

第21回エコプレミアムクラブシンポジウム

‘IEA PVPS Task12: PV Sustainability’における 太陽光発電リサイクル関連レポートのご紹介

2024年8月8日

みずほリサーチ&テクノロジーズ

サステナビリティコンサルティング第1部
エネルギービジネスチーム

河本 桂一

ともに挑む。ともに実る。

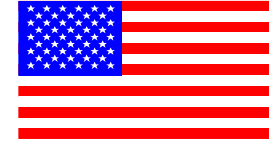
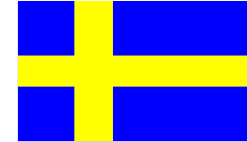
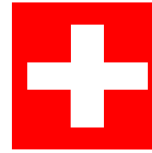
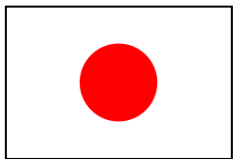
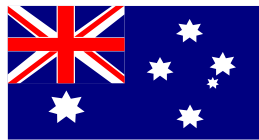


IEA PVPS (International Energy Agency, Photovoltaic Power Systems Programme)

- 太陽光発電システムを対象としたIEA傘下の技術協力プログラム
- 持続的なエネルギーシステムに向けた太陽光発電の役割を高めるための情報発信、国際協力を強化するための活動を展開
- 1993年に設立され、2024年6月現在、25ヶ国6機関が参加
- タスク(Task)と称する様々なプロジェクトを実施
 - Task 01 – Strategic PV Analysis & Outreach
 - **Task 12 – PV Sustainability**
 - Task 13 – Performance, Operation and Reliability of PV Systems
 - Task 14 – Solar PV in the 100% RES Power System
 - Task 15 – Enabling Framework for the Development of BIPV
 - Task 16 – Solar Resource for High Penetration and Large Scale Applications
 - Task 17 – PV and Transport
 - Task 18 – Off-Grid and Edge-of-Grid Photovoltaic Systems

IEA PVPS Task12: PV Sustainability

- IEA PVPSのもとで実施されているプロジェクト(タスク)の一つ
 - Subtask 1: Circular Economy (CE)
 - Subtask 2: Life Cycle Analysis (LCA)
 - Subtask 3: Ecosystem integrated PV (ecoPV)
 - Subtask 3: Broader Sustainability Aspects
- 米国(NREL)とフランス(TotalEnergie)が議長役を担当し、以下の国々が参加
 - オーストラリア、オーストリア、中国、フランス、ドイツ、イタリア、日本(みずほリサーチ&テクノロジーズ株)、オランダ、SolarPower Europe、スペイン、スウェーデン、スイス、米国



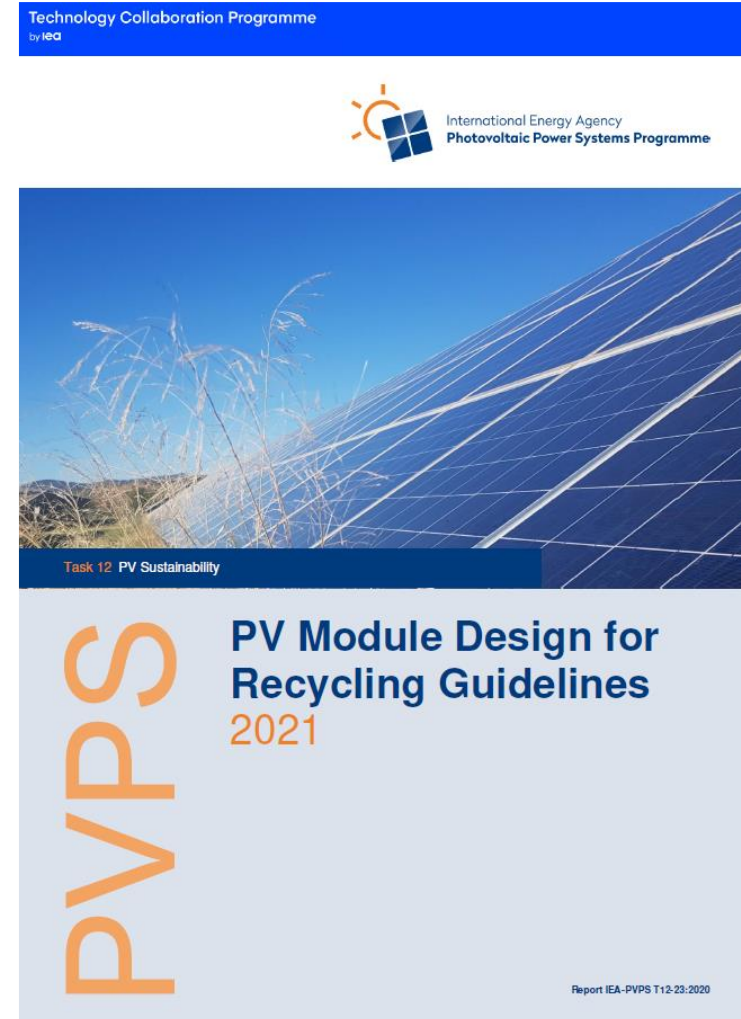
PV Module Design for Recycling Guidelines

＜一般的なDfRガイドライン＞

- － 機能性、長寿命、耐久性、信頼性、コストなどの製品要件が重要
- － 材料選択と、分離した素材の回収可能性が重要
- － 製品に含まれる有害物質の抑制
- － リサイクルしにくい材料の抑制
- － 不可逆的な接着剤の抑制
- － 分解を前提とした設計
- － DfRによる効果の評価が重要
- － リサイクル可能な材料を示すラベリングの標準化が重要
- － リサイクル材料を使用した製品設計が循環生産を促進

＜太陽電池モジュールのDfRガイドライン(結晶Si太陽電池モジュール)＞

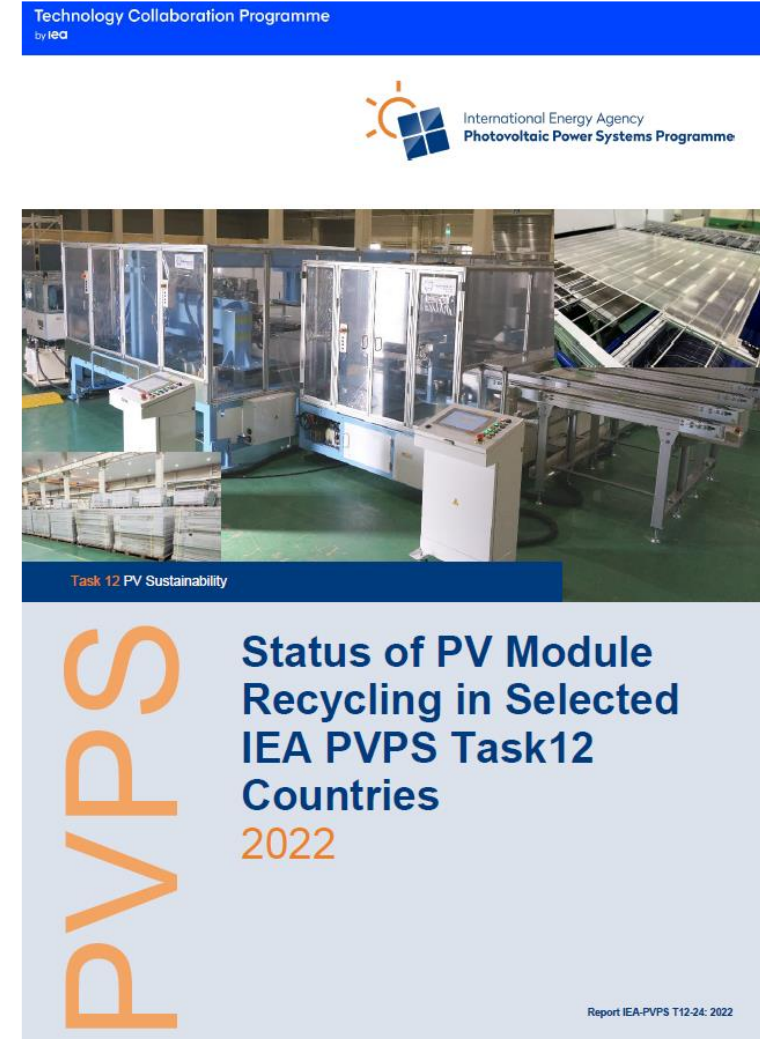
- － モジュールの構造と組成を永続的に特定可能にする
- － バックシートの添加物
- － 金属の選択
- － 充填材使用量の抑制
- － モジュール材料の数と複雑さの低減
- － アルミフレームを容易に分離できるシーリング材の使用



Ref.) IEA PVPS Task12, PV Module Design for Recycling Guide, IEA-PVPS T12-23

Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task12 Countries

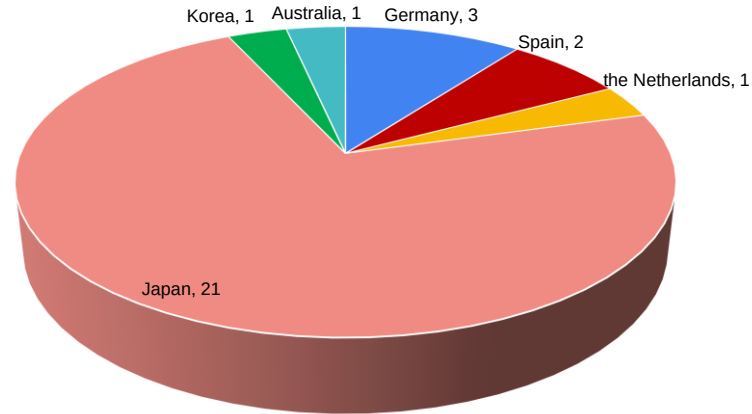
- Task12参加国における太陽電池モジュールリサイクルの概況を取り纏めたレポートを作成し、2022年に公表
 - ISBN: 978-3-907281-32-1
 - Available at the IEA PVPS website:
 - https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2022/09/Report-IEA-PVPS-T12-24_2022_Status-of-PV-Module-Recycling.pdf
- 太陽電池モジュールリサイクルを手掛ける事業者へのアンケートも実施
- 現在、Task12参加国の概況に関する更新版を作成中(2025年公開見込)



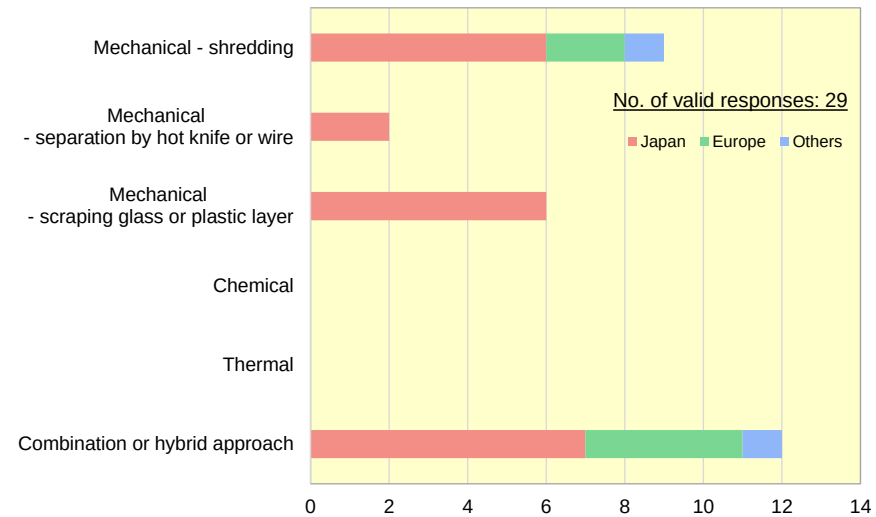
Ref.) K. Komoto, et al: Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries, IEA-PVPS T12-24: 2022

Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task12 Countries

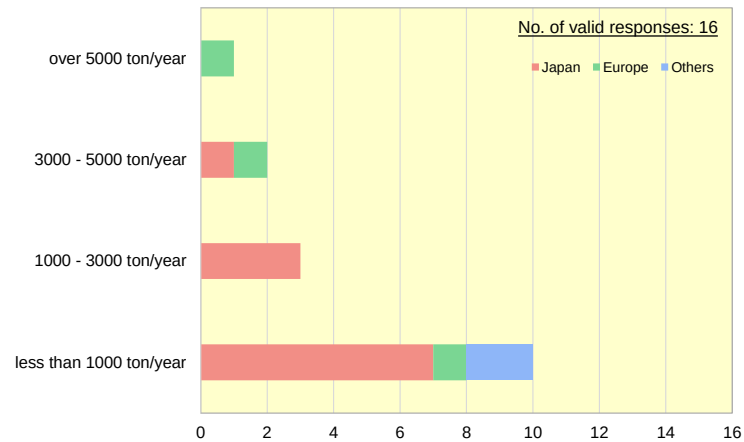
回答者の分布



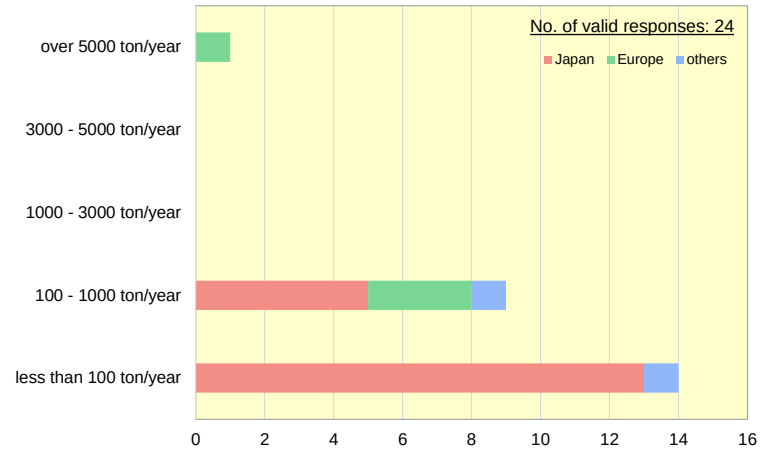
処理技術



年間処理能力



実際の処理量 (2020/2021年)

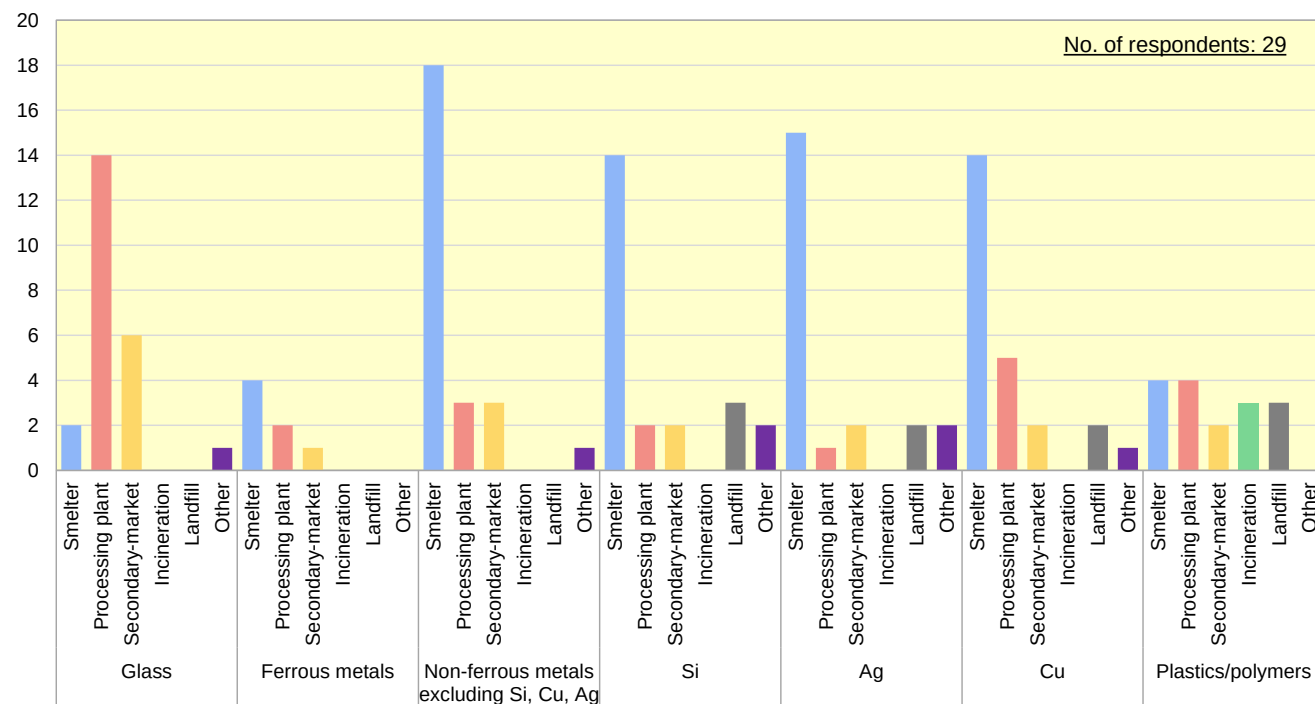


Ref.) K. Komoto, et al: Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries, IEA-PVPS T12-24: 2022

Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task12 Countries

太陽電池モジュール分解後の回収物の行き先

- ガラスの行き先は再資源化工場や二次資源市場が多い(日本はカレット商社含む)。
- 非鉄金属(セル金属含む)は精錬事業者に送られる場合が大半であるが、埋立もあり。
- 日本の場合、セル金属はプラスチックとの混合物として精錬業者に送られることも多い。
- プラスチックは回収されない場合も多く、回収後の行き先も様々。

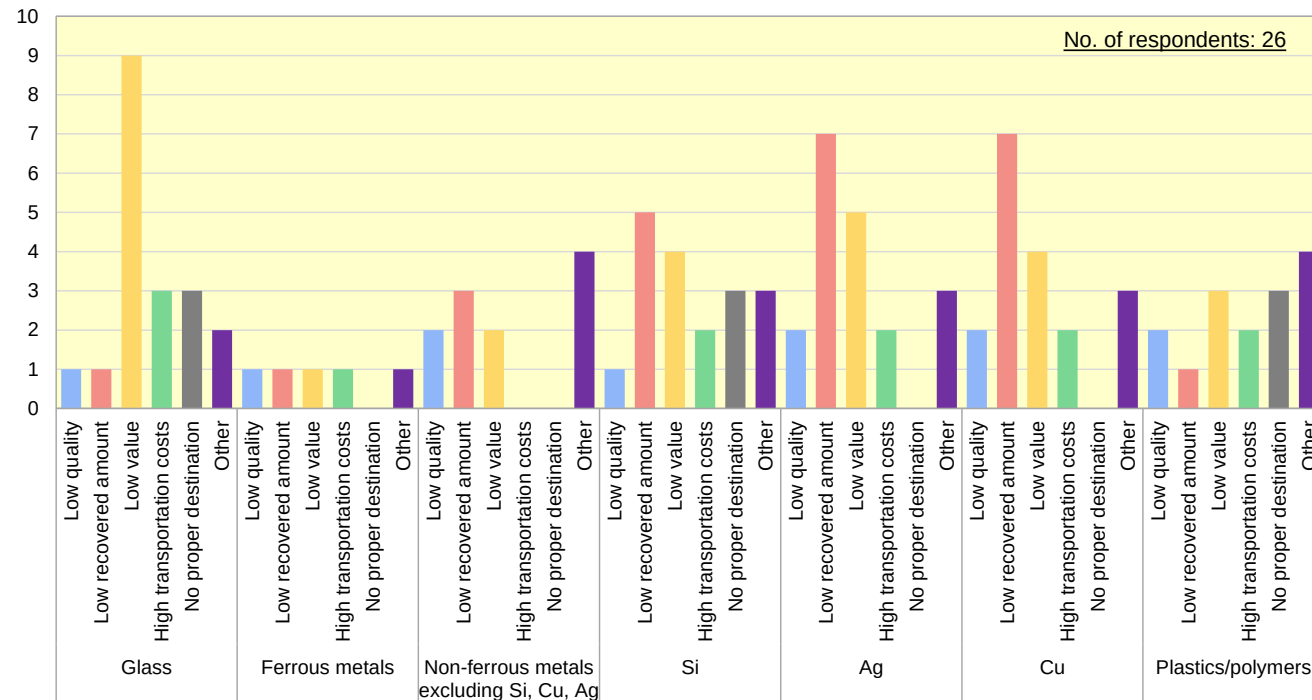


Ref.) K. Komoto, et al: Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries, IEA-PVPS T12-24: 2022

Status of PV Module Recycling in IEA PVPS Task12 Countries

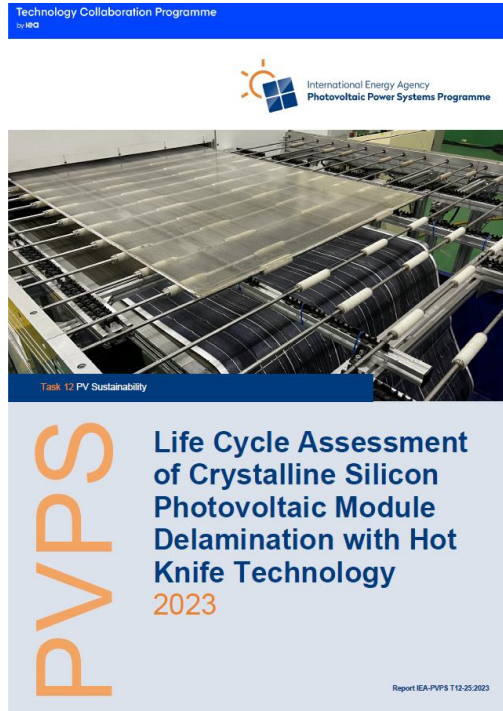
太陽電池モジュール分解後回収物の処理、リサイクルに関する課題

- ガラスに関する課題として、'Low value'という回答が多い。
- セル金属(Si、Ag、Cu)では、'Low recovered amount'、'Low value'という回答が多い。
- Siやプラスチックでは、'No proper destination'という回答もあり。



Ref.) K. Komoto, et al: Status of PV Module Recycling in Selected IEA PVPS Task12 Countries, IEA-PVPS T12-24: 2022

LCA of Crystalline Si PV Module Delamination with Hot Knife Technology



- ホットナイフ分離法による太陽電池モジュールリサイクル(構造分解／ガラス分離処理)に関する環境影響評価
 - ISBN: 978-3-907281-41-3
 - Available at the IEA PVPS website:
 - https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/07/Report_IEA-PVPS_T12-25-2023_LCA-PV-Recycling-Hot-Knife.pdf

3 kWp c-Si PV system, mounted on a slanted roof, Recycling JP		Production	Treatment	Total	Treatment
		kg PV module			% of Total
Particulate matter	kg PM2.5 eq	1.96E-02	2.09E-05	1.96E-02	0.1%
Freshwater ecotoxicity	CTUe	5.40E+01	8.11E-02	5.41E+01	0.1%
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh, n-c	5.04E-06	9.41E-09	5.05E-06	0.2%
Human toxicity, cancer effects	CTUh, c	3.63E-07	7.15E-10	3.64E-07	0.2%
Mineral, fossil & renew. resources	kg Sb eq	4.09E-03	7.27E-07	4.09E-03	0.0%
Climate change	kg CO2 eq	1.72E+01	5.70E-02	1.73E+01	0.3%

Ref.) R. Frischknecht, K. Komoto, T. Doi: Life Cycle Assessment of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Delamination With Hot Knife Technology,

IEA PVPS Task 12 Report T12-25:2023

FACT SHEET: Circular Economy in Photovoltaics

Technology Collaboration Programme
by IEA

International Energy Agency
Photovoltaic Power Systems Programme



Task 12 PV Sustainability

PVPS

FACT SHEET

Circular Economy in Photovoltaics

FEBRUARY 2024

Task 12 Managers:
Garvin Heath, NREL, USA
Etienne Drahi, TotalEnergies, France

International Energy Agency
Photovoltaic Power Systems Programme



Circular economy

is an industrial system that is:

-  **restorative:** replaces the end-of-life concept
-  **regenerative:** shifts towards the use of renewable energy, eliminates waste and toxic chemicals

Circular economy strategies

The photovoltaic (PV) industry has not yet fully reached a circular economy (CE), but it is on a path towards increased circularity. In the further development of improved technologies, all CE strategies and their economic, environmental and policy aspects should be considered.

Smarter product use and manufacture

- R0 Refuse**
Avoidance of toxic or critical materials, elimination of waste
- R1 Rethink**
Design and management of a product to be more use-intensive
- R2 Reduce**
Decrease in consumption of virgin materials and avoidance of waste

Extend lifespan of product and its parts

- R3 Reuse**
Use of the product again by a second customer for the same purpose
- R4 Repair**
Restoration of defective, broken or malfunctioning components
- R5 Refurbish**
Improvement of the working condition, quality or functionality of a multi-component product
- R6 Remanufacture**
One or more components are reused in a product with the same function.
- R7 Repurpose**
Use of the product or its components for a different purpose

Recovery

- R8 Recycle**
Recovery of product materials, whereby materials do not retain the original structure.
- R9 Recover**
Recovery of the energy from the end-of-life waste of a product

Ref.) IEA PVPS Task12: FACT SHEET: Circular Economy in Photovoltaics, February 2024

FACT SHEET: Circular Economy in Photovoltaics

Smarter product use and manufacture

- **R0: Refuse** Avoidance of toxic or critical materials, elimination of waste
- **R1: Rethink** Design and management of a product to be more use-intensive
- **R2: Reduce** Decrease in consumption of virgin materials and avoidance of waste

Extend lifespan of product and its parts

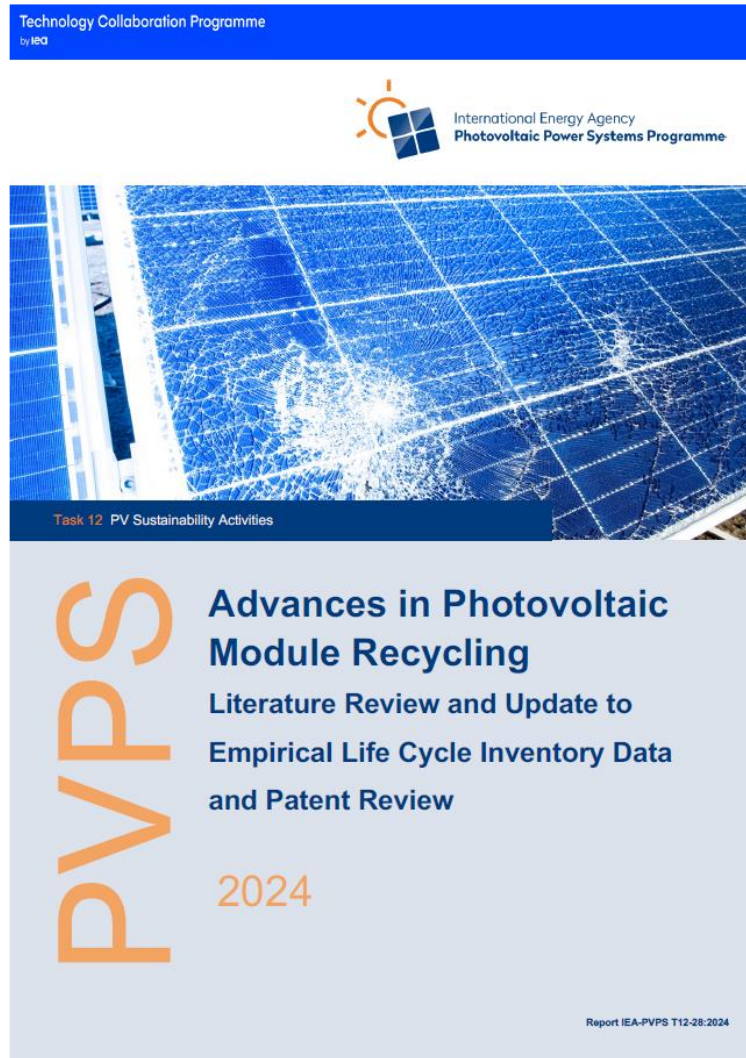
- **R3: Reuse** Use of the product again by a second customer for the same purpose
- **R4: Repair** Restoration of defective, broken or malfunctioning components
- **R5: Refurbish** Improvement of the working condition, quality or functionality of a multi-component product
- **R6: Remanufacture** One or more components are reused in a product with the same function.
- **R7: Repurpose** Use of the product or its components for a different purpose

Recovery

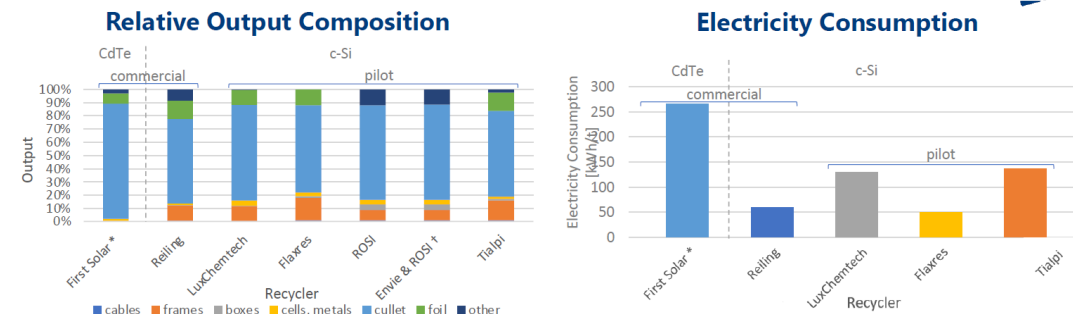
- **R8: Recycle** Recovery of product materials, where by materials do not retain the original structure
- **R9: Recover** Recovery of the energy from the end-of-life waste of a product

Ref.) IEA PVPS Task12: FACT SHEET: Circular Economy in Photovoltaics, February 2024

Advances in Photovoltaic Module Recycling



- 太陽光発電リサイクルに関する発表文献や特許の動向を概観するとともに、欧州における幾つかの太陽電池モジュールリサイクル技術について、回収率、消費電力等を把握
 - ISBN: 978-3-907281-56-7
 - Available at the IEA PVPS website:
 - https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/06/IEA-PVPS-T12-28-2024-Report-PV-Recycling-LCI_EPRI.pdf

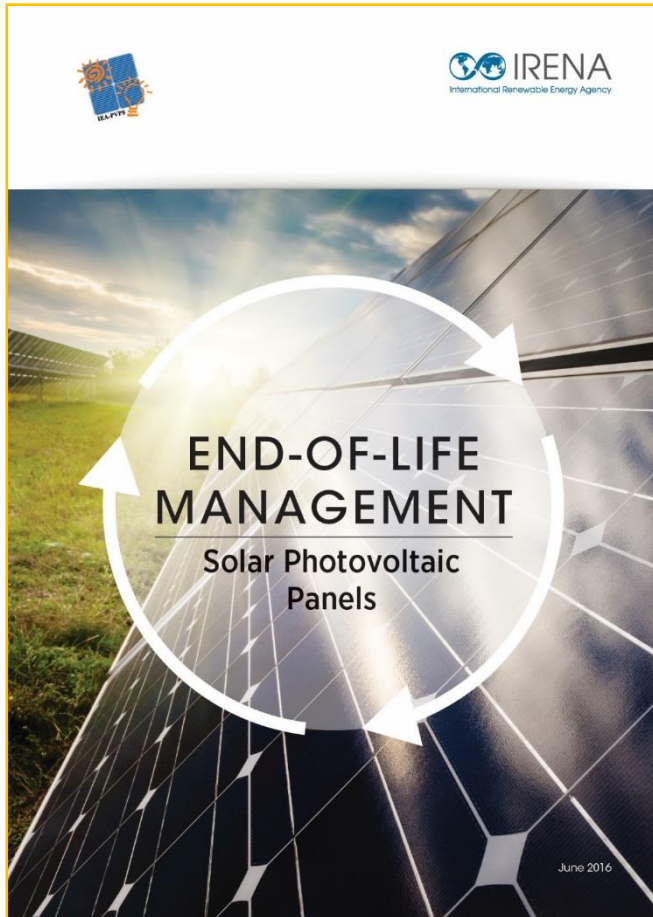


* First Solar LCI data includes recovery of cadmium and tellurium, whereas the system boundary for the other recyclers is at the point where a cell fraction (including metals) is separated from the glass and polymers. † Envie uses NPC's commercial process, but the combined Envie & ROSI process is considered a pilot.

Ref.) L. Carra, et al: Advances in Photovoltaic Module Recycling: Literature Review and Update to Empirical Life Cycle Inventory Data and Patent Review, IEA-PVPS T12-28: 2024

その他のレポートの例(リサイクル関連)

<リサイクル政策動向・見通し(2016)>



Ref.) IEA PVPS Task12/IRENA, End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels, 2016
(<https://iea-pvps.org/key-topics/irena-iea-pvps-end-of-life-solar-pv-panels-2016/>)

<リサイクル技術開発動向(2018)>



Ref.) IEA PVPS Task12, End of Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies, IEA-PVPS T12-10: 2018
(<https://iea-pvps.org/key-topics/end-of-life-management-of-photovoltaic-panels-trends-in-pv-module-recycling-technologies-by-task-12/>)

Thank you

Keiichi KOMOTO (Mizuho Research & Technologies, Ltd., Tokyo, Japan)

keiichi.komoto @ mizuho-rt.co.jp