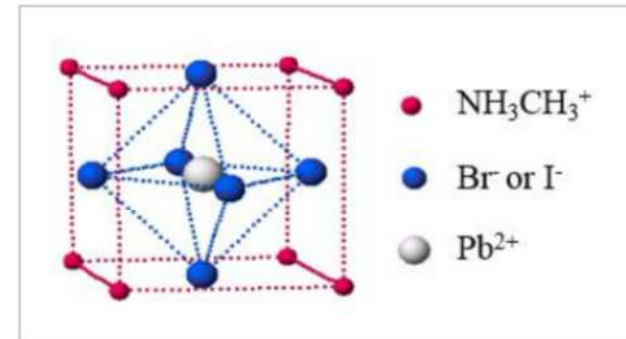
ペロブスカイト型太陽電池



2009年に宮坂力教授が開発した太陽電池。

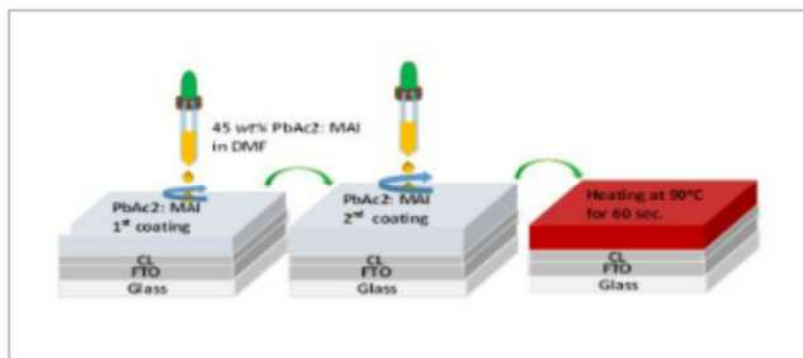
特徴

- ・ 高い変換効率
- ・ 塗布（スピンドコート）技術で容易に作製できるため低価格
- ・ フレキシブルで軽量



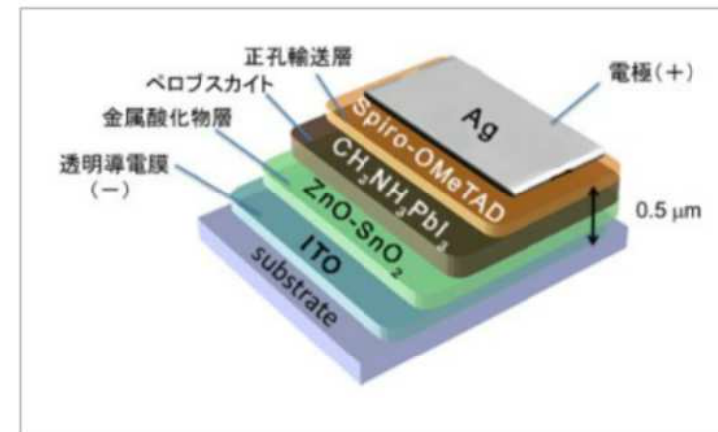
ペロブスカイト構造

低温の塗布プロセス



フレキシブルで高信頼性かつ高変換効率の太陽電池を低コストで実現する。

低温製膜で作製するペロブスカイト太陽電池の積層構造



環境面の問題点

<地域でトラブルを抱える例>

土砂崩れで生じた崩落



柵塀の設置されない設備



不十分な管理で放置されたパネル



景観を乱すパネルの設置



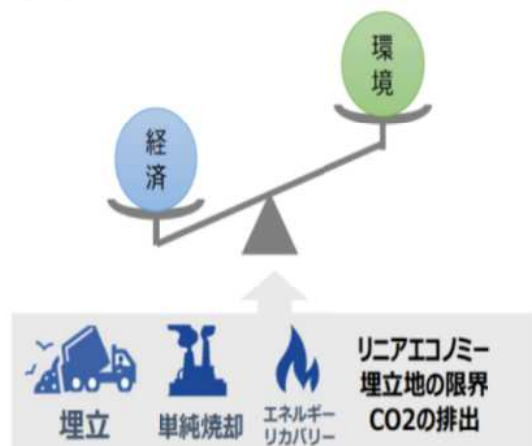
出展：再生・可能発電エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルについて_資源エネルギー省2023年4月

【参考】適正なリサイクルをめざした課題解決に向けての提言

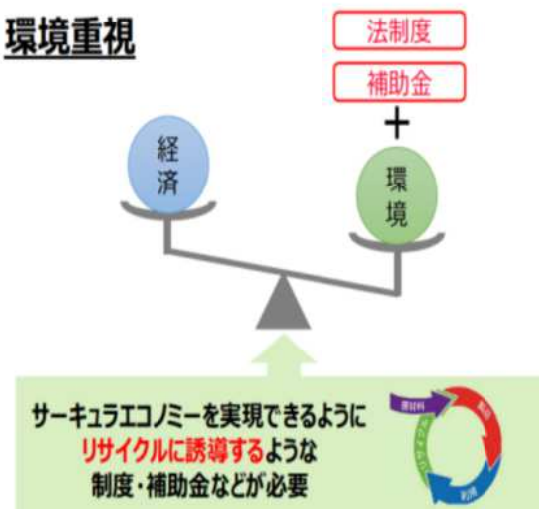
<ポイント>

- ・リサイクルを推進する法律設定が必要
- ・廃棄情報や適正なリサイクル先等の情報共有ができるデータベースの構築や公開
- ・ガラスメーカー側にPVガラスとして受入基準を定める
- ・公的機関のヒ素やアンチモン溶出見解を定義する必要がある
- ・処理後物の再生材の流通に必要な経済性
- ・リサイクル後の再生品に関する現在のリサイクルルート以外の活用先の開拓、研究

経済性重視



環境重視



出展：「再生可能エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルのあり方に関する検討会」における第三回ヒアリング
一般社団法人太陽光リユース・リサイクル協会20230619

ご清聴ありがとうございました。

研究会を立ち上げて3年目になり、NPO内への情報提供だけでなく、具体的に研究会が主体となった
中小企業支援も進めていこうとしております。

ディレクトフォース様のお力をお借りするケースも出てくるかと思えますので、今後ともよろしく願いいたします。

認定特定非営利活動法人 経営支援NPOクラブ
環境事業支援研究会 GL高尾正人