

太陽光パネルのリサイクル処理施設 見学レポート

2024年6月4日

見学日： 2024年4月15日
見学先： 株式会社浜田 京都PVリサイクルセンター
（京都府八幡市下奈良小宮 4-2）
見学者： Climate Reality Project Japan, 気候ネットワーク 有志7名
報告者： 林 彰一（文責）

1) 見学目的、背景

図1 グラフで示されるように、日本の太陽光発電設備導入量は、特に2012年に固定価格買取制度（FIT）が開始されて以来、急拡大してきました。

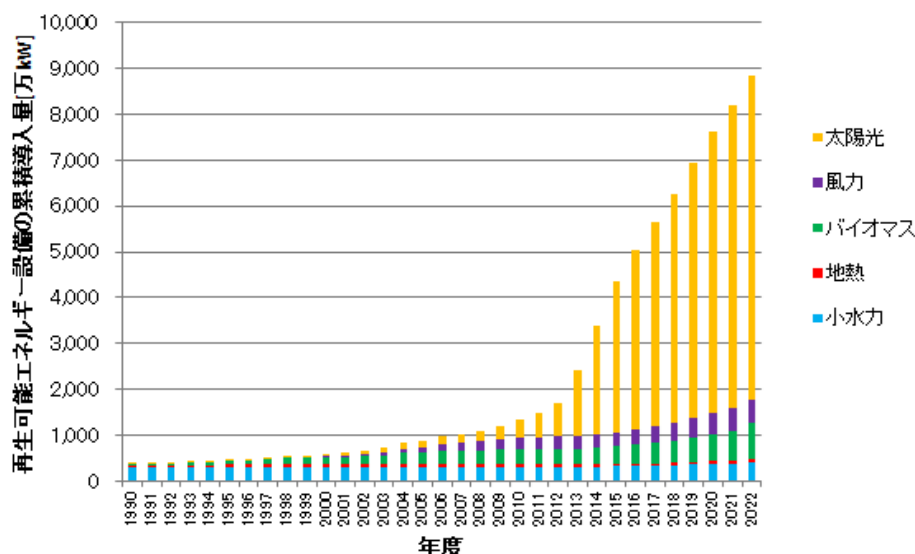


図1. 日本国内の自然エネルギー発電設備（大規模水力を除く）の累積導入量の推移
[ISEP「国内の2022年度の自然エネルギー電力の割合と導入状況（速報）」図6より](#)

2022年度の日本の太陽光発電の年間発電量(kWh)は、2021年度に水力発電を抜いて以降、再生可能エネルギーのなかで第一位です。2030年度目標において、引き続き第一位の座を期待されています。（図2 参照）

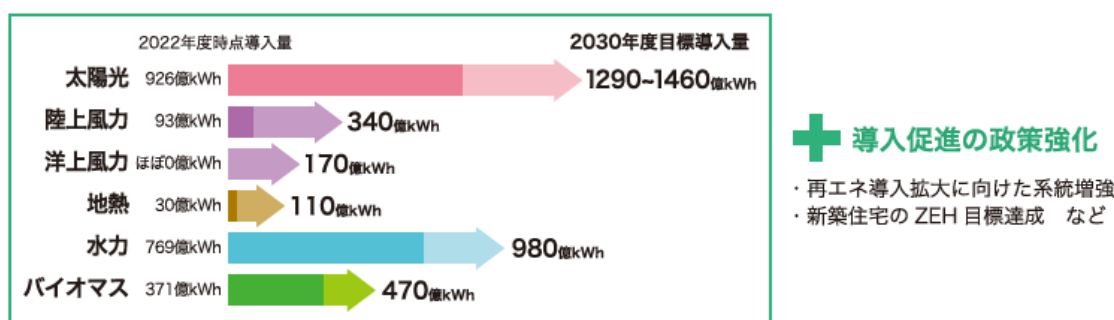


図2. 2022年度の日本の太陽光発電の年間発電量(kWh)と2030年度目標導入量
[資源エネルギー庁HP「日本のエネルギー 2023年度版」「エネルギーの今を知る10の質問」>7.再エネ」より](#)

こうした太陽光発電の拡大は、一方で発電所の役目を終えた後の廃棄、処分における大規模なトラブルを想起させ、SNS等においてメガソーラーを中心にネガティブ・キャンペーンを行っている投稿を時折みかけます。

それらの主張の例としては、

- 太陽光パネルの廃棄処分技術はまだ確立されてなく、近い将来、大量の不法投棄や放置が蔓延するだろう
- 不法投棄等により太陽光パネルから有害物質が流出して環境汚染につながる
- 太陽光パネルの大量廃棄により既存の埋め立て処分場が逼迫し産業廃棄物処分全体に悪影響を及ぼす

等があげられます。

実際には下記の如く研究機関、行政・自治体、業界団体、民間企業が将来の大量廃棄を見据えたさまざまな取り組みが行われています。

- 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（略称：NEDO）が、2014年度から「[太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト](#)」において、使用済み太陽光パネルの低コスト分解処理技術、撤去・回収・分別・リユース関連技術についての研究開発や調査を開始
- 環境省が、2016年3月に「[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（第一版）](#)」を発行。[同第二版](#)を2018年に発行。
また、2021年には「太陽電池モジュールの適切なリユース促進ガイドライン」を発行
- 経産省が改正再エネ特措法に基づき、認定した10kW以上の太陽光発電設備を対象に、2022年7月より源泉徴収的な[太陽光発電設備の廃棄等費用積立制度](#)の運用開始
- 業界団体である一般社団法人太陽光発電協会（JPEA）が、「[使用済み太陽電池モジュールの適正処理・リサイクルQ&A](#)」を2016年4月に策定、公開。
さらに産業廃棄物中間処理業者の協力を得て、2018年7月から「[太陽電池モジュールの適正処理（リサイクル）が可能な産業廃棄物中間処理業者名一覧表](#)」を公開
また、「[使用済み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（第一版）](#)」を2017年12月に策定。太陽電池モジュールに使用される環境負荷が懸念される化学物質（鉛・カドミウム・ヒ素・セレン）の含有についての情報提供のあり方を定め、賛同した製造メーカー/輸入事業者一覧（33社）をHPに掲載。

上に掲げたのは一部に過ぎませんが、原子力発電所の廃炉や放射性廃棄物処分と違い、使用済み太陽光パネルの廃棄に関する技術開発や取り組みはこのように着実に進んでいます。

従って、脱炭素社会実現に重要な役割を果たす太陽光発電普及を阻害する前述のようなネガティブ・キャンペーンは無知、不勉強によるもので、然るべき反論の必要があると考えます。

しかしながら一方で、机上の資料からだけでなく、すでに太陽光パネルの適正処分を行っている現場を知り、かつ現場やマーケットが抱えている困難や課題にも目を向けるべきとの問題意識から、今回の見学を企画しました。

上述の「太陽電池モジュールの適正処理（リサイクル）が可能な産業廃棄物中間処理業者名一覧表」リストにある40数社（2024年2月時点）のうち、株式会社浜田様（以下、浜田と表記）のご好意でNPO法人太陽光発電所ネットワークの一員として、浜田の東京・京浜島エコロジセンターの太陽光パネルリサイクル施設を2024年2月に見学する機会がありました。その際、浜田の京都PVリサイクルセンターにて割れた太陽光パネルを処理できる「PVリサイクルハンマー」という最新鋭の設備が稼働開始するとの情報があり、今般京都にて研修イベントを行ったClimate Reality Project Japan等の有志でその施設を見学させてもらう運びとなりました。



2) レクチャー（座学）概要

浜田 京都PVリサイクルセンターに到着後、設備見学の前後に会議室にて、浜田の会社紹介、太陽光パネル廃棄を取り巻く現状、同社のリサイクル、リユース事業、事例紹介、サービスについてのスライド資料の説明と質疑応答がありました。掲載しきれないほどの情報量でしたので、本レポートではキー情報のみを取り上げます。（図は浜田提供、写真は筆者撮影）

株式会社浜田は、1973年に母体となった浜田電気工業株式会社の鉄道関連の電線等のスクラップ部門を分社化し誕生。前述のNEDO事業である「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」において、「ホットナイフ分離法によるガラス、金属の完全リサイクル技術開発」というテーマが採択され、開発研究資金の補助を受けつつ、早期から事業化に取り組んできたパイオニアといえる会社です。

2017年に太陽光パネル処分許可を東京都から取得し、東京大田区の京浜島エコロジセンターにて事業をスタートしています。

❖ 現在とこれからの廃棄量推計（日本）について

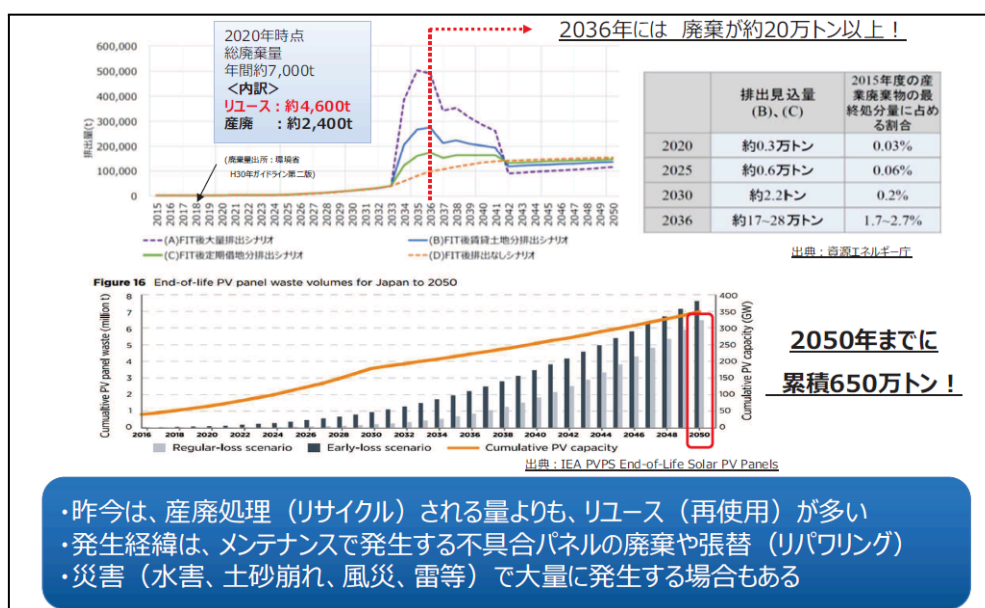


図3. 現在とこれからの廃棄量推計（日本）

図3の上段左の青い囲み部分に記載されている情報として、2020年時点での総排出量は年間約7,000トン。そこからリユースに回った分を引いて産業廃棄物となったのは約2,400トン。この量のインパクトを上段右の表から読み取ると、2015年時点での全産業廃棄物最終処分量に対して0.03%程度の微々たるものとどまっています。2025年には排出量が倍増すると見込まれていますが、それでもまだ軽微な量といえそうです。

NEDOの推計では、太陽光パネルの年間排出量のピークは、2035～2037年頃であり、年間約17～28万トン程度、産業廃棄物の最終処分量の1.7～2.7%に相当する量と予測されています。

（図3の上段グラフの(B)FIT後賃貸貸土地分排出シナリオ（青色実線）と(C)FIT後定期借地分排出シナリオ（橙色の実線）を参照）

しかしながら次ページ図4の浜田の独自推計では、NEDOの推計より5～7年も早く、2030年にも約10万トン規模の第一のピークが訪れることを想定しています。これは2012年の固定価格買取制度（FIT）の開始から起算して、17年の法定減価償却期間が終わり、事業用太陽光発電に関してFITの適用がまもなく終了するこの時期に、発電効率が低く経年劣化した太陽光パネルを最新の高効率のものに交換し、事業継続すること（リパワリング）により発生するであろう大量廃棄を想定したものです。

NEDOによる推計は2018年のものであり、当時はあまりみられなかった太陽光発電事業者によるリパワリングの動きが反映されていないことは致し方ありませんが、浜田の見立ては最新

の動向を取り込んだより可能性が高い未来推計だと思われます。これにより土地の賃貸借期限による第2のピーク、経済耐用年数による第3のピークといくつも山に分散する独自推計となっていることが注目されます。分散するため、それぞれの山の高さはNEDOの推計よりも低くなっています。ここで大切なことは、NEDO推計に基づいた政府の見通しよりも早いピークの訪れがあり得るならば、適正処分の処理能力をより早期に高めておくべき時間的な切迫性があるということになります。

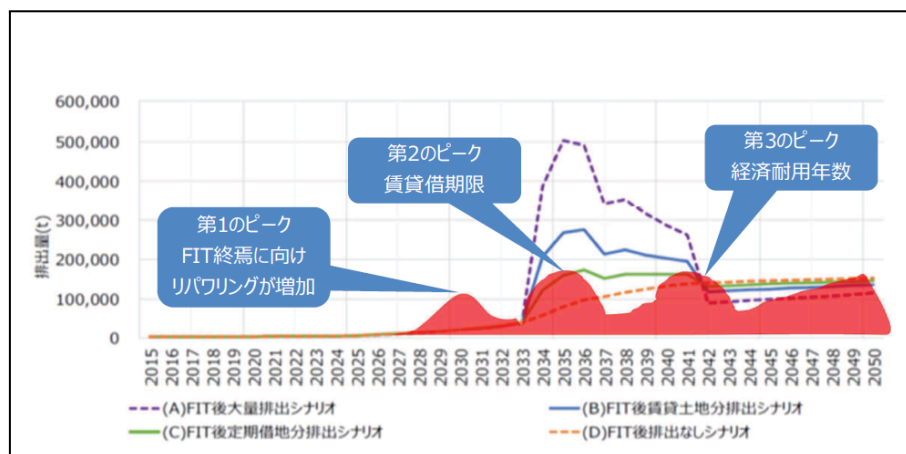


図4．浜田によるこれからの廃棄量推計

なお浜田の説明資料にはありませんでしたが、排出量の推計は環境省も実施しており、それによると2030年代後半以降、年間50～80万トンが排出されると推定しています。これはNEDOの推計よりピーク値が大幅に高くなっています。（参考：[環境省「再生可能エネルギー発電設備の廃棄・リサイクルに係る現状及び課題について」P4](#)）

年間最大80万トンという数字は非常にインパクトのある数字であり、これを引用し騒ぐ論者もいるようですが、東京大学大学院 前 真之准教授によると、環境省推計は、ある年に設置した太陽光パネルが設置後同じ年に一斉に想定寿命を迎えるという単純な条件設定によるもので、リサイクル体制整備を目指すための最大見積という意味合いが強いと解説されています。

（文末参考情報リンク④参照）

❖ 日本における使用済太陽光パネルの発生状況

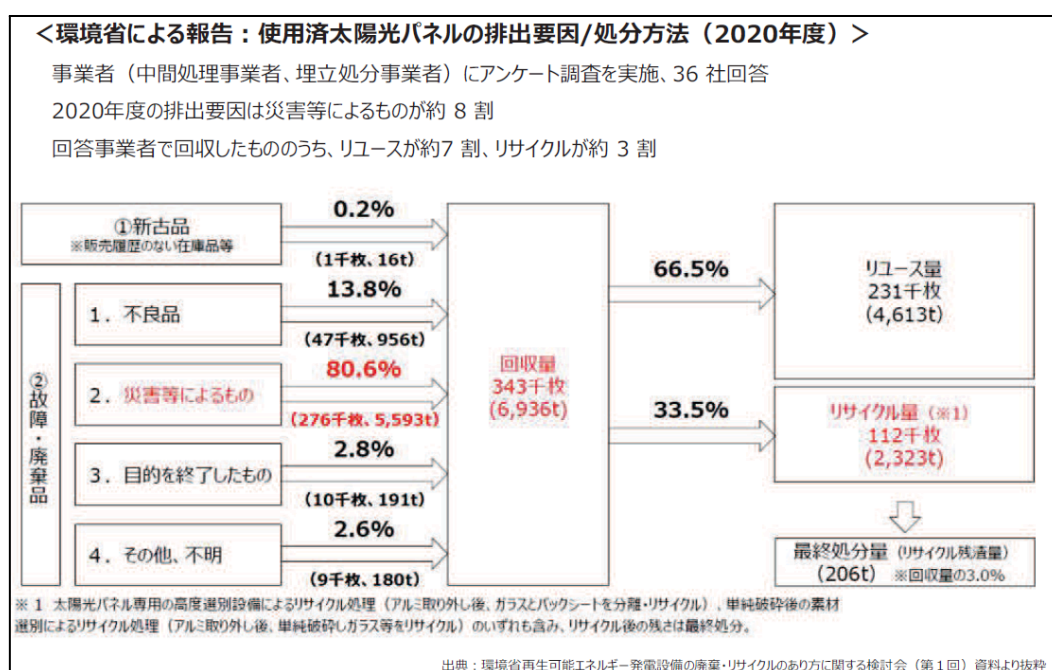


図5．使用済太陽光パネルの排出要因／処分方法（2020年度）

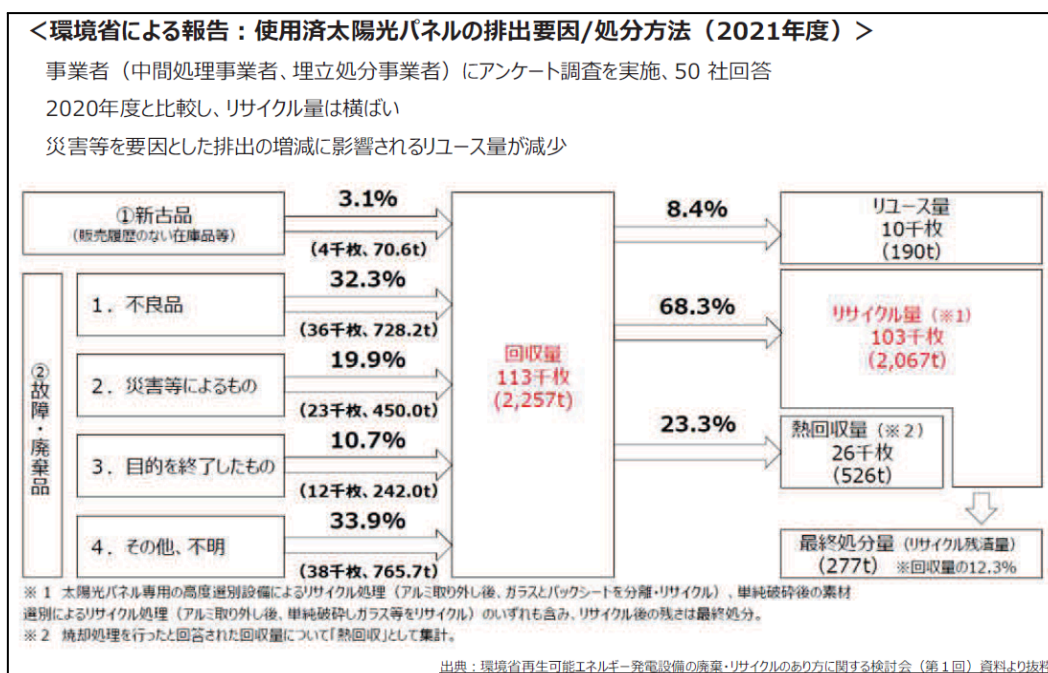


図6．使用済太陽光パネルの排出要因／処分方法（2021年度）

図5と6は、使用済太陽光パネルの排出要因／処分方法に関し、環境省が2020年度と2021年度に事業者へアンケート調査を行い、定量的な分析を行ったものです。2020年度は自然災害の影響が大きかった年で、回収量34万3千枚（6,936トン）のうち約8割が被災したパネルでした。2021年度になると回収量が3分の1に減り、自然災害で被災したパネルの割合は約2割まで低減しています。2020年度は、回収されたパネルのうち66.5%の23万1千枚（4,613トン）がリユースに回っていますが、2021年度はリサイクル量は2020年からほぼ横ばいながら、リユースが20分の1以下に激減しています。リサイクル量に対する最終処分量（リサイクル残渣量＝埋立処分）の比率は、2020年が8.9%、2021年が13.4%でした。

このように年度によって使用済太陽光パネルの排出要因／処分の様相が大きく異なります。

❖ 太陽光パネルの種類と構造

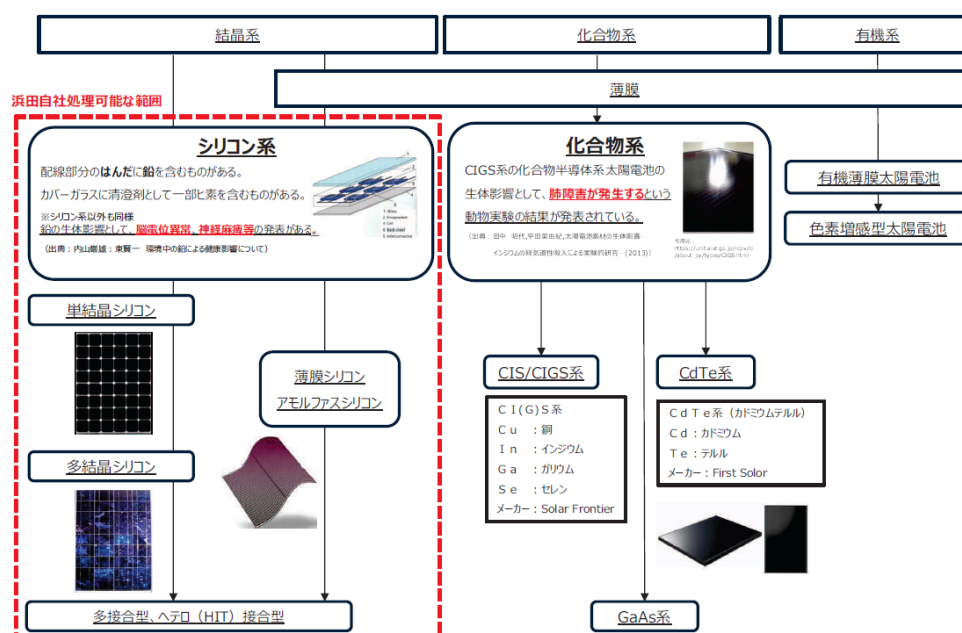


図7．太陽光パネルの種類

現在、浜田の設備で処分できる太陽光パネルは、図7のなかの赤い破線で囲まれたシリコン系の太陽光パネルに限定されているとのことでした。化合物系や有機系パネルの市場占有率は数パーセントと非常にマイナーで量的なインパクトは現時点ではほとんどありません。これらの処分については製造メーカーが関与しているようです。

太陽光パネルの処分を理解するための、パネルの部品、構成や重量割合は図8で説明されました。ガラス、アルミ、EVAセル（封止材+太陽電池セル）を分離、浜田設備でのリサイクル処理率は重量比で全体の80%強とのことでした。（アルミ以外はリサイクルに回せない端材、不純物がでるため）

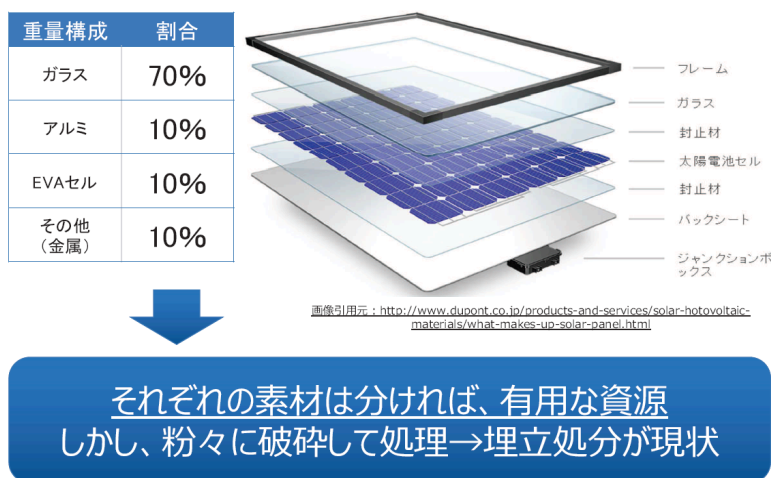


図8. 太陽光パネルの組成

❖ 現在主流の太陽光パネルの処分方法と問題点

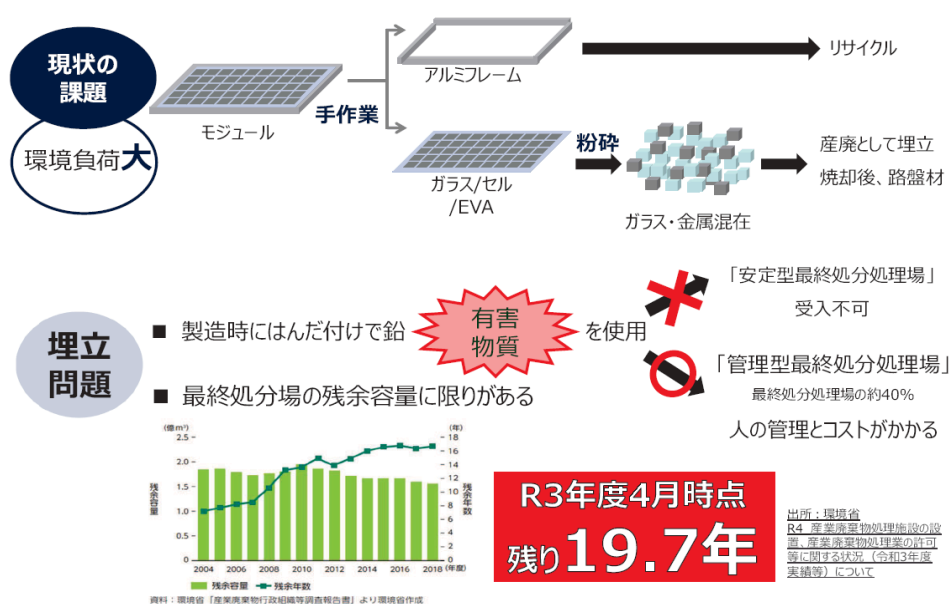


図9. 太陽光パネル廃棄に対する現状の課題

太陽光パネルの処分については、図9の上半分に記載されている分解・破碎し、リサイクルしやすいアルミフレーム以外は破碎して産廃として埋立処分したり、一部を路盤材に利用する方法と、同図下半分に記載されているパネルをそのまま埋立処分場に持っていく方法とがあります。製造年が古いパネルには、はんだ付けに有害物質の鉛が使われており、管理型最終処分処理場という埋立施設に持っていく必要があります。日本の管理型最終処分処理場は令和3年度時点で19.7年分の残余容量と見積もられており、太陽光パネルの大量廃棄はこれを圧迫する大きな問題として捉えられています。

処理方法	メリット	デメリット
シュレッダー	大量処理が可能 破損しているパネルも可能	分離後の選別に高度化が必要 新規では設備費用が高い
ホットナイフ	分離後物の状態が良い 高度リサイクルの可能性がある	破損しているパネルが処理できない 操作が複雑
ハンマー	破損しているパネルも可能 分離後のガラスの粒度が比較的大きい	分離後物に異物が混じる為、後工程の選別が必要
プラスト	破損しているパネルも可能 操作が簡単	分離後物に異物が混じる為、後工程の選別が必要 ガラスの粒度が小さい
2軸圧縮破砕	破損しているパネルも可能 操作が簡単	分離後物に異物が混じる為、後工程の選別が必要 ガラスの粒度が小さい 8～9割の分離率
熱処理	設備仕様によっては化合物系のパネルも対応可能 有機物をなくせる 分離後の状態が良い	廃棄物処分業の許可取得のハードルが高い 設備費用が高い

表1. 太陽光パネル処分方法の種類

日本における処分方法の種類は、表1にみられるように大きく6種類があげられています。これらは全て実用段階にあります、それぞれのメリット、デメリットがあります。

浜田ではこのうち、ホットナイフ法とそれを補うハンマー法の2種類の処理機を導入しています。先にふれたとおり、浜田の東京・京浜島エコロジセンターはホットナイフ法のみ、京都PVリサイクルセンターでは両方の機械が稼働しています。

❖ 浜田の廃パネルの受け入れと実績

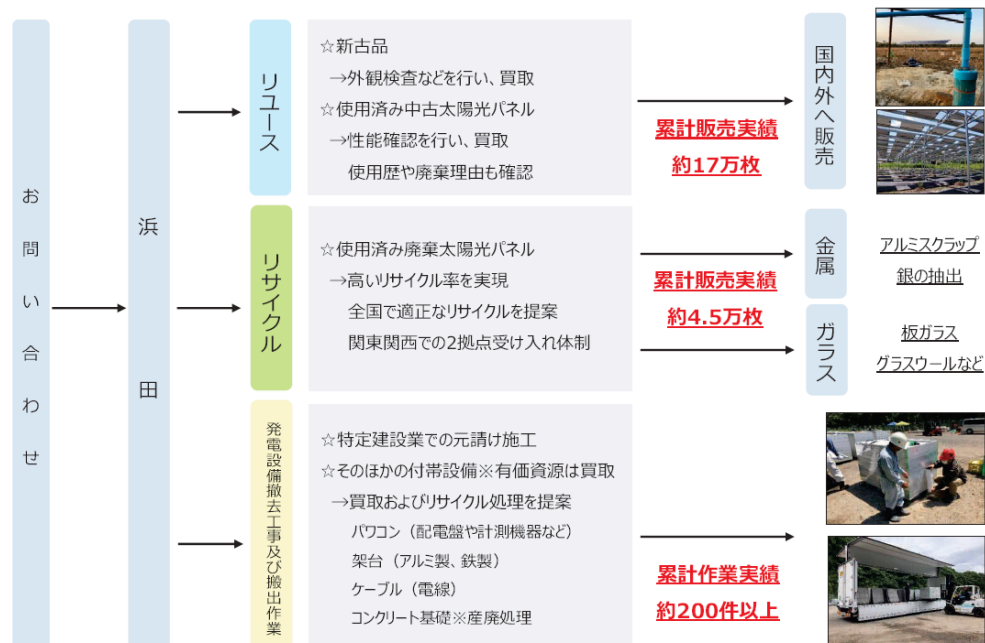


図10. 廃棄するまでの流れ

浜田の廃パネルに関連する事業は、図10の中央に示されている新古品や中古パネルリユース（累計販売実績約17万枚）、使用済み廃棄パネル（累計取扱約4.5万枚）リサイクルで、金属とガラスの販売、発電設備撤去工事の元請（累計約200件）という3種類に大別されています。

❖ 廃パネルのリサイクルスキーム

図11では、搬入されるパネルのジャンクションボックスを取り除き、アルミフレームを取り外したあと、カバーガラスが割れていないものはホットナイフ分離法で処理し、割れているものはPVリサイクルハンマーで処理する浜田で可能な2種類の工法を示しています。

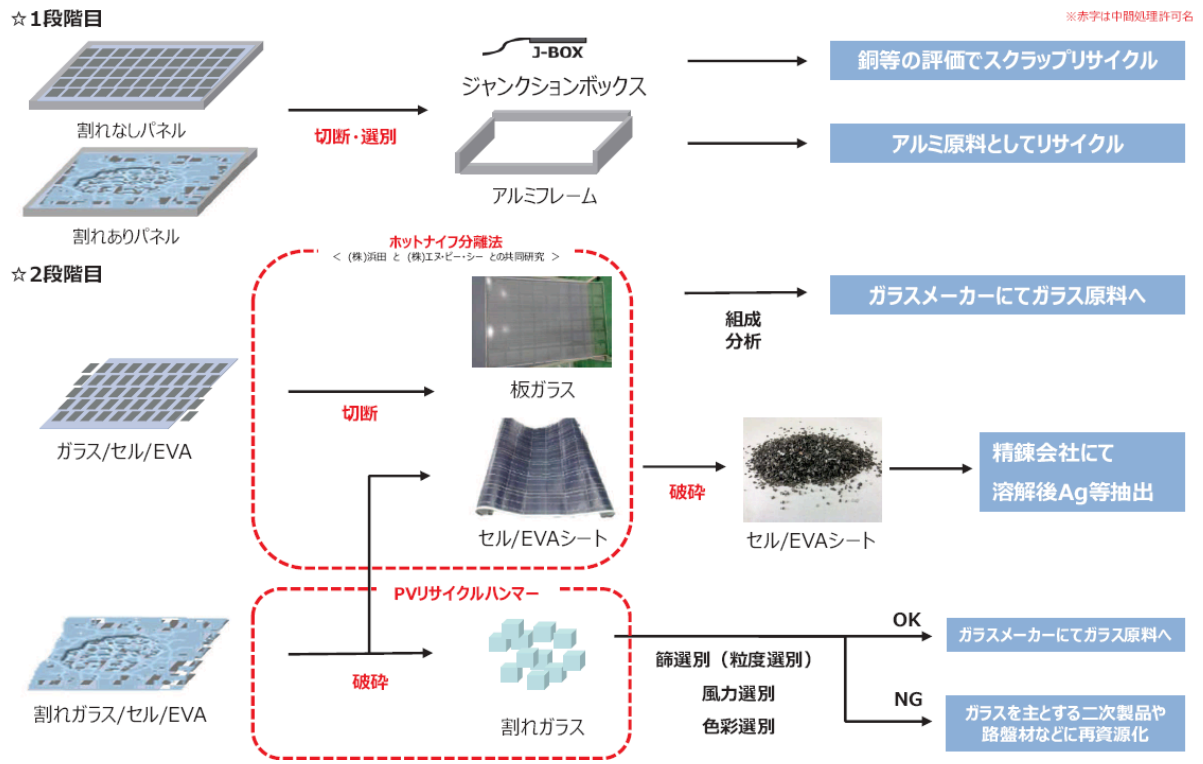


図11. 浜田のリサイクルフロー

3) ライン見学

座学終了後に、実際に稼働中の処理ラインを見学しました。
図12は、カバーガラス割れなしパネルに適用されるホットナイフ分離法の工程フローです。

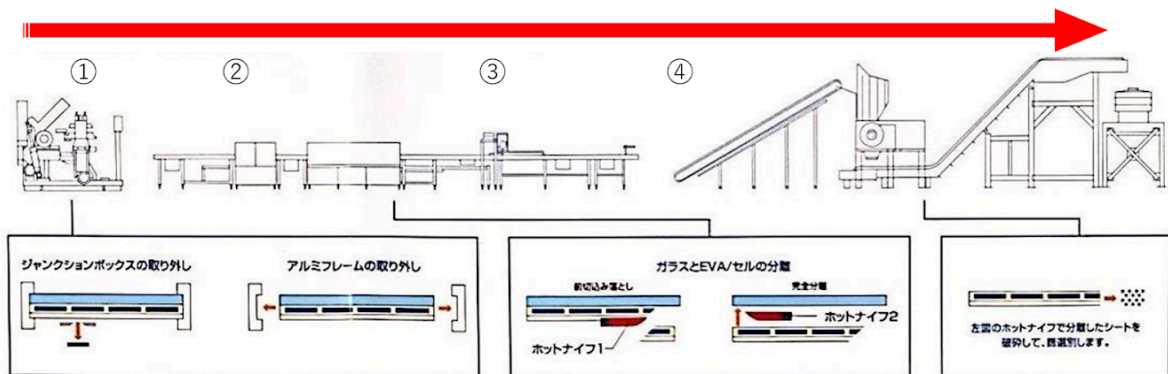


図12. 浜田のリサイクルフロー

工程①（写真1）太陽光パネルをバキュームリフトで運搬、ジャンクションボックス&アルミフレーム分離装置にセット。

（写真2）パネル四辺を囲んでいるアルミフレームが取り外され、売却される



写真1

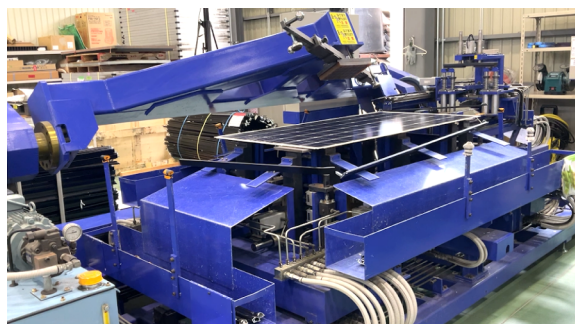


写真2

工程②（写真3）アルミフレームが取り外されたパネルをガラス分離装置にバキュームリフトで移動し、機械にセット。ローラーで装置内に送り込まれる。

（写真4）ホットナイフ分離法にて、約300℃に加熱したナイフでEVA/セルを溶融し、ガラスを割らずに、EVA/セルをそぎ落とすようにきれいに分離。ガラスは上部のラインを進み、EVA/セルはフィルム状くるとカールして機械下部から排出される。



写真3

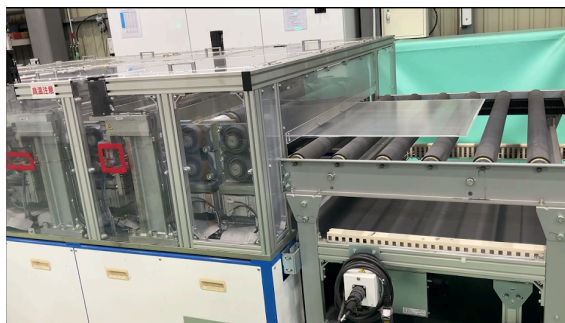


写真4

工程③（写真5）ローラーで送られてきた板状のガラスを1枚1枚、成分分析機にかけ、データを記録し、ガラス中央部にデータを読み取り用のQRコードがプリントされる。

（写真6）成分データが記録されたガラスはまとめてガラスメーカーへ売却。



写真5



写真6

工程④（写真7）工程②のホットナイフで分離されたロール状のEVA/セルフィルム
（写真8）EVA/セルフィルムをベルトコンベアに乗せ、破碎機へ送る。



写真7



写真8

（写真9）2mm以下まで破碎された粉末は粒度選別機にて振動篩（しんどうふるい）にかける。風選別、色選別がある

（写真10）粒度が0.075mm以下、0.075~0.15mmの2種類に分級し、精錬メーカーへ売却。粒度が細かい方が有価物（銀や銅等の金属）の含有率が高く、買取価格も高くなる。こうした工程により、浜田の処理ラインでの素材リサイクル率は80%強とのこと



写真9



写真10

PVリサイクルハンマー

図12の工程②、③は、ホットナイフ分離法によるものでしたが、これはカバーガラスが割れていないパネルを対象とするものです。割れたパネルを処理できるのが、PVリサイクルハンマーです。

(写真11) 工程①でジャンクションボックス、アルミフレームを取り外したパネルをPVリサイクルハンマーのガラス分離装置に投入するところ

(写真12) 回転リサイクルハンマー打撃工法で、加熱したパネルをハンマーで打撃することによってガラスを破碎。風力選別、色選別、粒度選別のうえ、品質の良いものはガラスメーカーへ、それ以外は路盤材等の骨材、ガラス二次製品の原料として売却。ガラスと分離されたEVA/セルフィルムは、前述の工程④に送られる



写真11



写真12

京都PVリサイクルセンターにおける処理能力は、PVリサイクルハンマーは年間5万枚。ホットナイフ480枚/日（9AM-5PM 実稼働ベースで300枚/日）とのことでした。

全体的な印象としては、自動化された装置のせいか作業者の人数も少なく、破碎機近辺を除いて、さほど騒音も気にならない、整然とした工場でした。

4) 見学を終えて

「1) 見学目的、背景」で触れたように、SNS等の太陽光発電普及を阻害するようなネガティブ・キャンペーンに反論するため、正確な情報、知見をベースとすべく、すでに太陽光パネルの適正処分を行っている現場を知りたいと浜田京都PVリサイクルセンター見学を行いました。今回の見学や学習を通じて、日本の太陽光パネル廃棄問題を以下のように総括しました。

- 「太陽光パネルの廃棄処分技術が開発されていない」という主張は誤りで、P7の表1にあるように、現時点でも6種類の実用化され稼働している処分技術がすでに存在する
- そのうちのホットナイフ法とハンマー法の2方式をライン化している浜田の処理工場で事業として実稼働している状況を確認できた
- 太陽光パネルの大量廃棄のピークはNEDOの推計では2035～2037年頃、年間約17～28万トンの総排出量、産業廃棄物の最終処分量の1.7～2.7%に相当する量とされている。日本の管理型最終処分処理場の残余容量を考え、これが問題視された
- 但し1.7～2.7%という数字は、廃棄される太陽光パネルをそのまま全量埋め立てた場合という極端な前提条件でのもの。現実には総排出量がそのまま管理型最終処分処理場で埋め立てられている訳ではなく、リサイクル処分されて最終的に埋め立てに回る残渣量は、総排出量の10%前後というのが実態であるという点に注意が必要
- NEDOの将来推計に対して、浜田では、昨今の太陽光発電事業者のリパワリングの動きをふまえると、早くも2030年には年間総排出量10万トンレベルの第一のピークが訪れる可能性があるとしている
- 自然災害の多寡により、年度毎に総排出量やリユース、リサイクル量は大きく変動するというのが実相
- 現時点で太陽光パネル廃棄処分方法について、ガイドラインや既存の廃棄物処理法以外の法的規制はなく、処分費用が安い埋立処分が志向される
(埋立処理ではパネル1枚あたり約2,000円、リサイクル処理では約3,000円の処分費とされている)
- FITにおける太陽光発電事業者を対象とした廃棄等費用積立制度では、現状の適正リサイクル処分まで含む費用全体の半分程度しか積み立てられない問題に対処する必要がある
- 法的規制がなく、年間1万トンに満たない総排出量、その半分にも満たないリサイクル量、さらには自然災害等により毎年大きく変動する不安定な現状のマーケットに対して、現時点で40数社が事業化
- 浜田によると事業開始以来赤字が継続。多額の技術研究開発費や処理機械の導入費用の先行投資負担。また導入機械の処理能力と、リサイクル処理の法的義務がない現状マーケット下での処分実績を考えれば、業界全体が赤字であることは容易に推定できる
- 処理後のリサイクル素材を買い取る素材メーカーの要求品質や買取価格条件がリサイクル事業者にまだまだ厳しい
- 環境省の担当部署は、廃棄される太陽光パネルリサイクル義務を法制化するには、現状の40数社の処理能力を倍増しないと受け入れが足りないとしているとのこと。
もし現状のまま法的義務化を強行すれば、リサイクル処理が全国でオーバーフローし、大きな批判を浴びたり、不法投棄増大につながりかねないと危惧されているとのこと
- 上記のことを整理すると
 1. 今後6～15年後に訪れるであろう太陽光パネルの大量廃棄時代には、現状のリサイクル事業者の受け入れキャパシティを全国の需要地に近接して約10～40倍に拡大させなければならないが、現状のマーケット規模で赤字に耐えている事業者が大半のなか、どうタイムリーにリサイクル業界を育成・拡大していくか
 2. 太陽光パネルの大量廃棄時代をみすえたリサイクル義務化の法制化を、どのような下準備を経て、いつ実施するか、どのように効果的な広報をし、太陽光発電事業者と処理事業者に厳守させるか
 3. 最終処分量を減らすために、リユースに回せる太陽光パネルの量的最大化をどう図るか

という3つの大きな政策的な課題がある

なお、有害物質の環境流出や処分場逼迫をことさら問題視し、煽るような悪意ある言説についての反証は、下記のようにまとめた。

- a. 記事等で「太陽光パネルには、鉛やセレン、カドミウム、ヒ素等の有害物質が含まれている」という表現がよく使われるが、全ての太陽光パネルはこうした物質を含有しているものと誤認されやすい。[近年はこうした有害物質をほとんど含まない「単結晶」が市場を独占](#)しており、有害物質を含むパネルの割合は、数パーセントとかなり低くなっているのが実情 (文末参考情報リンク⑥⑦参照)

- b. 環境省による太陽光パネルの各部位の含有量試験および溶出試験の結果によると、ヒ素が検出されたサンプルは無く、化合物系においてセレン、カドミウムが検出されている。ヒ素は、高額で高品質な宇宙用化合物系パネルで使用されるもので、一般市場には出回っていない（文末参考情報リンク⑤参照）
- c. 鉛については、結晶系パネルの電極等にハンダが使用されており、一部では鉛が含有されている。製造年が新しいパネルほど鉛の含有量が少なく、無鉛ハンダの使用等含有量を減らす技術が採用されている（文末参考情報リンク⑤参照）
- d. 有害物質が含まれている非常に少数のパネルであっても、発電セルや電極は充填剤（EVA樹脂等）で強固に封着されており、カバーガラスの割れやバックフィルム（バックシート）の亀裂等により、有害物質が直接環境に触れる可能性は非常に小さい。環境省による太陽光パネルの各部位の含有量試験および溶出試験は破碎処理したサンプルにより実施されたもの（文末参考情報リンク⑤参照）
- e. 太陽光パネルは、歴史的に家電製品やパソコン、スマートフォン等の電子機器（電気電子機器）と同様、半導体や基盤・配線が使われてきており、有害物質の含有はこれらに共通の問題であり、太陽光パネル固有のものではない。廃棄にかかる処分方法、処分場の問題も同様（文末参考情報リンク④参照）
- f. 但し、少量といっても環境に悪影響がある有害物質を適正に認識し、管理、処分することは重要であることはいうまでもない
- g. これらの事実に無知であるか、意図的に隠して有害物質含有を太陽光パネル固有の社会問題として煽る言説を抑止することは難しいが、本レポートでまとめたような情報を如何にうまく社会に拡散できるか、努力と工夫が求められる

このようにネガティブ・キャンペーンに対する一定の反論根拠は得られたように思いますが、上述した3つの大きな政策的課題は、太陽光発電が将来にわたって真に人々の幸福に資するものとなるために、安穩としていられないチャレンジだと気が引き締められました。

本レポートの最後に、今般の見学にあたり、大変オープンに情報開示をしてくださり、丁寧なご説明をいただいた株式会社浜田さまの関係者各位に心より御礼申し上げます。

以上

用語に関する注記：

「太陽光パネル」は、専門的には「太陽電池モジュール」と呼ばれますが、本レポートでは分かりやすい一般的な呼称である「太陽光パネル」あるいは「パネル」と表記しました。また、文中に廃パネル、使用済太陽光パネルなどの類似表記がありますが、それぞれの箇所に関係団体・組織が表記している用字に準拠しました。

参考情報リンク：

[①太陽光パネルリユース・リサイクルサービス](#)

[②【浜田】太陽光パネルリユースリサイクル事業のご紹介（動画）](#)

—株式会社浜田

[③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](#)

—経済産業省 資源エネルギー庁

[④太陽光ファクトチェック](#)

—東京大学大学院 前 真之准教授

[⑤パネルに含まれる成分（有用資源と環境影響）](#)

—PVリサイクル.com

[⑥太陽光発電所の廃パネル問題とは？ 何が問題で何が正しい？（前編）](#)

—HATCH編集部

[⑦太陽光発電「廃パネル」の処理問題とは？](#)

—UNIVERSAL ZERO社