

令和3年度使用済太陽電池モジュールの
リサイクル等の推進に係る調査業務

報告書

令和4年3月

株式会社 エックス都市研究所

はじめに

平成 24 年 7 月から開始された固定価格買取制度により、太陽光発電設備の導入が大幅に拡大していることから、廃棄時の使用済太陽電池モジュールの排出量も、普及カーブに沿って加速度的に増加することが想定される。このうち一部が災害や故障等により製品寿命を待たずに廃棄されている。平成 29 年 9 月には総務省行政評価局より「製造業者を含む関係事業者による使用済パネルの回収・適正処理・リサイクルシステムの構築について、法制度の整備も含め検討すべき」との行政評価局調査の勧告がなされるなど、使用済太陽電池モジュールの適正なリユース・リサイクル・処分のための施策のあり方について、検討の必要が生じている。

本業務では、資源の有効利用、最終処分場の逼迫回避、有害物質の適正処理の観点から、将来にわたって安定的に使用済太陽電池モジュールを処理するため、リユースの判断基準の整備、廃棄実態等調査等、国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討を行った。

目次

はじめに

サマリー（日本語・英語）

第1章	業務概要	1
1.1	業務の目的	1
1.2	業務の概要	1
第2章	太陽電池モジュールの廃棄実態調査等	4
2.1	太陽電池モジュールの排出状況調査	4
2.2	最終処分状況調査	18
2.3	リサイクルに関する新規動向に関する調査	24
2.4	絶縁不良に係る事故等発生事案の調査	27
2.5	リユース品の海外輸出状況の把握	34
2.6	10kW未満の太陽電池モジュールの排出・処理実態調査	39
2.7	太陽電池モジュールの排出量の把握方法の検討・提案	44
第3章	海外におけるリユースの実態調査	57
3.1	リユース品利用及び不適正利用・処理に係る実態調査	57
3.2	リユース推進の実態についてのヒアリング	75
3.3	リユース促進に係る現状や課題の調査	83
第4章	国内リユースの普及促進に関する調査・検討	86
4.1	リユース普及促進に関する課題に対する解決策（案）の検証	86
4.2	設置リユース品の不具合等の実態調査	90
4.3	ガイドラインに係る説明会の開催	91
4.4	太陽電池モジュールのリユースガイドライン英訳版の作成	94
第5章	国内リサイクルの普及促進に関する調査・検討	96
5.1	再生製品の技術的特徴及び普及促進における課題の整理	96
5.2	リサイクル手法の評価	113
5.3	地方自治体における条例・ミニアセスに関する調査	116
第6章	リユース・リサイクルへの誘導促進に向けた保険適用の課題・対応策の検討	129
6.1	リユース・リサイクルへの誘導促進に向けた課題の整理	129
6.2	保険適用における経済性の視点の課題の分析	131

第7章	太陽光発電設備のリサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップのフォローアップ	144
7.1	ロードマップのフォローアップ見直し方針.....	144
7.2	フォローアップ結果の評価.....	145
7.3	検討課題の見直し.....	152
第8章	太陽電池モジュールの排出量に関する将来推計の見直し及び「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）」の改訂.....	156
8.1	将来排出見込みに関するフォローアップ.....	156
8.2	ガイドライン全般の改訂.....	169
第9章	リユース・リサイクル仕向量拡大に向けた保険業界に対する普及啓発活動..	171
第10章	太陽電池モジュールのリユース・リサイクル等に係る調査・検討.....	174
10.1	勉強会の開催	174
10.2	勉強会要旨	176

別添資料

- 別添資料1 太陽電池モジュールの埋立処分等の対応状況に関するアンケート調査票
- 別添資料2 太陽電池モジュールの埋立処分等の対応状況に関するアンケート調査票
- 別添資料3 太陽電池モジュール(建物系 10kW 未満)の撤去および処理方法に関するアンケート調査票
- 別添資料4 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 英訳版

概要（サマリー）

令和3年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務

平成24年7月から開始された固定価格買取制度により、太陽光発電設備の導入が大幅に拡大していることから、廃棄時の使用済太陽電池モジュールの排出量も、普及カーブに沿って加速度的に増加することが想定される。このうち一部が災害や故障等により製品寿命を待たずに廃棄されている。平成29年9月には総務省行政評価局より「製造業者を含む関係事業者による使用済パネルの回収・適正処理・リサイクルシステムの構築について、法制度の整備も含め検討すべき」との行政評価局調査の勧告がなされるなど、使用済太陽電池モジュールの適正なリユース・リサイクル・処分のための施策のあり方について、検討の必要が生じている。

本業務では、資源の有効利用、最終処分場の逼迫回避、有害物質の適正処理の観点から、将来にわたって安定的に使用済太陽電池モジュールを処理するため、リユースの判断基準の整備、廃棄実態等調査等、国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討を行った。

1. 太陽電池モジュールの廃棄実態調査等

太陽電池モジュールの基礎的動向を把握することを目的として、排出状況調査、地域ごとの処理能力に関する調査、最終処分場の受入れ状況調査、マテリアルフローの作成を行った。

表-1 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移（リユース・リサイクル合算）

排出要因		単位※	合計			
			2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
①新古品		千枚	62.6	47.4	42.5	1.9
		t	1,251.4	941.9	833.5	38.0
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	千枚	2.1	3.6	8.8	33.6
		t	41.6	70.1	164.2	671.3
	-2 災害等によるもの	千枚	168.5	226.6	217.6	248.3
		t	3,362.0	4,523.7	4,323.0	5,039.8
	-3 目的を終了したもの	千枚	9.9	37.7	51.2	8.1
		t	191.5	738.6	978.6	162.9
	-4 その他・不明	千枚	3.3	38.6	10.0	20.0
		t	66.4	772.1	199.7	395.6
合計 (①+②)		千枚	246.4	353.9	330.0	311.9
		t	4,912.8	7,046.4	6,499.1	6,307.6

※枚数または重量のみの回答であった場合、太陽電池モジュール1枚あたり20kgで換算した。

2. 海外におけるリユースの実態調査

欧州、米国、ASEANにおけるリユース・処理、リユース推進の実態について、現地コンサルタントによる調査、文献調査及びヒアリング調査を実施した。

3. 国内リユースの普及促進に関する調査・検討

令和2年度調査で整理されたリユース普及拡大方策について、現状と対応状況を調査し有効策を検討した。

4. 国内リサイクルの普及促進に関する調査・検討

太陽電池モジュールの処理技術及び再生製品の技術的特徴や市場ニーズ等を調査し、国内リサイクルの普及促進に関する課題を整理した。

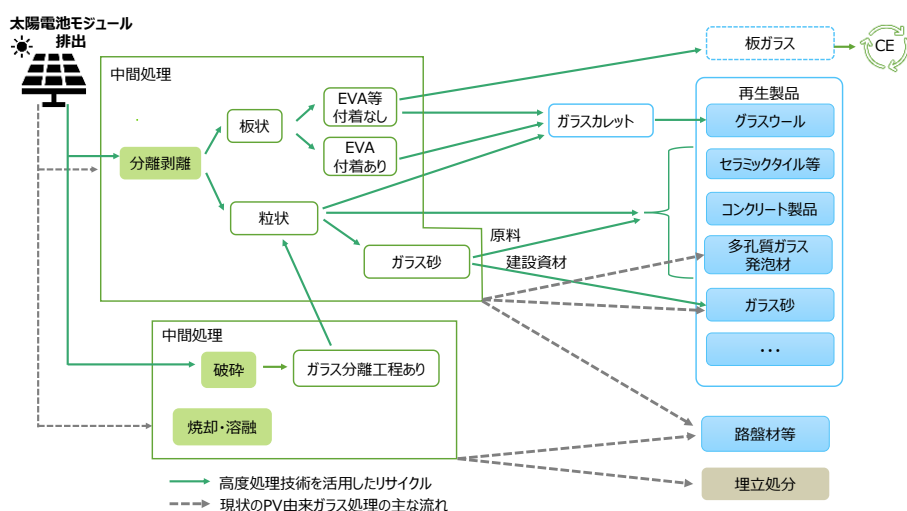


図-1 太陽電池モジュールのガラスリサイクルの流れ

5. リユース・リサイクルへの誘導に向けた保険適用の課題・対応策の検討

保険適用における課題を経済性の視点から分析するためにモデルケースを設定し、各モデルのコストについて比較評価を行った。

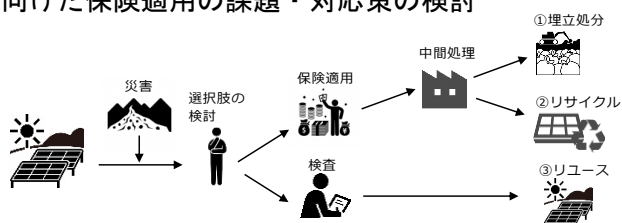


図-2 経済性の分析モデルケース

6. リサイクルを含む適正処理推進に向けたロードマップのフォローアップ

平成26年度にとりまとめられたリサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップの対策メニューと段階的な取組スケジュール等についてフォローアップを行った。

7. その他

将来排出量推計における課題と項目の整理、「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）」改訂に向けた方向性の検討、保険業界に対する普及啓発資料の作成等を実施した。

以上

Summary

Study Concerning the Promotion of Recycling, etc. of Spent Solar Cell Modules in FY 2021

The considerable increase of the introduction of photovoltaic power generation systems due to the start of the feed-in tariff system since July, 2012 suggests an accelerated disposal volume of spent solar cell modules in line with the dissemination curve for such systems. Some of these modules have been disposed of before the end of their lifecycle due to natural disasters, breakdowns, etc. There is a growing need to examine suitable measures for the appropriate reuse, recycling and disposal of spent solar cell modules as illustrated by the recommendation titled “Need to examine the establishment of a recovery, appropriate processing and recycling system for spent solar panels by business operators, including manufacturers, as well as the possible development of a relevant legal framework” issued by the Administrative Evaluation Bureau of the Ministry of Internal Affairs and Communications in September, 2017.

The present work examines matters relating to the dissemination and promotion of domestic reuse and recycling, including the development of reuse criteria, a fact-finding study on disposal, etc. and other relevant subjects, with a view to processing spent solar cell modules in a stable manner for many years from the viewpoint of the effective utilization of resources, avoidance of a heavy burden on final disposal sites and appropriate treatment of harmful substances.

1. Fact-Finding Study on the Disposal of Solar Cell Modules and Other Activities

A study on the situation of disposal, study on the disposal capacity by locality, study on the situation of acceptance at final disposal sites and preparation of a material flow diagram were conducted for the purpose of understanding the basic trends concerning solar cell modules.

Table-1 Annual Volume of Recycled Solar Cell Modules by Cause of Disposal (Reuse and Recycling Total)

Cause of Disposal		Unit※	Total			
			FY 2017	FY 2018	FY 2019	FY 2020
① New Old Stock		'000	62.6	47.4	42.5	1.9
		t	1,251.4	941.9	833.5	38.0
② Breakdown/ Waste	-1 Defective Product	'000	2.1	3.6	8.8	33.6
		t	41.6	70.1	164.2	671.3
	-2 Damaged by Disaster, etc.	'000	168.5	226.6	217.6	248.3
		t	3,362.0	4,523.7	4,323.0	5,039.8
	-3 Completion of the Purpose	'000	9.9	37.7	51.2	8.1
		t	191.5	738.6	978.6	162.9
	-4 Other/ Unknown	'000	3.3	38.6	10.0	20.0
		t	66.4	772.1	199.7	395.6
Total (①+②)		'000	246.4	353.9	330.0	311.9
		t	4,912.8	7,046.4	6,499.1	6,307.6

※ When the reply only stated a number of sheets or weight, one solar cell module was considered to be 20 kg in weight.

2. Fact-Finding Study on Reuse Overseas

A study, literature research and interview survey were conducted by local consultants on the current situation of reuse, processing and promotion of reuse in Europe, the US and ASEAN.

3. Study and Examination Related to the Dissemination and Promotion of Domestic Reuse in Japan

The current situation and state of response were studied concerning the measures for dissemination and increase of reuse as sorted in the FY2020 study and effective measures were further examined.

4. Study and Examination Related to the Dissemination and Promotion of Recycling in Japan

A study was conducted on such issues as spent solar cell module processing technology, technical characteristics of reproduction products, market needs for such products, etc. and pending issues related to the dissemination and promotion of domestic recycling in Japan were sorted.

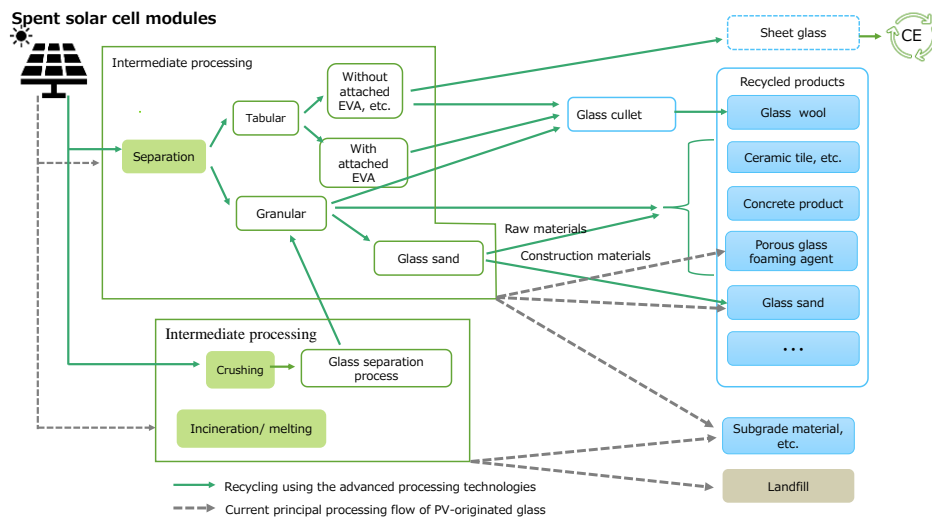


Fig.-1 Recycling Flow of Glass of Solar Cell Modules

5. Examination of Pending Issues and Measures for the Application of Insurance to Facilitate Reuse and Recycling

Model cases were established to analyze the pending issues for the application of insurance from the viewpoint of economy and the cost of each model underwent comparative evaluation.

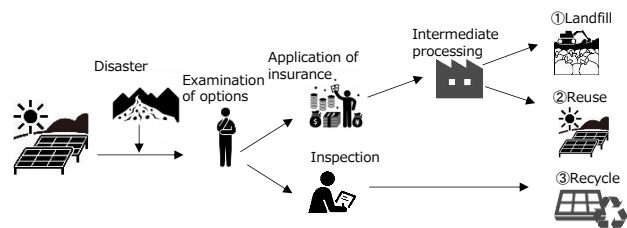


Fig.-2 Model Cases for Analysis of Economy

6. Follow-Up for the Roadmap Towards the Promotion of Appropriate Processing, Including Recycling

Follow-up work was conducted in relation to the roadmap menu towards the promotion of appropriate processing, including recycling, as compiled in FY 2014, phased schedule of the relevant work and other matters.

7. Other

Other activities include sorting out of the pending issues and relevant items for estimation of the future disposal volume, examination of the preferable direction for revision of the “Guidelines for the Promotion of Recycling, etc. of PV Power Generation Systems” and preparation and dissemination of educational materials for the insurance sector.

第1章 業務概要

1.1 業務の目的

平成 24 年 7 月から開始された固定価格買取制度により、太陽光発電設備の導入が大幅に拡大していることから、廃棄時の使用済太陽電池モジュールの排出量も、普及カーブに沿って加速度的に増加することが想定される。このうち一部が災害や故障等により製品寿命を待たずに廃棄されている。平成 29 年 9 月には総務省行政評価局より「製造業者を含む関係事業者による使用済パネルの回収・適正処理・リサイクルシステムの構築について、法制度の整備も含め検討すべき」との行政評価局調査の勧告がなされるなど、使用済太陽電池モジュールの適正なリユース・リサイクル・処分のための施策のあり方について、検討の必要が生じている。

本業務では、資源の有効利用、最終処分場の逼迫回避、有害物質の適正処理の観点から、将来にわたって安定的に使用済太陽電池モジュールを処理するため、廃棄実態調査、国内リユース・リサイクルの普及促進等に関する調査・検討を行った。

1.2 業務の概要

本業務は、表 1.2-1 に示す 8 つに区分される。1) では、R2 年度検討会における委員指摘を踏まえ調査方法の見直しを図り、課題分析や普及方策検討に役立つ排出量の基礎情報として整備した。2) では、各海外エリアに精通するコンサルタントへの外部委託により海外リユースの現況の的確な把握を行った。3) では、国内リユースについて、有効性・実現可能性の高い普及促進策を提案した。4) では、リサイクル技術とリサイクル製品に着目し原料品の適合条件や高付加価値化条件を検討した。5) では、災害品への保険適用プロセスを把握し、リユース・リサイクル仕向量拡大方策を検討した。6) では、第 1 回検討会での議論を踏まえ、現在までの取組を評価した上で課題の見直しを図り、取組むべき課題を整理した。7) では、経済的要因、制度的要因と物理的要因から排出量への影響を検討し将来推計の精度向上に向けた整理を行うとともに、ガイドライン改訂の方向性をとりまとめた。8) では、保険業界における災害由来パネルのリユース・リサイクルのメリット・デメリット・課題等を検討し普及啓発資料を作成した。そのほか、事業者や有識者等で構成される勉強会を開催し（表 1.2-2～3）、各種課題に関してご意見を頂いた。

表 1.2-1 業務の全体概要

区分	実施内容
1) 太陽電池モジュールの廃棄実態調査等	<p>太陽電池モジュールの基礎的動向を把握することを目的として、排出状況調査、地域ごとの処理能力に関する調査、最終処分場の受入れ状況調査、マテリアルフローの作成を行った。</p> <p>リサイクルに関する新規動向に関する調査、絶縁不良に関係する事故等発生事案の調査、リユース品の海外輸出状況の把握、10kW 未満の太陽電池モジュールの排出・処理実態調査、太陽電池モジュールの排出量の把握方法の検討・提案を行った。</p>
2) 海外におけるリユースの実態調査	<p>欧州、米国、ASEAN におけるリユース・処理、リユース推進の実態について、現地コンサルタントによる調査、文献調査及びヒアリング調査を実施した。</p>
3) 国内リユースの普及促進に関する調査・検討	<p>令和 2 年度調査で整理されたリユース普及拡大方策について、現状と対応状況を調査し有効策を検討した。</p>
4) 国内リサイクルの普及促進に関する調査・検討	<p>太陽電池モジュールの処理技術及び再生製品の技術的特徴や市場ニーズ等を調査し、国内リサイクルの普及促進に関する課題を整理した。</p> <p>地方自治体における条例・ミニアセスに関する調査を実施した。</p>
5) リユース・リサイクルへの誘導に向けた保険適用の課題・対応策の検討	<p>保険適用における課題を分析し、リユース・リサイクルに係る費用の比較評価を行った結果から、対応策を検討した。</p>
6) 太陽電池モジュールのリサイクルを含む適正処理に向けたロードマップのフォローアップ	<p>平成 26 年度に使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会にてとりまとめられた、リサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップの対策メニューと段階的な取組スケジュール等についてフォローアップを行った。</p>
7) 太陽電池モジュールの排出量に関する将来推計の見直し及び「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）」の改訂	<p>将来排出見込みに関するフォローアップを行い、将来排出量推計における課題と排出要因につながる要素の影響度や定量化の可能性を評価した。</p> <p>また、ガイドラインの改訂に向けた方向性の検討を行った。</p>
8) リユース・リサイクル仕向量拡大に向けた保険業界に対する普及啓発活動	<p>保険業界における災害由来パネルのリユース・リサイクルのメリット・デメリット・課題等を検討し、普及啓発資料を作成した。</p>

表 1.2-2 太陽電池モジュールのガラスリサイクル勉強会 委員名簿

(敬称略・委員五十音順)

氏名	所属・役職
工藤 透	板硝子協会 環境技術委員会所属 AGC 株式会社
田結莊 宣治	全国板カレットリサイクル協議会 事務局長
醍醐 市朗	東京大学 先端科学技術研究センター 准教授
津田 通利	硝子繊維協会 専務理事
西堀 仁	一般社団法人 太陽光発電協会 適正処理・リサイクル研究会 リーダー
山川 直也	日本鉄リサイクル工業会 会員 平林金属株式会社 技術開発本部 部長

表 1.2-3 中長期的な太陽電池モジュールの資源循環勉強会 委員名簿

(敬称略・委員五十音順)

氏名	所属・役職
緒方 雄一	株式会社三菱 UFJ 銀行 サステナブルビジネス部 企画開発 Gr
白鳥 寿一	東北大学大学院 環境科学研究科 教授
田崎 智宏	国立環境研究所 資源循環領域 資源循環社会システム研究室長
田中 良	株式会社 NTT ファシリティーズ 経営企画部 部長
西堀 仁	一般社団法人 太陽光発電協会 適正処理・リサイクル研究会 リーダー
花岡 健	SOMPO リスクマネジメント株式会社 リスクマネジメント事業本部 取締役執行役員 事業本部長

第 2 章 太陽電池モジュールの廃棄実態調査等

2.1 太陽電池モジュールの排出状況調査

排出された太陽電池モジュールのうち、リユース・リサイクルされる量を把握するため、関連する事業を展開する事業者に対し、アンケート調査を実施した。

2.1.1 アンケート調査対象の概要及び回答状況

本年度のアンケート対象とした事業者は、2020 年度調査で実施した 55 社に 3 社追加し、58 社に対して実施した。

本年度の調査対象は表 2.1-1 及び表 2.1-2 に示すとおりである。なお、調査は国内全域が対象となるよう、地域を北海道、東北、関東、信越、北陸、東海、近畿、中国、四国及び九州の 10 地域に分類して実施した。

アンケート項目は別途提示の調査票に基づいて行った。

表 2.1-1 太陽電池モジュールの受入状況アンケートの概要

項目	詳細
実施方法	対象各社に対し、アンケート調査票の送付。
対象 2019 : 10 社 2020 : 55 社 2021 : 58 社	○中間処理を行っている事業者 (40 社、以下重複を含む) ・ JPEA 発行の「適正処理(リサイクル)の可能な産業廃棄物中間処理業者」 : 27 社 ・ GRCJ の GReAT プロジェクトによるリサイクル方法を有する事業者 : 14 社 ・ その他の事業者 : 8 社 ○中間処理及び最終処分を行っている事業者 ・ 2019 年度のアンケート対象で、中間処理から最終処分までを行っている事業者 : 18 社
回答者数	○中間処理を行っている事業者 27 社/40 社 (67.5%) うち、回答不可が 2 社 ○中間処理及び最終処分を行っている事業者 9 社/18 社 (50%)

表 2.1-2 太陽電池モジュールの受入状況アンケートの調査の概要

地域	アンケート送付数		回答数
	中間処理	中間処理+最終処分	
北海道	0	1	0
東北	8	3	6
関東	14	1	12
信越	1	1	1
北陸	2	3	3
東海	2	1	2
近畿	4	0	3
中国	5	3	6
四国	1	3	2
九州	3	2	4
合計	40	18	39

※複数地域に事業所がある事業者の回答は各地域に回答数としてカウントしている（東北、関東、中国に事業所がある事業者が1社、関東、近畿に事業所がある事業者が1社あった）。

2.1.2 アンケートの構成

令和元年度調査票を基にし、本年度調査は中間処理後の太陽電池モジュールについて、処理実態をさらに明らかにするため、リサイクルとリユースを区分し、回収量のうち、処理後再生利用された量と最終処分された量がわかるよう、調査項目を追加した。

2.1.3 アンケート集計結果

(1) 要因別排出量

各事業者による回答の集計結果として、2017年度以降における太陽電池モジュールのリユース・リサイクル量推移は表 2.1-3～表 2.1-5、図 2.1-1 に示すとおりである。

太陽電池モジュールの排出要因として、「新古品」と「故障・廃棄品」に分類し、故障・廃棄品については「初期不良によるもの」、「災害等によるもの」及び「目的を終了したもの」とし、排出要因別がわからない場合は、「その他」として集計を行った。

結果として、太陽電池モジュール全体の排出量は、2019年度から2020年度にかけて微減傾向を示した。内訳をみると、最も多い排出要因は災害等によるものであり、各年度とも変わらなかった一方、新古品及び目的を終了したものの排出量は減少し、不良品の排出量が増加した。

排出された太陽電池モジュールの処理方法として、リサイクルが微増傾向を示し、リユースは微減傾向を示した。

なお、新規に回答事業者が増えたこと及び、昨年度回答した事業者において各年度の処理量に変更となっている事業者があったことから、昨年度の調査結果と合計は合致していない。

表 2.1-3 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移（リユース）

排出要因		単位※	合計			
			2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
①新古品		千枚	62	47.4	42.1	0.0
		t	1,241.0	941.1	826.5	0.0
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	千枚	0.0	0.0	0.0	0.0
		t	0.0	0.0	0.9	0.0
	-2 災害等によるもの	千枚	162.0	188.6	151.2	205.4
		t	3,239.2	3,768.8	2,997.6	4,105.4
	-3 目的を終了したもの	千枚	5.1	27.4	32.0	2.6
		t	94.9	533.0	596.2	51.0
-4 その他・不明	千枚	0.0	0.1	0.4	3.4	
	t	0.0	2.0	8.5	64.9	
合計（①+②）		千枚	229.1	263.5	225.9	211.4
		t	4,575.1	5,244.9	4,429.7	4,221.3

※枚数または重量のみの回答であった場合、太陽電池モジュール1枚あたり20kgで換算した。

※昨年度調査結果から新規に回答者が増えたこと及び昨年度調査結果の修正により昨年度の調査結果に変更が生じている。

表 2.1-4 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移（リサイクル）

排出要因		単位※	合計			
			2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
①新古品		千枚	0.5	0.0	0.4	1.9
		t	10.4	0.8	7.0	38.0
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	千枚	2.1	3.6	8.7	33.6
		t	41.6	70.1	163.2	671.3
	-2 災害等によるもの	千枚	6.5	38.1	66.3	42.9
		t	122.8	754.9	1,325.4	934.4
	-3 目的を終了したもの	千枚	4.8	10.3	19.1	5.6
		t	96.6	205.5	382.5	111.9
-4 その他・不明	千枚	3.3	38.5	9.6	16.5	
	t	66.4	770.1	191.3	330.7	
合計（①+②）		千枚	17.3	90.5	104.1	100.5
		t	337.7	1,801.4	2,069.4	2,086.3

※枚数または重量のみの回答であった場合、太陽電池モジュール1枚あたり20kgで換算した。

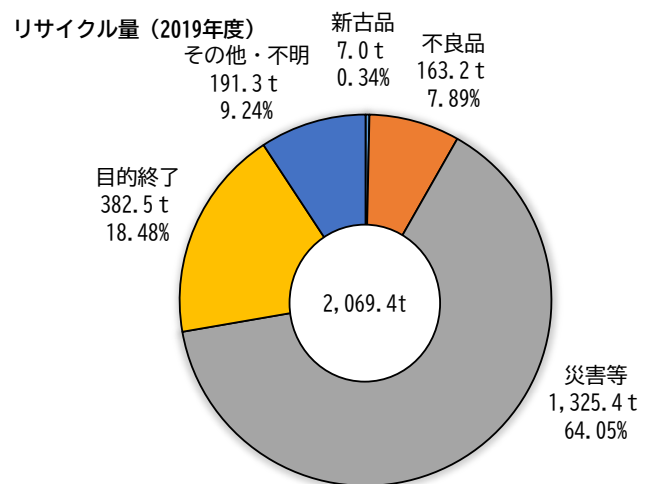
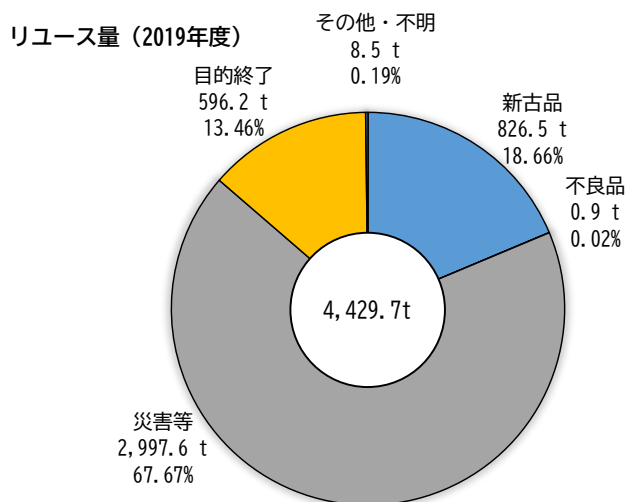
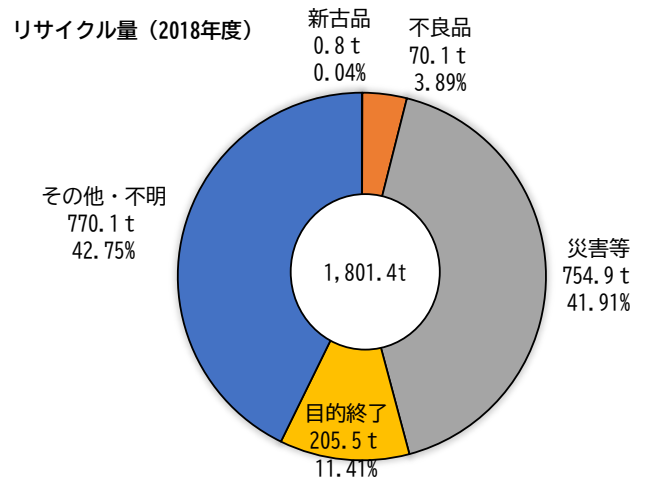
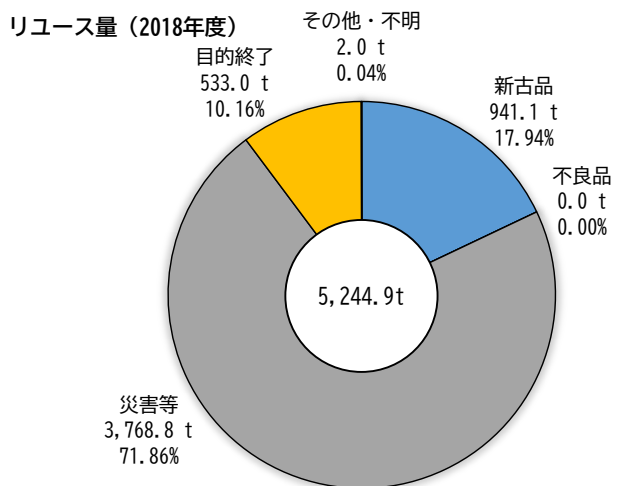
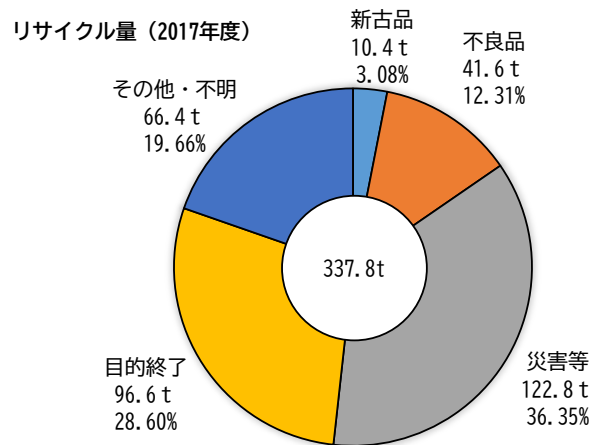
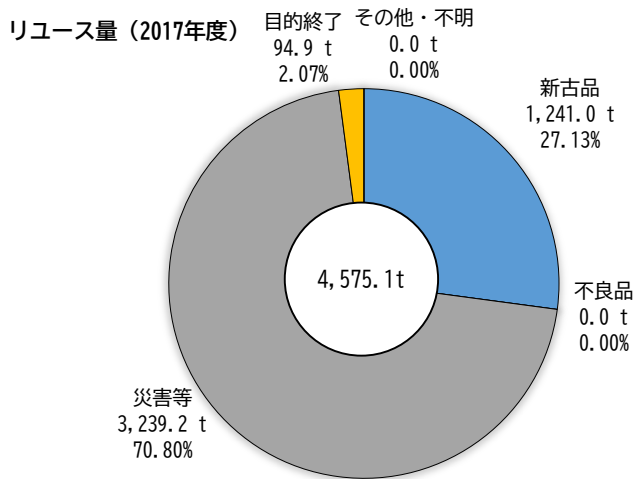
※昨年度調査結果から新規に回答者が増えたこと及び昨年度調査結果の修正により昨年度の調査結果に変更が生じている。

表 2.1-5 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移（リユース・リサイクル合算）

排出要因		単位※	合計			
			2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度
①新古品		千枚	62.6	47.4	42.5	1.9
		t	1,251.4	941.9	833.5	38.0
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	千枚	2.1	3.6	8.8	33.6
		t	41.6	70.1	164.2	671.3
	-2 災害等によるもの	千枚	168.5	226.6	217.6	248.3
		t	3,362.0	4,523.7	4,323.0	5,039.8
	-3 目的を終了したもの	千枚	9.9	37.7	51.2	8.1
		t	191.5	738.6	978.6	162.9
	-4 その他・不明	千枚	3.3	38.6	10.0	20.0
		t	66.4	772.1	199.7	395.6
合計 (①+②)		千枚	246.4	353.9	330.0	311.9
		t	4,912.8	7,046.4	6,499.1	6,307.6

※枚数または重量のみの回答であった場合、太陽電池モジュール1枚あたり20kgで換算した。

※昨年度調査結果から新規に回答者が増えたこと及び昨年度調査結果の修正により昨年度の調査結果に変更が生じている。



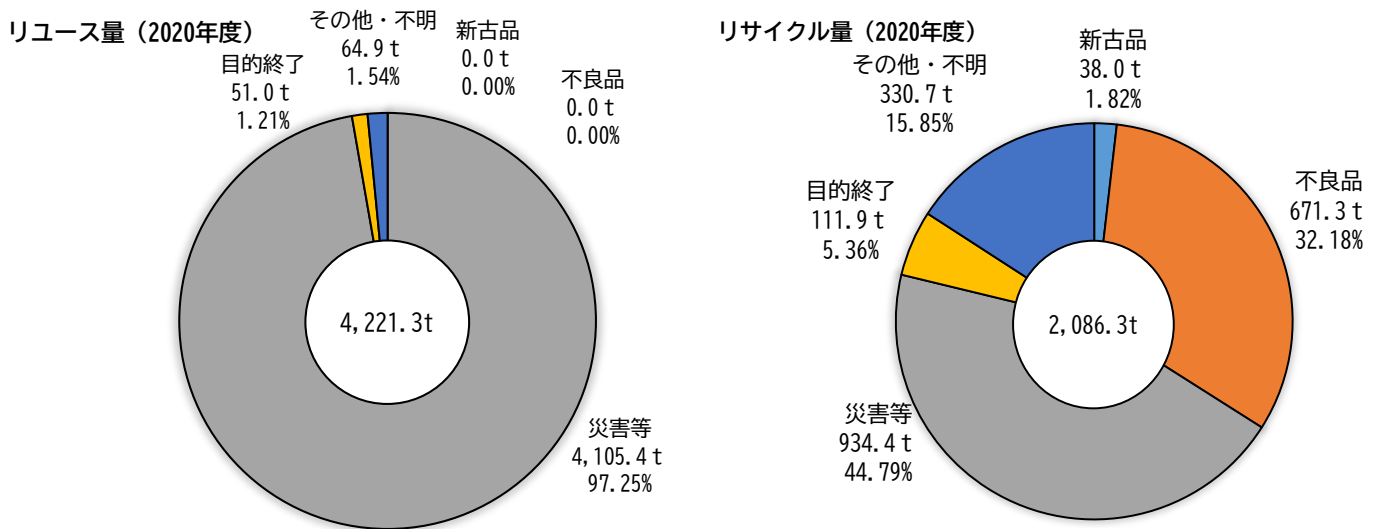


図 2.1-1 太陽電池モジュールの排出要因別リユース・リサイクル量

(2) 処理後再生利用量及び最終処分量の状況

太陽電池モジュールの中間処理後のリサイクル状況について 16 社から回答を得た。

結果として、高度な処理として位置づけられる剥離・分離処理を行っている事業者では、7 社のうち 3 社は全量リサイクルを行っており、埋立物が発生している 4 社について、品目は廃プラスチック類やガラスくずまたはその他となっていた。

破砕処理を行っている事業者では、5 社のうち 4 社が全量リサイクルを行っており、埋立物が発生している 1 社について、品目はガラスくず、廃プラスチック及びその他となっていた。

また、焼却処理を行っている 2 社のうち、1 社は燃え殻を全量リサイクルしており、もう 1 社は埋立を行っている状況であり、焼成を行っている事業者ではばいじんの埋立を行っており、溶融処理を行っている 1 者では、アルミ及びスラグを全量リサイクルしている状況であった。

表 2.1-6 太陽電池モジュールのリサイクルにおける埋立残渣の発生状況

処理方法 (回答数)	処理後残渣の発生状況		残渣の種類	残渣の 発生割合※
	全量 リサイクル	残渣あり		
剥離・分離 (7)	3	4	ガラスくず、廃プラ、その他	0.3%~33%
破砕 (5)	4	1	ガラスくず、廃プラ、その他	78.6%
焼却 (2)	1	1	燃え殻	82%
焼成 (1)	0	1	ばいじん	19%
溶融 (1)	1	0	—	—

※：残渣ありと回答のあった事業者における残渣発生割合を示している。

表 2.1-6 に示した結果を基に、アンケートで「残渣あり」と回答のあったリサイクル事業者について、残渣の発生割合から最終処分量を算定した結果を図 2.1-2 及び図 2.1-3 に示している。

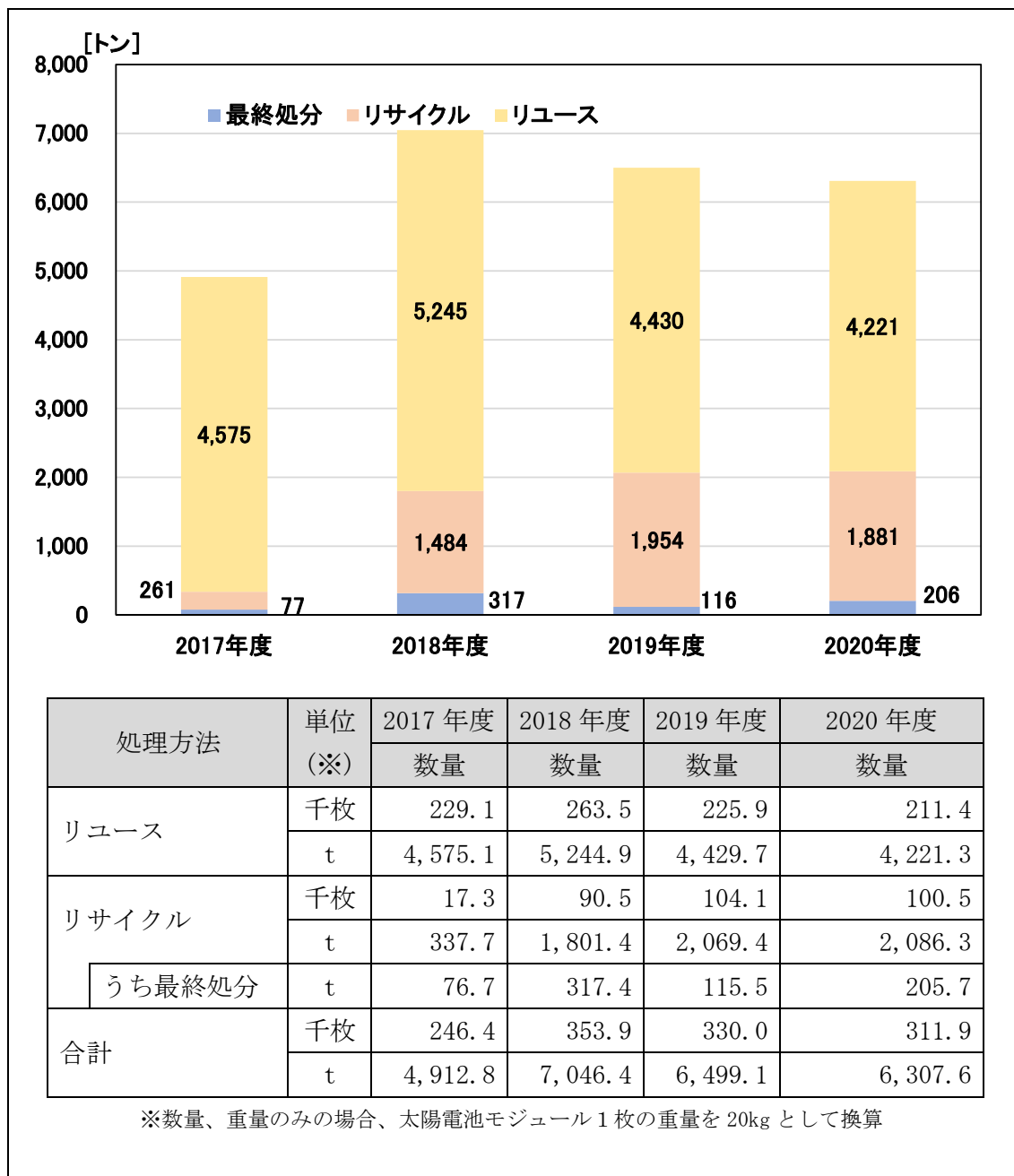
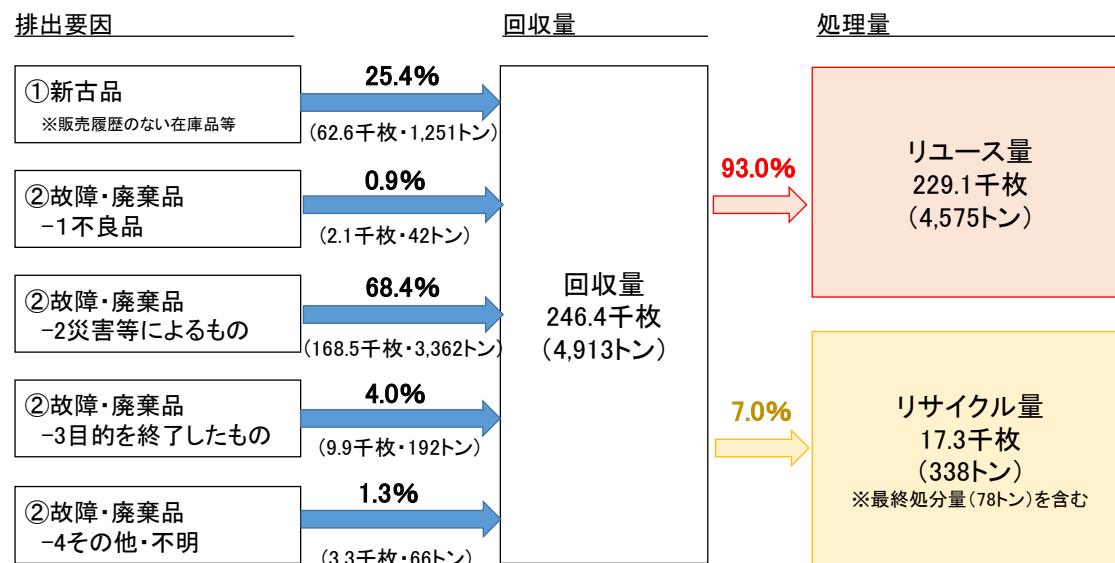
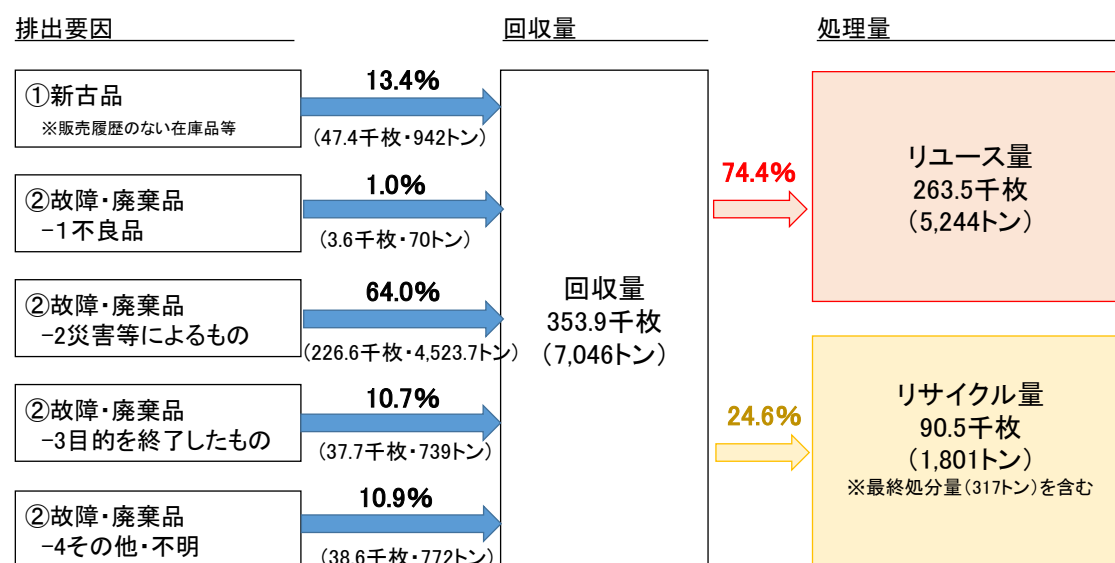


図 2.1-2 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル量推移

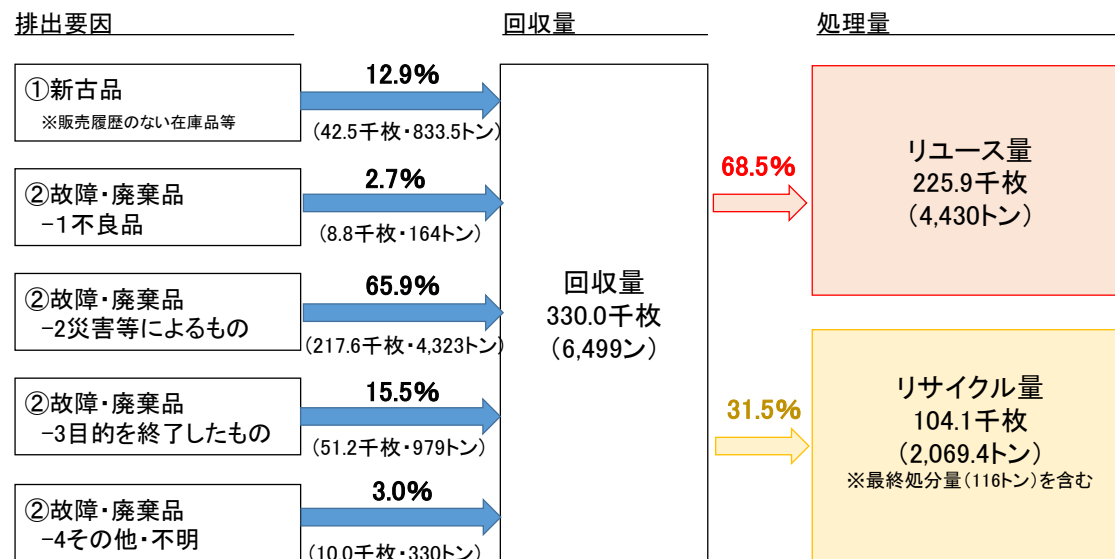
・ 2017 年度



・ 2018 年度



・ 2019 年度



・ 2020 年度

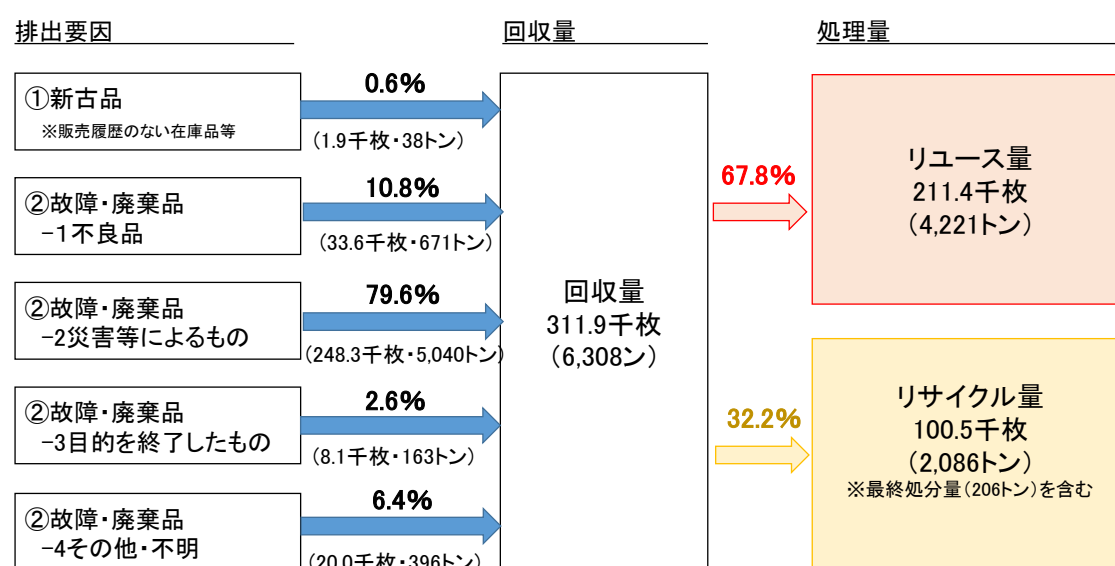


図 2.1-3 太陽電池モジュールの処理実態

(3) 太陽電池モジュールの処理能力

太陽電池モジュールの処理を行っている事業者について、処理方法別の処理能力及び地域別の処理能力を整理した結果は表 2.1-7 に示すとおりである。なお、R1 年度に回答があった事業者で、本年度の調査に回答のなかった事業者については、R1 年度の回答結果を用いた。

「分離・剥離・選別」は太陽電池モジュール専用の処理設備による処理である。太陽電池モジュールをガラスと EVA に分離することが可能であり、排出されたガラスの品質を高めることができる。

「破砕」は太陽電池モジュールを破砕し、選別機により金属と廃ガラスを分別するため、ガラスの品質は低下する。ただし、処理能力のみで見た場合、「分離・剥離・選別」より「破砕」の方が 1 社あたりの処理能力が高く、全体の処理能力としても高い結果となった。ただし、破砕能力として、施設全体の処理能力を回答している事業者においては、太陽電池モジュール以外の処理も受けている場合は、実際の太陽電池モジュールの処理可能量は処理能力よりも低くなると考えられる。

表 2.1-7 太陽電池モジュールリサイクル業者の地域別処理方法

地域	分離・剥離・選別	破砕	焼却・溶融	合計
北海道	—	—	—	—
東北	1,557	—	120,720	122,277
関東	8,561	44,780	210,000	263,341
甲信越	—	—	—	—
北陸	—	40,000	—	40,000
東海	—	237,648	—	237,648
近畿	960	—	—	960
中国	2,000	—	97,450	99,450
四国	—	45,600	—	45,600
九州	—	927	3,000	3,927
合計	13,078	368,955	431,170	813,203
処理単価	3,171 円/枚 (7 社)	2,900 円/枚 (5 社)	2,000 円/枚 (1 社)	

※日処理能力のみの結果の場合、年間 250 日稼働として算定した。

※破砕及び焼却・溶融について、施設全体の処理能力のうち、太陽電池モジュールの処理能力分がわからない事業者があった。

2.1.4 アンケート結果の分析

- ・ 排出要因別の回収量を確認すると、総回収量における「故障・廃棄品」のうち、「災害等によるもの」が 50%を超えていることから、総回収量の推移については各年の災害発生件数及び災害規模・内容が大きな影響を与えていると考えられる。
- ・ 2017、2018 年度の調査結果では、リユース量がリサイクル量を大幅に上回っているが、リサイクル量は年度全体を通じて増加傾向となっている。
- ・ リサイクル処理業者で処理された太陽電池モジュールの処理後物の一部は再生利用されず、最終処分されていることが確認された。
- ・ リサイクル処理業者ごとの処理後の排出先について確認することが課題である。
- ・ 埋立処分されている残渣の主要な品目は廃プラスチック類及びガラス類である一方、全量リサイクルを行っている事業者も存在することから、廃プラスチック類及びガラス類の再生利用先の確保が埋め立て処分量の削減に寄与すると考えられる。
- ・ 処理単価は焼却が最も安く、次いで破碎、分離・剥離・選別の順であった。

2.1.5 マテリアルフローの作成

(1) 太陽電池モジュールの排出量設定

太陽電池モジュールの排出量を表 2.1-8 に示す。排出量は、「2.1.3 排出状況調査」において整理した 2020 年度のリサイクル数量 (t) を用いた。

表 2.1-8 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル量 (2020 年度)

処理方法	単位(※)	2020 年度
		数量
リユース	千枚	211.4
	t	4,221.3
リサイクル	千枚	100.5
	t	2,086.3
合計	千枚	311.9
	t	6,307.6

※枚数または重量のみの回答であった場合、太陽電池モジュール 1 枚あたり 20kg として換算した。

(2) 太陽電池モジュールの種類別排出量および素材構成

太陽電池モジュールの種類別排出量は、一般社団法人 太陽光発電協会および一般財団法人 光産業技術振興協会が公開している「日本における太陽電池出荷量」のうち、種類別の出荷量が掲載されている中で最も新しい 2017 年度の国内出荷量の割合を用いて算定した。

表 2.1-9 日本における太陽電池国内出荷量 2017 年度

種類	第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期	2017 年度国内 出荷量計 (kW)	割合 (%)
Si 単結晶	306,930	383,329	485,736	594,329	1,770,324	33.7
Si 多結晶	787,065	747,720	702,219	717,704	2,954,708	56.3
その他	169,184	148,807	139,377	63,492	520,860	9.9
計	1,263,179	1,279,856	1,327,332	1,375,525	5,245,892	100.0

表 2.1-10 種類別排出量の設定 (t)

種類	2020 年度リサイクル量 (t)	出荷割合 (%)	種類別排出量 (t)
Si 単結晶	2,086.3	33.7%	704.1
Si 多結晶		56.3%	1,175.1
その他		9.9%	207.1
計		100.0%	2,086.3

太陽電池モジュールの素材構成割合は、「太陽光発電システム共通基盤技術研究開発太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究 NEDO 2009 年 3 月」における公共・産業用の太陽光発電システム重量を用いて算出した。種類別の素材構成を表 2.1-11～表 2.1-13 に示す。なお、パネルタイプの「その他」については、Si 薄膜の素材構成を使用した。

表 2.1-11 Si 単結晶 の素材構成

部位	重量 (kg)	部位		重量 (kg)	構成割合 (%)
モジュール全量	870.00	セル	結晶シリコン	28.50	3.28
		フロントカバー	ガラス	523.97	60.23
		フレーム	アルミ	176.32	20.27
		プラスチック	EVA 等	133.62	15.36
		電極材料	銅／はんだ	7.60	0.87

表 2.1-12 Si 多結晶の素材構成

部位	重量 (kg)	部位		重量 (kg)	構成割合 (%)
モジュール全量	863.32	セル	結晶シリコン	29.02	3.36
		フロントカバー	ガラス	540.00	62.55
		フレーム	アルミ	135.28	15.67
		プラスチック	EVA 等	152.54	17.67
		電極材料	銅／はんだ	6.48	0.75

表 2.1-13 Si 薄膜の素材構成

部位	重量 (kg)	部位		重量 (kg)	構成割合 (%)
モジュール全量	1,493.14	基盤/フロントカバー	ガラス	1,117.94	74.87
		フレーム	アルミ	212.28	14.22
		プラスチック	EVA 等	152.71	10.23
		電極材料	銅／はんだ	10.21	0.68

出典：太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究，NEDO，2009 年

(3) マテリアルフローの作成

上記で算出した太陽電池モジュールの種類別処理量および素材構成割合を基に、素材別の処理量を推計した。素材別の処理量を表 2.1-14 に示す。また、算定フローを図 2.1-4 に示す。

2020 年度アンケート調査において集計したリサイクル量のうち、素材別の処理量は、ガラスが 1,314t で最も多く、次いでアルミの 356t となった。

表 2.1-14 素材別の処理量

素材	処理量 (t)
結晶シリコン	62.6
ガラス	1,314.1
アルミ	356.3
EVA 等	336.9
銅／はんだ	16.4

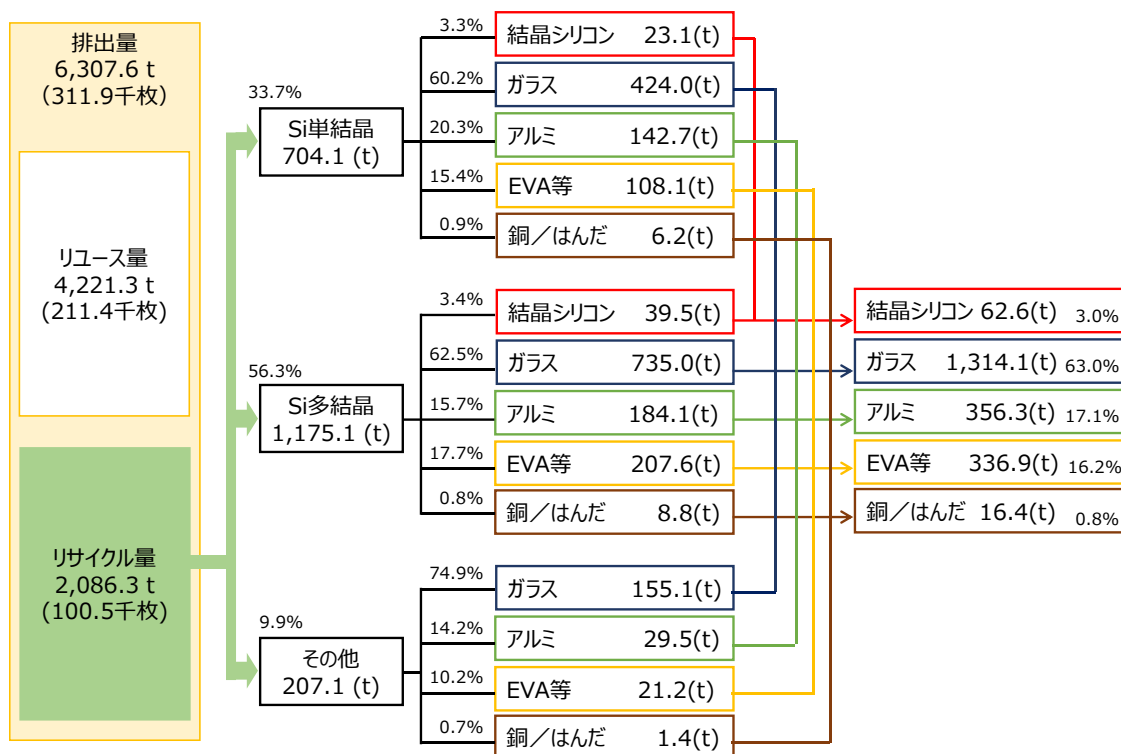


図 2.1-4 太陽電池モジュール素材別処理量 (2020 年度)

註：太陽電池モジュールが排出された場合の素材ごとの重量推計値を示す。

2.2 最終処分状況調査

2.2.1 アンケート調査対象の概要及び回答状況

本年度のアンケート対象とした事業者は、2020年度調査で実施した、最終処分場を有する44社に対して実施した。

本年度の調査対象は表 2.2-1 に示すとおりである。

アンケート項目は別途提示の調査票に基づいて行った。

表 2.2-1 太陽電池モジュールの受入状況アンケートの概要

項目	詳細
実施方法	対象各社に対し、アンケート調査票の送付。
対象	最終処分場を有しており、各地域の処分場容量の大きい割合を占めていると考えられる44社
回答者数	32社/44社(72.7%)

2.2.2 アンケート集計結果

(1) 受入状況

各事業者による回答の集計結果として、太陽電池モジュールの受入が可能な事業者数を調査した結果は表 2.2-2 に示すとおりである。

表 2.2-2 アンケート結果（太陽電池モジュールの受入状況）

回答	回答数 (%)
ア. 処理及び埋立処分での受け入れが可能である	0 (0%)
イ. 埋立処分のみ、受入可能である	7 (21.9%)
ウ. 受入はできない	25 (78.1%)

埋立処分のみ、受入可能であると回答した事業者は7社であったが、実際に過去4年間について受入れた実績があったのは2社であった。また、実績があった事業者についても太陽電池モジュール由来の埋立量は把握していないとの回答であった。

以下に、「イ. 埋立処分のみ、受入可能である」と回答した7事業者の受入条件に関する調査結果を示す。

1) 受入荷姿

最終処分場における太陽電池モジュールを受入れる場合の受入荷姿に関するアンケート調査結果は表 2.2-3 に示すとおりである。

表 2.2-3 アンケート結果（太陽電池モジュールの受入荷姿）

回答	回答数（7社中）
ア. パネルのまま	0
イ. パネル由来の破砕残渣	4
ウ. フレーム等有用金属が取り外された状態	0
エ. その他	3

なお、「エ. その他」と回答した事業者の内容は以下のとおりであった。

- ・電子回路基板除去後のもの
- ・当方の受入基準に適合した形状
- ・荷姿形状に関する条件はまだ決めていない

2) 混載状況

最終処分場における太陽電池モジュールを受入れる場合の他の廃棄物との混載状況に関するアンケート調査結果は表 2.2-4 に示すとおりである。

表 2.2-4 アンケート結果（太陽電池モジュールの混載状況）

回答	回答数（7社中）
ア. 他の廃棄物と混載されている	2
イ. 混載されていない(太陽電池モジュール単独で搬入されている)	3
無回答	1
回答不可（受入実績なし）	1

3) 検査状況

最終処分場における太陽電池モジュールを受入れる場合の検査状況に関するアンケート調査結果は表 2.2-5 に示すとおりである。

表 2.2-5 アンケート結果（太陽電池モジュールの受入時の検査状況）

回答	回答数（7社中）※1
ア. 検査済みのものを受入れている※2	3
イ. 検査を行っている※3	4
回答不可（受入実績なし）	1

※1：ア、イの両方に回答した事業者が1社あった

※2：太陽電池モジュールの受入実績はないが、その他廃棄物の受入時に溶出試験の結果や受入基準の適否を確認しているとの回答が2社からあった。

※3：太陽電池モジュールの受入実績はないが、その他廃棄物の受入時に目視検査や処理基準適否の展開検査を実施しているとの回答が3社からあった。

なお、検査の内容として、「ア. 検査済みのものを受入れている」と回答した事業者の検査は以下のとおりである。

- ・環境庁告示13号検査
- ・溶出試験（鉛・カドミウム・ヒ素・セレン）
- ・受入基準に適合していることを証するSDS、WDS等の提出を求めている。

また、「イ. 検査を行っている」と回答した事業者の検査は以下のとおりである。

- ・目視
- ・最大径がおおむね15cm以下であるか展開検査

4) 太陽電池モジュールの受入条件

太陽電池モジュールの受入条件について、7社の回答は以下のとおりである。

<ul style="list-style-type: none"> ・袋、フレコン入り ・端子箱を外したもの ・飛散防止の湿潤化
<ul style="list-style-type: none"> ・電子回路基板類除去後のもの ・縦1m、横1m、奥行き1m以内 ・中空の形状でないこと ・液状のものが入っていないこと
<ul style="list-style-type: none"> ・最大径がおおむね15cm以下であること。 ・溶出試験適合。
<ul style="list-style-type: none"> ・当方の受入基準に適合すれば受入は可能。
<ul style="list-style-type: none"> ・規定している受入基準の遵守（県内で排出された廃棄物であること、引火性、発火性、爆発性のないこと、最大径がおおむね30cm以下であること等） ・環境庁告示13号検査において、該当項目が基準値以下であること
<ul style="list-style-type: none"> ・受入実績がないため、受入条件はまだ決めていない。
<ul style="list-style-type: none"> ・排出事業者からの重金属含有・溶出の有無の情報提供 ・契約書やマニフェストに使用済太陽電池モジュールであることを明記

5) 埋立条件

太陽電池モジュールの受入を行っている事業者の埋立条件について、7社の回答は表2.2-6に示すとおりである。

表 2.2-6 アンケート結果（埋立条件）

回答	回答数（7社中）
ア. 他の産業廃棄物とは分けて埋め立て処分している	0
イ. 他の産業廃棄物と混合している	4
ウ. 受入を行っていない	2
無回答	1

6) 受入単価

太陽電池モジュール（中間処理後物）の受入単価について、7社の回答は以下のとおりである。

150,000 円/ t、19,000 円/ t、20,950 円/ t、42,000 円/ t（廃プラ料金）

（2）ガイドラインの把握状況

太陽電池モジュールの処理方法に関する認知度や、その他の廃棄物として排出されているかどうかの状況についてアンケート調査を実施した結果は表 2.2-7 に示すとおりである。

表 2.2-7 アンケート結果（ガイドラインの把握状況）

回答	回答数
ア. ガイドラインを確認し、管理型最終処分場に埋立が必要と認識している	25 (78.1%)
イ. ガイドラインの存在は知っているが、管理型最終処分場に埋立が必要とは認識していなかった。	3 (9.4%)
ウ. ガイドラインの存在を知らない	3 (9.4%)
無回答	1 (3.1%)

（3）その他の埋立物に関する太陽電池モジュール由来の確認状況

埋立処分を行っている産業廃棄物（「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」等）について、太陽電池モジュール由来の廃棄物であるか確認を行っているかについてアンケート調査を実施した結果は表 2.2-8 に示すとおりである。

表 2.2-8 アンケート結果（太陽電池モジュール由来の廃棄物確認状況）

回答	回答数
ア. 確認していない	6 (18.2%)
イ. 確認しているが、有害性に問題なければ受け入れている	6 (18.2%)
ウ. 確認しており、太陽電池モジュール由来であれば受け入れている	12 (36.4%)
エ. その他	8 (24.2%)
無回答	1 (3.0%)

※イ、エの複数回答した事業者が1社

なお、「エ. その他」と回答した事業者の内容は以下のとおりであり、(1)で太陽電池モジュールの受入を行っているとは回答した事業者の回答は「イ. 確認しているが、有害性に問題なければ受け入れている」または「エ. その他」であった。

電子回路基板類が外されていけば受け入れる
金属くずの許可がないことと、混合廃棄物の受入は出来ない
太陽電池モジュールは想定していないが、取扱品目の発生工程を確認しており、必要に応じ有害性の確認を行うことになる。 取扱品目：ガラスくず、コンクリートくず、陶磁器くず
受入に当たっては、当事業団の受入基準に適合する必要がある
確認しているが、受入条件はまだ決めていない
受入を行っていない（3社）

（4）太陽電池モジュールの受入量が増加した場合の懸念について

今後、太陽電池モジュールの受入量が増加した場合の懸念についてアンケート調査を行った結果は表 2.2-9 のとおりである。

表 2.2-9 アンケート結果(太陽電池モジュールの受入量が増加した場合の懸念について)

回答	回答数
ア. 浸出水への影響が生じること	17
イ. 出火等のリスクが増大すること	10
ウ. 埋立処分の量が膨大となり、処分場の残余容量に影響すること	14
エ. 含有物質や溶出試験結果等、確認のための手間が増すこと	16
オ. 保有処分場内での太陽電池モジュールの埋立量比率が高まり、管理の手間が増すこと	9
カ. 最終処分費用単価が上がり、排出業者の負担が増えること	2
キ. その他	4
ク. 特になし	6

※複数回答可

「キ. その他」と回答した事業者の内容は以下のとおりである。

- ・受入の予定がない。
 - ・現時点で受入実績がないため回答は困難であるが、適正な最終処分場の運営に支障をきたさないように、上記ア～カ等のリスクがないことは必要と考えている。
 - ・水処理施設での対応が可能かが不明(浸出水の水質がわからないため)
- また、「ク. 特になし」と回答した事業者は受入れを行っていないことが要因であると考えられる。

2.2.3 まとめ

- ・本アンケートで太陽電池モジュールそのものを受入れている埋立処分事業者は確認されなかった。
- ・現状で太陽電池モジュール由来の廃棄物についての埋立処分のための受入が可能と回答した事業者は32社中7社であり、実際に受入れを行っている事業者は2社であった。
- ・太陽電池モジュールの受入を行っている事業者の受入基準としては、太陽電池モジュール特有のものではなく、最終処分場としての受入条件を満足していることであった。
- ・太陽電池モジュール由来の中間処理後物の埋立処分費は150円～210円/kg程度であった。
- ・太陽電池モジュールの受入を行っていない事業者のうち、その他の廃棄物についてその由来を確認していない事業者は6社あり、太陽電池モジュール由来の廃棄物が搬入されている可能性もあると考えられる。

2.3 リサイクルに関する新規動向に関する調査

ここでは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）が実施する「太陽光発電主力電源化推進技術開発」の実施内容及び環境省による実証成果を社会実装した PV CYCLE JAPAN の取組みについて整理した。

（1）NEDO による実証等

NEDO では、2020 年度～2024 年度の期間で「太陽光発電主力電源化推進技術開発」事業を実施しており、大量導入社会の実現において顕在化する様々な課題解決のための技術開発プロジェクトを実施している。

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度
（Ⅰ）太陽光発電の新市場創造技術開発	各市場で要求される性能を満たす要素技術開発・実証					
（Ⅱ）太陽光発電の長期安定電源化技術開発	ガイドライン策定					
	信頼性評価・回復技術の開発					
	マテリアルリサイクル技術開発、実証					
	系統影響軽減 2020 年度 FS、2021 年度以降実証					
（Ⅲ）先進的共通基盤技術の開発等	日射量予測技術の開発					
	新型太陽電池の高精度性能評価					
（Ⅳ）動向調査	動向調査					
評価			★ 中間評価			★ 事後評価

図 2.3-1 「太陽光発電主力電源化推進技術開発」研究開発スケジュール

出典：「太陽光発電主力電源化推進技術開発」基本計画

上記、研究開発項目（Ⅱ）太陽光発電の長期安定電源化技術開発のうち、（ii）太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発において、2021 年度は、「結晶シリコン及び C I S 太陽電池モジュールの低環境負荷マテリアルリサイクル技術実証（実施体制：ソーラーフロンティア株式会社）」および「太陽電池モジュールの低温熱分解法によるリサイクル技術開発（実施体制：株式会社トクヤマ）」の 2 つの技術開発を行っている。

NEDO 太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発の概要を表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 NEDO 太陽電池モジュールの分離・マテリアルリサイクル技術開発の概要

研究開発の 具体的内容	<p>低コストかつマテリアルリサイクルに資する高い資源回収率を両立する分離処理技術を開発、実証プラントを構築し、実モジュールサイズで検証を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低コスト・高資源回収率を両立する分離処理技術開発 ・太陽電池モジュール由来の回収物のマテリアルリサイクル技術開発 ・上記技術を両立する実証プラントの構築
最終目標 (2023 年度末)	<p>実モジュールサイズの実証プラントを構築し、連続運転で以下の性能を満たすこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・分離処理コスト 3 円/W以下の分離技術であること ・資源回収率 80%以上の分離技術であること ・太陽電池モジュール由来の回収物がマテリアルリサイクルに資する性能であること

また、研究開発項目（Ⅳ）動向調査の「太陽電池モジュールのリサイクルに関わる調査（実施体制：株式会社三菱総合研究所）」において、太陽電池モジュール由来ガラスの受入への期待が高いガラスウールを取り上げ、その受入条件・ポテンシャルを確認するためにワーキンググループを立ち上げ検討が実施されている。

（２）環境省実証事業の社会実装 -PV CYCLE JAPAN の取組み-

PV CYCLE JAPAN（以下、「PVCJ」）は、太陽発電モジュールの持続可能な廃棄物管理の仕組みを日本に導入することを目的として、2021 年 1 月に設立された組織で、環境省の「脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業」において取り組んだ、太陽光パネルの収集・リユースおよび非鉄金属の回収に係る技術実証に関する成果を社会実装したものである。

表 2.3-2 令和 2、3 年度脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業の概要

実証事業の 受託者	<p>イー・アンドイー・ソリューションズ株式会社 ネクストエナジー・アンド・リソース株式会社 一般財団法人秋田県資源技術開発機構</p>
実証事業の 内容	<p>本実証事業では、住宅用太陽光発電所の導入量が日本で 2 番目に多い埼玉県をフィールドにして、太陽光パネルの回収事業を行うとともに、収集した太陽光パネルのリユース品としての活用可能性を評価することを通して、太陽光パネルの収集・運搬・リユース・リサイクルの課題を検討し、課題解決に向けた展望を整理する</p>

PVCJは、EUにおいて廃電気・電子製品に関するEU指令（改正WEEE指令）に基づき、使用済み太陽光パネルのリサイクル及び適正処理を行っている国際的非営利団体PY CYCLE（本部：ベルギー国）と連携した組織で、一般財団法人秋田県資源技術開発機構の一部門として、表 2.3-3 に示す事業を今後実施していく予定である。

表 2.3-3 PVCJ の事業概要

No.	事業項目	概要
1	認定業務	廃 PV モジュールのリユース・リサイクルを行う業者の認定
2	窓口業務	廃 PV モジュールのリユース・リサイクルの問い合わせ受付業務
3	統計値集計業務	認定した業者からの実績報告に基づく、廃 PV モジュールのリユース・リサイクルに関する統計値集計業務
4	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃 PV モジュールのリユース・リサイクルの普及啓発 ・ FIT 制度の下で 2022 年 7 月開始予定の撤去・廃棄費用の外部積み立て制度の積立金払い戻し条件との連携に向けた検討、等

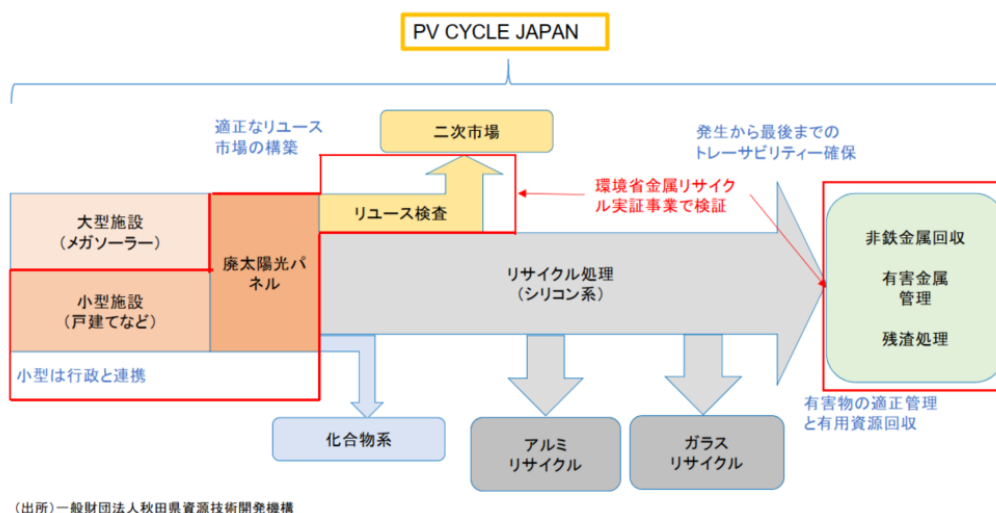


図 2.3-2 PVCJ が目指す姿

2.4 絶縁不良に係る事故等発生事案の調査

(1) 事故発生状況調査

絶縁不良に係る事故発生状況を把握することを目的として、経済産業省電気保安統計により再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始した2012年度以降の50kW以上の太陽光に係る電気事故を調査した(表2.4-1)。毎年度の電気保安統計は、一般送配電事業者、送電事業者、特定送配電事業者及び発電事業者(特定発電用電気工作物の小売電気事業等用接続最大電力の合計が200万kW(沖縄電力株式会社の供給区域にあつては、10万kW)を超えるものに限る。)から経済産業大臣に提出された電気保安年報と、自家用電気工作物を設置する者から経済産業大臣又は電気工作物の設置の場所を管轄する産業保安監督部長に提出された電気事故報告書の件数を集計したものである。調査の結果、7年間で発生した事故件数は1件であった。対して事故がなかった報告件数は27件であった。

次に、消費者庁と(独)国民生活センターが運営する「事故情報データベース」から絶縁不良に係る発生状況を調査した(表2.4-2)。事故情報データベースは、行政機関や地方公共団体その他の関係機関が保有している消費生活において生じた事故等の情報を登録しているデータベースである。調査の結果、全部で25件の事故が確認された。そのうち絶縁不良に関する事故は24件あった。主な事故原因は以下のとおりである。

- ・経年劣化や雨水・電解質溶液の内部侵入による絶縁性能低下
- ・絶縁被覆の損傷、極板の腐食・変形を原因とした絶縁距離近接スパーク発生による絶縁性能の破壊
- ・絶縁性能の品質異常(性能ばらつき)

表 2.4-1 太陽光の絶縁不良に係る事故発生状況調査結果

事故の種類	電気火災			感電死傷			電気工作物の欠損等による死傷・物損			電気工作物の損壊						供給支障(被害なし)			発電支障			電事法第106条に基づくその他の事故報告			事故総件数		
	有	無	計	有	無	計	有	無	計	主要工作物			その他の工作物			有	無	計	有	無	計	有	無	計	有	無	計
供給支障																											
事故発生年度																											
2012年度													6	6						2	2					8	8
2013年度													1	1				1		1					1	1	2
2014年度													2	2					1	1						3	3
2015年度																			1	1						1	1
2016年度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
2017年度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
2018年度	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
各総件数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	17	17	0	0	0	1	4	5	0	0	0	1	27	

※調査対象は一般電気事業者・卸電気事業者（電発・原電）・特定電気事業者・特定規模電気事業者である。

※空欄は報告がなかったと推測される。

表 2.4-2 事故情報データベースに基づく太陽電池に係る事故発生状況調査結果

No.	発生年	都道府県	施設用途	商品など名称	事故の概要	事故原因
1	2018年	岩手県	住宅	パワーコンディショナ	当該パワーコンディショナ（太陽光発電システム用）を焼損する火災が発生。	○ 当該製品は、コンデンサーの絶縁性能が低下し短絡して出火したものと推定されるが、コンデンサーの焼損が著しく、製品起因か否かを含め、原因の特定には至らなかった。
2	2018年	岩手県	住宅	パワーコンディショナ	当該製品の内部部品を焼損する火災が発生した。	○ 当該製品は、コンデンサーの絶縁性能が低下し短絡して出火したものと推定されるが、コンデンサーの焼損が著しく、製品起因か否かを含め、事故原因の特定には至らなかった。
3	2018年	愛知県		パワーコンディショナ	当該製品を焼損する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 当該製品は脱衣所に設置されており、事故の約2か月前に発煙したため、使用者により太陽光発電システム用のブレーカーは切られていたが、接続箱の開閉器は切られていなかった。 ○ 当該製品は、金属製外郭ケースの上面に加熱痕が認められた。 ○ 内部のメイン基板は、直流昇圧回路出力側に装着された電解コンデンサーが焼損し、基盤の一部が焼失して穴が空いていた。 ○ メイン基板の直流昇圧回路出力側に装着された電解コンデンサーの電圧を制御する、制御基板のICが故障していた。 ○ 制御基板、接続端子台等のその他の電気部品に出火の痕跡は認められなかった。 ○ 据付工事説明書には、「脱衣所への設置を禁止する。」旨の注意が記載されていた。 ○ 当該製品は、直流昇圧回路出力側に装着された電解コンデンサーの電圧制御用ICが故障したことで、電解コンデンサーに過電圧が加わり、電解コンデンサーが過熱し、内圧が上昇して防爆弁が作動し、高温の電解液が外部に噴出したため、電解液が基盤に付着して絶縁性能が低下し、トラッキング現象が生じて出火したものと推定されるが、電圧制御用ICが故障した原因が不明の為、製品起因か否かを含め、事故原因の特定には至らなかった。
4	2016年	山口県		太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから異音が生じ、コンデンサーが破損した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ 昇圧回路の抵抗が故障してオープン状態となったため、電解コンデンサーに過電圧が印加して異常発熱し、安全弁が作動して電解液が噴出し、本体内の絶縁シートが溶融したものと推定されるが、抵抗が故障した原因の特定はできなかった。
5	2016年	大阪府		太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから異音が生じ、コンデンサーが破損した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ 昇圧回路の抵抗が故障してオープン状態となったため、電解コンデンサーに過電圧が印加して異常発熱し、安全弁が作動して電解液が噴出し、本体内の絶縁シートが溶融したものと推定されるが、抵抗が故障した原因の特定はできなかった。

No.	発生年	都道府県	施設用途	商品など名称	事故の概要	事故原因
6	2015年	東京都		太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナ付近から発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品には起因しない偶発的事故。 ○ 太陽電池モジュールからの直流ケーブルを小動物(ネズミ)がかじったことから、絶縁被覆が損傷し、短絡して発煙したものと推定される。
7	2015年	香川県		太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明そのもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
8	2015年	青森県		鉛蓄電池	事務所で当該製品を焼損する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 当該製品は、設置後にメンテナンスがされずに耐用充放電サイクルを超える使用がされたため、極板が腐食、変形し、セル内の絶縁距離が狭まりスパークが発生し、安全弁から放出された水素ガスに引火し出火したものと推定される。
9	2015年	青森県	その他	鉛蓄電池	事務所で当該鉛蓄電池を焼損する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 当該製品は、設置後にメンテナンスがされずに耐用充放電サイクルを超える使用がされたため、極板が腐食、変形し、セル内の絶縁距離が狭まりスパークが発生し、安全弁から放出された水素ガスに引火し、出火したものと推定される。
10	2014年	宮崎県		パワーコンディショナ	当該製品及び周辺を焼損する火災が発生した。	<p>調査の結果、</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 事故発生前日は大雨であった。 ○ 当該製品は屋内設置型であるが、屋外階段下の外壁に設置していた。 ○ 製品内部に水分が侵入した痕跡が見られ、端子台付近の金属に錆が認められた。 ○ 屋内設置型の当該製品を屋外階段下の外壁に設置していたため、雨水が製品内部に侵入して端子台付近の絶縁性能が低下し、トラッキング現象が発生して火災に至ったものと推定される。なお、製品本体には「屋外、軒下、風の影響で壁面・柱などを伝って内部回路に雨水など液体の侵入が推定される場所に取り付けない。」旨、記載されている。
11	2013年	奈良県		接続ケーブル	当該製品及び周辺を焼損する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 屋根裏収納庫の増設時3本のうち2本のケーブルを途中で切断しカシメ接続語、接続部付近でケーブルを折り曲げ結束バンドで束ね屋根裏収納庫天井裏に設置。 ○ 2本の接続ケーブルのカシメ接続に使用されたリングスリーブは4個中3個が残存してたが1個は確認できず、断線した芯線の先端に熔融痕が認められた。 ○ 残存する3箇所のカシメ部の内1箇所はカシメ部付近に素線のほつれが認められた。 ○ 残り2個のリングスリーブに接続された芯線はリングスリーブ付近で断線し、先端に熔融痕が認められた。 ○ 住宅販売事業者の子会社が屋根裏収納庫増築時にケーブルを切断した後、再接続工事を行った際、ケーブルを束ね天井裏の狭い空間に設置したため結束部位が蓄熱され高温となった、あるいはリングスリーブが施工時のカシメ不良により過熱したため被覆や絶縁のため巻かれていたビニル絶縁テープが溶融し異極間短絡を起こし出火に至ったと推定

No.	発生年	都道府県	施設用途	商品など名称	事故の概要	事故原因
12	2013年			太陽光発電器	太陽光発電器の接続ユニットから出火し、配線ケーブルと樹脂製天窓が焼損した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 業者の設置・施工不良 ○ 設置業者が施工説明書に従わず、事故品を屋根上に平置きに取り付け、更に前面扉の固定ビスを固定していなかったため、前面扉が開いた状態になり、雨水や埃が侵入したことから、接続端子部で絶縁性が低下してトラッキング等が発生し、焼損したものと推定される。 ○ なお、施工説明書には、「屋外の場合は、家屋等の軒下など、直接雨がかかりにくい場所を選定し、直接雨にさらされるところに設置しない。感電・漏電・故障の原因になる。」旨、記載されている。
13	2013年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから異音が生じて発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
14	2012年	福島県		発電モニタ	落雷直後、当該製品の送信機から発煙し、送信機を焼損する火災が発生した。	<p>調査の結果、</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 当該製品の外観に焼損は認められなかった。 ○ 内部基盤は、全体的にススが付着し、基板上のアース及び電源端子付近は著しく焼損し炭化が認められた。 ○ 内部基盤のヒューズが熔断していた。 ○ 事故発生時に事故現場付近で落雷があった。 ○ 当該製品に分電盤から雷電流が流れたことにより、基板上の電源端子付近で絶縁破壊が生じて基盤の一部が焼損したものと推定される。
15	2011年	香川県		パワーコンディショナ	当該製品から発煙し、当該製品を焼損、周辺を汚損する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事故原因は、製品内部のフィルムコンデンサの絶縁性能のばらつきから雷など外部からの異常な高電圧や使用時の周辺温度等の影響により、当該製品がショートし、発煙に至ったものと考えられる。
16	2009年	愛媛県		パワーコンディショナ	当該製品から発煙し、周囲を汚損した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事故原因は、製品内部のフィルムコンデンサの絶縁性能のばらつきから雷など外部からの異常な高電圧や使用時の周辺温度等の影響により、当該製品がショートし、発煙に至ったものと考えられる。
17	2009年	愛知県		太陽光発電システム用パワーコンディショナ	当該製品を使用していたところ、発煙する火災が発生した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事故原因は、製品内部の基盤に実装されているノイズフィルター用チョークコイルのリード端子にはんだ付け不良があった為、はんだ付け部分にクラックが発生した、もしくは、コンデンサー内部のエレメントが絶縁劣化したことから、コンデンサーが破壊したときの内容物が付着したため、銅箔パターンの異極間でトラッキング現象が起り、発煙に至ったものと考えられるが、原因の特定には至らなかった。

No.	発生年	都道府県	施設用途	商品など名称	事故の概要	事故原因
18	2009年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
19	2008年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナが停止し、発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ 製品内部のフィルムコンデンサーの絶縁性能のばらつきから雷など外部からの異常な高電圧や使用時の周辺温度等の影響により、当該部品がショートし、発煙したものと推定される。
20	2008年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナのブザーが鳴り、焦げ臭いにおいがした。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ 製品内部のフィルムコンデンサーの絶縁性能のばらつきから雷など外部からの異常な高電圧や使用時の周辺温度等の影響により、当該部品がショートし、焦げ臭いにおいがしたものと推定される。
21	2008年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから異音が生じ、内部の基盤が焦げた。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ 製品内部のフィルムコンデンサーの絶縁性能のばらつきから雷など外部からの異常な高電圧や使用時の周辺温度等の影響により、当該部品がショートし、基盤が焦げたものと推定される。
22	2007年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
23	2006年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
24	2002年			太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナから異臭が生じ、発煙した。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。
25				太陽光発電器	太陽光発電器のパワーコンディショナ内の一部が焼損していた。	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製品起因ではあるが、その原因が不明のもの。 ○ ノイズフィルター用コンデンサーの絶縁劣化もしくは内部短絡が生じたため、異常発熱して発煙したものと推定されるが、原因の特定はできなかった。

参照：電気保安の現状について(平成30年度電気保安統計の概要)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/files/30hoan-tokei-gaiyo.pdf

(2) 事故発生事案調査

絶縁不良に関する具体的事案については、文献調査やインターネット調査では確認できなかったため、関連事業者等にヒアリングを実施した。ヒアリングの結果、現在は、封止材の改良やガラスとセルの距離の見直し、アースの仕方等の改善により絶縁不良に関する事故はほとんど見られないということであった。

ヒアリング結果を表 2.4-3 に示す。

表 2.4-3 絶縁不良に関する事故発生事案調査ヒアリング結果

No	実施日	ヒアリング先	ヒアリング結果
1	2021年 12月20日	発電事業者/EPC事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・激甚災害による影響が多く、それを原因として絶縁不良が発生することはある。 ・経済産業省のデータでもそれほど多くはない。 ・電気事業法で、直流設備は半年に1度、交流設備は1年に1度検査する必要があるが、その中で絶縁不良はほとんどない。 ・以前PID（Potential Induced Degradation：電力誘起出力低下）がよく発生していたときには絶縁不良があったが、封止材の改良やガラスとセルの距離の見直し、アースの仕方等により改善された。3年ほど前まではPIDがあったが、現在はほとんど発生していない。 ・自社の発電所全国約100か所と顧客の発電所において絶縁不良が発生したことはない。
2	2022年 1月31日	EPC事業者/リユース事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・絶縁不良の事故については見聞きしたことがない。リユースチェッカーという機器を開発中であり、絶縁についても検査できるような検査機器である。開発できれば検査コストの低減につながる。 ・リユース品においても絶縁不良に関する事故はいまのところはない。

2.5 リユース品の海外輸出状況の把握

2.5.1 貿易統計による輸出量の把握

太陽電池モジュールの輸出状況を定量的に把握するためには財務省「貿易統計」を参照する方法がある。太陽電池モジュールに該当する HS コード（輸出入統計品目番号）は図 2.5-1 のとおり 8541.40 が「光電性半導体デバイス（光電池（モジュール又はパネルにしてあるかないかを問わない。）を含む。）及び発光ダイオード（LED）」（2022 年 1 月の分類）に適用されている。

そのうち、8541.42「光電池（モジュール又はパネルにしていないもの）」と 8541.43「光電池（モジュール又はパネルにしてあるもの）」が太陽電池モジュールにより限定したコードの設定はあるが、「品別国別表」を検索しても輸出量のデータが把握されていない状態である¹。

2022年1月現在

統計番号 Statistical code		品名 Description	単位 Unit		他法令 Law
番号 H.S.code			I	II	
	900	-- その他のもの		NO	ET
		- 光電性半導体デバイス（光電池（モジュール又はパネルにしてあるかないかを問わない。）を含む。）及び発光ダイオード（LED）			
	8541.41 000	-- 発光ダイオード（LED）		NO	ET
	8541.42 000	-- 光電池（モジュール又はパネルにしていないもの）		NO	
	8541.43 000	-- 光電池（モジュール又はパネルにしてあるもの）		NO	ET
	8541.49 000	-- その他のもの		NO	ET
		- その他の半導体デバイス			ET

図 2.5-1 太陽電池モジュールに該当する HS コード²

¹ 8541.40 と 8541.50 の間のコードを入力しても輸出量のデータが検索されない状態である。

² 財務省貿易統計「輸出統計品目表」より抜粋
(https://www.customs.go.jp/yusyutu/2021_1/data/j_85.htm)

2.5.2 海外国の貿易統計による輸出量の把握

(1) マレーシアの輸入統計

日本からの太陽電池モジュールの輸入先のひとつと考えられる ASEAN 諸国のうち HS コードの設定と実際のデータが把握されている国としてマレーシアを対象に調査を行った。

8541.10.00	-	Diodes, other than photosensitive or light-emitting diodes (LED)	u	0
	-	Transistors, other than photosensitive transistors:		
8541.21.00	- -	With a dissipation rate of less than 1 W	u	0
8541.29.00	- -	Other	u	0
8541.30.00	- -	Thyristors, diacs and triacs, other than photosensitive devices	u	0
8541.40	-	Photosensitive semiconductor devices, including photovoltaic cells		
8541.40.10	- -	Light-emitting diodes	u	0
	- -	Photocells, including photodiodes and phototransistors:		
8541.40.21	- - -	Photovoltaic cells, not assembled	u	0
8541.40.22	- - -	Photovoltaic cells assembled in modules or made up into panels	u	0
8541.40.29	- - -	Other	u	0
8541.40.90	- - -	Other	u	0
8541.50.00	-	Other semiconductor devices	u	0
8541.60.00	-	Mounted piezo-electric crystals	u	0
8541.90.00	-	Parts	kg	0

図 2.5-2 マレーシアの太陽電池モジュールに該当する HS コード³

マレーシア側の貿易統計 (Malaysia External Trade Statistics) によると、太陽電池に該当の 85414021 (Photovoltaic cells, not assembled=モジュールに組み立てられる前の太陽電池) とモジュールやパネルに組み立てられた太陽電池に該当の 85414022 (Photovoltaic cells, assembled in modules or made up into panel=モジュールやパネルに組み立てられた太陽電池) コードでの日本からの輸入は以下のとおり (金額ベースのみでの検索が可能) 把握されている。前者は、2021 年には約 1.01 億マレーシアリング (日本円で約 28 億円)、後者で約 6.5 百万マレーシアリング (日本円で約 1.8 億円) である。なお、85414010 は別の数値として把握されているので、太陽電池モジュールに該当する 85414021 と 85414022 は内数であると考えられる。ちなみに、前述の 854142 と 854143 のコードではデータが把握されていない。

³ METS Online - Malaysia Online Trade Statistics <https://metsonline.stats.gov.my/>

HS	SITC	PRODUCT DESCRIPTION	COUNTRY	2018	2019	2020	2021
8541402100	776370210	DIODES, TRANSISTORS AND SIMILAR SEMICONDUCTOR DEVICES; PHOTSENSITIVE SEMICONDUCTOR DEVICES, INCLUDING PHOTOVOLTAIC CELLS WHETHER OR NOT ASSEMBLED IN MODULES OR MADE UP INTO PANELS; LIGHT EMITTING DIODES; MOUNTED PIEZO-ELECTRIC CRYSTALS.PHOTOSENSITIVE SEMICONDUCTOR DEVICES, INCLUDING PHOTOVOLTAIC CELLS WHETHER OR NOT ASSEMBLED IN MODULES OR MADE UP INTO PANELS; LIGHT-EMITTING DIODES (LED); PHOTOCELLS, INCLUDING PHOTODIODES AND PHOTOTRANSISTORS.PHOTOVOLTAIC CELLS, NOT ASSEMBLED	JAPAN	116,876,426	163,901,125	145,369,212	100,896,743
8541402200	776370220	DIODES, TRANSISTORS AND SIMILAR SEMICONDUCTOR DEVICES; PHOTSENSITIVE SEMICONDUCTOR DEVICES, INCLUDING PHOTOVOLTAIC CELLS WHETHER OR NOT ASSEMBLED IN MODULES OR MADE UP INTO PANELS; LIGHT EMITTING DIODES; MOUNTED PIEZO-ELECTRIC CRYSTALS.PHOTOSENSITIVE SEMICONDUCTOR DEVICES, INCLUDING PHOTOVOLTAIC CELLS WHETHER OR NOT ASSEMBLED IN MODULES OR MADE UP INTO PANELS; LIGHT-EMITTING DIODES (LED); PHOTOCELLS, INCLUDING PHOTODIODES AND PHOTOTRANSISTORS.PHOTOVOLTAIC CELLS ASSEMBLED IN MODULES OR MADE UP INTO PANELS	JAPAN	5,644,847	59,242,038	1,842,106	6,567,460

図 2.5-3 マレーシアの太陽電池モジュールに該当する HS コード⁴

この検索結果から、マレーシアでは、一部、日本から太陽電池モジュールを輸入していることがわかる。これが新品か中古品、また一般に流通する小売向けか第三国へ輸出されるか否か等詳細については不明である。

(2) マレーシアにおける販売状況

マレーシアのオンライン⁵による太陽電池モジュールの販売状況をみると、取り扱われているブランド・メーカーは、Baoblaze、Dahua、Idealworld、KKmoon、Maxon、Juxing 等として販売されており日本製のもの、中古品は見当たらない状況である。

製品は新品と考えられ、価格は、Dahua 製の 275W のものを例にすると、990 マレーシアリング（約 2.7 万円）で販売されている。

⁴ マレーシア貿易統計検索ページ (<https://metsonline.dosm.gov.my/tradev2/product-code>)

⁵ 価格比較サイト (iprice) により太陽光パネルについて検索した結果 (<https://iprice.my/home-improvement/solar-panels/>)

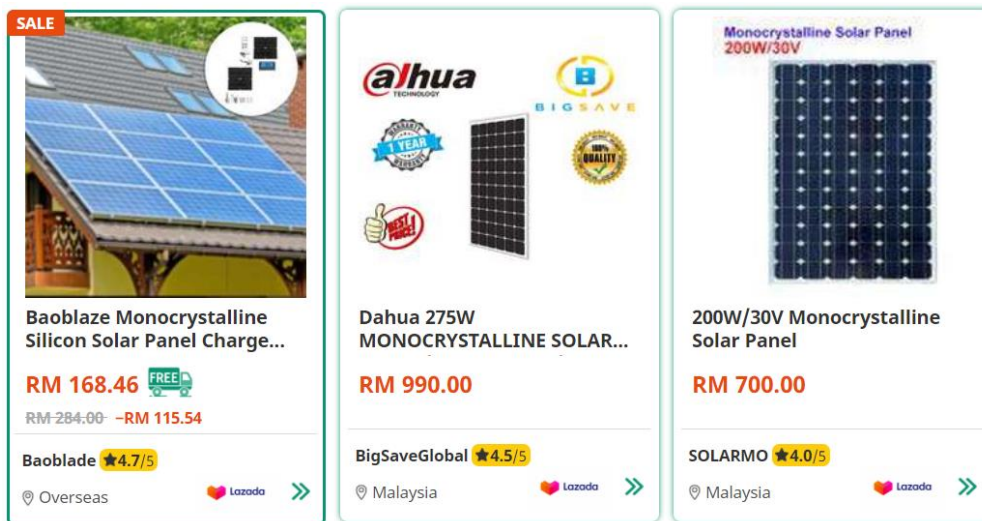


図 2.5-4 マレーシアにてオンライン販売される太陽光パネルの例

(3) フィリピンにおける状況

昨年度調査にて、フィリピン貿易産業省 (DTI: Department of Trade and Industry) が「Tradeline」サイトにて公表されているデータより太陽電池モジュールが日本を含む各国から輸入され、輸入金額と数量から算出される単価から中古品が含まれていることが把握された。

具体的な事例としては以下に示すとおり FRP Philippines 社が日本から太陽電池モジュールを輸入している。同社は、輸入量が多い事業者の 1 社であり、輸入量 kg 当たりの単価が、1.05US ドルとなりパネル一枚に換算すると 21 US ドル (約 2,310 円) となっていることから、中古品が輸入されていると判断できる。

日本 (赤字) オーストラリア (青字) からの使用済太陽電池モジュール輸入量

CONSIGNEE (輸入業者)	輸入量 (重量)	輸入量 (金額)	kg 単価 (\$/kg)
AMANSARA TRADING	6,368.50	4,829.00	0.71
CITATUS TRANSEO TRADING COMPANY	744.57	800.00	1.84
F.R.P. PHILIPPINES CORPORATION	15,350.30	16,049.11	1.05
GREENBUCKS ENTERPRISES INT'L CORP.	21,914.33	7,890.00	0.36
LYRIC PIANO AND ORGAN CORPORATION	380.00	500.00	1.32
PULILAN MOTORS TRUCK REBUILDING	4,070.64	1,006.00	0.25
RED SPRUCE TRADING	3,489.84	960.00	0.39
Grand Total	52,318.18	32,034.11	0.56

図 2.5-5 太陽電池モジュールの輸入者別の輸入状況 (重量、金額、平均単価)

(4) フィリピンへの輸出状況

フィリピンへ中古太陽光パネルの輸出実績を有する事業者へ輸出実態についてヒアリング調査を行った。以下がその概要である。

1) 輸出の背景

フィリピンに FRP の成型を行う樹脂加工工場を保有している。同国は電気代金が高いため、工場への太陽光発電パネルの設置が有効と考えた。マニラでは日本と同程度の電力単価であるが、工場を稼働しているミンダナオ島はマニラの 1.5 倍程度の価格である。

現地で質のよい太陽光パネルの価格はそれほど安く流通していないため、リユースパネルに着目した。そうした中、取引のある商社から災害により発生したパネルのうち、直接被害を受けずに交換されたパネルの引き取り依頼がなされたことが輸出を行った理由である。

2) 輸出先での利用状況

輸出先では、特にコストをかけて詳細な品質検査等を行っておらず、フィリピン現地で設置して、故障して使えないものがあつたら取り換えるという考えである。ただし、ビジネスとして大量に取り扱うことになった場合には検査による評価が必要と認識している。

フィリピンでは、電力会社の力が強く大規模の太陽光発電の売電事業は容易ではなく、電力会社との間に存在する中間管理団体との手続きに相当の労力を有する。このため、輸出したパネルは基本的に自社工場での自家消費用のものである。

自社工場での利用実績を重ね、コスト削減効果が確認できたら、他社の工場への提案、販売を計画しており、将来的にはオンサイト PPA の契約で、電力のみを販売するモデルでの実施を推進したい。

2.6 10kW未満の太陽電池モジュールの排出・処理実態調査

2.6.1 アンケート調査概要

主に一般家庭に設置されている10kW未満の太陽電池モジュールについて、処理実態を把握するため、取り外し方法や留意点、コスト、運搬方法、処理方法等についてアンケート調査を実施した。

調査対象は、一般家庭の太陽電池モジュールの排出・処理における一次コンタクト先としての可能性が高いと考えられる「家庭における太陽光発電設備の設置実績がある地域の電気工事店」40事業者程度とした。

2.6.2 アンケート調査概要

本年度の調査対象と選定方法は表 2.6-1 に示すとおりである。

表 2.6-1 アンケート調査対象と選定方法

項目	詳細
調査対象	地域の電気工事店（戸建て住宅へ太陽光発電設備を実施している事業者）
調査数	40 事業者程度
選定方法	<ul style="list-style-type: none">・下記の（１）～（３）の方法で計 40 事業者程度選定。・選定の際には、地域分布にも配慮して選定。 <p>（１）検索サイトにより“太陽光”、“取外し”のワードで確認し、取り外し事例があると考えられる事業者を選定。</p> <p>（２）上記以外で、日本住宅性能検定協会が認定している「太陽光発電アドバイザー」のいるお店（日本住宅性能検定協会 HP：http://pv.nichijuken.org/instore/）および太陽光発電協会の認定する「PV マスター技術者」のいる PV 事業者（太陽光発電協会 HP：http://www.jcot.jp/pv/）から計 20 事業者程度選定。</p> <p>（３）上記以外で、“太陽光”、“設置”、“電気工事”、“住宅”、“[地域名]”のキーワード検索で残りを選定。</p>

2.6.3 アンケート調査内容

アンケート調査内容の概要を表 2.6-2 に示す。詳細の調査票については別添として添付する。

表 2.6-2 アンケート調査内容（概要）

	調査項目	調査内容
—	一般情報	従業員数、うち太陽光発電設備工事可能者数
問1	設置・撤去の基本情報	年間設置件数、撤去実績の有無
問2	撤去	年間撤去件数、依頼元、収集範囲、取り外し理由、費用概算、取り外しにおける対策・留意点等、取り外し実施者の有資格、等
問3	処理方法	運搬依頼先、処理方法（リユース、リサイクル、埋立処分、etc）、処理事業者把握方法、配慮事項
問4	リユース・リサイクルに対する課題	太陽電池モジュールの処理・リサイクルを実施するうえで考えられる技術的・制度的課題

※撤去実績がない場合は、問1と問4に回答頂くこととした。

2.6.4 アンケート・ヒアリングの実施

各事業者にてメールにてアンケートを送付し、3週間後にメ切を設定し回収を行った。

アンケート調査の結果、回答があったのは1事業者のみであったため、取り外ししている可能性があると考えられた7事業者に追加で電話ヒアリングを実施した。

以下は、それらの計8事業者の結果となっている。

2.6.5 アンケートの結果

(1) 太陽光発電設備の設置の件数と撤去の有無

8事業者のうち2事業者については、過去に住宅の太陽光発電設備の設置を実施していたが、現在、設置実績そのものがないとの回答を得ている。

太陽光発電設備の年間設置数（表 2.6-3）は、各事業者で10～150件の範囲となっていた（上記2事業者を除く）。年間150件と今回の調査でもっと多かった事業者は、複数の事業所を持つ事業者であるため、1事業所では10～数十件程度となっている。

8事業者のうち、過去も含めて撤去実績があったのは、3事業者であった（図 2.6-1 参照）。残り5事業者のうち、1事業者については、付け替え（取り外し）実績があった。残り4事業者については、実績なしと回答を得た。

表 2.6-3 太陽光発電設備の年間設置数

年間設置数[回答数]	
・150件	[1]
・50件	[1]
・30-40件	[1]
・10件	[1]
・件数不明	[2]
・過去に実施していたが現在は実績なし	[2]

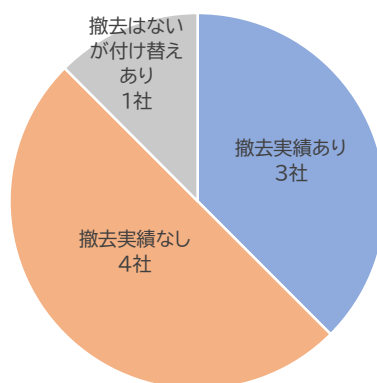


図 2.6-1 撤去の有無について

(2) 太陽光発電設備の撤去に関して

太陽光発電設備の撤去件数について表 2.6-4 に示す。撤去実績があった3事業者のうち、1事業者は過去に2件だけ完全撤去を実施したのみであり、1事業者については、一部撤去が年間1件程度あるのみであった。残る1事業者については、年間5件の撤去を実施しているとの回答を得ている。

表 2.6-4 太陽光発電設備の撤去件数

撤去件数 [回答数]	
・5件/年程度	[1]
・完全撤去は過去に2件	[1]
・一部撤去のみ	[1]

太陽光発電設備の撤去の主な依頼主(表 2.6-5)は、3事業者とも建物所有者(個人)を挙げており、その他に、ハウスメーカー、電材店(メーカーから仕入れて工事店に販売する卸売業)を挙げている。

表 2.6-5 主な依頼主（複数回答あり）

依頼主	[回答数]
・建物所有者（個人）	[3]
・ハウスメーカー	[1]
・電材店	[1]

依頼主の主な取り外し理由（表 2.6-6）は、2 事業者が太陽光発電設備の付け替え、一部撤去実施の 1 事業者が隣家からの落雪トラブルによる一部撤去であると回答を得ている。

なお、今回、費用についての情報は得られなかった。

表 2.6-6 依頼主の主な取り外し理由

取り外し理由	[回答数]
・太陽光発電設備の付け替え	[2]
・隣家からの落雪トラブルによる一部撤去	[1]

（3）太陽電池モジュールの処理方法に関して

太陽電池モジュールの処理方法（表 2.6-7）は、埋立処分が 1 事業者、廃棄（リユース・リサイクル以外）が 1 事業者、リサイクルが 1 事業者、リユース（自社保管）が 1 事業者であった。

表 2.6-7 太陽電池モジュールの処理方法（複数回答あり）

処理方法	[回答数]
・埋立処分	[1]
・廃棄（リユース・リサイクル以外）	[1]
・リサイクル（リサイクル事業者）	[1]
・リユース（自社保管）	[1]

処理事業者を把握した方法（表 2.6-8）は、「従来からの他の処理も併せて依頼している」が 1 事業者、「省庁（環境省や経済産業省）又は自治体の情報・資料から」が 1 事業者となっている。

表 2.6-8 処理事業者を把握した方法

処理事業者を把握した方法	[回答数]
・従来からの他の処理も併せて依頼している	[1]
・省庁（環境省や経済産業省）又は自治体の情報・資料から	[1]
※ 1 事業者は今回対応頂いた方が未把握	

(4) 太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに対する課題に関して

太陽電池モジュールのリサイクル・リユースを実施する上で考えられる経済的・技術的・制度的等の課題（複数回答可）（表 2.6-9）として、2 事業者は、制度的課題に該当する「法令や条例が整備されておらず、強制力がない」、1 事業者は、制度的課題に該当する「業界内で共通的なリユース、リサイクル方法が確立されていない」、1 事業者は「撤去量が少ない」（その他の課題）を挙げている。

表 2.6-9 太陽電池モジュールのリサイクル・リユースを実施する上で考えられる経済的・技術的・制度的等の課題（複数回答あり）

経済的・技術的・制度的等の課題 [回答数]
・【制度的課題】 法令や条例が整備されておらず、強制力がない [2]
・【精度的課題】 業界内で共通的なリユース、リサイクル方法が確立されていない [1]
・【その他の課題】 撤去量が少ない [1]

2.6.6 考察

今回のアンケート（電話ヒアリングを含む）で得られた結果およびアンケート結果の回答率が非常に低かったことから推察すると、年間 10～150 件の太陽光発電設備を設置している地域の電気工事店等においては、撤去を実施している事業者が少なく、実施していたとしても件数が限定的であると考えられた。その理由としては、一般家庭からの太陽電池モジュールの廃棄事例がまだ少なく、地域の小さな電気工事店等で扱う事例がほとんどないためと考えられる。

今回、撤去実績があった 3 事業者においても、年間 5 件、過去に合計 2 件、一部撤去のみと排出量が限られているため、現状ではリユース・リサイクルの流通確保まで至らないのではないかと考えられる。しかし、事業者によっては、「省庁（環境省や経済産業省）又は自治体の情報・資料」から情報を得て（最終的には太陽光発電協会の「適正処理(リサイクル)の可能な産業廃棄物中間処理業者名 一覧表」から情報を得たと考えられる）、結果的にリサイクルに回っている例もみられるため、省庁や自治体（および太陽光発電協会）からの発信も重要な要素と考えられる。

また、回答数が少ないながらもアンケート結果から、リユースやリサイクルが進まない理由として、「法令や条例が整備されておらず、強制力がない」ことが挙げられていることから、今後、法令や条例によるリユースやリサイクルの推進を検討することも重要と考えられる。

2.7 太陽電池モジュールの排出量の把握方法の検討・提案

太陽電池モジュールの排出量は、現在のところ正確に把握することができていないため、ここでは、排出量の正確な把握を目的として、活用可能なデータの有無や制度等を確認した上で効率的な把握方法を検討・提案した。

2.7.1 太陽電池モジュールの排出量把握に利用可能なデータの検討

まずは、太陽電池モジュールの排出量把握に利用可能なデータがあるかについて調査・検討を行った。ここでは、固定価格買取制度のデータ、NITE 事故情報収集制度、廃棄物データシート、廃棄物処理法に基づく電子マニフェスト、太陽光発電協会の太陽電池出荷量統計について、調査・検討を行った。

(1) 固定価格買取制度 (FIT) のデータ

全体量を把握できる可能性のあるデータとして、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法第9条第5項に基づき経済産業省から公表されている再生可能エネルギー発電事業計画の認定情報がある。この情報においては、発電施設の所在地、太陽電池の合計出力 (kW)、新規認定日といった情報を把握することができる。

しかし、認定情報であるため、設置の有無の把握はできず、廃棄についての情報も得ることはできないため、排出量を把握することはできない。

固定価格買取制度 事業計画認定情報 公開用ウェブサイト https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo
--

(2) 経済産業省/NITE 事故情報収集制度

排出量と関係する情報として、経済産業省/NITE の事故情報収集制度の情報が挙げられる。しかし、こちらの情報については報告された特定の事故情報のみのため、廃棄に至ったかどうか、また、量についても不明である。したがって、全体の排出量把握にはつながらない。

経済産業省/NITE 事故情報収集制度 https://www.nite.go.jp/jiko/jikojohou/shushu/gaiyou/index.html
--

(3) 廃棄物データシート (Waste Data Sheet、WDS)

廃棄物データシート (WDS) は排出事業者が処理業者に情報提供すべき項目を記載できるツールであり、廃棄物に特筆すべき取扱注意点があった場合に排出事業者が添付する。

太陽電池モジュールについては、「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」においても、「WDS が有効」と記載している程度であり、すべての事業者が、太陽電池モジュールの廃棄の際に WDS を添付しているとは考えにくい（利用は、一部の事業者にとどまるのではないかと考えられる）。このため、WDS から全国の排出量を把握することはできないと考えられる。

（４）廃棄物処理法に基づく電子マニフェスト

廃棄物の種類に「太陽電池モジュール」、「太陽光パネル」のような分類はないため、排出量の把握はできない。

（５）太陽光発電協会 太陽電池出荷量統計

太陽光発電協会では、太陽電池出荷量統計を作成し、公表している。同統計では、四半期ごとのモジュール用途別国内出荷量（住宅、発電事業、一般事業別（MW））を集計しており、国内で設置される太陽電池モジュールが把握可能となっている。

この統計データは出荷量ため、排出量予測には使用可能である。しかし、排出側を押しえた統計ではないため、排出量の把握はできない。

太陽光発電協会「太陽電池出荷量統計」 https://www.jpea.gr.jp/document/figure/

（６）太陽電池モジュールの排出量把握に利用可能なデータの検討のまとめ

上記（１）～（５）に記載した通り、いずれの手法も太陽電池モジュールの排出側を把握することは難しく、その他の現在存在するデータにおいて、太陽電池モジュールの排出量を把握することは難しいと考えられる。

なお、（５）の太陽電池出荷量統計を用いて、将来排出量を予測することは可能である。

2.7.2 排出量把握に参考となる事例調査

上述 2.7.1 で記載した通り、現在存在するデータにおいて、太陽電池モジュールの排出量を直接把握することは難しいと考えられる。そのため、ここでは、今後、太陽電池モジュールの排出量を把握していく上で参考となる他の製品等による排出量把握方法の事例調査を行った。

以下、(1)では広域認定制度の製品、(2)では家電リサイクル法の家電4品目、(3)では資源有効利用促進法のパソコン、(4)では自動車リサイクル法の自動車の事例について記述する。

(1) 広域認定制度を活用した製品

まずは、広域認定制度を活用した製品の排出量把握が挙げられる。広域認定制度の認定状況は環境省 HP の「産業廃棄物広域認定制度の認定状況」(https://www.env.go.jp/recycle/waste/kouiki/jokyo_1.html)でまとめられている。ここでは、排出量把握の事例として、自動二輪、消火器、鉛蓄電池を取り上げる。

1) 自動二輪に関する取組み

自動二輪は広域認定制度を活用して、廃棄自動二輪が回収されている。

「二輪車リサイクル自主取組み 2020 年度報告」によると、「二輪車リサイクルシステムは、全国に約 170 箇所指定引取場所及び 14 箇所処理再資源化施設を配置し、指定引取場所での引受け、運搬及び再資源化を実施しています。また、排出者の利便性を高めるため、一般社団法人全国軽自動車協会連合会の協力のもと、廃棄二輪車取扱店による廃棄二輪車の収集及び当システムへの引渡しを可能にしています。」と記述されている。

二輪車リサイクルの中心的役割は、後述の自動車と同じく、自動車リサイクル促進センター（JARC）が担っており、国内二輪車メーカー 4 社と輸入事業者 4 社（2021 年 7 月現在）による主取組みとして運営されている（表 2.7-1）。すなわち、二輪車リサイクルの取組みには、国内メーカーは含まれているものの、海外メーカーはあまり含まれていないこととなる。それを踏まえると、統計的側面としては、自主回収台数であり、全量でないことに留意が必要となる。

表 2.7-1 二輪車リサイクルシステム参加事業者（2021 年 7 月 1 日現在）

参加事業者名	取扱車両ブランド
本田技研工業（株）	ホンダ
ヤマハ発動機（株）	ヤマハ
スズキ（株）	スズキ
川崎重工業（株）	カワサキ
（株）イーケイエー	ADIVA（アディバ）
ドゥカティジャパン（株）	DUCATI（ドゥカティ）
ビー・エム・ダブリュー（株）	BMW
キムコジャパン（株）	KYMCO（キムコ）

出典：自動車リサイクル促進センターHP (<https://www.jarc.or.jp/motorcycle/object/>)

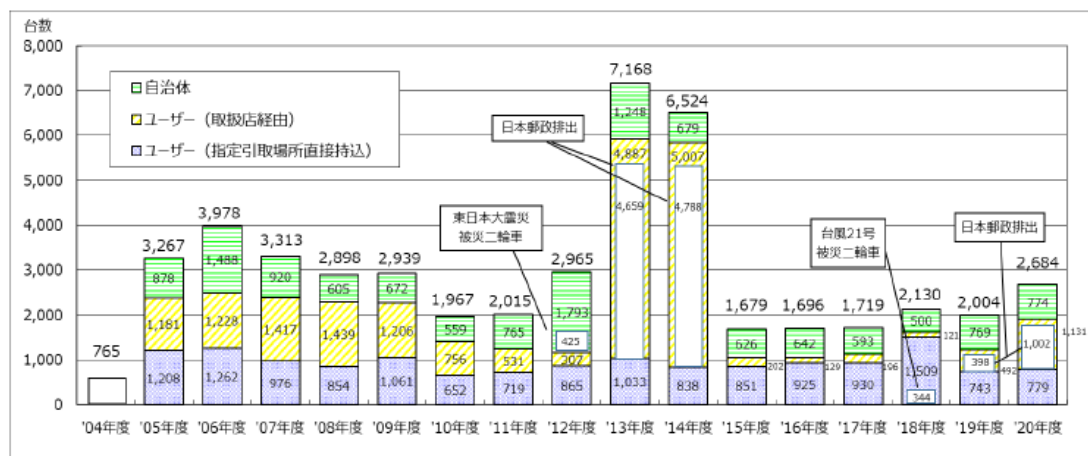


図 2.7-1 二輪車引取台数

出典：二輪車リサイクル自主取組み 2020 年度報告, 二輪車リサイクル自主取組み参加事業者連絡会, 2021. 6

2) 消火器に関する取組み

消火器については、(株) 消火器リサイクル推進センターによって廃消火器のマテリアルフローが把握されている。

(株) 消火器リサイクル推進センターは、廃消火器の不法投棄をなくし、法律を遵守した円滑で効率的な廃消火器の回収・リサイクルを進めるため、(一社) 日本消火器工業会が廃棄物処理法の特例である広域認定制度を取得し、その運用に際して必要な業務を行う為に設立されており、同センターは、廃消火器リサイクルシステムの運用に関する様々な管理業務を担っている。

消火器リサイクル促進センター「廃消火器リサイクルシステム年次報告書 2020 年度版」によると、「廃消火器の回収・リサイクルを実施する者として、以下の 4 者が存在する。まず、排出者からの廃消火器の引き取りを行う者が①指定引取場所、②特定窓口である。また、引き取った廃消火器を収集運搬する者が③収集運搬業者、廃消火器の処理再資源化を実施する者が④中間処理施設である。」と記載されており、これらで回収システムが構成されている。全国で指定引取場所が 200 か所、特定窓口が 5,017 拠点、収集運搬業者が 711 社、中間処理施設が 18 か所となっている。

データとしては、マテリアルフローが把握され、中間処理施設が 18 か所と限られることから、中間処理施設においてデータがとられているのではないかと推測される。

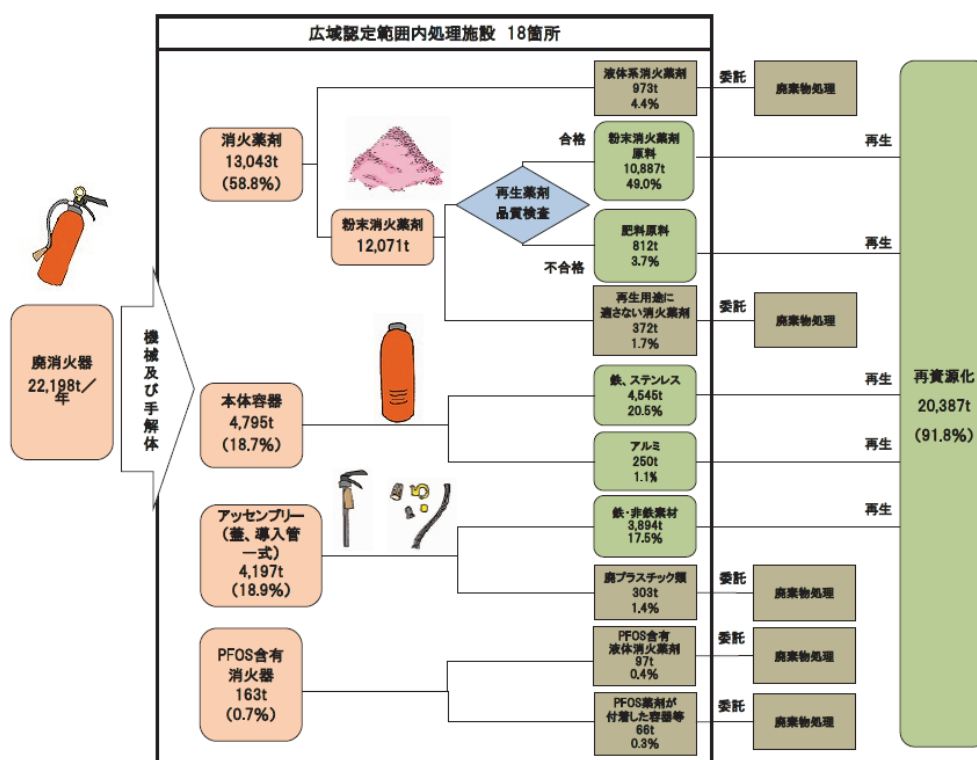


図 2.7-2 廃消火器のマテリアルフロー (2020 年度)

出典：廃消火器リサイクルシステム年次報告書 2020 年度版, 自動車リサイクル促進センター, 2021.8

3) 鉛蓄電池（自動車用）に関する取組み

鉛蓄電池は、(一社)鉛蓄電池再資源化協会が中心となり、自動車用使用済みバッテリー一回収・処理システムを構築している。同協会は、社団法人電池工業会と日本国内の蓄電池メーカー5社が基金を拠出して有限責任中間法人として設立した機関である。

同協会において、毎年の使用済み自動車用鉛蓄電池の処理量がとりまとめられている。



図 2.7-3 使用済みバッテリー回収・処理の全体像（左）と処理の流れ（右）

出典：(一社)鉛蓄電池再資源化協会 HP

表 2.7-2 使用済自動車用鉛蓄電池 処理量推移

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
処 理 量 (t)	5,619	13,717	11,763	10,970	10,313	9,807	9,522	10,578	12,138

出典：(一社)鉛蓄電池再資源化協会、「使用済自動車用鉛蓄電池・リサイクルシステムの運用状況について」をもとに作成

(2) 家電4品目（エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機）（家電リサイクル法）に関する取組み

家電リサイクル法においては、エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機の4品目が指定されている。これらの家電については、指定引取場所における品目ごとの月別の回収台数が把握されている（図 2.7-4 参照）。

なお、指定引取場所は（一財）家電製品協会 HP から検索することができる。

（（一財）家電製品協会 指定取引場所検索、<https://www.e-map.ne.jp/p/rkcsymap/>）

指定引取場所は、H30年時点で全国に340か所で、各都道府県で3～10か所程度あり、産廃収集運搬事業者、リサイクル事業者などが該当する。なお、事業者から指定引取場所への運搬には、産廃収集運搬（産廃マニフェスト）が必要となっている。

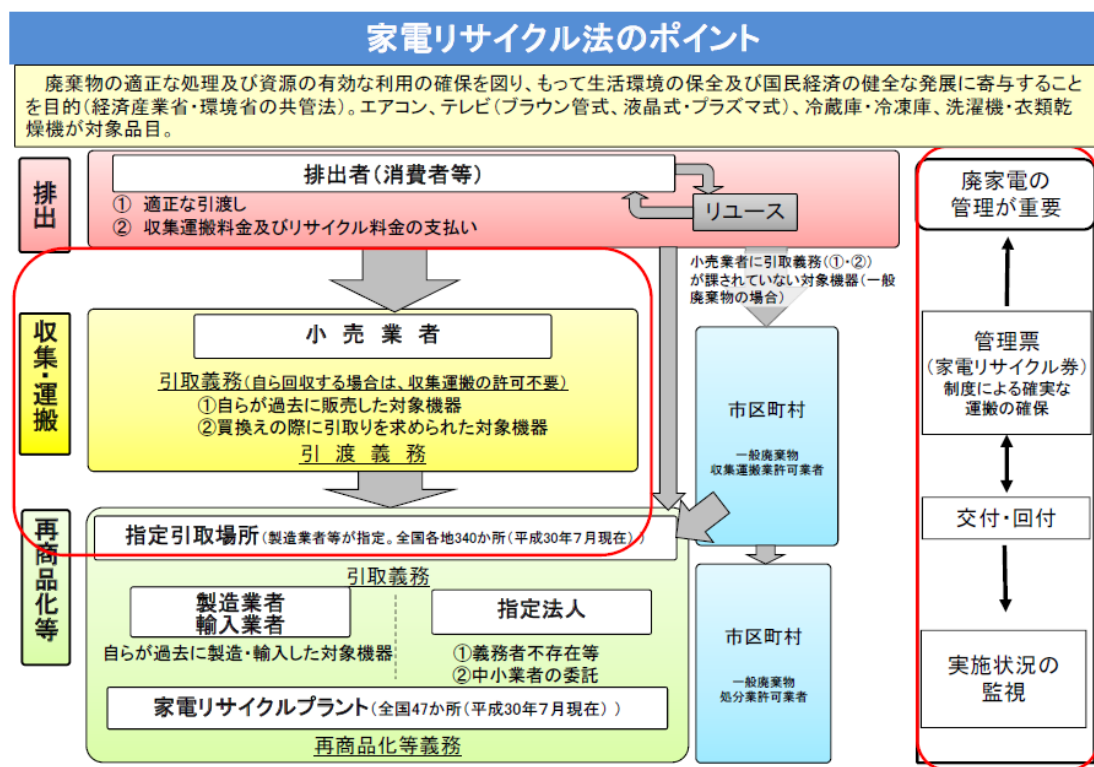


図 2.7-4 家電リサイクル法のポイント

出典：家電リサイクル法上の小売業者の義務等について、経済産業省／環境省リサイクル推進室

(単位:千台)

	平成30年度	令和元年度	令和2年度					
	4品目合計	4品目合計	4品目合計	エアコン	テレビ(ブラウン管式)	テレビ(液晶・プラズマ式)	冷蔵庫・冷凍庫	洗濯機・衣類乾燥機
4月	909	1,062	981	169	79	181	246	306
5月	1,111	1,235	1,170	318	86	188	264	314
6月	1,183	1,313	1,721	588	97	238	374	424
7月	1,731	1,657	1,901	632	90	294	416	468
8月	1,610	1,771	1,895	672	85	278	419	441
9月	1,108	1,604	1,474	377	78	258	374	386
10月	1,053	1,251	1,148	178	83	246	300	341
11月	935	923	1,047	164	76	234	253	319
12月	1,135	1,127	1,345	221	94	336	298	397
1月	977	950	1,122	184	63	271	232	273
2月	811	867	970	150	62	213	226	319
3月	1,001	1,013	1,248	201	90	261	308	388
合計	13,561	14,772	16,020	3,854	983	2,998	3,709	4,476

※ いずれも暫定集計値で今後修正があり得る。
四捨五入の関係で合計値が異なる場合がある。

図 2.7-5 家電リサイクル法施行状況（全国の指定引取場所における引取台数）

出典：家電リサイクル法施行状況（全国の指定引取場所における引取台数），経済産業省／環境省リサイクル推進室

家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討については、産構審・産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループと中環審・循環型社会部会家電リサイクル制度評価検討小委員会の合同会合で議論されており、「家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」（H26）において、使用済の当該4品目の廃棄フローが推計されている。

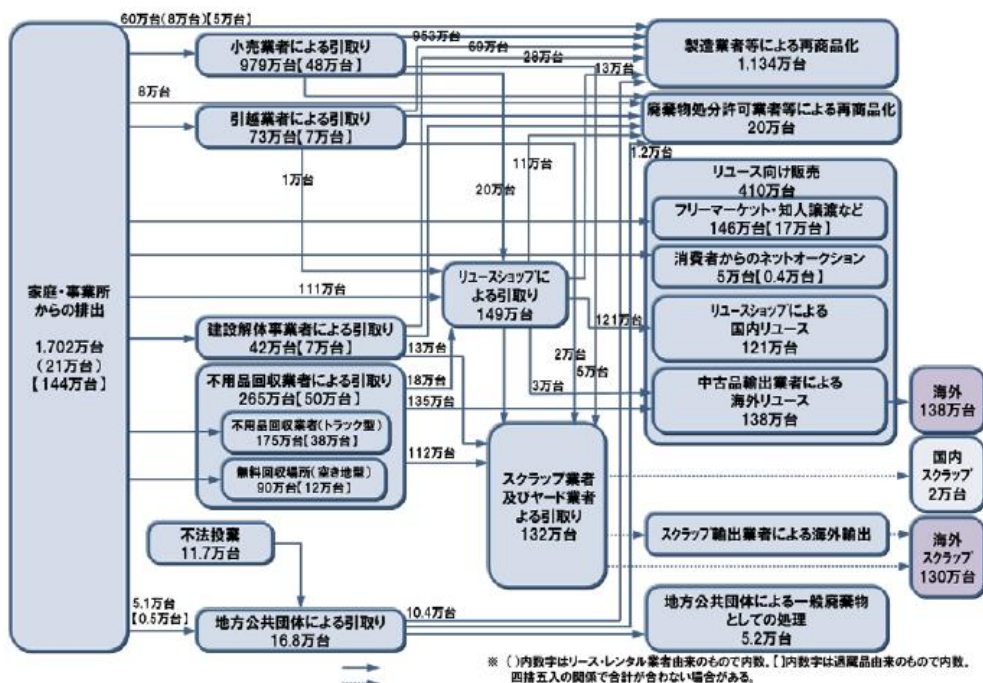


図 2.7-6 平成 24 年度の使用済特定家庭用機器のフロー推計（4 品目合計）

出典：「家電リサイクル制度の施行状況の評価・検討に関する報告書」H26.10（産業構造審議会産業技術環境分科会廃棄物・リサイクル小委員会電気・電子機器リサイクルワーキンググループと中央環境審議会循環型社会部会家電リサイクル制度評価検討小委員会合同会合）

(3) パソコン（資源有効利用促進法）に関する取組み

資源有効利用促進法による回収では、品目としてパソコンが指定されている。この法律においては、毎年度のパソコンの自主回収の重量（t）と台数が把握されている。集計データとしては、各事業者（自主回収及び再資源化義務のある事業者）の集計となっており、自主回収及び再資源化義務のある事業者：パソコン製造事業者、輸入パソコン販売事業者（回収量・回収台数とあわせて処理量・処理台数や再資源化量の把握が必要）のデータとなっている。

表 2.7-3 パソコン（事業系と家庭系の合計）自主回収実績（令和元年度）

製品区分	回収重量(t)	回収台数(台)
デスクトップパソコン	900 (772)	90,017 (79,720)
ノートブックパソコン	553 (473)	206,053 (172,016)
ブラウン管式表示装置	200 (257)	11,657 (14,683)
液晶式表示装置	1,021 (950)	140,014 (129,729)
合計	2,673 (2,452)	447,741 (396,148)

※ 表中の上段は令和元年度実績、下段括弧内は平成30年度実績で、それぞれ各事業者（自主回収及び再資源化の義務のある事業者）の公表実績値を集計した。

※ 自主回収実績には製品リユースのための回収が含まれる。

※ 表中の数字は四捨五入のため、合計等は必ずしも一致しない。

出典：資源有効利用促進法に基づく自主回収及び再資源化の各事業者等による実施状況の公表について（パソコン・小型二次電池），経済産業省

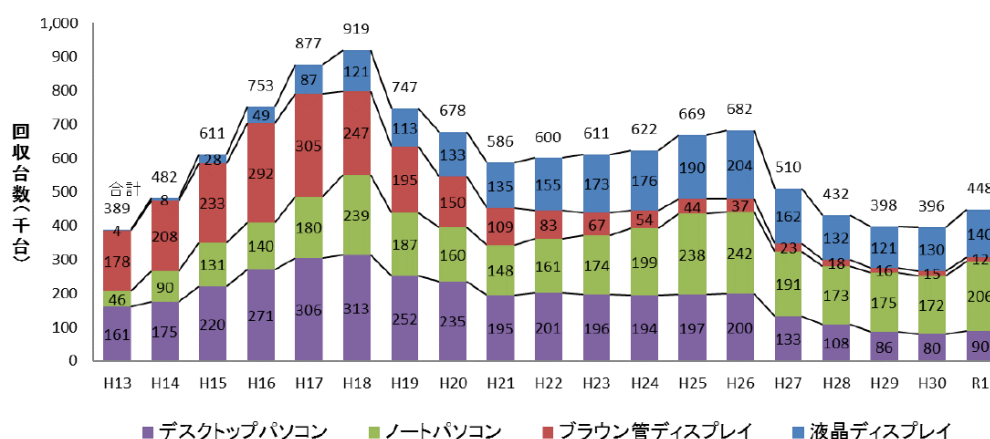


図 2.7-7 パソコン回収台数の推移

出典：資源有効利用促進法に基づく自主回収及び再資源化の各事業者等による実施状況の公表について（パソコン・小型二次電池），経済産業省

(4) 自動車（自動車リサイクル法）に関する取組み

自動車に関しては、使用済台数は（公財）自動車リサイクル促進センター（JARC）によって把握されており、使用済み自動車の情報はすべて JARC に集約されている。

なお、自動車は、法律上、完全登録制であることに留意が必要である。

自動車リサイクル法第 74 条では、リサイクル料金が資金管理人(JARC 資金管理センター)に預託されていなければ新車新規登録ができない(公道を走れない)ことが定められている。

上記の枠内に記載の通りのおと、情報が一元的に集約されているため、自動車解体処理・リサイクルに係るフローは全般的に把握されている（図 2.7-8 参照）。（※中古販売については対象外）

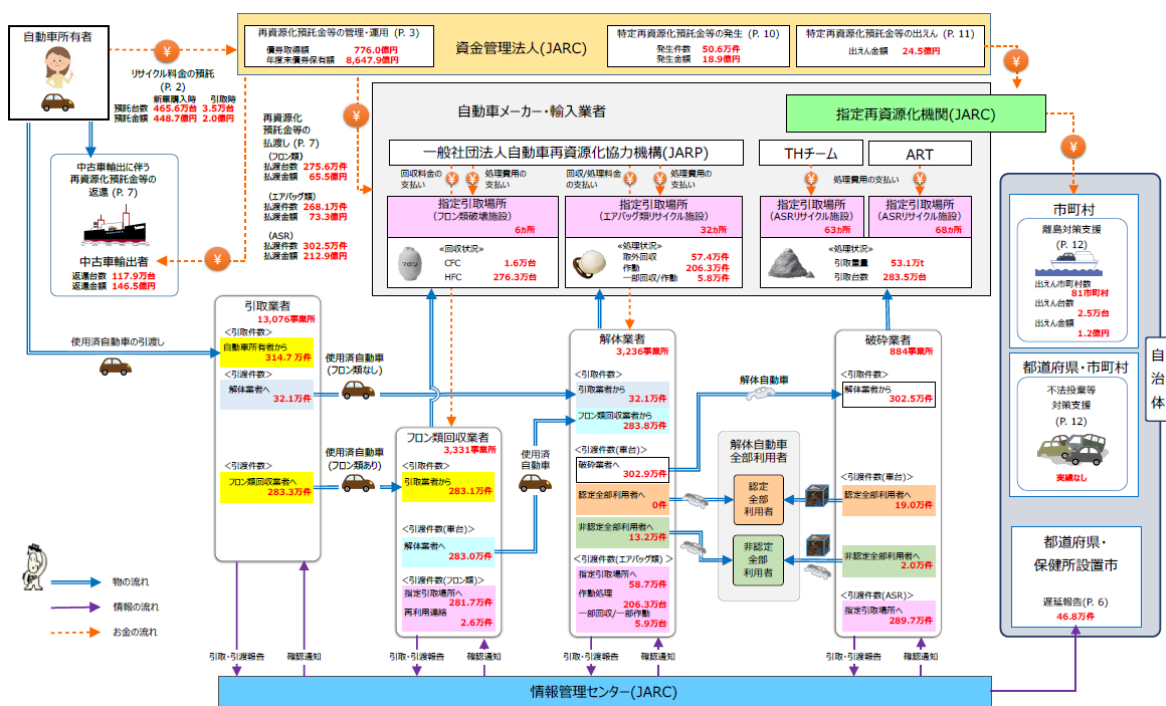


図 2.7-8 自動車リサイクルにおける物・お金・情報の流れ(2020 年度)

出典：自動車リサイクル促進センター「自動車リサイクルデータ Book PDF 版」

(5) 排出量把握の事例まとめ

二輪車、消火器、鉛蓄電池、家電4品目、パソコン、自動車はいずれも廃棄物処理関連の法令や回収の仕組みの上で排出量（回収量）を把握している。

これらのうち、消火器、自動車については製品の性質上、すべての排出量が把握されていると考えられる（自動車は登録制であること、廃消火器は網羅的に全量回収される製品であることによる）。また、パソコン、家電4品目については、法律の性質上、概ね全量がカバーされているものと考えられる。一方で、二輪車については自主回収の範囲（回収事業者が限定される）の把握であり、全量ではない。鉛蓄電池は使用済自動車用のみと用途が限定される。

なお、現在、考える範囲において、廃棄物処理関連の法令や回収の仕組みによる縛りをかけずに製品の排出量を把握している事例は見当たらなかった。

また、今回調査した事例では、毎年、処理・リサイクルだけでなく、リユースまで把握している製品は見当たらなかった⁶。その理由としては、リユース市場が処理・リサイクルとは全く別の市場であり、枠組み・フローが異なるためと考えられる。

表 2.7-4 排出量把握の事例のまとめ

製品	法令・制度	中心的役割	排出量データの概要
二輪車	広域認定制度	<ul style="list-style-type: none"> 自動車リサイクル促進センター（JARC）（自動車と同じ団体）。 （一社）全国軽自動車協会連合会の協力。 	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の自主回収台数。 国内企業による、自主回収の範囲のため、全量把握ではない。
消火器	広域認定制度	<ul style="list-style-type: none"> （株）消火器リサイクル推進センター （一社）日本消火器工業会が広域認定を取得。 	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の廃消火器のマテリアルフローを把握。 全量回収される製品であるため、全量把握と考えられる。
鉛蓄電池（自動車用）	広域認定制度	<ul style="list-style-type: none"> （一社）鉛蓄電池再資源化協会 （一社）電池工業会と国内蓄電池メーカーが同協会を設立 	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の使用済自動車用鉛蓄電池の処理量。
家電4品目 ※2	家電リサイクル法	<ul style="list-style-type: none"> （・経産省／環境省） （一財）家電製品協会 	<ul style="list-style-type: none"> 指定引取場所における品目ごとの月別の回収台数。 法律の性質上、廃棄・リサイクルについては、概ね全量がカバーされると考えられる。
パソコン	資源有効利用促進法	<ul style="list-style-type: none"> （・経産省／環境省） （一社）パソコン3R推進協会 	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の自主回収の重量（t）と台数。 法律の性質上、廃棄・リサイクルについては、概ね全量がカバーされると考えられる。
自動車	自動車リサイクル法	<ul style="list-style-type: none"> 自動車リサイクル促進センター（JARC） 	<ul style="list-style-type: none"> 毎年の使用済自動車台数、解体・破砕件数 自動車が登録制のため、廃棄・リサイクルについては、全量把握と考えられる。

※1:表中のいずれの製品も基本的にリユースは対象外（ただしパソコンの一部には含まれている）

※2: エアコン、テレビ、冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機・衣類乾燥機が該当する

⁶ 毎年度ではなく、特定年のフローを調査している場合、リユースも含めている事例はある。産構審・中環審の合同部会で検討された家電4品目がそれに該当する。

2.7.3 太陽電池モジュールの排出量把握手法の検討

上述 2.7.1 の太陽電池モジュールの排出量把握に利用可能なデータの検討を踏まえると、現状で太陽電池モジュールの排出量を把握することは難しいと考えられる。

上述 2.7.2 の排出量把握に参考となる事例調査を踏まえると、全事例ともに廃棄物処理関連の法令・制度により排出量を把握していることから、廃棄物処理関連の法令・制度の整備により排出量を把握出来る可能性がある。

具体的な法令・制度としては、「広域認定制度」、「家電リサイクル法」、「資源有効利用促進法」及び「その他の法令・制度」が挙げられる。

まず、「広域認定制度」の適用が挙げられるが、「製造、加工、販売等の事業を行う者（製造事業者等）」による適正処理が目的であり、国内企業シェアが高くない（40%程度）太陽光モジュール⁷だと、海外メーカー品を全量回収・把握できないという懸念点がでてくる。

次に、「家電リサイクル法」の適用について考えてみる。家電ではないが、家電4品目と同様に回収すると想定した場合、家庭用に限定すれば数 kW であり、家電と同様の扱いも可能であると考えられる。10kW を超える家庭用以外については、家電という範囲では扱えないと考えられる。また、他の家電と異なり、太陽電池モジュールの所有者が直接取り外しできないため、所有者から回収事業者への直接的な引き渡しも難しいと考えられる。

「資源有効利用促進法」の指定再資源化製品の適用の場合について考えてみる。当該製品については、製造事業者及び輸入事業者が、自主回収及び再資源化に取り組むことが求められている。指定再資源化製品としては、パソコン（および小型二次電池）が対象となっており、パソコンはこの制度において回収・把握されている。

パソコンの出荷台数については、国内メーカーよりも海外メーカーが強い状況である。同法に基づいて、パソコンおよびパソコン用ディスプレイの3Rを促進する（一社）パソコン3R推進協会には、主要なパソコンおよびパソコン用ディスプレイの事業者のほとんどが加盟しており、DELL、HP（ヒューレットパッカー）、acer、ASUS、Lenovo、Apple といったほとんどの主要な海外メーカーも会員に含まれている。

なお、パソコンメーカーはサポート体制が重要であるため、海外のパソコンメーカーが日本法人を立ち上げていることが多く、その日本法人が協会に加盟していることが多いことが特徴として挙げられる。これらの特徴もあり、パソコンについては、概ね廃棄の全量がカバーされていると考えられる（ただし、自主組み立ては含まれない）。

したがって、太陽電池モジュールの場合、広域認定制度同様、海外メーカー製造部分の対処方法が重要となってくると考えられる。

⁷ 2020年度の日本における太陽電池モジュールの出荷量は531万kWで、うち、日本企業による出荷量は229万kW（43%）。（出典：太陽光発電協会「太陽電池モジュールの出荷量」
<https://www.jpea.gr.jp/document/figure/>）

最後に「その他の法令・制度」として、太陽光モジュールに特化した制度により把握することが考えられる。太陽電池モジュールの場合、太陽光発電協会の出荷量統計の区分では、「住宅」、「非住宅（一般事業）」、「非住宅（発電事業）」、「その他」の4区分で把握されていることもあり、この分類がベースとなると考えられる。

なお、2.7.2において調査をおこなったいずれの製品の場合も、メーカー・販売事業者による協会が重要な役割を担っていると考えられる。

第3章 海外におけるリユースの実態調査

3.1 リユース品利用及び不適正利用・処理に係る実態調査

3.1.1 欧州における状況¹

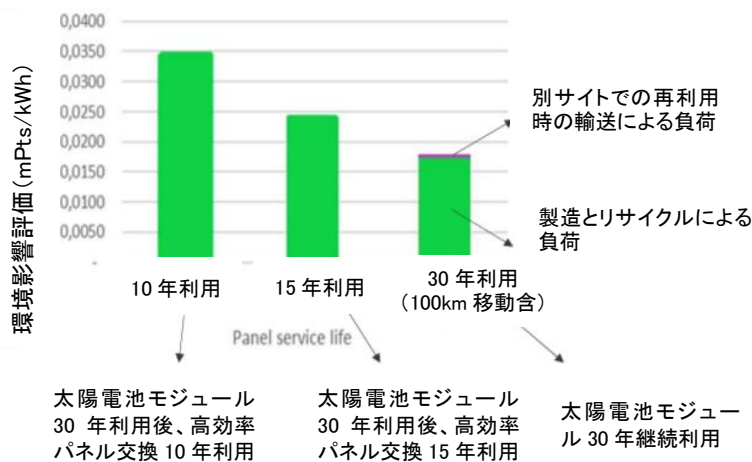
(1) 中古市場の状況

1) 利用の背景

太陽電池モジュール設置が急速に拡大してから15年が経過し、使用済太陽電池モジュールが廃棄され始め、そのタイミングに合わせて中古市場が徐々に出現してきている。欧州ではサーキュラーエコノミー推進の一環として、太陽電池モジュールの使用年数を延ばし、早々に廃棄物となることを防ぐために、再利用や修理が主要な役割を果たしている。既存の調査²では、30年間リユースすると設置場所を変更するための輸送を考慮しても環境への負荷が低くなることが示されている（効率的、環境配慮型の新しいパネルに交換しても10～15年の利用であればリユースの方が低い負荷となる）。

製品寿命の延長・再利用時のLCA (ライフサイクルアセスメント)

※機能する太陽電池モジュール使用年数別の環境影響評価



*Report under revision, soon available @ lea

図 3.1-1 製品寿命の延長・再利用した場合のLCA (ライフサイクルアセスメント)

出典: CIRCUSOL, Circular Business Models for the Solar Power Industry, April 2021 (slide 8)

¹ 調査は主に各種文献、ヒアリング(CIRCUSOL、SecondSol等)、次のオンラインイベントへ参加し行った。①Norwegian Solar Energy Cluster (2021年4月15日)、②SolarPower Summit (同5月10～12日)、③EU Green Week 2021のPartner Event「Circular supply chains: Reducing pollution and waste through cooperation」(同6月10日)

² CIRCUSOL: Circular Business Models for the Solar Power Industry (太陽光発電産業の循環ビジネスモデル)による調査。CIRCUSOLは、欧州委員会のHorizon 2020プログラムが資金提供するInnovation Action事業で2018年6月発足、4年間の活動を行われる予定。欧州8カ国の15パートナーが参画、太陽光発電分野における循環経済のビジネスソリューション開発、実証も行われる。

2) 市場の規模・価格

欧州では、約 15 社（ドイツ系 5 社、中国系 10 社³）が太陽電池モジュールの中古事業を進めており、市場規模は年間で 500 MW_p から 600MW_p と推計されている⁴。

一般的に太陽電池モジュールは太陽光発電設備費用全体の概ね 40%を占めるため、リユース事業はメリットがある。しかし、価格面の優位性はあるが、急速に下落し続ける新品のモジュール価格（0.2-0.3 €/W_p まで下落）、太陽電池モジュールの効率（現在 17%～20%）向上により、中古太陽電池モジュールの価格的なメリットは小さくなってきている面もある⁵。

表 3.1-1 新規および中古 c-Si（結晶シリコン）モジュールの料金

中古(希少品種)	中古(主流品種)	新品(主流品種)	新品(高効率品種)
Up to 5 €/W _p	0.125 €/W _p	0.25 €/W _p	0.33 €/W _p

出典：EU Green Week 2021 の Partner Event, IMEC, Waste reduction: practical issues for re-use of PV modules (slide 22)

3) 発生・供給源や担い手

現在、一般的に中古の太陽電池モジュールは、ヨーロッパ、米国及び中国の主に大規模な商業用太陽電池モジュール設備（10kW_p～MW_p）、又は大規模な太陽電池モジュール施設（>1MW_p）から供給されている。悪天候等により損傷が生じ、全てのモジュールを交換することになっても大部分が無傷のものが含まれ、それが中古品として再利用されている⁶。

一部の EU 加盟国では、大規模な取り付けを行う企業が、中古の太陽電池モジュールを提供している。SecondSol や pvXchange 等の企業が、主にリユース品を含む業務用途太陽電池モジュールや部品交換のオンライン・プラットフォーム⁷を設立し、品質管理の基準づくりや参加企業による修理、設置、リパワリング⁸のサービスも提供している⁹。

費用的に安価となる方法として、排出現場で再利用可能な太陽電池モジュールを回収、撤去の時点で選別、目視、電気検査、モジュールの外部電気部品（ケーブル、コネクタ、ダイオード）の修理について記録することである。より高い費用を要するが、太陽電池モジュールを処理施設に移送し、より広範かつ詳細な検査・修理が行われるケースもある¹⁰。

³ Webinar “Circular supply chains: Reducing pollution and waste through cooperation” (June 2021), slide 22

⁴ ただし太陽電池モジュール設備の廃止や転売市場は登録されていないため、取引量を評価することが非常に難しい面がある（PV CYCLE and imec/EnergyVille, Press release (March 2021), “Study of re-used PV modules”）

⁵ 上記と同書

⁶ 上記と同書

⁷ ドイツ pvXchange (<https://www.pvxchange.com/>) 等

⁸ 経年により劣化した主要部品の交換や、新たな設備を追加することで出力を増強するなどして設備を強化し、出力を増加することである。<https://www.kankyo-business.jp/column/026332.php>

⁹ Dodd, N., et al., 2020, ‘Preparatory study for solar photovoltaic modules, inverters and systems. Final report’, Joint Research Centre

¹⁰ PV CYCLE and imec/EnergyVille, Press release (March 2021), “Study of re-used PV modules”

表 3.1-2 修理不可能および修理可能な問題

修理不可能 (一部)	修理可能
<ul style="list-style-type: none"> ● ガラス板の破損 ● 半田付けによる薄い金属板 (ストリップ) の接合部、セル又は裏面材 (バックシート) に目視できる焦げ (暗い茶色) ● モジュールの端から始まる充填材 (封止材) の大きな層間剥離 ● 裏面材のひび割れに繋がる部材の破損 	<ul style="list-style-type: none"> ● コネクター/ケーブルの欠損又は欠落 (交換) ● ジャンクションボックス¹¹の破損 (交換) ● バイパスダイオード¹²の欠損 (交換) ● 裏面材の傷 (傷を覆う)

出典: EU Green Week 2021 の Partner Event, IMEC, Waste reduction: practical issues for re-use of PV modules (slide 21)

4) 技術基準

中古太陽電池モジュールの品質担保には、選別と検査の手順に関するガイドラインや基準、再利用するモジュールを認定する基準を設定することが必要であるとの指摘もある¹³。例えば、定格出力の70%超が残存した太陽電池モジュールのみを再利用可能なものとして、安全性に少しでも懸念があるものは可能なものとみなさない等をガイドラインに盛り込むことが必要である。

5) 市場の可能性と実態

欧州で開催された太陽光発電業界団体による会議や報告書¹⁴によると、太陽電池モジュール製品の再利用、改良、修理は、発電コストの削減、出力の改善および製品寿命の延命化に寄与し全体的にカーボン・フットプリントの抑制に資するものと指摘され、中古太陽電池モジュールの市場は高い可能性が示されている。その一方で、実態として規制する法的なフレームワークが欠如しており、再利用を促進するための選別、検査や技術面、安全面において中古の太陽電池モジュール製品を分類する要件を規定したガイドラインや基準も今後作成、拡充される必要がある。

このように、太陽電池モジュールの再利用はメリットが認識されているが、普及促進に向

¹¹ モジュールで発電した電気を、外部に出力する端子ボックス。また、モジュール同士を直列接続するためにある、ケーブルのコネクタの差込口でもある。ジャンクションボックスは、モジュールの背面に配置されている。<https://sma-ene.jp/column/11489/>

¹² 太陽電池と組み合わせて機能する、太陽光発電の不具合を回避するための素子。
<https://blog.nttrec.co.jp/solar-battery-bypass-diode/>

¹³ Imec/EnergyVille の R&D マネージャーである Eszter Voroshazi

¹⁴ 欧州の太陽光発電業界団体である SolarPower Europe が開催した SolarPower Summit (2021年5月10日~12日開催)にて12以上のサブグループ会議にて太陽光発電業界の最新傾向や European Green Transition (欧州におけるグリーン経済への移行)について議論が行われた。再利用や修理は、「Solar4Sustainability」グループにて議題のひとつとなった。SolarPower Europe からは「Solar Sustainability – Best Practices Benchmark (2021年5月)」のレポートが同サミットにて公表されている。

けては課題が存在しているとの指摘がある。

(2) 課題

太陽電池モジュールのリユース推進には以下のような課題が存在している。

1) 法的なフレームワークと保証の欠如

中古太陽電池モジュールの市場は高い可能性を有するが、現在は規制がほぼ無く、潜在的な再利用、選別及び検査を対象とした太陽電池モジュール製品を分類する要件、技術面・安全面の要件を詳細に説明するガイドラインや基準が必要であると指摘されている¹⁵。また太陽電池モジュールの再利用の際に保証が付与されていないことも利用拡大を妨げる一因となっている。

2) 不明確な経済的なメリット

中古の太陽電池モジュールの再利用は環境的にも社会的にも望ましいものである。しかし、価格が下落し効率が向上している新品と比較すると、中古品が有する出力、製品寿命は全ての用途に魅力があるとは言えない状況である。欧州からは低所得国へ輸出され再利用されるため、経済的にメリットがあると考えられるが、先進国での再利用は、ニッチな用途に対してのみメリットがある状況にあり経済面での評価は今後なされる必要がある。

3) 最終利用者の嗜好

中古の太陽電池モジュールが機能を有していても、ユーザーは一般的に価格が下落しつつあり性能も向上している新品を好む傾向にあるとの指摘がある¹⁶。

4) 各種データと定義の欠如

中古太陽電池モジュールの再利用はサーキュラーエコノミー推進に資するものであるが関連する学術研究が殆ど存在していない。全体的に、中古の太陽電池モジュールの年毎の経年劣化、故障率やその内容について信憑性のあるデータは蓄積されていない。これは、関係者が太陽電池モジュールの故障に対してどのような修理を保証し、どのようなコストや性能レベルを達成すべきかについての分析が進まない要因となっている。さらに、中古太陽電池モジュールが定義されていないことは、保証期間中に返品される製品、初期の欠陥、自然災害による破損又は製造時のオフスペック品等、何が中古品となるかが不明瞭な状態を生じさせている。また政策立案者や産業界が法令、認証及び業界の慣行を通して再利用や再生を奨励できるように、中古太陽電池モジュールの状態に関して定義する用語をまとめることも必要である¹⁷。また、太陽電池モジュールの故障やそれに伴う修理費用に関する統計デ

¹⁵ SolarPower Europe, Solar Sustainability – Best Practices Benchmark (May 2021), p.21

¹⁶ Oeko-Institut e.V., Emerging waste streams – Challenges and opportunities (February 2021)

¹⁷ Franco, M.A.; Groesser, S.N. A Systematic Literature Review of the Solar Photovoltaic Value Chain for a Circular

ータの不足が、太陽電池モジュールや蓄電池の中古ビジネスモデルの出現を妨げている。

(3) 課題に対する対応（再利用可能な製品の判断や検査手順）

中古太陽電池モジュール市場やサプライチェーンの発展のために、基準の策定や国際的な規制が必要であるとの指摘がなされている¹⁸。

太陽電池モジュールの修理の一部（ケーブル、バイパスダイオード、ジャンクションボックスなどの部品交換等）の対応は現場にて行われている。フレーム又は欠陥のあるバックシート¹⁹の修理、又は太陽電池（solar cell）の交換等より大がかりな作業を伴うものは関連施設にて行われている¹⁹。一部の企業は、修理、品質検査及び測定のために移動式の作業装置を所有している。

十分な品質検査と結果記録の書類化によって中古太陽電池モジュールが廃棄物ではなく、再利用可能な製品とみなされるためには廃棄物枠組み指令（WFD）の「廃棄物の終了（End of Waste）」基準²⁰に適合する必要がある。

- モジュールが機能する状態にある
- 品質検査の書類が用意されている
- モジュールの市場が存在し価格がつけられている
- 購入契約が閲覧可能な状態となっている
- 製品のように梱包されている

また、ドイツの公的機関²¹は以下の検査手順を推奨している。

- 目視による検査と洗浄が行われていること
- 電流・電圧曲線が記録されていること
- 製品と電気の安全面から、アース導通試験や絶縁試験を実施し、試験の結果に基づいて用途別に電圧を制限すること
- 結果を記録に残し、その結果をそのモジュールの裏面に貼り付けること
- 少なくとも6～12ヶ月の保証期間を設けること

Economy. Sustainability 2021, 13, 9615. <https://doi.org/10.3390/su13179615>

¹⁸ i.a. PV CYCLE and imec/EnergyVille, Press release (March 2021), “Study of re-used PV modules”, Webinar “Solar4Sustainability” (SolarPower Summit 2021), “SolarPower Europe’s PV Sustainability Benchmark”

¹⁹ CSA Group¹⁹の論文

²⁰ 例えば、廃自動車は、「廃棄物の終了」の基準を満たすために、液体や有害物質の除去、金属部品の適した処理が行われている必要がある。 <https://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=24929>

EUでは、廃棄物と副産物の違いを明確化することで、むだのない資源利用を後押しし、そして廃棄物についても、一定の基準を満たしたものは廃棄物から資源へとすることで質の高い再生資源となるように促している。 https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/contribution/2017/kankyokanri1609_01.html

²¹ bifa Umweltinstitut：バイエルン州政府、アウグスブルク市、アウグスブルクのシュヴァーベン商工会議所により1991年に設立。 <https://www.bifa.de/bifa/unternehmen>

Figure 12: Example of a test sequence to prepare for reuse of a module



図 3.1-2 モジュールの再利用に備えるための検査手順の例

出典： CSA Group, Photovoltaic (PV) Recycling, Reusing, and Decommissioning - Current Landscape and Opportunities for Standardization (October 2020), p.31

(4) 欧州各国における状況

1) 概況

下表は、ドイツ、フランス、英国で上市され、廃棄物として回収、再利用、処理、再資源化された太陽電池モジュールの量を示したものである²²。再利用される太陽電池モジュールが統計上把握されているのはドイツにおいてのみである。2017年には約15.5万トンが上市、約3.6千トンが廃棄物として回収されている。270トンが再利用量として記録されている。

表 3.1-3 ドイツ、フランス、英国における太陽電池モジュールに関する統計（2017年）

Table 7: PV statistics according to WEEE monitoring in Germany, France, and the United Kingdom 2017 [42]. Units are in metric tonnes.

	Germany	France	United Kingdom
Products put on the market (上市量)	155,539	83,621	33,813
Waste collected (廃棄物回収量)	3,595	1,885	106
Waste collected from households (同家庭由来)	1,000	1,885	106
Waste collected from other sources (同非家庭由来)	2,595	0	0
Waste treatment (廃棄物処理量)	3,595	1,885	106
Waste treated in the member state (同 EU 内加盟内処理量)	3,568	99	106
Waste treated in another state of the EU (同 EU 内非加盟内処理量)	26	1,786	0
Waste treated outside the EU (同 EU 外処理量)	1	0	0
Recovery (再資源化量)	3,560	1,830	106
Reuse (リユース量)	270	0	0

単位：トン

出典： CSA Group, Photovoltaic (PV) Recycling, Reusing, and Decommissioning - Current Landscape and Opportunities for Standardization (October 2020), p.28

²² 利用できるデータには制限があるため全ての太陽電池モジュールが把握されていない可能性がある。

2) ドイツにおける状況

ドイツでは2018年に合計7,865トンの使用済太陽電池モジュールが回収されている²³。この数値には太陽電池モジュールが想定された平均使用年数より長く利用されていること、回収システムが十分に機能していないこと、一部の太陽電池モジュールが輸出されていることから全ての数量が報告データに反映されていないと考えられる²⁴。

最新型の太陽電池モジュールの発電効率がよいため、中古太陽電池モジュールは一般的に価格優位がない。しかし、EEG（再生可能エネルギー法）²⁵による補助金が終了する時や保険適用により発電所全体の太陽電池モジュールが一斉に交換される時に、大量に排出される場合には経済合理性が生まれる。

その反面、こうした再利用の取組の多くは、ドイツの連邦統計局(Destatis)の報告書には反映されておらず、例えば、2018年には900トン(11.4%)が再利用の準備として登録されただけである²⁶。これは、また、中古品として転売されたモジュールが正式な廃棄物として認識されず、それにより報告書には反映されなかった可能性がある。

発電所全体のパネルの一斉交換などニッチなケースを除けば、ドイツにおいても販売又は修理される中古太陽電池モジュールには高い価値が見いだされず、大部分の太陽電池モジュールが輸出されることが報告されている²⁷。

Deutsche Umwelthilfe e.V. は、再利用に関連した以下の主な問題を特定し、それに対する提案を行っている²⁸。

²³ BMU 2020: Daten zu Elektro- und Elektronikgeräten in Deutschland [2018]

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/elektrogeraete_daten_2018_bf.pdf

²⁴ Deutsche Umwelthilfe e.V., A white paper on strengthening the circularity of photovoltaics (March 10, 2021)

²⁵ https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000766.pdf

²⁶ Destatis 2020: Zur Erstbehandlung angenommene Elektro- und Elektronikaltgeräte 2018,

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Tabellen/liste-erstbehandlung.html>

²⁷ Deutsche Umwelthilfe e.V., A white paper on strengthening the circularity of photovoltaics (March 10, 2021)

²⁸ Ibid. p.12

問題 1	中古太陽電池モジュールの所有者にとって費用や労力の関係から EU 域内再利用は経済的にメリットがない。このため海外への輸出が容易な代替手段であり、一部違法な取引となる
<p><問題に対する対応案></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 公的なモジュールの回収拠点に対し、30 個以上のモジュールの引き取りを義務化 ▶ 製造業者に、回収システムに参加、又は十分な回収拠点を備えた同様の優れたテイクバック（回収）スキームの創設を義務化 ▶ 市場をモニタリングし、不法に（登録なしに）モジュールを上市するなど、義務を免れようとする製造業者に対して罰則を実施（フリーライダー対策） ▶ 太陽電池モジュールシステムの所有者は当局への適正な報告とともに、廃棄時に適正な処分義務を認識させること ▶ 検査の標準化、頻繁な管理と統一した廃棄物の識別番号により、正常に作動しなくなったモジュールを不法に輸出することを防止 	
問題 2	使用済太陽電池モジュールの多くが未だに機能するにもかかわらず、不適切な処理により破壊され再利用が促進されない
<p><問題に対する対応案></p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 従業員へのトレーニングの義務化と、運搬（民間や公共の回収インフラ）中の適切な回収容器の使用および保護措置 ▶ 使用済みモジュールを扱う従事者へ対する専門トレーニングと認定プロセスの開発 ▶ 機能性の管理および各モジュールを種類別に選別することを実施 ▶ 市町村、回収システム、製造業者および流通業者のような回収プロセスに関わる者に、再利用業者やイニシアチブに協力することを義務化 	

3) 民間セクターの取組 1（ドイツ SecondSol によるオンラインプラットフォーム）

SecondSol は 2010 年にドイツの Meiningen で設立したオンラインのプラットフォームである。欧州にて太陽電池モジュール、インバーター、蓄電池およびアクセサリーなどの新品および中古品を扱い 4 千以上の売り手と 3 万以上の買い手（ユーザー）を有する（2020 年現在）²⁹。ウェブサイト SunKauf（<https://www.sunkauf.de/>）はドイツ語で、購入するものを写真で紹介しているが、詳細はない。基本的には、以下が規定されている。

- ジャンクションボックス、コネクタ、ケーブルなどは修理・交換が可能なものとしているため購入対象としている。
- 問題のリスクがあるものを売買はしない（絶縁体、層間剥離、破損したガラス、ホットスポットなど）、購入対象としない。

²⁹ Interview with Stefan Wippich, Founder of SecondSol (December 2020)


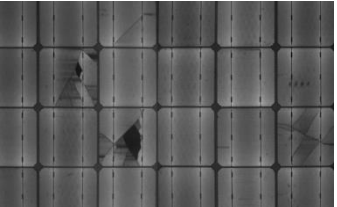


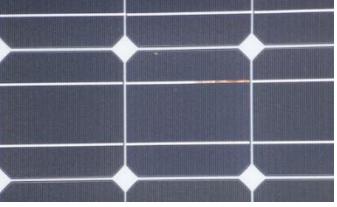

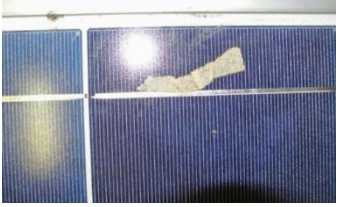





		
<p>目視できるスネイルトラック³⁰のモジュール</p>	<p>マイクロクラック³¹とセルが破損したモジュール</p>	<p>裏面材が変色したモジュール</p>
		
<p>封止材の EVA (エチレン酢酸ビニル共重合樹) フィルムが変色したモジュール</p>	<p>セルの接合部が変色したモジュール</p>	<p>異なるセルの色があるモジュール</p>
		
<p>ラミネート部³²に異物があるモジュール</p>	<p>僅かにフレームが破損しているモジュール</p>	<p>外側に傷があるジャンクションボックス</p>
		
<p>内側に傷があるジャンクションボックス</p>	<p>ソーラーケーブルに欠陥があるモジュール</p>	<p>コネクタがないモジュール</p>

図 3.1-3 購入対象とするもの

³⁰ 目に見えるマイクロクラックの症状として、製造業者の間で知られる「スネイルトレイル」という変色がある。スネイルトレイルは、セル表面に水分が浸透することにより発生する。その後の腐食性又は化学的な反応は、亀裂の経路に沿って非常に顕著な変色を引き起こす。すべてのマイクロクラックでスネイルトレイルが発生するわけではないが、全てのスネイルトレイルの原因はマイクロクラックによるものである。t191227.pdf (jpea.gr.jp)

³¹ 一般に裸眼で検出することが不可能な、結晶系シリコン太陽電池モジュールにある圧力又はストレスによって太陽電池モジュール内部の太陽電池セルに発生する微小な亀裂。t191227.pdf (jpea.gr.jp)

³² モジュールは4つの部位（①フレーム、②ネジ、③ケーブル、④ラミネート部（端子箱を含む、①・②・③以外部分））で構成される。https://www.env.go.jp/press/files/jp/110488.pdf

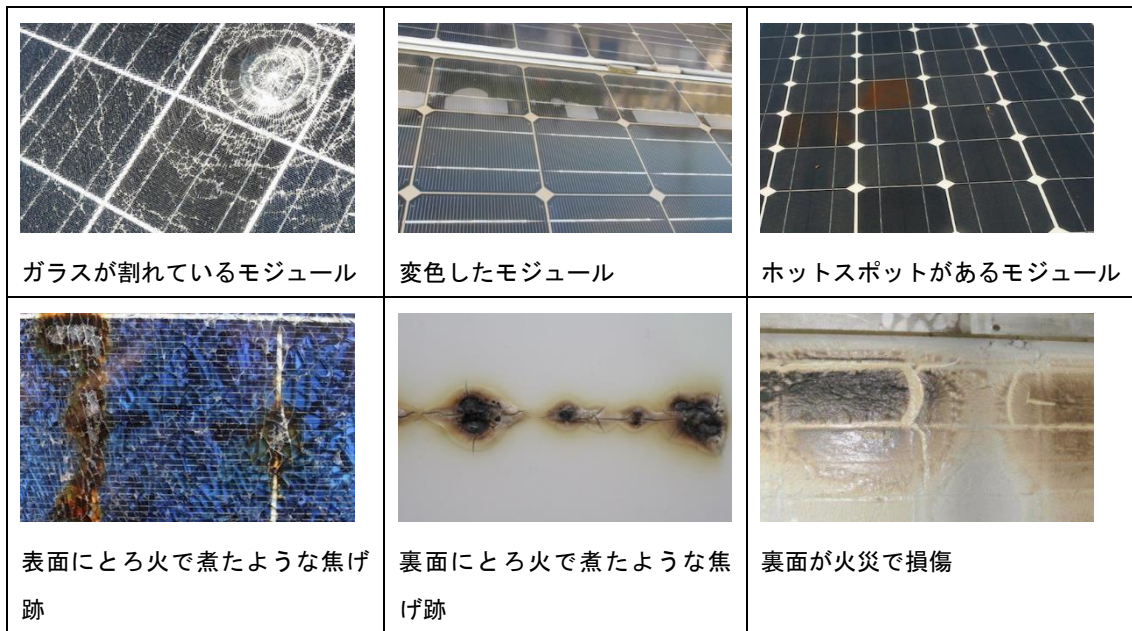












図 3.1-4 購入対象としないもの

4) 民間セクターの取組2 (ドイツ pvXchange による販売プラットフォーム)

SecondSol と同様に中古太陽電池モジュール等の販売プラットフォームを提供している。2009 年からは太陽電池モジュールの卸売価格の動向に関する物価指数等のレポートも月次で発行³³している。

表 3.1-4 価格帯別の製品の概況を示したレポート例 (2021 年 9 月)

モジュール種	€/Wp	2021.8 以降傾向	2021.1 以降傾向	製品特徴
Crystalline modules				
Bifacial (両面受光)	0.37	- 2.6 % 	+ 8.8 % 	両面受光の太陽電池モジュール、透明シートまたは両面ガラス、フレーム付きまたはなし
High Efficiency (高効率)	0.34	- 2.9 % 	+ 6.3 % 	結晶タイプ 340Wp モジュール (PERC、HJT、n タイプ、バックコンタクト)
All Black (オールブラック)	0.36	0.0 % 	+ 9.1 % 	モジュールタイプ、黒バックシート、黒フレーム (290-400Wp)
Mainstream (主流品/汎用品)	0.25	0.0 % 	+ 8.7 % 	標準タイプ (60/120 結晶タイプ、アルミフレーム、白バックシート、275-335Wp)
Low Cost (低価格品)	0.16	- 5.9 % 	0.0 % 	中古 (新古品)、部分保証または保証なし

Source: www.pvxchange.com

NOTES ON READING THE PRICE INDEX

1. Only tax-free prices for photovoltaic modules are shown.
2. The prices stated reflect the average prices quoted on the European spot market (customs cleared).

³³ 出典 <https://www.pvxchange.com/Price-Index>

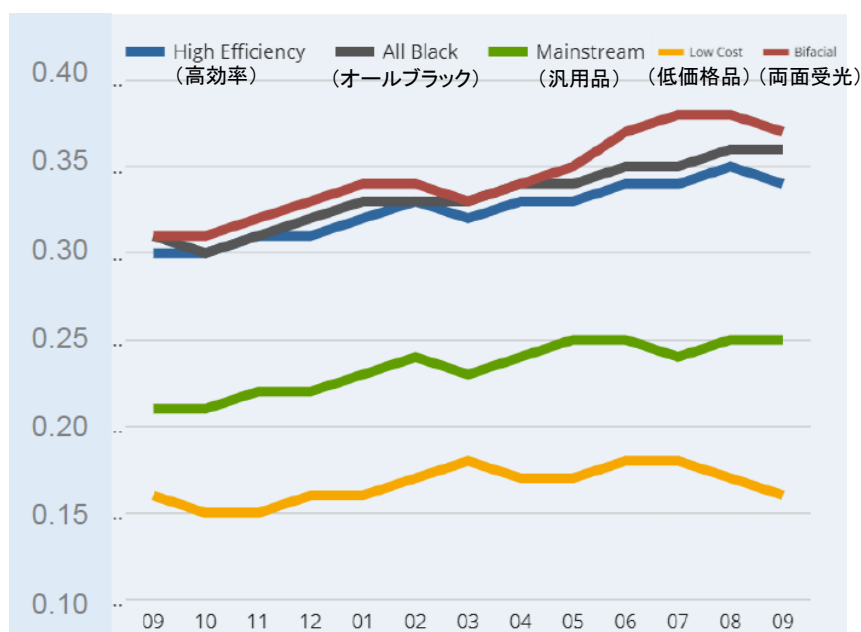


図 3.1-5 製品カテゴリー別中古太陽電池モジュール価格の推移（20年9月～21年9月）

出典：<https://www.pvxchange.com/Price-Index>

（5）輸出状況

1）途上国への輸出

先進国の中古市場（特に西ヨーロッパ）は限定的であるが、中古太陽電池モジュールは主に低所得国で日射量が多いアフリカ諸国、中東の一部の地域、東南アジアにおいて需要がある。欧州で発生する中古太陽電池モジュールは、主にアフガニスタン、ニジェール、チャドソマリア等が主な輸出・販売先となっている³⁴。その他、シリア、レバノン、北アフリカ地域との報告もある³⁵。低所得国でも太陽電池モジュールの設置になんらかのインセンティブや補助がある場合は中古太陽電池モジュールの輸入ニーズは高い³⁶。

中古太陽電池モジュールへのニーズがある低所得国は、パネルの外観等への要求度は低く、また保証がないものでも許容されている。安価な価格で購入できる中古太陽電池モジュールは、送電網（電力系統）がない低所得地域にとって最適な電力源になり、家庭の電力使用、蓄電およびWi-Fiの他、農業用の灌漑や冷蔵等生計を立てるために不可欠なエネルギーとして使われている。送電網を利用しない太陽光発電は薪や石炭を用いたエネルギーに比べて環境に影響を与えることのないクリーンな低炭素エネルギー源として、僻地の電化レ

³⁴ SolarPower Europe, Solar Sustainability – Best Practices Benchmark (May 2021), p.24

³⁵ Deutsche Umwelthilfe e.V. (Environmental Action Germany), White paper: Strengthening circularity in photovoltaics (March 10, 2021), p.9

³⁶ PV CYCLE and imec/EnergyVille, Press release (March 2021), “Study of re-used PV modules”

ベルを向上させ、収入を増やす機会を与える手段になっている³⁷。

一方で、中古太陽電池モジュールの定義に関する基準、規格、ガイドライン、中古品としての出荷検査も行われていないため、中古太陽電池モジュールの輸出に関して以下に例示する懸念があることも事実である。

- 規制や適正な管理システムが欠如しているため、「中古」と表示された太陽電池モジュールであっても中古品としての価値がなく廃棄物の可能性がある。
- パネルが再利用可能であっても、それらが寿命を終えた際には、適切にリサイクルする必要がある。しかし、輸出先地域には殆どの場合リサイクル施設が存在していない。

2) 不法輸出の事例

インターポール（国際刑事警察機構）は、2019年にヨーロッパからアフリカへの第三国を使い、太陽電池モジュールを大量に密売する国際的な組織犯罪グループの摘発についてレポートを公表した。同レポートは、組織犯罪グループが太陽電池モジュールの不適正なりサイクル業界に入り込む潜在的リスクを事例とともに紹介し、太陽電池モジュールの製造国と使用国に対し注意喚起を促すように警告した³⁸。

2019年5月に、イタリアの国家治安警察（Carabinieri）の環境部と税関がパドヴァ市の倉庫を差し押さえた。950の機能しない使用済太陽電池モジュールが、WEEEとして表示されてその他の電子製品や蓄電池とともに保管されていた。太陽電池モジュールはイタリア各地の大規模太陽光発電所の廃止に伴い発生したものであった。捜査では太陽電池モジュールの中古品としての機能を保証する関連書類はなく、輸送中の破損を防ぐための梱包も行われていなかった。輸出時の申告書類には太陽電池モジュール数が過小申告されていた。ブルキナファソとトーゴへの太陽電池モジュールの不法輸出が組織的に行われており、WEEEの不法な越境移動の罪で3人（モロッコ人1名、ブルキナファソ人2名）が起訴されている³⁹。

2020年の初頭にイタリア国家治安警察の環境部⁴⁰がシチリア島のカタニア（Catania）近くにある廃棄物処理施設を差し押さえた。そこで発見された約60トンの中古太陽電池モジュールにはリサイクル目的を偽ったラベルが貼付され、セネガル、ブルキナファソ、ナイジェリア、モロッコ、モーリタニア、トルコ、シリアなどアフリカ、中東諸国へ輸出されようとしていたことが公表された。

³⁷ Franco, M.A.; Groesser, S.N. A Systematic Literature Review of the Solar Photovoltaic Value Chain for a Circular Economy. Sustainability 2021, 13, 9615. <https://doi.org/10.3390/su13179615>

³⁸ INTERPOL 2020: STRATEGIC ANALYSIS REPORT: Emerging criminal trends in the global plastic waste market since January 2018, p.43

³⁹ WasteForce, Waste Crime Alert 2 (March-May 2019), Case 15, p.20-21 and Il Gazzettino (May 8, 2019), “Traffico illecito di rifiuti elettronici, blitz e sequestri nel padovano”

⁴⁰ Carabinieri Command for the Protection of the Environment

3.1.2 米国における状況

(1) 太陽電池モジュールの設置と廃止後の管理の状況

近年、米国では、太陽電池モジュールの設置が増加の傾向にある（図 3.1-6 参照）。米国の NREL（国立再生可能エネルギー研究所（NREL：The National Renewable Energy Laboratory））によると 2019 年～2022 年には 59GW 相当の太陽電池モジュールが設置されていると推測されている。これは 2018 年までの累積設置能力と同等程度である⁴¹。米国では欧州等と比較して太陽電池の普及は比較的遅れたこともあり、これまで使用済太陽電池モジュールの発生量は多くないが、設置数の急増に伴い、今後は使用済太陽電池モジュールが増加し、問題となることが予想される。

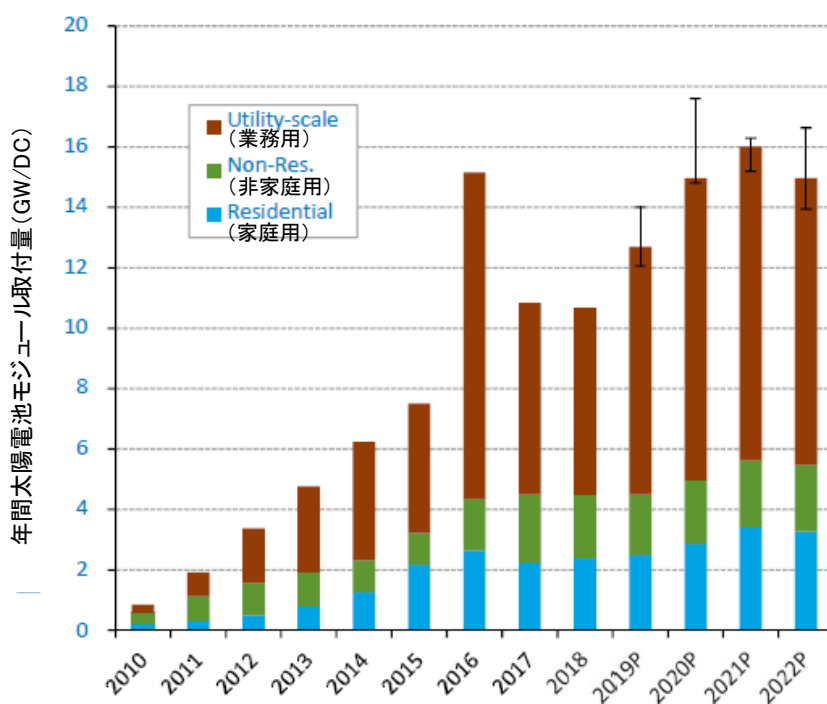


図 3.1-6 太陽電池モジュールの年間設置状況（現状及び見込み）

出典：NREL（国立再生可能エネルギー研究所）

⁴¹ PV Modules End of Life management setting the stage (NREL)

(2) 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル

米国では近年、地球温暖化が進む中、再生可能エネルギーに対する考え方の変化および太陽電池モジュールの設置に対する政府補助金や優遇措置により、設置数が増加傾向にある。今後、使用済太陽電池モジュールが多く廃棄されることに起因する諸問題が顕在化することが認識されはじめ、法規制の検討、産業界による対応が緒についたところである。

このため、使用済太陽電池モジュールのリユースは非常に限定的であり、リサイクルについても発生量全体の10%未満が行われるのみと予測されている(ASES 2020; CSSA2020)。NRELの調査によると、米国にて使用済太陽電池モジュールのリユース、リサイクルの推進の妨げとなっている要因として以下の点が指摘されている。

- ・ **技術・インフラの課題**：使用済太陽電池モジュールの修理、リユース、再資源化(Recovery)に関連する現在の技術、インフラやその工程プロセスは、効率的で費用効果の高い再利用または回収のために最適化されておらず仕組みが構築されていない⁴²。
- ・ **重要な情報とデータの欠如**：①リユースされる使用済太陽電池モジュールと回収される材料の価値と市場性、②廃棄量と構成、③状態と特徴、④修理およびリユースされる太陽電池モジュール機器の品質、信頼性、安全性、および技術の実効性(technical viability)、⑤修理、リサイクル技術や工程、⑥コスト、⑦需要等の情報やデータが欠如している。
- ・ **不明確、複雑で多様な法律や規制**：使用済太陽電池モジュールのリユースやリサイクルに適用される法律および規制は不明確・複雑であること、州間で統一性がないこと、過度に厳格な取り扱い、保管、輸送、処理、リサイクル、および廃棄の要件への準拠が求められていることから、リサイクル目的の使用済太陽電池モジュールが、処分を目的としたものと同じ方法(同要件、同法的責任)で規制される場合、リサイクルの経済性がより競争力を持つようになるまで、太陽電池モジュールをリサイクルする動機がない。
- ・ **経済的動機の欠如**：使用済太陽電池モジュールの収集、輸送、修理/リユース/リサイクルを促進する経済的動機またはインセンティブがない。また、耐久性、リユース、リサイクルを重視した設計を可能とするためのインセンティブも欠如している。
- ・ **リユースおよび修理された太陽電池モジュールに対する市場の信頼度の低さ**：修理、リユースされる使用済太陽電池モジュールに対する信頼が十分でない。

⁴² Salim et al. 2019; Heath et al. 2020; Tura et al. 2018

(3) 使用済太陽電池モジュールのリユースに関する規制上の考慮事項

1) グリッドへの接続にかかる規制

太陽光発電システムの電力グリッドへの接続にかかる州や地方自治体の法規制が、使用済太陽電池モジュールのリユースを制限していることがある。州レベルの太陽電池モジュールシステムのグリッド接続にかかる規制は、太陽電池モジュールシステムの設計と品質を規制していることがある。また、規制は州や地域により統一されておらず、多くの州では、規制要件としていくつかの基準（IEEE1547 や UL1741 等）が定められている。IEEE 1547 規格は、太陽電池モジュールシステムがグリッドに接続するための技術仕様を定め、UL 1741 規格は同システムがグリッド接続のためにスマート・インバーターを使用することを要求している。したがって、IEEE1547 規格または UL1741 規格を採用している地域では、スマート・インバーターと互換性がない場合、太陽電池モジュールのリユースが事実上不可能な状態となっている。

2) 火災および建築規制

米国では、消防の規制は国全体で統一されておらず、全国の 42 州が国際コード評議会（ICC：International Code Council）の国際消防法（IFC：International Fire Code）を採用している。IFC は自主的な業界標準であり、その目的は、火災の可能性を減らし、建物構造への火災による損傷を軽減することである。

太陽電池モジュールシステムの全体（太陽電池モジュールと取り付けシステム）の火災分類が設置場所である屋根の火災分類と一致しない場合、火災と建築規制は太陽電池モジュールのリユースに直接影響を与える可能性がある。屋根に取り付けられた太陽電池システムと屋根カバー（Shingles）は、UL（燃焼）試験基準に準拠した可燃性特性の評価に応じて A、B、または C に分類される。リユースされる太陽電池モジュールシステムの可燃性分類が屋根の可燃性分類と異なる（可燃性が低い）場合は、使用済太陽電池モジュールが取り付けられないこととなる。

一例として、カリフォルニア州は、高リスクの火災地域で屋根カバーの火災分類評価要件をクラス A に引き上げている。したがって、クラス B または C として指定された多くの古い太陽電池モジュールのリユースが建築規制により禁止されている。

3) 電気規制

電気規制には、設置要件など、電気機器を管理する規定が含まれている。たとえば、電気規制により、設置者・修理者等を感じ電から保護するために高速シャットダウンデバイスなどの特定の機器の設置が必要になる場合がある。電気規制は、太陽電池モジュールが管轄区域によって制定された業界機器規制に準拠していない場合、太陽電池モジュールのリユースを直接禁止する場合がある。例えば、自動切断装置（シャットダウンデバイス）と互換性のない古い太陽電池機器の設置が禁止される場合がある。

(4) 太陽光発電システム機器の再利用、リサイクル及び廃棄に関する法規制上の考慮事項

1) 太陽光発電システム機器の固形廃棄物としての規制

米国の資源保護回復法（RCRA：Resource Conservation and Recovery Act）は、固形廃棄物管理の法的枠組みである。同法のセクションDでは、非有害廃棄物の要件、セクションCは有害廃棄物の要件をそれぞれ規定している。

固形廃棄物には、固体、液体、気体が含まれ、廃棄物は「廃棄」されるものと定義されている。使用されなくなった太陽電池モジュールでリユースされないものはRCRAの規定では米国の連邦、州、および/または地方の固形廃棄物にかかる要件の対象となる場合がある。州レベルでは、連邦基準よりも厳しい要件を設け、固形廃棄物を定義する権限がある。使用済太陽電池モジュールがどの時点で「固形廃棄物」になり、RCRA規制の対象となるかについて現場で混雑が生じていることがみられる。一部の州は、太陽電池モジュールが固形廃棄物と見なされる時期を明確にするために取り組んでいる。廃棄された太陽電池モジュールは、リサイクルされる場合、または家庭系廃棄物（一般廃棄物）として分類され、RCRAから除外される場合がある。使用済太陽電池モジュールがどの時点で固形廃棄物になるかによって、適正処理の責任が誰になるのかが決まる。

また、使用済太陽電池モジュールが固形廃棄物として分類された場合、使用済太陽電池モジュールの排出者は、その機器が有害廃棄物であるかどうかを判断する責任を負う。有害と判断された場合は有害廃棄物として管理する必要がある。廃棄物が有害であるかどうかに関して十分な知識がない場合、使用済太陽電池モジュールはEPA承認の溶出試験方法（TCLPなど）により判断する必要がある。独自の有害廃棄物プログラムを運営している州は、EPAのTCLP試験以外の追加のテストを必要とする場合がある。一例として、カリフォルニア州はTCLP試験に加え、WET（全排水毒性）テストを必要としており、連邦政府のRCRAの下では有害廃棄物として分類されなくてもカリフォルニア州法の下で有害廃棄物として分類される可能性がある。

2) 有害廃棄物としての太陽電池モジュールの規制

有害廃棄物として規制される使用済太陽電池モジュールのリサイクル、保管、蓄積、処分を行う際、RCRAに準拠した厳しい取り扱い要件に従う必要がある。

3) ユニバーサル廃棄物（Universal waste）としての太陽電池モジュールの規制

ユニバーサル廃棄物は有害廃棄物の一部として規定されているが、有害廃棄物の規制よりは緩い管理要件が定められている。ユニバーサル廃棄物は、有害廃棄物ではあるが広く一般的に存在するもので、他の有害廃棄物と比較して相対的にリスクは小さく、適切な管理が講じられることを前提とし、有害廃棄物としての厳格な管理要件を軽減できるものとされている。例えば、通常、有害廃棄物は州を越えた移動が禁止されているが、ユニバーサル廃棄

物についてはリサイクル等の適正処理のために州外への移動が認められる場合がある。連邦レベルでは電池、蛍光管、水銀を含む機器、農薬およびエアロゾル等が該当するが州によってはユニバーサル廃棄物の定義は異なっている。

2021年2月の時点で、カリフォルニア州は太陽電池モジュールを有害廃棄物ではなくユニバーサル廃棄物として管理することを許可する規制を制定しており、ニューヨーク州とノースカロライナ州も同様の規制を検討している。また、ワシントン州は太陽電池モジュールをユニバーサル廃棄物として分類していないが、同州環境局は、リサイクル時に州の有害廃棄物規制よりも緩い代替基準の下で太陽電池モジュールを規制できるようにする暫定施行方針を作成している。

以上のように、州によって太陽電池モジュールの分類や規制方法が異なり、有害廃棄物として分類されるか、ユニバーサル廃棄物として分類されるかによって、取り扱い、運搬、処分の要件が異なってくる。

(5) 米国における使用済太陽電池モジュールのリサイクル政策

1) 連邦レベルでの政策

欧州とは異なり、米国において使用済太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに関する連邦政府レベルでの政策・法律は存在しない。使用済太陽電池モジュールについて、有害廃棄物か非有害廃棄物となるかの該否判断は連邦政府レベルで示されていない状況である。

2) 州レベルでの政策

ワシントン州、ニュージャージー州、ノースカロライナ州、およびカリフォルニア州は、太陽光発電システム機器のリユース等に関する法律または規制を有している。

ワシントン州は、太陽電池モジュールメーカーが（所有者に資金負担なしで）使用済太陽電池モジュールの回収（テイクバック）・リユース・リサイクルのために資金を提供し、プログラムを実施することを義務化する法律を制定している。

ニュージャージー州は、太陽電池モジュールのリサイクルに関する推奨事項（Recommendations）の調査と開発を任務とする委員会を創設した法律を制定している。

ノースカロライナ州は、公益事業規模のプロジェクトで使用される太陽光発電システムの廃止措置、リユース、および廃製品を管理する規則の調査と採用の責務を環境品質局に課す法律を制定している。

カリフォルニア州はまた、廃棄された太陽電池モジュールを、完全に規制された有害廃棄物よりも取り扱い、保管、輸送の要件が緩いユニバーサル廃棄物として規制することを許可する法律を可決している。

(6) 産業界 (SEIA) による取組

米国の太陽光発電産業の業界団体である Solar Energies Industries Association (SEIA)は、将来的に大量の廃棄が予想される使用済太陽電池モジュールに対処するため、リサイクル業者と太陽電池モジュールメーカーがリサイクルワーキンググループをつくり、太陽光発電リサイクルプログラム (National PV Recycling program) を開始している。同プログラムは、太陽電池モジュールを費用効率的に管理するリサイクル業者のネットワークを確立しリサイクル業者の評価システムを構築している。太陽光発電リサイクルプログラムには、太陽電池モジュール、インバーター、およびその他の関連機器をリサイクルできる米国企業をリスト化し、以下のサービスを提供している。

- SEIA が評価したリサイクル業者とサービスプロバイダーへのアクセス情報提供
- リサイクル業者のワンストップ窓口 (相談窓口)
- リサイクルにかかる特別価格の提供
- 使用済太陽電池モジュールのロット集約によりリサイクルの実現 (個々の発生が最小である場合)
- リサイクルに関するデータベースの構築

SEIA は、ガラス、ポリマー、アルミニウム、金属くず、および電子機器のリサイクルに関する専門知識を有するパートナー企業を有し、太陽電池モジュール、インバーター、トラッキングシステム、その他のコンポーネントをリサイクルするための必要なサービスを提供している。

太陽電池モジュールリサイクルプログラムに参加する主要なリサイクル業者は以下のとおりである。

- CEM (Cascade Eco Minerals) : ガラスのリサイクル
- Cleanlites Recycling : ソーラパネルのリサイクル
- Dynamic Lifecycle Innovations : パネル全体のリサイクル (海外輸出も含む)
- Echo Environmental : 電気電子機器廃棄物のリサイクル
- First Solar : 米国、ドイツ、マレーシアにリサイクル施設を有し半導体材料、ガラスのリユース
- SunPower : 太陽電池モジュールのメーカーとして他の企業と提携しリサイクル事業を展開

3.2 リユース推進の実態についてのヒアリング

3.2.1 欧州委員会・環境総局(DG Environment)⁴³へのヒアリング結果

(1) 太陽電池モジュールのリユースに関する認識

欧州では各地で太陽電池モジュールの設置が進み、今後の廃棄量の増大に関する一般的な関心はあるものの、太陽電池モジュールのリユースを促進するための政策的な対応を喫緊の課題として捉える認識は高くないと考えられる。

EU は、製品のリユースを含む長寿命化に資するため、消費者による製品修理の権利等の規定が盛り込まれたエコデザインに関する改正規則⁴⁴を 2021 年 3 月から施行している。現在のところ、冷蔵庫・冷凍庫や食洗器、洗濯機等が対象とされ、欧州に上市する際には、当該規則の規定を満たす義務が生じるが、太陽電池モジュールは含まれていない。

その他、政策担当者からは以下の認識も示されている。

- 輸出ルートは発生する太陽電池モジュールに対するソリューションとして永続的ではないが、現在のところ欧州におけるリユースはシステムティックに促進されておらずポテンシャルは非常に限定的である。
- メーカーによる回収、リサイクルを義務づける EPR (拡大生産者責任) のスキームがあるため、リユースは大きな対応の方向としては位置付けられていない。リサイクルまたはリユースを促進するかについては、メーカー側の問題であり、欧州委員会や各国政府が推進するものではないと認識される。
- 使用済み電子機器全般の輸出に関しては、WEEE 指令 (附属書VI) に基づき、バーゼル条約の E-waste ガイドラインを参照しながら、機能性テストの実施、適切な梱包等を行うことが求められているが、太陽電池モジュールに特化した規定ではない。それは各国政府のエンフォースメントの問題と認識される。
- 現実的には、当面の間、欧州で発生する太陽電池モジュールについては、一部国内で実験的にリユースされると同時に、輸出がひとつの方向ではないか。

(2) WEEE 指令の観点

太陽電池モジュールも対象化されている WEEE 指令は、メーカーに廃棄される太陽電池モジュールの回収、リサイクルに要する費用負担、登録、適正な報告を主な責務として課している。加えて、熱回収を含むリサイクルを達成するリカバリー率 (Recovery target) 目標があり、太陽電池モジュールについては 75%が設定されている。一義的にはリカバリーにはリユースもカウントできることになっており、メーカーにとっては責務履行のインセンティブのひとつになっている。しかし、太陽電池モジュールのリユースにも適用されるか、どのようなリユースが行われればカウント可能か等については既定がない。

⁴³ DG Environment Policy Officer Kim Edou 氏へのヒアリング

⁴⁴ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2021.068.01.0108.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2021%3A068%3ATOC

(3) リユースに係る規格化の動向

その反面、2020年に公表されたレポート⁴⁵では、太陽電池モジュールを含む各種製品の長寿命化や廃棄物のヒエラルキーに基づく対応としてリユースの促進、関連する規格の策定の必要性が提示されている。2022年の第一四半期にはステークホルダーを巻き込んだコンサルテーションが開催され、2023年中頃までには当該規格を盛り込んだ改正規則が策定される可能性がある。

リユースに適した太陽電池モジュールの定義、分別の方法等の規格化を検討している欧州委員会が財政支援している太陽光発電産業におけるサーキュラーエコノミー促進を目的としたCIRCUSOLは2022年9月を目途に欧州委員会へプロジェクトの報告と規格化に係る今後の方向性を提案する予定もある。

こうしたことから、リユースの促進に係る政策的な対応が進む可能性はあるが、加盟国レベルにて規則として施行され、リユース品が広く流通するまでには時間を要すると考えられる。

3.2.2 OVAM(ベルギー・フランダース政府の廃棄物管理局)へのヒアリング⁴⁶

(1) リユースに係る現状

ベルギーのOVAMは2021年8月に使用済太陽電池モジュールのメーカー、輸入業者と協定を締結した。協定は、太陽電池モジュールの回収とリサイクル責務の履行に関するもので、リユースに関する規定も含まれている。

同協定には、回収された使用済太陽電池モジュールの80%はリサイクルまたはリユースされる目標を課している。

(2) リユース推進に向けた取組

協定に基づき取組を進める主体としてはPVCycle(後述)が指名され、リユースについては、以下の対応を進めることが規定されている。

- 技術的、環境的にリユースが望まれるものを対象とした基準や要件の策定
- 技術及び安全面での最低限の順守要件
- リペアに係る技術能力の開発
- リユース促進に係るエンフォースメントの確実な実施
- リユースの品質認証の整備

⁴⁵ EU Joint Research Center, “Preparatory study for solar photovoltaic modules, inverters and systems”

⁴⁶ OVAM Tom van Troyen 氏へのヒアリング

3.2.3 PVCycle ベルギーへのヒアリング⁴⁷結果

PVCycle は欧州における使用済太陽電池モジュールの回収、リサイクルスキームを推進、管理するために設立されている法人である。WEEE 指令におけるメーカー責務の効率的な履行を主な目的としており、ベルギーの他、ドイツ、フランス（同国での名称は SOREN）、イタリア等で活動を進めている。

現在、PVCycle ベルギーが回収している使用済太陽電池モジュールは、故障や破損のため交換されたものであり、リユースには不向きなものである。また、より高性能のパネルへの交換、災害等で能力を有する太陽電池モジュールが多く発生する状況にはないが、今後発生するものについて、リユースの促進は関心事のひとつである。

しかし、太陽電池モジュールのリユースは違法ではないものの、法的に明確化されていない側面が少なからず存在している。例えば、リユース品として市場に流通できるものの品質要件、評価するためのテスト手順、認証、保証等が規定されていない。また、テストを実施すると相応のコストを要することになり新品と比べた場合の競争力がなくなってしまう懸念がある。

3.2.4 オランダ政府へのヒアリング⁴⁸

政府レベルで太陽電池モジュールのリユースを促進する政策の検討は行われていない。現在、政府レベルではサーキュラーエコノミー促進を目的に関係するアクター間のネットワークワーキングやマッチング機会の創設、ビジネスモデル検討やスタートアップ取組への財政的支援等を推進している段階である。

その取り組みの一環として立ち上げられていた活動が 2021 年 10 月から開始された ZonNext である。

ZonNext は、リユース可能な使用済太陽電池モジュールの供給サイドと需要サイドをマッチングするためのプラットフォームを構築し、持続的なビジネスモデルの検討を行っている。

3.2.5 ZonNext へのヒアリング⁴⁹

(1) リユースに係る現状

オランダ国内で WEEE 指令の下でメーカー責務履行のスキームを管理している Weee NEDERLAND がパートナーとなり、リユース可能な使用済太陽電池モジュールの選別を行っている。

活動は緒に就いたところで 2022 年 1 月現在、約 1.5 千万枚のリユース可能なパネルを選別し、需要サイドとのマッチングを行っている。需要先としては、主に個人利用が多い状況

⁴⁷PVCycle Belgium Bertrand Lempkowitz 氏へのヒアリング

⁴⁸ オランダ政府 RVO（企業局） Bert Berends 氏へのヒアリング

⁴⁹ Niels van Olfen 氏へのヒアリング

である。

活動の特徴のひとつが、使用済太陽電池モジュールの選別を障がい者の就労支援を行う団体と協力し、社会包摂的な要素を有していることである。また据え付け業者⁵⁰を認証し、適切な設置やリユースを確実に推進することを目指している。

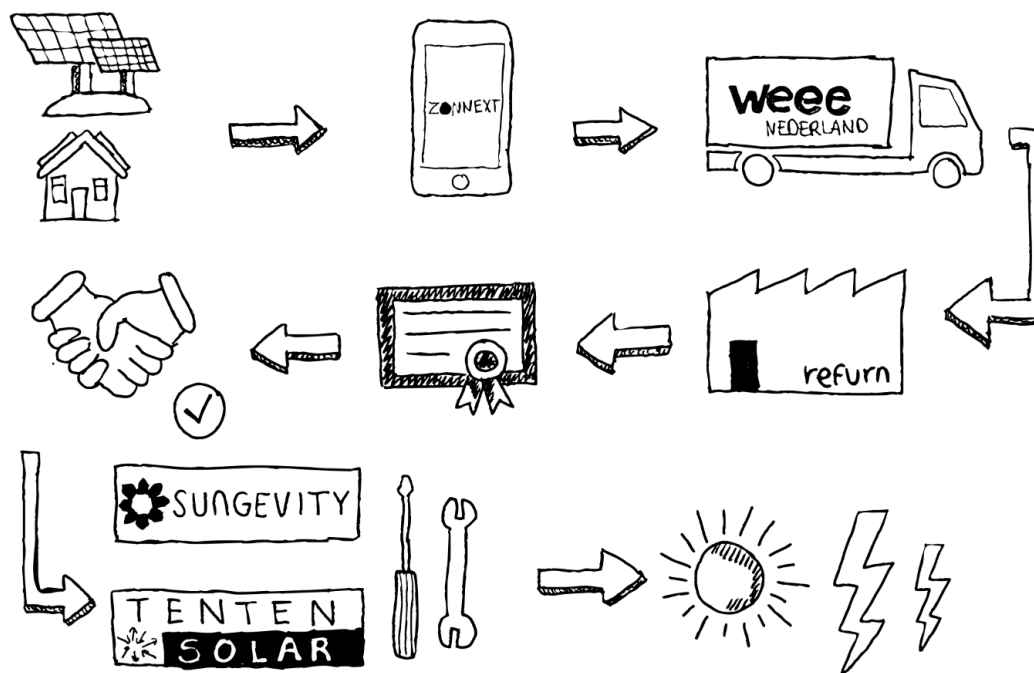


図 3.2-1 ZonNext 取組の基本的なフロー

出典：ZonNext Impact Rapport (2021年9月13日)

(2) テストの手順

機能する使用済太陽電池モジュールの選別は、トラックに搭載された移動式の機材を用いてフラッシュテストや目視による検査を通じて行われている。あくまでも簡易な検査で IV、EL 検査等は実施しておらず、試験の手順も確立していない。現在、オランダの試験、認証機関の Kiwa と試験方法の標準化、認証等について議論を開始したところである。

3.2.6 NREL(米国立再生可能エネルギー研究所)へのヒアリング⁵¹

(1) リユース促進に関する現状

米国 NREL が主導し太陽光発電の質担保を目的としたタスクフォース PVQAT (Photovoltaic Quality Assurance Task Force) が設立されている。15 のタスクグループ (TG) が設置され国際的に活動が進められている。そのうちのひとつが、太陽電池モジュールの修理、リユース、再認証、リサイクルに関する「Repair, Reuse, Recertification, and Recycling of

⁵⁰ Sungevity 社、TENTEN Solar 社等

⁵¹ TG15 メンバーのひとりである Taylor Curtis 氏 (<https://www.pvqat.org/contacts/>) へのヒアリング

PV – Task Group 15」であり、DOE（エネルギー省）からも財政的な支援を得ている。

修理やリユース促進の検討は TG15 が担っている。同 TG には、日本からもメンバーが参加している⁵²。現在、リユースのためのバックシート修理方法の検討を中心的な活動として位置付けている。これは米国で流通されているパネルには少なからずラミネートが不十分なバックシートが使われているためである。

その他、経済的に効率なリペア、関連技術に関する検討を進めているが、情報収集、共有の段階にある。以下のテーマは今後取り組まれる予定である。

- 使用済太陽電池モジュールのランク分け
- 試験方法についての標準化
- 信頼できる耐久性のあるモジュールの設計

全般的に使用済太陽電池モジュールのリユースは、潜在的にリユース可能なものが発生してもリユース品としての基準がないため、有害廃棄物として処分されていると考えられる。州レベルの法律でもリユースより適切なリサイクルの推進を求めるものが一般的である。

一方で太陽電池モジュールのメーカーを対象に拡大生産者責任の原則に基づき、リサイクル又はリユースにより責務を履行することを規定している条例も策定され今後施行される予定である。例えば、ワシントン州では太陽電池モジュールのメーカーに使用済太陽電池モジュールの回収とリサイクルに要する費用負担、回収したモジュールの 85%をリユース又はリサイクルする責務を課している。2022 年 7 月以降に同州で販売される太陽電池モジュールが対象になる。

リユースの促進は今後のテーマであり、一定量のリサイクルは実施されているが、リユース可能なパネルについてのデータ収集を行っているところである。

（2）使用済太陽電池モジュールの輸出

統計情報はなく、ガーナやバングラデッシュへの輸出事例が存在している。

3.2.7 太陽電池モジュールリサイクル事業者⁵³

（1）リユース、リサイクルの現状

太陽電池モジュールのリサイクルを主な事業とする当社にて受け入れしている使用済太陽光パネルのうち、そのまま販売可能なものは再販売（remarketing）、簡易的に修理して使えるものも修理（refurbishment）後に販売している。

⁵² 産業総合技術研究所が参加している (https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/etc/pvqat_j/index.html)

⁵³ 在アリゾナの事業者へのヒアリング

故障した太陽パネルも購入し、修理後に米国内の他、カリブ海、中東諸国等へも販売している。修理しても使用不可（あるいは修理代が高く経済的に成り立たないもの）なものもリサイクルしている。

リサイクル工程では、パネルの解体、破砕、金属、ガラス、ジャンクションボックスの分別が行われる。分別後は下流の事業者へ出荷される。アルミ、銅、鉛、銀は非鉄金属製錬施設、ガラスはガラス処理業者へ出荷される。ガラスは主にゴルフ場用の骨材（concrete aggregate）代替やガラスウール断熱材の原料として使用される。最終処分場に埋め立てられるものはない。

リユース向けに再販売される量は決して大きくない。原因としては、古いパネルは効率が悪いこと、新品パネルの価格が安価であること等がある。新製品の設置には税額控除（連邦政府から約3割弱、それに加えて州からの追加の税額控除）が利用可能であるが、リユース品は対象にならない。

（2）リユース品の分類

使用済太陽電池モジュールの分類方法は明らかになっていない。有害廃棄物として分類された場合、排出者は処分費を支払い、処理・リサイクルする。有害廃棄物として分類されない場合、処分費が安価な自治体の最終処分場にて埋め立てが可能になる。こうしたこともリユースが促進されていない要因と考えられる。

欧州とは異なり、米国では太陽光パネルの回収、処理に要する費用負担の責務はメーカーではなく、パネルの所有者に課されている。これは、戸建住宅のように少量の太陽光パネルの排出者が適正なリサイクルを実施する阻害要因となっており、より安価な最終処分が選ばれている実態がある。

3.2.8 太陽電池モジュールリユース促進 NPO⁵⁴

（1）リユース、リサイクルの現状

当組織は使用済み太陽光パネルを回収し、リユースを促進している NPO 法人である。破砕されていないパネルを回収して有効利用している。

受け取る太陽光パネルは、そのまま使用可能なものはリユースの対象として、販売を行っている。

再販売している中古太陽光パネルの価格（一例）は以下のとおり。

⁵⁴ Good Sun (<https://www.goodsun.life/#/>) の Vince Lucia (Executive Director)氏へのヒアリング

表 3. 2-1 中古太陽光パネル価格の一例⁵⁵

メーカー	モデル	色	価格/パネル	価格/w
Astro power	AP-120	黒	\$20.00	\$0.17
Astro power	AP-100	黒	\$17.00	\$0.17
Evergreen	ES-A-210-fa2	シルバー	\$65.00	\$0.31
Kyocera	KD205GX-LP	黒	\$55.00	\$0.27
Sanyo	HIP-190 BA 3	黒	\$38.00	\$0.20
Longli	430-Mono	シルバー	\$193.50	\$0.45

なお、2014 年以前に製造された太陽光パネルは多くは、米国の防火基準の関係で屋根上で設置できない(屋根上設置のパネルは防火基準の Class C 要件に適合する必要があるが、2014 年以前に製造されたパネルの多くは適合していない)。そのため、ほとんどが地上での利用になる。

これまで NPO 法人として海外でも太陽光パネル設置プロジェクトを実施してきたがコロナ禍のため、現在はストップしている。現在は、太陽光パネルを低所得者向けに提供するプロジェクトを推進している。こうした取組はビジネスベースで実施するのは難しく NPO 活動として行っている。

(2) リユース品の分類

受け取ったパネルは使用できるかどうかの判断は簡単なテストを実施して決定する。明文化された基準、参照する規格はない。

受取り可能な太陽光パネルについては、排出者からメーカーと設置年等の情報提供があれば、当組織にはデータベースがあるため再利用可否がある程度判断できる。

3. 2. 9 マレーシア(MPIA:太陽光発電産業協会)へのヒアリング

日本から使用済太陽電池モジュールの輸入はないと想定される。新品についてもほとんどが中国からの輸入であり、日本製品の価格の 3 割で購入できるため流通している太陽電池モジュールは中国製がほとんどである。

以前、マレーシアは世界一の太陽電池モジュールの生産拠点であったが、現在は第三位となり、中国が一位となっている。パナソニックはケダ州に太陽電池モジュールの生産工場を有していたが、2019 年に閉鎖している。これも中国製の安価なパネルの流入により価格競争力を失ったことも理由のひとつである。

日系企業が自社の工場向けに再生可能エネルギーとして使用済太陽電池モジュールを利用する可能性は低い。その場合には、SEDA (再生可能エネルギー開発庁) や MGTC (グリーンテクノロジー・気候変動公社) 等の機関に登録をする必要があるため、関連書類の提出等の労力を考慮すると日本から使用済太陽電池モジュールを輸入してリユースすることは考え

⁵⁵ <https://www.goodsun.life/used-solar-panels.html#/>

にくいためである。

全般的にマレーシアでは太陽光発電の導入は2011年ごろから進められたものであり、廃棄品はまだ発生していないことからリサイクルやリユースは本格的には実施されていない。

3.3 リユース促進に係る現状や課題の調査

欧州、ASEAN（マレーシア）、米国におけるリユース促進の現状や課題を概括した結果を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 リユース促進に係る各地域・国の現状や課題

地域・国	リユース促進に係る現状や課題
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ● EU では今後多くの発生が見込まれる太陽電池モジュールについて、リユースの促進の政策的対応について、緊急度の高いものとの認識は存在していない。理由のひとつが、EPR（拡大生産者責任）原則に基づき、メーカーへ回収とリサイクルに要する費用負担を課す法律（WEEE 指令）が既に施行されていることにある。 ● 一方で、長寿命化に資するリユース性を含む製品の上市のみを可能とするエコデザインに関する改正規則が 2021 年 3 月から施行されている。現在のところ、対象は冷蔵庫・冷凍庫、洗濯機等で太陽電池モジュールは含まれていないが、2022 年第一四半期には同品を対象とした規制の必要性に関してステークホルダーとのコンサルテーション、パブコメが実施されている。2023 年中頃までには廃棄物のヒエラルキーに基づきリユースの促進、関連規格等が盛り込まれた改正規則が策定される可能性がある。 ● 欧州委員会は太陽光発電産業におけるサーキュラーエコノミー促進、リユース促進の規格、判断手順、試験方法等を検討するプロジェクト（CIRCUSOL）を支援している。2022 年 9 月を目途にプロジェクトの成果報告のひとつとしてリユースに係る規格化の方向性が提案される予定である。 ● ドイツ等では業界が定めた一定の基準に適合するものはリユース品として取り扱われ、オンラインを通じて取引が行われている。 ● 施行済の WEEE 指令は太陽電池モジュールも対象に回収、リサイクル実施の責務、定量的な達成目標が規定されている。責務が課されているメーカーは、達成の手段としてはリサイクル又はリユースが認められている。 ● 一部の EU 加盟国（ベルギー）では、太陽電池モジュールの回収とリサイクルの責務を履行する主体と政府間でリユース品の基準策定、認証制度の整備、エンフォースメントの確実な実施、達成数値目標等を含む協定が締結され、具体的な政策的な

地域・国	リユース促進に係る現状や課題
	<p>対応も緒に就いたところである。メーカーはリサイクルかリユースのいずれか、または合わせての目標達成が可能である。今後、前述の規格化の進展に合わせて経済的に成立する効率的な目標達成のモデルの検討が進むと考えられる。</p>
ASEAN (マレーシア)	<ul style="list-style-type: none"> ● 国内での太陽光発電の導入は 2011 年ごろから進められたものであり、廃棄品はまだ発生していない。このため、リサイクルやリユースは本格的には実施されていない。中央、地方政府による政策的な対応も行われていない。廃棄品は既存の有害廃棄物規則に従って適正な処理が求められている。 ● 日系企業が日本から使用済太陽電池モジュールを輸入し、自社の工場向けに再生可能エネルギー源として太陽電池モジュールを活用する可能性は低い。実施するためには関連当局への登録が必要となり、関連書類の提出等の労力を考慮すると日本から使用済太陽電池モジュールを輸入してリユースすることは考えにくいためである。また新品のほとんどが中国から輸入され、日本製品の3割の価格で購入できることも理由である。
米国	<ul style="list-style-type: none"> ● 連邦政府レベルで太陽電池モジュールのリユースの促進の政策的対応はなく、その必要性についての認識も高くないと考えられる。一方で廃棄物管理の枠組み法である資源保護回復法 (RCRA) において太陽電池モジュールの法的位置づけを見直す動きもある。具体的には、厳格な管理が要求される分類ではなく、有害であるものの相対的に緩和された管理のみが求められるユニバーサル廃棄物として扱うようにするものである。 ● 一部の州 (カリフォルニア州) では、太陽電池モジュールをユニバーサル廃棄物としての取り扱いを認める法律が整備されている。リユースされる太陽電池モジュールは廃棄物としての分類はなされない規定もある。また、別の州 (ワシントン州) では EU で課されている責務と同様にメーカーに対して上市する製品が廃棄された場合、85%をリサイクルまたはリユースする目標が設定されている例もある。 ● NREL (国立再生可能エネルギー研究所) が太陽電池モジュールの修理、リユース、リサイクルの推進に係るタスクフォースグループを立ち上げ、使用済太陽電池モジュールの状態によるランク分け、リユースの適格性のある同品の試験方法の標準化等の検討を進めている。

以上が、太陽電池モジュールのリユース促進に係る現状や課題である。今後、各地域・国でのリユース促進に係る政策、産業界主導による規格化等の取組が本格化されることが見込まれる。欧州では、一定の基準に適合するものはリユース、しないものはリサイクルによる対応が求められるように、リユースは環境上適正なリサイクルの促進と一体的に議論され、進められようとしているケースがある。リユースに係る動向については、リユースにのみ特化せず、リサイクルを含めた対応を把握していくことが、全体像をより体系的に理解することにつながると考えられる。従って、わが国の太陽電池モジュールのリユース促進の各種の方策の参考とするためには、そうした視点を有しながら動向を継続的に把握することが期待される。

第4章 国内リユースの普及促進に関する調査・検討

4.1 リユース普及促進に関する課題に対する解決策（案）の検証

令和2年度調査では、表 4.1-1 に示すリユース普及拡大に向けた方策案が整理された。

表 4.1-1 リユース拡大方策（案）

No.	方策案	視点	概要
1	リユース市場の創設	利便性 需給マッチング	<ul style="list-style-type: none"> 需要と供給のマッチングを支援 パッケージ商品化に向けたリユース品のサプライチェーン化 保管期間上限を設け、一定期間を過ぎたものは適正リサイクル処理
2	グリーン購入法品目追加	認知度 需給マッチング	<ul style="list-style-type: none"> 建設現場事務所やイベント等の比較的短期使用における適用 既存公共建築や防災拠点への設置における適用
3	リユース品を使用している事業者の事例紹介や表彰	認知度	<ul style="list-style-type: none"> リユース品の使用がどのように環境配慮につながるのかを、広く 3R や CE の概念とともに具体的に周知 企業の環境報告書等へ記載
4	発電事業者へリユースと適正リサイクルに関する冊子を配布	認知度	<ul style="list-style-type: none"> ガイドラインの周知 リユース事業者、リサイクル率が高い事業者の紹介 将来的な処分場逼迫の可能性の共有 定期点検、撤去費用積み立ての必要性の再周知
5	廃棄時のリユース検討や処理先のリサイクル率確認	認知度	<ul style="list-style-type: none"> 検討確認の推奨 最終処分量の減少と合わせた広報
6	廃棄制約付き太陽光発電保険の開発	認知度	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄時にリユース検討やリサイクル率の高い施設への排出を条件として追加 当該保険を選ぶことが発電所所有者の対外的なアピールになるような誘導 査定者の研修・育成や査定システムの開発
7	リユース事業者による保証を付与	性能保証	<ul style="list-style-type: none"> リユース品の不安を払拭するため、リユース事業者による同等品との交換を推奨 リユース判断基準ガイドラインへの記載
8	リユース品の取引価格の見える化	性能保証	<ul style="list-style-type: none"> 中古車や中古住宅のように買手に市場価格の相場がわかるようなシステムを整備 年数、発電効率、検査結果、価格等に関する情報の蓄積と公開
9	助成等	認知度	<ul style="list-style-type: none"> リユース品を活用した取組や商品開発に対する金銭的支援 税制優遇

各方策案を考慮したリユース普及促進に向けた施策モデルの全体像を図 4.1-1 に示す。

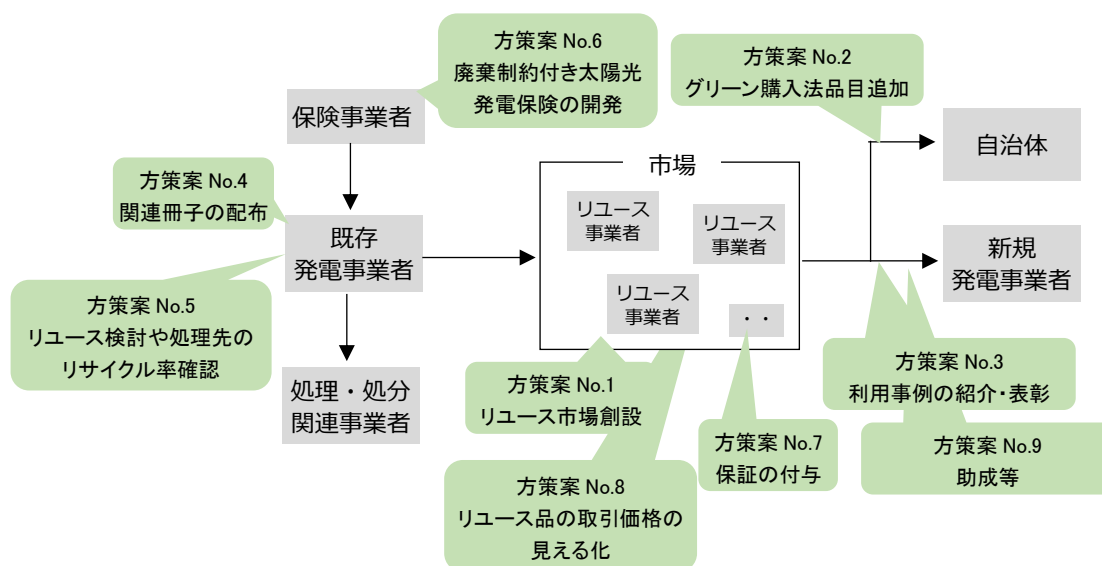


図 4.1-1 リユース普及促進に向けた施策モデルの全体像

各方策案の現状と対応状況を表 4.1-2 に示す。現状は、まだリユースの選択肢が十分に認知されていない状況にあり、地方公共団体が利用しやすい仕組みの構築や教育現場での学習教材としての活用、また事例等の作成を通じて、安心してリユースを選択できるよう認知度を向上させていくことが求められる。

さらに、リユースの普及促進では、需要と供給のマッチング、情報の適正な管理等が重要であり、現在、リユース・リサイクルに係る脱炭素型資源循環システムモデル実証（令和3年度環境省）において、使用済太陽光パネルの適正管理情報プラットフォームの運用・事業面の検証が実施されている。将来的にはリユース市場の活性化に資する情報の集約が期待されている（図 4.1-2）。

リユース事業者にとっても、需要と供給のマッチングは課題であり、保管と運搬のコストが負担になっている。リユースできるパネルを低コストで保管できるようになると需要量に合わせた調整がしやすくなるといった事業者からの意見があった。

また、保険、保証、価格表示については、一部民間事業者において進められているところである（図 4.1-3）。

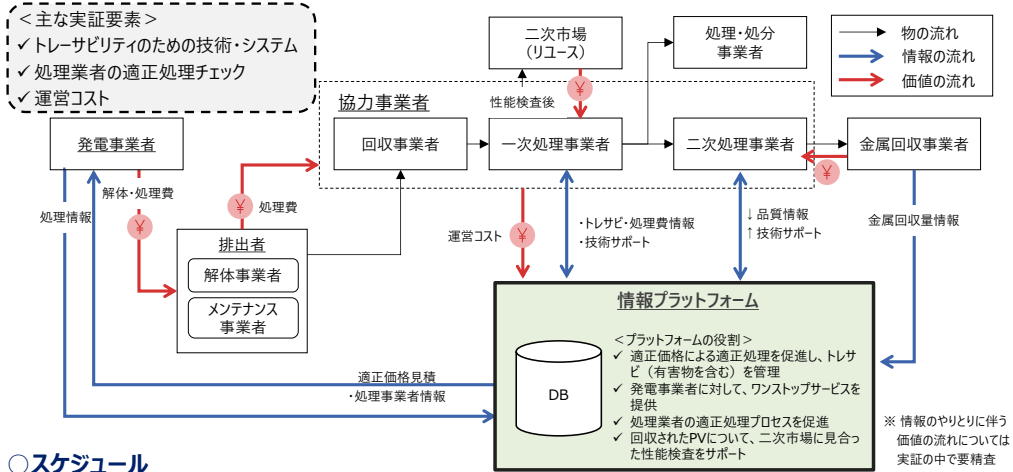
表 4.1-2 各施策モデルの現状と対応状況

No.	方策案	現状	対応状況
1	リユース市場の創設	リユースの需要はあるが、供給量及び供給時期のマッチングが難しい。	資源循環に関する情報プラットフォーム実証事業において一部実証中である。(図 4.1-2 参照)
2	グリーン購入法品目追加	太陽光発電システムという品目はあるが、リユースに関する記述はない。	—
3	リユース品を使用している事業者の事例紹介や表彰	リユース品の設置事例があまり知られていない。	—
4	発電事業者へリユースと適正リサイクルに関する冊子を配布	リユース品の活用可能性、適正処理の必要性があまり知られていない。	環境省 HP にガイドライン及び啓発資料を掲載している。
5	廃棄時のリユース検討や処理先のリサイクル率確認の努力義務化	リユース品の活用可能性、適正処理の必要性があまり知られていない。	—
6	廃棄制約付き太陽光発電保険の開発	経済合理性で処理方法が決まる傾向にある。	民間主導で関連する保険商品が開発されている。(例：図 4.1-3 参照)
7	リユース事業者による保証を付与	事業者ごとに異なる。	一部事業者において保証が付与されている。
8	リユース品の取引価格の見える化	オークションサイト等一部で価格表示あり。問合せによって価格が判明する場合が多い。	—
9	助成等	リユースに限定した助成はない。	—

○使用済太陽光パネルの適正管理情報プラットフォームの運用・事業面の検証

申請事業者：丸紅(株)

連携事業者：イーアンドイーソリューションズ(株)、ネクストエナジー・アンド・リソース(株)、(株)三菱総合研究所



○スケジュール

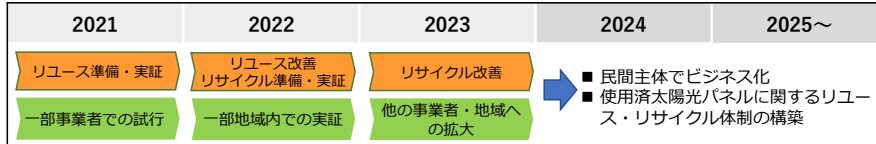


図 4.1-2 使用済太陽光パネルの適正管理情報プラットフォームの運用・事業面の検証



太陽光パネルの再活用を促進する新サービスの開始
～太陽光パネルのリユース・リサイクル業者の紹介～

損害保険ジャパン株式会社（代表取締役社長：西澤 敬二、以下「損保ジャパン」）および SOMPOリスクマネジメント株式会社（代表取締役社長：桜井 淳一、以下「SOMPOリスク」）は、自然災害により被災した太陽光パネルの保険金支払い時に、リユース（再使用）・リサイクル（再資源化）できる業者を紹介し、今まで廃棄されていた太陽光パネルを再活用するための取組みを開始しました。

自然災害により被害を受けた太陽光パネルのリユース・リサイクルのサービスは損害保険業界初の取組みです。（2021年10月当社調べ）

1. サービス開発の背景と目的

2020年代には太陽光パネルの廃棄物が最大で年間約80万トン（全産業廃棄物の6%）に達する見込みで、事業者には太陽光パネルをリユース・リサイクルさせることがSDGsの観点で求められています。

国内で製造・使用されている太陽光パネルはリユースできるにも関わらず、多くが産業廃棄物として処理されています。これはリユースや流通の可能性を判断できる事業者がおらず、再販市場が広がっていないことに起因します。

損保ジャパンでは、近年多発する台風等の自然災害により、太陽光パネルが被害を受ける頻度が高まり、廃棄処理される現状に問題意識を持っていました。このたび、損保ジャパンはSOMPOリスクが持つ専門的な知見から太陽光パネルの損傷の程度・規模に応じてリユース・リサイクルの可能性を判断し、提携している業者を紹介するサービスと、リユース・リサイクルの活用を推奨する新特約の販売を2021年10月から開始しました。

※（参考）環境省ホームページ：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

2. サービスによる効果

- ご契約継続時における保険料への影響緩和
メガソーラー事業者を含む企業向けの火災保険料の決定要素のひとつに、お支払いした保険金があります。リユースが可能となった場合は、廃棄処理費用が削減となり、さらに業者の買取り金額によってはお支払いする保険金による火災保険料への影響が緩和され、お客さまがメリットを受けられることがあります。
- 時代に沿った顧客体験価値の向上
脱炭素社会実現への取組みが全世界で進む中、お客さまの関心の対象が、商品・サービスの品質・利便性に加え、環境への配慮・社会課題の解決といった視点に広がっております。損保ジャパンは、多くのメガソーラー事業者と保険契約を締結しており、これまで廃棄されていたものをリサイクルするという新たな選択肢を提案し、お客さまと共に社会課題の解決を目指します。また、このサービスや新特約は太陽光パネルの廃棄処理をリユース・リサイクルに誘導するという新たなエコシステムであり、これを普及させようという取組みは、時代に沿ったものと言えます。
- 社会・海外への貢献
リユースとなった太陽光パネルは、アフリカなど配電網が発達していない地域で使用されることも検討されており、クリーンエネルギーの普及の推進につながります。

3. 今後について

損保ジャパンとSOMPOリスクは、「安心・安全・健康のテーマパーク」により、あらゆる人が自分らしい人生を健康で豊かに楽しむことのできる社会を実現するという「SOMPOのパーパス」の実現に向けて、循環型社会の実現に貢献します。

以上

図 4.1-3 損害保険会社の取組み例

出典：損害保険ジャパン株式会社 HP

4.2 設置リユース品の不具合等の実態調査

リユース事業者を対象に、リユース品の不具合についてヒアリング調査を実施した結果を以下に示す。

リユース品不具合発生について
リユース品を保証付きで販売しているが、これまでに補償したケースはない
設置に関してリユース品だから何か特別な工程を経るということはない。通常どおりの設置で問題なく運転できている。

インターネット調査及びヒアリングでは、設置後にリユース特有の不具合が発生したという事例は確認できなかった。

ただし、下記に挙げる事項が不具合発生が見られなかった要因とも考えられる。

リユース品特有の不具合発生が少ない理由の考察
リユース品は販売前に検査を実施している
パソコンなどの周辺機器は新品を使用せざるをえない
比較的年数が経っていない（10年未満）パネルがリユースされている
リユース品であるため、買手側がそれほど厳しい評価をするわけではない
リユースを設置している事例自体が少ない

4.3 ガイドラインに係る説明会の開催

ここでは、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の周知徹底を目的とした説明会の開催概要について整理する。

4.3.1 背景と目的

1990年代から導入が開始された太陽光発電設備は、2012年に固定買取価格制度（FIT制度）を契機に導入が急増し、2030年代後半にはFIT制度の買取期間が終了した太陽電池モジュールの排出が本格化することが見込まれている。また、現在も、災害等によって一部で排出が始まっている。

こうした中、太陽電池モジュールの延命や資源の有効利用の手段の一つとしてリユースの推進が期待されるが、リユースと称し使用できないものが輸出され不適正に利用される可能性や、リユース可能なものが処分される懸念もある。そこで、令和元年度から、環境省は「太陽光発電設備のリユース促進検討委員会」にて太陽電池モジュールのリユース品としての客観的な状態、流通できるための条件や対処すべき事項について検討し、令和3年3月19日から令和3年4月18日までのパブリックコメント期間を経て、5月18日に「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」を公表した。

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広くリユース品の排出や取り扱い、利用に携わる関係者に周知するために説明動画が作成、公開された。なお、当初予定された説明会は、コロナ禍のため視聴者が自由な時間に視聴できる動画を配信することで代替した。

4.3.2 説明動画の概要

（1）概要

令和3年5月18日に公表された「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」について、太陽電池モジュールのリユースに関わる様々な立場の方々が、本ガイドラインを積極的に活用し、適切なリユースを実施するため、説明資料およびそれを解説するナレーションを吹き込んだ動画を作成した。7月30日に環境省ホームページにて公開が開始され、また、説明動画の公開に合わせて、8月20日まで当該ガイドラインの内容に関する質問も受け付けられた。

その後、「よくある質問 FAQ」¹を環境省ホームページに掲載している。

¹ <http://www.env.go.jp/recycle/faq.html>

(2) 公開場所

環境省公式動画チャンネル（YouTube）にて公開²された。なお、説明用に以下の点を含んだ19ページの資料³を作成した。ガイドライン本体とともに、環境省ホームページにて公開された。

1. ガイドライン策定の背景（以下に抜粋）
 - 1-1. 使用済太陽光パネルの排出見込
 - 1-2. 使用済太陽電池モジュールの処理の全体像
2. ガイドラインの目的と適用範囲、活用方法
3. 基本的な考え方と留意点（以下に抜粋）
4. リユース品の条件（以下に抜粋）
 - [A] 製品情報・外観に関する条件
 - [B] 正常作動性の観点に関する条件
 - [C] 梱包・積載状態の観点に関する条件
 - [D] 中古取引の事実関係及び中古市場の観点に関する条件

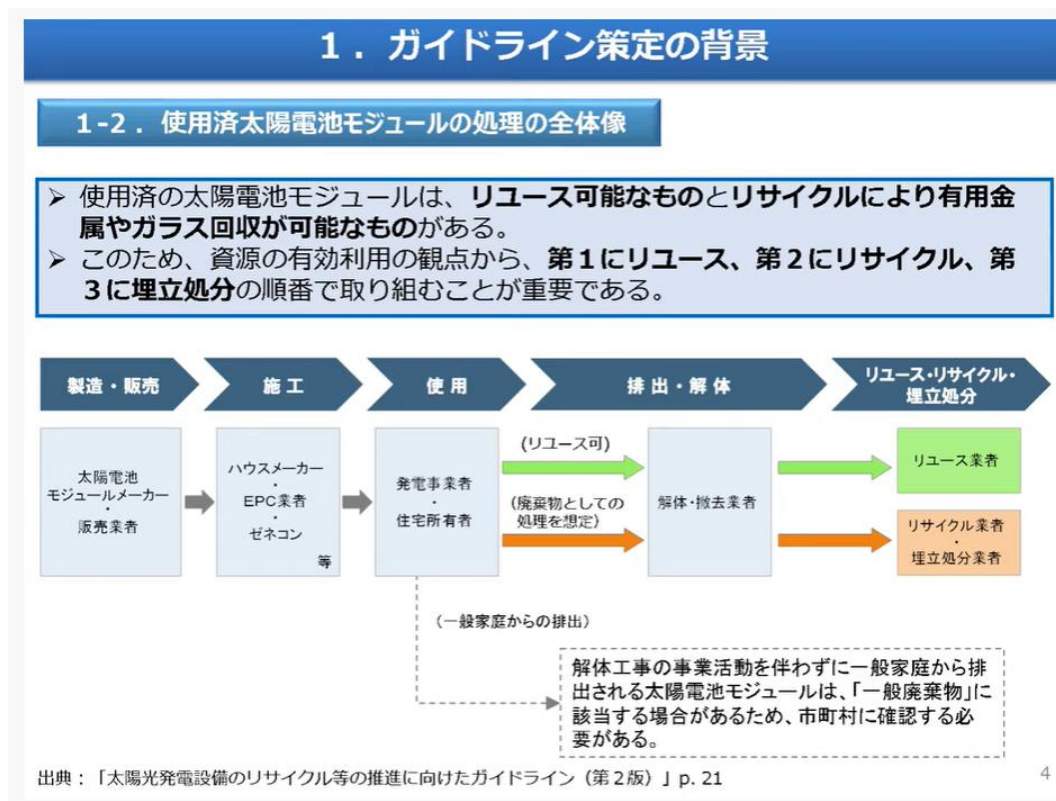


図 4.3-1 説明動画 1（一部抜粋）

² <https://www.youtube.com/watch?v=KYZOSIJcbxU&list=PL9Gx55DGS7x6Xnx4uchgiay3V9p77Xakj>

³ <http://www.env.go.jp/press/files/jp/116543.pdf>

3. 基本的な考え方と留意点

基本的な考え方

▶ 太陽電池モジュールの以下の各要素について、リユース促進の観点からリユース品としての客観的な状態、流通できるための条件や対処事項を提示

[A] 製品情報・外観	[C] 梱包・積載状態
[B] 正常作動性	[D] 中古取引の事実関係及び中古市場

基本的な留意点

▶ 売手や買手がリユース品の条件や対処事項に基づきリユース品であることを把握
 ▶ 売手又は買手が、詳細な検査を通じて、より正確な性能や安全性を把握する取組も推奨

日本国内でリユース▶ リユース促進の観点からリユース品として扱うことが適当な機能や条件を最低限有することを示すものであり、**具体的な状態や条件は取引者間の合意による決定を前提**

海外へ輸出しリユース▶ 輸出者が廃棄物ではなく、リユース品としての機能を有することを自ら証明し、リユース品として利用される事実を提示

図 4.3-2 説明動画 2（一部抜粋）

4. リユース品の条件

[A]外観に関する条件

リユース可能なものの例とリユース不可なものの例を以下に示す。

<p>○ リユース可能なものの例</p>  <p>ガラスの割れがなく接続や絶縁不良等故障につながる要因がないもの。</p>  <p>ジャンクションボックスが正常に設置され、断線を防止するためにケーブルを固定している。</p>	<p>✖ リユース不可なものの例</p>  <p>ガラスの割れがある場合はリユース品とみなされない。</p>  <p>ジャンクションボックスが外れている。</p>
---	--

10

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
 613 回視聴・2021/07/30 👍 高評価 🗑️ 低評価 ➦ 共有 ≡ 保存 ...

図 4.3-3 説明動画 3（一部抜粋）

(3) 閲覧状況

公開から 613 回視聴されている。(令和 4 年 2 月 12 日現在)

4.4 太陽電池モジュールのリユースガイドライン英訳版の作成

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の英訳版の概要について整理した。

4.4.1 英訳版ガイドラインの作成

(1) 概要

令和3年5月18日に公表された「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」について、日本語を解さない関係者への周知、海外の関係者への情報発信を主な目的として英訳版を作成した。

(2) 基本的な構成

英訳版ガイドラインは日本語版と同様の構成とし、そのうち、「リユース品の条件」は以下のとおり英訳した。

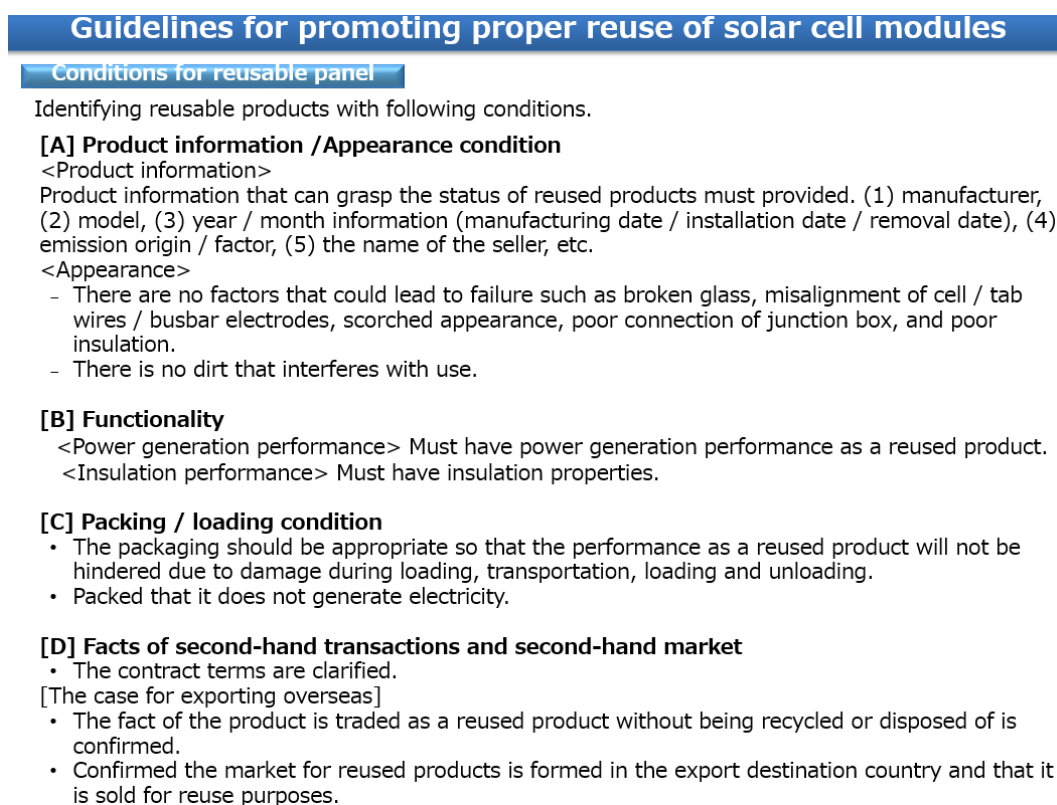


図 4.4-1 リユース品の条件（抜粋）

4.4.2 英訳版ガイドライン

作成した英訳版ガイドラインは、別添資料4に掲載した。

第5章 国内リサイクルの普及促進に関する調査・検討

5.1 再生製品の技術的特徴及び普及促進における課題の整理

5.1.1 太陽電池モジュールにリサイクルに関するヒアリングの実施

再生製品の普及促進において課題とされるガラスを中心に、ガラスの供給側（処理技術）とガラスの需要側（再生製品）の両面から、リサイクルの現状及び課題を把握するためヒアリング調査を実施した。

ヒアリング調査の実施概要を表 5.1-1 に示す。なお、ヒアリング成果は、本項以降の調査内容において反映した。

表 5.1-1 ヒアリング調査実施概要

No	実施日	対象区分	主な調査内容
1	2021年6月14日	事業者団体	<ul style="list-style-type: none"> 高度処理技術全般について セラミックタイル、セラミックブロックへのPVガラス利用について
2	2021年6月25日	処理設備開発者	<ul style="list-style-type: none"> PVリサイクルハンマーについて コンクリート骨材へのPVガラス利用について
3	2021年7月2日	再生製品製造者	<ul style="list-style-type: none"> 多孔質ガラス発泡材へのPVガラス利用について
4	2021年10月13日	中間処理事業者	<ul style="list-style-type: none"> ホットナイフについて 中間処理における課題について
5	2021年10月25日	中間処理事業者 再生製品製造者	<ul style="list-style-type: none"> ガラスわけーるについて 再生ガラス砂について 中間処理における課題について
6	2021年10月27日	中間処理事業者	<ul style="list-style-type: none"> 破碎処理について 中間処理における課題について
7	2021年11月15日	処理設備開発者	<ul style="list-style-type: none"> 加熱燃焼処理技術について グラスウールへのPVガラス利用について
8	2021年11月29日	再生製品製造者	<ul style="list-style-type: none"> 多孔質ガラス発泡材へのPVガラス利用について
9	2021年12月2日	事業者団体	<ul style="list-style-type: none"> 板硝子へのPVガラス利用について
10	2021年12月3日	事業者団体	<ul style="list-style-type: none"> グラスウールへのPVガラス利用について
11	2021年12月14日	事業者団体	<ul style="list-style-type: none"> ガラスのリサイクルについて
12	2022年1月21日	処理設備開発者	<ul style="list-style-type: none"> 処理技術について

5.1.2 太陽電池モジュールの処理技術の整理

太陽電池モジュールの処理技術は、環境省の低炭素型3R技術・システム実証事業やNEDOの太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトの他、独自に開発を行ってきた事業者により複数の技術が確立しており、導入が進められている。太陽電池モジュールのリサイクル方法としては、破碎処理後に高度選別する方法もあるが、本調査では、太陽電池モジュールの処理に特化して開発され、すでに実用化されている処理技術を対象に調査を行った。

現在、国内で稼働している（実証中含む）太陽電池モジュールの処理に特化した処理技術

(以下、「PV 高度処理技術」)は、主なもので8技術あり、WEB 調査およびヒアリング調査によると、少なくとも全国に28台導入されていることが確認された。PV 高度処理技術の導入実績を表 5.1-2 に、分布状況を図 5.1-1 に示す。また、PV 高度処理技術の特徴及びガラスの処理状況について表 5.1-3 に整理した。

表 5.1-2 太陽電池モジュールの処理に特化した処理技術の導入状況

No.	処理技術名	開発者等	導入実績 (台) ※
1	ホットナイフ分離法	(株)エヌ・ピー・シー	5
2	PV スクラッチャー	東芝環境ソリューション(株)	2
3	加熱燃焼処理	(株)新菱	1
4	パネルセパレーター	ソーラーフロンティア(株)	1
5	ブラスト工法	(株)エーシー、ミクロンメタル(株)、 未来創造(株)	5
6	ガラスわけーるⅢ型	(株)環境保全サービス	7
7	Resola	近畿工業(株)	4
8	PV リサイクルハンマー	(株)チヨダマシンナリー	3
		計	28

※2022年1月現在、WEB 調査、ヒアリングにより確認できた設置済台数

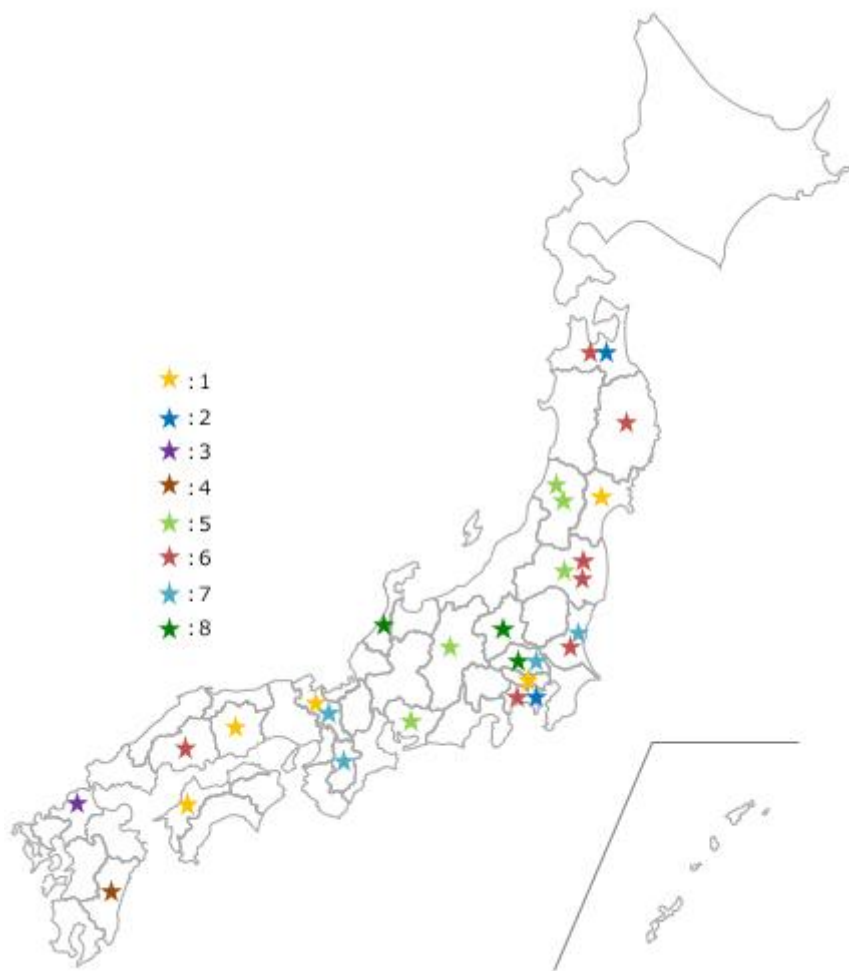
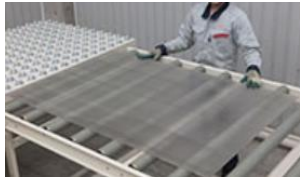
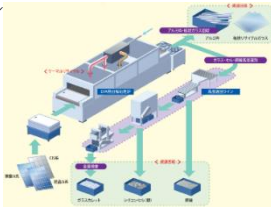


図 5.1-1 太陽電池モジュールの処理に特化した処理技術の導入状況
 ※凡例の星マークの番号は表 5.1-2 の No.に対応している。

表 5.1-3 PV 高度処理技術の特徴及びガラスの処理状況

技術名/製品名	関連事業者 (開発者等)	処理技術の特徴	処理能力	処理後のガラス
ホットナイフ分離法	(株)エヌ・ピー・シー	<p>約 300℃に加熱したナイフで EVA を溶融し、ガラスを割らずに、その他の部材と分離する。</p>  <p>出典：(株)エヌ・ピー・シーHP</p>	約 60 秒/枚	<ul style="list-style-type: none"> ・板状で回収 ・ガラス側の EVA 残膜厚 0.1mm 以下  <p>エックス都市研究所 撮影</p>
PV スクラッチャー	東芝環境ソリューション(株)	<p>高速で回転する複数の金属ブラシが太陽電池積層板の受光面の反対側から作用し、ガラス基板方向に有機性シート・有機性封止材・セル・電極の順に段階を踏んで削り取る。</p>  <p>出典：東芝環境ソリューション(株)HP</p>	30t/月	<ul style="list-style-type: none"> ・板状で回収 ・カバーガラス裏面に若干の残さあり  <p>出典：東芝環境ソリューション(株)HP</p>
加熱・燃焼処理	(株)新菱	<p>窒素雰囲気での分解炉で EVA を熱分解し、その後発生した EVA 分解ガスを、大気雰囲気での燃焼炉で LPG バーナーによって焼却する 2 段階処理を行う。</p> <p>EVA の一部は炭化された状態で PV モジュールに残存して排出されるため、大気雰囲気下の後処理装置で再度加熱して酸化処理を行うことで、EVA をほぼ完全に除去する。</p>  <p>出典：PV パネルリサイクル事業リーフレット (株)リサイクルテック、(株)新菱</p>	9 万枚/年	<ul style="list-style-type: none"> ・板状で回収 ・ガラス品位 99.999%  <p>出典：令和 2 年度脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業 (太陽光パネルの高度選別技術開発とリサイクル・システム構築による早期事業化) 委託業務成果報告書、令和 3 年 3 月 (株)新菱</p>

技術名/製品名	関連事業者 (開発者等)	処理技術の特徴	処理能力	処理後のガラス
パネルセパレーター	ソーラーフロンティア(株)	加熱により EVA の密着力を低減させパネルセパレーターで EVA を引き剥がして基板ガラスからカバーガラスを分離。基板ガラス上の有価物 (CIGS 化合物等) は薬液 (液相回収) により EVA を剥離し、回収する。	80 秒/枚	カバーガラス ・板状で回収 ・セパレート後の EVA 残渣 除去により高品位の ガラスを回収  出典：ソーラーフロンティア(株)HP
ブラスト工法	(株)エーシー、ミクロンメタル(株)、未来創造(株)	粒状の投射材料を圧縮エアer モーター駆動によってカバーガラス表面に噴きつけ、カバーガラスを剥離する。  出典：未来創造(株)HP	約 60 秒/枚 (コンベア式) 約 4 分/枚 (手動式)	・粒状で回収 ・剥離したカバーガラスとブラスト材はふるい装置で分別され回収  出典：(株)エーシーHP
ガラスわけるⅢ型	(株)環境保全サービス	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。剥がしたガラスなどは、ベルトコンベヤーで運び、ホッパーで一時的に保管する。  出典：廃ガラスリサイクル事業協同組合 HP	約 75 秒/枚	・粒状で回収 ・一体化した分別工程で、風力選別、色選別、金属検知器を経て各種素材に分別し、ガラス精製システムにより異物を除去する  出典：廃ガラスリサイクル事業協同組合 HP

技術名/製品名	関連事業者 (開発者等)	処理技術の特徴	処理能力	処理後のガラス
Resola	近畿工業(株)	<p>アルミ枠を除去後、ローラー破碎機（ロール型圧縮破碎）に数回通しガラスを除去する。</p>  <p>太陽光パネルリサイクル設備 ReSola 省CO₂型リサイクル高度化設備 導入促進事業 採択実績有</p> <p>出典：近畿工業(株)HP</p>	120 秒/枚	<ul style="list-style-type: none"> ・粒状で回収 ・ガラスの85～90%を回収 ・通過回数を増やすとガラスの回収率は上がるが混入物が増加する  <p>エックス都市研究所撮影</p>
PV リサイクルハンマー	(株)チヨダマシンナリー	<p>アルミ枠を分離した後、ガラス分離装置内を温めながら通し、爪のついたハンマーでたたいてガラスとセルシートを分離する。ガラス片はバキュームにより集められる。ガラス片を分離しやすくするため、約70～100℃の温熱ヒーターで温めている。</p>  <p>出典：(株)チヨダマシンナリーHP</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミ枠分離装置 約30秒/枚 ・ガラス分離装置 約90秒/枚 	<ul style="list-style-type: none"> ・粒状で回収 ・ガラスの約90%を回収 ・若干の混合物あり、用途に応じて選別工程を設ける  <p>出典：(株)チヨダマシンナリーHP</p>

また、表 5.1-3 で整理した技術の他、新たな技術の実用化も検討されている(図 5.1-2)。
 太陽電池モジュールの大量排出が課題として認知され始めている背景もあり、今後も各設備の導入が進むことが予想される。

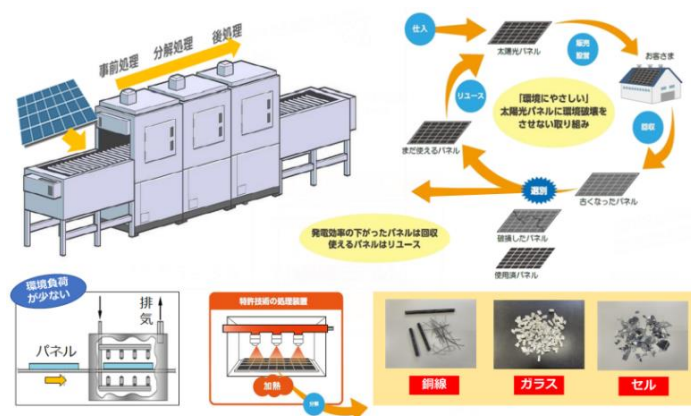


図 5.1-2 新見ソーラーカンパニーが開発した処理技術
 出典：株式会社新見ソーラーカンパニーHP

5.1.3 再生製品の技術的特徴と市場ニーズの整理

太陽電池モジュールのリサイクル率の向上の観点から、モジュール重量の多くを占めるガラスに着目した再生製品の技術的課題と市場ニーズを調査した。

調査対象とした再生製品は、グラスウール、多孔質ガラス発泡材、セラミックタイル・セラミックブロック、コンクリート骨材、ガラス砂とした。路盤材へのリサイクルは、現在実績は多くあるが、必ずしも高度処理を行う必要はないため、本調査では対象外とした。

各再生製品の技術的特徴及び市場ニーズ等について整理した結果を表 5.1-4 に示す。

表 5.1-4 各種再生製品の技術的課題と市場ニーズの整理

項目	グラスウール	多孔質ガラス発泡材	セラミックタイル セラミックブロック	コンクリート骨材	ガラス砂
リサイクル 製品例	<p>グラスウール断熱材</p>  <p>出典：硝子繊維協会 HP</p>	<p>・ スーパーソル</p>  <p>出典：(株)トリム HP ・ ポーラス α</p>  <p>エックス都市研究所撮影</p>	<p>外装床タイル</p>  <p>クリスタルクレイ FT シリーズ 出典：クリスタルクレイ (株)HP</p>	<p>インターロッキングブロック</p>  <p>ブロック試作品 エックス都市研究所撮影</p>	<p>クリスタルストーンサンドク</p>  <p>0.0~1.2m/m 1.2~2.5m/m 2.5~5.0m/m 5.0~13.0m/m</p> <p>出典：(株)環境保全サービス HP</p>
製品段階	PV ガラス利用は実証段階	実用段階	実用段階	PV ガラス利用は実証段階	実用段階
特徴	原料に対し、一定割合の PV ガラスカレットを混合して製造する場合、通常工程で製造可能。環境省実証事業では、5%、10%の混合割合の場合、繊維径、製品品質は合格であった。	廃ガラスを粉砕、焼成、発泡させて製造する。有害物質の固定化により溶出抑制ができる。透水性と保水性に優れており、緑化・断熱・園芸・浄化・建築・土木など多くの用途で利用可能。	粉砕物を主原料とし、粘土原料に加え成形、焼成する。ガラス成分が焼成温度低下 (CO2 削減) とバインダー効果を生む。	ガラス分離後付着物を除去する。骨材に加工し、最終製品を製造する。既存施設がそのまま使えるため、従来品からの置き換えが容易。骨材の 8%程度までの混入であれば、強度への影響はない。無筋製品への利用を想定。	剥離したガラスを特殊な粉砕方法を用いることでカレット化し、0~1.2mm、1.2~2.5mm、2.5~5mm、5mm の粒度別に選別。製品に合わせて粒度、色の割合を調整することができる。川砂の粒径と同等の丸みに加工されている。26 項目の溶出基準をクリアしている。天然材より粒度・色調整が容易。

項目	グラスウール	多孔質ガラス発泡材	セラミックタイル セラミックブロック	コンクリート骨材	ガラス砂
市場規模	ガラス短繊維製品出荷量： 19.6万t (2020年 経済産業省生産 動態統計年報 資源・窯 業・建材統計編)	EPS 土木工法施工実績： 軽量盛土材出荷量：28万 m ³ (2010年 発泡スチロール 土木工法開発機構 (EPS 開 発機構))	床タイル出荷量：220万m ² (3.5万t、16kg/m ² の場 合) (2020年 経済産業省生産 動態統計年報 資源・窯 業・建材統計編)	インターロッキングブロック舗装の施 工面積：309万m ² (2017年インターロッキングブ ロック舗 装技術協会) 護岸用コンクリートブロック出荷 量：54万t 道路用コンクリート製品出荷量： 236万t (2020年 経済産業省生産 動態統計年報 資源・窯 業・建材統計編)	道路用けい砂出荷量： 1万t (2020年 経済産業省生産 動態統計年報 資源・窯 業・建材統計編)
市場動向・展 望	国内の板ガラス・自動車ガ ラス・瓶ガラスの生産量減 少により、グラスウールで 使用するガラスカレット量 が不足傾向にある。今後 PV 由来ガラスの需要が高まる 可能性がある。	軽量盛土材として使用され てきた EPS (発泡スチロー ル) がマイクロプラスチック 問題や原油高による価格 高騰のため代替されはじめ ている。環境面、価格面 において、公共工事における 需要が伸びている。	景観建築土木の公共事業は 減少化が進んでいる。今後 一般消費材として需要を作 り出す必要がある。	天然骨材の不足による価格 上昇や採掘の環境負荷によ り、代替需要が見込まれ る。構造物への使用は、各 基準を満たすために必要な 認証や検査工程がより多く 必要になるため、舗装用イ ンターロッキングブロック や護岸ブロック、側溝など 無筋ブロックへの展開が期 待される。	雨水貯留浸透施設は、平成 27年度の下水道法改正によ り設置が進められており、 水害防止の観点から今後も 需要が継続すると思われる。 茨城県では、リサイクル 建設資材率先利用手順書 を作成しており、再生ガラ ス砂について、条件が合致 する場合は積極的に使用す ることと記載されている。 他自治体にも同様の動きが 広がるとかなりの需要が創 出される。
リサイクル材 の使用状況	リサイクルガラス 90%以上 (ガラス繊維協会 HP)	リサイクルガラスのみ使用 (ヒアリング)	グリーン購入法判断の基準 セラミックタイル： 再生材料が原材料の重量比 で 20%以上	・コンクリート用再生骨材出荷量 (廃コンクリート等)：103千t (碎石等統計年報 2019年) ・鉄鋼スラグコンクリート骨材： 1,416千t (鉄鋼スラグ協会用途別使用 内訳 2020年)	リサイクルガラスのみ使用 (ヒアリング)

項目	グラスウール	多孔質ガラス発泡材	セラミックタイル セラミックブロック	コンクリート骨材	ガラス砂
国や地方公共団体の基準・認定の状況	グリーン購入法判断の基準 断熱材： 再生資源を使用している又は使用後に再生資源として使用できること。	<ul style="list-style-type: none"> ・JIS 制定 ・北海道、岩手県、山形県、茨城県、岐阜県、滋賀県、岡山県、広島県、沖縄県等においてリサイクル・再生製品認定 ・鳥取県においてグリーン商品認定 	グリーン購入法判断の基準 セラミックタイル： 再生材料が原材料の重量比で20%以上（複数の材料が使用されている場合は、それらの材料の合計）使用されていること	グリーン購入法判断の基準 舗装用ブロック： 再生材料が原材料の重量比で20%以上（複数の材料が使用されている場合は、それらの材料の合計）使用されていること。	<ul style="list-style-type: none"> ・エコマーク認定 ・岩手県、茨城県、大阪府奈良県等においてリサイクル・再生製品認定 ・茨城県リサイクル建設資材率先利用手順書では、再生ガラス砂について、条件が合致する場合は積極的に使用することと記載されている。
原材料の品質要求水準例 ※事業者へのヒアリング、アンケートによる一例であり、同種製品すべてに適用されるものではない	<p>例1</p> <ul style="list-style-type: none"> 【ヒ素】含有しないこと 【アンチモン】検討中 【異物混入割合】 ・有機物（フィルム・紙・ゴム・木片等）10mm以上無、10mm未満 500ppm 未満 ・鉄片（ステンレスを除く）1mm以上無、1mm未満 50ppm 未満 ・非鉄金属（アルミ・ステンレス・銅・金属シリコン等）1mm以上無、1mm未満 50ppm 未満 【ガラス形状】 ・40mm～2mm：70%以上、2mm未満 30%未満 ・粉状ガラスは、原料輸送パイプ等で固まる懸念があるため好ましくない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・例1 【ヒ素】含有・溶出しないこと 【アンチモン】含有・溶出しないこと 【異物混入割合】 5%以下 【ガラス形状】特になし ※ヒ素に関しては、多少含有していても溶出抑制することが可能 ・例2 【ヒ素】基準値以下で溶出しないこと 【アンチモン】監視基準値以下で溶出しないこと 【異物混入割合】 可能な限り異物混入は避けること 【ガラス形状】特になし 	<p>例1</p> <ul style="list-style-type: none"> 【異物混入割合】 重量比1%以下（付着含む） 【ガラス形状】 破砕1.5mm以下 	<p>例1</p> <ul style="list-style-type: none"> 【ヒ素】（可能ならば）含有しないこと、溶出しないこと 【アンチモン】（可能ならば）含有しないこと、溶出しないこと 【異物混入割合】 1%未満 【ガラス形状】カレット状5mm未満、出来れば角を丸めたカレットを推奨。 【その他】 ガラス原料は、有毒な物質が含まれていないこと、または、当該ガラス骨材を使用したコンクリート製品から有害物質が溶出されていないこと、のいずれかが第三者により証明されていること。（但し、パネルは、結晶系のみとする。） 	<p>例1</p> <ul style="list-style-type: none"> 【ヒ素】0.01mg/l以下 【アンチモン】特になし 【異物混入割合】 現物確認 【ガラス形状】特になし

項目	グラスウール	多孔質ガラス発泡材	セラミックタイル セラミックブロック	コンクリート骨材	ガラス砂
ガラス資源循環性	広域認定制度を活用した廃材回収が行われており、グラスウールとして再生される。	掘削・再利用は可能。ガラス再資源化のための回収は困難。	広域認定制度を活用した廃材回収が行われており、タイル材料として利用される。	建設リサイクル法により回収され、コンクリート廃材として路盤材などに活用される。	掘削・再利用は可能。ガラス再資源化のための回収は困難
原材料の調達要求水準	月 100～200t 程度の安定供給。	用途、工事規模による。	最小ロット 10 t（フレコンバック入り） 調達リードタイム 1 ヶ月程度	メーカーにもよるが、5m ³ のサイロを常に満杯にできる量。	用途、工事規模による。
技術的な課題	カレット中の金属や有機物の混入、アンチモンによる窯内の生産設備への影響、ヒ素やアンチモンのガラスからの溶出量などの環境課題の検証。	全国の工場での品質標準化	ガラス素材（白ガラス）自体は有用、一体パネルからの分離技術が重要	溶出試験の実施	—
事業化の課題	安定的な供給量の確保。	製造工場がない都道府県における公共工事への利用。 製造事業者の拡大。	既存製品が競合製品となる。販売コストが最も重要。	安定的な供給量の確保。 地域ごとに製造事業者が必要。	製造事業者の拡大。

5.1.4 国内リサイクルの普及促進に関する課題の整理

現状では、ガラスのリサイクルは、主に路盤材等へのリサイクルの他、ガラス砂及び多孔質ガラス発泡材の需要が高まりつつあることがわかった。但し、PV 高度処理技術の特徴を生かしたりサイクルという観点から見ると十分とはいえない。リサイクルの普及促進にあたっては、リサイクル処理から再生製品製造までの一体的な取組みが重要となる

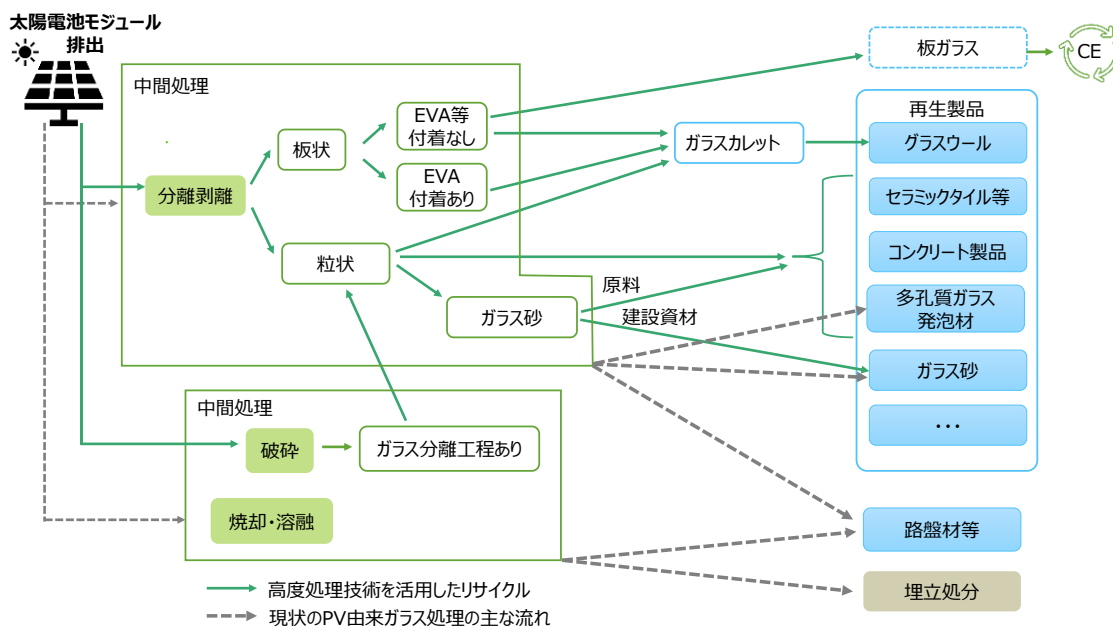


図 5.1-3 太陽電池モジュールのガラスリサイクルの流れ

PV 高度処理技術を活用したリサイクルの普及促進にあたっての課題を以下に整理した。

【中間処理段階】

- ・現状は排出量が少ない、破碎・焼却による処理・埋立処分されている
 - ・ガラスの回収が困難な破碎と回収が可能な分離剥離が同じ適正処理（リサイクル）になっているため、利用者に差別化する情報が伝わっていない
- ⇒PV 高度処理設備稼働率の向上、リサイクル価値の創出・周知

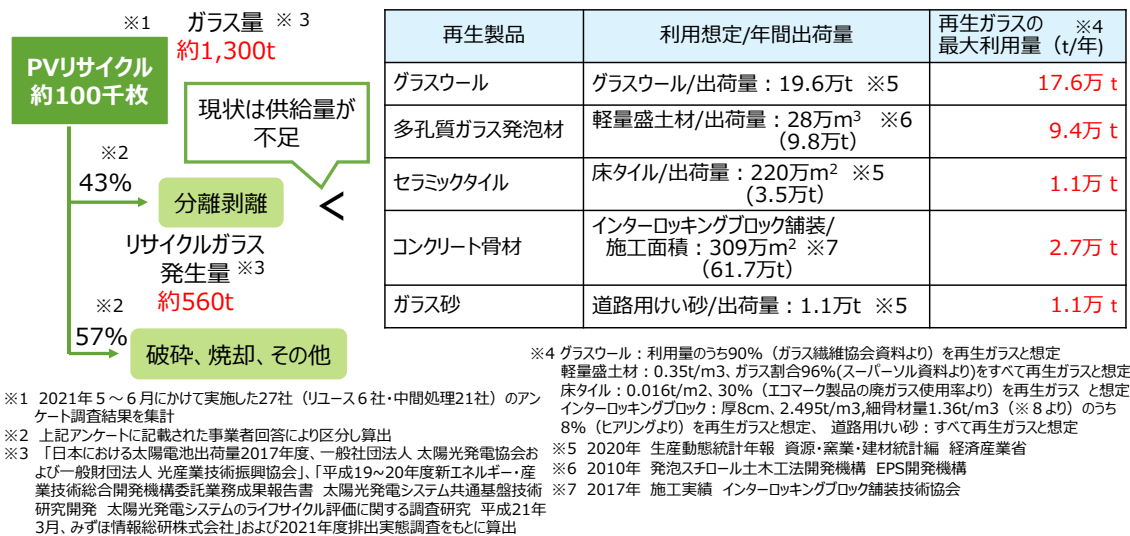


図 5.1-4 太陽電池モジュールの処理量と再生ガラス最大利用量

【再生製品製造段階】

- 各再生製品の要求水準やその判断方法・検査方法が確立していない
 - 今後、組成が不明な海外製PVの排出が増加する
 - 原材料の安定的な供給ができない
 - 輸送コストの負担が大きい
- ⇒ガラスのリサイクル先の基準にあわせた受入時の判断方法の確立、周知
⇒中間処理事業者、ガラスカレット事業者、再生製品事業者間の連携構築
⇒今後増加する海外製モジュールのガラスリサイクルへの影響の調査

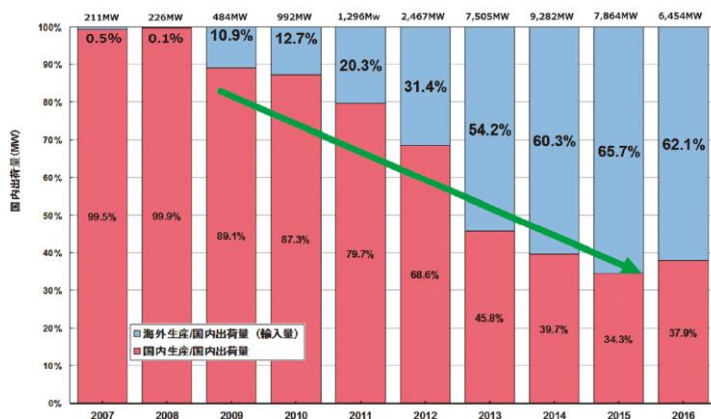


図 5.1-5 太陽光発電の国内出荷量に占める海外パネルの比率

出典：資源エネルギー庁 HP

【再生製品利用促進段階】

- ・現状は材料として供給できる量が少ないと需要量のバランスの考慮が必要
- ・ガラス資源として循環できるリサイクルが確立できていない
- ・リサイクルすることの価値が知られていない
 - ⇒供給量と需要量のバランスの考慮が必要
 - ⇒高品位リサイクル・サーキュラーエコノミーへの移行
 - ⇒環境価値の可視化・社会認知度の向上と製品選択インセンティブ創出

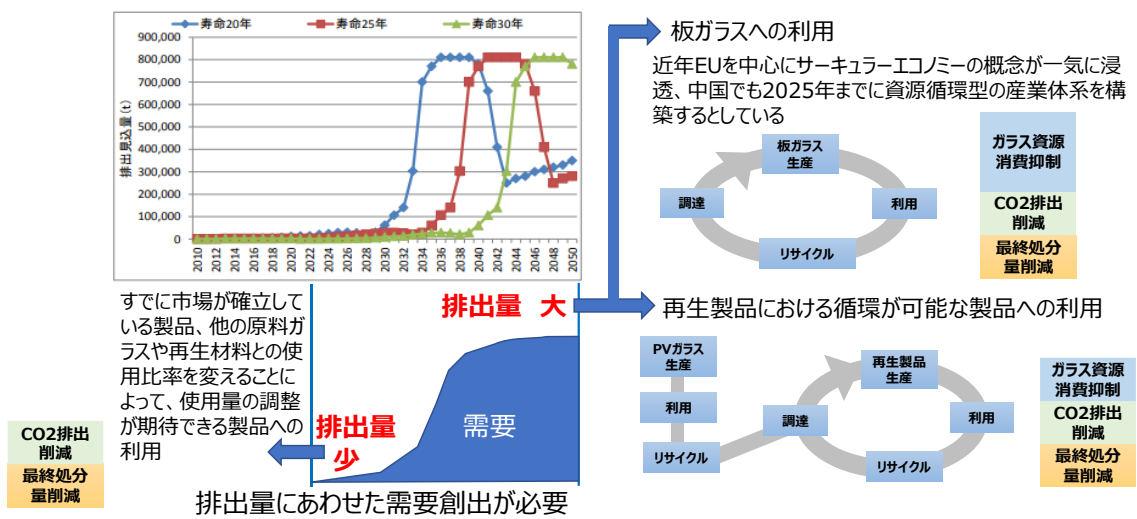


図 5.1-6 再生製品需要と高品位リサイクルへの移行イメージ

【将来の大量排出段階】

- ・運搬車両・保管場所の確保、処理量・保管期間の遵守が難しい可能性がある
 - ⇒大量排出時の地域ごとの処理方法の検討

5.1.5 リサイクルによる環境負荷低減効果評価事例の整理

太陽電池モジュールリサイクルによる CO₂ 排出量削減効果を評価した事例について表 5.1-5～表 5.1-7 に整理した。

表 5.1-5 CO₂ 排出量削減効果評価事例 1

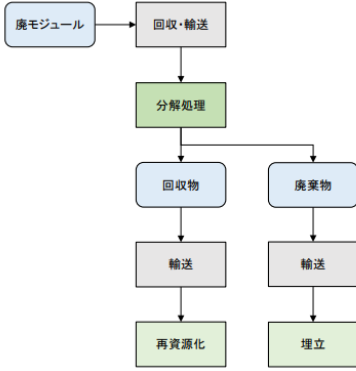
文献名	太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト 太陽光発電リサイクル動向調査 太陽光発電リサイクルに関する動向および評価手法の調査 成果報告書
作成年月	平成 31 年 2 月
著者	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (委託先) みずほ情報総研株式会社
評価概要・方法	<p>【評価概要】 NEDO で実施された低コスト分解処理技術実証開発技術の環境的・社会的側面について評価</p> <p>【評価対象範囲】</p>  <p>【評価対象プロセス】</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 回収輸送プロセス（解体撤去後またはリユース可否の判断後、使用済み太陽電池モジュールの発生場所から処理工場までの回収輸送（回収拠点における作業を含む）） ✓ リサイクル処理プロセス（モジュールリサイクル工場における処理プロセス） ✓ リサイクル処理工場から再生処理工場までの輸送プロセス ✓ 再生処理プロセス（リサイクル処理後、再生に回される材料の処理プロセス） ✓ リサイクル処理工場から最終処分場までの輸送プロセス ✓ 最終処分プロセス（リサイクル処理後、廃棄に回される分の処理プロセス、埋立、焼却等） ✓ リサイクルによる環境への効果（再生材による（新規材料製造の）代替効果（※）） <p>※リサイクル処理・再生処理によって得られた再生材により、ユーザーは再生材を使用することで、これに相当する新規材料の使用が回避できる。したがって、再生材を作ることにより、新規材料を製造する際に発生する環境や社会への影響を回避することができる。本研究開発プロジェクトでは、この回避される影響分を全体から差し引くこととする。</p>
CO ₂ 排出量削減効果	<p>いずれの技術も再生材による新規材料製造の代替効果によって CO₂ 排出量が削減された。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="550 1668 901 1892"> <p>※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。</p> </div> <div data-bbox="949 1668 1300 1892"> <p>※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。</p> </div> </div> <p>図 2.2-4 モジュール 1kW のリサイクル処理による CO₂ 排出量削減効果 (kg-CO₂/kW)</p> <p>図 2.2-5 モジュール 1 トンのリサイクル処理による CO₂ 排出量削減効果 (kg-CO₂/t)</p>

表 5.1-6 CO2 排出量削減効果評価事例 2

文献名	令和 2 年度脱炭素型金属リサイクルシステムの早期社会実装化に向けた実証事業 (太陽光パネルの高度選別技術開発とリサイクル・システム構築による早期事業化) 委託業務 成果報告書																																																
作成年月	令和 3 年 3 月																																																
著者	株式会社新菱																																																
評価概要・方法	<p>【評価概要】 (株)新菱が開発した太陽電池モジュールの処理・高度選別技術を用いたリサイクルプロセスによる CO2 排出量削減効果の評価</p> <p>【ベースシステムのケースとシステム境界】 <ケース 1：最終処分（埋立処分）> システム境界は、太陽光パネルの使用後からとし、破碎処理～破碎処理物の運搬～最終処分を対象とした。 <ケース 2：路盤材> システム境界としては、太陽光パネルの使用後からとし、破碎処理～破碎処理物の運搬～溶融～溶融スラグの運搬～路盤材の製造を対象とした。</p> <p>【評価対象プロセスのシステム境界】 システム境界は、太陽光パネルの使用後からとし、焼成処理～選別～選別品の運搬～選別品のリサイクルとした。選別サンプルは、銅線とセルは精錬会社で銅と銀の回収を行い、ガラスはグラスウールを製造するとした。</p>																																																
CO2 排出量削減効果	<p>埋立ケースの CO2 削減効果：1,065kg-CO2/t 路盤材ケースの CO2 の削減効果：1,852kg-CO2/t であった。 いずれも、回収した銅、銀、ガラスのリサイクルによる効果により、CO2 が削減できる結果になった。</p> <p style="text-align: center;">表 3.7.3 パネル 1 枚当たりの CO2 削減量 単位：kg-CO2/枚</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>項目</th> <th>比較対照：埋立</th> <th>比較対照：路盤材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>ベースラインの排出量</td> <td style="text-align: center;">8.1</td> <td style="text-align: center;">20.7</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>事業実施時の代替分</td> <td style="text-align: center;">73.4</td> <td style="text-align: center;">73.4</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>事業実施時の排出量</td> <td style="text-align: center;">64.5</td> <td style="text-align: center;">64.5</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ベースラインの代替分</td> <td style="text-align: center;">0.0</td> <td style="text-align: center;">0.001</td> </tr> <tr> <td>(A+B)-(C+D)</td> <td>CO2削減効果</td> <td style="text-align: center;">17.0</td> <td style="text-align: center;">29.6</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表 3.7.4 パネル 1 トン当たりの CO2 削減量 単位：kg-CO2/t</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>項目</th> <th>比較対照：埋立</th> <th>比較対照：路盤材</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>ベースラインの排出量</td> <td style="text-align: center;">506</td> <td style="text-align: center;">1,293</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>事業実施時の代替分</td> <td style="text-align: center;">4,589</td> <td style="text-align: center;">4,589</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>事業実施時の排出量</td> <td style="text-align: center;">4,030</td> <td style="text-align: center;">4,030</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>ベースラインの代替分</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>(A+B)-(C+D)</td> <td>CO2削減効果</td> <td style="text-align: center;">1,065</td> <td style="text-align: center;">1,852</td> </tr> </tbody> </table>		項目	比較対照：埋立	比較対照：路盤材	A	ベースラインの排出量	8.1	20.7	B	事業実施時の代替分	73.4	73.4	C	事業実施時の排出量	64.5	64.5	D	ベースラインの代替分	0.0	0.001	(A+B)-(C+D)	CO2削減効果	17.0	29.6		項目	比較対照：埋立	比較対照：路盤材	A	ベースラインの排出量	506	1,293	B	事業実施時の代替分	4,589	4,589	C	事業実施時の排出量	4,030	4,030	D	ベースラインの代替分	0	0	(A+B)-(C+D)	CO2削減効果	1,065	1,852
	項目	比較対照：埋立	比較対照：路盤材																																														
A	ベースラインの排出量	8.1	20.7																																														
B	事業実施時の代替分	73.4	73.4																																														
C	事業実施時の排出量	64.5	64.5																																														
D	ベースラインの代替分	0.0	0.001																																														
(A+B)-(C+D)	CO2削減効果	17.0	29.6																																														
	項目	比較対照：埋立	比較対照：路盤材																																														
A	ベースラインの排出量	506	1,293																																														
B	事業実施時の代替分	4,589	4,589																																														
C	事業実施時の排出量	4,030	4,030																																														
D	ベースラインの代替分	0	0																																														
(A+B)-(C+D)	CO2削減効果	1,065	1,852																																														

表 5.1-7 CO2 排出量削減効果評価事例 3

文献名	使用済み太陽光発電パネルのガラス再資源化による環境負荷削減効果 日本建築学会環境系論文集 第 82 巻 台 741 号 2007 年 11 月																																																																																																																															
作成年月	平成 29 年 11 月																																																																																																																															
著者	湯浅和博、鶴崎敬大、山崎成																																																																																																																															
評価概要・方法	<p>【評価概要】 PV パネルのガラスを再資源化した際の環境負荷削減効果について評価</p> <p>【評価対象と工程】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現状工程 路盤材、埋立処分 ・ 提案工程 ガラス再資源化製品：タイル、タイルブロック、防音パネル 																																																																																																																															
CO2 排出量削減効果	<p>路盤材ケースでは、タイルへの再資源化時に 310~442kgCO2/t' (kgCO2/t' : PV パネル 1t を処理した場合を想定した CO2 排出量)、ブロック、防音パネルへの再資源化時に 142~238 kgCO2/t' の CO2 削減効果が得られた。現状工程に対する削減率では、防音パネルへの再資源化時で 37~61%、タイルで 31~39%、ブロックで 11~16%となり、ガラス使用率の高い製品へのリサイクルが有利となる。</p> <p>表 11 各工程の CO₂ 排出量算定結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">工程</th> <th colspan="5">タイルへのリサイクル時</th> <th colspan="5">ブロックへのリサイクル時</th> <th colspan="5">防音パネルへのリサイクル時</th> </tr> <tr> <th>単結晶系</th> <th>多結晶系</th> <th>薄板系 (アルミ)</th> <th>薄板系 (銅)</th> <th>CISS系</th> <th>単結晶系</th> <th>多結晶系</th> <th>薄板系 (アルミ)</th> <th>薄板系 (銅)</th> <th>CISS系</th> <th>単結晶系</th> <th>多結晶系</th> <th>薄板系 (アルミ)</th> <th>薄板系 (銅)</th> <th>CISS系</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>324.5</td> <td>341.6</td> <td>320.9</td> <td>312.3</td> <td>314.2</td> <td>324.5</td> <td>341.6</td> <td>320.9</td> <td>312.3</td> <td>314.2</td> <td>324.5</td> <td>341.6</td> <td>320.9</td> <td>312.3</td> <td>314.2</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>889.9</td> <td>761.9</td> <td>669.9</td> <td>669.9</td> <td>812.7</td> <td>1298.6</td> <td>1111.8</td> <td>977.5</td> <td>977.5</td> <td>1185.9</td> <td>83.1</td> <td>71.5</td> <td>63.2</td> <td>63.2</td> <td>76.1</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>808.6</td> <td>718.0</td> <td>676.3</td> <td>665.6</td> <td>677.9</td> <td>1440.1</td> <td>1258.9</td> <td>1151.8</td> <td>1141.2</td> <td>1254.8</td> <td>224.7</td> <td>218.6</td> <td>237.5</td> <td>226.9</td> <td>145.0</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>5.8</td> <td>6.0</td> <td>4.7</td> <td>4.7</td> <td>7.4</td> <td>5.8</td> <td>6.0</td> <td>4.7</td> <td>4.7</td> <td>7.4</td> <td>5.8</td> <td>6.0</td> <td>4.7</td> <td>4.7</td> <td>7.4</td> </tr> <tr> <td>CO₂削減量 (A+B)-(C+D)</td> <td>400.0</td> <td>379.5</td> <td>309.8</td> <td>311.8</td> <td>441.6</td> <td>177.1</td> <td>188.6</td> <td>141.9</td> <td>143.9</td> <td>237.9</td> <td>177.1</td> <td>188.6</td> <td>141.9</td> <td>143.9</td> <td>237.9</td> </tr> <tr> <td>再資源化製品1kg当たりのCO₂削減率</td> <td>0.507</td> <td>0.562</td> <td>0.522</td> <td>0.525</td> <td>0.613</td> <td>0.040</td> <td>0.050</td> <td>0.043</td> <td>0.044</td> <td>0.059</td> <td>0.384</td> <td>0.478</td> <td>0.409</td> <td>0.414</td> <td>0.565</td> </tr> </tbody> </table> <p>単位：kgCO₂/t' (※はkgCO₂/kg)</p> <p>単結晶系 PV パネルの埋立処分ケースでは、スラグ化に関する乾式製錬プロセスが無くなったことで排出削減効果も小さくなるが削減効果は正の値となった。</p> <p>図 6 再資源化実施時の CO₂ 排出量内訳 (単結晶系 PV パネル、工程 A-埋立処理の場合)</p>	工程	タイルへのリサイクル時					ブロックへのリサイクル時					防音パネルへのリサイクル時					単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系	単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系	単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系	A	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2	B	889.9	761.9	669.9	669.9	812.7	1298.6	1111.8	977.5	977.5	1185.9	83.1	71.5	63.2	63.2	76.1	C	808.6	718.0	676.3	665.6	677.9	1440.1	1258.9	1151.8	1141.2	1254.8	224.7	218.6	237.5	226.9	145.0	D	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4	CO ₂ 削減量 (A+B)-(C+D)	400.0	379.5	309.8	311.8	441.6	177.1	188.6	141.9	143.9	237.9	177.1	188.6	141.9	143.9	237.9	再資源化製品1kg当たりのCO ₂ 削減率	0.507	0.562	0.522	0.525	0.613	0.040	0.050	0.043	0.044	0.059	0.384	0.478	0.409	0.414	0.565
工程	タイルへのリサイクル時					ブロックへのリサイクル時					防音パネルへのリサイクル時																																																																																																																					
	単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系	単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系	単結晶系	多結晶系	薄板系 (アルミ)	薄板系 (銅)	CISS系																																																																																																																	
A	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2	324.5	341.6	320.9	312.3	314.2																																																																																																																	
B	889.9	761.9	669.9	669.9	812.7	1298.6	1111.8	977.5	977.5	1185.9	83.1	71.5	63.2	63.2	76.1																																																																																																																	
C	808.6	718.0	676.3	665.6	677.9	1440.1	1258.9	1151.8	1141.2	1254.8	224.7	218.6	237.5	226.9	145.0																																																																																																																	
D	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4	5.8	6.0	4.7	4.7	7.4																																																																																																																	
CO ₂ 削減量 (A+B)-(C+D)	400.0	379.5	309.8	311.8	441.6	177.1	188.6	141.9	143.9	237.9	177.1	188.6	141.9	143.9	237.9																																																																																																																	
再資源化製品1kg当たりのCO ₂ 削減率	0.507	0.562	0.522	0.525	0.613	0.040	0.050	0.043	0.044	0.059	0.384	0.478	0.409	0.414	0.565																																																																																																																	

5.2 リサイクル手法の評価

5.2.1 経済性に関する調査

(1) 再生製品の価格に関する調査

ガラスのリサイクル先として有望な製品の市場価格より、1tあたりの単価を算出した結果を表 5.2-1 に示す。1tあたりに換算した結果では、グラスウールの価格が高く、再生ガラス砂の約 200 倍となっている。

表 5.2-1 再生製品の参考単価

製品	参考単価(円)	単位	換算単価(円)	単位	換算	備考
グラスウール	510	m ²	425,000	t	0.024 t/m ³	製品厚 5cm と して換算
軽量盛土材	18,000	m ³	51,429	t	0.35 t/m ³	
セラミックタイ ル	2,208	m ²	130,651	t	0.0169 t/m ²	
インターロッキ ングブロック	3,300	m ²	16,533	t	2.495 t/m ³	製品厚 8cm と して換算
再生ガラス砂	3,600	m ³	2,130	t	1.69 t/m ³	

単価参考：建設物価 2021 年 7 月

茨城県土木部 令和 3 年度 土木工事等建設資材単価表

沖縄県土木建築部令和 3 年度実施設計単価表

一方、太陽電池モジュール由来のリサイクルガラスを利用している、又は利用を検討している事業者買取価格についてヒアリングした結果では、現状では製品の取引価格が買取価格に影響しているわけではなく、個別事業者の取引事情によるところが大きいと考えられる。

(2) 太陽電池モジュールの素材売却費の調査

中間処理業者等を対象に実施した太陽電池モジュールのリサイクル費用に関する調査結果を表 5.2-2 に示す。

収入について、処理委託費は 2,000～5,000 円/枚となっており、3,000 円/枚前後が中心である。素材売却費については、アルミフレームは 11～145 円/kg、EVA シートは 5～100 円/kg であった。ガラスは 0～2 円/kg、ジャンクションボックスは 0.06～200 円/kg であった。同じ素材でも価格が大きく異なるのは、地域における当該リサイクル製品に対する需給の違いやリサイクルの品質、各社ごとの売却素材に関する品目の認識違いによるところが大きいと推測する。

表 5.2-2 太陽電池モジュールのリサイクル費用に関する調査結果

事業者	事業者 A	事業者 B	事業者 C	事業者 D	事業者 E	事業者 F	事業者 G	事業者 H	事業者 I	事業者 J	事業者 K	事業者 L	事業者 M	事業者 N	事業者 O
対象地域	東北	福島県内	関東、東北	—	問わず	関東、福島県、静岡県	関東	全国	関東、東北、中部	北陸	近畿、関東、北陸	中国、四国、九州、近畿	四国	九州、中国	九州
処理費用※1 (円/枚)	3,000	3,500			3,000		3,000	4,000	3,000~4,000		2,600	3,000~5,000	割れ有 3,600 割れ無 3,000	2,400	2,000
運搬費用※2 (円/台)	15,000						35,000	40,000等			20,000	50,000			
素材売却費	アルミフレーム	25円/kg	15円/kg				100円/kg		80~130円/kg			80~円/kg	145円/kg	11円/kg	110円/kg
	金属くず	398円/kg												4円/kg	
	板ガラス						1円/kg								
	ガラスくず	2円/kg					0円/kg					2円/kg			
	EVAシート						50円/kg						5~100円/kg		
	廃プラスチック類	277円/kg													
	ジャンクションボックス(電線含む)		1.5円/kg					10円/kg						200円/kg	
その他															スラグ 0.06円/kg

※1 : Kg 単位回答は、1 枚 20kg として換算

※2 : 排出元から処理施設までの距離 30km 程度を想定

5.2.2 再生製品の評価

高度処理後のガラスを利用した再生製品について、太陽電池モジュール由来ガラスの需要、経済性等から評価を行った。

再生製品後の製品価格や資源循環性の観点から、グラスウールへの再利用は期待が大きい。現在 NEDO 事業の中で硝子繊維協会が太陽電池モジュール由来のガラスの受け入れについて検討を行っており、今後は要求水準を満たす処理方法について、処理事業者、カレット事業者、製品メーカーとの間で十分な情報共有を行っていく必要がある。

多孔質ガラス発泡材及びガラス砂については、現在でも土木工事における需要があり、再生利用先としては有望である。但し、ガラス資源循環の観点から課題があり、並行して高品位リサイクルへの移行を検討していく必要がある。

セラミックタイル及びコンクリート骨材等への使用では、材料の一つとして再生ガラスが使用されており、また、ガラス以外の再生資源でも代替可能であるため、再生ガラスの価格が上昇した場合は、再生製品の製造者にとって利用価値が低くなる可能性がある。ただし、タイル類への使用では、ガラス成分が焼成温度低下に寄与するため、CO₂削減効果が得られるというメリットがある。今後の再生資源の動向を注視し、太陽電池モジュール由来のガラスと他の再生資源とのバランスを図っていくことが求められる。

5.3 地方自治体における条例・ミニアセスに関する調査

本節では、地方自治体において太陽光発電設備の設置に関する条例等を施工している事例を調査し、事業実施前後に太陽電池モジュールのリサイクル等に関して何らかの規定があるかを整理した。加えて、自治体の環境影響評価条例における太陽光発電設備廃棄の条項、および、地方自治体が係る ESG 投資において太陽電池モジュールの使用後に関して要件等を設けていないか調査を行った。

5.3.1 地方自治体における条例に関する調査

(1) 太陽光発電設備の規制に関する条例

自治体の太陽光発電設備の規制に関する条例については、2012 年の再エネ固定価格買取制度 (FIT 制度) 開始を機に、2014 年頃から制定されはじめている。これらの条例については、地方自治研究機構がウェブサイトにおいて情報をまとめており、2021 年 7 月現在、4 県および 150 市町村 (市が 89、町村が 61) が制定しており (表 5.3-1 参照)、その後も新たに制定する自治体数は増加している。

制定自治体が多い都道府県としては、茨城県 (14 市町村)、栃木県 (9 市町村)、群馬県 (8 市町村) の北関東 3 県と静岡県 (14 市町村)、長野県 (17 市町村) が挙げられる。

一方、東北から北陸、山陰の日本海側では、制定している自治体はみられない。

なお、自治体における太陽光発電設備の規制に関する条例の制定背景としては、自治体によっても異なるが、「適正設置 (安全・安心)」、「景観配慮」、「災害防止」といった観点が挙げられている。

表 5.3-1 各自治体の太陽光発電設備の規制に関する条例制定自治体（令和3年7月19日時点）

自治体区分	自治体名					自治体数
都道府県	山梨県	兵庫県	和歌山県	岡山県		4
市町村	北海道古平町 長沼町 ニセコ町 浜中町 厚真町 安平町 岩手県遠野市 雫石町 宮城県大崎市 富谷市 丸森町 川崎町 山形県飯豊町 福島県大玉村 西郷村 茨城県笠間市 つくば市 石岡市 龍ヶ崎市 北茨城市 守谷市 陸太田市 土浦市 古河市 結城市 かすみがうら市 境町 五霞町 東海村	栃木県栃木市 大田原市 鹿沼市 日光市 佐野市 足利市 真岡市 那須塩原市 那須町 群馬県太田市 前橋市 富岡市 安中市 みどり市 高崎市 桐生市 渋川市 埼玉県日高市 川島町 吉見町 川島町 千葉県我孫子市 野田市 御宿町 長柄町 神奈川県松田町 山梨県北杜市 西桂町 長野県長野市 上田市 売木村	辰野町 中川村 大桑村 富士見町 朝日村 南木曾町 山形村 麻績村 木曾町 原村 木祖村 筑北村 生坂村 上松町 岐阜県中津川市 恵那市 可児市 関市 瑞浪市 静岡県伊豆市 下田市 伊東市 伊豆の国市 裾野市 熱海市 沼津市 焼津市 富士宮市 袋井市 浜松市 藤枝市 島田市	磐田市 函南町 東伊豆町 西伊豆町 河津町 松崎町 長泉町 岐阜県御嵩町 愛知県瀬戸市 大府市 東栄町 三重県志摩市 鳥羽市 名張市 南伊勢町 滋賀県大津市 京都府木津川市 南丹市 八幡市 亀岡市 京丹波町 南山城村 大阪府箕面市 岬町 豊能町 熊取町 兵庫県神戸市 宍粟市 西脇市 赤穂市 多可町	奈良県宇陀市 和歌山県新宮市 橋本市 和歌山市 串本町 岡山県美作市 真庭市 備前市 赤磐市 和気町 奈義町 山口県美祢市 愛媛県八幡浜市 西予市 宇和島市 愛南町 上島町 高知県宿毛市 須崎市 土佐清水市 土佐市 福岡県直方市 佐賀県伊万里市 大町町 大分県由布市 宮崎県新富町 沖縄県大宜味村 東村	150

出典：「太陽光発電の規制に関する条例」，地方自治研究機構 HP を基に(株)エックス都市研究所が作成

(2) 太陽光発電設備の廃棄に係る条項

自治体の太陽光発電設備の規制に関する条例の4県および150市町村の中で、太陽光発電設備の廃棄に係る条項を規定している自治体は、28自治体(1県と27市町村)みられた。太陽光発電設備規制条例に「廃棄」に関する条項を制定している自治体とその分類を示す(表5.3-2参照)。なお、各自治体の条項詳細は表5.3-3を参照されたい。

そのうち、「発電事業廃止時の太陽光発電設備の適正処分」に言及している例が、22自治体みられた。さらにそれらは3種類に分けることができ、1)「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」と「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」に言及しているもの(表5.3-2の分類①-1)が7自治体、2)「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」のみに言及しているもの(分類①-2)が2自治体、3)特定の法律に言及していないもの(分類①-3)が13自治体みられた。

なお、分類①-1に含まれる岐阜県中津川市については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」と「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」に加え、「環境省が示す太陽光発電施設のリサイクル等の推進に向けたガイドライン」に基づき適正な処分することとしている。

また、災害廃棄物の発生防止に言及しているもの(ただし、通常の廃棄に係る具体的な言及はなし)が1自治体(分類②)、太陽光発電設備の廃棄に関する情報を市長に報告するのが1自治体(分類③)、事業終了時の発電施設の撤去及び廃棄方法を住民に説明して、合意することとしているものが1自治体(分類④)みられた。

茨城県北茨城市(分類⑥)と神戸市(分類⑦)の2自治体は、廃棄費用の積み立てについて言及している。

なお、条例で対象としている太陽光発電の規模を10kW以上としている自治体が半数以上を占めているが、残りの自治体については20kW以上、30kW以上、50kW以上、50kW未満(建築物上の設置を除く)、事業区域面積が一定以上など多様となっている。

表 5.3-2 太陽光発電設備規制条例に「廃棄」に関する条項を制定している自治体とその分類

自治体名	自治体数	内容		内容による分類
福島県大玉村、茨城県結城市、栃木県日光市、長野県富士見町、長野県辰野町、山梨県北杜市、岐阜県中津川市	7	発電事業廃止時、太陽光発電設備の適正処分に言及	「★廃棄物の処理及び清掃に関する法律」および「◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」に言及	①-1
岡山県赤磐市、岡山県奈義町	2		「★廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に言及（※「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」には触れず）	①-2
北海道長沼町、宮城県富谷市、宮城県大崎市、埼玉県川島町、埼玉県吉見町、京都府木津川市、大阪府熊取町、大阪府岬町、和歌山県新宮市、和歌山県橋本市、和歌山県串本町、愛媛県八幡浜市、佐賀県大町町	13		特定の法律に言及なし	①-3
長野県山形村	1	災害廃棄物の発生防止に言及 （※ただし、通常の廃棄に係る具体的な言及はなし）		②
和歌山県	1	「太陽光発電事業計画」に太陽光発電設備の解体及び撤去に関する工事の内容、その工事に伴い生じる廃棄物の処理方法の記載に言及		③
千葉県野田市	1	太陽光発電設備の廃棄に関する情報を市長に報告		④
長野県筑北村	1	事業終了時の発電施設の撤去及び廃棄方法を住民に説明して、合意する。		⑤
茨城県北茨城市	1	将来的に大量に発生する廃棄物へ備えることに言及 （※ただし、廃棄に係る具体的な義務等はなし）		⑥
神戸市	1	解体・撤去等で発生する廃棄物を処理するために必要な費用の積み立てに言及		⑦

表 5.3-3 太陽光発電設備規制条例に「廃棄」に関する条項を制定している自治体

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
1	福島県 大玉村	大玉村太陽光発電設備と自然環境保全との調和に関する条例	第 19 条 発電事業を行っている者が太陽光発電設備を廃止したときは、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律その他の関係法令に基づき、速やかに撤去し、適正な処分を行わなければならない。	合計出力が 10kW 以上	令和元年 12 月 16 日 公布 令和元年 12 月 16 日 施行	http://www.rilg.or.jp/hdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/taiyoukoutyouwajyourei.pdf	①-1
2	茨城県 結城市	結城市生活環境等と太陽光発電設備設置事業との調和及び運営事業の適正管理に関する条例	第 24 条 運営事業者は、事業終了後、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律等に基づき、太陽光発電設備をその場所に放置することなく、速やかに撤去し、自らの責任において適正な処分を行わなければならない。	発電出力が 10kW 以上の事業用の設備	平成 29 年 4 月 1 日 施行	https://www1.g-reiki.net/yuki/reiki_honbun/e008RG00000852.html	①-1
3	栃木県 日光市	日光市太陽光発電設備設置事業と地域環境との調和に関する条例	第 27 条 発電事業者は、発電事業の終了後、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律等に基づき、太陽光発電設備をその場所に放置することなく、速やかに撤去し、自らの責任において適正な処分を行わなければならない。	10kW 以上の設備	平成 30 年 4 月 1 日 施行 (一部改正 令和 3 年 4 月 1 日施行)	https://www.city.nikko.lg.jp/kankyou/kankyou/documents/taiyoukou-jourei.pdf	①-1
4	長野県 富士見町	富士見町太陽光発電設備の設置及び維持管理に関する条例	第 18 条 許可事業者は、発電を終了したときは、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律等に基づき、太陽光発電設備をその場所に放置することなく、速やかに撤去し、自らの責任において適正な処分を行わなければならない。	10kW 以上の設備	令和元年 6 月 18 日 公布 令和元年 10 月 1 日 施行	https://www1.g-reiki.net/town-fujimi/reiki_honbun/e741RG00000911.html	①-1
5	長野県 辰野町	辰野町再生可能エネルギー発電施設の設置及び維持管理に関する条例	第 20 条 許可事業者は、特定発電事業を廃止したとき、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律等に基づき、再生可能エネルギー発電施設をその場所に放置することなく、速やかに撤去し、自らの責任において適正な処分を行わなければならない。	発電出力の合計が 30kW 以上	令和 2 年 9 月 18 日 公布 令和 2 年 9 月 17 日 施行	http://www.rilg.or.jp/hdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E8%BE%B0%E9%87%8E%E7%94%BA%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-1
6	山梨県 北杜市	北杜市太陽光発電設備設置と自然環境の調和に関する条例	第 23 条 許可事業者等及びこの条例の施行前に設置した太陽光発電設備により発電事業を行っている者は、太陽光発電設備を廃止したときは、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律その他の関係法令に基づき、速やかに撤去し、適正な処分を行わなければならない。	発電出力 10kW 以上及び太陽電池の合計出力 10kW 以上の太陽光発電設備	令和元年 7 月 3 日 公布 令和元年 10 月 1 日 施行	https://www.city.hokuto.yamanashi.jp/~reiki-web/reiki_honbun/r112RG00001542.html	①-1

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
7	岐阜県 中津川市	中津川市自然環境等と再生可能エネルギー発電事業との調和に関する条例	第16条 2 事業者は、事業を廃止したときは、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律、◇建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律、環境省が示す太陽光発電施設のリサイクル等の推進に向けたガイドライン、その他関係法令等に基づき、速やかに当該再生可能エネルギー発電設備を撤去し、適正な処分を行わなければならない。	発電出力が10kW以上	平成29年3月28日公布 平成29年4月1日施行 (一部改正令和2年9月23日公布、令和3年4月1日施行)	https://www.city.nakatsugawa.lg.jp/material/files/group/55/20210324_kankyo_jourei.pdf	①-1
8	岡山県 赤磐市	赤磐市太陽光発電設備の適正な設置及び管理に関する条例	第14条 事業者は、発電事業の終了後、事業区域を原状に回復するとともに、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律等の関係法令に基づき、太陽光発電設備を適正に処分しなければならない。	発電出力 20kW以上	平成31年3月19日公布 平成31年4月1日施行	https://www.city.akaiwa.lg.jp/material/files/group/14/taiyoukoujourei.pdf	①-2
9	岡山県 奈義町	奈義町生活環境等と太陽光発電設備との調和に関する条例	第14条 事業者等は、発電事業の終了後、事業区域を原状に回復するとともに、★廃棄物の処理及び清掃に関する法律等の関係法令に基づき、太陽光発電設備を適正に処分しなければならない。	発電出力 20kW以上の太陽光発電設備	令和元年9月20日公布 令和元年10月1日施行	https://www.town.nagai.okayama.jp/reiki_int/reiki_honbun/m267RG00000777.html	①-2
10	北海道 長沼町	長沼町太陽光発電施設の設置に関する条例	第12条 3 事業者は、その太陽光発電施設を廃止しようとするときは、太陽光発電施設の解体、撤去、廃棄その他適切な措置を講じなければならない。	出力10kW以上	令和3年6月22日公布 令和3年7月1日施行	http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E9%95%B7%E6%B2%BC%E7%94%BA%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-3
11	宮城県 富谷市	富谷市自然環境等と再生可能エネルギー発電設備設置事業との調和に関する条例	第5条 3 事業者は、事業で発生する廃棄物を適正に処理するとともに、事業を廃止しようとするときは、再生可能エネルギー発電設備を放置することなく速やかに撤去し、及び適正に処分し、並びに事業区域に係る土地を原状に回復するよう努めなければならない。	発電出力 10kW以上	令和元年10月17日公布 令和元年10月17日施行	https://www.tomiya-city.miyagi.jp/shisei/reiki/reiki_honbun/c226RG00000640.html	①-3
12	宮城県 大崎市	大崎市自然環境等と再生可能エネルギー発電設備設置事業との調和に関する条例	第5条 3 事業者は、事業で発生する廃棄物を適正に処理するとともに、事業を廃止しようとするときは、速やかに、再生可能エネルギー発電設備を撤去し、及び適正に処分し、並びに事業区域に係る土地を原状に回復しなければならない。	発電出力 10kW以上	令和3年3月9日公布 令和3年3月9日施行	http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E5%A4%A7%E5%B4%8E%E5%B8%82%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-3

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
13	埼玉県 川島町	川島町太陽光発電設備の設置及び管理等に関する条例	第13条 3 事業者は、太陽光発電設備を廃止しようとするときは、太陽光発電設備の解体、撤去、廃棄、その他必要な措置を速やかに講じなければならない。	出力の合計が10kW以上	令和2年9月18日 公布 令和3年1月1日施行	http://www.town.kawajima.saitama.jp/reiki_int/reiki_honbun/e357RG00000946.html	①-3
14	埼玉県 吉見町	吉見町太陽光発電設備の設置及び管理等に関する条例	第13条 2 事業者は、その太陽光発電設備を廃止しようとするときは、太陽光発電設備の解体、撤去、廃棄、その他必要な措置を速やかに講じなければならない。	出力の合計が10kW以上	令和3年3月15日 公布 令和3年4月1日施行	http://www.rilg.or.jp/hdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E5%90%89%E8%A6%8B%E7%94%BA%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-3
15	京都府 木津川市	木津川市における太陽光発電設備に関する条例	第4条 2 事業者は、太陽光発電設備を廃止しようとするときは、太陽光発電設備の解体、撤去及び廃棄その他事業の廃止に関し、関係法令にのっとり必要な措置を講じなければならない。	発電出力が50kW以上かつ事業区域の面積が500㎡以上の設備	令和2年7月15日 公布 令和2年7月15日施行	http://www.rilg.or.jp/hdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E6%9C%A8%E6%B4%A5%E5%B7%9D%E5%B8%82%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-3
16	大阪府 熊取町	熊取町太陽光発電事業と地域との共生に関する条例	第13条 3 事業者は、その太陽光発電施設を廃止しようとするときは、太陽光発電施設の解体、撤去、廃棄その他適切な措置を講じなければならない。(維持管理)	出力の合計が10kW以上	令和元年9月30日 公布 令和元年10月1日施行	http://www.town.kumatori.lg.jp/static/reiki_int/reiki_honbun/k239RG00000555.html	①-3
17	大阪府 岬町	岬町太陽光発電施設の設置及び管理に関する条例	第14条 3 事業者は、太陽光発電施設を廃止しようとするときは、太陽光発電施設の解体、撤去、廃棄その他規則で定める措置を講じなければならない。	出力の合計が10kW以上の施設	平成31年4月1日 施行	http://www.town.misaki.osaka.jp/material/files/group/19/01_taiyoukou_jourei.pdf	①-3
18	和歌山県 新宮市	新宮市太陽光発電設備と地域環境との調和に関する条例	第13条 2 太陽光発電事業実施者は、太陽光発電設備の解体、撤去及び廃棄その他事業の廃止に関し、関係法令に則り必要な措置を講じなければならない。	発電出力が50kW未満(ただし、建築物上設置を除く)	平成31年3月29日 公布・施行	https://www.city.shingu.lg.jp/div/seikatul/pdf/kankyo/1_jourei.pdf	①-3
19	和歌山県 橋本市	橋本市太陽光発電設備の設置に関する条例	第13条 2 太陽光発電事業実施者は、太陽光発電設備の解体、撤去及び廃棄その他事業の廃止に関し、関係法令に則り必要な措置を講じなければならない。	発電出力が50kW未満(ただし、建築物上設置を除く)	平成31年1月1日 公布・施行	http://www.city.hashimoto.lg.jp/material/files/group/14/taiyoukoujourei_72803270.pdf	①-3

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
20	和歌山県 串本町	串本町太陽光発電設備と地域環境との調和に関する条例	第 13 条 2 太陽光発電事業実施者は、太陽光発電設備の解体、撤去及び廃棄その他事業の廃止に関し、関係法令に則り必要な措置を講じなければならない。	発電出力が 50kW 未満(ただし、建築物上設置を除く)	令和 2 年 3 月 11 日 公布 令和 2 年 7 月 1 日 施行	https://www.town.kushimoto.wakayama.jp/reiki_int/reiki_honbun/r218RG00001042.html	①-3
21	愛媛県 八幡浜市	八幡浜市における再生可能エネルギー発電事業と地域との共生に関する条例	第 17 条 2 前項の規定による届出を行った事業者は、発電施設の解体、撤去及び廃棄その他規則で定める措置を講じなければならない。	事業区域の合計面積が 500 m ² 以上である発電事業、発電設備の高さが 13m 以上である発電事業	令和 2 年 3 月 23 日 公布 令和 2 年 4 月 1 日 施行	http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E5%85%AB%E5%B9%A1%E6%B5%9C%E5%B8%82%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	①-3
22	佐賀県 大町町	大町町の太陽光発電事業と地域との共生に関する条例	第 9 条 3 事業者は、その太陽光発電施設を廃止しようとするときは、太陽光発電施設の解体、撤去及び廃棄その他規則で定める措置を講じなければならない。(維持管理)	出力の合計が 10kW 以上	令和 2 年 6 月 11 日 公布 令和 2 年 8 月 1 日 施行	http://www.town.omachi.saga.jp/joureikun/act/frame/frame11001364.htm	①-3
23	長野県 山形村	山形村太陽光発電施設の設置及び維持管理等に関する条例	第 6 条 発電施設を設置しようとする土地の地権者は、周辺住民の生活への影響を十分考慮するとともに、災害及び災害廃棄物の発生を助長し、良好な景観及び生活環境を損ない、又は農業の振興に支障を来すおそれのある事業計画に対しては、事業者当該土地を使用させることのないよう、慎重な検討と判断に努めるものとする。 第 7 条 村長は、近年多発する局地的集中豪雨等による土砂災害の発生又は土砂災害、溢水その他多様な災害による災害廃棄物の発生を未然に防ぐとともに、農業振興に資する優良農地を保持するため、次に掲げる区域を、新規に発電施設を設置することが適当でない区域として、「設置抑制区域」に指定することができる。 第 11 条 地元地区等は、災害及び災害廃棄物の発生防止、景観の保全、安心安全な生活環境確保の観点から必要があると認めるときは、事業者に対してこれらに関する協定書又は合意書(以下「協定書等」という。)の作成を求めることができる。 第 13 条 事業者は、第 4 条の責務を果たすため、規則の定めるところにより、次に掲げる発電施設の設置及び維持管理等の基準について村と協議し、必要な措置を講じなければならない。 (3) 災害及び災害廃棄物の発生防止に関する基準	発電出力 10kW 以上	令和 3 年 3 月 15 日 公布 令和 3 年 4 月 1 日 施行	http://www.rilg.or.jp/htdocs/img/reiki/PDF/%EF%BC%95/%E5%B1%B1%E5%BD%A2%E6%9D%91%E6%9D%A1%E4%BE%8B.pdf	②

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
24	和歌山県	和歌山県太陽光発電事業の実施に関する条例	第3条 太陽光発電事業を行おうとする者は、太陽光発電設備ごとに、規則で定めるところにより、当該太陽光発電設備の設置、維持管理及び廃止を適切に行うための太陽光発電事業の実施に関する計画(「太陽光発電事業計画」)を作成し、知事の認定を受けなければならない。 2 太陽光発電事業計画には、規則で定めるところにより、次に掲げる事項を記載しなければならない。 (8) 太陽光発電事業の廃止の方法に関し次に掲げる事項 イ 太陽光発電設備の解体及び撤去に関する工事の内容 ウ イの工事に伴い生じる廃棄物の処理方法	合計出力が50kW以上	平成30年3月23日 公布 平成30年3月23日 施行	https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/010100/reiki/reiki_honbun/k501RG00002113.html	③
25	千葉県 野田市	野田市太陽光発電設備の適正な設置等に関する条例	第11条 3 事業者は、規則で定めるところにより、当該発電事業に係る太陽光発電設備の廃棄に関する情報を市長に報告しなければならない。	発電出力が30kW以上	平成31年4月1日 施行 (一部改正 令和3年 4月1日)	https://www.city.noda.chiba.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/022/083/030401jourei.pdf	④
26	長野県 筑北村	筑北村自然環境等と再生可能エネルギー関連事業との調和に関する条例	第11条 事業者は、前条の規定による標識の設置後速やかに、自治会の住民及び近隣関係者に対し、次に掲げる事項を説明し、住民等との合意が得られるように努めなければならない。 (5) 事業終了時の発電施設の撤去及び廃棄方法	抑制区域内及び抑制区域外で実施される開発事業のうち、発電出力が50kW以上	平成30年9月1日 施行	http://www.vill.chikuhoku.lg.jp/wordpress/wp-content/uploads/2018/09/66a8c16da08dae835f85c512c2d922b2.pdf	⑤
27	茨城県 北茨城市	北茨城市太陽光発電施設の適正管理による地域環境の保全に関する条例	第1条 この条例は、環境への負荷を低減するために再生可能エネルギーの導入が拡大する中で、とりわけ、市において太陽光発電施設が増加していることに伴い、太陽光発電施設を適切に運用し、また将来的に大量に発生する廃棄物へ備えることが地域の安全の確保にとって重要となっていることに鑑み、太陽光発電施設の適正な管理について必要な事項を定めることにより、地域環境の保全を図り、もって市民の良好な居住環境を維持することを目的とする。 第5条 対象設置者は、前条に規定するもののほか、太陽光発電施設の災害時及び廃止後の措置に充てる費用について計画的に積立てを行わなければならない。	出力が500kW以上であるもの、もしくは事業区域の面積が5,000㎡以上	平成29年12月25日 公布 平成30年1月1日 施行	https://www.city.kitaiibaraki.lg.jp/docs/2017121900025/file_contents/jourei.pdf	⑥

No.	自治体名	条例名	内容	対象規模	公布・施行	ウェブサイト	分類
28	兵庫県 神戸市	神戸市太陽光発電施設の適正な設置及び維持管理に関する条例	第4条3 事業者は、計画的に資金を積み立てることその他の方法により、次に掲げる費用を確保しなければならない。 (2) 特定施設の解体及び撤去並びにこれに伴い発生する廃棄物の処理をするために必要な費用その他の特定施設の廃止に要する費用	10kW以上の事業	平成30年12月7日 公布 令和元年7月1日施行	https://www.city.kobe.lg.jp/a66324/business/kaihatsu/plan/pv.html	⑦

5.3.2 自治体の環境影響評価条例における太陽光発電設備廃棄の条項に関する調査

自治体の環境影響評価条例は、環境影響評価法の対象とならない小規模の事業や法対象外の事業種について、各地方公共団体が地域の実情も踏まえながら、各自治体において制定されている。

当該情報については、下記の環境省ウェブサイトでとりまとめられている。

環境省 環境影響評価情報支援ネットワーク「地方公共団体の環境アセスメント」

http://assess.env.go.jp/1_seido/1-4_jichitai/index.html

自治体の環境影響評価条例は、2020年3月現在で、47都道府県と政令指定都市を中心とした23市で制定されている。

自治体条例において実施が求められる環境影響評価項目¹は、国で法的に規制されている項目と概ね同様であるが、文化財など環境影響評価法に含まれない項目を追加で定めているケースもある。

そのうち、対象施設として、太陽光発電を指定している自治体は、表 5.3-4 に示す6県と8市となっている。太陽光発電施設の対象施設としては、設置容量(kW)ではなく、敷地面積で閾値を設定している自治体がほとんどであった。閾値としては、対象区画によっても異なるが、5ha～50haが多くみられた。

これらの自治体の環境影響評価条例において、明確に太陽光発電の廃棄に言及している事例は見つからなかった。

なお、環境影響評価のコンセプトである「環境に大きな影響を及ぼすおそれのある事業を実施する事業者が、その事業の実施に伴って生ずる環境への影響について事前に調査・予測・評価するとともに環境保全措置の検討を行い、住民や行政機関などの意見も踏まえた上で、事業実施の際に環境の保全への適正な配慮を行うための仕組み」という点から考えると、太陽光発電の廃棄が、環境に重大な影響を及ぼすおそれは低いと考えられることから、条項に含まれていないと考えられる。

¹ 神奈川県の場合は、下記20項目が対象。なお、ここでの「8廃棄物」には建設工事に伴う副産物が該当する。

1 大気汚染、2 水質汚濁、3 土壌汚染、4 騒音・低周波音、5 振動、6 地盤沈下、7 悪臭、8 廃棄物・発生土、9 電波障害、10 日照障害、11 気象、12 水象、13 地象、14 植物・動物・生態系、15 文化財、16 景観、17 レクリエーション資源、18 温室効果ガス、19 地域分断、20 安全
神奈川県ウェブサイト「神奈川県環境影響評価技術指針及び解説」
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/ap4/ent/f247/p4091.html>

表 5.3-4 太陽光発電設備を環境影響評価条例で指定している自治体と対象施設

自治体名	対象施設（太陽光発電施設）
岩手県	第1種事業は面積50ha以上（造成済みの工業専用地域への新設は第2種事業）、第2種事業は面積20ha（特別地域1ha、普通地域10ha）以上50ha未満
長野県	第1種50ha、第2種20ha
静岡県	第1種50ha以上又は森林伐採面積20ha、第2種20ha以上（特定地域5ha以上）
鳥取県	一般地域 敷地面積20ha 特別地域 敷地面積10ha
島根県	敷地等面積が50ha以上
大分県	敷地全体の面積20ha以上 （工業地域、工業専用地域は除く）
仙台市	全地域：20ha、A地域：10ha、B地域：5ha
相模原市	全体：出力8,000kW以上、A地域：出力400kW以上、 B地域：出力6,000kW以上
静岡市	① 都市計画区域内：敷地面積50ha又は森林伐採面積20ha ② 都市計画区域外：敷地面積25ha又は森林伐採面積10ha ③ 特定区域内：敷地面積5ha
浜松市	施設要件（第2種要件）： 敷地面積50ha以上又は森林伐採面積20ha以上（敷地面積20ha以上） 地域要件（第2種要件）： 特定地域：敷地面積5ha
神戸市	規模要件：自然地形変更面積20ha以上（同5ha以上） 地域要件：緑地の保全区域等、自然地形変更面積5ha（同2.5ha）
岡山市	土地の形状変更等面積 A地域：20ha以上、B地域：10ha以上、C地域：5ha以上
北九州市	設置に係る区域の面積：50ha以上
福岡市	太陽光発電所（土地造成を伴うもの） 市街化区域：面積20ha以上 市街化調整区域：面積10ha以上 特定区域：面積5ha以上
<参考> 国の 環境アセス	第一種事業（必ず環境アセスメントを行う事業）：出力4万kW以上 （4万kW ≒ 面積約100ha） 第二種事業（環境アセスメントが必要かどうかを個別に判断する事業） ：出力3万kW以上

5.3.3 地方自治体のグリーンボンドの仕組みにおける調査

自治体によるグリーンボンドの仕組みにおいて、太陽光発電の廃棄について発行要件として規定されているかについて、調査を行った。

その結果、太陽光発電の廃棄について発行要件として明確に規定している事例は見当たらなかった（2021年9月現在）。

参考までに、自治体グリーンボンドの例を下記に示す。

<自治体グリーンボンドの例>

- ・東京都グリーンボンド・フレームワーク

https://www.zaimu.metro.tokyo.lg.jp/bond/tosai_ir/gb/greenbond20210903.pdf

- ・神奈川県グリーンボンドフレームワーク

<https://www.pref.kanagawa.jp/documents/67127/framework.pdf>

- ・長野県グリーンボンド フレームワーク

https://www.pref.nagano.lg.jp/zaisei/ir/documents/nagano_greenbond_framework.pdf

- ・川崎市グリーンボンド フレームワーク

<https://www.city.kawasaki.jp/230/cmsfiles/contents/0000130/130339/202107framework.pdf>

- ・北九州ステナビリティボンド・フレームワーク

<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/files/000947433.pdf>

第6章 リユース・リサイクルへの誘導促進に向けた保険適用の課題・対応策の検討

6.1 リユース・リサイクルへの誘導促進に向けた課題の整理

令和2年度調査では、リユース・リサイクルへの誘導促進に関して以下の課題が示された（図 6.1-1）。

視点	課題
経済性	リユース・リサイクルを選択する経済合理性が不透明
既存保証条件	保証との兼ね合いで新品導入が優先される
タイミング	リユース需要と供給のタイミングが一致しない
社会的機運	リユース・リサイクル促進の社会的機運が醸成されていない

図 6.1-1 リユース・リサイクルへの誘導促進に向けた課題

これら課題への対応の方向性（案）を表 6.1-1 に示す。方向性の検討に先立っては、保険会社へのヒアリングを実施した。この中で保険適用における重要な視点として経済性の視点が挙げられた。現在、被災した太陽光発電事業は、保険により復旧コストの約 10%が廃棄処理等の費用として支払われている。しかしながら、パネル価格の下落に伴い復旧コストが下落し、それに従う形で廃棄処理等の費用も下落している。そのため将来適切な処理が出来なくなる可能性がある。次項以降では、当該リスクを明らかにするため経済性の分析を行った。

使用済み太陽電池モジュールの供給と需要を一致させるためには“時間”、“場所”、“ニーズ”を合致させることが必須であり、そのためには供給者と需要者にとって十分な選択肢が用意されている場が重要となる。環境省では、「令和3年度資源循環に関する情報プラットフォーム実証事業」を実施していることから、それら取組みを注視しつつ、必要に応じて連携を図っていくことが重要と考える。

社会的気運については一足飛びに変化させることは困難であること、ロードマップに基づき少しずつ着実に認知度を高める取組が重要と考えることから、ガイドラインに関する説明会・更新、保険業界への普及啓発活動を進めることが適当と考える。

表 6.1-1 課題への対応の方向性（案）

視点	課題	方向性（案）
経済性	リユース・リサイクルを選択する経済合理性が不透明	リユース・リサイクルの経済性、及び社会的価値を検証するため以下調査を実施する。 ①現在及び将来時点の保険による支払可能費用の試算 ②発電事業者の観点から、1)埋立処分、2)リユース、3)リサイクルの3ケースのコストを試算 ③上記①②を基に、保険による支払可能費用以内でリユース・リサイクルが選択可能か確認 ④差額分に関する課題と対応策を検討
既存保証条件	保証との兼ね合いで新品導入が優先される	実態がまだ十分に掴めていないことから、引き続き実態の把握に努めることが必要。
タイミング	リユース需要と供給のタイミングが一致しない	環境省にて別途実施している【令和3年度資源循環に関する情報プラットフォーム実証事業】における情報基盤整備業務と連携して今後検討を進める。
社会的機運	リユース・リサイクル促進の社会的機運が醸成されていない	リサイクル/リユースガイドラインやチラシ等の関連媒体を通じてリユース・リサイクルの選択肢の認知度に努める。

※本表に示すガイドラインは以下2つを指す。

- ・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
- ・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

6.2 保険適用における経済性の視点の課題の分析

(1) 経済性分析プロセスの検討

経済性分析にあたり図 6.2-1 に示すプロセスを設定した。本分析では、現在における最大の太陽電池モジュール排出要因である災害を想定して、太陽電池モジュールを①埋立処分、②リユース、③リサイクル、の3つの選択肢を比較する。

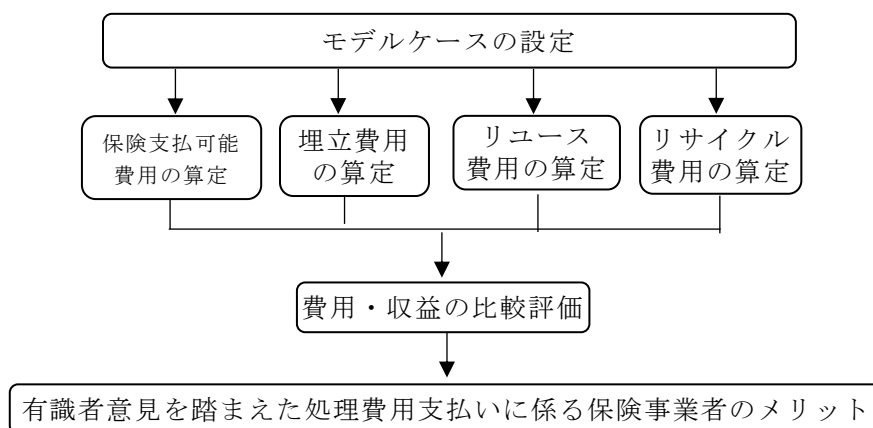


図 6.2-1 経済性分析プロセス

(2) モデルケースの設定

設定したモデルケースのイメージを図 6.2-2 に示す。災害にあった太陽電池モジュールを①埋立処分、②リユース、③リサイクル、の3パターンを選択するケースを設定した。

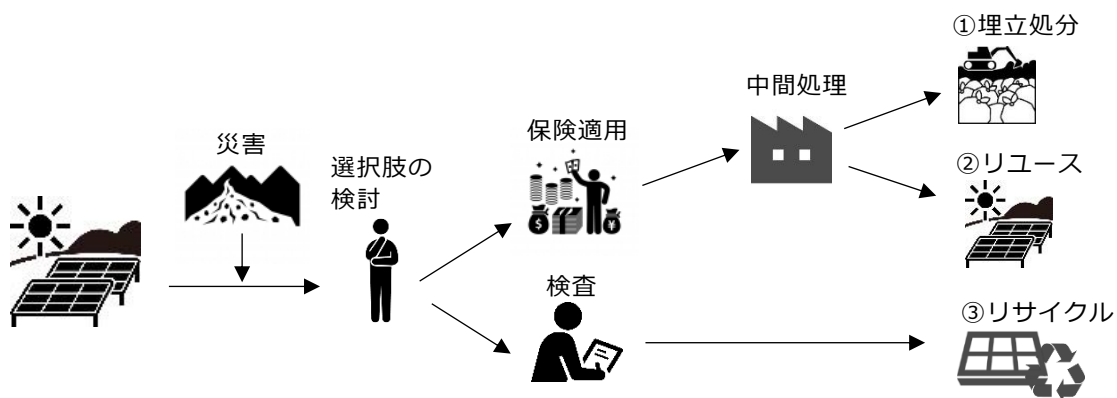


図 6.2-2 設定したモデルケース

保険による支払い可能費用は、太陽光システムが排出される時点の太陽光システムの市場価格によって大きく変わることが想定されることから、下記の2つのモデルを想定した。

- ▶ モデル A : 2020 年モデル
- ▶ モデル B : 2030 年モデル

モデル A では現在最も一般的と考えられる太陽光事業を想定することとした。モデル B では NEDO の太陽光発電ロードマップ (PV2030+) を参考に想定した。

なお、保険による支払可能費用は災害被災時における太陽電池モジュール等のコストによって決まるため、設置時点のコストは想定していない。また、廃棄積立金については、事業を完全に終了する時点において投じられる費用と考え、本ケースにおいては考慮の対象とはしていない。事業規模は最も導入量が多い低圧事業 (PCS 定格出力 50kW 未満) とした。

表 6.2-1 モデル A : 2020 年モデル

項目		設定値	備考	
事業規模	PCS 容量	50kW 未満	図 6.2-3 参考	
	想定過積載率	40%	図 6.2-4 参考	
	パネル容量	70kW		
保険適用時の 事業コスト	設備費	パネル	12.0 万円/kW	図 6.2-5 参考
		パワコン	3.7 万円/kW	
		架台	3.2 万円/kW	
		その他	1.8 万円/kW	
	工事費		7.0 万円/kW	
	設計費		0.1 万円/kW	
	値引き		2.5 万円/kW	
合計(単価)		25.3 万円/kW		
合計(総額)		1,771 万円		

＜2020年6月末時点のFIT導入量＞ 単位：MW（件）

	10 -50kW	50 -100kW	100 -250kW	250 -500kW	500 -750kW	750 -1,000kW	1,000- 2,000kW	2,000kW-	10kW-全体合計
2012年度	2,416(116,551)	44(533)	380(2,406)	560(1,609)	404(719)	639(705)	1,789(1,158)	539(55)	6,772(123,736)
2013年度	3,581(146,492)	23(271)	261(1,553)	563(1,647)	462(842)	539(621)	1,944(1,306)	1,000(85)	8,374(152,817)
2014年度	2,923(109,838)	13(150)	238(1,427)	562(1,618)	429(777)	441(515)	2,292(1,547)	1,265(92)	8,163(115,964)
2015年度	1,936(68,880)	8(91)	142(840)	356(1,015)	266(479)	250(292)	1,342(898)	1,145(87)	5,445(72,582)
2016年度	1,492(50,593)	4(43)	96(567)	295(848)	182(323)	185(215)	1,048(679)	1,456(97)	4,759(53,365)
2017年度	1,523(52,460)	4(45)	82(470)	268(745)	143(246)	162(189)	880(572)	1,845(101)	4,908(54,828)
2018年度	1,530(46,919)	3(30)	77(430)	286(776)	141(237)	164(192)	743(481)	1,937(104)	4,880(49,169)
2019年度	428(11,170)	1(6)	22(124)	100(268)	45(76)	57(67)	364(234)	572(35)	1,588(11,980)
2020年度	15,830(602,903)	99(1,169)	1,298(7,817)	2,991(8,526)	2,073(3,699)	2,435(2,796)	10,403(6,875)	9,760(656)	44,889(634,441)

※ 四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。

図 6.2-3 2020年6月末時点のFIT導入量

参考：令和3年度以降の調達価格等に関する意見，経済産業省調達価格等算定委員会，R3.1

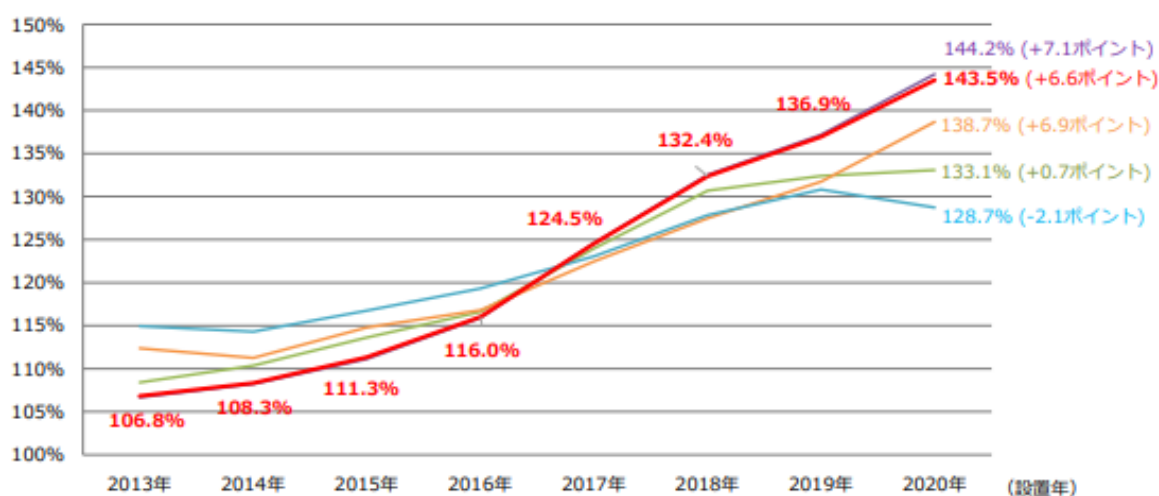


図 6.2-4 事業用太陽光発電の過積載率の推移

参考：令和3年度以降の調達価格等に関する意見，経済産業省調達価格等算定委員会，R3.1

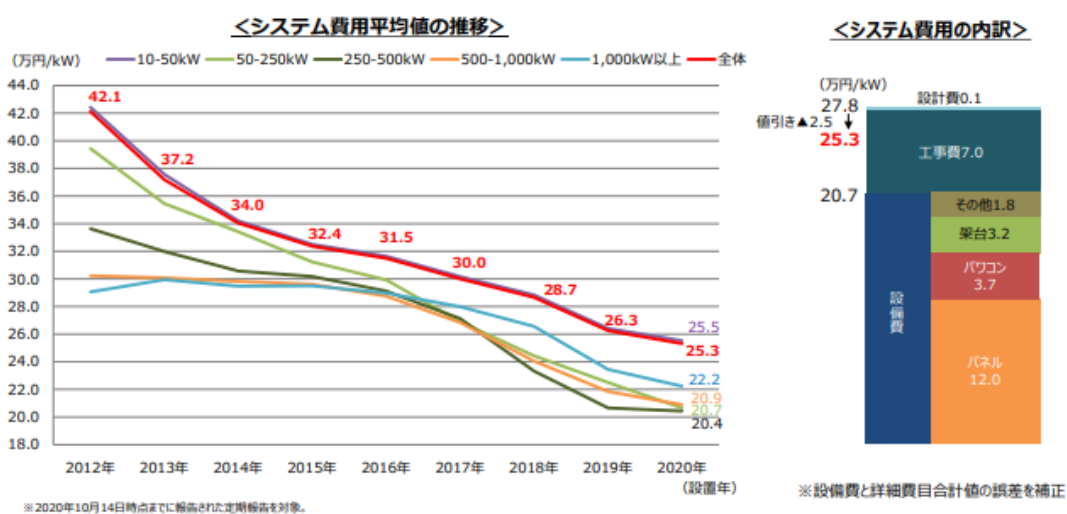


図 6.2-5 事業用太陽光発電のシステム費用（設置年別の推移）

参考：令和3年度以降の調達価格等に関する意見，経済産業省調達価格等算定委員会，R3.1

表 6.2-2 モデル B : 2030 年モデル

項目		設定値	備考	
事業規模	PCS 容量	50kW 未満	図 6.2-3 参考	
	想定過積載率	140%	図 6.2-4 参考	
	パネル容量	70kW		
保険適用時の 事業コスト	設備費	パネル	5.0 万円/kW	図 6.2-6 参考。2030 年に 50 円/W を想定。
		パワコン	1.5 万円/kW	図 6.2-6 参考
		架台	6.7 万円/kW	図 6.2-6 参考。詳細コストデータがないため主な費用である工事費の開発目標を参考とし 2009 年時点のコストの 3 分の 1 を想定した。
		その他		
	工事費			
設計費				
合計(単価)		13.2 万円/kW	参考:2020 年モデルは 25.3 万円	
合計(総額)		924 万円		

項目	主な開発内容と開発目標	
発電コスト(円/kWh)	目標(技術開発の完了): 2017年:14円、2025年:7円2050年:< 7円	
モジュール製造	モジュール製造コスト(円/W)	モジュールの高効率化、低コスト・高生産性プロセス、長寿命化 目標(技術開発の完了): 2017年:75円、2025年:50円、2050年:< 50円
	モジュール高性能化	既存太陽電池の技術改革(極薄型結晶シリコンセル、ワイドギャップ新材料、多接合セル、ヘテロ接合セルなどの開発)
	モジュール寿命延長	モジュール構造、モジュール材料の検討 目標(技術開発の完了):2017年に寿命20年、2025年:30年、(40年技術)
	原料問題対応技術	高純度シリコン供給技術、シリコン原単位低減(3g/W)、省シリコン(ウエハー+カーフ=100μm)、希少資源対策
システム構成要素	パワーコンディショナ	耐久性向上、多様化・高効率化・低コスト化・IT機能統合化 目標(技術開発の完了):2017年、製造コスト15,000円/kW、寿命20年以上(部品交換あり)
	PV用蓄電技術	長寿命蓄電池、軽量・長寿命化、新型電力貯蔵 目標(技術開発の完了):2017年、10円/Wh、寿命20年以上(部品交換あり)
	設置工事、販売経費	現状(~200円/W)の1/3~1/2

図 6.2-6 技術開発の内容と目標・その実用化時期(見直し結果)

参考:「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)に関する見直し検討委員会」報告書, NEDO, 2009. 6

<想定した被災のモデルケース>

現状における最大の排出要因である災害を想定し、パネルとその他設備のすべてが被災を受けることを想定した。

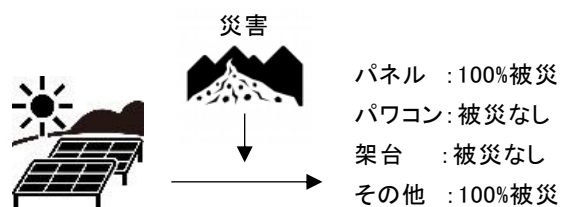


図 6.2-7 想定した被災内容のモデルケース

註：本試算では、モデルケースの実行にあたっての太陽電池モジュールの取り外し費用は現状復帰に係わる費用とみなすこととしている。

(3) 保険による支払可能費用の算定

算定した結果、復旧にかかる費用はモデル A で 1,113 万円、モデル B で 500.8 万円であった。過年度調査から保険による支払可能処理費用は、復旧費用の約 10%とわかっていることから、支払可能処理費用はモデル 1 で 111.3 万円、モデル 2 で 50.1 万円となる。

表 6.2-3 モデル A の復旧費用

項目	復旧想定	設定値	備考
パネル	全取替え, 初期費用の 100%考慮	840 万円	・ 12.0 万円 × 70kW × 100% ・ 値引き考慮なし
パソコン	取替えなし	—	
架台	取替えなし	—	
その他	ケーブル等を取替, 初期費用の 100%考慮	126 万円	・ 1.8 万円 × 70kW × 100% ・ 値引き考慮なし
工事費	パネル・ケーブル等取外し・設置, 初期費用の 30%考慮	147 万円	・ 7.0 万円 × 70kW × 30% ・ 値引き考慮なし
設計費	考慮しない	—	
合計(総額)		1,113 万円	

表 6.2-4 モデル B の復旧費用

項目	復旧想定	設定値	備考
パネル	全取替え, 初期費用の 100%考慮	350 万円	・ 5.0 万円 × 70kW × 100% ・ 値引き考慮なし
パソコン	取替えなし	—	
架台	取替えなし	—	
その他	ケーブル等を取替, 初期費用の 100%考慮	69.8 万円	・ モデル 1 の設定値を基にその他費用の単価を以下のとおり算定。 $6.7 \times \{1.8 / (3.2 + 1.8 + 7.0 + 0.1)\}$ = 0.997 万円/kW ・ 0.997 万円 × 70kW × 100% ・ 値引き考慮なし
工事費	パネル・ケーブル等取外し・設置, 初期費用の 30%考慮	81 万円	・ モデル 1 の設定値を基に工事費の単価を以下のとおり算定。 $6.7 \times \{7.0 / (3.2 + 1.8 + 7.0 + 0.1)\}$ = 3.88 万円/kW ・ 3.88 万円 × 70kW × 30% ・ 値引き考慮なし
設計費	考慮しない	—	
合計(総額)		500.8 万円	

(4) 埋立費用の算定

埋立処分は中間処理を行った上で埋立処分施設に持ち込まれることを想定した。太陽光発電事業地から中間処理施設までの距離は 50km、中間処理施設から埋立処分施設まで 10km を想定した。試算した結果、108.3 万円であった。

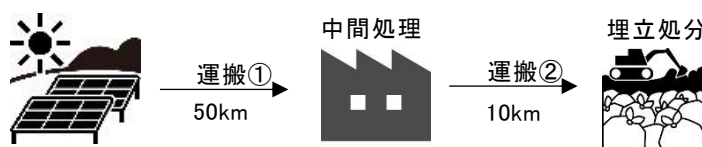


図 6.2-8 想定した埋立処分のモデルケース

表 6.2-5 想定した埋立処分のモデルケース

項目		想定内容	備考
排出量		<ul style="list-style-type: none"> ・ 70kW ・ パネル 280 枚 ・ 5,600kg 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重量：平成 26 年度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, 環境省, 2015 年 3 月を参照 ・ パネル 1 枚 250W、20kg 想定
運 搬 ①	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10t 平ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 50km 	
	運搬コスト	52,400 円	52,400 円 (建設物価 収集・運搬受託料金 (がれき類) 茨城県平均(片道距離概ね 75km), (一財) 建設物価調査会, 2021.7)
中 間 処 理	中間処理内容	破砕処理	
	中間処理コスト	812,000 円 (2,900 円/枚)	環境省令和 3 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務中間処理事業者アンケート結果より (7 社平均)。1 枚 20kg で換算。
運 搬 ②	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10t 平ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 10km 	
	運搬コスト	33,400 円	52,400 円 (建設物価 収集・運搬受託料金 (がれき類) 茨城県平均(片道距離概ね 25km), (一財) 建設物価調査会, 2021.7)
埋立費用		184,800 円 (33,000 円/t)	環境省令和 3 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務中間処理事業者アンケート結果より (4 社平均)。
合計		1,082,600 円	

(5) リユース費用の算定

リユースは検査工場で検査を行ったうえでリユース先に運搬されることを想定した。太陽光発電事業地からリユース検査工場までの距離は 100km、リユース検査工場からリユース先まで 100km を想定した。試算した結果、請負事業者（リユース事業者）の視点からすると、費用は 120 万円、収益 140 万円であった。発電事業者の視点では 28 万円の収益となる。



図 6.2-9 想定したリユースのモデルケース

表 6.2-6 想定したリユースのモデルケース

項目		想定内容	備考
排出量		<ul style="list-style-type: none"> ・ 70kW ・ パネル 280 枚 ・ 5,600kg 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重量:平成 26 年度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,環境省,2015 年 3 月を参照 ・ パネル 1 枚 250W、20kg 想定
買取費用		280,000 円	過年度の事業者ヒアリングから 0～1,750 円/枚。ここでは 1,000 円/枚とした。
運 搬 ①	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10t 平ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 100km 	
	運搬コスト	210,000 円	過年度の事業者ヒアリングにおいてリユースパネルの運搬費は 500～1,000 円/枚から 750 円/枚と想定。(※距離想定をしているがここでは事業者ヒアリング結果を採用した)
検査	検査内容	絶縁検査、IVカーブ測定	
	検査費用	500,000 円 (2,000 円/枚)	過年度調査のヒアリング結果を参考に設定。
運 搬 ②	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10t 平ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 100km 	
	運搬コスト	210,000 円	過年度の事業者ヒアリングにおいてリユースパネルの運搬費は 500～1,000 円/枚から 750 円/枚と想定。(※距離想定をしているがここでは事業者ヒアリング結果を採用した)

項目	想定内容	備考
販売収益（リユース事業者がリユースパネル利用発電事業者から得られる収益）	1,400,000	過年度のヒアリング調査結果を踏まえ20円/Wを想定。
合計	費用：1,200,000 収益：1,400,000	

（6）リサイクル費用の算定

リサイクルは中間処理を行った上で各資源の受入れ先に持ち込まれることを想定した。なお、リサイクル資源は太陽電池モジュールの主な部品・材料である、ガラスとアルミフレーム、セルを想定する（ジャンクションボックスやバックシート等は対象外としている）。太陽光発電事業地から中間処理施設までの距離は50km、中間処理施設からガラス受入れ先とアルミフレーム受入れ先までは30km、セル受け入れ先は300km、埋立処分地までは10kmとした。試算した結果、請負事業者（リサイクル事業者）の視点では費用は105.7万円、収益は8.1万円であった。発電事業者の視点では97.6万円の費用となる。

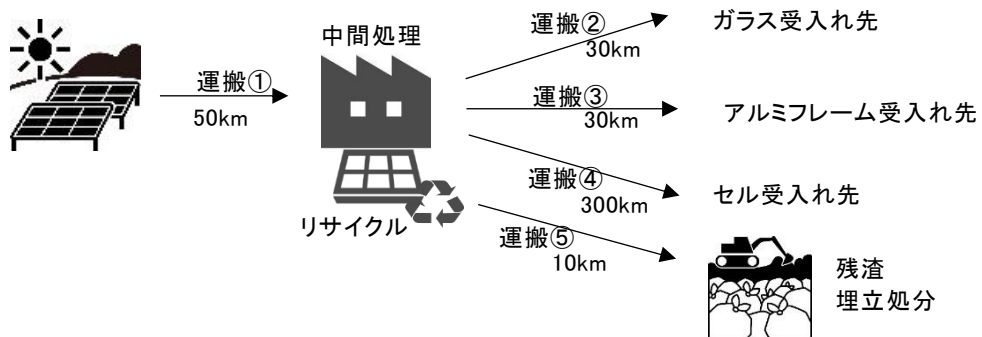


図 6.2-10 想定したリサイクルのモデルケース

表 6.2-7 想定したリサイクルのモデルケース

項目		想定内容	備考
排出量		<ul style="list-style-type: none"> ・ 70kW ・ パネル 280 枚 ・ 5,600kg 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 重量：平成 26 年度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，環境省, 2015 年 3 月を参照 ・ パネル 1 枚 250W、20kg 想定
運 搬 ①	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 10t 平ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 50km 	
	運搬コスト	52,400 円	52,400 円（建設物価 収集・運搬受託料金（がれき類）茨城県平均（片道距離概ね 75km），（一財）建設物価調査会, 2021.7）
中 間 処理	中間処理内容	アルミフレーム：分離・剥離 ガラス：カレット化 セル：分離	
	中間処理コスト	887,880 円/t (3,171 円/枚)	環境省令和 3 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務中間処理事業者アンケート結果より（8 者平均）。1 枚 20kg で換算。
運 搬 ②（ガ ラス）	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4t ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 片道 30km 	
	運搬コスト	23,200 円	23,200 円（建設物価 収集・運搬受託料金（がれき類）茨城県平均（片道距離概ね 25km），（一財）建設物価調査会, 2021.7）
運 搬 ③（ア ル ミ フ レ ーム）	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2t ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 片道 30km 	
	運搬コスト	18,800 円	18,800 円（建設物価 収集・運搬受託料金（がれき類）茨城県平均（片道距離概ね 25km），（一財）建設物価調査会, 2021.7）
運 搬 ④（セ ル）	運搬内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2t ダンプ車 ・ 1 回輸送 ・ 片道 30km 	
	運搬コスト	18,800 円	18,800 円（建設物価 収集・運搬受託料金（がれき類）茨城県平均（片道距離概ね 25km），（一財）建設物価調査会, 2021.7）
運 搬	運搬内容	・ 2t トラックダンプ車	

項目		想定内容	備考
⑤ (埋立)		・ 1回輸送 ・ 片道 10km	
	運搬コスト	18,800 円	18,800 円 (建設物価 収集・運搬受託料金 (がれき類) 茨城県平均 (片道距離概ね 25km), (一財) 建設物価調査会, 2021. 7)
資源売却		買取価格 ガラス : 4,800 円 アルミフレーム : 62,076 円 セル : 14,364 円	ガラス : 1.3 円/kg、3,600kg (全体の 60% 想定) アルミフレーム : 73.9 円/kg、840kg (全体の 15% 想定) セル : 51.3 円/kg、280kg (全体の 5% 想定) 環境省令和 3 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務中間処理事業者アンケート結果より (ガラス 3 者平均、アルミフレーム 8 者平均)。
埋立費用		36,960 円 (33,000 円/t)	・ 残渣 1,120kg (全体の 20%) ・ 環境省令和 3 年度使用済太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に係る調査業務中間処理事業者アンケート結果より (4 者平均)。
合計		費用 : 1,056,840 円 収益 : 81,240 円	

(7) 費用の比較評価

費用・収益を比較整理した結果を表 6.2-8 に示す。

保険による支払可能処理費用はモデルで A で 111.3 万円、モデル B で 50.1 万円となった。想定どおりに太陽電池システムのコストが低減すると仮定すると、保険による支払可能費用は 10 年間で約半分に低下してしまうことがわかる。埋立費用は今回の試算では 108.3 万円であることから、発電事業者はモデル A では選択がしやすいが、モデル B では費用を負担しないと選択できないことになる。なお、今回の埋立モデルでは中間処理において破碎処理を想定しているが、実際の現場では簡易な破碎処理がなされ今回の想定よりも大幅に低コストで取引きされている可能性があることには留意されたい。加えて、今回設定した埋立処理単価の基データにはプラスチック類の埋立を想定した一般的には高コストな単価データも含まれていたため、実態の取引価格とは乖離している可能性があることにも留意する必要がある。次にリユース (請負事業者視点) では、費用面が 120 万円、収益面が 140 万円となり収益が費用を上回り、かつ発電事業者は被災パネルを販売することで収益が得られる (実際には復旧費用と相殺)。本想定が将来も続くと仮定すれば、発電事業者はモデル A とモデル B どちらにお

いても選択可能な選択肢となりえる。ただし本試算はリユースパネルの将来の市況を踏まえていないため、2030年において実際に選択可能かどうかはリユースパネル市況を踏まえる必要がある。特にパネル価格の下落トレンドがこれまで以上に進むとリユースパネルの販売価格が低下する可能性があることには留意すべきである。次にリサイクル（請負事業者視点）では、費用面が105.7万円、収益面が8.1万円となり、請負事業者が必要とする受託金額は差額の97.6万円となる。つまり発電事業者はモデルAでは負担なく選択可能であるが、モデルBでは追加コストを支払わなければ選択できない選択肢となる。

表 6.2-8 費用・収益の比較評価

	保険支払可能処理費用		埋立費用 (請負事業者視点)	リユース費用・収益 (請負事業者視点)	リサイクル費用・収益 (請負事業者視点)
	モデルA 2020年モデル	モデルB 2030年モデル			
費用	111.3万円	50.1万円	108.3万円	120万円	105.7万円
収益	—	—	—	140万円	8.1万円

(8) 有識者意見を踏まえた処理費用支払いに係る保険事業者のメリット

保険商品は顧客との契約時点での条件に基づき、保険適用下において決められた規則に基づき顧客に対して適正な保険金が支払われる仕組みとなっている。そのため太陽電池モジュールの処理において保険事業者が顧客に対して何らかの選択肢を提示する環境下にはなっておらず（註：一部保険事業者ではリユース・リサイクルの選択肢の提供を始めている）、そのような選択肢を提示するインセンティブは低い状況下にある。現在の社会環境下ではSDGsやCSR等の社会的な取組を求める機運があるが、過去に契約した保険については保険事業者及び顧客の経済合理性を最優先にした選択となることが通常と考えられる。今回の経済性分析に基づく保険事業者と発電事業者のモデルAとモデルBにおける経済的負担を表6.2-9に整理した。今回のモデル想定では、リユースの選択肢については、リユース市況等が変化しない限りはモデルAとモデルBの両モデルにおいて保険事業者と発電事業者の負担なく選択可能であると評価されており、リユースは保険事業者と発電事業者ともに有用な選択肢であると言える。リサイクルの選択肢については、モデルA・モデルBの両モデルにおいて負担が発生する。同じく埋立についてもモデルA・モデルBの両モデルにおいて負担が発生する。ただし、埋立については簡易な破碎処理を選択する、安価な埋立処理場を利用する等により本モデル想定より大幅にコスト低下の可能性があることから、実態としてはリサイクルと同程度またはそれ以下の費用であることに留意しておく必要がある。

今回の調査結果から、保険事業者視点では可能な限りリユース可能なケースにおいては発電事業者がリユースを選択してもらうことが最もメリットがあることがわかった。また埋立とリサイクルについては経済的にどちらを選択してもらう方が優位かど

うかは実態が掴めておらず地域性等の影響を受けることが予想される。一方で、保険の性質上、顧客の経済合理性や利便性等が重要となることから保険事業者が選択肢を決定することはできないが、資源循環を考慮したリユース、リサイクルへの誘導が望まれる。将来的な視点で言えば、太陽光発電システムのコスト低減が進むことから保険事業者が支払う費用は低減することになり、短期的にみても長期的にみても保険事業者としてはメリットがあると考えられる。他方、発電事業者の視点からすると負担が大きくなるというデメリットが発生することから、発電事業者はリユース可能な場合においては積極的にリユースを選ぶ環境となる可能性がある。

表 6.2-9 保険事業者と発電事業者の経済的負担

	事業者	モデル A	モデル B
		2020 年モデル	2030 年モデル
埋立	保険事業者	108.3 万円	50.1 万円
	発電事業者	0 万円	58.2 万円
リユース	保険事業者	0 万円	0 万円
	発電事業者	-28 万円*	-28 万円*
リサイクル	保険事業者	86.6 万円	50.1 万円
	発電事業者	0 万円	36.5 万円

※発電事業者がリユース事業者へパネルを販売した収益を示している（実際には復旧費用との相殺）。なお、2030 年においても同様な想定をしているが実際には 2030 年時点におけるリユースパネルの市況に大きく左右されることになることに留意する必要がある。

第7章 太陽電池モジュールのリサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップのフォローアップ

7.1 ロードマップのフォローアップ見直し方針

第1回リサイクル検討会で示した現状の進捗動向、議論内容、業界動向等を踏まえ、下記方針に基づき、図 7.1-1 に示すプロセスにてロードマップのフォローアップを実施する。

フォローアップ見直しの方針(案)

- ①排出ピーク(2038年)を見据えての中長期でのロードマップの見直し
- ②進捗評価を踏まえての優先度が高い課題の抽出、及び関係主体・検討期間等の見直し
- ③短期的な課題解決に向けた第2フェーズ内の具体実施内容の見直し

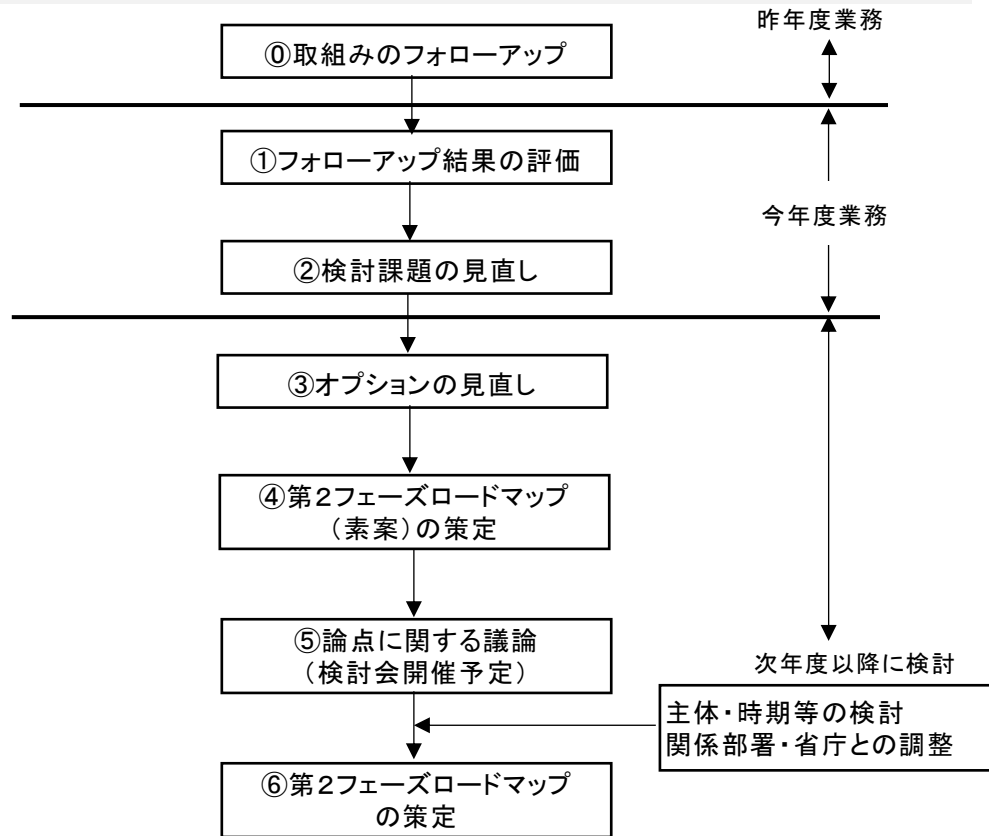


図 7.1-1 ロードマップのフォローアッププロセス

7.2 フォローアップ結果の評価

第1回リサイクル検討会で取りまとめたフォローアップ結果を評価した結果を表7.2-1～表7.2-3に示す。

表 7.2-1 フォローアップ結果の評価① ～回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築～

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容例	検討課題	フォローアップ結果 (実施内容)	フォローアップ結果の評価
回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者 国研究機関	FY2015～	廃掃法広域認定制度の活用	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者	システム構築の準備期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 廃掃法の広域認定制度に基づき各関連メーカーもしくは業界団体が回収～再資源化までのリサイクルシステムを構築。 ■ 回収ポイントまでは施工業者等が運搬（費用は住宅用ユーザー・発電事業者等が負担）。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自主的なスキームであるため、排出量の段階的な増加にも柔軟な対応が可能。 ■ 関連メーカー個社で実施する場合は、メーカー不存在（倒産等）への対応が必要。関連メーカーがリサイクルに関与することで環境配慮設計へのインセンティブも働く。 ■ 資源有効利用促進法（指定再資源化製品）へ位置づけることもあり得る。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 広域認定制度は、製造業者等が認定を受けて広域的に回収し、適正処理（リサイクル含む）する仕組みであり、使用済太陽電池モジュールについては、一部の製造業者等でスキームの構築を進める動きがある。制度の活用が進むように制度の見直しも視野に入れて進めている。 ■ 使用済太陽電池モジュールのリユースや適正処理は、事業者が地域毎に回収・分別し、リユース、リサイクル、埋立処分を行う取組を進めている。 ■ リサイクルを前提としたパネルの受入れ量が少なく設備稼働率は低い。背景には、1)排出量の少なさ、2)排出されるパネルはリユースできるものが多い、3)埋立処分よりリサイクル処理委託費用の方が高いことが多いことなどが考えられる。（環境省ヒアリング調 	<p>（広域認定制度の活用）</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 業界の動向に応じて対応を適宜進めている。 <p>（義務的リサイクルの実施）</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 業界団体の取組みや、環境省リサイクルGL等の周知活動が波及していると評価。他方、実態調査で把握しているのは全体の一部であり、実態の全体像を把握するための継続的な取組が必要。 ■ リサイクル設備導入事業者の実情把握を進めていると評価。今後はリユース、リサイクル、適正処分が適切に選択されるよう誘導する施策が重要。
			リサイクルを促進・円滑化するための義務的リサイクルの実施	関連メーカー 施工業者 建物解体業者等	自主的なリサイクルシステムの運用状況も見ながら継続的に検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ 例えば、住宅用ユーザー・発電事業者等が施工業者等に撤去・引取を依頼（撤去・引取費用を負担）。施工業者等がSYに持ち込み。関連メーカーはSY～再資源化までのリサイクルシステムを構築。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 費用が適切に転嫁されない場合は、施工業者等が適正処理費用の負担忌避による不法投棄の可能性が存在。 ■ 関連メーカーが市場から撤退した場合、あるいは倒産した場合に、撤退・倒産した関連メーカーが製造した製品（Orphan Products）の廃棄費用をどのように担保するのか検討が必要。 		

							<p>査による FY2019, 2020) 以上より、課題設定時と状況が変化しているため、課題の再設定も踏まえて、検討が必要と考えられる。</p>		
			リサイクルシステムの強化・構築に資する調査・研究	国 研究機関等	海外制度の動向等も見ながら継続的に検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクルシステムの強化・構築に資するよう継続的に調査・研究を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主な検討課題としては、先行して義務的リサイクル制度が導入された欧州動向等の調査や、排出量・フロー把握、環境影響評価、経済性評価などが想定。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省にて欧米のリサイクルシステムの動向、東南アジアにおけるリユース実態について調査を実施 (FY2017, 2019, 2020) ■ 環境省にて排出パネルのリサイクル・リユース高度化に資する情報連携構築に関する実証事業を実施予定 (FY2021～) ■ 海外動向については、継続してモニタリングしていく。 	<p>(海外動向の把握)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ アジア・欧州の実態把握を適宜進めている。 <p>(調査・研究)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 調査結果を踏まえた新たな展開をスタートしており着実に進めている。

表 7.2-2 フォローアップ結果の評価② ～技術開発支援～

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容例	検討課題	フォローアップ結果 (実施内容)	フォローアップ結果の 評価
技術開発支援	国	FY2014～	技術開発支援	産廃処理・リサイクル業者 国	5年程度	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル技術開発（処理技術、利用技術）への財政支援 	<ul style="list-style-type: none"> ■ NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）にて技術開発プロジェクト遂行中（FY2014-2018）。 ■ 撤去、回収費用が大きいことから、社会システムの検討と連動した検討が必要（開発目標の見直し等）。 ■ リサイクル方法について国際整合性にも配慮が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ NEDOにてリサイクルの低コスト化につながる技術開発、及びコストの低減効果を実証する技術開発を実施。（FY2014-2018） ■ 今後は技術開発成果の社会実証なども含めて検討が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ガラス分離、有害物質含有量の把握、コスト低減に係る技術開発等を多面的に深耕。一部技術は社会実装に向けた検討が進められている。また、社会システムとの連動についても検討が進められた。他方、リサイクル方法の国際整合性については、現時点では取組が確認できていない。
			リユース・リサイクル実証	関連メーカー 産廃処理・リサイクル業者 国	5年程度	<ul style="list-style-type: none"> ■ リユース・リサイクルの実証事業の実施 	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル技術開発の次のステップとしての位置づけ。社会システムの実証も含む。 ■ 欧州におけるリサイクルシステムや技術と協調させる等、国際的な取組との整合にも配慮することが望ましい。 ■ リユースとリサイクルを併せて事業化する形態も想定（リユース品規格の策定などのリユース市場環境整備のための検討も含む）。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省にて、省CO2型の再エネ関連製品等リサイクル高度化設備への補助（FY2018～）として、太陽光パネルの高度化リサイクル設備補助を実施。 ■ 環境省にて脱炭素型のリサイクル実証事業として、パネルの収集から資源回収までの技術実証を実施。（FY2017～） ■ 引き続き、必要な実証事業及び設備導入補助を行っている。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル実証事業により社会システム実証を実施し具体的な課題を整理済み。 ■ 他方、国際的な取組みとの整合は未把握。 ■ リユースとリサイクル共存の在り方については今後の検討が必要。リユースガイドライン公開はリユース市場形成に向けた第1歩となると評価。
			設備導入補助	産廃処理・リサイクル業者 国	排出量の増加状況を見ながら随時	<ul style="list-style-type: none"> ■ リサイクル設備導入への財政支援 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備導入の規模については要検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備補助により全国各地にリサイクル設備が設置され、地域のリサイクルシステム構築に寄与。 	

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容例	検討課題	フォローアップ結果 (実施内容)	フォローアップ結果の 評価
環境配慮設計の推進	関連メーカー 国	FY2015～	環境配慮設計ガイドラインの策定とフォローアップの実施	関連メーカー	検討期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 関連メーカーにおける環境配慮設計の推進 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 業界ガイドラインの策定と実施状況のフォローアップ等。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 太陽光発電協会が「太陽電池モジュールの環境配慮設計アセスメントガイドライン（第1版）」を作成・公表。(2016.10) ■ 今後、ガイドラインに基づく関連メーカーの取組状況のフォローアップ等が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 業界団体がガイドラインを策定・公表し、業界内で一定程度知名度がある。 ■ ガイドラインのフォローアップについては今後の課題。

表 7.2-3 フォローアップ結果の評価③ ～撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成～

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容例	検討課題	フォローアップ結果 (実施内容)	フォローアップ結果の 評価
撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成	国	FY2015～	撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成	施工業者 建物解体業者 建設工事業者 産廃処理・リサイクル業者 国	検討期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 撤去・運搬・処理方法に関するガイドラインの作成と関係者への周知 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 推奨される撤去・運搬・処理方法に関係者に広く周知。施工業者の資格制度・認定制度との連携も一案。 ■ リサイクルシステムの構築状況や技術開発状況を踏まえてリバイズ。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省が「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1版）」を公表。（2016.3） ■ 太陽光発電協会が使用済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1版)を公表(2017.12) ■ 環境省が①埋立処分方法、②有害物質に関する情報伝達、③災害対応策について見直しを行ったガイドライン(第2版)を公表。(2018.12) ■ 引き続きガイドラインの周知を実施していく。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ガイドラインを策定・公表・周知ができており、また社会状況に合わせて更新対応も実施できている。
撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知	国	FY2015～	撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知	施工業者 建物解体業者 建設工事業者 国	周知方法の検討期間として3年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ 撤去・回収・リサイクルに関する情報を住宅用ユーザー・発電事業者等が得るための仕組みづくり 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 住宅用ユーザー・発電事業者等との接点となりうる施工業者や小売店、関連メーカー等を通じた撤去・回収・リサイクルに関する情報提供。 ■ 固定価格買取制度と連携しながら周知することも検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資源エネルギー庁が策定する事業計画策定ガイドラインにおいて、撤去及び処分（リサイクル、リユース、廃棄）時の発電事業者の遵守事項等を記載。(2017-2020) ■ 環境省が太陽光発電設備をリユース、リサイクル、処分する際の留意点に関するチラシを作成し周知を実施(FY2019) ■ 引き続き周知を実施していく。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 周知活動を確実に進めている。他方、一般家庭や事業者の認知度は不明であり、現況把握を踏まえた対応が求められる。

対策メニュー	検討主体	検討時期	オプション	関係主体	検討期間	実施内容例	検討課題	フォローアップ結果 (実施内容)	フォローアップ結果の 評価
FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)	国	FY2018～	FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)	国	検討期間として5年程度を想定	<ul style="list-style-type: none"> ■ モジュール廃棄時期の先延ばしのため、FIT 期間終了後の発電事業継続の可能性(リユース含む)を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ モジュールはFIT 期間終了後も発電可能との見解あり。 ■ 有望なリユースビジネスモデルがあれば推進。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省にて適正なリユースを促進するためのガイドラインの策定について、検討を実施。(FY2019-2020) ■ 引き続き適正なリユースを促進していく。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ リユースガイドラインを策定・公表。2021 年度に周知活動を展開。 ■ 有望なビジネスモデルの調査・検討を進めているが発見までには至っていない。

7.3 検討課題の見直し

7.3.1 回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築の検討課題の見直し

回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築の検討課題の見直し結果を表 7.3-1 に示す。廃掃法広域認定制度の活用については、引き続き業界の動向や意見に応じて対応を進める。リサイクルを促進・円滑化するための義務的リサイクルの実施については、引き続き実態の全容把握に努め、リユース・リサイクル・適正処分が有効に選択される適切な施策を検討する。リサイクルシステムの強化・構築に資する調査・研究については、アジア・欧州等の実態把握を継続調査し、わが国において有用な事例について適用を検討する。

表 7.3-1 回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築の検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) フェーズ 1 検討課題
廃掃法広域認定制度の活用	<ul style="list-style-type: none"> ・業界の動向に応じて対応を適宜進めている。 ・業界団体の取組みや、環境省リサイクル GL 等の周知活動が波及していると評価。他方、実態調査で把握しているのは全体の一部であり、実態の全体像を把握するための継続的な取組が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域認定制度による認定事業者の拡大に向けた施策検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自主的なスキームであるため、排出量の段階的な増加にも柔軟な対応が可能。 ・関連メーカー個社で実施する場合は、メーカー不存在 (倒産等) への対応が必要。関連メーカーがリサイクルに関与することで環境配慮設計へのインセンティブも働く。
リサイクルを促進・円滑化するための義務的リサイクルの実施	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル設備導入事業者の実情把握を進めていると評価。今後はリユース、リサイクル、適正処分が適切に選択されるよう誘導する施策が重要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実態の全容を把握する調査を継続実施 ・リユース・リサイクル・適正処分が有効に選択される施策を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ・費用が適切に転嫁されない場合は、施工業者等が適正処理費用の負担忌避による不法投棄の可能性が存在。 ・関連メーカーが市場から撤退した場合、あるいは倒産した場合に、撤退・倒産した関連メーカーが製造した製品 (Orphan Products) の廃棄費用をどのように担保するのか検討が必要。
リサイクルシステムの強化・構築に資する調査・研究	<ul style="list-style-type: none"> ・アジア・欧州の実態把握を適宜進めている。 ・調査結果を踏まえた新たな展開をスタートしており着実に進めている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アジア・欧州等の実態把握を継続調査 ・リサイクル・リユース高度化に資する情報連携構築事業では、リサイクル・リユースの効率化や市場形成に帰着 	<ul style="list-style-type: none"> ・主な検討課題としては、先行して義務的リサイクル制度が導入された欧州動向等の調査や、排出量・フロー把握、環境影響評価、経済性評価などが想定。

7.3.2 技術開発支援の検討課題の見直し

技術開発支援の検討課題の見直し結果を表 7.3-2 に示す。技術開発支援については、基礎技術開発の段階から社会実装の段階へと移行しており、今後は技術的なハード面の課題から仕組み構築のソフト面の課題解決が重要となる。

表 7.3-2 技術開発支援の検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) 前回検討課題
技術開発支援	ガラス分離、有害物質含有量の把握、コスト低減に係る技術開発等を多面的に深耕。一部技術は社会実装に向けた検討が進められている。また、社会システムとの連動についても検討が進められた。他方、リサイクル方法の国際整合性については、現時点では取組が確認できていない。	－ ※基礎技術開発の段階から社会実装の段階へのフェーズチェンジ ※国際整合性については別項目について対応	・NEDO (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) にて技術開発プロジェクト遂行中 (FY2014-2018)。 ・撤去、回収費用が大きいことから、社会システムの検討と連動した検討が必要 (開発目標の見直し等)。 ・リサイクル方法について国際整合性にも配慮が必要。
リユース・リサイクル実証	・リサイクル実証事業により社会システム実証を実施し具体的な課題を整理済み。 ・他方、国際的な取組みとの整合は未把握。 ・リユースとリサイクル共存の在り方については今後の検討が必要。リユースガイドライン公開はリユース市場形成に向けた第 1 歩となると評価。	・国際的な取組みとの整合の確保	・リサイクル技術開発の次のステップとしての位置づけ。社会システムの実証も含む。 ・欧州におけるリサイクルシステムや技術と協調させる等、国際的な取組との整合にも配慮することが望ましい。 ・リユースとリサイクルを併せて事業化する形態も想定 (リユース品規格の策定などのリユース市場環境整備のための検討も含む)。
設備導入補助	設備補助により全国各地にリサイクル設備が設置され、地域のリサイクルシステム構築に寄与。	・ハード面の支援から地域循環モデル構築といったソフト面の支援へシフト	・設備導入の規模については要検討。

7.3.3 環境配慮設計の推進の検討課題の見直し

環境配慮設計の推進の検討課題の見直し結果を表 7.3-3 に示す。環境配慮設計ガイドラインの策定とフォローアップの実施については、今後も業界団体がガイドラインを更新した場合には適宜フォローアップすることが求められる。

表 7.3-3 環境配慮設計の推進の検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) 前回検討課題
環境配慮設計ガイドラインの策定とフォローアップの実施	<ul style="list-style-type: none"> ・業界団体がガイドラインを策定 ・ガイドラインのフォローアップについては今後の課題 	業界ガイドラインが更新された折には適宜フォローアップを実施	業界ガイドラインの策定と実施状況のフォローアップ等。

7.3.4 撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成の検討課題の見直し

撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成の検討課題の見直し結果を表 7.3-4 に示す。撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成については、社会環境・市場環境の変化に対してガイドラインの見直しを図るとともに、有効性を確認したうえで施工業者の資格制度・認定制度との連携が課題となる。

表 7.3-4 撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成の検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) 前回検討課題
撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成	ガイドラインを策定・公表・周知ができており、また社会状況に合わせて更新対応も実施できている。	<ul style="list-style-type: none"> ・社会環境・市場環境の変化に対してガイドラインの見直し ・施工業者の資格制度・認定制度との連携 	<ul style="list-style-type: none"> ・推奨される撤去・運搬・処理方法を関係者に広く周知。施工業者の資格制度・認定制度との連携も一案。 ・リサイクルシステムの構築状況や技術開発状況を踏まえてリバイズ。

7.3.5 撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知の検討課題の見直し

撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知の検討課題の見直し結果を表 7.3-5 に示す。撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知については、住宅用ユーザー・発電事業者と接点がある施工事業者(EPC)や小売店、関連メーカー(ハウスメーカー等)を対象とした周知活動が課題となる。

表 7.3-5 撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への
周知の検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) 前回検討課題
撤去・回収・リサイクルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知	周知活動を確実に進めている。他方、一般家庭や事業者の認知度は不明であり、現況把握を踏まえた対応が求められる。	住宅用ユーザー・発電事業者と接点がある施工事業者(EPC)や小売店、関連メーカー(ハウスメーカー等)を対象として周知活動を展開	<ul style="list-style-type: none"> 住宅用ユーザー・発電事業者等との接点となりうる施工業者や小売店、関連メーカー等を通じた撤去・回収・リサイクルに関する情報提供。 固定価格買取制度と連携しながら周知することも検討。

7.3.6 FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)の検討課題の見直し

FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)の検討課題の見直し結果を表 7.3-6 に示す。FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討については、なるべく長年にわたり製品を使用してもらえようセカンダリ市場の活性化を図ることが考えられる。また排出された再使用可能な製品についてリユースされるようリユースガイドラインの周知等が重要となる。

表 7.3-6 FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)の
検討課題の見直し

オプション	フォローアップ結果の評価	フェーズ 2 課題設定 (案)	(参考) 前回検討課題
FIT 期間終了後の発電事業継続に向けた検討(リユース含む)	<ul style="list-style-type: none"> リユースガイドラインを策定・公表。2021 年度に周知活動を展開。 有望なビジネスモデルの調査・検討を進めているが発見までには至っていない。 	<ul style="list-style-type: none"> セカンダリ市場の活性化 リユースガイドラインの周知活動 有望なリユースビジネスモデルの発掘・展開 	<ul style="list-style-type: none"> モジュールは FIT 期間終了後も発電可能との見解あり。 有望なリユースビジネスモデルがあれば推進。

第8章 太陽電池モジュールの排出量に関する将来推計の見直し及び「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）」の改訂

8.1 将来排出見込みに関するフォローアップ

8.1.1 環境省による将来排出量推計手法のレビュー

環境省では、平成 26 年度に「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」を実施し、本業務内において将来の排出見込量を推計している。

過去の導入量の推計に使用しているデータは表 8.1-1 のとおりである。環境省調査では、1990 年頃からのデータを収集し、用途別（住宅用・非住宅用）・都道府県別に推計することを目的としている。

表 8.1-1 太陽光発電の導入量に関する主要なデータ

データ範囲	統計データ	概要	対象年	暦年/年度	単年/累積	データの粒度	
						日本全体	都道府県
日本全体	IEA PVPS 公開データ	IEA PVPS に日本より報告されている導入量データ	1992～2013年	暦年	単・累	○	×
	固定価格買取制度（FIT）設備認定状況データ	固定価格買取制度の認定設備データ	2012年7月～2014年7月	年度	累	○	○
	日本太陽光発電協会（JPEA）公開データ	日本における太陽電池出荷量の推移データ	1981～2012年度	年度	単	○	×
住宅	新エネルギー財団（NEF）公開データ	NEF が補助金を交付した設備データ	1997～2005年度	年度	単・累	○	○
	太陽光発電普及拡大センター（J-PEC）公開データ	J-PEC が補助金を交付した設備データ	2008～2013年度	年度	単・累	○	○
	固定価格買取制度（FIT）設備認定状況データ	固定価格買取制度の認定設備のデータ	2012年7月～	暦年	累	○	○
非住宅	RPS 法認定設備データ	RPS 法の認定設備データ	2006～2012年度	年度	-	×	○（一部）
	固定価格買取制度（FIT）設備認定状況データ	固定価格買取制度の認定設備のデータ	2012年7月～	年度	累	○	○
	電気事業連合会公開データ	一般電気事業者が有するメ	2010年～	-	-	×	○

データ範囲	統計データ	概要	対象年	暦年/年度	単年/累積	データの粒度	
						日本全体	都道府県
		ソーラー 一覧データ					
	経済産業省等資料データ	全国のメガソーラー 一覧データ	2010年～	-	-	×	○
	ガラス再資源化協議会(GRCJ)ご提供データ	設置年月・都道府県別メガソーラー 一覧データ	2003年～	-	-	○	○

将来の排出見込量は、寿命到来による排出（20, 25, 30 年）と修理を含む交換に伴う排出とみなし、過去の導入実績データと導入量の将来予測データと併せて推計を行っている。

表 8.1-2 排出見込量の推計方法

推計対象	推計対象年	2010 年～2050 年まで
	推計対象(住宅・非住宅)	住宅用(10kW 未満)と非住宅用(10kW 以上)の 2 区分とする。
	推計対象物	太陽電池モジュール
	推計対象とする排出	寿命到来に伴う排出、市場戻り機
推計方法	寿命到来に伴う排出	20 年、25 年、30 年
	修理を含む交換に伴う排出	毎年の国内出荷量の 0.3%
	工場での仕損に伴う排出	考慮せず
使用データ	新規導入量データ	住宅・非住宅別導入量データ、将来予測は新エネルギー小委員会資料(平成 26 年 8 月 8 日：一般社団法人太陽光発電協会)
	太陽光発電設備重量・素材構成	「太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術等の研究開発(平成 18 年 3 月太陽光発電技術研究組合等)」の容量/重量換算値
	設備寿命 設計寿命	上述の通り
	工場仕損率、市場からの戻り率・修理・交換比率	上述の通り

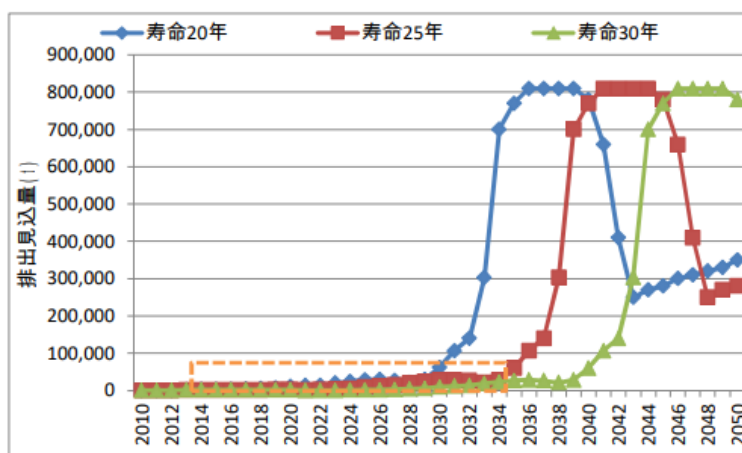


図 8.1-1 太陽電池モジュール排出見込量の比較

出典：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，環境省，平成 26 年度

8.1.2 NEDO による将来排出量推計手法のレビュー

NEDO では、平成 31 年に「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト／太陽光発電リサイクル動向調査／太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測」に関する報告書を公開している。本報告書において、太陽光発電システムの分布調査と排出量予測調査を実施している。

過去の導入量の推計に使用しているデータは表 8.1-3 のとおりである。使用しているデータは概ね環境省と同様だが、NEDO 調査では用途別（住宅用：10kW 未満、非住宅用：10kW 以上）及び地域別（都道府県別等）、モジュール種類別（Si 単結晶、Si 多結晶、Si 薄膜、その他の 4 種類）にて推計するため、モジュール種類に関するデータが加わっている。

表 8.1-3 太陽光システムの導入実績に関する収集データ一覧

データ種別	データ 利用期間	出典
全国導入量	1992～2017	IEA PVPS 公開データ
メガソーラーの都道府県別設置容量比率	-	公表情報によりメガソーラーリスト（後述）を調査し算出
都道府県別住宅用導入容量	1994～2005	NEF 補助金データ（新エネルギー財団（NEF）公開データ）
	2009～2013	J-PEC 補助金データ（太陽光発電普及拡大センター（J-PEC）公開データ）
	2006～2008	前後のデータから推計により補完
FIT 都道府県別導入容量	2012/7 ～ 2017/3	固定価格買取制度（FIT）設備認定状況データ
各メガソーラーにおける導入モジュール比率	-	メーカー別の使用モジュール比率を基に、メガソーラーリストより算定
モジュール別出荷容量	2002～2017	JPEA 太陽電池の出荷統計（四半期データ）より

NEDO 調査では、排出量推計の目的を「大量排出時代のピーク（時期、量）を予測する」、「現状の再資源化能力を上回る排出がなされるようになる時期を予測する」という2点に主眼をおき、「内的要因による排出（出力低下）」と「外的要因による排出（FIT 買取期間終了等）」の2種類の排出要因を設定し推計している。また、2020 年度に FIT 制度は終了するという仮定をおいている。

表 8.1-4 本事業における排出量予測の概要

推計対象	推計対象年	2015 年～2050 年
	推計対象(住宅・非住宅)	以下の3分類で推計。 (A)住宅用 (B)非住宅用・50kW 以上 (C)非住宅用・10kW 以上 50kW 未満
	推計対象物	Si 単結晶/Si 多結晶/Si 薄膜/その他の4種類それぞれの排出量を推計
	推計対象とする排出	内部要因（出力低下）と外部要因（FIT 買取期間終了等）の考慮
推計方法	シナリオ	内的要因による排出+外的要因による排出の組み合わせ (比率は分類別にシナリオにより決定)、都道府県別に推計
	重量換算手法	IRENA(2016)と同様の手法を採用。導入年次ごとの出力重量比の実績値及び理論値をプロットし、指数近似で回帰式を算出。
	市場戻り	0.3% (JPEA 推計における設定値。欧州の回収実績等に基づき設定)
使用データ	全体導入容量	～2017: IEA PVPS National Survey Reports Japan 2002-2017 2018～: JPEA 予測 (図 2-4)

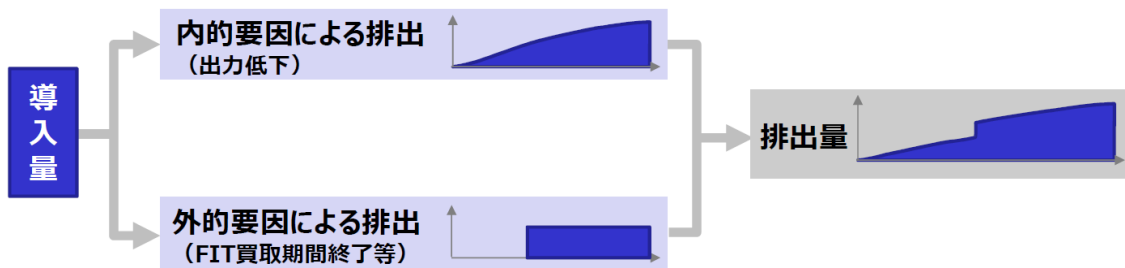


図 8.1-2 排出量推計の考え方

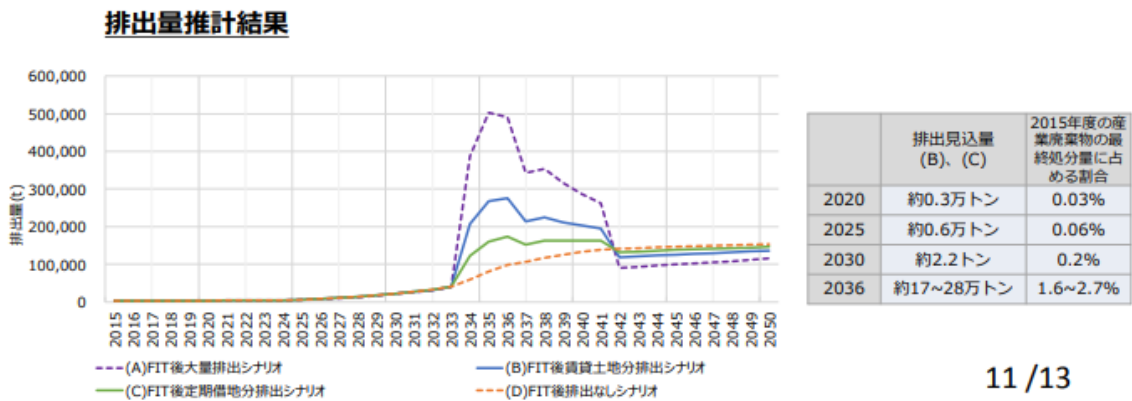
出典：太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト / 太陽光発電リサイクル動向調査/太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測, NEDO 成果報告会(株)三菱総合研究所, 2019

シナリオ	FIT買取期間終了後即排出割合※			シナリオの詳細
	定期借地	賃貸の土地 (定期借地以外)	自社保有地	
(A)FIT後大量排出	100%	100%	50%	賃貸の土地の全てと、自社保有地のうち半分はFIT買取期間後に即排出される。
(B)FIT後賃貸土地分排出	100%	100%	0%	賃貸の土地は全てFIT買取期間後に即排出されるが、自社保有地であれば、排出されない。
(C)FIT後定期借地分排出	100%	0%	0%	定期借地で借りている土地に設置されている場合は、FIT買取期間終了後に即排出される。その他は排出されない。
(D)FIT後排出なし	0%	0%	0%	土地の所有形態にかかわらず、FIT買取期間終了をきっかけにした排出はされない。

↑ 早期排出
↓ 長期使用

図 8.1-3 排出シナリオ

出典：太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト / 太陽光発電リサイクル動向調査/太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測, NEDO 成果報告会(株)三菱総合研究所, 2019



11 / 13

図 8.1-4 排出量推計結果

出典：太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト / 太陽光発電リサイクル動向調査/太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測, NEDO 成果報告会(株)三菱総合研究所, 2019

8.1.3 その他の将来排出量推計手法のレビュー

上述以外にも太陽光パネルの将来排出量の推計が行われている（表 8.1-5）。排出要因としてはパネルの寿命や故障などを中心に考慮していることが多く、それ以外に経済性や交換率などを考慮している事例がある。

表 8.1-5 将来排出量の推計に係る文献レビュー結果

No.	文献名	著作者	出版年	概要
1	太陽光発電設備 3R 推進に係る基礎調査の実施について	東京都環境局	2019	都内の既設の太陽光パネルに係る情報を収集・整理するとともに、将来の設置目標や排出要因を勘案した上で、将来設置量・排出量を推計。
2	使用済み太陽光パネルの発生量と処理フロー	村上進亮(東京大学)ら	2019	既存研究で考慮されていた機械的な劣化、故障等の要因に加え、経済性や交換、事業停止といった要因を考慮。
3	都内既設の太陽光パネルに係る情報を収集・整理するとともに、将来の設置目標や排出要因を勘案した上で、将来設置量・排出量を推計	佐藤太平(北九州私立大学)ら	2014	生産時ロス、初期不良を考慮した設置時ロス、PV パネルの製品寿命を廃棄要因とした推計。製品寿命はワイブル分布を使用。さらに建物寿命を廃棄要因に加え推計。
4	太陽光発電設備の収集運搬システムの検討	平間翔太(東京大学)ら	2013	太陽光パネルの使用期間や故障・廃棄、修理・交換率等を考慮し、廃棄量を予測。

8.1.4 将来排出量推計における課題の整理

既存文献のレビュー結果を踏まえ、将来排出量推計における課題を整理した結果を表 8.1-6 に示す。

表 8.1-6 導入量の推計に関する各種課題

大区分	小区分	課題の内容	過年度推計における対応
導入量の推計	データ区分の違い	暦年で整理されているデータと年度で整理されているデータがあり、それらを統合する必要がある。	環境省調査では、年度データに統一するため暦年データから“みなし年度”データを作成し統一を図っている。
	データ欠損	住宅用太陽光の導入実績データに一部欠損がある(2006～2008年)。	環境省調査では、線形補間と出荷量ベース補間を比較したうえで、出荷量ベースで補間している。
	データ網羅性の低さ	FIT 制度が開始する 2012 年 7 月以前における導入実績に関する詳細データが得られない。	環境省調査では、全国導入総量データから住宅導入総量データを差し引くことで推計している。
	都道府県別・非住宅系データの欠損	2012 年度以前は FIT 制度開始前のため非住宅系のデータが得られない。	環境省調査では、RPS 法認定設備データと経済産業省審議会資料・全国メガソーラー分布マップ、ガラス再資源化協議会資料・全国メガソーラー一覧データを用い按分係数を作成している。ただし、上記資料により把握できた導入実績は 0～40%程度であることやバイアスデータの存在があるためどの程度正しいかは不明である。
	モジュール種別データの不足	住宅系・非住宅系における導入モジュール種別の比率に関する情報が不足している。	NEDO 調査では、インターネット検索によりメガソーラーにおける導入比率を算定。加えて JPEA 太陽電池の出荷統計を使用。詳細な利用方法は不明。
	Non FIT の把握困難性	Non FIT での導入が増加しており把握できない。	過去調査では顕在化していない課題である。
	将来の導入見通し	導入に影響すると考えられるコスト低減状況や政策動向によって大きく導入量は変化する。	環境省調査では、「住宅・非住宅別導入量データ、将来予測は新エネルギー小委員会資料, JPEA, 2014」を、NEDO 調査では、「JPEA PV OUTLOOK ～太陽光発電 2050 年の黎明～, JPEA, 2017」を利用。

大区分	小区分	課題の内容	過年度推計における対応
排出見込み量の推計方法	排出見込みの予測困難性	排出に影響すると考えられる影響要因の予測に困難を伴う。	影響要因は、環境省調査では、“寿命到来に伴う排出”と“市場戻り機”を対象としている。NEDO調査では、“内的要因による排出（出力低下）”と“外的要因による排出（FIT 買取期間終了等）”を対象としている。
		定量化可能な影響要因を選定する必要がある。	環境省調査では、主に「太陽光発電システムのリサイクル・リユース処理技術等の研究開発、太陽光発電技術研究組合等, 2006」における設備寿命や設計寿命、工場仕損率、市場からの戻り率・修理・交換比率を利用している。NEDO調査では、市場戻り率（JPEA 推計における設定値のほか、内的要因と外的要因について条件設定を行い影響要因の数値を決定している。

8.1.5 将来排出量推計の見直しの方向性

各種課題について見直しの方向性を検討した。

表 8.1-7 導入量の推計に関する各種課題に対する見直しの方向性

大区分	小区分	課題の内容	見直しの方向性
導入量の推計	データ区分の違い	暦年で整理されているデータと年度で整理されているデータがあり、それらを統合する必要がある。	他に有用なデータがないため過年度と同様にデータを統合して使用する。
	データ欠損	住宅用太陽光の導入実績データに一部欠損がある(2006～2008年)。	他に有用なデータがないため過年度と同様に出荷量ベースで補間する。
	データ網羅性の低さ	FIT制度が開始する2012年7月以前における導入実績に関する詳細データが得られない。	過年度と同様に2012年7月以前のデータは得られないため全国導入総量データから住宅導入総量データを差し引くことで推計する。
	都道府県別・非住宅系データの欠損	2012年度以前はFIT制度開始前のため非住宅系のデータが得られない。	メガソーラー分布情報にて把握できている導入実績の比率が低いためデータの網羅性で課題がある。非住宅系については区分分けしないで推計する。ただし、FIT制度導入後は導入容量10kW前後で区分する。
	モジュール種別データの不足	住宅系・非住宅系における導入モジュール種別の比率に関する情報が不足している。	シリコン系が主流であることからモジュール種別を考慮しない。考慮するのであれば2002年から2013年はJPEA太陽電池出荷統計を使用。2001年以前、及び2014年以降はデータがないため2002年データ及び2013年データを据え置き。ただし、海外製パネルのモジュール種別を把握できないこと、都道府県別データが得られないことには留意する必要がある。
	Non FITの把握困難性	Non FITでの導入が増加しており把握できない。	現状では把握するすべがないため今後の課題とする。環境省及び他省庁でNon FITも把握する動きがあるので注視する。
将来の導入見通し	導入見通しの予測困難性	導入に影響すると考えられるコスト低減状況や政策動向によって大きく導入量は変化する。	エネルギー基本計画やJPEA公表の最新情報を用いる。
排出見込み量の推計方法	排出見込みの予測困難性	排出に影響すると考えられる影響要因の予測に困難を伴う。	各種影響要因を整理し、“排出への影響度”と“定量化の可能性”から判断する。最も重要と考えられるのは、最も導入が進んでいる10kW以上～50kW未満の発電事業者と家庭の排出意向であることから、当該事業者と家庭に対して何らかの詳細調査を実施するのが望ましい。
		定量化可能な影響要因を選定する必要がある。	

8.1.6 将来推計の見直し

将来推計の見直しにおいては、推計において排出に影響する要因としてどのようなものを考慮するのか、また当該要因についてどれくらい精度の高い定量的なデータが得られるのかが重要となる。本年度調査では将来推計の見直しにおける影響要因に対する考え方を整理した。排出要因としては、経済的要因と制度的要因、物理的要因の3種類が考えられ、それぞれにおいて排出要因が存在する。

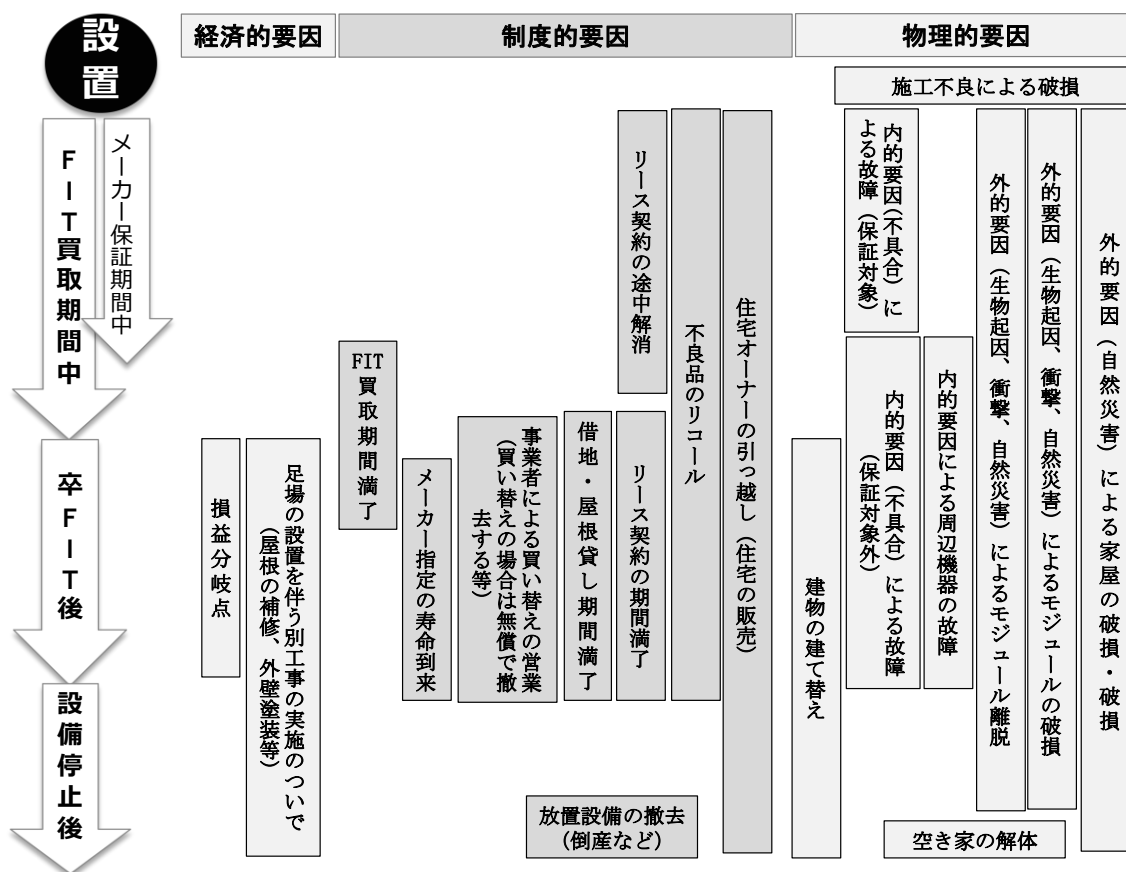


図 8.1-5 太陽電池モジュールの排出要因

各排出要因について排出量推計に考慮するかどうかは当該排出要因の排出への影響度と数値としての定量化の可能性が重要となることから、各排出要因について表 8.1-8 のとおり評価を行った。排出への影響度が高い要素として、経済的要因の側面では損益分岐点や足場の設置を伴う別工事のついで、制度的要因の側面では事業者による買い替えの営業（蓄電池導入施策による誘導）、物理的要因の側面では内的要因（劣化、電気機器の不具合等）によるモジュールの発電効率の著しい低下又は故障、外的要因（自然災害）によるモジュール離脱、外的要因（自然災害）による建物の破損・破壊、建物の建て替え、空き家の解体が挙げられる。対して定量化の可能性の高い要素とし

て、経済的要因の側面では損益分岐点、制度的要因の側面ではFIT 期間満了（10kW 未満）、FIT 期間満了（10kW 以上）、メーカー指定の寿命到来、物理的要因の側面では建物の建て替えが挙げられた。総合的な評価結果では、損益分岐点とFIT 期間満了（10kW 未満）、FIT 期間満了（10kW 以上）、事業者による買い替えの営業、内的要因（劣化、電気機器の不具合等）によるモジュールの発電効率の著しい低下又は故障、建物の建て替えが挙げられ、これら排出要因を考慮することが精度の高い排出量推計になることが期待される。

表 8.1-8 排出要因の整理及び影響要素の影響度と定量化の可能性の評価結果

No.	排出要因（きっかけ）	排出要因につながる影響要素	排出への影響度	定量化の可能性	総合評価	
1	経済的要因	損益分岐点（ランニングコストがランニングメリットを上回る） ・売電収益、発電効率低下率、パワコン価格 ・定期点検・清掃・修理費用、撤去コスト	○	○	○	
2						
3						
4						足場の設置を伴う別工事の実施のついで（屋根の補修、外壁塗装等）
5	制度的要因	FIT 期間満了（10kW 未満）	FIT 期間	△	○	○
6		FIT 期間満了（10kW 以上）	FIT 期間	△	○	○
7		メーカー指定の寿命到来	“メーカー”×“パネルタイプ”の寿命	×(※1)	○	×
8		リース契約の途中解消	・全体に占めるリース契約の割合 ・リース契約の解消割合	△	×	×
9		リース契約の期間満了	・全体に占めるリース契約の割合 ・リース契約期間	×(※2)	△	×
10		借地・屋根貸し期間満了	・全体に占める借地・屋根貸しの実施割合 ・借地・屋根貸し期間	×(※2)	△	×
11		事業者による買い替えの営業（買い替えの場合は無償で撤去する等）	各社の営業方針	○	△	○
12		不良品のリコール	不良品のリコール	×	×	×
13		放置設備の撤去（倒産、空き家など）	・PV 発電事業の倒産件数やPV 設置空き家に関するデータ ・建物の解体	△	×	×

No.	排出要因（きっかけ）	排出要因につながる影響要素	排出への影響度	定量化の可能性	総合評価
14		住宅オーナーの引っ越し（住宅の販売）	引っ越しの割合、時期	×(※3)	×
15	物理的要因	施工不良による破損	・施工不良率	△	△
16		内的要因（劣化、電気機器の不具合等）によるモジュールの発電効率の著しい低下又は故障	・経年劣化による発電効率の低下 ・電気関連周辺機器の寿命・故障率	○(※4)	△
17		外的要因（生物起因、衝撃、自然災害）による周辺機器の故障	外的要因による経年の故障発生確率	×	×
18		外的要因（生物起因、衝撃、自然災害）によるモジュールの故障又は発電効率の著しい低下	外的要因による経年の故障発生確率	△(※4)	×
19		外的要因（自然災害）によるモジュール離脱	外的要因による架台からのモジュール離脱発生確率	○	×
20		外的要因（自然災害）による建物の破損・破壊	自然災害による建物への被害	○	△
21		建物の建て替え	建物の寿命（所有者区分、建物種類影響）	◎	○
22	空き家の解体	空き家解体のタイミング	○	×	

※1 メーカーの指定寿命を参考に取り外すケースは少ないと推測される。

※2 期間終了後、無償譲渡のケースが多いため。

※3 一般的に太陽光発電設備も併せて中古住宅を販売すると思われるため。

※4 保証期間内であれば排出される可能性が高い。

8.2 ガイドライン全般の改訂

令和2年度調査、及び令和3年度調査における検討内容を踏まえ、ガイドラインの修正箇所を整理し、改訂内容を検討した結果を表8.2-1に示す。

表 8.2-1 ガイドライン改訂の検討事項（案）

章	関連項	内容区分	検討事項
第1章 総論	1-1. 本ガイドラインの目的・位置づけ	背景内容	ガイドラインが公表された平成30年から現在までの動向を踏まえ内容を見直し（PVの導入状況や廃棄費用積立、自治体でのPV廃棄に関連した条例制定、技術開発動向等）
	1-2. 本ガイドラインの使い方	使い方	ガイドライン改定の最後に改訂内容を踏まえ見直し
	1-4. 太陽電池モジュールの種類・構造	太陽電池モジュールの種類と特徴	最新技術・市況動向を踏まえ太陽電池モジュールの大型化や発電効率を見直し
	1-5. 太陽光発電設備の設置の種類と特徴	設置の種類と特徴	売電契約形態（FIT/FIP/相対）や電気の使用形態（自家消費/蓄電）といった最近の動向の追加を検討
	1-6. 太陽電池モジュールの排出見込量	排出見込量	・NEDO推計結果の紹介を検討 ・推計結果を更新
	—	廃棄実態	廃棄実態調査結果に基づく廃棄量や廃棄要因、仕向先に関する情報提示
第2章 太陽光発電設備の所有者、解体・撤去業者（利用終了～解体・撤去）	2-1. 太陽光発電設備の利用もしくは発電事業を停止/終了した場合の対応	自治体への届け出	関連条例を制定している自治体に対する必要届け出の追記
	2-4. 解体・撤去工事の発注	廃棄積立金	FIT認定事業の場合における廃棄積立金の取り戻しの手続きについて追記
第3章 使用済太陽電池モジュールの処理	3-1. 収集・運搬	広域認定制度	民間企業の広域認定制度の取得に関する紹介
	3-2. リサイクル	PV製品情報	「資源循環に関する情報プラットフォーム実証事業」の紹介。
	〃	新規技術動向	民間企業やNEDOの技術開発動向を紹介

章	関連項	内容区分	検討事項
	〃	リサイクル製品	PV ガラス利用したリサイクル製品や要求基準の紹介
第 4 章 リユース	—	—	リユースガイドラインが公表されたことを踏まえ章自体の位置づけを検討
第 5 章 災害時における使用済太陽光発電設備の取扱い	—	保険事業者の取組紹介	保険事業者のリユース・リサイクル推進の取組を紹介
第 6 章 参考資料	6-1. 太陽光発電設備の導入量	導入量	導入量のデータを更新
	6-3. リユース作業の参考事例	—	リユースガイドラインへの移行を検討
	6-5. リユースに向けて実施する検査等のコスト感	—	
	6-6. 欧州におけるリサイクル・埋立処分	最新動向	欧州・欧米・東南アジアにおける PV リサイクル・リユースに関する最新動向を紹介
	—	廃棄実態	廃棄実態調査結果の詳細データを掲載
全般	—	ガイドラインの位置づけ	“・・・リサイクル等”としてリユースも扱っているがリユースガイドラインが公表されたことを踏まえリサイクルに特化を検討
	—	出典元の更新	URL 切れの更新、最新資料への更新など
	—	新規動向	環境省実証事業等の各種取組の情報を追加

第9章 リユース・リサイクル仕向量拡大に向けた保険業界に対する普及啓発活動

排出実態調査から、現状では災害由来の太陽電池モジュール品（以下、災害品と称する。）が多く排出されていることがわかっており、この傾向は数年間続くことが予想される。しかしながら、有識者等へのヒアリングから、1) 多くの災害品がリユース・リサイクルではなく埋立処分に仕向けられてしまっていること、2) 保険適用時にリユース・リサイクルの選択がなされていないこと、が課題として挙げられている。さらに、保険事業者からリユース・リサイクルの普及拡大にあたって以下の課題が挙げられている。

- ✓ 太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに関する知見・人的資源が不足しており、リユース・リサイクルに誘導するという選択肢を選べない。
- ✓ また、リユース・リサイクルに誘導するメリット・デメリットが不明瞭である。

そのため、保険業界関係者に向け、リユース・リサイクルに誘導するメリットや関連ガイドラインを周知する普及啓発資料（案）を作成した。

被災した太陽光パネルの リユース・リサイクルの促進について

資源の有効利用の観点から、リユースによる太陽光
パネルの延命化やリサイクルの検討が必要です！

- 被災した太陽光発電設備には、設置されている一部の太陽光パネルの破損により、被害を受けていない太陽光パネルまで張り替えられるケースがあります。
- このように排出される太陽光パネルの中には、**適切な検査を通じてその状態や性能を確認**することで、**リユース可能なもの**が含まれている場合があります。
- また、発電事業者がリユースを選択することにより、現状回復費用の低減が期待できます。
- 一方、リユースできない太陽光パネルについても、**リサイクル**によって有用な金属やガラスを回収することができます。

1. リユース・リサイクル事例の紹介

●リユース事例

使用済みとなった太陽光パネルには、再販売可能なものもあり、既に多くのリユース事例が報告されています。



太陽発電設備の検査の様子



リユース品を使用した発電所

●リサイクル事例

使用済太陽光パネルを素材別に分離、破碎・選別し、ガラスや有用金属（銀等）を回収・リサイクルすることで資源の有効利用が可能となります。



分離したガラス



破碎・選別したガラス



有用金属（銀）のイメージ

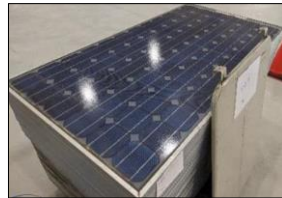
図 9-1 保険業界関係者に向けた普及啓発資料（案）（表面）

2. 太陽光パネルのリユース品の外観状態や検査例

- 適切なリユースを促進する観点から、検査を通じてリユースの可否が確認される必要があります。
- 検査は、一般的にリユースに関する診断が可能な事業者によって行われています。

【外観状態】

<リユース可能なものの例>
ガラスの割れがなく接続や絶縁不良等故障につながる要因がないもの。



<リユース不可なものの例>
ガラスの割れがある場合はリユース品とみなされない。



【検査例】

<発電性能検査の例>
(I-V検査)
表示されるI-V特性カーブの緩やかさの度合い、段差、変形等により太陽電池モジュールの電流や電圧低下等異常の有無を確認。



<絶縁検査の例>
発生現場での絶縁抵抗検査

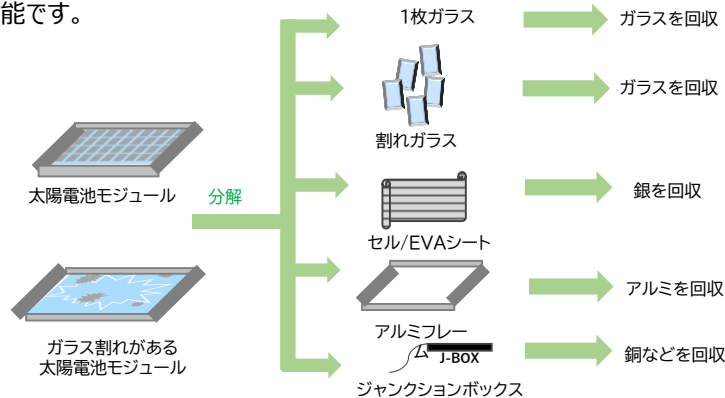


➤ 太陽電池モジュールの適切なリユース促進ガイドライン

<http://www.env.go.jp/press/files/jp/116525.pdf> (環境省ホームページ)

3. 太陽光パネルのリサイクルのイメージ

- 適正処理を確保した上で、アルミに加え、ガラス等もリサイクル可能な事業者へ依頼することでより資源循環を行うことが可能です。



➤ 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)

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/110514.pdf> (環境省ホームページ)

■ お問い合わせ先

環境省 環境再生・資源循環局 総務課 リサイクル推進室
TEL 03-3581-3351 (代表)

図 9-2 保険業界関係者に向けた普及啓発資料 (案) (裏面)

第10章 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル等に係る調査・検討

10.1 勉強会の開催

太陽電池モジュールのリユース・リサイクル等に関して、調査内容を踏まえ、「太陽電池モジュールのガラスリサイクル」及び「中長期的な太陽電池モジュールの資源循環」の二つのテーマを設定し、有識者から指導・助言を得るための非公開の勉強会を開催した。なお、環境省担当官との協議により、検討会を勉強会に替えて開催した。

第1回勉強会の開催概要を表 10.1-1 に、第2回勉強会の開催概要を表 10.1-2 に示す。

表 10.1-1 第1回勉強会の開催概要

タイトル	太陽電池モジュールのガラスリサイクル 勉強会	
開催日時	2022年2月14日(月) 15:00～17:00	
議事	<ol style="list-style-type: none"> 1 太陽電池モジュールの排出実態調査結果 2 太陽電池モジュールのガラスリサイクル動向調査結果のご紹介 3 ガラスリサイクルの現状についてのご紹介 4 太陽電池モジュールガラスの中間処理に係る課題 5 太陽電池モジュールのガラスリサイクルの課題と方向性に関する意見交換 	
参加者 (五十音順) (敬称略)	(氏名)	(所属)
	工藤 透	板硝子協会 環境技術委員会所属 AGC 株式会社
	田結莊 宣治	全国板カレットリサイクル協議会 事務局長
	醍醐 市朗	東京大学 先端科学技術研究センター 准教授
	津田 通利	硝子繊維協会 専務理事
	西堀 仁	一般社団法人 太陽光発電協会 適正処理・リサイクル研究会 リーダー
	山川 直也	日本鉄リサイクル工業会 会員 平林金属株式会社 技術開発本部 部長

表 10.1-2 第2回勉強会の開催概要

タイトル	中長期的な太陽電池モジュールの資源循環 勉強会	
開催日時	2022年2月28日(月) 15:00~17:00	
議事	<ol style="list-style-type: none"> 1 太陽電池モジュールの排出実態調査結果 2 地方自治体における取組みのご紹介 3 太陽電池モジュールに係る保険業界における取組みのご紹介 4 広域認定制度を活用した取組みのご紹介 5 効率的なリユース・リサイクルの仕組み構築に向けた各種実証事業の取組みのご紹介 6 中長期的な太陽電池モジュールの資源循環に関する課題と方向性に関する意見交換 	
参加者 (五十音順) (敬称略)	(氏名)	(所属)
	緒方 雄一	株式会社三菱UFJ銀行 サステナブルビジネス部 企画開発 Gr
	白鳥 寿一	東北大学大学院 環境科学研究科 教授
	田崎 智宏	国立環境研究所 資源循環領域 資源循環社会システム研究室長
	田中 良	株式会社NTT ファシリティーズ 経営企画部 部長
	西堀 仁	一般社団法人太陽光発電協会 適正処理・リサイクル研究会 リーダー
	花岡 健	SOMPO リスクマネジメント株式会社 リスクマネジメント事業本部取締役執行役員 事業本部長

10.2 勉強会要旨

第1回、第2回の勉強会要旨を表 10.2-1、表 10.2-2 に示す。

表 10.2-1 第1回勉強会の要旨

開催回	要旨
第1回	<p>1. PV ガラスのリサイクルの入口、中間処理、出口について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・海外製PVの増加により、モジュールガラスの組成がはっきりしないものが増えている。全量検査を行うことが確実ではあるが、経済合理性を考慮した検討が必要である。トレサビリティの観点も重要である。 ・中間処理においては、受入基準が決まり、処理の工程の検討ができる。中間処理の工程が決まれば加工費が決まり、リサイクル処理委託費についてもおのずと設定される。受入基準の指標を明確にしていく必要がある。 ・一部の事業者で処理能力に対して受入量が低く、施設稼働率が低くなる状況があり、リサイクル処理委託費については、施設稼働率を考慮した検討が必要である。 ・ガラスリサイクルの一番の課題は、天然資源のコストが安く、リサイクルにコストをかけられない点である。その中で蒸気圧が高いアンチモンは健康影響と排水処理（水濁法の規制）の問題が懸念される。例えばひとつの出口論として、従来の製造プロセスに特定のダスト集塵、除去を付ける案もある。 ・ガラス選別の処理方法によるが、グラスウールや型板ガラスへの利用の可能性がある。ただし、安定した原料の供給が必要。 <p>2. リサイクルスキームの構築について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理委託に関して、収集運搬費用、中間処理費用、リサイクル費用の3つに大別される。中間処理費用とリサイクル費用はNEDO等の実証が進んでいるが、収集、運搬のコストダウンについても、効率的な方法の検討が必要である。 ・ガラスの組成情報を誰が管理するかという課題があり、環境省のPF実証においても、ガラスリサイクルを考慮した、組成情報のデータベース化や情報連携が必要である。 <p>3. カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーを踏まえた今後の取組について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミーの観点において、板ガラスの場合は、カレット比率をもっと上げることができる状況であり、原料のCO2削減が期待できる。 ・資源循環において、一番良いのは水平リサイクルで板ガラスに戻せることであるが、グラスウールは断熱材としてCO2負荷低減に寄与しているところもある。グラスウールの水平リサイクルは大変難しく課題である。 ・リサイクルの付加価値としては、そのリサイクルによって何が解消されるのかが重要である。

表 10.2-2 第2回勉強会の要旨

開催回	要旨
第2回	<p>1. リユース・リサイクルに関連した中長期的な検査、回収、有害物質等の情報の管理について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・排出された PV パネルについて、どういった有害物質が含まれているなどの情報が一元管理されているプラットフォームがあるとよい。 ・廃棄が妥当なのか見極めるシステムが重要である。 ・リユースの質の可否判断については、1枚単位でチェックするのは現実的ではないので、判断の実施方法が重要になってくる。 ・災害の時、信頼性、安全性の点から廃棄される太陽光モジュールの評価方法（IV、EL 検査など）が決まっていないため、そのあたりの制度構築が必要なのではないかと。 ・PV CYCLE JAPAN（以下、PVCJ という）では、廃棄物事業者の認証を考えており、中間処理事業者を認証対象としている。 ・資源有効利用促進法により太陽光パネルの情報公開を求めることも必要ではないかと。 ・処理事業者は地域や県ごとにおこなっており、集中的に大量に出たときに対応ができなくなる。長く使うことで、廃棄のタイミングをずらすことが重要である。 <p>2. リサイクル促進のための処理費用に関する中長期的な方向性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最終処分とリサイクルの価格差以外で促進するのは難しい。優良な事業者に融資をしていく、サステナブルな融資の基準を作ることが必要である。 ・リサイクルしたい事業者が見極めのできる人たちにアプローチできる仕組み、例えば PVCJ の取組や推薦する廃棄物事業者に繋がるといったようなことが大事である。 ・カーボンプライシングと合わせて、将来の炭素価格・政策と連携していくのも1つである。 <p>3. 小規模太陽光発電の中長期的なリサイクルの推進</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模発電所や住宅などは、地域との連携が重要である。 ・規模の大きいものは積立もあるため問題がないと思われるが、Non-FIT の自家消費でも、自主的な積立てを後押しできるような制度を検討していただきたい。 ・JPEA では、表示ガイドラインを制定して、住宅用 PV を廃棄する場合には、施工店販売店や建設事業者、メーカーに相談するよう促している。

別 添 資 料

- 別添資料 1 : 太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの対応状況に関する
アンケート調査票
- 別添資料 2 : 太陽電池モジュールの埋立処分等の対応状況に関するアンケート調査票
- 別添資料 3 : 太陽電池モジュール（建物系 10kW 未満）の撤去および処理方法に関する
アンケート調査票
- 別添資料 4 : 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 英訳版

別添資料 1

太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの対応状況に関する

アンケート調査票

太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの対応状況に関するアンケート調査票

ご担当者様のご連絡先をご記入下さい。

貴会社名			
御所属		役職	
御名前			
メールアドレス		電話番号	

貴社における太陽電池モジュールのリサイクル・リユースの内容について以下の質問にご回答ください。

なお貴社の取組みに関連しない問いについては、空欄のまま構いません。

問 1～問 2 : 処理内容・処理能力に関する質問

問 3～問 5 : 太陽電池モジュールのリサイクルに関する質問

問 6～問 8 : 太陽電池モジュールのリユースに関する質問

問 9～問 14 : 災害にあった太陽電池モジュールの相談・受入・処理に関する質問

〈処理内容・能力に関する質問〉

問 1 貴社の太陽電池モジュールの処理方法及び能力概要についてご記入ください。

処理方法※	<input type="checkbox"/> リユース <input type="checkbox"/> 処理（剥離/分離）（処理技術： ） <input type="checkbox"/> 処理（破碎） <input type="checkbox"/> 処理（その他）（処理技術： ）
処理能力 （リサイクルの場合）	t /日
	（うち太陽電池モジュールの処理分： t /日）
	（処理方法が「処理（破碎）」、「処理（その他）」の場合は、処理能力のうち、太陽電池モジュールを処理可能な量を合わせてご記載ください。）
年間受入れ可能量	t /年
収集エリア	
受入条件	

※処理技術がわかるパンフレット等がございましたら、電子メール・郵送等によりご提供ください。

問 2. 直近数年間の貴社における太陽電池モジュールの取扱い数量をご記入ください。

※ 1 : 把握している範囲でご記入ください。“枚”、“kg”はいずれかの記載で構いません。“枚”は約 200W/枚(1 モジュール)を想定しています。

※ 2 : 下請事業者を通じて回収している場合には、当該回収量をご記入ください。

※ 3 : R 2 年度アンケート調査で回答した事業者様につきましては、変更がない場合、R 2 年度の数値のみご回答ください。

集計期間：2017（平成 29）年度（2017 年 4 月～2018 年 3 月）

項目		回収量		
		回収量全体	回収量のうち リユース量	回収量のうち 処理量
①新古品 販売履歴のない在庫品等		枚	枚	枚
		kg	kg	kg
②故障・廃棄品	-1 不良品	枚	枚	枚
		kg	kg	kg
	-2 災害等によるもの	枚	枚	枚
		kg	kg	kg
-3 目的を終了したもの 発電事業の終了や パネル更新による撤去等		枚	枚	枚
		kg	kg	kg
-4 その他 ()	枚	枚	枚	
	kg	kg	kg	

集計期間：2018（平成 30）年度（2018 年 4 月～2019 年 3 月）

項目		回収量		
		回収量全体	回収量のうち リユース量	回収量のうち 処理量
①新古品 販売履歴のない在庫品等		枚	枚	枚
		kg	kg	kg
②故障・廃棄品	-1 不良品	枚	枚	枚
		kg	kg	kg
	-2 災害等によるもの	枚	枚	枚
		kg	kg	kg
-3 目的を終了したもの 発電事業の終了や パネル更新による撤去等		枚	枚	枚
		kg	kg	kg
-4 その他 ()	枚	枚	枚	
	kg	kg	kg	

集計期間：2019（平成31・令和元）年度（2019年4月～2020年3月）

項目		回収量		
		回収量全体	回収量のうち リユース量	回収量のうち 処理量
①新古品 販売履歴のない在庫品等		枚 kg	枚 kg	枚 kg
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-2 災害等によるもの	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-3 目的を終了したもの 発電事業の終了や パネル更新による撤去等	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-4 その他 ()	枚 kg	枚 kg	枚 kg

集計期間：2020（令和2）年度（2020年4月～2021年3月）

項目		回収量		
		回収量全体	回収量のうち リユース量	回収量のうち 処理量
①新古品 販売履歴のない在庫品等		枚 kg	枚 kg	枚 kg
②故障・ 廃棄品	-1 不良品	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-2 災害等によるもの	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-3 目的を終了したもの 発電事業の終了や パネル更新による撤去等	枚 kg	枚 kg	枚 kg
	-4 その他 ()	枚 kg	枚 kg	枚 kg

〈太陽電池モジュールのリサイクルに関する質問〉

問 3. リサイクル品の搬入元・搬出先に関してご記入ください。

2020（令和2）年度（2020年4月～2021年3月）の実績を基にご回答ください。

処理方法		<input type="checkbox"/> 剥離/分離	<input type="checkbox"/> 破碎	<input type="checkbox"/> その他（処理技術：_____）
搬入元 ※詳細未把握の場合、概算値でも構いません。		・住宅メーカー	【 _____ 】	k g
		・太陽電池モジュールメーカー	【 _____ 】	k g
		・ゼネコン	【 _____ 】	k g
		・解体事業者	【 _____ 】	k g
		・発電事業者	【 _____ 】	k g
		・リユース事業者	【 _____ 】	k g
		・個人	【 _____ 】	k g
		・その他（_____）	【 _____ 】	k g
処理により発生する品目・残差等		【剥離・分離】 <input type="checkbox"/> 鉄 <input type="checkbox"/> アルミ <input type="checkbox"/> 金属くず <input type="checkbox"/> 板ガラス <input type="checkbox"/> ガラスくず <input type="checkbox"/> EVA シート <input type="checkbox"/> その他（_____） 【破碎】 <input type="checkbox"/> 鉄 <input type="checkbox"/> アルミ <input type="checkbox"/> 金属くず <input type="checkbox"/> ガラスくず <input type="checkbox"/> その他（_____）		
搬出先	リサイクル	搬出形態 ※金属くず、ガラスくず等	事業者名	搬出量 ※太陽光由来のもの （発生量の大まかな割合でも可）
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
	最終処分	搬出形態 ※金属くず、ガラスくず等	事業者名	搬出量 ※太陽光由来のもの （発生量の大まかな割合でも可）
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g
				【 _____ 】k g

※複数の搬出先がある場合、1行に1事業者の情報を記載してください。

問 4. リサイクルの収入・支出をご記入ください。

(1) 剥離・分離を行っている事業者様

		リサイクル	
収入	処理委託費	1枚当たりの処理料金を記載ください。 () 円/枚	
	運搬費 (排出元から貴社処理施設まで)	運搬車両 1台あたりの運搬費を記載ください。 また、1台当たりの積載枚数を記載ください。 排出元事業者の所掌の場合はその旨記載ください () 円/台 () 枚/台 <input type="checkbox"/> 排出元事業者所掌	
	素材売却費	アルミフレーム	() 円/kg
		EVA シート	() 円/kg
		ガラス	() 円/kg
		ジャンクションボックス (電線含む)	() 円/kg
		金属くず	() 円/kg
		廃プラスチックくず	() 円/kg
		その他 ()	() 円/kg
その他 ()			
支出	リサイクル負担費 (逆有償の場合)	() 円/枚	
	運搬費 (貴社施設から排出先まで)		
	処分費	金属くず	() 円/kg
		ガラスくず	() 円/kg
		廃プラスチック類	() 円/kg
		その他	() 円/kg
その他 ()			

※貴社のリサイクル事業のうち、一般的（標準的）な事業の収入と支出についてお答えください。

※「その他」については括弧内に具体的な項目を記載してください。

※該当しない費目については、空欄のまま構いません。

(2) 破碎/その他処理を行っている事業者様

リサイクル			
収入	処理委託費		1枚当たりの処理料金を記載ください。 () 円/枚
	運搬費 (排出元から貴社処理施設まで)		運搬車両 1台あたりの運搬費を記載ください。 また、1台当たりの積載枚数を記載ください。 排出元事業者の所掌の場合はその旨記載ください () 円/台 () 枚/台 <input type="checkbox"/> 排出元事業者所掌
	素材売却費	アルミ	() 円/kg
		鉄	() 円/kg
		ガラス	() 円/kg
		その他 ()	() 円/kg
その他 ()			
支出	リサイクル負担費 (逆有償の場合)		
	運搬費 (貴社施設から排出先まで)		
	処分費	金属くず	() 円/kg
		ガラスくず	() 円/kg
		廃プラスチック類	() 円/kg
		その他 ()	() 円/kg
その他 ()			

※貴社のリサイクル事業のうち、一般的（標準的）な事業の収入と支出についてお答えください。

※「その他」については括弧内に具体的な項目を記載してください。

※該当しない費目については、空欄のまま構いません。

問5. リサイクルにおける課題をご記入ください。

〈太陽電池モジュールのリユースに関する質問〉

問 6. リユースの依頼・相談を受けた場合の対応をご記入ください。

- ア.リユース先が見つければ自社にてリユース品を引き受ける。
- イ.リユース事業者を紹介する。
- ウ.リユース対応は困難なためお断りする。
- エ.その他 []

問 7. 問 6 において、「ア.リユース先が見つければ自社にてリユース品を引き受ける」と回答した事業者様にお伺いいたします。リユース品の搬入元・搬出先、検査方法等に関してご記入ください。

アンケートは次ページにあります。

2020（令和2）年度（2020年4月～2021年3月）の実績を基にご回答ください。

搬入元 ※詳細未把握の場合、概算値でも構いません。 なお、単位をご記入ください。		・住宅メーカー	【	】枚
		・太陽電池モジュールメーカー	【	】枚
		・ゼネコン	【	】枚
		・解体事業者	【	】枚
		・発電事業者	【	】枚
		・個人	【	】枚
		・自治体	【	】枚
		・その他（	【	】枚
【引受け前】 リユース品の引受けにあたって実施する検査 ※複数回答可		<input type="checkbox"/> 製品検査（製造年・設置年・撤去年・型式・メーカー等の確認） <input type="checkbox"/> 外観検査（目視による割れ、バックシート破れ等の外観検査） <input type="checkbox"/> 簡易な出力検査（直近数ヶ月分の発電実績データ等の受領・確認、又は、簡易なテスター等による検査） <input type="checkbox"/> 出力検査（IV検査）、 <input type="checkbox"/> 絶縁検査、 <input type="checkbox"/> IR検査、 <input type="checkbox"/> EL検査 その他（具体的に：		
【引受け後】 リユース品の引受け後に実施する検査 ※複数回答可		<input type="checkbox"/> 製品検査（製造年・設置年・撤去年・型式・メーカー等の確認） <input type="checkbox"/> 外観検査（目視による割れ、バックシート破れ等の外観検査） <input type="checkbox"/> 簡易な出力検査（直近数ヶ月分の発電実績データ等の受領・確認、又は、簡易なテスター等による検査） <input type="checkbox"/> 出力検査（IV検査）、 <input type="checkbox"/> 絶縁検査、 <input type="checkbox"/> IR検査、 <input type="checkbox"/> EL検査 その他（具体的に：		
リユース品の引受け条件		※検査状況など		
引受け後の工程		※洗浄、梱包など		
搬出先	リユース	出荷先及び量		買い手の特徴と用途
		※国内リユースの場合は都道府県		※個人か、業者（商社等）か
		※海外リユースの場合は、出荷先国・都市		※住宅用途か、業務用途か
		※足りない場合は業を追加してください		※利用目的（売電、道路照明利用、防災対策利用、建設現場利用、農業利用等）
		出荷先	出荷量	特徴、用途
		【	】枚	
【	】枚			
【	】枚			
【	】枚			
【	】枚			
リユース不可と判明したものの扱い				
売却後の不具合事例等の発生状況、発生した場合の取扱い等				
リユース市場拡大における課題				

問 8. リユースの収入・支出をご記入ください。

リユース		
収入	売却費	1 枚（300W 想定）当たりの売却費を記載ください。 （ ） 円/枚
	運搬費 （排出元から貴社処理施設まで）	運搬車両 1 台あたりの運搬費を記載ください。 また、1 台当たりの積載枚数を記載ください。 排出元事業者の所掌の場合はその旨記載ください （ ） 円/台 （ ） 枚/台 <input type="checkbox"/> 排出元事業者所掌
	引取費	1 枚（300W 想定）当たりの引取費を記載ください。 なお、有償での買取の場合は支出欄（買取費）に記載ください。 （ ） 円/枚
	その他	
支出	買取費	1 枚（300W 想定）当たりの買取費を記載ください。なお、逆有償での引取りの場合は収入欄（引取費）に記載ください。 （ ） 円/枚
	運搬費（国内） （貴社処理施設から出荷先事業者まで）	運搬車両 1 台あたりの運搬費を記載ください。 また、1 台当たりの積載枚数を記載ください。 （ ） 円/台 （ ） 枚/台
	運搬費（海外） （コンテナ料金）	コンテナ船での 1 枚（300W 想定）当たり輸送費を記載ください。 （ ） 円/枚
	検査費	・EL 検査 （ ） 円/枚 ・IV 検査 （ ） 円/枚 ・絶縁検査 （ ） 円/枚 ・その他①（ ）（ ） 円/枚 ・その他②（ ）（ ） 円/枚 ※可能であれば検査項目ごとに記載ください。
	修繕費	洗浄、梱包費用等の出荷するための必要費用をご記載ください。 （ ） 円/枚
	その他	

※貴社のリユース事業のうち、一般的（標準的）な事業の収入と支出についてお答えください。

※「その他」については括弧内に具体的な項目を記載してください。

※該当しない費目については、空欄のまま構いません。

－アンケートは以上です。ご協力いただき、誠にありがとうございました。－

別添資料 2

太陽電池モジュールの埋立処分等の対応状況に関する

アンケート調査票

太陽電池モジュールの埋立処分等の対応状況に関するアンケート調査票

回答内容についてのお問い合わせが可能な場合は、ご担当者様のご連絡先等をご記入下さい。

貴会社名			
御所属		役職	
御名前			
メールアドレス		電話番号	

問Ⅰ. 太陽電池モジュール受入状況について

問Ⅰ-1. 【皆様にお尋ねします】

太陽電池モジュールの処理・処分の受入について、お聞かせください。
太陽電池モジュールの受入は可能ですか。

- | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> | □ア 処理及び埋立処分での受入が可能である | (⇒Ⅰ-2^) |
| <input type="checkbox"/> | □イ 埋立処分のみ、受入可能である | (⇒Ⅰ-5^) |
| <input type="checkbox"/> | □ウ 受入はできない | (⇒Ⅱ-1^) |

問Ⅰ-2. 【Ⅰ-1で【ア 処理及び埋立処分での受入が可能である】に回答した方のみ】

太陽電池モジュールの処理方法についてお聞かせください。

・受入時の太陽電池モジュールの荷姿形状は、次のどれですか？

- | | | |
|--------------------------|-----------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | □ア パネルのまま | |
| <input type="checkbox"/> | □イ パネル由来の破碎残さ | |
| <input type="checkbox"/> | □ウ フレーム等有用金属が取り外された状態 | |
| <input type="checkbox"/> | □エ その他（具体的に： _____） | |

・他の廃棄物と混載された状態で搬入されていますか？

- | | | |
|--------------------------|----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | □ア 他の廃棄物と混載されている | |
| <input type="checkbox"/> | □イ 混載されていない（太陽電池モジュール単独で搬入されている） | |

・太陽電池モジュールの受入時に検査等は行っていますか、また行っている場合どのような検査かお聞かせください。

- | | | |
|--------------------------|------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | □ア 検査済みのものを受入れている。（必要な検査結果： _____） | |
| <input type="checkbox"/> | □イ 検査を行っている。（検査： _____） | |
| <input type="checkbox"/> | □ウ 検査は行っていない。 | |

・太陽電池モジュールの処理方法についてお聞かせください。

- | | | |
|--------------------------|-----------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | □ア 破碎のみで埋立処分する | |
| <input type="checkbox"/> | □イ 破碎し、有価物を回収後埋立処分する。 | |
| <input type="checkbox"/> | □ウ 受入時の状態のまま埋立処分する | |
| <input type="checkbox"/> | □エ その他（具体的に： _____） | |

⇒Ⅰ-3^

問I-3. 【I-1で【☑ア 処理及び埋立処分での受入が可能である】に回答した方のみ】

太陽電池モジュールの受入・処理実績について、お聞かせ下さい。(可能であれば、過去4年分の受入・処理量をお聞かせ下さい。)【下記のいずれかでお答え下さい】

<input type="checkbox"/> ア	受入れているが、量は把握していない/回答不可である。			
<input type="checkbox"/> イ	受入れており、量は以下のとおりである。			
	集計単位(チェックをお願いします)： <input type="checkbox"/> キロ、 <input type="checkbox"/> トン、 <input type="checkbox"/> 枚			
		受入量	埋立処分量	
2017年度	およそ【	】	およそ【	】
2018年度	およそ【	】	およそ【	】
2019年度	およそ【	】	およそ【	】
2020年度	およそ【	】	およそ【	】
<input type="checkbox"/> ウ	受入れた実績はない。			

⇒I-4△

問I-4. 【I-1で【☑ア 処理及び埋立処分での受入が可能である】に回答した方のみ】

太陽電池モジュールを受入れるにあたっての条件があれば、お聞かせください。

【回答をご記入ください】

⇒II-1△

問I-5. 【I-1で【☑イ 埋立処分のみ、受入可能である】に回答した方のみ】

・受入時の太陽電池モジュールの荷姿形状は、次のどれですか？

- ア パネルのまま
- イ パネル由来の破碎残さ
- ウ フレーム等有用金属が取り外された状態
- エ その他（具体的に： _____）

・他の廃棄物と混載された状態で搬入されていますか？

- ア 他の廃棄物と混載されている
- イ 混載されていない（太陽電池モジュール単独で搬入されている）

・太陽電池モジュールの受入時に検査等を行っていますか、また行っている場合どのような検査かお聞かせください。

- ア 検査済みのものを受入れている。（必要な検査結果： _____）
- イ 検査を行っている。（検査： _____）
- ウ 検査は行っていない。

⇒I-6△

問I-6. 【I-1で【☑イ 埋立処分のみ、受入可能である】に回答した方のみ】

太陽電池モジュールの受入・処理実績について、お聞かせ下さい。（可能であれば、過去4年分の受入・処理量をお聞かせ下さい。）【下記のいずれかでお答え下さい】

- ア 受入れているが、量は把握していない/回答不可である。
 - イ 受入れており、量は以下のとおりである。
集計単位(チェックをお願いします)： キロ、 トン、 枚
- | | | |
|--------|------|---|
| 2017年度 | およそ【 | 】 |
| 2018年度 | およそ【 | 】 |
| 2019年度 | およそ【 | 】 |
| 2020年度 | およそ【 | 】 |
- ウ 受入れた実績はない。

⇒I-7△

問I-7. 【I-1で【☑イ 埋立処分のみ、受入可能である】に回答した方のみ】

太陽電池モジュールを受入れるにあたっての条件があれば、お聞かせください。

【回答をご記入ください】

⇒II-1△

問Ⅱ. 太陽電池モジュールの最終処分について

問Ⅱ-1. 【皆様にお尋ねします】

環境省が平成30年に公開した「太陽光発電設備のリサイクル等に向けたガイドライン(第二版)」では、太陽光発電設備の埋立処分時には「管理型最終処分場」に埋め立てることが必要と記載されております。

この指針について、現時点での認知・認識状況をお聞かせください。

- ア ガイドラインを確認し、管理型最終処分場に埋立が必要と認識している
- イ ガイドラインの存在は知っているが、管理型最終処分場に埋立が必要とは認識していなかった
- ウ ガイドラインの存在を知らない

⇒Ⅱ-2へ

問Ⅱ-2. 【皆様にお尋ねします】

埋立処分のため、「金属くず」、「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」、「廃プラスチック類」等の処理物またはそれらの混合物の受入を行う際、太陽電池モジュール由来のものが含まれるかどうか確認していますか。

- ア 確認していない
- イ 確認しているが、有害性に問題なければ受け入れている。
- ウ 確認しており、太陽電池モジュール由来であれば受け入れている。
- エ その他（ ）

※その他には具体的な内容をご回答ください。

⇒Ⅱ-3へ

問Ⅱ-3. 【皆様にお尋ねします】

太陽電池モジュール由来の処理物の埋立処分の方法について、お聞かせ下さい。

- ア 他の産業廃棄物とは分けて埋立処分している (⇒Ⅱ-4へ)
- イ 他の産業廃棄物と混合している (⇒Ⅱ-5へ)
- ウ 受け入れを行っていない (⇒Ⅱ-6へ)

問Ⅱ-4. 【Ⅱ-3で[☑ア 他の産業廃棄物とは分けて埋立処分している]に回答した方のみ】

太陽電池モジュールとそれ以外の産業廃棄物の処分場所について、お聞かせ下さい。

- ア 処分場所の区画分けや管理を行っている
- イ 区画分けや管理を行っていない(混合している)

⇒Ⅱ-5へ

問Ⅱ-5. 【皆様にお尋ねします】

太陽電池モジュールの受入単価（重量当たり等）について、お聞かせ下さい。

【下記のいずれかでお答え下さい】

- ア 1 kg 当たり、およそ [_____] 円程度
- イ 1 トン当たり、およそ [_____] 円程度
- ウ 1 枚当たり、およそ [_____] 円程度
- エ 他の産業廃棄物 [_____] に比べ、
およそ [_____] 割増料金をもらっている

⇒Ⅱ-6へ

問Ⅱ-6. 【皆様にお尋ねします】

太陽電池モジュールを処分する上で、追加的に実施している対策をお聞かせ下さい。

【自由記述】

⇒Ⅲ-1へ

問Ⅲ. 今後、太陽電池モジュールの排出量が増加した場合の見通しについて

問Ⅲ-1. 【皆様にお尋ねします】

太陽電池モジュールの受入量が増加した場合の懸念について、お聞かせ下さい。【複数回答可】

- ア 浸出水への影響が生じること
- イ 出火等のリスクが増大すること
- ウ 埋立処分の量が膨大となり、処分場の残余容量に影響すること
- エ 含有物質や溶出試験結果等、確認のための手間が増すこと
- オ 保有処分場内での太陽電池モジュールの埋立量比率が高まり、
管理の手間が増すこと
- カ 最終処分費用単価が上がり、排出業者の負担が増えること
- キ その他（具体的に： _____ ）
- ク 特になし

－アンケートは以上です。ご協力いただき、誠にありがとうございました。－

別添資料 3

太陽電池モジュール（建物系 10kW 未満）の撤去および処理方法
に関するアンケート調査票

太陽電池モジュール（建物系 10kW 未満）の撤去および処理方法
に関するアンケート調査票

本調査において、太陽電池モジュールとは、パネルとジャンクションボックスのことを指します。

ご担当者様のご連絡先・貴社の概要をご記入下さい。

貴事業所・会社名			
御 名 前			
メールアドレス		電 話 番 号	
従 業 員 人 数	人（※概数で構いません）	うち、太陽発電設備工事可能者	人

貴社における太陽電池モジュールの撤去および処理方法の内容について以下の質問にご回答ください。

なお貴社の取組みに関連しない問いについては、空欄のままで構いません。

問 1：太陽電池モジュールの設置・撤去に関する基本的な質問（1 頁）

問 2：太陽電池モジュールの撤去に関する質問（2～3 頁）

問 3：太陽電池モジュールの処理方法に関する質問（3 頁）

問 4：太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに対する課題に関する質問（4 頁）

〈太陽電池モジュールの設置・撤去に関する基本的な質問〉

問 1 貴社における太陽光発電設備設置（一般的な住宅屋根太陽光発電設備）
件数および撤去の有無についてご記入ください。

年間設置件数	約（ ）件 ※おおまかな件数でかまいません
撤去の実績有無	<input type="checkbox"/> あり <input type="checkbox"/> なし

撤去実績が『ある』場合



問 2、3、4

を回答ください。

撤去実績が『ない』場合



問 4

を回答ください。

〈太陽電池モジュールの撤去に関する質問〉

問2 貴社における太陽光発電設備撤去（一般的な住宅屋根太陽光発電設備）についてご記入ください。

年間撤去（取り外し） 件数	約（ ）件 ※おおまかな件数でかまいません
年間取り外し量	約（ ）枚 約（ ）t ※答えやすいほうのおおまかな数値でかまいません。
主な依頼元 （複数回答可）	<input type="checkbox"/> ゼネコン <input type="checkbox"/> ハウスメーカー <input type="checkbox"/> 建物所有者（上記以外の法人） <input type="checkbox"/> 建物所有者（個人） <input type="checkbox"/> その他（ ）
収集範囲	（例：●●km程度、●●市の周辺市町村まで）
依頼者の主な取り外し理由 （複数回答可） （記載可能な範囲で）	<input type="checkbox"/> 太陽光発電設備の付け替え <input type="checkbox"/> 家屋解体に伴う撤去 <input type="checkbox"/> 災害・事故等に伴う破損による撤去 <input type="checkbox"/> その他（ ） <input type="checkbox"/> 不明
費用概算 （記述可能であれば）	約（ ）円 ※一般的な住宅の屋根太陽光発電設備（4kW）の撤去を請け負う場合のおおまかな金額
費用項目とその割合 （記述可能であれば）	<input type="checkbox"/> 機材費（足場・クレーン等）（ ）% <input type="checkbox"/> 人件費（ ）% <input type="checkbox"/> 処分費（ ）% <input type="checkbox"/> 一般管理費（ ）% <input type="checkbox"/> その他（ ）（ ）%
有害物質含有への対応の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり → 具体的な対応内容： （ ） （例：●●による保護（吸引防止）、●●による破損防止、など）
感電防止対策の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり → 具体的な対応内容： （ ）

ガラス破損対策の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり → 具体的な対応内容： ()
取り外し後、運搬前に現場で行う作業の有無	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> あり → 具体的な対応内容： ()
取り外し実施者（または監督者）に必要と考える必要免許等（もしあれば）	

〈太陽電池モジュールの処理方法に関する質問〉

問3 貴社における撤去した太陽光発電設備の処理方法についてご記入ください。

太陽電池モジュールの収集運搬の依頼先（複数回答可）	<input type="checkbox"/> リユース委託先による収集運搬 <input type="checkbox"/> リサイクル委託先による収集運搬 <input type="checkbox"/> 産業廃棄物収集運搬事業者 <input type="checkbox"/> 自社運搬 <input type="checkbox"/> その他 ()
把握されている太陽電池モジュールの処理方法（リユース含む）	<input type="checkbox"/> リユース (事業者名：) <input type="checkbox"/> リサイクル (事業者名：) <input type="checkbox"/> 焼却処理 (事業者名：) <input type="checkbox"/> 埋立処分 (事業者名：) <input type="checkbox"/> その他 () ※記述可能な場合は、事業者名の欄も記述ください。
処理事業者を把握した方法（記載可能な範囲で）	<input type="checkbox"/> 従来から他の処理も併せて依頼している <input type="checkbox"/> 関連する団体・協会等の情報・資料から (具体的な媒体：) <input type="checkbox"/> 省庁（環境省や経済産業省）または自治体の情報・資料から <input type="checkbox"/> ウェブサイトで検索して見つけた <input type="checkbox"/> その他 ()
自社運搬の場合、撤去・運搬時の配慮事項	(例：破損防止対策として●●を実施、輸送マニュアルの作成、など)

〈太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに対する課題に関する質問〉

問 4 太陽光発電設備のリユース・リサイクルに対する課題についてご記入ください。

太陽電池モジュールのリサイクル・リユースを実施するうえで考えられる経済的・技術的・制度的等の課題 (複数回答可)	【経済的課題】 <input type="checkbox"/> コストが見合わない <input type="checkbox"/> その他 ()
	【技術的課題】 <input type="checkbox"/> 太陽電池モジュールの取り外しが困難 <input type="checkbox"/> 物理的に太陽電池モジュールのリユース・リサイクルが困難 <input type="checkbox"/> リユース・リサイクルに関する知見が不足している <input type="checkbox"/> リユース品の性能検査ノウハウがない <input type="checkbox"/> その他 ()
	【制度的課題】 <input type="checkbox"/> 法令や条例が整備されておらず、強制力がない <input type="checkbox"/> 業界内で共通的なリユース・リサイクル方法が確立されていない <input type="checkbox"/> その他 ()
	【その他の課題】 <input type="checkbox"/> リユース・リサイクル業者を知らない <input type="checkbox"/> リユース・リサイクルは手間なため <input type="checkbox"/> その他 ()
上記で選択した課題を克服するためのご意見やアイデア (もしあれば)	

－アンケートは以上です。ご協力いただき、誠にありがとうございました。－

別添資料 4

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

英訳版

Guidelines for Promoting Appropriate Reuse of Photovoltaic Panels

May 2021



Ministry of the Environment, Japan

【Table of contents】

1 . Introduction	1
1.1 Background and purpose of the guidelines	1
1.2 Glossary	3
1.3 Scope of application	4
1.4 How to use the guidelines	4
2 . Basic principles and points of attention	5
2.1 Basic principles	5
2.2 Basic points of attention	5
3 . Requirements for second-hand products	6
3.1 Legal obligations when handling PV panels as second-hand products	6
3.2 Requirements related to product information and appearance	6
3.3 Requirements related to functionality	9
3.4 Requirements related to packing and loading conditions	14
3.5 Requirements related to second-hand transaction and second-hand market	16

Annex: Guidelines for promoting proper reuse of PV panels -Check sheet-

1 . Introduction

1.1 Background and purpose of the guidelines

(1)Background

The introduction of photovoltaic power generation systems started in the 1990s to improve the energy self-sufficiency rate and address climate change issues. In the 2000s, the renewable portfolio standard (RPS) mechanism was introduced in 2009, and the feed-in tariff (FIT) system was launched in 2012, and as a result the amount installed increased sharply. In that context, it is expected that the decommissioning of photovoltaic (PV) panels, whose purchase period under the FIT system has expired, will begin in earnest in the latter half of the 2030s. On the other hand, even now, decommissioning has started due to frequent disasters and other reasons.

For this reason, since 2013, the Ministry of the Environment, in cooperation with the Ministry of Economy, Trade and Industry has established a Committee and working group on the reuse, recycling, and proper disposal of photovoltaic power generation systems that is proceeding with an analysis of the current situation and considerations on the future directions of the whole process, including removal, transportation, reuse/recycling, and up to disposal of PV panels.

From the viewpoint of effective use of resources, reducing strain on the final disposal sites, prevention of illegal dumping in the future, proper disposal of harmful substances, etc., it is indispensable to promote the reuse and recycling of PV panels and proper disposal in an integrated manner.

Under these circumstances, the promotion of reuse is expected to be one of the means to extend the lifespan of PV panels and effectively use resources. However, there are concerns that defective modules might be labeled and exported as “second-hand” although they are in fact unusable and there are also cases of products being disposed of although they could be reused.

Therefore, in 2020, the Ministry of the Environment held the "Committee for the Promotion of Reuse of Photovoltaic Power Generation Systems" to examine the objective criteria for a PV panel to be considered as a second-hand product, the requirements for distribution, and other relevant matters, and has developed guidelines to promote appropriate reuse while preventing improper export.

(2) Purpose of developing the guidelines

The guidelines aim both at the prevention of improper reuse and the promotion of appropriate reuse of PV panels by showing the state required to be considered as a second-hand product, including the confirmation and certification methods thereof, when a business operator intends to reuse a PV panel.

The objective is that the seller of PV panels hands over to the buyer, along with all relevant information, a product that can be reliably reused in accordance with these guidelines and that the buyer, by confirming the compliance with these guidelines, distributes on the domestic and foreign second-hand markets PV panels that are suitable for reuse.

1.2 Glossary

This section describes the terms used in the guidelines.

Table 1 Explanation of the terms used in the guidelines

Terms	Explanations
Seller	A person who wants to sell used PV panels.
Buyer	A person who wants to buy used PV panels from a seller.
Inspection of the power generation efficiency	<p>【Examples of inspection】</p> <ul style="list-style-type: none"> • I-V (current-voltage) curve measurement: Inspection to check the performance by applying an electric current through the PV panel. During the inspection, variation in current and voltage values are measured, analyzed, and represented into a graph. A normal I-V curve has a smooth shape, but when there is any impairment, the I-V curve often shows deviations, and a defective PV panel can thereby be identified. • EL (Electroluminescence) inspection: Inspection to identify defective parts such as cracks that cannot be visually identified, connector disconnections, and poor connections by applying an electric current through the PV panel to make it emit light and taking a picture with a special camera.
Inspection of the insulation performance	<p>【Examples of inspection】</p> <p>Visual examination</p> <ul style="list-style-type: none"> • In a bright place, check visually if there are no default such as surface cracks, poor connection, internal corrosion, poor adhesion, etc. • Insulation resistance measurement: To check if there is a risk of electric shock or electrical leakage due to poor insulation or deterioration, apply a high voltage and measure the resistance.

1.3 Scope of application

The guidelines cover PV panels, as well as junction boxes and connection cables that are attached and reused together with PV panels. Power conditioners and connection boxes are not covered by these guidelines.

1.4 How to use the guidelines

The guidelines have been drafted in consideration of the needs of the intended users, and Table 2 shows examples of how to use this document.

Table 2 Examples of how to use these guidelines

Expected user	Examples of how to use these guidelines
A. Owner/Power generation company	When considering the disposal/reuse of PV panels due to business withdrawal, disaster, etc. these guidelines help to judge whether it is appropriate to handle them as second-hand products. In addition, the Owner/Power generation company can confirm the objective state as second-hand product, the requirements for distribution, and the measures to be taken.
B. Those who intend to sell used PV panels	When the owner or power generation company considers the disposal or reuse of PV panels due to business withdrawal, disaster, etc. the guidelines help to judge whether it is appropriate to handle them as second-hand products. In addition, prospective sellers can confirm the objective state as second-hand product, the requirements for distribution, and the measures to be taken, and can take appropriate measures such as inspection and packaging.
C. Dismantling/removal business operator	When PV panels are discarded, the dismantling/removal business operator and the maintenance business operator can check the objective state of the panels to determine if it is appropriate to handle them as second-hand products based on these guidelines. If applicable, the business operator can inform the owner or the power generation company about the presence of reusable products.
D. Buyer of second-hand products	These guidelines help to judge whether it is appropriate to handle the seller's PV panels as second-hand products.

In addition, customs officers who deal with the export of PV panels at the border can also refer to these guidelines to identify PV panels that are not suitable for reuse and may become waste.

2 . Basic principles and points of attention

2.1 Basic principles

The existing criteria for distinguishing second-hand products (“Criteria for judging used products when exporting used electrical and electronic equipment (effective from April 1, 2014)”) also apply to PV panels, but these guidelines are based on the product characteristics of PV panels, so that the judgment criteria contained herein are more specific.

With reference to the above-mentioned existing standards, the guidelines describe the following elements [A] Product information/appearance, [B] Normal operation, [C] Packing/loading conditions, [D] Details regarding second-hand trading and second-hand market, and show the objective state to be considered as second-hand product, the requirements for distribution, and the measures to be taken from the perspective of promoting reuse.

2.2 Basic points of attention

The following are important considerations to keep in mind when using these guidelines.

A. In these guidelines, the seller or the buyer shall understand whether the product is a second-hand product based on “requirements” and “measures”. On the other hand, it is also recommended that the seller or buyer carry out a detailed inspection as described in [Reference Materials 1 to 3] to ensure a more accurate appreciation of performance and safety.

B. Regarding PV panels that are reused in Japan, the guidelines indicate the minimum functions and other requirements to be handled as second-hand products from the perspective of promoting reuse, but it is assumed that the specific state and conditions will be decided by agreement between the trading parties.

C. Regarding PV panels that are exported overseas for the reuse, the exporter shall provide the proof that they are not waste but have the features of second-hand products and show that they will be used as second-hand products.

3. Requirements for second-hand products

3.1 Legal obligations when handling PV panels as second-hand products

(1) Compliance with the Antique Dealings Law

When handling PV panels as second-hand products, it is required to comply with the Antique Dealings Law (Law No. 108 of May 28, 1949).

<Key points of the Antique Dealings Law>

- Following the classification of "used goods merchants", "used goods market operators", and "used goods auction brokers", a business license must be obtained from each prefectural Public Safety Commission in charge of the location where the second-hand market is operated.
- Every time a used good is traded, it shall be entered in a book or equivalent document specified by the regulations of the National Public Safety Commission, or recorded by means of an electromagnetic method.

(2) Compliance with the Waste Management Law at the time of disposal

When disposing of PV panels (recycling, landfill disposal, etc.), compliance with the Waste Management and Public Cleansing Law (Act No. 137 of 1970) (hereinafter referred to as "Waste Management Law") is required.

< Key points of the Waste Management Law >

- If the PV panel is not suitable for reuse and becomes waste, the waste generator shall carry out appropriate treatment based on the Waste Management Law.

For appropriate treatment of PV panels based on the Waste Management Law, please refer to:
"Guidelines for Promotion of Recycling of Photovoltaic Power Generation Equipment (2nd Edition)"
December 2018, Ministry of the Environment
<http://www.env.go.jp/recycle/ga2.pdf>

3.2 Requirements related to product information and appearance

Requirements

<Product information>

Product information that enables to grasp the state of second-hand products shall be provided: (1)

Manufacturer, (2) Model, (3) Date (manufacturing date/installation date/removal date), (4) Origin/Cause of decommission, (5) Name of the distributor of second-hand PV panels, etc.

<Appearance>

- There are no factors that could lead to failure such as broken glass, misalignment of cells/tab wires/busbar electrodes, burn marks on the exterior, damaged backsheet, disconnected cable, deformation of aluminum frame, poor connection of the junction box or poor insulation. ⇒ [Reference pictures 1 to 4]
- There is no dirt that hinders the use.

Measures

<Product information>

- Ensure to keep the record on product information in a way that can be confirmed by sellers and buyers.

<Appearance>

- Record the appearance condition and ensure that supporting documents can be submitted upon request.
- Check the appearance and if there is dirt that hinders use, clean the PV panel.

[Explanation]

- In order to objectively show that the product is an appropriate second-hand product, it is necessary to prepare relevant information on the product and appearance condition that can be referred to for confirmation and inspection by traders and customs. In addition, it is necessary between traders to confirm in advance what to do if a problem with the product is detected.
- It is important to visually inspect the appearance in a bright place to confirm that there is no defect (surface cracks, poor connection, internal corrosion, poor adhesion, etc.) and that it has insulation.
- Even if it is new old stock (unused product), since there is a possibility of deterioration or damage during storage or transportation, appearance will be basically checked, but the inspection level will depend on the product condition.
- The unit and method for implementing the appearance check are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions.
- Dirt adhering to the PV panels during use, storage, transportation, etc. needs to be cleaned.



Reference picture 1

Example of reusable items

The glass is not broken and there are no factors that could lead to failure such as poor connection or insulation.



Reference picture 2

Example of non-reusable items

If the glass is broken, it is not considered as a second-hand product.



Reference picture 3

Example of reusable items

The junction box is installed normally and the cable is fixed to prevent disconnection.



Reference picture 4

Example of non-reusable items

The junction box is missing.

3.3 Requirements related to functionality

Requirements

<Power generation efficiency>

Shall have the sufficient power generation as a second-hand product.

<Insulation performance>

Shall have insulation properties.

Measures

<Power generation efficiency>

- A power generation record or maintenance/inspection record (for the last few months, etc.) shall be prepared, or if there is no record, the power generation efficiency shall be inspected and recorded, and supporting documents shall be ready to be submitted upon request.
- Records showing the power generation efficiency, together with the name and contact information of the seller responsible for the content, shall be kept ready for submission upon request.

[Only when exporting overseas]

- If accessories that are indispensable for generating power when using the product (e.g.: connector) are missing, the accessory name and explanations on local procurement possibilities shall be recorded and kept ready for submission upon request.

<Insulation performance>

- Documents that can confirm the result of the insulation performance inspection or the visual inspection record related to insulation shall be kept ready for submission upon request.
- Records showing insulation performance, together with the name and contact information of the

seller responsible for the content, shall be kept ready for submission upon request.

[Explanation]

- Since power generation and insulation performance as second-hand products are fundamental elements of PV panels, it is necessary to prove that they have appropriate performance.
- Regarding performance inspection, consulting with a maintenance company before dismantling and carrying out the inspection locally may reduce the inspection costs and simplify the distribution as second-hand product.

<Power generation efficiency>

- For PV panels directly damaged by flooding, lightning strike, etc. during a disaster, it is necessary to check the damage and inspect the power generation efficiency, even if a record already exists.
- The unit and method for implementing the inspection are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions.
- As inspection methods, impedance measurement to efficiently grasp the condition of the PV panel before a detailed I-V inspection, and I-V inspection to grasp the power generation efficiency in more detail are also recommended, depending on the condition of the PV panels.
⇒ [Reference materials 1 and 2]

<Insulation performance>

- Through visual inspection in a bright place, it can be confirmed that there is no default (surface cracks, poor connection, internal corrosion, poor adhesion, etc.) and that it has insulation. However, it is desirable to check the record of insulation performance or the result of insulation performance inspection.
- If insulation is not sufficient, there is a risk of electric shock, so great care must be taken.
- For panels directly damaged by flooding, lightning strike, etc. during a disaster, it is desirable to check the damage and inspect the insulation performance as necessary, even if a record already exists.
⇒ [Reference Material 3]

The unit and method for implementing the inspection are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions.

Reference Material 1 - Example of Power Generation Efficiency Inspection (I-V Inspection)

○Inspection procedure

- Set the PV panel in power generation mode, measure and analyze the variations in the current and voltage values and display the I-V curve.
- Check the PV panel for any abnormality such as current or voltage drop by observing the angle of inclination, steps, deformation, etc. of the displayed I-V curve.
- The I-V characteristics may be inspected with a portable measuring instrument directly at the place where the PV panel is decommissioned.



Reference picture taken during I-V inspection



Reference picture taken during I-V inspection (example of on-site inspection)

Reference Material 2 - Example of Power Generation Efficiency Inspection (EL Inspection)

○ Inspection procedure

- Take a picture with a special camera while electric current passes through the PV panel and it emits light.
- If there are defects such as cracks, disconnection, or poor connection, the intensity of EL emission will be reduced, and they will be visible on the captured image as dark areas.

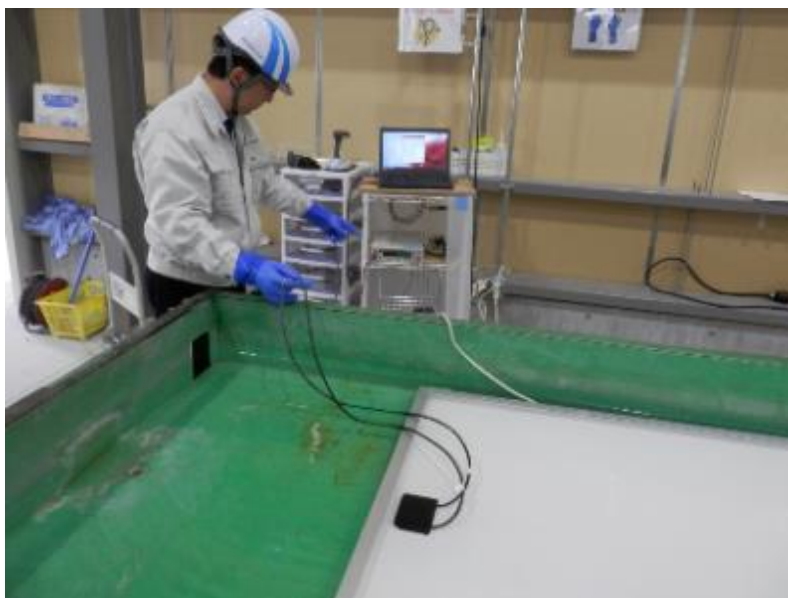


Reference picture taken during EL inspection

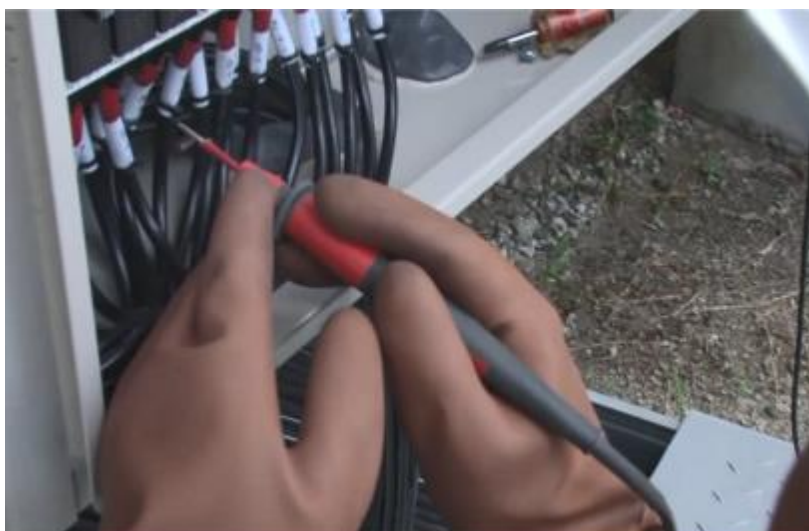
Reference material 3 - Example of confirmation of the insulation performance (insulation inspection)

○Inspection procedure

- In case of an inspection using a water tank, put the PV panel into the water basin as shown in the photo below, apply voltage, and measure the insulation resistance value.
- Insulation resistance may be inspected with a portable measuring instrument directly at the place where the PV panel is decommissioned.



Reference picture of insulation inspection (example of insulation resistance inspection using a water tank)



Reference picture of insulation inspection (example of on-site inspection of the insulation resistance)

3.4 Requirements related to packing and loading conditions

Requirements

- The packaging shall be appropriate in order to prevent the performance as a second-hand product from being impaired by damage during loading, transportation, unloading, etc.
⇒ [Reference pictures 5 and 6]
- Panels must be packed so that they do not generate electricity.

Measures

- Pack, load, and store so that the stack does not collapse.
- Keep the power generation surface shielded from light so as to not generate power.

[Only when exporting overseas]

- • Take pictures of the packing, loading, and storage conditions and keep these pictures ready for submission upon request.

[Explanation]

- PV panels shall be packed properly to prevent damage during loading, transportation, and unloading. PV panels generate electricity when the panel surface is exposed to sunlight, and this may cause an electric shock. Therefore, it is necessary to take measures so that the panel surface is not exposed to sunlight, such as turning the power generating surface downwards or using a cover to act as light shield.
- In case of export, it is likely that transportation will be by sea or rough roads and will take a long time, and it is thus necessary to take more careful measures than for domestic distribution. In addition, it is necessary to take pictures of the packing, loading, and storage conditions, in order to clarify the responsibilities in case of damage during transportation.



Reference picture 5

Example of appropriate packaging
There are sufficient binding and protection to prevent damage from stack collapse.



Reference picture 6

Example of improper packaging
Damage may result from insufficient packaging.

3.5 Requirements related to second-hand transaction and second-hand market

Requirements

- Contract terms are clarified.

[Only when exporting overseas]

- It is confirmed that the panels are traded as second-hand products, and will not be recycled or disposed of.
- It is confirmed that a market for second-hand products exists in the country of export and that the panels are sold for reuse purposes.

Measures

- The contract conditions such as guarantees shall be stated in the documents that confirm the details of the transaction.

[Only when exporting overseas]

- Documents confirming the details of the transaction shall include at least such as 1. Information related to the sale of second-hand products (including information on transaction price), 2. Statement that no part will be removed, and these documents shall be kept ready for submission upon request.
- Name, address, contact information, and photo of the store of the dealer who sells the panels for reuse in the export or re-export country shall be recorded and kept ready for submission upon request.
- If the documents are not in English, arrangements shall be made to ensure that a translation (in Japanese or English) can be submitted.

[Explanation]

- It must necessarily be a transaction in which PV panels will actually be used as second-hand products.
- During the transaction, contract conditions such as guarantees must be clarified to prevent troubles.
- For exported PV panels, it is the seller's responsibility to provide information on the transaction such as the shipping destination (country/business operator), sales destination, intended use, contract, price, etc. that confirms that the panels will be reused at the export destination and will not be recycled or disposed of. If this information is not finalized, plans shall be described. Panels that are not reused at the export destination may be subject to the Waste Management Law in the country.

Annex: Guidelines for promoting proper reuse of PV panels -Check sheet-

	Legal obligation to handle photovoltaic panels as second-hand products	Compliance with the Antique Dealings Law	<ul style="list-style-type: none"> ●Following the classification of "used goods merchants", "used goods market operators", and "used goods auction brokers", a business license must be obtained from each prefectural Public Safety Commission in charge of the location where the second-hand market is operated. ●Every time a used good is traded, it shall be entered in a book or equivalent document specified by the regulations of the National Public Safety Commission, or recorded by means of an electromagnetic method. 	
		Compliance with the Waste Management Law at the time of treatment/disposal	If the PV panel is not suitable for reuse and becomes waste, the waste generator shall carry out appropriate treatment based on the Waste Management Law.	
Item	Requirements	Measures (to be taken by the seller of second-hand products) (*Measures carried out by the seller. Organized so that buyers can also refer to it.)	Remarks	Please tick
A) Product information and Appearance	<Product information> •Product information that enables to grasp the state of second-hand products shall be provided: ① Manufacturer, ② Model, ③ Date (manufacturing date/installation date/removal date), ④ Origin/Cause of decommission, ⑤ Name of the distributor of second-hand PV panels, etc.	•Ensure to keep the record on product information in a way that can be confirmed by sellers and buyers.	—	<input type="checkbox"/>
	<Appearance> •There are no factors that could lead to failure such as broken glass, misalignment of cells/tab wires/busbar electrodes, burn marks on the exterior hot spots, damaged backsheet, disconnected cable, deformation of aluminum frame, poor connection of the junction box or poor insulation. ⇒ [Reference pictures] •There is no dirt that hinders the use.	•Record the appearance condition and ensure that supporting documents can be submitted upon request. •Check the appearance and if there is dirt that hinders use, clean the PV panel.	•It is important to visually inspect the appearance in a bright place to confirm that there is no default (surface cracks, poor connection, internal corrosion, poor adhesion, etc.) and that it has insulation. •As new old stock (unused products) may also be deteriorated or damaged during storage or transportation, appearance will be basically checked, but the inspection level will depend on the product condition. •The unit and method for implementing the inspection are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions.	<input type="checkbox"/>
B) Normal operation	<Power generation efficiency> Shall have sufficient power generation as a second-hand product.	•A power generation record or maintenance/inspection record (for the last few months, etc.) shall be prepared, or if there is no record, the power generation efficiency shall be inspected and recorded, and supporting documents shall be ready to be submitted upon request. •Records showing the power generation efficiency, together with the name and contact information of the seller responsible for the content, shall be kept ready for submission upon request. [Only applicable to exporting overseas] •If accessories that are indispensable for generating power when using the product (e.g.: connector) are missing, the accessory name and explanations on local procurement possibilities shall be recorded and kept ready for submission upon request.	•For PV panels directly damaged by flooding, lightning strike, etc. during a disaster, it is necessary to check the damage and inspect the power generation efficiency, even if a record already exists. •The unit and method for implementing the inspection are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions. •Measures to grasp the power generation performance in more detail by conducting inspections such as IV inspection are also recommended. ⇒ [Reference Material]	<input type="checkbox"/>
	<Insulation performance> Shall have insulation performance.	•Documents that can confirm the result of the insulation performance inspection or the visual inspection record related to insulation shall be kept ready for submission upon request. •Records showing insulation performance, together with the name and contact information of the seller responsible for the content, shall be kept ready for submission upon request.	•Through visual inspection in a bright place, it can be confirmed that there is no default (surface cracks, poor connection, internal corrosion, poor adhesion, etc.) and that it has insulation. However, it is desirable to check the record of insulation performance or the result of insulation performance inspection. ⇒ [Reference Material] •If insulation is not sufficient, there is a risk of electric shock, so great care must be taken. •For panels directly damaged by flooding, lightning strike, etc. during a disaster, it is desirable to check the damage and inspect the insulation performance as necessary, even if a record already exists. •The unit and method for implementing the inspection are at the seller's discretion or the buyer's instructions depending on the decommissioning conditions.	<input type="checkbox"/>
C) Packing and loading conditions	•The packaging shall be appropriate in order to prevent the performance as a second-hand product from being impaired by damage during loading, transportation, unloading, etc. ⇒ [Reference pictures] •Panels must be packed so that they do not generate electricity.	•Pack, load, and store so that the stack does not collapse. •Keep the power generation surface shielded from light so as to not generate power. [Only applicable to exporting overseas] •Take pictures of the packing, loading, and storage conditions and keep these pictures ready for submission upon request.	—	<input type="checkbox"/>
D) Second-hand trading and second-hand market	•Contract terms are clarified. [Only applicable to exporting overseas] •It is confirmed that the panels are traded as second-hand products, and will not be recycled or disposed of. •It is confirmed that a market for second-hand products exists in the country of export and that the panels are sold for reuse purposes.	•The contract conditions such as guarantees shall be stated in the documents that confirm the details of the transaction. [Only applicable to exporting overseas] •Documents confirming the details of the transaction shall include at least information such as 1. Information related to the sale of second-hand products (including information on transaction price), 2. Statement that no part will be removed, and these documents shall be kept ready for submission upon request. •Name, address, contact information, and photo of the store of the dealer who sells the panels for reuse in the export or re-export country shall be recorded and kept ready for submission upon request. *If the documents are not in English, arrangements shall be made to ensure that a translation (in Japanese or English) can be submitted.	—	<input type="checkbox"/>