

首都圏における太陽光パネル廃棄量及び再生資源発生量の推計

藤澤有希・片野博明・小谷野眞司

【要約】本研究では、首都圏を対象に2050年までの太陽光パネル(PV)の廃棄量を推計し、PV廃棄量と既存の中間処理能力を比較するとともに、PV廃棄量から再生資源発生量・最終処分量を推計することで、今後首都圏で生じ得る使用済みPVの廃棄に係る課題と対策を検討した。その結果、首都圏における2050年のPV廃棄量14万トンが中間処理能力13.8万トンを上回り、首都圏内の周辺地域との連携や処理能力の増強等の必要性が示された。再生資源発生量はPVの62.5%を占めるガラスが最も多く、高度選別処理の選択により最終処分量は削減できる一方で、ガラスの用途開発が課題であることが明らかとなった。

【目的】首都圏には、茨城県等の太陽光パネル(PV)導入量が全国で上位を占める県が集中している。今後、PVの設置を促す補助金の交付や設置義務化等の積極的な脱炭素政策により、PV導入量のさらなる増加が見込まれる。PVの導入が進む首都圏において、使用済みPVの適正な処理や資源循環の構築は喫緊の課題である。本研究では、首都圏における2050年までのPV廃棄に係る課題と対策の検討を目的とし、1都7県(茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県)を対象に、①複数のPV寿命設定の下、PV廃棄量の推計及び廃棄が最も早く発生する時期の抽出、②PV廃棄量と中間処理能力の比較、③PV由来の再生資源発生量と最終処分量の推計を行った。

【方法】PV廃棄量の推計にあたり、2050年までの設備容量を設定した。2020年までの設備容量は、FIT制度の公表データ¹⁾より、都県別の認定容量を実績値として用いた。2021年以降は、エネルギー白書²⁾における2014年から2020年までの設備容量増加率を2020年のFIT認定容量に乗じて2030年と2050年の設備容量を算出し、それ以外の各年は線形補間を行った。なお、各年の設備導入容量は、廃棄量を考慮し、将来の設備容量を満たすよう決定した。

PV廃棄量は、各年の設備導入重量にPV使用経過年数に応じた設備故障率を乗じて推計した。IRENAの手法³⁾を参考に、各年の設備導入容量当たりの重量換算係数、ワイブル分布による設備故障率の設定を行った。重量換算係数(ton/MW)はPVの出力性能向上と軽量化により2050年に向けて低減するとし、PVの故障は寿命年数付近に集中すると想定した。PV寿命は、一般的なメーカー出力保証期間の20年と25年、IRENAが試算に用いた30年を設定した。

再生資源発生量と最終処分量の推計にあたり、PV構成材料重量比(ガラス、アルミ、セルシート等)⁴⁾、現行のPV処理技術の事例(単純破碎処理、高度選別処理)を基に資源回収率及び最終処分発生率⁵⁾を設定した(表1)。PV廃棄量から構成材料重量比により各構成材料の含有量を算出し、各PV処理技術の資源回収率と最終処分発生率を乗じた。

【結果の概要】以下に最も早く廃棄のピークを迎えるPV寿命が20年の場合の結果を特筆する。①PV設備容量と廃棄量を図1・2に示す。2036年頃のPV廃棄量のピークは、設備故障率が使用開始20年後に最大化することと、FIT制度開始後の設備容量の急増により発生する。2050年にはPV廃棄量が14万トンに増加するが、これはFIT制度により急増したPVの廃棄分を補完するため、各年の設備導入容量が増加することで発生する。②首都圏の年間中間処理能力(2023年12月時点)⁶⁾は、稼働日数を240日と想定した場合、13.8万トンである。首都圏では、千葉県を除く都県で2050年のPV廃棄量が年間中間処理能力を上回り(図3)、各都県内での処理が難しいことが明らかとなった。今後は、広域処理を視野に入れた周辺地域との連携や処理設備の増設等により中間処理能力の不足分を補う対策が必要となる。③単純破碎処理の場合、毎年のPV廃棄量のうち84.3%が最終処分され、2050年には最終処分量が11.8万トン、うちガラスは8.8万トンとなる(図4)。一方で、高度選別処理の場合、2050年には最終処分量は888トンまで削減される。これは、単純破碎処理では最終処分となっていたガラスの97.6%に相当する8.6万トンが回収されることによる(図5)。今後の対策としては、高度選別処理の導入促進とともに再生ガラスの用途開発が重要となる。

【今後の展望】首都圏における使用済みPVの資源循環実現に向けて、再生資源発生量と需要量、最終処分量と残余容量の比較を行い、PVの再資源化による資源循環への影響をさらに詳細に分析する。なお、本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費JPMEERF20231002(2023年度~2025年度)により実施した。

表1 PV構成材料重量比及び資源回収率等の設定（シリコン系PVの場合）

構成材料 (重量比)	フロントカバー (62.5%)	フレーム (15.7%)	セルシート		
			電極材料 (0.8%)	バックシート・ 封止材等 (17.7%)	セル (3.4%)
回収資源	ガラス	アルミ	銅等	プラスチック・ EVA※	シリコン※
最終処分発生率・ 資源回収率	単純破碎処理 ・フレームのみ回収後、アルミを100%再資源化 ・フロントカバーとセルシートは破碎処理後、最終処分場で埋立処分				
	高度選別処理 ・ガラスをホットナイフ分離法でフロントカバーを割らずに分離後、ガラスの97.6%をグラスウール等製造のためガラスカレットとして加工 ・フレームは回収後、アルミを100%再資源化 ・破碎・選別されたセルシートから、製錬により0.7%を銅等として回収、製錬不可の場合は焼却後2.9%を残渣として最終処分場で埋立処分				

※セルシートに含まれるプラスチックやシリコンについては、先行研究(Heiho, et. al., 2023)では再資源化の検討がされていない。また、現状、多くが熱回収（廃棄物焼却時に発生する熱エネルギーを回収・利用）されているため、本分析でも再生資源発生量等の推計に詳細に考慮しない。

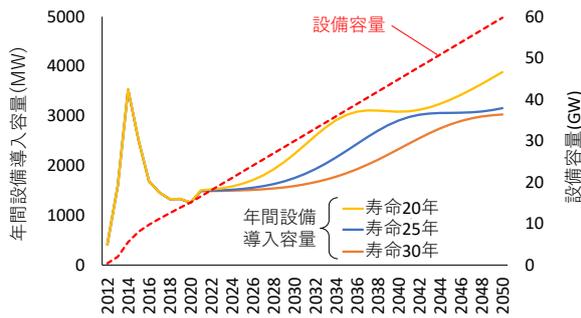


図1 PV年間設備導入容量・設備容量

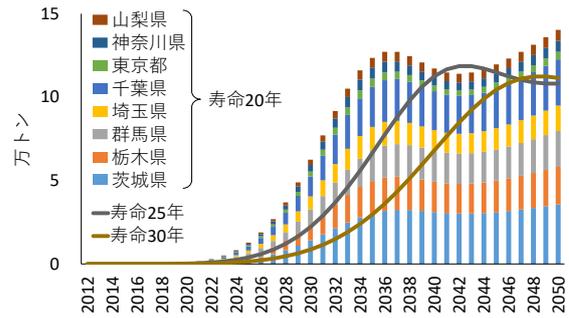


図2 PV廃棄量

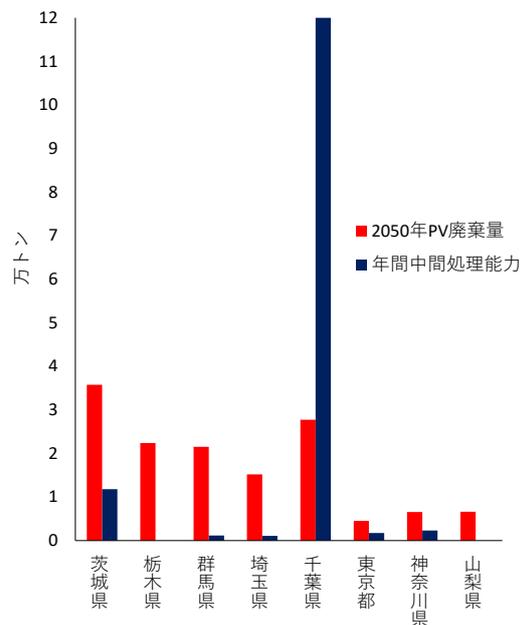


図3 2050年PV廃棄量※¹と年間中間処理能力※²
※¹PV寿命の設定が20年の場合 ※²2023年12月時点

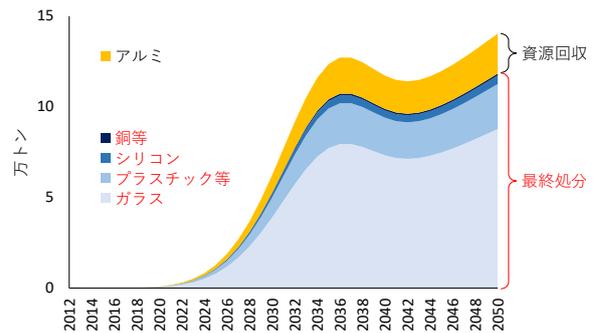


図4 単純破碎処理による再生資源発生量・最終処分量※
※PV寿命の設定が20年の場合

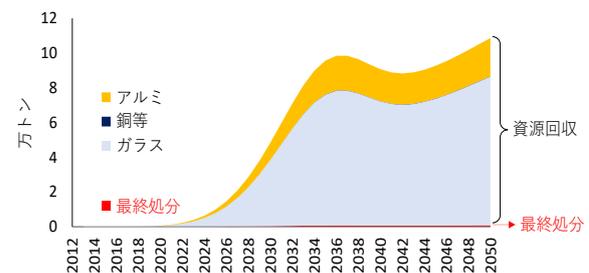


図5 高度選別処理による再生資源発生量・最終処分量※
※PV寿命の設定が20年の場合

【参考文献】

- 1) 資源エネルギー庁：FIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）太陽光発電設備認定容量公表データ
- 2) 資源エネルギー庁：令和4年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2023）
- 3) IRENA（国際再生可能エネルギー機関）：End of life management: Solar photovoltaic panels (2016), pp.25-31
- 4) NEDO：太陽光発電開発戦略2020, pp.69
- 5) Heiho, et. al. (2023) Prospective life cycle assessment of recycling systems for spent photovoltaic panels by combined application of physical separation technologies, p.7
- 6) 東京都：太陽光発電設置解体新書（参照2024-06-13）