

太陽電池パネルの高質なりサイクルに向けて

グループ名：資源循環

メンバー：中根正道、山之下晃伸、津留俊介、秋田重人

チューター：奥岡桂次郎、神本祐樹

1. 現状の把握（課題認識）

国による再生可能エネルギー推進の後押しもあり、太陽光発電の導入量が増えている。特に固定価格買取制度（FIT）施行後には産業用の発電施設が急増しており、住宅用と非住宅用を合わせた国内の累積導入量は40GWを越える。一方、太陽電池パネルの耐用年数は20から30年と言われており、パネル寿命の想定にもよるが、使用済み品の排出は2020年以降には徐々に増え、2030年以降には大幅に増加すると予想されている（図1）。当初は、先行して設置が進んだ住宅用パネルの排出量が産業用を上回る見込みであるが（図2）、住宅用には解体業者や施工業者など様々な排出ルートがあり、廃パネルの散逸が懸念される。一方、産業用パネルでは売電価格の固定期間20年終了後の放置や不法投棄などの可能性が指摘されている。

太陽光発電システムは通常、モジュールと言われる青色のパネル部分と、その他の付属部分から構成される（図3）。パネル枠や付属部品および架台などは主に金属製であり、通常のリサイクルが可能である。一方、モジュール部分は配線がガラスに埋め込まれた構造であり、素材ごとの分離が困難なうえ、有価物の含有量も少ないためリサイクルの経済性は低い。一部のモジュールは有害金属を含むことにも注意を要する。加えて、受光により発電するパネルの処理は感電リスクを伴うこととなり、安全衛生への配慮からも専門業者による解体や運搬が望まれる。

愛知県の太陽光発電の導入量は、住宅用では他県を引き離しての全国1位で、住宅用と産業用を合わせた導入量でも福岡県に次いで全国2位である。廃パネルの広域収集に関しては、九州や東北の一部においてモデル事業が検討されたこともあるが、恒久的なシステムとして確立されたところは国内では未だ見当たらない。将来の大量廃棄を想定した社会システム構築の必要性は明確であり、特に導入量の多い愛知県においては喫緊の課題である。

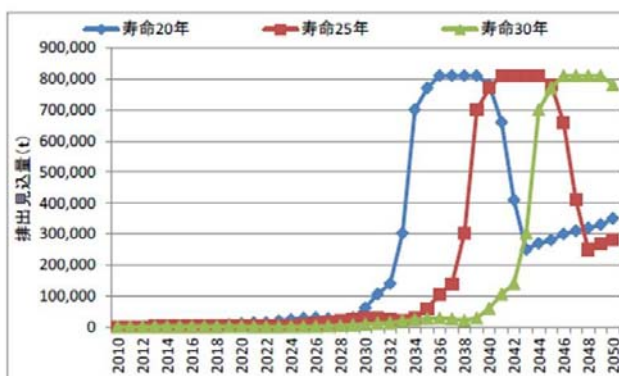


図1 太陽電池モジュール排出見込み量

出典：引用文献(1)

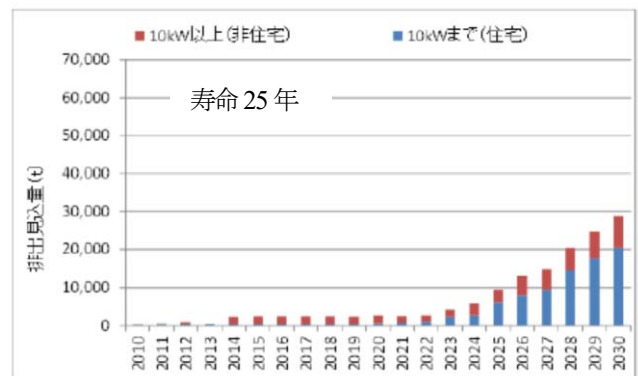


図2 太陽電池モジュール排出見込み量

出典：引用文献(1)

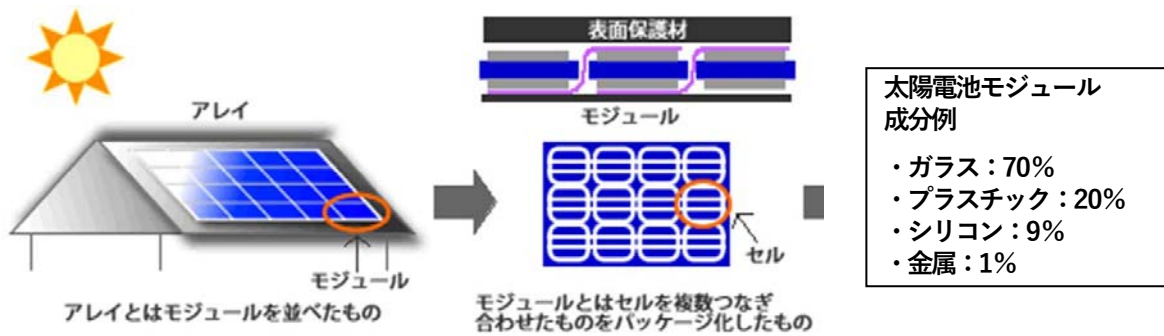


図3 太陽光発電システムの構成例 出典：引用文献(2)

2. 20年後に向けての提言の概要

将来的に廃パネルの大量排出が見込まれるなか、広域収集システムや効率的なリサイクル技術が未確立で、大量処理が可能なリサイクル施設が不足しており、廃モジュールの多くが埋立処理されてしまう懸念がある。コストやエネルギーをかけて行うリサイクルの合理性に関する課題は残るものの、太陽光発電の導入量が日本一で、「環境首都」を目指す愛知県として、廃モジュールのリサイクルや減量化の推進は不可欠と考える。

そこで、太陽電池パネルの高質なリサイクルに向けて、廃パネルの散逸を防止して回収量を確保するための「①回収ルート確立の推進」、および、資源循環の推進と最終処分量を低減するための「②リサイクル施設設置の推進」を提言する（図4）。

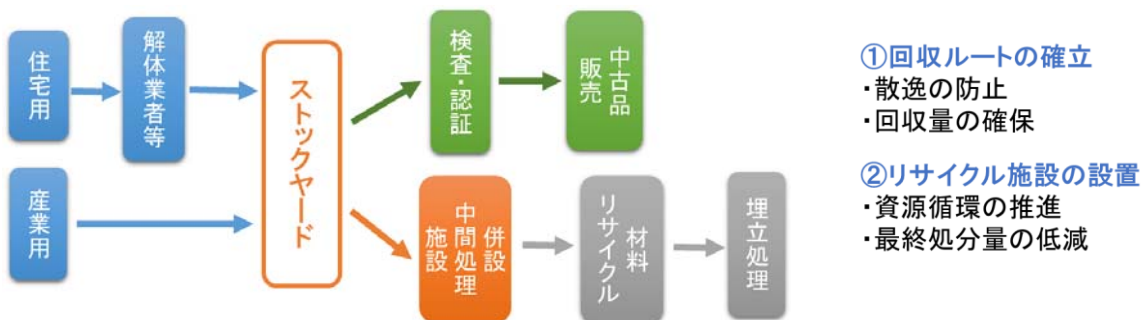


図4 本提案による太陽電池パネルのリサイクルルート

3. 提案の内容

環境省報告による太陽電池モジュールの排出見込み量を表1に示す。全国の排出量は2020年では3千トン弱だが、2030年では3万トン弱に、2039年には77万トンと見込まれ、急激に増加していくことが分かる。愛知県内の排出量は、2039年には3万9千トン弱と予測されており、この量は安定型最終処分場の残余容量の2.2%に相当する。最終処分場の延命のためにもリサイクルによる減量化が不可欠である。ちなみに、月100トンのリサイクル処理ラインを想定した場合、2030年で2か所が、2039年には30か所以上が必要となる。

このような難処理物である太陽電池モジュールのリサイクルについての技術開発が進められている。しかしながら、廃モジュールをリサイクルせずに破碎して埋め立てた場合の費用が住宅用1件あたり2万円以下（1.6万円）に対し、現状ではガラスと有用金属をリサイクルした場合のコストは5万円弱（4.8万円）との報告がある（引用文献(4)）。つまり、経済性だけを考えれば、排出されたモジュールはすべて埋立処理されてしまうことを意味している。なお、住宅用パネルとしてモジュール20枚、出力4kW、重量400kgを代表値とした。

	2020年	2025年	2030年	2035年	2039年
全国 排出見込量	2,808t	9,580t	28,788t	61,000t	775,085t
愛知県内 排出見込量	185t	720t	1,888t	4,892t	38,914t
(全量埋立時の)安定型最終処分場の残余容量に占める割合	0.009%	0.030%	0.094%	0.19%	2.2%
必要なライン数(100t/月)	0.15	0.6	1.6	4.1	32.4

表1 太陽電池モジュールの排出見込み量（寿命25年） 出典：引用文献(3)

以上の背景をもととした、本提案の具体的な内容は以下である。

①回収ルート確立の推進

- ・県民や解体業者等に対し、廃パネルの適正処理の必要性和回収ルートの整備状況を周知する広報活動を実施する。
- ・廃パネルの確実な回収および感電事故等の防止のため、国の制度「優良産業廃棄物処理業者認定制度」の一環として、撤去・運搬に関する専門業者の認定制度を設ける。
- ・埋立処理よりリサイクルが優先されるように、県現行の「産業廃棄物税」を財源とした住宅用パネルの処理費に対する助成制度を設ける。また、太陽光発電の設置補助金の再申請には、従来品のリサイクル処理証明書を必要とするような仕組みも有効と考える。

※リサイクル費用と埋立費用の差額を補助額とし、2030年排出予想量の全量を補助した場合の支出合計は1億4千万円強（3万円×1,888t/0.4t=14,160万円）

②リサイクル施設設置の推進

- ・廃パネルの排出見込み量を考慮して、県内2か所にストックヤードを併設したリサイクル施設を設置する。土地は県から無償貸与とし、処理施設の業者は、例えばリサイクル率95%以上などの技術要件を付したプロポーザルによる公募で決定する。ストックヤードを併設としたのは、1次集積場に廃パネルを集めた場合に必要となる処理施設までの2次運送費を削減するためである。なお、輸送コストの観点からは発生源に近い場所を想定すべきだが、産業廃棄物処理施設という特殊性を考慮して「知多」と「東三河南部」の港湾地域に設置とした。
- ・県現行の「循環型社会形成推進事業費補助金」を利用し、リサイクル施設の設置に対する助成を実施する。現限度額5,000万円の増額も併せて検討する。
- ・当初（～2030年）の廃パネル排出量を勘案し、ストックヤードのみ先行して設置し、リサイクル施設の設置は2025年以降とする「シナリオ2」も提案する。この場合は、リサイクル技術の向上も見込めるため、処理費用の低下も期待できる。

※廃パネル全量を2025年までストックした場合の合計は2,500トン弱（表2参照）

4. 提案実現のための具体的な取り組み（アクションプラン）と実現可能性

本提案の事業ロードマップを表2に示す。リサイクルを即時開始する場合は、施設場所の決定や環境アセスメントを含めた制度設計、業者公募に続き、ストックヤードとリサイクル施設の整備は2020年からとした。一方、シナリオ2として廃パネルを一時貯蓄する場合は、ストックヤードの整備は2020年と同様だが、リサイクル施設の整備は2025年とした。但し、産業廃棄物である廃パネルの長期保管には様々な規制があることに留意を有する。いずれの想定でも、排出量が激増する2035年以降では処理施設の不足が予測され、数年前には拠点追加の検討が必要となる。なお、表中の排出量の累積（※）は環境省の見込み量から内挿して推定した。

	2020年	2025年	2030年	2035年	2039年
県内排出見込み量(t)	185	720	1,888	4,892	38,914
排出量の累積(t)※	185	2,433	9,094	26,419	110,518
シナリオ1 リサイクルを即時開始	← 制度設計 ← 業者公募 ← ストック場・処理場整備 ● 回収および処理開始			↔ 拠点追加の検討	
シナリオ2 パネルを蓄積後、 リサイクルを開始	← 制度設計 ← 業者公募 ← ストック場整備 ● 回収開始	← 業者公募 ← 処理場整備	● 処理開始	↔ 拠点追加の検討	

表2 本提案の事業ロードマップ

事業目標である重要目標達成指標（KGI）および重要業績評価指標（KPI）は以下とした。

KGI：太陽電池パネルの排出が最終処分量の目標値に影響を与えないこと

KPI：本ルートを経由した住宅用廃パネルの割合80%以上、および、
本リサイクル処理による減量化率95%以上

広報用パンフレットの例を図5に示す。「豊かな環境を次世代へと楽しく継承していくためにも、廃棄物の排出管理による環境保全は必須である」という思いを込めて、キャッチフレーズは「管理に触れて生活をしよう」とした。

5. 波及効果

個別リサイクル法や拡大製造者責任制度が未整備で、廃パネルの収集ルートや低コストのリサイクル技術が確立されていない現状では、リサイクルの経済性は乏しく、個人や民間主導による環境優先の対応は困難である。環境保全という公共利益の観点から行政が積極的に関与することにより、廃パネルの高質なりサイクルが達成され、最終処分量の大幅な低減が見込まれる。

なお、「あいち地域循環圏形成プラン（H29.3）」には「将来的に廃棄が予想される太陽光発電設備の最終処分量をできる限り低減できるようリユース、リサイクルを促進」とあり、今回の提案目的とも合致するものである。



キャラクター出典：愛知県警察「コノハけいぶファミリー」

図5 広報用パンフレット例

6. 最終報告会における議論

Q：リユースに対する考え方は？

A：リサイクルがベストと考えている訳ではなく、パネルの長期使用やリユースによる排出抑制のほうが望ましくはある。しかし、必要な設置費用等を考慮すると中古パネルの価格競争力は低く、大きな市場になるとは考えにくい。一部、海外輸出やオフグリッドシステムとしての利用例もあるようだが、大量の排出物を対象とした今回の提案からは除外した。

Q：回収での課題は？また、業者を認定する理由は？

A：他県モデル事業のような複数拠点による1次集積では、積み下ろしを含めた処理施設への2次輸送費が必要となるため、ストックヤードを併設した処理施設を提案した。また、県内の輸送距離を考慮して2か所程度が妥当とした。業者認定により廃パネルの確実な回収が担保でき、電気知識のある業者が対応すれば感電などの事故の低減にもつながる。

Q：現在でもリサイクルを実施している業者はあるが、リサイクルを難しいとした理由は？

A：パネル素材の大部分はガラスのため処理費用を賄えるようなものではなく、業者も有償でリサイクルを行っている。しかしながら、業者は処理を有償で引き受けるだけであり、廃パネルの散逸や埋立処理に対して責を負うものではない。

Q：処理技術の開発はどこが行うのか？

A：プロポーザルに参加する企業が行う。県の関与による民業圧迫は懸念するところだが、技術を含めたプロポーザルとすることにより先行業者には技術的メリットがあるようにした。

Q：パネル寿命25年とあるが、住宅用は最後まで使い切ることになるのでは？

A：住宅寿命は30年以上であり、新築時に設置されたパネルはさらに長期間使用されると思われる。多くは住宅の解体時に排出されると想定され、建築廃材に紛れることが懸念される。

Q：有害物質は含まれるのか？

A：一部、カドミウムなどの有害物質を含む種類のパネルもある。

Q：コスト的には埋立処理が有利になってしまうが？

A：リサイクルのコストや投入エネルギーの観点からは埋立処理が効率的という意見もある。しかし、将来的な資源枯渇や最終処分場の延命を考えると、環境保全の課題としての対応は不可欠と考えており、是非、環境首都あいちとして取り組んで頂きたい。これは、太陽電池パネルに関わらず、混合系の産業廃棄物すべてにあてはまる課題である。

チューターコメント

- ・オリジナリティにはやや欠けるが、数字に基づいた提案となった点は評価できる。ストックヤードの空間的配置や今後のパネル設置の方向性まで踏み込めるとさらによかった。
- ・数字を積み上げてしっかりと考えられていた。時間の制約もあるが、ロジスティクスの最適化やパネルLCAの視点が入るとよかった。

【引用文献】

- (1) 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」(H28.3)
- (2) OKI エンジニアリングホームページ：<http://www.oeg.co.jp/Rel/solarbattery.html>
- (3) 平成26年度環境省委託業務：「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」(H27.3)
- (4) 平成28年度環境省委託業務：「使用済太陽電池モジュールの新たなリサイクル、リユースシステムの構築実証事業 報告書」(H29.3)