

平成26年度環境省委託業務

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

---

平成27年3月

**MRI** 株式会社三菱総合研究所

環境・エネルギー研究本部



## はじめに

再生可能エネルギーの導入拡大は、温室効果ガスの排出削減、エネルギーセキュリティ、新規産業・雇用創出、震災復興等の観点から注目されており、平成 24 年 7 月から開始した再生可能エネルギーの全量買取制度により、今後大幅な導入拡大が見込まれている。

太陽光発電や風力発電については、導入初期段階（国庫補助等の支援制度が開始された 1990 年代中頃）の発電設備が使用済みとなって排出され始めているが、現時点では処理システムは確立されていない。しかしながら、その排出量は過去の普及カーブに沿って加速度的に増加することが見込まれており、太陽光発電設備については、2015 年には年間 7～9 万トン程度、2030 年には年間 25～70 万トン程度の排出があるものと推計されている。このため、CO<sub>2</sub> の排出削減につながる再生可能エネルギーの大量導入を支えるためには、使用済再生可能エネルギー設備の適正な処理方法等について検討を進める必要がある。

また、再生可能エネルギーは、一般的に発電等のエネルギー生産時には温室効果ガスを排出しないが、設備の製造・廃棄段階等においては排出する。このため、一旦使用済みとなった設備や部品のリユース・リサイクルを行うことは、エネルギー生産時だけでなく設備製造段階の CO<sub>2</sub> の排出削減にもつながる。さらに、貴金属やレアアース等の回収による資源の有効利用や、有害物質の適正処理にも資する。

このため、本業務では、昨年度実施した平成 25 年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務に引き続き、使用済再生可能エネルギー設備の撤去、運搬、リユース・リサイクル及び処分までの一連の工程（以下「撤去・運搬・処理」という。）に関するモデル事業・調査・検討等を行い、将来の社会システムの構築に向けて必要な知見を得ることを目的とした。

## Summary

Much attention has been focused on the expansion of renewable energy production for purposes such as reducing greenhouse gas emissions, promoting energy security, creating new industries and jobs, and disaster recovery. Large increases in renewable energy production are anticipated under the system requiring utilities to purchase all of the renewable energy produced, which was begun in July 2012.

Used power generation equipment from the early period of solar and wind energy (around the mid-1990s, when government subsidies and other assistance programs were launched) is beginning to be discarded, and no disposal system for such equipment has yet been established. However, the amounts of such discarded equipment are expected to accelerate as quickly as they proliferated in the past. It has been estimated that discarded solar power generation equipment will amount to about 70,000 to 90,000 tons per year in 2015, increasing to about 250,000 to 700,000 tons per year by 2030. Therefore, to support the introduction of large amounts of renewable energy, which will lead to reduced carbon dioxide emissions, it is necessary to study appropriate disposal methods, etc. for used renewable energy equipment.

With renewable energy, no greenhouse gases are generally emitted at the time of energy production, including electric power generation; however, greenhouse gas emissions occur at the stages of manufacturing and disposal of the equipment. Therefore, if used equipment and parts can be reused or recycled, this will help to reduce emissions not only at the time of energy production, but also at the stage of equipment manufacturing. The reuse and recycling of renewable energy equipment and parts will also contribute to the effective use of recovered resources, including precious metals and rare earth metals, and the appropriate disposal of hazardous substances.

The purpose of the services was to perform a model project, investigation and study, etc. concerning the series of processes in removing, transporting, reusing, recycling, and disposing of used renewable energy equipment (hereinafter "removal, transportation, and processing") in order to obtain the necessary knowledge toward the creation of future programs. This follows the services we performed last year for the entrusted study of fiscal 2013 concerning promotion of the reuse and recycling of used renewable energy equipment.

# 目次

<b>0. 検討内容</b> .....	<b>1</b>
0.1 検討の目的.....	1
<b>1. 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する調査・検討</b> .....	<b>6</b>
1.1 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する調査.....	6
1.1.1 使用済太陽光発電設備のフロー調査.....	6
1.1.2 太陽光発電設備のリサイクル技術導入可能性に関する情報整理.....	23
1.1.3 太陽光発電設備のリユースに関する情報整理.....	32
1.1.4 太陽光発電設備の環境配慮設計に関する情報整理.....	63
1.1.5 資源価値・有害性評価.....	64
1.2 太陽光発電設備の将来の排出見込量と地域偏在性の分析の実施.....	92
1.2.1 導入量の地域偏在性推計.....	92
1.2.2 将来の排出見込量の推計方法の検討.....	112
1.2.3 太陽光発電設備の地域毎の受入可能量等の推計.....	119
1.3 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関するモデル事業及び費用対効果分析等.....	124
1.3.1 モデル事業実施結果.....	124
1.3.2 費用対効果分析.....	165
1.4 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する制度面からの検討.....	180
1.4.1 現行制度における課題の整理.....	180
1.4.2 製品特性や排出実態を踏まえた対策メニューの検討.....	206
1.4.3 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.....	211
<b>2. 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理に関する調査・検討等</b> .....	<b>215</b>
2.1 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理に関する調査.....	215
2.1.1 消費者向けアンケート結果.....	216
2.1.2 事業者向けヒアリング調査等の結果.....	231
2.1.3 使用済太陽熱利用システムの撤去から処分までのフロー.....	235
2.2 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理の在り方に関する検討等.....	237
<b>3. 風力発電設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討</b> .....	<b>238</b>
3.1 風力発電設備のリユースに関する基礎情報.....	238
3.1.1 風力発電設備のリユース形態と市場ニーズ.....	238
3.1.2 海外のリユース動向.....	242
3.1.3 国内のリユース動向.....	245
3.1.4 風車のリユースに係る課題.....	250
3.2 風車の主要構成素材.....	251
3.2.1 風車の主要な構成素材.....	251
3.2.2 ナセルの主要な構成素材.....	252
3.3 風車のリサイクル・適正処分に関する基礎情報.....	255
3.3.1 風車・部品の廃棄実績・予定.....	255

3.3.2 風車の解体手順・留意事項.....	259
3.3.3 風車の撤去・リサイクル・処理フロー .....	264
3.3.4 風車のリサイクルに係る留意事項 .....	269
3.3.5 風車の適正処分に係る留意事項.....	274
3.4 風車のリユース・リサイクル・適正処分に係るコスト .....	275
3.4.1 リユースを想定した解体コスト.....	275
3.4.2 リサイクル・適正処分に係るコスト.....	276
<b>添付資料.....</b>	<b>281</b>

## 0. 検討内容

### 0.1 検討の目的

#### (1) 検討の目的

再生可能エネルギーの導入拡大は、温室効果ガスの排出削減、エネルギーセキュリティ、新規産業・雇用創出、震災復興等の観点から注目されており、平成24年7月から開始した再生可能エネルギーの全量買取制度により、今後大幅な導入拡大が見込まれている。

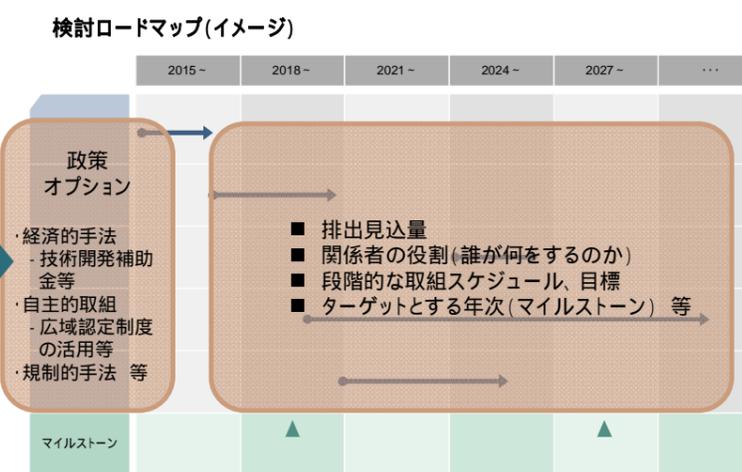
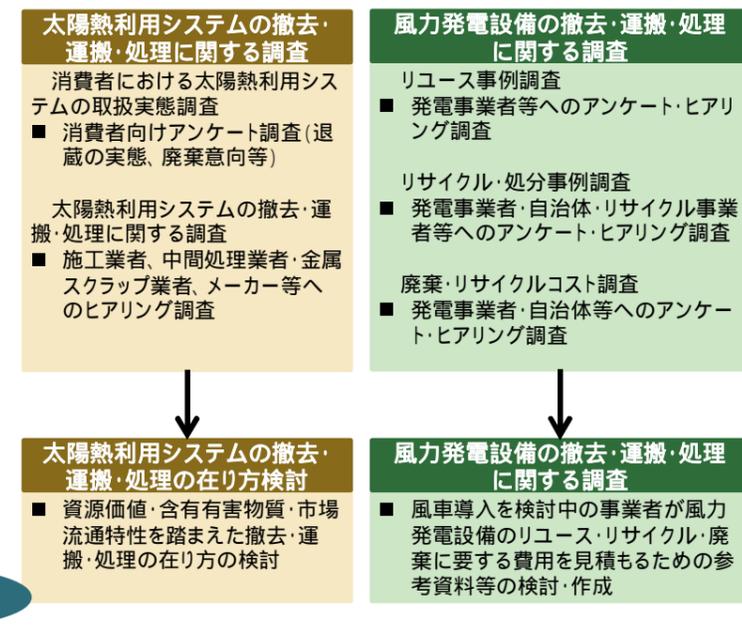
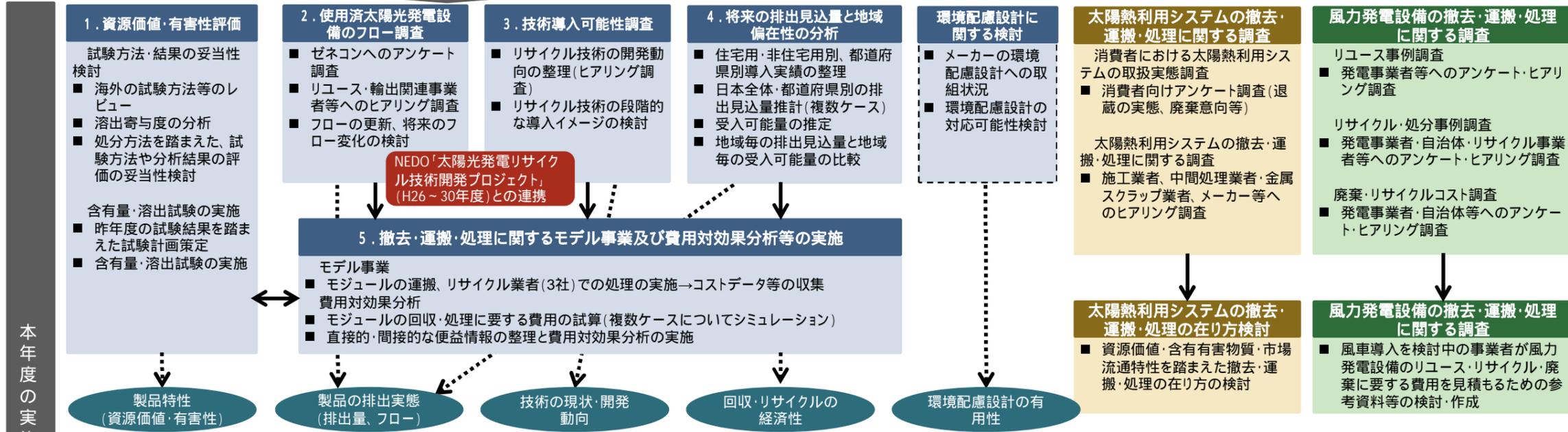
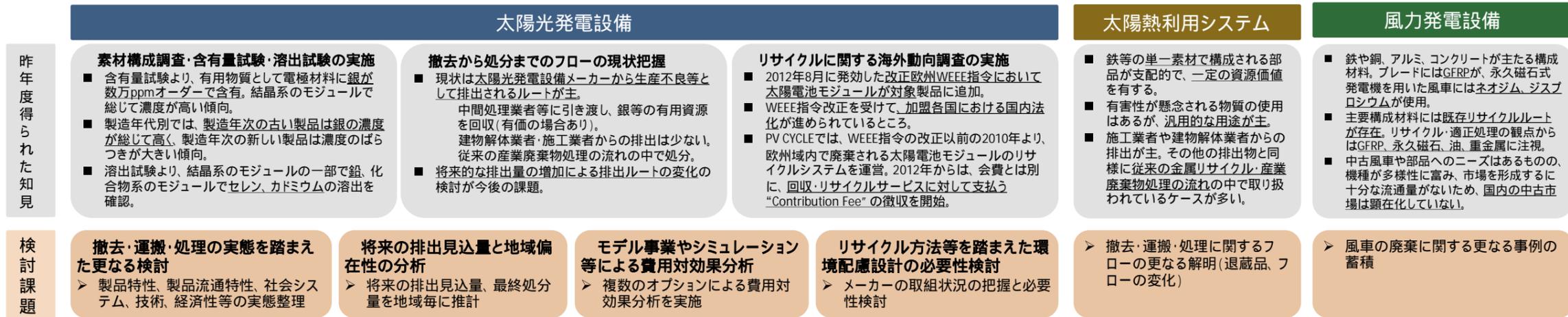
太陽光発電や風力発電については、導入初期段階（国庫補助等の支援制度が開始された1990年代中頃）の発電設備が使用済みとなって排出され始めているが、現時点では処理システムは確立されていない一方、その排出量は過去の普及カーブに沿って加速度的に増加することが見込まれる。

このため、有識者や関係事業者等で構成される検討会及びワーキンググループを開催し、使用済再生可能エネルギー設備の撤去、運搬、リユース・リサイクル及び適正処分までの一連の工程に関する試験、調査検討、モデル事業等を通じて、再生可能エネルギーの大量導入を支える使用済再生可能エネルギー設備の適正な処理方法・体制について検討を進め、将来の社会システムの構築に向けて必要な知見を得た。

#### (2) 検討内容

本検討会において実施した調査・検討内容は以下のとおりである。

# 平成26年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分にに関する検討会 実施内容



本年度の実施内容

### (3) 検討体制と検討経過

本年度は、以下に示す検討会と検討会の下に2つのワーキンググループを設置して検討を実施した。

- ・平成26年度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
  - フロー・経済性検討ワーキンググループ
  - リサイクル特性検討ワーキンググループ

検討会及びワーキンググループの検討体制及び検討経過は以下のとおりである。

( は座長)

#### < 検討会 >

細田 衛士	慶應義塾大学経済学部 教授
大和田秀二	早稲田大学創造理工学部 教授
酒井 伸一	京都大学環境科学センター 教授
手塚 一郎	清和大学法学部 専任講師
長沢 伸也	早稲田大学大学院商学研究科 教授
中村 崇	東北大学多元物質科学研究所 教授
村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科 准教授

オブザーバ：独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構、一般社団法人太陽光発電協会、一般社団法人ソーラーシステム振興協会、ガラス再資源化協議会

#### < フロー・経済性検討ワーキンググループ >

村上 進亮	東京大学大学院工学系研究科 准教授
飯塚 敦	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
井田 淳	川崎市環境局地球環境推進室担当課長
出野 政雄	公益社団法人全国解体工事業連合会 専務理事
芋生 誠	鹿島建設株式会社 環境本部 専任役
加藤 聡	ガラス再資源化協議会 代表幹事
鈴木 伸一	一般社団法人太陽光発電協会 事務局長
高取 美樹	リサイクルテック・ジャパン株式会社 代表取締役社長
田中 良	株式会社NTT ファシリティーズソーラープロジェクト本部部長 / ゼネラルアドバイザー
蜷川 太郎	積水化学工業株式会社 住宅カンパニー 技術・CS部 設計・ 生産・施工部 安全・環境・コンプライアンスグループ 担当部長

#### < リサイクル特性検討ワーキンググループ >

酒井 伸一	京都大学環境科学センター教授
梶原 夏子	独立行政法人国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センター 主任研究員

加藤 聡      ガラス再資源化協議会 代表幹事  
 豊口 敏之    株式会社環境管理センター 執行役員  
 百武 康仁    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  
 藤崎 克己    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  
                  サブリーダー

表 0-1 検討会の検討経過

	時期	検討内容
第 1 回	平成 26 年 8 月 20 日 (水) 10:00 ~ 12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 検討会の設置趣旨について</li> <li>● 再生可能エネルギー設備の導入等の状況について</li> <li>● 本年度調査の実施内容について</li> <li>● 経済産業省・NEDO 調査について</li> </ul>
第 2 回	平成 27 年 2 月 27 日 (金) 10:00 ~ 12:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 1 回検討会での指摘事項と対応方針について</li> <li>● フロー・経済性 WG、リサイクル特性 WG での検討結果報告</li> <li>● 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する制度面からの検討について</li> <li>● 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理の在り方のオプション及び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検討について</li> <li>● 太陽熱利用システム、風力発電設備等の調査結果について</li> </ul>
第 3 回	平成 27 年 3 月 26 日 (木) 10:00 ~ 12:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 2 回検討会での指摘事項と対応方針について</li> <li>● 検討会報告書 (案) について</li> </ul>

表 0-2 フロー・経済性検討ワーキンググループの検討経過

	時期	検討内容
第 1 回	平成 26 年 9 月 9 日 (火) 10:00 ~ 12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● フロー・経済性検討ワーキンググループの検討方針について</li> <li>● 使用済太陽光発電設備のフロー調査等について</li> <li>● 将来の排出見込量と地域偏在性の分析について</li> <li>● 撤去・運搬・処理に関するモデル事業及び費用対効果分析等の実施について</li> <li>● 太陽光発電設備のリユースに関する調査について</li> </ul>
第 2 回	平成 26 年 11 月 5 日 (水) 13:00 ~ 15:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 1 回ワーキンググループでの指摘事項と対応方針について</li> <li>● 使用済太陽光発電設備のフロー調査等の進捗状況について</li> <li>● 将来の排出見込量と地域偏在性の分析の進捗状況について</li> <li>● 撤去・運搬・処理に関するモデル事業の進捗状況について</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 費用対効果分析等の進捗状況について</li> <li>● 太陽光発電設備のリユースに関する調査の進捗状況について</li> <li>● 環境配慮設計に関する取組状況について</li> </ul>
第3回	平成27年 1月20日(火) 10:00~12:30	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第2回ワーキンググループでの指摘事項と対応方針について</li> <li>● 使用済太陽光発電設備のフロー調査結果について</li> <li>● 将来の排出見込量と地域偏在性の分析結果について</li> <li>● 撤去・運搬・処理に関するモデル事業の実施結果について</li> <li>● 費用対効果分析等の実施結果について</li> <li>● 太陽光発電設備のリユースに関する調査の進捗状況について</li> </ul>

表 0-3 リサイクル特性検討ワーキンググループの検討経過

	時期	検討内容
第1回	平成26年 9月30日(火) 10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● リサイクル特性検討ワーキンググループの検討方針について</li> <li>● 太陽光発電設備の資源価値・有害性評価に関する昨年度の検討結果について</li> <li>● 太陽光発電設備の資源価値・有害性評価に関する調査実施方針について</li> <li>● 試料調整方法に関する予備的検討結果について</li> </ul>
第2回	平成26年 12月16日(火) 10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第1回ワーキンググループでの指摘事項と対応方針について</li> <li>● 標準的な試料調製方法(案)について</li> <li>● 含有量・溶出試験の実施について</li> <li>● 使用済太陽光発電設備のリサイクルに伴う環境影響の検討について</li> </ul>
第3回	平成27年 2月4日(水) 10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第2回ワーキンググループでの指摘事項と対応方針について</li> <li>● 標準的な試料調製方法(案)について</li> <li>● 含有量・溶出試験の結果について</li> <li>● 使用済太陽光発電設備のリサイクルに伴う環境影響の検討について</li> </ul>

# 1. 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する調査・検討

## 1.1 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する調査

### 1.1.1 使用済太陽光発電設備のフロー調査

太陽光発電設備の概略は以下のとおりであり、太陽電池モジュールと太陽電池モジュールを支えるアレイ（架台） 発電した電気を直流から交流に変換するパワーコンディショナ等により構成される。

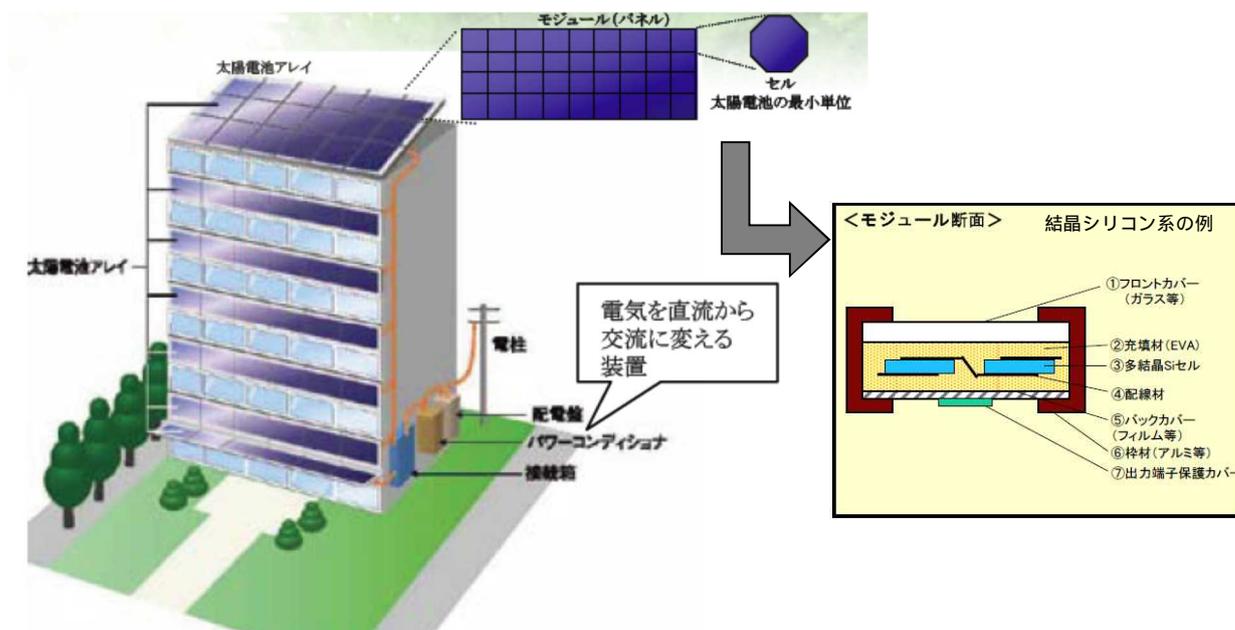


図 1-1 太陽光発電設備の概略

出所) シャープ(株)「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 結晶シリコン太陽電池モジュール発表資料 (NEDO)」、NEDO「太陽光発電フィールドテスト事業 設置事例集」より作成

太陽電池モジュールについては、研究開発段階のものを含めて多くの種類があるが、実用化されているものとしては「結晶系（単結晶、多結晶）」「薄膜系（シリコン系、化合物系）」に大別することができる。

現在の使用済太陽光発電設備のフローに係る事業者としては、太陽光発電設備メーカー、リユース業者、ハウスメーカー、建物解体業者、廃棄物処理業者・スクラップ業者、ゼネコン・建設事業者等が考えられる。

昨年度調査結果に情報を付加するにあたり、関係者別に現時点で効果的・効率的と考えられる調査方法を選択し、表 1-1 の通り調査を実施した。

現状においては、使用済太陽光発電設備の排出量は、非常に少ないと考えられるため、撤去から処分までのフローは、限られた暫定的なものである可能性がある。排出量や市場の変化によってフローが変わりうる点に留意が必要である。

表 1-1 調査概要

関係者	調査内容
リユース業者・輸出業者	国内向けリユースを行う事業者(1社)、海外向けリユースを行う事業者(1社)に対してヒアリング調査を実施。
ハウスメーカー	国内において太陽電池モジュールの設置量が多いハウスメーカー(3社)に対してヒアリング調査を実施。
建物解体業者	公益社団法人全国解体工事業団体連合会及び建物解体業者(1社)に対してヒアリング調査を実施。
廃棄物処理業者・スクラップ業者	廃棄物処理業者・スクラップ業者(10社)に対してヒアリング調査を実施。
ゼネコン・建設事業者	一般社団法人日本建設業連合会の協力のもと、一般社団法人日本建設業連合会の法人会員140社にアンケート調査を通知。アンケート調査回収企業数は39社。

(1) リユース業者・輸出業者

<国内向けリユース>

- 現在、国内向けリユースをビジネスとして行う事業者は1社のみの状況である。
- 中古太陽電池モジュールの販売先は多くはなく、現状では、リサイクルの実証試験や性能評価、自然劣化等の研究用途が主要な販売先となっている。 それ以外に非常に少量であるが、一般家庭向けにオフグリッドソーラーとして販売しているものがある。
- 国内向けリユースを行う事業者の調達先として、量が最も多いものは、メーカーの型落ち品である。 ここ数年は製品の出力向上が著しく、低出力のものは売れずに在庫となってしまいうため、いわゆる「新古品」のようなもので、複数のメーカーから引き合いが来ている。また、平成26年2月の大雪で架台が崩れ、パネルを総取り替えした際に不要となったパネルについても引き合いがあった。 パネル自体に支障はないが、保険対象であることから総取り替えしたというケースが見られた。その場合、1サイト当たり数千万枚単位で排出される。豪雪等により出てくるのは海外メーカーのものであり、国産メーカー品はあまり出てこない。

<海外向けリユース>

- 海外向けリユースをビジネスとして行う事業者は取扱量の多い事業者が2社程度ある状況。そのうち1社の状況を確認した。
- 最近2年間の間に太陽電池モジュール80,000枚を回収しており、そのうち半数程度は平成26年2月の大雪の際に使用不能となり、排出されたものである。 残りは初期不良や施工不良等によるものを引き取っており、現時点では、使用済の太陽電池モジュールを引き取った例は少ない。 太陽電池モジュールの引取元は、メーカー、工

事業者、保険会社、リース・レンタル会社等であり、全て購入する形で引き取っている。割れていて明らかにリユースできないものは国内でリサイクルし、割れていないものは、全て中国に輸出し、系列工場に持ち込んで検査を実施している。

- 検査した太陽電池モジュールはリユース品として中国から輸出する。輸出先は、バングラディシュ、ミャンマー、ドバイ、マレーシア等である。ドバイについては、ドバイからパキスタン、イラン、イラク等に再輸出されていると推測される。輸出先では系統連系するわけではなく、独立電源として使用されることが多い。

## (2) ハウスメーカー

### < 太陽光発電設備の取外し状況 >

- これまでの実績として、ハウスメーカーにおいては、使用済太陽光発電設備の取外し事例はほとんどない。太陽光発電設備の導入量が多い大手ハウスメーカーの場合でも、昨年の取外し実績は0~1件のみであった。その場合も廃棄はしておらず、太陽光発電設備を引っ越し先の新築物件へ移転させただけである。
- 現時点で、太陽光発電設備の取外し事例があるとしたら、メーカーの初期不良が原因である想定される。このような場合、取外しは全てメーカーが行っているため(メーカー保証)ハウスメーカーでは取外しや廃棄の実態把握をしていない。
- ハウスメーカーが取外しを行った後は、中間処理業者に引き渡す予定である。しかし、モジュールメーカーによる不良の場合は、メーカーが取外しを行う。中間処理業者は、モジュールのフレーム枠を取外し、本体を焼却施設やリサイクル施設に持っていく。特に現時点で特定の廃棄フローは決まっておらず、ケースバイケースで対応するとのことである。
- 大手ハウスメーカーでは、1997年から太陽光発電設備を導入しているが、当時導入されたものは、現在まだ廃棄されていない。

### < その他(導入状況等) >

- 大手ハウスメーカーでは、太陽光発電設備を設置している物件は、新築物件のうち約7割である。
- 取扱っている太陽光発電設備のほとんどがシリコン系のモジュールである。
- あるハウスメーカーでは、屋根一体型のものは、一戸建住宅の太陽光発電設備の中の約4割を占める。

## (3) 建物解体業者

- 建物解体業者から建物解体等に伴い排出されるルートでの排出は、現状かなり少ないと推察される。建物解体業者が取り扱う場合は、建物自体の解体前に太陽電池モジュールが事前に撤去されるケースが多く、モジュールのまま、産業廃棄物の中間処理業者等に逆有償で引き渡されていると見られる。

- 建物解体業者が排出するルートでは、メーカーが排出するルートと比較すると量が少なく、業者単独で一定量をまとめて確保することが難しい。このため、太陽電池モジュールだけを取り出し、それに最適化された処理が行われるわけではなく、その他の排出物と同様に従来の産業廃棄物処理の流れの中で処分が行われている。

#### (4) 廃棄物処理業者・スクラップ業者

- 太陽光発電設備を処理・リサイクルしている廃棄物処理業者・スクラップ業者は現時点では少ないが、.太陽光発電設備メーカーからの不良品を引き取り、専用ラインでリサイクルを実施している事業者、.施工業者や建物解体業者から使用済の太陽光発電設備を引き取り、他の廃棄物等と同様に処理を行っている事業者が確認されている。

##### < .専用ラインでリサイクルを実施している事業者の例 >

- アルミフレーム枠外し機を使用して、アルミ枠の取り外しを行っている。
- 以下 A、B の 2 つの太陽電池モジュール処理ラインを保有している。
  - A.
    - アルミフレームが取り外された太陽電池モジュールを破砕機に通し、ガラスの破砕・除去を行う。
    - 一度の処理で 90%程度のガラスが除去される。複数回実施し、ガラスの除去率を高める。
    - ガラスが除去されたモジュール（セル・バックシート）を、非鉄製錬業者に引き渡す。
    - 除去されたガラスは篩選別、風力選別で粒度を分ける
  - B.
    - アルミフレームが取り外されたパネルを破砕機に通し、モジュールごと破砕を行う。
    - 一次破砕、二次破砕（微破砕機）を経て、ガラスは 45 $\mu$ m まで粉砕される。
    - ガラスはさらに超音波振動篩、風力選別を経て粒度ごとに選別される。
    - また、色彩選別によってセルを分別している。

##### < .他の廃棄物等と同様に処理を行っている事業者の例 >

- 太陽光発電設備の施工業者、設備の解体事業者から太陽光発電設備の処理を委託されている。
- 処理している太陽光発電設備としては、以下が挙げられる。
  - 太陽光発電システム初期段階に役所等に設置されたもので、小型・高効率の太陽光発電設備への入れ替えによって発生する使用済の太陽光発電設備

- 計測機器等に付随している小型の太陽光発電設備
- 住宅展示場から発生する太陽光発電設備
- 引き取った太陽光発電設備の処理・リサイクル方法は事業者によって異なり、以下の事例がある。
  - 可能な限り手分解を行う。障がい者施設と連携して、低コストで手分解を行っていることで、高度な手分解作業を可能としている。分解後の金属は金属回収業者に売却している。プラスチックは、素材別に選別後、粉碎して売却しており、ミックスプラも売却している。基板は精錬業者に売却している。ガラスは破砕し、残渣は安定型処分場にて処分している。
  - 自動車等の破砕を行う既存の大型シュレッダーを用いて破砕後、選別を行っている。

## (5) ゼネコン・建設事業者

一般社団法人日本建設業連合会の協力のもと、一般社団法人日本建設業連合会の法人会員140社に「メガソーラー等太陽光発電システムの設置・撤去等に関するアンケート」調査を通知した。

同アンケート調査は、使用済太陽光発電設備のフローについて、最新の状況を把握するため、メガソーラー等太陽光発電システムの設置・修理の実績、廃棄方法等について調査を実施したものである。本アンケートは、太陽光発電システムの設置事業者向けのもの、発電事業者向けのもの2段階構成となっている。

アンケート回収企業数は39社である。

### 1) 調査項目

#### 基本情報

#### < 設置事業者向け >

#### 設置実績

#### 修理交換実績

#### 撤去の意向

#### < 発電事業者向け >

#### 廃棄の意向

### 2) 調査結果

#### a. 基本情報

- アンケート回収企業数：39社

● 回答企業年間売上高

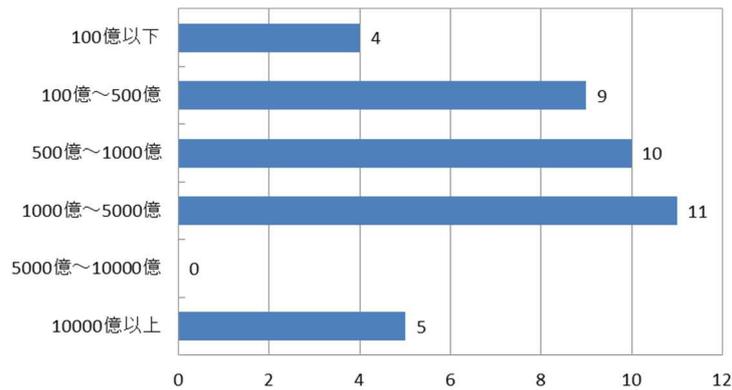


図 1-2 回答企業年間売上高

b. 太陽光発電システム設置事業者様向けアンケート結果

ア) 約 500kW 以上の太陽光発電システムの設置実績の有無 (回答社数: 39 社)

約 500kW 以上の太陽光発電システムの設置を行ったことがある事業者が 26 社、行ったことがない事業者が 13 社である。設置を行ったことがある事業者では、設置を行った件数は平均で 15 件、最大で 80 件である。総ワット数は平均で 5.5MW、最大で 300MW ある。

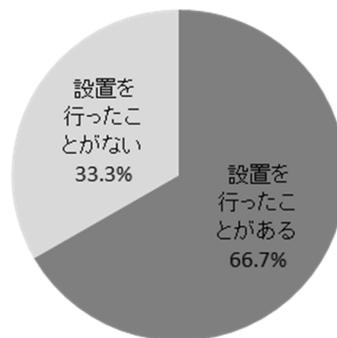


図 1-3 約 500kW 以上の太陽光発電システムの設置実績の有無

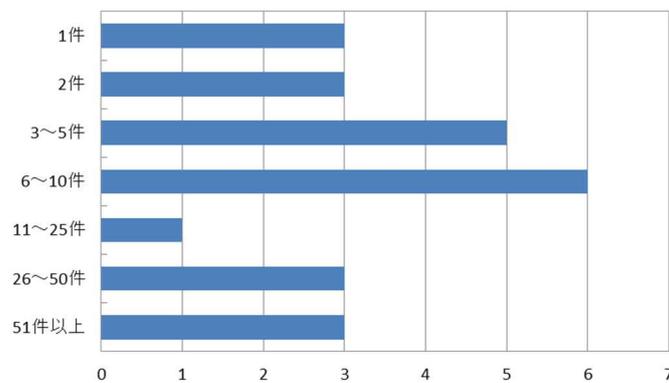


図 1-4 設置件数

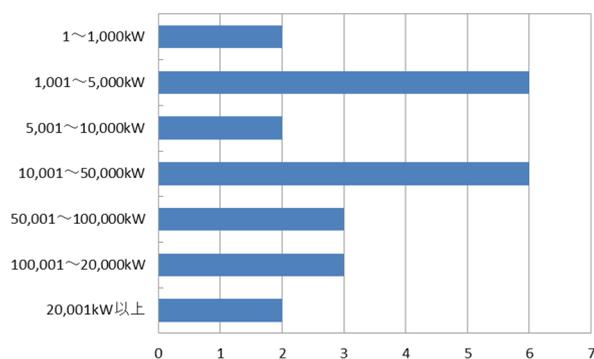


図 1-5 設置ワット数

イ) 太陽光発電システムの設置時における構成部品の交換・取外し実績( 回答社数:26 社 )

設置時において構成部品の交換・取外しを行ったことがある事業者は 8 社、行ったことがない事業者は 18 社である。交換・取外しをした構成部品のうち、最も多いのが、太陽電池モジュールで 430 枚である。続いて架台が 35 枚である。

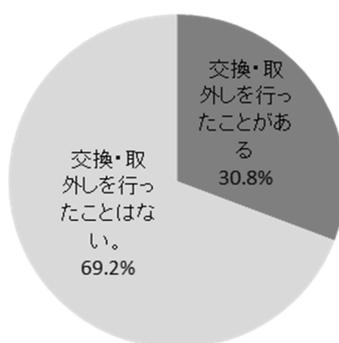


図 1-6 設置時における構成部品の交換・取外し実績

表 1-2 設置時に交換・取外しを行った構成部品と数量

	太陽電池モジュール(枚)	パワーコンディショナ(台)	架台(台)	ケーブル(本)
合計	430	0	35	0
平均	54	0	18	0

ウ) 太陽光発電システムの設置時に、構成部品の交換・取外しを行った理由( 回答社数: 8 社 )

設置時の交換・取外しを行った理由として最も多いのは、「モジュールの不良」である。「その他」の回答としては、「カラスの投石による損傷」、「荷崩れ」、「重機接触による破損」等である。

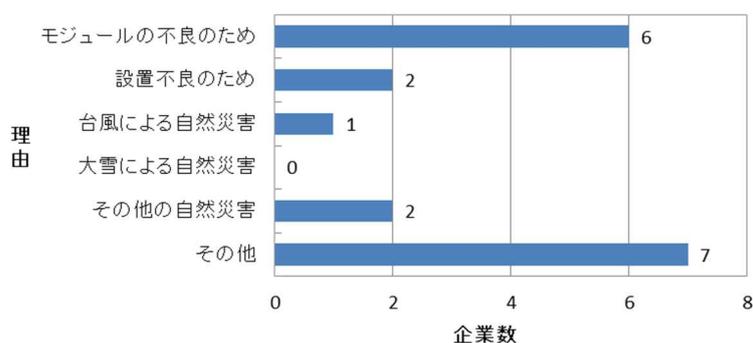


図 1-7 設置時に構成部品の交換・取外しを行った理由

エ) 太陽光発電システムの設置時における構成部品の交換・取外し後の取扱方法（回答社数：8社）

ウ) で構成部品の交換・取外しを行った理由毎に、その後の構成部品の引渡先及び引渡形態について整理した。

<モジュールの不良（回答社数：6社）>

モジュールの初期不良の場合、ほとんどが機器メーカーに無償で引き渡している。処分費用を支払い、最終処分業者に引き渡した事例も1件見られる。その他の回答として、「現地保管」と「リサイクル実証実験の試験材料として売却」が挙げられる。

表 1-3 モジュール不良の場合の取扱方法

	売却	無償	処分費用を支払い	保険会社が費用を負担
機器メーカー	0	4	0	0
機器の販売店	0	0	0	0
リユース業者	0	0	0	0
金属スクラップ業者	0	0	0	0
中間処理業者	0	0	0	0
最終処分業者	0	0	1	0
その他	1	1	0	0

<設置不良（回答社数：2社）>

設置不良の場合の回答は、「設置時に傷を付けた電気工事会社は無償で引渡し」、「リサイクル実証実験の試験材料として売却」である。

<台風・大雪・その他の自然災害（回答社数：3社）>

自然災害の場合の回答は「最終処分業者に処分費用を支払い引渡し」、「電気工事会社は無償で引渡し」、「リサイクル実証実験の試験材料として売却」である。

<その他（回答社数：7社）>

その他の理由の場合の取扱方法は下表の通りである。

表 1-4 その他の場合の取扱方法（設置時）

その他：構成部品の交換・取外しを行った理由	取扱方法
1．カラスの投石による損傷	機器メーカーに無償で引渡し
2．荷崩れして落下し破損	電気工事会社に無償で引渡し
3．過電流による端子BOX等の変形	リサイクル実証実験の試験材料として売却
4．重機接触による破損	不明

オ）太陽光発電システムの修理時における構成部品の交換・取外し実績（回答社数：26社）

修理時に構成部品の交換・取外しを行ったことがある事業者は10社、行ったことがない事業者は15社である。交換・取外しをした構成部品のうち、最も多いのが、太陽電池モジュールで125枚である。

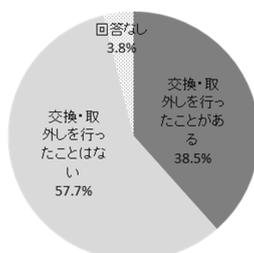


図 1-8 修理時における構成部品の交換・取外し実績

表 1-5 修理時に交換・取外しを行った構成部品と数量

	太陽電池モジュール（枚）	パワーコンディショナ（台）	架台（台）	ケーブル（本）	その他（集積箱ブレーカー）
合計	125	0	0	2	1
平均	19	0	0	2	1

カ）太陽光発電システムの修理時に、構成部品の交換・取外しを行った理由（回答社数：10社）

太陽光発電システムの修理時に構成部品の交換・取外しを行った理由として最も多いのは、「その他」である。「その他」の回答としては、「石・ゴルフボール飛来による破損」、「配線ミスによる太陽光モジュールの破損のため」、「盗難未遂」、「人的災害（管理会社草刈時にモジュール（1枚）の出力リード線を誤って切断）」、「発電量が計算値よりも多かったため、ブレーカー容量を増加」が含まれる。次いで「故障したため」、「自然災害（台風）のため」が続く。

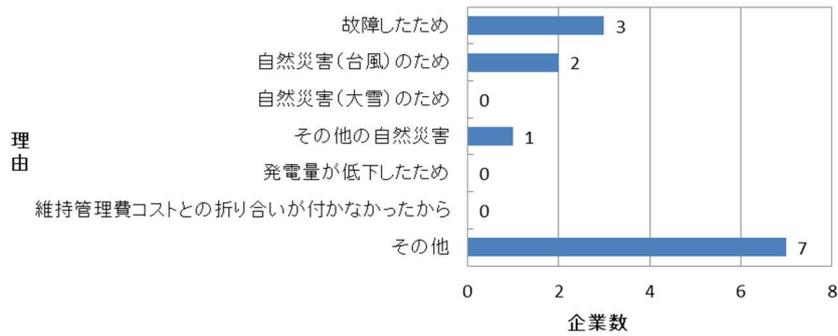


図 1-9 修理時に構成部品の交換・取外しを行った理由

キ) 太陽光発電システムの修理時における構成部品の交換・取外し後の取扱方法 (回答社数: 10 社)

カ) で構成部品の交換・取外しを行った理由毎に、その後の構成部品の引渡先及び引渡形態について質問した。

< 故障したため (回答社数: 3 社) >

太陽光発電システムが故障した場合は全て、機器メーカーに無償で引き渡している。

< 台風・大雪・その他の自然災害 (回答社数: 3 社) >

自然災害による破損の場合は全て、最終処分業者に処分費用を支払い引渡している。

< その他 (回答社数: 7 社) >

その他の理由の場合の取扱方法は下表の通りである。

表 1-6 その他の場合の取扱方法 (修理時)

その他：構成部品の交換・取外しを行った理由	取扱方法
1．石・ゴルフボール飛来による破損	現地に状況確認の為保管中。しばらく後に最終処分予定。
2．配線ミスによる太陽光モジュールの破損のため	施工業者に引き渡し
3．盗難未遂	修理業者に修理依頼
4．人的災害	現地保管中
5．発電量が計算値よりも多かったため、ブレーカー容量を増加	機器の販売店に処分量を支払い引渡し

ク) 太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しの際に留意する点 (回答社数: 11 社)

太陽光発電システムの構成部品交換・取外しの際に留意するとして、「感電防止」が 10 社で最も多い。「その他」の回答には、「架台の角での怪我防止」と「作業時間 (発電しない夜間に作業を行う)」が含まれる。

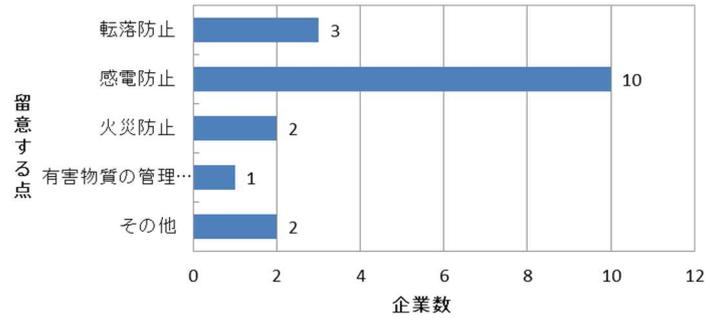


図 1-10 太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しの際に留意する点

ケ) 太陽光発電システムの撤去作業が行われる場合、設置事業者が当該業務を引き受けるための条件(事業者が業務を受け、他の事業者に発注する場合も含む)(回答社数: 11社)

最も回答数が多い「その他」には、「基本的に依頼があれば引き受ける」、「現時点で検討していない」、「今後の世の中の動向や、依頼主との関係による」等の回答が含まれる。

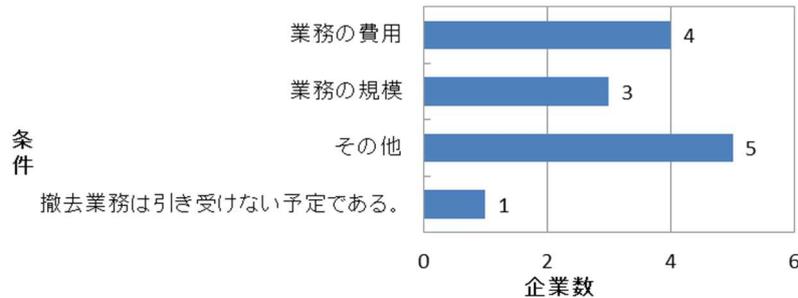


図 1-11 撤去作業を引き受けるための条件

コ) 撤去作業を行うと想定される主体(回答社数: 11社)

将来、撤去作業を行うと想定される主体として、最も多いのが、自社及び太陽光発電システム設置業者である。その他は、「建物解体業者の比率が高いと思われるが、モジュールや設備機器等の処理方法が明確でないものもありため、責任が持てるゼネコンへの対応依頼があるのではないかと考える。」である。

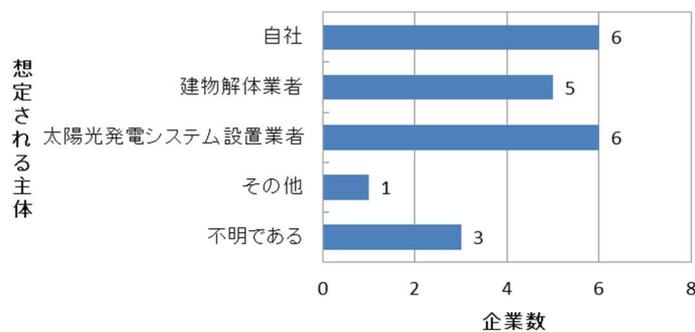


図 1-12 撤去作業を行うと想定される主体

c. 太陽光発電システム発電事業者様向けアンケート結果

ア) 太陽光発電システムの発電事業者 (回答社数: 39社)

太陽光発電システムの発電事業者は、13社、発電事業者でない事業者は、26社である。発電件数は平均で4件、最大件数は28件である。発電総ワット数は、平均で11.3MWであり、最大数が68.1MWである。

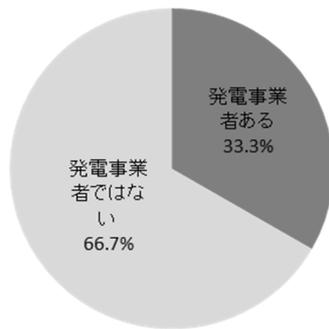


図 1-13 太陽光発電システムの発電事業経験の有無

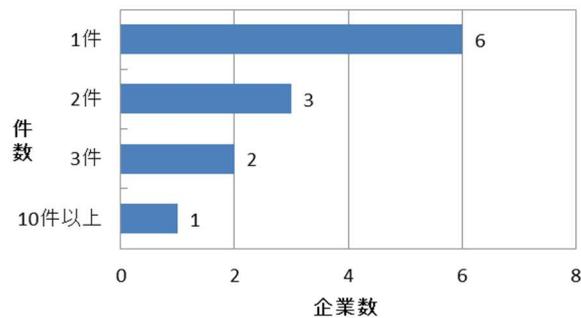


図 1-14 発電事業件数

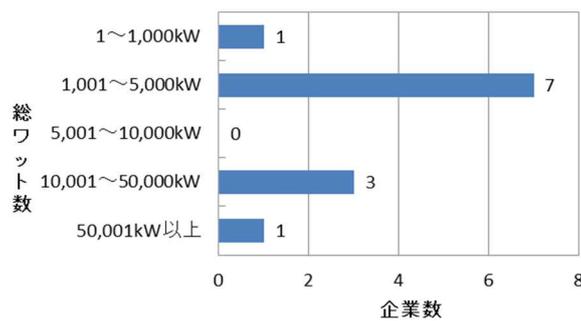


図 1-15 発電ワット数

イ) 発電事業を行っている太陽光発電システムの設置場所 (回答社数: 13社)

発電事業を行っている事業者13社に対し、太陽光発電システムの設置場所について聞いたところ、13社中、13社が民間施設と回答し、1社は公共施設と回答した。

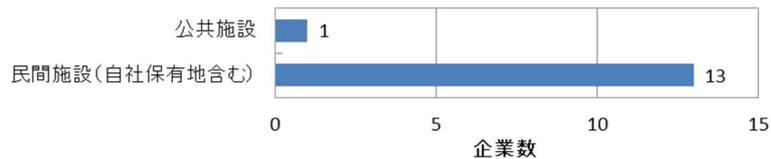


図 1-16 太陽光発電システムの設置場所

ウ) FITにおける買取期間終了後の太陽光発電システムの発電事業予定(回答社数:13社)

発電事業を行っている事業者13社に対し、FITにおける買取期間終了後の太陽光発電システムの発電事業予定について聞いたところ、公共施設に設置している事業者(1社)は、「継続する予定はない」と回答し、民間施設に設置している事業者(13社)の約6割が「継続する予定である」、約4割が「継続する予定はない」と回答した。

【公共施設】



【民間施設】

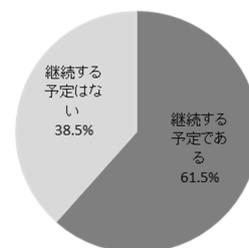
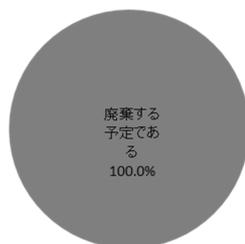


図 1-17 FITにおける買取期間終了後の太陽光発電システムの発電事業予定

エ) 現在使用している太陽光発電システムの使用後の措置(回答社数:13社)

現在使用している太陽光発電システムの使用後の措置について聞いたところ、公共施設に設置している事業者(1社)は、「廃棄する予定である」と回答し、民間施設に設置している事業者(13社)の約45%が「わからない」、約30%が「廃棄する予定である」、約15%が「取外してリサイクルを行う予定である」、約8%が「その他」と回答した。その他の回答とは、「世の中のリサイクル環境整備状況による」である。

【公共施設】



【民間施設】

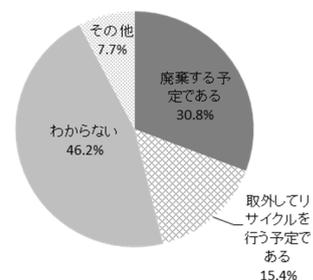


図 1-18 現在使用している太陽光発電システムの使用後の措置

オ) 太陽光発電システムを撤去する理由 (回答社数: 13社)

太陽光発電システムを撤去する理由について聞いたところ、公共施設に設置している事業者(1社)は、「FITにおける買取期間が終了するため」と回答し、民間施設に設置している事業者(13社)の半数が「FITにおける買取期間が終了するため」、20%が「土地の契約上、撤去を行わなければならないため」、13%が「維持管理費コストとの折り合いが付かなかったため」と回答した。

【公共施設】



【民間施設】

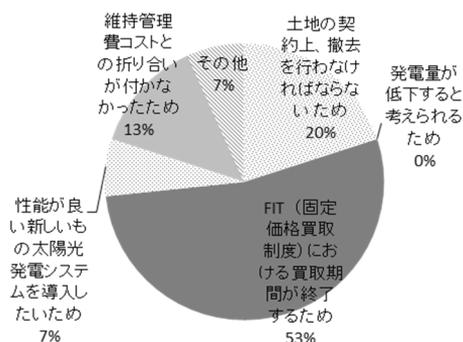


図 1-19 太陽光発電システムを撤去する理由

カ) 設置時から撤去までの想定期間 (回答社数: 13社)

設置時から撤去までの想定期間について、20年と回答した事業者が9社、21年と回答した事業者が1社、30年が3社である。

キ) 太陽光発電システムの建設・設置時の太陽光発電システムの廃棄費用の見込み。(回答社数: 13社)

太陽光発電システムの建設・設置時に、将来の太陽光発電システムの廃棄費用も見込んでいると回答した企業は10社である。見込んでいる事業者のうち、建設費用の5%が9社、10%程度が1社である。

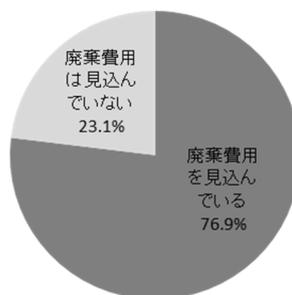


図 1-20 建築・設置時における太陽光発電システムの廃棄費用の見込み状況

### 3) 調査結果のまとめ

#### < 設置事業者向けのアンケート結果 >

- 太陽光発電システムを設置したことのある事業者のうち、設置時に太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しを実施したことのある事業者は、約 30% (8 件/26 件) である。設置時に交換・取外しを行った構成部品として最も多いのが太陽電池モジュールで、計 430 枚である。
- 太陽光発電システムの設置時に、構成部品の交換・取外しを行った理由として最も多いのは、「モジュールの不良」である。この場合、事業者の大部分が機器メーカーに無償で引渡しを行っている。なお、処分費用を支払い、最終処分業者に引き渡した事例や、リサイクル実証試験材料として売却したという回答も得られた。
- 太陽光発電システムを設置したことのある事業者のうち、修理時に太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しを実施したことのある事業者は、約 40% (10 件/26 件) である。修理時に交換・取外しを行った構成部品として最も多いのが太陽電池モジュールで、計 125 枚である。
- 太陽光発電システムの修理時に、「その他」の回答を除き、構成部品の交換・取外しを行った理由として最も多いのは、「故障」及び「自然災害」である。故障した場合、全ての事業者は機器メーカーに無償で引き渡している。自然災害の場合は、全ての事業者は、最終処分業者に処分費用を支払い引渡している。

#### < 発電事業者向けのアンケート結果 >

- アンケート回答事業者の内、太陽光発電システムの発電事業者は、約 34% (13 件/39 件) である。発電事業者 13 社中 12 社が民間施設 (自社保有地含む) において事業を行っている。
- 民間施設に太陽光発電システムを設置している事業者のうち、約 60% (8 件/13 件) が FIT における買取期間終了後も太陽光発電システムの発電事業を継続する予定である。
- 民間施設に太陽光発電システムを設置している事業者のうち、現在使用している太陽光発電システムの使用後の措置として、「現時点で不明」と回答した事業者は、約 46% (6 件/13 件) である。次いで、廃棄する予定が約 31% (4 件/13 件)、リサイクルする予定は 15% (2 件/13 件) である。<sup>1</sup>
- 民間施設に太陽光発電システムを設置している事業者のうち、太陽光発電システムを撤去する理由として最も多いのが、「FIT における買取期間が終了するため」で 53% (8 件/15 件) を占める。「土地の契約上、撤去を行う必要があるため」と回答したのは 20%

<sup>1</sup> 廃棄する予定と回答した事業者について、WG 委員より「21 年目以降の買取について制度やルールが何も決まっていないため最悪の事態を想定して撤去すると言っているのではないが、太陽電池は劣化の程度が少ないので 21 年目以降も十分運転継続が可能であるはずなので、電源確保の面及び廃棄量抑制 (資源活用) の面からも、21 年目以降もこれを有効活用する方策を考えるべき。」との指摘があった。

(3件/15件)、「維持管理コストとの折り合いがつかないため」は13%(2件/15件)である。

- 太陽光発電システムの建設・設置時に、将来の太陽光発電システムの廃棄費用も見込んで建設費用を設定している事業者は、約77%(10件/13件)であり、その費用は概ね建設費用の5%である。

(6) 使用済太陽光発電設備の撤去から処分までのフロー

今年度の調査結果を踏まえ、フローの精緻化を行った結果を下図に示す。

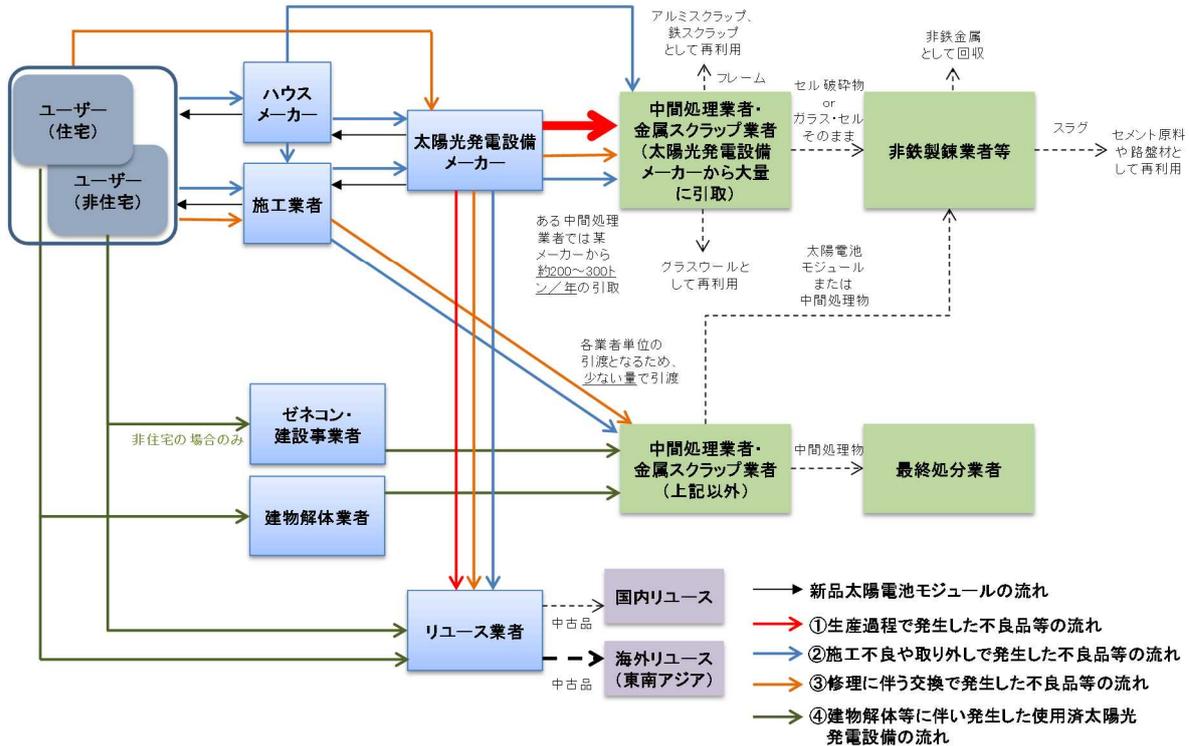


図 1-21 使用済太陽光発電設備のリユース・リサイクル・適正処理フロー

- 現状の使用済太陽光発電設備等の撤去から処分までのフローには、以下の5つのルートが考えられる。これらのルートは、アンケート調査やヒアリング調査から推定した流れであり、この他にもフローが存在する可能性がある点や市場や排出量等の変化によりフローが変わりうる点等に留意が必要である<sup>2</sup>。

- (1) 太陽光発電設備メーカールート
- (2) 建物解体業者ルート
- (3) ゼネコン・建設事業者ルート
- (4) 施工業者ルート
- (5) リユース業者ルート

<sup>2</sup> WG 委員より、リース会社が介在する場合があるとの指摘があった。

- このうち、現状では、(1)太陽光発電設備メーカーから排出されるルートが最も発生量が多いと推察される。太陽光発電設備メーカーでは、ある程度の量になるまで保管し、中間処理業者・金属スクラップ業者に引き渡している。引渡しは、太陽電池モジュール中の銀の含有量や銀の相場によって有償にも逆有償にもなる。
- (2)建物解体業者から建物解体等に伴い排出されるルートでの排出は、現状かなり少ないと推察される。多くは、建物解体前に撤去され、モジュールのまま、産業廃棄物の中間処理業者等に逆有償で引き渡されていると見られる。
- (3)ゼネコン・建設事業者ルートも(2)と同様に、現状かなり少ないと推察される。ただし、台風や大雪等の自然災害の影響等により、まとまった量が排出される場合がある。
- (4)取り外した施工業者等から排出されるルートでの排出も、現状かなり少ないと推察される。施工業者等が排出するのは、施工不良、製品不良等の理由によりモジュールを取り外す場合で、取り外したモジュールは施工業者等がメーカーに引き渡し、産業廃棄物の中間処理業者等に逆有償で引き渡していると思われる。
- (5)リユース業者ルートも(2)～(4)と同様に、現状かなり少ないと推察される。リユース業者に引き取られた後は、国内向けにリユースされる量は非常に少なく、東南アジア等に輸出され、海外にてリユースされているケースの方が多いと推察される。ただし、今後も海外向けリユースの需要が続くかどうかは留意が必要である。
- 現状では、(1)太陽光発電設備メーカーから排出されるルートについては、太陽光発電設備メーカーの手元で一定量がまとまるまで保管することで、効率的な運搬・処理が可能となっていると推察される。一方、(2)～(4)のルートでは、太陽光発電設備メーカーが排出するルートと比較すると量が少なく、業者単独で一定量をまとめて確保することが難しい。このため、太陽電池モジュールだけを取り出し、それに最適化された処理が行われるわけではなく、その他の排出物と同様に従来の産業廃棄物処理の流れの中で処分が行われているが、現時点で問題点等は顕在化していない。
- 将来的には、太陽光発電設備の寿命到来に伴う使用済品の排出が想定され、フロー図上では、(2)建物解体業者から建物解体等に伴い排出されるルートや(3)ゼネコン・建設事業者ルートの排出量が増えていくことが考えられる。将来の排出見込み量の変化を考察しながら、将来のフローの変化についても今のうちから検討を行い、対策の必要性等を検討しておく必要があるものと考えられる。

### 1.1.2 太陽光発電設備のリサイクル技術導入可能性に関する情報整理

リサイクル・処分にあって行う使用済太陽電池モジュールの中間処理について、本章では異なる技術を保有する3事業者（リサイクルテック・ジャパン株式会社、ハリタ金属株式会社、東芝環境ソリューション株式会社）の技術を紹介する。

当該中間処理を経て、太陽電池モジュールはアルミ、ガラス、セル、その他に分けられる。

#### (1) リサイクルテック・ジャパン株式会社の処理技術

太陽電池モジュールは積み重ねられた状態で集荷され、1セット（1パレット）で1t程度の重量となる。アルミフレームが除かれた太陽電池モジュールは1セット（1パレット）0.5t程度となる。

アルミフレーム枠外し機を使用して、アルミ枠の取り外しを行っている（油圧で内側から押し出し）。

メーカーによりアルミ枠の固定方法が異なる（ねじ止め、接着剤止め等）が、どのような形態にも対応可能。以下点が特徴。

- どのような種類のパネルにも対応が可能。
- 効率的に短時間でガラスを破碎・回収する機械となっており、ガラスが有価で回収されることを目指している。
- 以下 A、B の2つの太陽電池モジュール処理ラインを保有。

##### 1) ライン A.

- アルミフレームが取り外された太陽電池モジュールを破碎機に通し、ガラスの破碎・除去を行う。
- 一度の処理で90%程度のガラスが除去される。複数回実施し、ガラスの除去率を高める。
- ガラスが除去されたモジュール（セル・バックシート）を、三井金属鉱業等の非鉄製錬業者に販売する。
- 除去されたガラスは篩選別、風力選別で粒度を分ける（2.5-5mm、1.5-2.5mm）。



図 1-22 アルミフレーム枠外し機



図 1-23 破砕機



図 1-24 破砕機での破砕の様子



図 1-25 破砕機の全体像



図 1-26 破砕選別後のガラス



図 1-27 破砕機投入後のモジュール



図 1-28 ガラス産物の例

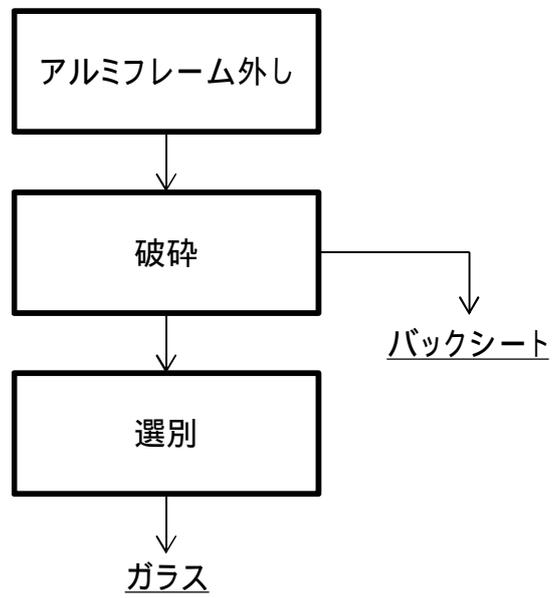


図 1-29 太陽電池モジュール処理ライン A の簡易プロセスフロー

## 2) ライン B.

- アルミフレームが取り外されたパネルを破碎機に通し、モジュールごと破碎を行う。
- 一次破碎、二次破碎（微破碎機）を経て、ガラスは45 $\mu$ mまで粉碎される。
- ガラスの受入業者の受入基準を満たすために、ガラスはさらに、超音波振動篩、風力選別を経て粒度ごとに選別される。
- また、色彩選別によってセルを分別している。



図 1-30 破碎機の全体像

## (2) ハリタ金属株式会社の処理技術

ハリタ金属(株)射水リサイクルセンターでは、太陽電池モジュールを湿式処理し、処理能力 20t/h を実現している。

### 1) 破碎プロセス

- 太陽電池モジュールは既設設備の全設備屋内型シュレッダーにより破碎される。自動車等の他製品もすべて当該設備による一律の方法で処理可能であり、鉄・アルミ、非鉄金属を始めとする多様な資源の分別に役立てている。
- シュレッダー破碎能力は 20 t/h (太陽電池モジュールを 20kg/枚とすると、1,000枚/h 破碎できる)であり、太陽電池モジュールの大量処理に十分対応できる大規模な処理能力を持つ。
- シュレッダー破碎による目切れは投入重量の 7~10%程度で、90%程度はシュレッダーダストに残りジグ式選別機に投入される。



図 1-31 ローダーでシュレッダーに投入



図 1-32 シュレッダーで破碎した後

## 2) 選別プロセス

- 過去には、重液選別装置およびレイモンドミルを使用していた
  - 重液選別装置は、選別液の媒体である磁鉄鉱が高価で、コスト高になる
  - レイモンドミルは、ガラス・シリコン・電極の選別回収が不可能で、選別能力が不足する
- 低コストかつ大量処理が可能な設備として、物質相互の比重差を利用して選別する「湿式比重選別機 (RETAC ジグ)」を導入した。  
水の隆起・沈降を繰り返し、物質の比重差による上昇速度・下降速度の違いにより、上層・下層に分離できる。
  - 比重液が水のため、低コスト
  - 選別能力は 5~10 t/h
  - 湿潤剤を利用すると、比重差 0 の物質でも精緻な選別が可能。空気過飽和の水中では物質表面の湿潤性に差を作れば、微小気泡の付着により物質の見かけの比重に差ができる。
- 選別機に投入されたうち、選別量は約 80~90% である。選別分はふるいにより 8mm オーバー、0.5mm アンダーが取り除かれた後、湿式比重選別機 (RETAC ジグ) による選別の上層分と下層分に選別される。未選別分は、選別槽内、スチープコンベア、選別機下ボックスに残るほか、コンベアからのこぼれや循環水タンクへの排出といった目切れが発生する。



図 1-33 破碎後ホッパーへ投入



図 1-34 ふるいにかけて 0.5 ~ 8mm の屑を抽出



図 1-35 ふるいで残った 8mm ~ の屑



図 1-36 湿式比重選別機 (RETAC ジグ) で選別



図 1-37 湿式比重選別機 (RETAC ジグ)



図 1-38 選別されたガラス (黒の粒子は EVA)

- 今後は以下が課題となる。
  - 選別品への電極線・鉄等、異物混入の対策
  - 選別装置の処理能力向上 (選別槽を 1 2 槽に増やし、シュレッダーの処理能力に見合う規模にする)
  - 水切りスクリーンの水切り能力の向上

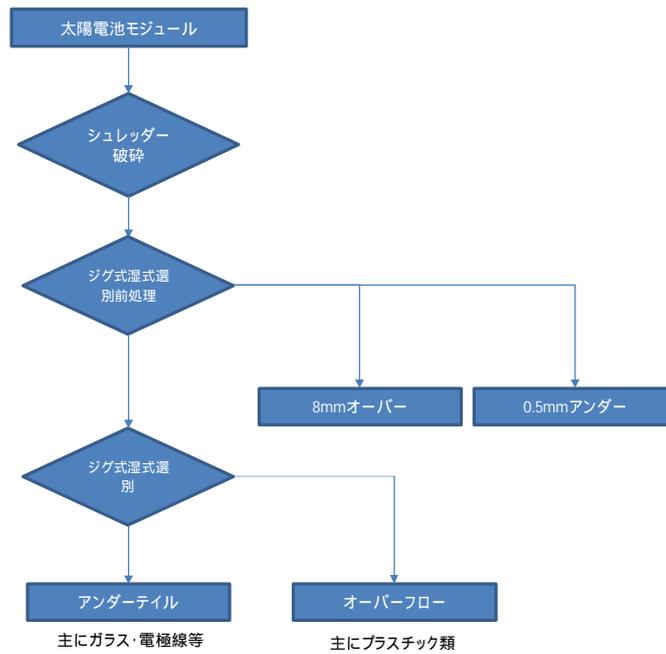


図 1-39 太陽電池モジュール処理ラインの簡易プロセスフロー

### (3) 東芝環境ソリューション株式会社の処理技術

#### 1) プロセス 1

- アルミフレーム、電流線、接続箱は手作業の工程によって、回収物 A として回収。また、太陽電池形成版は、破砕工程によって機械的に破砕され、一定のサイズの破砕片となり、回収物 B として回収。

#### 破砕プロセス(プロセス1)

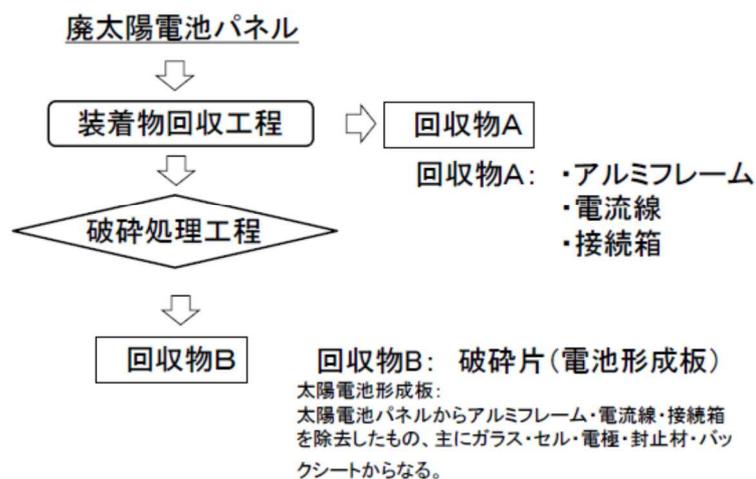


図 1-40 破砕プロセス (プロセス 1)

## 2) プロセス 2

- アルミフレーム、電流線、接続箱は手作業の工程によって、回収物 A として回収。また、太陽電池形成版は、分離工程によって機械的に分離され、ガラス基板は破碎されることなくガラス形状で回収物 C として回収される。太陽電池形成版を構成するガラス基板以外の太陽電池（シリコンウェハ）、電極、電線、封止材、バックシートは、紛体及び片状体の電池粉となり、回収物 D として回収。

### 分離プロセス(プロセス2)

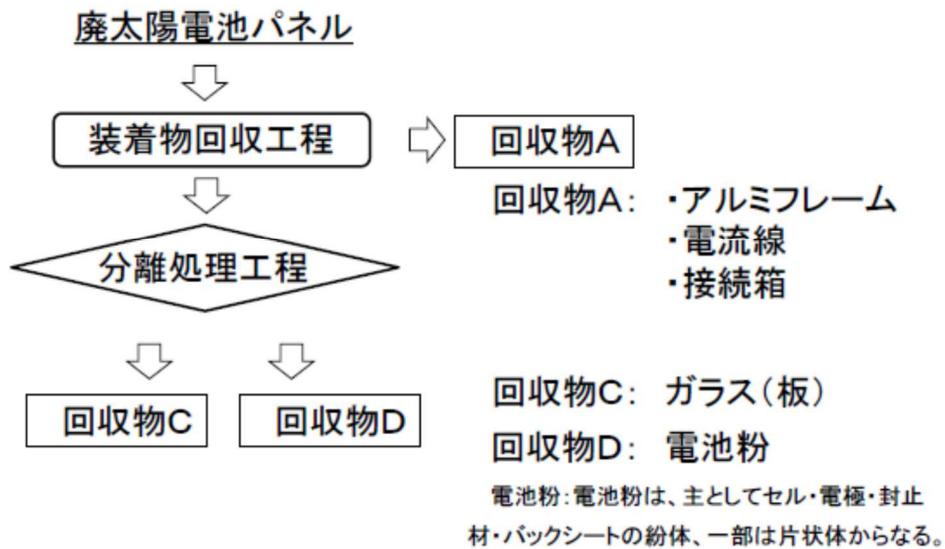


図 1-41 破碎プロセス (プロセス 2)

- アルミフレーム、電流線、接続箱は手作業の工程によって、回収物 A として回収。また、太陽電池形成版は、分離工程によって機械的に分離され、ガラス基板は破碎されることなくガラス形状で回収物 C として回収される。太陽電池形成版を構成するガラス基板以外の太陽電池（シリコンウェハ）、電極、電線、封止材、バックシートは、紛体及び片状体の電池粉となり、回収物 D として回収。
- 分離プロセスに用いる分離機器の概略を以下に示す。太陽電池形成版( )は、回転するブラシ状の回転刃( )により、切削されガラスとガラス以外に分離される。この時、ガラス以外は吸引器( )により吸引回収する。

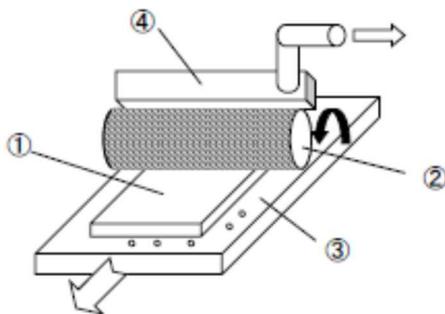




図 1-42 分離プロセス（プロセス2）の分離機器の概略とプロセスからの産物

- 本プロセスによって分離した太陽電池形成版のガラス板の一般形状を示す。太陽電池形成版のガラス板とガラス以外の形成物との分離は、太陽電池形成板に含有する資源性または有害性の物質をガラス板から分離することにより、機械的に濃縮する効果の特長としている。分離したガラス板は太陽電池パネルを構成する封止材は、かすかに残存するものの、資源性または有害性の物質は分離できる。回収したガラスは板状であることからガラス板としての再利用も期待できる。
- 本プロセスによって回収した太陽電池形成板の電池粉の一般性状を示す。太陽電池形成版のガラス板とガラス以外の形成物との分離は、太陽電池形成板に含有する資源性または有害性の物質をガラス板から分離することにより機械的に濃縮する効果の特長としている。電池粉は電池、電極、封止材、バックシートからなる。

### 1.1.3 太陽光発電設備のリユースに関する情報整理

本節(1.1.3)については、(1)リユースビジネスの現状調査(B社へのヒアリング調査)を除き、NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)「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」に関する委託業務報告書(平成26年度)の調査結果を掲載している。

#### (1) リユースビジネスの現状調査

太陽光発電設備のリユースビジネスモデルの検討にあたり、リユースビジネスの現状や中古品への関心の有無、中古品需要創出の妨げとなり得る要因等について文献調査、ヒアリング調査(2件)を実施し、具体的な内容を把握した。

##### 1) 調査結果の概要

現状、太陽光発電システムのリユースビジネスとしては、国内向け販売と海外向け販売が存在する。国内向け販売は売り先がなく、市場が小さい状況にある。一方、海外リユースは途上国を中心に需要が旺盛であり、市場が一部存在する状況。

##### 2) 調査結果詳細

#### 【A社】

##### ビジネス規模

- ・ 中古パネルの販売先はあまりない。多いのは、リサイクルの実証試験や性能評価、自然劣化等の研究用途が最も多い。それ以外には、一般家庭向けにオフグリッドソーラー(パネルとバッテリーをセットにしたもの)として販売しているものがあるが、販売実績は2~3枚/月程度である。
- ・ 現在のところ中古パネルは試験研究用への提供がほとんどである。事業としては魅力的ではないが、研究者とパネル劣化等の情報を共有できる点はメリットであると感じている。研究者から得られた情報・ノウハウは新品販売やメンテナンス等の事業に活用できている。

##### 中古パネルの調達ルート

- ・ 中古として受け入れ可能なものうち、量的に多いものはメーカーの型落ち品である。ここ数年は製品の出力向上が著しく(10W/年程度)、低出力のものは売れずに在庫となってしまう。いわゆる新古品のようなもので、複数のメーカーから引き合いが来ている。
- ・ 今年2月の大雪で架台が崩れ、パネルを総取り替えした際に不要となったパネルについても引き合いがあった。パネル自体に支障はないが、保険対象であることから総取り替えしたというケースが見られた。その場合、1サイト当たり数千枚単位で排出される。

- 豪雪等により出てくるのは海外メーカーのものであり、国産メーカー品はあまり出てこない。というのも、大雪の被害に遭ったのは、発電事業者の中でもなるべくコストを下げたい事業者が架台の耐荷重を設計基準ぎりぎりに設定しているサイトが多く、その場合にはパネルも安価な海外製が使用されるケースが多いためである。
- ・ 上記のような引き合いはあるが、需要がないために断るケースもある。
- ・ 発電事業者がリパワリングするためパネルを交換するというケースも出てきている。最近では 100～200kW のサイトで、薄膜系のアモルファスを結晶系に変更するという事例があった。
- ・ その他には建築物の建て替えに伴う排出もある。建物解体・新築の費用が大きいため、パネルが売却できて、これらの費用にいくらか充当できればということで引き合いが来る。なお、建築物を建て替える際にパネルを移設するというケースは聞いたことがない。

#### 中古パネルの販売ルート

- ・ 中古パネルの販売先はあまりない。多いのは、リサイクルの実証試験や性能評価、自然劣化等の研究用途が最も多い。それ以外には、一般家庭向けにオフグリッドソーラー(パネルとバッテリーをセットにしたもの)として販売しているものがあるが、販売実績は 2～3 枚/月程度である。【再掲】
- ・ FIT 制度のおかげで新品の太陽光発電設備の金額が全体的に減少傾向にあり、中古品のメリットが出しづらい状況になってきている。
- ・ 自社で中古パネルを使って売電事業を実施していたこともあるが、電力会社よりも電力の価格が高くなってしまったため、CSR 等の観点から価値を評価してくれるような事業者には売れなかった。なお、FIT 制度は活用していない。
- ・ 震災直後は電源の自給という気運が高かったため、オフグリッドソーラーについては今より 3 倍程度の売上げがあった。震災以前も、新品のパネルの価格が高かったこと、メーカーが 1～2 枚単位でのパネル販売を実施していなかったことから、今よりも需要はあった。
- オフグリッドソーラーについて、昔はパネルの出力が今よりも小さく、バッテリーの容量とパネルの出力の差異がそれほど大きくなかった。今はパネルの出力が大きくなっているため、バッテリー側の電圧に合わせるためのチャージコントローラーも高機能なものを使う必要があり、システム全体としても割高になっている。
- ・ 安価の中古パネルを使いたいという引き合いはあるが、新品パネルと異なり長期の出力保証が付かないためあきらめるというケースが多い。当社では自腹で 3 年間の出力保証を付けているが、それでは短いということで、ファイナンス側(発電事業に融資する金融機関等)が許してくれない。
- 3 年という保証期間について技術的な根拠はない。家電のメーカー保証(1 年)や販売店の長期保証(5 年)を参考に設定した年数である。

- 当社としても、より長期の保証を付けるため保険会社と話をしたことがあるが、保険会社が納得するような技術的な裏付けがないため、相手にされなかった。
- 中古品についても何らかの保証を付けることができれば、今よりも販路は拡大すると考えるが、保険会社が納得できる理由が必要となる。

#### 需要創出に必要な事項

- ・ 保険会社やファイナンス側に納得してもらえるような品質保証に関する技術的な裏付けが必要。自動車の車検制度のような信頼性の高い保証の仕組みが参考になるのではないかと。国がお墨付きを与えるような信頼性確保の仕組みが必要。
- ・ 中古パネルの場合、使用開始から数年経っているものが多く、むしろ初期不良がなく一定の発電実績を有する(ある種のスクリーニングがされている)というプラスの側面もあるが、そのような点は評価されていないのが現状。
- ・ 今後、FITで発電事業を開始したサイトが、何らかの理由(例えば地権者との関係悪化や想定よりも収益が上がらない等)により事業中断・撤退するようなケースも出てくると思われる。そのような場合に、パワコンやキュービクルについては必要な修理や新品への交換をした上で、サイト丸ごと買い取ってリユースすることも考えられる。
- 発電事業開始から10年ほど経過するとパワコンやキュービクルが不調となることが予想される。その場合に、それなりの費用を支払ってこれらの修理をするか、事業そのものを辞めるかという判断を迫られるようなケースも出てくると想定される。後者の場合、サイトごとリユースの対象となりうる。
- ・ 住宅用については一部が故障してしまい、新規の調達が必要になった場合に、中古パネルを使いたいというニーズや増設時に使いたいというニーズはあるが、今のところはあまり使われていない。
- ・ リユースパネルを設置する際には故障等に備えて予備品を確保しておくケースが多い。理想的には設置場所の近隣の施工業者等でストックできるとよい。
- ・ 中古パネルの価格については、新品の半額程度を想定している。いろいろな条件が揃って、ある程度の効率化が図られてようやくペイする水準である。

#### 需要創出の妨げとなり得る要因

- ・ 自己資本で発電事業ができる事業者(かつ出力モニタリング等のメンテナンス技術を多少有した事業者)はファイナンス側の理解を取り付ける必要がないため、中古パネル使用のメリットが大きいと思われる。
- ・ パワコンとパネルとの相性問題はそれほど深刻ではない。むしろ他のパネルとの出力差が問題となる。発電差が大きいとバイパスダイオードがパスされてしまい発電されなくなる。また、電流が一定量流せないとその部分が律速となってしまうホットスポットが生じるため、結果としてパネルの寿命が減少する。このような話はシミュレータ等により論理的に解明できている。技術的には、そこまで大きな問題ではないが、パネル1枚単位よりも、アレイ単位で使うことで、より安心して使用する

ることができるのではないか。

- ・ 制度としての阻害要因はない。当社では古物商の免許を有しているが、より収集範囲を広げるために産廃の許可の取得（もしくは許可を有した業者との連携）も検討している。
- ・ メガソーラーの修繕用に中古パネルを使うことも想定されるが、異なる型番や出力のパネルを混在させることについて、まだ十分な信頼が得られていない状況である。この点については産総研や大学での研究が進められている。

➤ その利用を進める上でも何らかの品質基準や保証の仕組みが必要と考える。

ビジネスモデル成立のための KSF（キーサクセスファクター）

- ・ 中古パネルの需要創出にはファイナンスが鍵になると見ている。ファイナンスが不要（金融機関の融資を受けずとも発電事業が可能）な案件については、中古パネルが入り込める余地がある。一方、ファイナンスが必要な案件については、金融機関等に信用してもらうための何らかの基準や証明が必要となる。認証機関に関する基準と製品に対する基準の2つが必要と考える。
- ・ 住宅用についてはその他周辺機器（BOS：Balance of System）が新品を使用する必要があること、パネルの枚数が少ないことから価格メリットを出せない。また、屋根の形に合わせてパネルの形状や架台もそれに応じた形を用意する必要があり、高コストとなってしまう可能性がある。

## 【B社】

- ・ 最近2年間の間に太陽電池モジュール80,000枚を回収。そのうち半数程度は今年2月の大雪の際に使用不能となり、排出されたものである。残りは初期不良や施工不良等を引き取っており、現時点では、使用済の太陽電池モジュールを引き取った例は少ない。
- ・ 太陽電池モジュールの引取元は、メーカー、工事業者、保険会社、リース・レンタル会社等である。全て当社が購入する形で引き取っている。購入金額は太陽電池モジュールの状態によって異なっており、最低1枚1円から数千円まで幅がある。
- ・ 国内で回収した太陽電池モジュールは、割れていて明らかにリユースできないものについては、大阪と川崎にある当社の工場内倉庫に持ち込む。同工場にて、最初にアルミフレームを手作業で取り外し、アルミとして売却する。ガラスやセル等の残ったものは、焼却処理（非鉄製錬）を行い、有用金属を回収している。セルには銀が使用されており、焼却後に残った銀を売却している。焼却は系列会社にて実施している。銀以外は、路盤材の原料等に使用されていると聞いている。電源ケーブルは銅として販売している。
- ・ 太陽電池モジュールのうち、割れていないものについては、全て中国に輸出している。コンテナに太陽電池モジュールを詰め込み、海上輸送している。効率的に輸出するため、ある程度の枚数になるまで保管し、まとめて輸出している。中国に輸出後、系列工場に持ち込み、検査を実施している。

- ・ フラッシュテスト等を実施し、全数検査を行い、リユース可能な出力のものとして仕分けを行う。リユースが不可能なものについては、上記の国内処理と同様の処理を中国にて実施する。
- ・ リユース可能なものについては、リユースのための整備を行う。具体的には、フレームが曲がったものは新たなフレームに付け替える。また、出力が低いものは、修理が可能であれば修理を行う。修理ができないものは多少出力が低くてもそのまま出荷している。
- ・ フラッシュテスト等の結果 5 ランク程度に太陽電池モジュールを仕分ける。 ランクは出力で決めており、一般的に使用年数が長いモジュール程出力も低くなっている。
- リユース品の検査としては、まず、外観検査を行い、フレームが曲がっていないか等の確認を行う。次にフラッシュテストを行い、出力の測定を行う。出力でランク分けを行い、輸出先と金額を変えている。
- 太陽電池モジュールはおおよそ 1 年間で 0.4% 程度出力が落ちると言われている。
- リユース品には保障はつけていない。ただし、初期不良のみ交換している。
- ・ 整備した太陽電池モジュールはリユース品として中国から輸出する。 輸出先は、バングラディッシュ、ミャンマー、ドバイ、マレーシア 等である。ドバイについては、ドバイからパキスタン、イラン、イラク等に再輸出されていると思われるが、当社ではドバイまでの輸出しか把握できていない。当社では従来事業のためにバングラディッシュ、ミャンマー、ドバイに事務所を設置しており、従来事業で開拓したルートを活用して太陽電池モジュールのリユース先も開拓している。
- 輸出先では系統連系するわけではなく、独立電源として使用されることが多い。
- ミャンマーでは国や国会議員が買うケースが多い。また、企業のオーナー等からの引き合いも多い。電気が届いていない地域への寄付等が主な目的と聞いている。
- バングラディッシュでは中古家電店等に出荷し、そこから一般世帯に販売されている。
- マレーシアは出力の高いものを出荷する必要があり、ミャンマーは発電できれば問題ない。
- ・ 輸出先では、太陽電池モジュール、バッテリー、パワコンのセットで出荷しており、設置すればすぐに発電する形にして販売している。
- ・ 輸出先では、新品が買えない人向けに販売していると聞いている。現在、東南アジア ではリユース品の需要は旺盛で、リユース品があればあるほど売れると聞いている。ただし、今後、東南アジアも経済成長していくため、今後も同様にリユース品が売れるとは考えていない。 リユース品が売れなくなる将来を想定して、国内リサイクルの効率的な方法を社内にて研究開発中である。FIT 終了後の今から約 20 年後には膨大な量の太陽電池モジュールの排出が予想されるため、それに併せて事業展開を検討している。

- ・ 国内でのリサイクル拠点として、現在の大阪、川崎に加え、仙台に拠点を作ろうとしている。
- ・ 研究開発については、具体的には効率的に太陽電池モジュールに使用されている有用な部材の取り出し方を研究している。これまで2年程度をかけて研究開発を行っている。メーカーや種類によっても部材の回収量が異なることが分かってきており、メーカーや種類別にデータベースを構築している。
- ・ 太陽電池モジュールだけでなく、その他太陽光発電を構成するその他周辺機器（BOS：Balance of System）についてもリサイクルを行っている。
- 架台は、鉄やアルミの場合がある。鉄の場合は単価が安いので、鉄だけをヤードに集めて一定量集めた後に中国の天津に鉄スクラップとして輸出している。1回の輸出量は1,000トン程度である。一方、アルミについては、アルミスクラップとして国内のアルミ製錬メーカーに売却している。
- ケーブルは、銅として販売している。銅線の太さで前処理を変えており、銅線が太いものについては自社工場で被覆線をはぎとり、銅線として売却している。銅線が細いものは被覆線が付いた状態で売却している。
- パワコン等の機械類は解体している。使用できるモータは中古市場に売却している。基板は非鉄製錬所に売却している。
- ・ メガソーラー発電所にてリサイクルできないものは基礎として使用しているコンクリートのみである。コンクリートは処分費用がどうしても必要となる。

## (2) 他の製品分野におけるリユースビジネスの実態調査

太陽光発電設備のリユースビジネスモデルの検討にあたり、リユースビジネスが成立している他の分野における状況について文献調査・ヒアリング調査（3件）を実施し、成立条件等の具体的な内容を把握した。

### 1) 調査結果の概要

リユースビジネスが成立する条件として、主要なものは以下のとおり。

- 需要と供給があること
- 供給側のコスト < 販売額が成立すること
- 中古品と新品の価格差が大きいこと。
- 買取が可能なものの量が多いこと
- 耐用年数が一定以上あること
- 中古品のニーズがあること
- 調達した中古品をキャッシュ化できるルートがあること
- 査定ができること
- 法的規制等がないこと
- 単価が極端に安いものでないこと

## 2) 調査結果詳細

### 【業界団体 A】

#### 現在成立しているリユースビジネスモデルについて

- ・ ほとんどの商材でリユースビジネスは成立しているが、製品の特性や法令等により成り立たないビジネスも存在する。
- ・ また、国内流通と海外流通では以下のような特徴がある。
  - 国内流通：比較的年式の新しいもの
  - 海外流通：比較的年式の古いもので安価なもの
- ・ 太陽光発電システムを考えると、従来の設備機器のリユースビジネスが近いと考えられる。家庭用の設備機器はリユースされているケースは少なく、設備機器については業務用が中心。例えば、厨房機器等が挙げられる。家庭用での類似製品としては、エアコンをあげることができるか。
  - 家庭用の場合、排出のきっかけが必要となる。例えば、ピアノは家の中にあって大きくて邪魔になるから排出される。携帯電話のように邪魔にならないものは退蔵されてしまう。
  - 業務用の太陽光発電設備の方がリユースビジネスの検討対象としては望ましいかもしれない。
- ・ マーケットとして開拓しやすいのはリユース品の売り手と買い手が一致しているケース。太陽光発電システムも売り手と買い手が同じケースを想定しながらリユースビジネスを検討する方が効率的と考える。
  - 売り手と買い手が一致（例：ブックオフ等）
  - 売り手と買い手が違う（例：企業から PC を買い取り、消費者に販売等）

#### リユースビジネスモデルを成立させるために必要な事項・条件について

- ・ 需要と供給があり、「供給側のコスト < 販売額」という商売として成り立ち、法的規則がなければ成立すると考える。
  - 製品としてマーケットに流通しているものでしか成り立たない。
  - 商品・製品特性により流通形態・事業形態・ビジネスモデルは大幅に変化。
- ・ リユースビジネスが成立しない事例としては以下が挙げられる。
  - 法律の規制があるもの（コピー品、医療器具）
  - 物品の排出がないもの（供給がないと成立しない、新品が流通していることが条件）
  - 需要のないもの（需要がないと成立しない、価格や製品特性に大きく需要が変動すると考えられる）
  - 仲介の収益が確保できないもの、単価が極端に安いもの、リユースとして再生するコスト・運搬コスト・販売コストなどが、単価を下回らないこと（赤字ではリユース対象とはならない）

- 商品の状態が悪いもの（廃品、再生できないものは基本的にリユースできない）
  - ・ 需要がないものの例としては以下が挙げられる。
- 利用できない製品（昔の規格の携帯電話、アンティークやコレクションものとしては流通の可能性有）
- 製品規格が変わってしまうとリユースすることができなくなってしまう。リユースを拡大したいのであれば新品の製品設計も考慮していく必要がある。太陽光発電システムに今後技術的なイノベーションが起こることが想定されているのであればリユースには向かない（リユースは不可能である）こととなる。
  - ・ リユースビジネスを成立させるためには製品の特性を見極め、ビジネスモデルを構築することが必要である。
- 製品特性としては、製品のサイズ、重量、寿命、排出条件等を考慮する必要がある。
- 太陽光発電システムは物流コストが大きくなるイメージがある。また、単価もある程度安くなることが想定されるため物流コストを多くはかけられないはずである。
- 物流コストを考えた場合、長い距離は運ぶことができないと考える。物流の距離という意味では、くず鉄等の回収ビジネスに近いのではないかと。

#### 太陽光発電システムのリユースビジネス創出のために必要な事項について

- ・ 上記の通り、リユースビジネス創出のためには現在市場に流通していて、排出が一定程度存在することが条件となる。このため太陽光発電システムについては、現在の排出量が少なく、中古品の供給ができないため、直近のマーケット創出は困難ではないかと考える。ただし、需要側については海外等をはじめとして一定程度はニーズがありそうなので、供給体制を整えば検討は可能かもしれない。
- 新規参入するプレイヤーとしては、太陽光発電システムのメーカー、施工業者、ハウスメーカー等が考えられる。現在新品の太陽光発電システムを取り扱っている事業者が、中古品も取り扱うことがやりやすいのではないかと。
- 太陽光発電システムを下取りするような形になれば、メーカーと使用者を仲介しているような業者（販売店等）も候補となり得る。車の下取りのようなイメージが近いかもしれない。価格競争がより熾烈になれば可能性は出てくる。
- ・ 太陽光発電システムのリユースビジネス創出のために必要な事項としては以下が挙げられる。まずは十分な需給市場が成立することがリユースビジネス創出の要件となるのではないかと。
- 製品の寿命前に商品が排出されること
- 消費者にとって新品を買うよりも魅力的な価格と十分な性能が期待できること
- 製品の発電効率が下がらないような商材、寿命が長い商材が開発されること
- 助成金や排出の促進を国、自治体が推進すること
- ・ リユース業者とメーカーが連携して、補修部品としてリユース品を取り扱うことも考えられるかもしれない。
- ・ 太陽光発電システムは日照時間の影響を受ける点や、長期間使用すると発電効率が

低下する等の製品特性であるため、リユースビジネスを考えるのであれば、海外へのリユースの方がなじむのではないか。

- ・ 太陽光発電システムについては、パワーコンディショナーが必須となる。パワーコンディショナーの寿命は太陽電池モジュールよりもかなり短く(7~10年程度と言われている)高価である。パワーコンディショナーが使用者負担の契約であれば、リユース市場の創出可能性があるのではないか。
- ・ メガソーラーの建設・運転開始に至っていない事業者が、買い取り価格が下がったことにより、採算ベースとなくなくなり、準備した太陽電池モジュールを廃棄するようなことは考えられないか。
- ・ いわゆる「B級品」の市場ができる可能性もあるのではないか。発電効率の低い太陽電池モジュールを海外市場に輸出することも考えられるのではないか。
- ・ 排出する際に取り外しコストがかかることが想定されるため、住宅にのせたままとなるケースも出てくるのではないか。
- ・ リユース業者としては設置や取り外しが必要であること等、手軽に始められそうな種類の製品ではない。また、今後将来的に新品の太陽電池モジュールの価格が下がるのであれば、リユースではなく、きちんとリサイクルできるような体制を整えるべきかもしれない。
- ・ 設置や撤去にコストがかかることを踏まえれば、太陽電池モジュールとしてのリユースではなく、太陽光発電システムが設置された建物としてリユースしていくような考え方もありえるのではないか。

#### 【業界団体B】

現在成立しているリユースビジネスモデルについて

- ・ 一般的に、リユースビジネスは、新製品が高くて買えない人のために安価な中古品を販売することで成立しているものである。新製品と中古品の価格差や買い手の所得差が存在している状況にあれば、リユースビジネスはどんな製品でも成立することとなる。

太陽光発電システムのリユースビジネス創出のために必要な事項について

- ・ 太陽光発電システムのリユースが必要な条件を考える必要がある。例えば、いざという事態に備えるための非常電源としての使い方が考えられるのではないか。
- ・ 太陽光発電システムの設置に係る費用は、新品も中古品も大きく変わらないため、新品と中古品について、太陽電池モジュールの価格差が存在する必要がある。新品の設置時のノウハウ等を活用して、中古品の設置時のコストを下げていくような試みが必要ではないか。
- ・ 太陽光発電システムは部品数が少ないと考えられるため、部品数の少ないリユースビジネスが参考となるかもしれない。
- ・ 自動車のように、新品と中古品で2つの価格帯が存在するような状況となることが

新品にとっても中古品にとっても望ましい。新品は、中古品と競争する必要がないため、必要以上に価格を下げる必要はなくなる。また、中古品も新品と明確な価格差があれば、対象性能が悪くても価格差で勝負することができる。新品の相場がある程度固まれば、中古品相場も固まってくるのではないか。ただし、そのためには中古品市場が何等か創出されることが必要である。ただし、個別の業者がバラバラに価格を決めてしまうと相場が固まらないため、業界が介入することで業者間の相場の摺合せを行うことが重要となる。業者間の摺合せについては、業界団体 B がお役に立てることもあるものとする。

- ・ 太陽光発電システムメーカーの OB をリユースビジネスのために再雇用するような取組も検討できるのではないか。リユースは新たな雇用を促進する可能性がある点にも注目してもらいたい。
- ・ 太陽光発電システムメーカーとしてもリユースビジネスに関与することでメリットとなる点があるかもしれない。適正なリユース業者と組むことで、新たな販路の開拓が望めるのではないか。

#### 業界団体 B にて検討中のビジネスモデルについて

- ・ 業界団体 B でも太陽光発電システムのリユースビジネスの検討・準備中である。X 社から太陽光発電システムのリユースビジネスについて相談を受けている。
- ・ X 社が引き上げたものを修理して販売することをイメージしているらしい。太陽電池モジュールだけでなく、パワコンのリユースも検討しているとのことである。パワコンも修理して販売することが十分に可能であり、また、モジュールと違って性能が劣化することも少ないそうである。このため、太陽電池モジュールだけでなく、太陽光発電システム全体としてのリユースを検討中と聞いている。これまでの太陽光発電の施工実績により、太陽光発電システムのどこに故障が多いか等のノウハウは蓄積されてきていると聞いている。そのノウハウを用いてビジネス化を目指しているとのこと。
- ・ 業界団体 B としては、X 社が引き取った太陽光発電システムに現在開発中のトレーサビリティシステム(カメレオンコードによる管理)を搭載することで、中古太陽光発電システムのトレーサビリティが可能な状態とすることを目指している。
- ・ 業界団体 B として家電製品のリユースのお手伝いをしているコジマからも太陽光発電システムについて興味がある旨、聞いている。太陽光発電システムの付け替えも一部考え始める事例も出てきているようで、太陽光発電の引取・リユースの在り方を検討中と聞いている。
- ・ ビジネスモデルとしては、X 社が引取り、メンテナンスを行い、中古品で販売できる形とする。その後、業界団体 B が引取り、トレーサビリティ可能な状態とし、業界団体 B 加盟の中古品販売店にて中古の太陽光発電システムとして販売することを検討している。業界団体 B が途中に入ることによって中古品の一元管理が可能となることが特徴である。

- ・ 来期から具体的に動き出すことを想定しており、現在、メンテナンスの場所やモジュールの性能確認方法等の検討中である。中古品業界では良くある話であるが、2個1(2つの製品の使える所から1つの完成品を作ること)ができるのか、できないのか等の検討を行っている。また、リユースできないものについては資源としての有用性があるのか、ないのかについても検討を行っている。資源として有用であれば、積極的にリサイクルを行いたいと考えており、リサイクルについては検討を開始できていないが、今後、考えていきたい。

#### その他

- ・ 太陽光発電システムは輸送時にコストが結構かかるのではないかと考えている。輸送コストが高い場合、廃掃法を気にする必要が出てくるのではないか。

### 【C社】

#### 太陽光発電システムの中古ビジネス実態について

- ・ 太陽光発電システムの中古ビジネスのプレイヤーとして知っているのは、ネクストエナジー・アンド・リソースと浜名楽器である。
- ・ 浜名楽器は中古ピアノ輸出の国内最大手の企業であり、楽器だけでなく大きいものや重いものも取り扱っている。太陽電池モジュールの取扱も開始したと聞いている。

#### リユースビジネスの成立要件

- ・ リユースビジネスの成立要件には以下を挙げることができる。
  - 中古品と新品の価格差が大きいこと。
  - 買取が可能なものの量が多いこと
  - 耐用年数が一定以上あること
  - 中古品のニーズがあること
  - 調達した中古品をキャッシュ化できるルートがあること
  - 査定ができること
- ・ 査定については、類似のビジネスモデルが広がり、競合が出てきた際には特に重要になる。残存年数等で品物の価値を査定できることが必要となる。中古品の裾野を広げる意味では、シンプルで誰でもできるような査定方法があることが望ましい。一方、ブランド品等、誰でも査定ができるようなものではない商材については、査定ノウハウを有する人が、査定システムや鑑定システムを作り上げ、そのシステムを売ることでビジネスとしているケースもある。
- 太陽光発電システムも再商品化にノウハウが必要であれば、査定を行うビジネスが出てくるかもしれない。
- ・ リユースビジネスの利益は以下の構造となっている。売価と買取価格、再商品化費

用、物流費用のバランスがリユースビジネス成立の条件となる。これ以外には販促費用等が必要となるが最小限に抑える例が多い。

- 利益 = 売価 - 買取価格 - 再商品化費用 - 物流費用

#### 太陽光発電システムのリユースビジネスを検討する上での課題等

- ・ 太陽光発電システムの場合は、物流費用が課題となるのではないかと。また、単に運搬するだけでなく、施工が必要であることも課題となるはず。
- ・ 太陽光発電システムの再商品化には、どの程度の費用が必要なのか。売値とのバランスに見合うようなものとなっていることが必要。
- ・ 太陽光発電システムのリユースは個人的には非常に困難と考える。最も大きな課題は買取が可能なものが本当に排出されるのかという観点である。住宅用を考えた場合、住宅の解体時以外に太陽光発電システムを取り外すことは想定されるのか。疑問である。
- 住宅の解体・リフォーム等の機会の他に、太陽光発電設備を撤去する必要があるケースはあるのか。必要性がなければそのまま放置されるのではないかと。
- 放置していても困らないのであれば、買取価格がある程度高いことが排出の条件となる。
- 不要となるケースが多いこと、取り外して欲しいニーズが大きいことがリユースビジネスのスタートしやすい条件となる。
- ・ 排出を促すためにも、買い替えを促進するような施策が必要かもしれない。例えば、将来的に発電効率が高い太陽電池モジュールが登場し、買い替えることで更にお得になるといった流れになれば中古品の数も集まるのではないかと。
- ・ 海外輸出を考えるのであれば、太陽光発電設備を構成する部品には電気電子機器も含まれるため、輸出基準の緩和が必要かもしれない。環境省が発行している中古品判断基準では、中古の太陽光発電設備はどのような位置づけとなっているのか。確認が必要かもしれない。
- ・ リユース業界は常に新しい商材を探してはいる。金・プラチナ商も新たな商材を探している。太陽光のリユースビジネスの可能性を宣伝すれば、検討する業者が出てくるかもしれない。
- ・ 1台1台個別に排出されてしまうと物流効率が悪くなってしまふ。例えば自治体が回収ポイント等を設置して、そこまで運搬してもらうようにして、ある程度量を集約することが必要かもしれない。

#### 類似のビジネスモデルについて

- ・ 中古エアコンのビジネスモデルとは類似性があるかもしれない。中古エアコンの大手としては、シー・アイ・シーが挙げられる。シー・アイ・シーは、中古家電製品を主に取り扱っており、製品の他に部品単位でも保管していると聞いたことがある。

- ・ エアコンの他に、太陽光発電システムと類似の形態のリユースビジネスとしては、施工が必要であるものが挙げられるのではないか。
- ピアノ等の大型楽器：運搬が大変、調律等の再商品化ノウハウが必要
- 厨房機器：施工が必要、運搬が大変、再商品化ノウハウが必要
- パーテーション：施工が必要。株式会社ネゴシエーターが大手。全国の施工業者をネットワーク化しており、中古パーテーションの買い取り・販売・施工を実施。
- 福祉機器（介護用ベッド等）：運搬が大変、再商品化ノウハウが必要
- 医療機器：再商品化ノウハウが必要
- ・ 太陽光発電システムのリユースビジネスを考える場合、施工業者の役割が重要ではないかと考える。施工業者が自らリユースビジネスを検討することや、施工業者のネットワーク化が求められるのではないか。
- ・ メーカーの協力を得られることも重要と考える。メーカーの関与がないとビジネスモデル化は難しいのではないか。
- ・ ブックオフの子会社のハグオールは、全てのものを買い取りリユースすることを企業理念としている。消費者だけでなく、企業も対象に買い取りを行っている。このような企業がメーカーと組むことで再商品化ノウハウを得ることができれば、ビジネスモデル化ができるのではないか。
- ・ メーカーの協力が得られた例としては、福祉機器の中古専門会社であるリバリューパートナーズが挙げられる。介護用ベッドメーカーであるパラマウントベッド、車椅子メーカー大手の松永製作所、日進医療器が資本参加しており、部品やメンテナンスノウハウの提供を受けている。豊田通商を通じてアジア市場へのアプローチも実施。
- ・ 国が太陽光発電システムのリユースについて調査を行っていることをアピールしてはどうか。国が積極的に取り組もうとしていることを知ることでビジネス化に興味を持つ人が出てくるのではないか。

### (3) リユースビジネスの可能性検討

(1) 及び(2) の調査結果を踏まえてリユースビジネスモデル(案)の仮説を複数パターン作成し、具体的なビジネスモデルを整理した。

リユースビジネスモデル(案)の検討にあたりヒアリング調査等を踏まえ、太陽電池モジュールの調達元、リユースビジネスの担い手(収集運搬・メンテナンス)、太陽電池モジュールの売り先を表 1-7 の通り整理した。

表 1-7 リユースビジネスモデル（案）を構成する要素ごとの可能性

構成要素		可能性
調達元		ユーザー（住宅）、ユーザー（非住宅）、解体業者、メーカー、その他（リース・レンタル業者、保険会社等）
リユースビジネスの担い手	収集運搬	個別、集約
	メンテナンス	国内、海外、現地、建物・サイト毎
売り先		国内、海外、メンテナンス・交換

整理結果を踏まえ、リユースビジネスモデル（案）の仮説を以下に示す。

### 1) 国内リユース

- 現状では売り先がないため、リユースビジネスは成立していない。また、メンテナンスのための機材のインシヤルコストが高いため、一定量の需要と供給が見込めない限り機材への設備投資は難しく新規参入のハードルは高い。
- 一方、調達元を考えた場合、現状でも一定量は発生しているため一箇所では数が少ないため効率的に集めることができれば数の確保は可能。今後は販路の拡大が必要。何らかの保証をつけ、かつ、需要に合った価格で提供することができれば拡大する可能性あり。

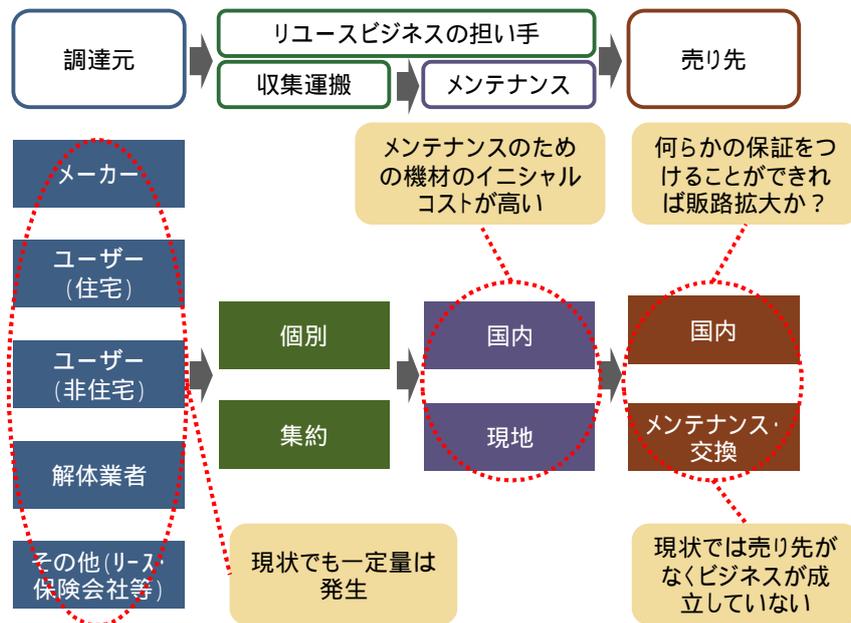


図 1-43 国内リユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

### 2) 海外リユース

- 個人向けに流通している例は認められ、輸出先では系統連携するわけではなく、独立電源として使用されることが多い。
- メンテナンスを海外で実施することで、メンテナンスコストの低減も可能となる。
- 中古家電店等に出荷し、そこから一般世帯に販売される場合もある。

- ただし、いつまでも東南アジアの需要が続くことはなく、東南アジアも徐々に中古品から新品へのニーズが高まることが予想される。
- なお、リユースに適さない設備がリユースを名目に輸出され、処分されることが起らないよう、環境省が2012年に「使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準」を策定している。太陽光発電設備は明示的に対象とされていないものの、輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望ましいと考えられる。

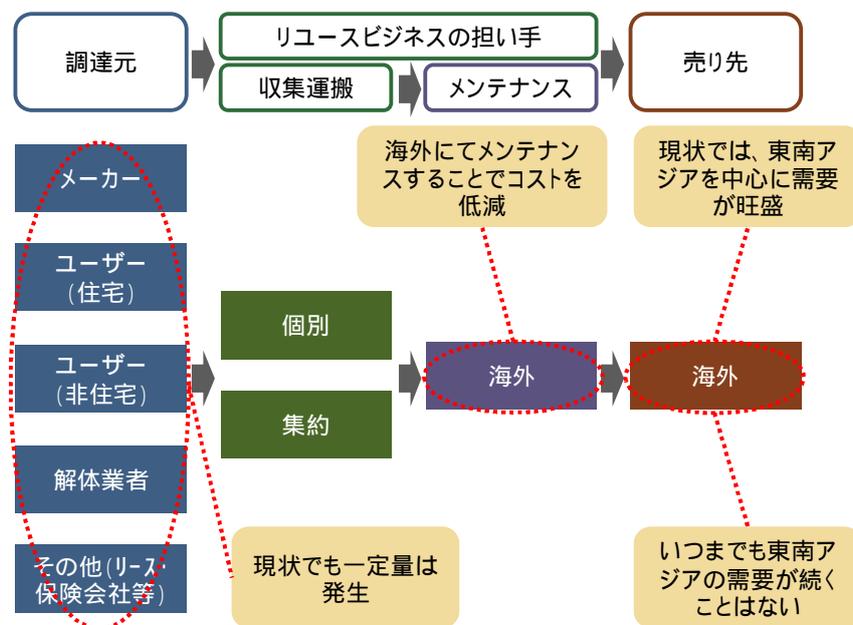


図 1-44 海外リユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

### 3) メンテナンス向けリユース

- 太陽光発電の急速な導入量の拡大により、今後メンテナンスの頻度は高まる見込み。メンテナンス時の交換の際にリユース品のニーズがあれば、メンテナンス向けリユースビジネスモデルの成立が考えられる。
- リユース品のニーズの有無の確認に加え、部品によってはメーカー・型番等の管理が必要と考えられる。太陽光発電の急速な導入量の拡大により、今後メンテナンスの頻度は高まる見込み。

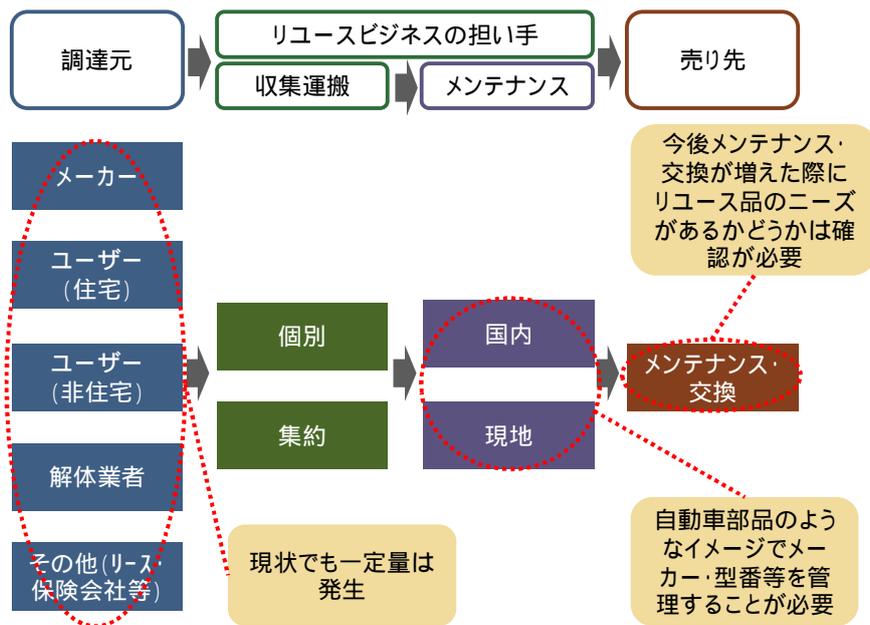


図 1-45 メンテナンス向けリユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

#### (4) 中古パネルの経済性評価のための基礎データの収集

中古パネルの経済性評価の手法を検討するために、文献調査・ヒアリング調査（2件）を実施し、中古品として出荷するために必要な事項及びその実施にあたってのコスト等を把握した。また、その他追加的に必要となるコストがあれば併せて情報を収集した。

##### 1) 撤去・運搬に係るコストデータの収集

###### a. NEDO：平成 26 年度「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」

NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）が実施している平成 26 年度「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」において「使用済み太陽光発電システムのリサイクル処理を安定的に実施するための課題調査」及び「廃棄物として排出される太陽電池モジュールの効率的な回収システム及び、分別に関する調査／検討」では、太陽光発電設備の撤去・運搬に係るコストデータを収集している。

###### b. 環境省・経済産業省：使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する調査結果（平成 26 年 3 月）

平成 25 年度に環境省・経済産業省が実施した調査結果によれば、使用済太陽光発電設備（住宅用）の撤去コストは下表の通りである。なお、表 1-8 に示す撤去コストは、使用済太陽光発電設備 1 件（およそ 4kW/件）を撤去する際に必要となるコストを示している。

表 1-8 使用済太陽光発電設備（住宅用）の撤去コスト

分類	撤去コスト	備考
建物解体業者	8.9 万円 / 件	建物解体業者に対してアンケートを行い把握した撤去コストの平均
施工業者	18.9 万円 / 件	施工業者に対してアンケートを行い把握した撤去コストの平均

出所) 環境省・経済産業省：使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する調査結果（平成 26 年 3 月）

## 2) メンテナンスに係るコストデータの収集

ヒアリング調査によれば、中古パネルのメンテナンス等に必要なコストは表 1-9 のとおりである。

表 1-9 中古パネルのメンテナンス等に必要なコスト（調達以降の流れ）

項目	内容	費用	
		イニシャル	ランニング
パネル洗浄	検査前にパネルの洗浄を実施	-	パネル 1 枚あたり 5 ~ 10 分程度
絶縁検査	ドライ検査と湿潤検査がある。湿潤検査では水中に入れて漏電の危険性がないかを確認する。	検査機器：数万円	パネル 1 枚あたり 1 分程度
出力検査	IV カーブにより出力特性を確認	検査機器：1,000 万円程度	パネル 1 枚あたり 1 分程度
EL カメラ検査	赤外線を使って測定し、パネル中の異物やバイパスダイオードのショートがないか等をチェック	分析機器：100 ~ 200 万円程度	パネル 1 枚あたり 1 分程度
バイパスダイオード検査	バイパスダイオードが切れていないかを確認	分析機器：数万円	パネル 1 枚あたり 1 分程度
外観検査	外観のこげ、キズ等を確認	-	パネル 1 枚あたり 1 分程度

### 【ヒアリング結果】

中古パネルの性能等評価のために実施すべき事項

- ・ 当社では、品質試験として、認証機関が実施するものに加えて、塩水試験等も実施

できる体制にある。

- ・ 中古パネルについては、試験をクリアした製品であるかを型番/シリーズで確認している (個々のパネルについて確認するわけではなく、製品シリーズとしてどの試験を受けているかという情報を確認する)。
- ・ 中古パネルの品質試験としては、主に以下の5点を実施している。

絶縁検査：ドライ検査と湿潤検査がある。湿潤検査では水中に入れて漏電の危険性がないかを確認する。検査機器は数万円で購入できる。

出力検査：IVカーブにより出力特性を確認する。その上で基準条件に焼き直して出力をkWで表現し、元の出力から何%低下しているかを確認する。検査機器は高価であり1千万円程度する。国内の検査機器メーカーが事業から撤退してしまったため、機器の価格がなかなか下がらない状況となっている。メンテナンス用に安価な機器(100万円程度)も出ているがグリッド単位で出力にがたつきがないかを確認することしかできない。

  - 検査機器は国内については、1社にて国内シェア約95%を占めており、国内の太陽電池モジュールメーカーには同様の機器が入っている。
  - 分析にあたっては、太陽電池モジュールに太陽光と同じ波長の光を均等に当てる必要があり、本機器は、太陽光の強さの違いも調整することができる(例えば、晴れの日、くもりの日、雨の日の太陽光の強度等を調整可能)。強さを調整することにより、太陽光の強さによる発電性能の劣化等を発見することができる。
  - 本機器は、全てのモジュールタイプに対応しており、試験対象の特性(電圧、電流、電力)を測定する。再現性試験結果は、JIS基準の誤差±2%以内である。

ELカメラ検査：赤外線を使って測定し、パネル中の異物やバイパスダイオードのショートがないか等をチェックする。分析機器は安くなってきており、100~200万円程度で購入できる。

バイパスダイオード検査：バイパスダイオードが切れていないかを確認する。分析機器は数万円で購入できる。

外観検査：外観のこげ、キズ等を確認するが、発電能力に影響がないものであれば問題ないとしている。
- ・ このような試験結果に加えて、使用履歴等も見ながらパネルの品質を評価している。
- ・ 重量やサイズはあまり気にしないが、トラックに何台積めるかという点では非常に気にしている。
- ・ 新古品については検査しないケースが多い。

#### 中古パネルの性能等評価のために必要なコスト

- ・ 検査を行う前にパネルの洗浄を実施する。その後、1枚単位で、絶縁検査、出力検査・・・という形で検査を進めていく。各検査は1工程1分程度で実施できる(必要ならラインも組める)が、洗浄については人手で1枚あたり5~10分程度を要するため、コストアップの要因となっている。ただし、洗浄には、高い能力は求められないため、なるべく安価な人件費にて対応している。

- ・ 検査結果以外の情報としては以下の点に着目している。
- 地域：塩害がない地域か、汚れやすい地域か
- 設置場所：屋根か地上か。撤去は誰がするのか
- メーカー名・型番：特定メーカー・型番の製品は極端に故障しやすい等の情報を有しており、それに照らして判断
- 発電実績：どのくらい発電しているか(生きているパネルがどのくらいあるかを見る)
- 設置場所への距離やロット：輸送コストに効いてくる
- ・ 中古パネルの試験は行うが、試験結果やその他情報を基に目利きができる人材の育成が重要となる。当社ではある程度知見の文書化等を行っている。中古パネルの検査のノウハウの他に、太陽光発電の仕組みや施工方法等の一般的なノウハウも必要となる。

#### 撤去、運搬、保管等に必要なコスト

- ・ 中古パネルの採算性を検討する際には、運搬費や整備コストについても考慮する必要がある（PVTEC の試算には含まれていない）。
- ・ 検査については本社（長野県駒ヶ根市）で実施しているが、輸送コストを抑えるという意味では全国に検査拠点を置くことも有効と考えている（自社の拠点を設置するというよりは、協力会社によるネットワークを構築するのが現実的と考えている）。場合によってはオンサイトで検査することもあり得る。

#### その他必要なコスト

- ・ 特になし。

### 3) 中古パネル価格の収集

ウェブサイト等の公表情報について調査を行い、中古の太陽電池パネルの価格情報を収集した。公表情報ベースでは、国内にて中古の太陽電池パネルを販売しているオフグリッドソーラー社及びオークションサイト（ヤフオク）での取扱を確認することができた。表 1-10 に中古パネル価格の収集結果を示す。

表 1-10 中古パネルの価格収集結果（平成 27 年 3 月 5 日現在）

販売	販売会社	型番	製造年月	性能保証	金額 円	単価 円/W	最大出力 W	開放電圧 V	短絡電流 A	最大動作電圧 V	最大動作電流 A	寸法 mm	重量 kg
オフグリッド ソーラー	SHARP	ND-114CW	2010年5月	1年	36,720	322	114.0	18.30	8.42	15.16	7.52	990×856×46	11
	SHARP	NU-119CA	2011年	1年	26,000	218	119.0	18.78	8.55	15.03	7.92	990×856×46	11
	SHARP	ND-157AR	2005年	1年	14,630	93	157.0	25.40	8.44	20.27	7.75	1165×990×46	14.5
	SHARP	ND-157AR	2005年	1年	14,130	90	157.0	25.40	8.44	20.27	7.75	1165×990×46	14.5
	京セラ	R421-1	1999年9月	1年	13,050	90	145.0	24.90	7.69	19.90	7.29	1125×1000×36	13.8
	不明	SA-080-12	不明	1年	20,520	257	80.0	21.60	5.14	17.20	4.65	534×1196×35	8
ヤフオク	昭和シェル	GL144M	不明	なし	3,980	81	49.0	27.00	2.43	21.60	2.27	400×1230×40	7~8
	昭和シェル	GT230	不明	なし	3,250	141	23.0	18.10	1.71	14.40	1.57	580×343	3
	昭和シェル	GT230	不明	なし	2,650	115	23.0	18.10	1.71	14.40	1.57	580×344	3
	昭和シェル	GL133/M75	不明	なし	16,000	340	47.0	19.90	3.27	16.00	2.94	1220×330×35	-
	SHARP	NE-38K1R	不明	なし	2,980	78	38.0	9.70	5.40	7.74	4.91	1280×370×30	6.5
	SHARP	NE-132AM	2004年	なし	12,000	91	132.0	33.17	5.40	26.78	4.93	1200×800×47	12.50
	SHARP	NE-38K1R	不明	なし	3,980	105	38.0	9.70	5.40	7.74	4.91	1280×370×30	6.5
	三菱	pv-mx0925hr	2009年1月	なし	10,000	108	92.5	15.20	8.34	12.30	7.52	1300×850×50	11
	三菱	pv-mx0925hr	2009年1月	なし	5,750	62	92.5	15.20	8.34	12.30	7.52	1300×850×50	11
	三菱	pv-mx0925hr	2009年1月	なし	7,000	76	92.5	15.20	8.34	12.30	7.52	1300×850×50	11
	京セラ	KJ80P-3CSCA	不明	なし	18,500	231	80.0	12.30	8.85	9.90	8.09	1692.5×345×25	6.30
	S-ENERGY	SM-240PC8	不明	なし	10,000	42	240	37.3	8.58	30.00	8.02	1665×999×50	20.00
	ナショナル	FY-SS013A36	不明	なし	3,000	227	13.2	21.70	0.85	17.40	0.76	350×340	1.90
	SANYO	AT-7S64	不明	なし	5,400	1,286	4.2	22.00	0.15			292×336×0.3	0.05
	カナディアンソーラー	CS5A-190M	不明	なし	6,750	36	190.0	44.80	5.52	36.50	5.19	1600×800×40	-
	TÜV NORD	P-100	不明	なし	9,250	93	100.0	22.60	5.65	18.60	5.38	1200×540×30	7
ノーリツ	PVMD-P20501-SQ	2013年	なし	13,000	63	205.0	30.60	8.91	24.80	8.26	1336×1008×46	16	

平均	-	-	11,241	185	97.0	22.0	5.9	17.8	5.6
最大値	-	-	36,720	1,286	240.0	44.8	8.9	36.5	8.3
最小値	-	-	2,650	36	4.2	9.7	0.1	7.7	0.8
中間値	-	-	10,000	93	92.5	21.6	5.7	16.6	6.3

出所) オフグリッドソーラーウェブサイト (<http://offgrid-solar.jp/>)、ヤフオクウェブサイト (<http://auctions.yahoo.co.jp/>) ヤフオクについては即決価格

(5) 中古パネルの簡易経済性評価の実施

(1) ~ (3) の調査結果を踏まえ、中古パネルの簡易経済性評価を実施した。

1) 既往の経済性評価結果のレビュー

太陽光発電技術研究組合 (PVTEC) らは、「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」(NEDO 事業：H13-17 年度)において、国内での住宅用 PV システムへの利用を前提に簡易な経済性試算を実施している。評価結果の概要は以下の通り。

- 検討時点で成立していた中古システム販売事業者のコスト構造を概算し、新品の約半額で販売できていることを確認 (表 1-11)。その上で、新品の約半額で販売できることが市場競争力を持つ条件であると仮定した場合のコスト構造を、2010 年、2020 年の 2 時点について試算 (表 1-12)。
- 中古モジュールの占める価格はシステム全体の価格の 13% であることから、その他周辺機器 (BOS : Balance of System) コスト低減、PV 用パワコンの低コスト化、長寿命化、簡易設置工法、モジュール回収費用の削減が課題であると整理。

表 1-11 現行での新品及び中古システム価格 (単位：万円 (税抜))

4kWシステム	モジュール	パワコン他機器	設置工事	合計
①新品PVシステム価格*1	177	64.4	29.6	271
②中古システム価格	95.2		29.6+ 運搬費	125+ 運搬費
	30.8	64.4		

表 1-12 2010 年、2020 年での中古太陽電池モジュールに要求される価格

4kWシステム	2010年					2020年				
	モジュール	パワコン	他機器	設置工事	合計	モジュール	パワコン	他機器	設置工事	合計
新品価格*1	68	16	12	24	120	52	12	8	20	92
中古価格*1	8	16	12	24	60	6	12	8	20	46

\*1 PVTEC産業技術ビジョン

単位：万円(税抜き)

出所) 太陽光発電技術研究組合 (PVTEC) : 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 (NEDO 事業 : H13-17 年度)

本研究開発は新品と中古のシステム価格を比較したものであり、導入側からの評価となっている。以下、研究事例が確認できなかった使用済太陽電池モジュールを買い取り、撤去・運搬を行い、メンテナンス後に販売する場合の経済性を評価することとした。

## 2) 簡易経済性評価結果

### a. 評価範囲

評価範囲は、下図に示す通り、使用済太陽電池モジュールの発生・購入から販売までとした。また、各段階におけるコストは(1)～(3)にて収集した情報を用いた。評価対象とする費用を以下に示す。

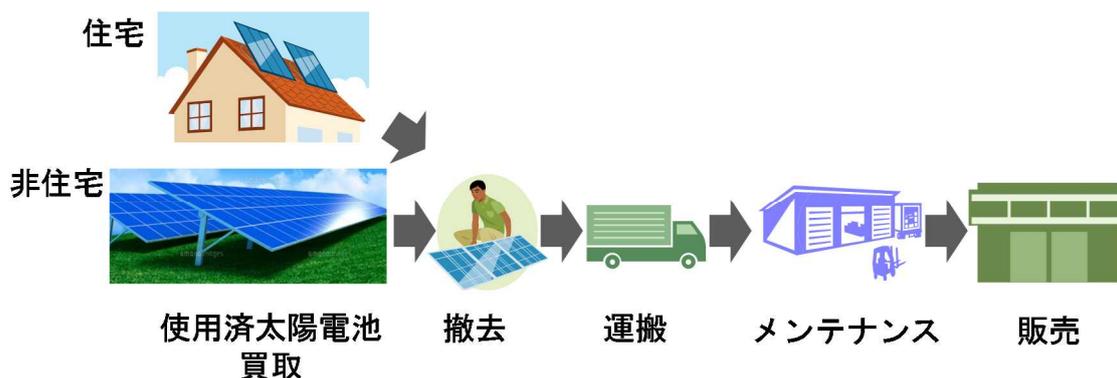


図 1-46 簡易経済性評価の範囲

#### < 評価対象とする費用 >

- 使用済太陽電池モジュールの買取費用
- 使用済太陽電池モジュールの撤去費用
- 使用済太陽電池モジュールの運搬費用
- 使用済太陽電池モジュールのメンテナンス費用

なお、上記の他に以下に示す費用が必要であると想定されるが、全体に占める割合が小さい可能性が高いこと、データの収集が難しいことから評価対象外とした。

#### < 評価対象外とした費用 >

- 使用済太陽電池モジュールの保管費用 (他の費用に比べて小さいことが予想されるため)
- 中古太陽電池モジュールの販売費及び一般管理費 (データ収集が難しいため)

### b. 評価結果

#### ア) パターン 1: 住宅用

評価に用いたデータを、評価結果を表 1-14 に示す。1kW あたり 39,683 円となり、撤去費用の占める割合が全体の約 94%程度であった。

表 1-13 評価に用いたデータ（パターン 1：住宅）

換算係数	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 太陽電池モジュールの出力あたりの重量 1kW 100kg</li> <li>➤ 太陽電池モジュール 1 枚 20kg</li> <li>➤ 住宅用太陽電池の出力を 1 件 4kW 20 枚</li> </ul>
撤去費用	➤ 1 件 150,000 円
運搬費用	➤ 1kg 10 円
メンテナンス費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ メンテナンス時間：10 分/枚</li> <li>➤ 作業員時給：1,000 円/時間</li> <li>➤ イニシャルコスト：1,400 万円</li> <li>➤ 減価償却期間：7 年、年間 40,000 枚</li> </ul>

表 1-14 簡易経済性評価の結果（太陽電池モジュール 1 枚、1kg、1kW、住宅用 1 件あたり）

	使用済 PV 購入	撤去	運搬	メンテナンス	合計
円/枚	20	7,500	200	217	7,937
円/kg	1	375	10	11	397
円/kW	100	37,500	1,000	1,083	39,683
円/件	400	150,000	4,000	4,333	158,733

イ）パターン 2：非住宅用

評価に用いたデータを表 1-15、評価結果を表 1-16 に示す。1kW あたり 22,183 円となり、撤去費用の占める割合が全体の約 90%程度であった。

表 1-15 評価に用いたデータ（パターン 2：非住宅）

換算係数	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 太陽電池モジュールの出力あたりの重量 1kW 100kg</li> <li>➤ 太陽電池モジュール 1 枚 20kg</li> <li>➤ 住宅用太陽電池の出力を 1 件 4kW 20 枚</li> </ul>
撤去費用	➤ 2 万円/kW（太陽光発電設備のシステム価格を 40 万円/kW、その 5%が撤去費用であると仮定）
運搬費用	➤ 1kg 10 円
メンテナンス費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ メンテナンス時間：10 分/枚</li> <li>➤ 作業員時給：1,000 円/時間</li> <li>➤ イニシャルコスト：1,400 万円</li> <li>➤ 減価償却期間：7 年、年間 40,000 枚</li> </ul>

表 1-16 簡易経済性評価の結果

(太陽電池モジュール1枚、1kg、1kW、非住宅用1件あたり)

	使用済 PV 購入	撤去	運搬	メンテナンス	合計
円/枚	20	4,000	200	217	4,437
円/kg	1	200	10	11	222
円/kW	100	20,000	1,000	1,083	22,183
円/件	400	80,000	4,000	4,333	88,733

#### (6) リユースに関する関連法規制等の整理

太陽光発電設備のリユースを行うにあたって配慮が必要と考えられる関連法規制等について、文献調査及びヒアリング調査に基づき基礎的な情報を収集・整理した。

##### 1) 関連法規制等の整理

###### a. 調査概要

不要となった太陽光発電設備を業者が買い取り、それを「古物」として販売する形でのリユースを行うにあたって配慮が必要と考えられる関連法規制について調査を実施した。具体的には、太陽光発電設備の「買取時」、「販売・保管時」、「廃棄時」、「設置・使用時」に分けて調査を実施した。

太陽光発電設備のリユースにあたって配慮が必要である事項は、太陽光発電設備の「買取時」、「販売・保管時」、「廃棄時」までであり、販売以降の「設置・使用時」については、新品と法規制上の相違点は確認できなかった。

表 1-17 に太陽光発電設備のリユースを行う際に配慮が必要と考えられる関連法規制の概要を示す。

表 1-17 太陽光発電設備のリユースを行う際に配慮が必要と考えられる関連法規制の概要

分類	関連法規制	リユースにあたり特別に配慮すべき事項
買取時	● 古物営業法	
販売・保管時	● 電気用品安全法	-
	● 使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準	
廃棄時	● 廃棄物処理法	
設置・使用時	● 再エネ特措法	-
	● 電気事業法 等多数	-

## b. 調査結果

### ア) 買取時

#### 古物営業法

古物営業法とは、古物を取引するにあたり、その中に混在する窃盗等の犯罪による被害物の速やかな発見と盗品のさらなる混入を防止することを図るために定められた法律であり、昭和24年7月1日より施行された。

また、古物営業とは「古物商」、「古物市場主」、「古物競りあっせん業者」に分類され（法2条2項5項）、営業許可を古物市場が所在する都道府県の都道府県公安委員会ごとに受ける必要がある（法3条2項）。また営業許可申請書を提出する際に、取り扱う古物の区分（古物営業法施行規則2条）を申請しなければならない。

古物の取引を行うたびに、帳簿若しくは国家公安委員会規則で定めるこれに準ずる書類（以下「帳簿等」）に記載、又は電磁的方法により記録をする必要がある。

記録しておかなければならない事項は以下の通り。

太陽光発電設備の買取時にも一般的な製品と同様に、古物営業法に基づく記録が必要となる。

- 取引の年月日
- 古物の品目及び数量
- 古物の特徴
- 相手方（国家公安委員会規則で定める古物を引き渡した相手方を除く。）の住所、氏名、職業及び年齢
- 前条第一項の規定によりとつた措置の区分（同項第一号及び第四号に掲げる措置にあっては、その区分及び方法）

出所）古物営業法

### イ) 販売・保管時

#### 電気用品安全法

電気用品の製造・販売等の規制と、安全確保のため民間事業者の自主的活動を促進し、電気用品による危険及び障害の発生防止を目的とした法律である。

太陽光発電設備に係るものとしては「電気用品の技術上の基準を定める省令の解釈について」にて太陽電池モジュールが挙げられている。

内容については、中古品と新品に大きな違いはない。また、旧電気用品取締法（以下「旧法」）に基づいた表示を「電安法に基づく表示とみなすこととし、旧法表示が付された電気用品については、検査を要せず、そのまま販売が出来る」<sup>3</sup>と経済産業省が明示したため、新品についても、中古品についても、どちらも規格を満たしていれば問題なく販売・使用

<sup>3</sup> 経済産業省「改正電気用品安全法における旧電気用品取締法表示製品の取り扱いについて」  
<http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/hourei/act/kaiseiannai1.htm>（2015.2.23）

することができる。

なお、「電気用品の技術上の基準を定める省令の解釈について」によれば、新品の太陽電池モジュールは以下の基準を満たしている必要がある。

- 材料
  - 太陽電池モジュールの外郭の材料は、難燃性及び耐候性を有するものであること。
- 構造
  - 太陽電池モジュール（複数の太陽電池モジュールの場合にあっては、その集合体）と当該太陽電池モジュールに接続されている機器との間には、開閉器又は点滅器を設けてあること。
  - 太陽電池モジュールに接続されている機器からの電流が太陽電池モジュールに流入しないこと。
  - 太陽電池モジュールの電流により感電等の危険が生ずるおそれのない構造であること。
  - 太陽電池モジュールは、部分的に異状な発熱が生じない構造であること。
  - 太陽電池モジュール（複数の太陽電池モジュールの場合にあっては、その集合体）の金属製の外郭には、アース機構を設けてあること。
  - 太陽電池モジュールに接続される電線は、短絡電流に耐えるものであること。
  - 接続できる太陽電池モジュールの型名を、太陽電池モジュールを接続する器体の表面の見やすい箇所に容易に消えない方法で表示してあること。
- 機械的強度
  - 太陽電池モジュール（複数の太陽電池モジュールの場合にあっては、その集合体）は、附表第三 1、2 及び 3 の試験（絶縁抵抗試験、絶縁耐力試験、注水絶縁試験）を行ったとき、これに適合すること。
  - 太陽電池モジュールの枠に対角線の長さ 1,000 mm 当たり 21 mm のねじりを加えたとき、異状が生じないこと。
  - 太陽電池モジュールの受光面に直径 25 mm の氷球を衝撃速度 23m/s で衝突させたとき又は質量 227g±2g の鋼球を 1m の高さから落下させたとき、異状が生じないこと。

4

出所) 経済産業省「改正電気用品安全法における旧電気用品取締法表示製品の取り扱いについて」

#### 「使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準」

リユースに適さない使用済み電気・電子機器がリユースを名目に輸出され、処分される

<sup>4</sup>別表第八 電気用品安全法施行令（昭和三十七年政令第三百二十四号）別表第一第六号から第九号まで及び別表第二第七号から第十一号までに掲げる交流用電気機械器具並びに携帯発電機

[http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/kaishaku/gijutsukijunkaishaku/beppyoudai8\\_150116.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/kaishaku/gijutsukijunkaishaku/beppyoudai8_150116.pdf) より作成（2015.2.27）

ことが起こらないよう、環境省が2012年に策定した使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品の判断基準のこと。

以下に掲げている判断基準となる項目をすべて満たしていなければ、リユース目的として輸出することはできない。

なお、本基準は、家庭で使用した電気・電子機器（事業者が一般的な事務活動において使用した電気・電子機器を含む。）をリユース目的で輸出する場合に適用されるものであり、太陽光発電設備は明示的に対象とされていないものの、太陽光発電設備の輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望ましいと考えられる。

表 1-18 に中古品判断基準の項目を示す。

表 1-18 中古品判断基準の項目

	基準	輸出者等による処理事項	輸出者による証明方法 1 の例
年式・外観	破損や傷、汚れがないこと（大幅な修理が必要な場合は中古使用とは見なされない） 特定家庭用機器 2 に関しては、別表を参照	- 製品の筐体に大きな打痕がないこと及び著しい汚れがないことを確認する。 - 電源プラグの溶痕（キズ）・変形のないこと、電源コードの劣化・キズ（半断線、亀裂）がないことを確認する。	個別製品ごとに、製造年・型式・メーカー及び破損等のないことを確認し、その結果の記録、もしくは、その事実を確認できる書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。記録については、開披せずとも確認できるようにしておくこと。 - また、求めに応じ目視可能な状態にしておくこと。 製造年等が不明な場合は、個別製品に番号を記したシールを貼り、求めに応じて説明可能な状態にしておくこと。
正常作動性	通電検査等を実施し、個々が正常に作動すること 使用に際しての当該電気・電子機器の作動に必要な通電用、充電用付属品が欠損していないこと	- 通電等の正常作動検査を実施し、その機能、効用を有することを確認する。 - 左述付属品が欠損している場合は、現地での使用方法又は付属品の調達方法を確認する。 - 蓄電池が内蔵されている物については、その蓄電池の使用期間を確認し（又は、充電機能検査を実施し）十分な蓄電を行えることを確認する。 （この場合、蓄電池使用に係るメーカー推奨期間に留意するとともに、鉛蓄電池等が機能せず中古使用が不可能な状態であれば、パーゼル法の規制対象となる懸念があることに留意すること。）	- 個別製品ごとの正常作動検査の結果、個別製品の種類ごとの正常作動検査方法及び検査実施状況を撮影した写真を記録し、検査内容に責任を負う事業者名・連絡先と併せて、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。開披せずとも記録を確認できるようにしておくこと。 - 税関での検査時等において、求めに応じて正常作動検査等を行えるようにしておくこと。 - 左述付属品が欠損している場合は、その付属品名と輸出国での調達可能性の説明を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 内蔵された蓄電池については、その使用期間を記載するか、充電機能検査を実施した結果を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。

	基準	輸出者等による処理事項	輸出者による証明方法 1 の例
梱包・積載状態	荷姿等が適切であること（集荷、輸送、積み込み及び積み下ろし作業中の破損を防ぐように適切に梱包、積載及び保管されていること）	- テレビモニター等がある場合には、その画面部分には段ボール紙等により画面保護を行う。 - 小型の物については、必要に応じて、段ボール箱を利用、個別に包装する等し、整然と積載する。 - 積み込みを行うまでの間、風雨等にさらされないよう屋内で適切に保管する。	- 輸送中等の破損を防止するための梱包・積載方法の説明とともに、梱包の状況を撮影した写真及び積載の状況を撮影した写真（コンテナ積載開始時・中間・扉付近の3箇所以上）を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
中古取引の事実関係	契約書等により中古品取引の事実関係が確認されること 当該契約書等には、1. 使用済み電気・電子機器の中古品の販売に関する内容（取引価格に関する情報を含む）2. 部品取りされない旨が少なくとも記載されていること		- 取引の事実関係等を証する書類を求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。
中古市場	輸入国において当該製品の中古市場があること	- 輸入国において確実にリユース目的で販売されることを確認する。 - 輸入国政府の許可を前提に、輸出目的で輸入が認められている場合は、その政府許可等を確認する。	- 輸入国において自ら中古販売する者の名称・所在・連絡先・販売店の写真を記録し、求めに応じて提出可能な状態にしておくこと。 - 輸入国政府の許可を前提に、再輸出目的で輸入を認められている場合は、その政府許可等を提示可能な状態にしておくこと（英文以外は、その翻訳（日本語又は英文）を提示できるよう配慮すること）。

出所）環境省：使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準

## ウ) 廃棄時

### 廃棄物処理法

廃棄物処理法第 12 条第 5 項では、「事業者は、その産業廃棄物の運搬又は処分を他人に委託する場合には、その運搬については第 14 条第 12 項に規定する産業廃棄物収集運搬業者その他環境省令で定める者に、その処分については同項に規定する産業廃棄物処分業者その他環境省令で定める者にそれぞれ委託しなければならない。」とされており、排出事業者が他人に産業廃棄物の処理の委託をする場合には、適切な事業者に委託することが義務付けられている。このとき、排出事業者は、産業廃棄物収集運搬事業者、産業廃棄物処分業者のそれぞれと直接契約を締結する必要がある。

また、同第 12 条の 3 第 1 項では、「その事業活動に伴い産業廃棄物を生ずる事業者は、その産業廃棄物の運搬又は処分を他人に委託する場合（環境省令で定める場合を除く。）には、環境省令で定めるところにより、当該委託に係る産業廃棄物の引渡しと同時に当該産業廃棄物の運搬を受託した者に対し、当該委託に係る産業廃棄物の種類及び数量、運搬又は処分を受託した者の氏名又は名称その他環境省令で定める事項を記載した産業廃棄物管理票を交付しなければならない。」と定められており、産業廃棄物管理票（マニフェスト）

の交付が義務付けられている。

中古太陽光発電設備の売れ残り等を廃棄する際には、当該製品が産業廃棄物に該当する場合であって当該製品の処理を他人に委託する場合には、産業廃棄物収集運搬事業者、産業廃棄物処分業者のそれぞれと直接契約を締結した上で、当該産業廃棄物の引渡しの際に産業廃棄物管理票（マニフェスト）を交付する必要がある。

## エ) 設置・使用時

### 再エネ特措法

再生可能エネルギー源を利用し、エネルギーの安定的かつ適切な供給の確保及びエネルギーの供給に係る環境への負荷の低減を図るとともに、電気事業者が一定期間再生可能エネルギー設備により発電された電気を買取りることにより、エネルギー源としての再生可能エネルギー源の利用を促進する法律で、平成 24 年 7 月に施行された。

再生可能エネルギー発電設備の認定を受けることが、余剰電力買取りができる条件であり、法律内で規定されている 5 種類の再生可能エネルギー（太陽光、水力、風力、地熱およびバイオマス）発電設備に共通した基準がある。そして太陽光発電前述の条件に加え、10kW 未満と 10kW 以上及び屋根貸し事業に分けられ、それぞれで条件が異なっている。

中古パネルを市場から購入、設備認定申請をする場合は、新設設備として扱うものの、「中古の場合でも、新規の設備同様、設備認定基準を満たす必要」<sup>5</sup>があり、それを満たせば中古品であっても買取り制度の条件を満たすことが可能である。

### 電気事業法

電気工作物の工事、維持及び管理の規制を行い公共の安全の確保と環境の保全を図ることを目的とする法律で、「電気工作物」の設置者に対する義務等を定めている。

電気工作物は「一般用電気工作物」と「事業用電気工作物」に分類され、太陽光発電は 50kW を境に、それ未満が「一般用電気工作物」、それ以上が「事業用電気工作物」となっている。

中古の太陽電池モジュールについて特別な留意事項はなく、新品と同様の取扱となる。

### その他

その他太陽光発電設備の設置及び運営については、電気設備に関する技術基準を定める省令、景観法、土壌汚染対策法等の関連法規制が存在するものの、中古品と新品で対応の差は見られなかった。

<sup>5</sup> 資源エネルギー庁 HP [http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/faq.html](http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/faq.html) .Q57 (2015.2.23)

## 2) 技術的に配慮が必要と考えられる事項の整理

### a. 調査概要

太陽光発電設備のリユースを行う場合に技術的に配慮が必要と考えられる事項について文献調査及びヒアリング調査を行い、整理した。

調査対象とした文献は以下の通りである。また、ヒアリング調査については、国内にて中古品の取扱のある1社に対して実施した。

#### <参考とした文献>

- 高橋克弥・鴨居洋明・西川省吾(2011)『太陽電池モジュールの互換性に関する研究 逆電圧と損失の発生状況』
- 常世田昌幸、蛸山成司、石澤崇晃、寺田卓史、高橋克弥、西川省吾(2012)『太陽電池モジュールの互換性に関する研究 -ストリング間の開放電圧の違いによる逆電圧の発生状況-』
- 町田定之、谷辰夫(2003)『異種太陽電池アレイから成る太陽光発電システムの最適構成』
- 町田定之、谷辰夫(2003)『異種太陽電池アレイから成る太陽光発電システムの最適構成』
- 福島大学『第7章 太陽光発電システム概論』

### b. 調査結果

#### ア) 安全面・性能面から同一型式のモジュールで構成すべき

##### 安全面

アレイやストリングを構成する基本モジュールに電気特性の異なるモジュールを追加すると通常は逆電圧をモジュールに接続されたバイパスダイオードで防止しているが、ダイオードが故障した場合、電気特性の異なるモジュールに逆電圧がかかり、発熱、発火の危険性がある。この他、逆電圧に影響を及ぼすと考えられる事象は以下の通り。

- 短絡電流の異なるモジュールを一度に使用していること
- ストリング間・モジュール間の開放電圧に差があること
- PCS(パワーコンディショナ)のMPPT制御(MPPT(Maximum Power Point Tracking)制御とは和訳すると最大電力点追従となり、気象条件等の変化で常に変動する最適動作点に追従しながら動作する機能のこと)
- 分散設置した場合の気象条件の違い

##### 性能面

アレイを構成するモジュールが異なる場合、それぞれの最適動作電圧が異なり、これを一台のインバータで交流変換すると不整合損が生じて得られる出力が単独アレイの出力の

合計よりも小さくなってしまふ。

なお、異種アレイの場合、年間発電量を最大にする最適アレイ電圧比があり、アレイ面の年間平均日射強度帯において各アレイの動作電圧を一致させることで最適化が図れるとの研究結果も存在する。

#### イ) 太陽電池モジュールとパワーコンディショナの相性に留意すべき

特定の太陽電池モジュールと特定のパワーコンディショナの相性、また、特定のメーカーの太陽電池モジュールとパワーコンディショナの相性は確認できていないが、一般に指摘される事象である。

なお、太陽光発電設備のリユースを実施する事業者へのヒアリング調査によれば、太陽電池モジュールとパワーコンディショナの相性の問題はあまり大きくないとのことであった。

参考として表 1-19 及び図 1-47 に太陽電池の基本構造を示す。

表 1-19 太陽電池モジュールの基本構造 (参考)

セル	太陽電池の最小単位であり、太陽電池素子のこと
モジュール	セルを必要枚配列して、屋外で利用できるよう樹脂や強化ガラスなどで保護し、パッケージ化したもの。太陽電池パネルとも呼ばれる。
ストリング	太陽電池モジュールをつなぎ、パワーコンディショナ入力電圧等まで電圧を高めたひとつのブロック。
アレイ	複数のストリングで構成されたもの。

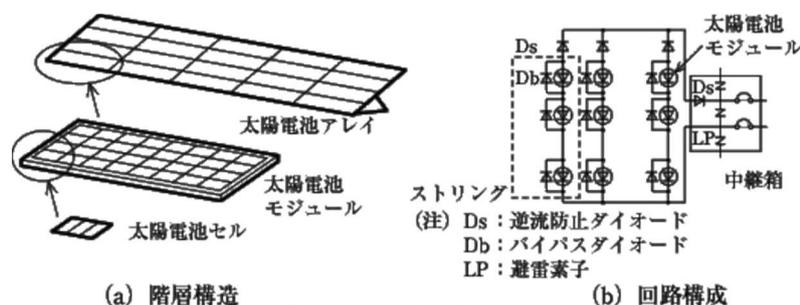


図 1-47 太陽電池の基本構造

出所) 公益社団法人日本電気技術者協会ウェブサイト

#### 1.1.4 太陽光発電設備の環境配慮設計に関する情報整理

太陽光発電設備メーカーでは下記のとおり環境配慮設計に取り組んでいるところである。

表 1-20 太陽光発電設備メーカーにおける環境配慮設計への取組状況

項目		事例
廃棄に関する配慮	長寿命化(注1)	・(各社とも共通)長期信頼性を重視した長寿命設計による排出機会の極小化
	分解・解体の容易さ	・パネルとフレームの分解可能化、端子箱の取り外し可能化 ・NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)リサイクルプロジェクト(薄膜系モジュール分解技術)への参画
	特定化学物質の含有量低減(注2)	・社内に「環境配慮設計基準」を設け、特定化学物質の含有量についてその低減と法令の遵守を図る ・RoHS規制対象化を見据えた適合化に向けての社内取組み ・鉛フリーのはんだやガラスの使用
	その他	・廃棄モジュールは中間処理業者を介して分別され、リサイクルを推進(ガラスは土木資材、緑化資材等の原料へ、金属は回収再利用、フィルム材は燃料として再利用)
省資源への配慮		・フレームレス化、薄型ガラス使用等の部材重量削減によるモジュールの軽量化、梱包材料の変更による梱包材使用量の削減、リユース可能なコーナー樹脂による集合梱包 ・(結晶系)面積当たりの発電量向上を図った設計により、省資源、省設置スペース ・(薄膜系)薄膜採用によるシリコン使用量減
製造時の環境への配慮	特定化学物質使用量の低減	・工場排水は、環境省基準より厳しい基準にて水質管理を実施 ・「環境管理基準」に従い定期的に環境測定を実施 ・除去装置により特定化学物質を削減(環境試験機等で使用しているフロンは装置廃棄時に100%回収) ・製造時に使用している一部の薬品は工場内で再生利用
	その他	・工場から排出される廃棄物は、分別、再資源化を徹底し、ゼロエミッション(最終埋立処分量を廃棄物発生量の0.5%未満にすること)に向けた活動を推進し、目標達成継続中 ・全工場での環境負荷を限りなくゼロにすべく、生産活動におけるあらゆる環境負荷の削減計画を策定し、進捗管理改善を実施中 ・自社工場に設置したメガソーラーにより電力を供給
その他環境への配慮		・ISO14001認証取得、法令順守、環境負荷低減活動を推進 ・社内だけでなく、上流/下流の取引先を含めたサプライチェーン全体での環境負荷低減に取り組中 ・調達資材及び製品の物流効率化(積載率向上)(モジュール・パワコンに共通)

(注1)NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の太陽光発電ロードマップ(PV2030+)(2009年6月)や太陽光発電開発戦略(PV Challenges)(2014年9月)では、発電コスト低減の方策の一つとして、モジュールやシステムの長寿命化が挙げられており、この方向に沿った研究開発が進められている。(目標寿命:モジュール40年、パワコン30年)

(注2)パワコンにおいても、電気電子部品の基板実装を鉛フリーはんだで行っている。欧州RoHS指令で定められている禁止物質は閾値以下になるよう管理している。

出所)一般社団法人太陽光発電協会資料

### 1.1.5 資源価値・有害性評価

(1) 太陽光発電設備のリサイクル特性（資源価値・有害性）評価のための試験方法・結果の妥当性検討

#### 1) 海外の試験方法や既往の試験結果のレビュー

海外における溶出試験方法（米国 TCLP 試験等）の実施条件と、当該試験に基づく溶出試験結果等を広く収集し、分析方法と試験結果の差異を分析した。なお、公表されている試験結果だけでなく、太陽電池モジュールメーカー等から自ら実施した試験結果も収集・分析した。

#### a. 国内外における溶出試験方法の比較

国内外における溶出試験の試料調製等の方法をレビューした結果は以下のとおり。

- 試料調製の破碎サイズについては、環境庁告示 13 号試験では固化物について 0.5～5mm という上限・下限値が定められている。一方、他の試験では上限値として 125 μm から 9.5mm までの値が設定されているが、下限値を設定した試験方法はない。
- pH については、13 号試験では pH5.8～6.3 の純水で溶出しているのに対し、酸性物質による溶出促進に着目した米国 TCLP 試験では pH2.88 or 4.93 の酢酸溶液での溶出を規定している。

表 1-21 国内外における溶出試験方法の比較

国名	日本				日本（社）土壤環境センター GEPC技術標準	
	産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法	土壤の汚染に関する環境基準について	スラグ類の化学物質試験方法	スラグ類の化学物質試験方法	硫酸添加溶出試験法	消石灰添加溶出試験法
規格名	昭和48年環境庁告示第13号	平成3年環境庁告示第46号	JIS K 0058-1	JIS K 0058-1	GEPC・TS-02-S1	GEPC・TS-02-S1
区分	単一バッチ	単一バッチ	単一バッチ	単一バッチ	単一バッチ	単一バッチ
試料調製	<5mmは有姿、固化物は0.5～5mmに粉碎	風乾、<2mm	利用有姿	風乾、<2mm	<風乾、2mm	<風乾、2mm
溶媒	純水（HCl、NaOHでpH5.8～6.3）	純水（HCl、NaOHでpH5.8～6.3）	純水（pH5.8～6.3）	純水（pH5.8～6.3）	硫酸水溶液（0.769mmol/L、pH2.8）	水酸化カルシウム水溶液（3.85mmol/L、pH11.9±0.1）
液固比〔L(ml)/S(g)〕	10	10	10	10	10	10
溶出時間(h)	6	6	6	6	6	6
振とう方法	水平振とう（振り幅4～5cm、200回/分）	平行振とう（振り幅4～5cm、200回/分）	攪拌（200回転/分）	平行振とう（振り幅4～5cm、200回/分）	平行振とう（振り幅4～5cm、200回/分）	平行振とう（振り幅4～5cm、200回/分）
固液分離（ろ過）	1 μmメンブレンフィルターでろ過	遠心分離（3000rpm）後、0.45 μmメンブレンフィルターでろ過	0.45 μmメンブレンフィルターでろ過	0.45 μmメンブレンフィルターでろ過	遠心分離（3000rpm）後、0.45 μmメンブレンフィルターでろ過	遠心分離（3000rpm）後、0.45 μmメンブレンフィルターでろ過
溶出回数	1	1	1	1	1	8
試験目的	「特定有害産業廃棄物」に該当するかの判定、管理型構造を有する処分場への最終処分の可否の判定	汚染土壌から降雨等により有害物質が地下水へ流入することを想定。土壌の汚染を判定	スラグの有効利用に際する、人及び環境への安全性の確認	スラグの有効利用に際する、人及び環境への安全性の確認	不溶化処理土壌が酸性雨に晒される場を想定。pH4の酸性雨、年間降雨量2000mmとしたときの100年分の酸量を溶媒としている。	不溶化処理土壌が埋設された地中にコンクリート構造物が構築され、構造物周辺部の土壌が弱アルカリに晒される場合を想定。
その他	VOCiに対して透過を行わない	-	-	-	-	-

国名	日本 廃棄物資源循環学会試験規格				アメリカ EPA SW-846		
試験名	環境最大溶出量試験(商業)	環境最大溶出量試験(産業)	上向流カラム溶出試験(産業)	シリアルバッチ試験(産業)	TCLP	MEP	EP
規格名	JSMCWMM-0101	JSMCWMM-0102	0104	0105	method 1311	method 1310A	method 1310B
区分	単一バッチ×2	単一バッチ×8系統以上	過水試験(面分採取)	連続バッチ	単一バッチ	連続バッチ	連続バッチ
試料調整	風乾、 $<125\mu\text{m}$	風乾、 $<1\text{mm}$	試験目的により任意に設定	未粉碎、未乾燥	$<9.5\text{mm}$	Method1310溶出操作後の固相部分	
溶媒	溶出液をpH4、pH7又はpH7、pH12で維持	溶出液のpHを最小値4以下、最大値12以上、最近のpHの差が1.5以内となる8系統で維持	試験目的により任意に設定	試験目的により任意に設定(置換溶媒率も任意に設定)	酢酸溶媒 (pH2.88 or pH4.93)	蒸留水(pH3)	酢酸 (PH5±0.2)
液固比[L(ml)/S(g)]	50	10	試験目的により任意に設定	2又は10	20	20	乾試料100gを最小量とする。
溶出時間(h)	6(pH7:3hr+pH4or12:3hr)	48	試験目的により任意に設定	採取時期一定間隔または等倍間隔で設定	18	24(20~40°C)	6時間以上pH調整にかける。
振とう方法	攪拌	攪拌	-	-	転倒振とう(30±2回/分)	-	回転羽で回転混合抽出
固液分離(ろ過)	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.6~0.8 $\mu\text{m}$ ガラス繊維ろ紙で加圧ろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	遠心分離後ろ過
溶出回数	2(pH7溶出液とpH4or12溶出液を個別に分析)	8系統以上	試験目的により任意に設定	6	1	8	-
試験目的	環境中での最大溶出量の把握、酸性雨等の影響可能性把握	酸中和量(酸緩衝能)の把握、pH環境変化の影響把握	実際の浸透現象の再現	溶出機構の把握、累積液固比の影響の把握	有機物や一定の酸性物質による溶出促進影響の把握	溶出機構の把握、累積液固比の影響の把握	-

国名	オランダ				スイス	ドイツ	フランス	カナダ
試験名	アベイリティ試験	シリアルバッチ試験	カム試験	クッキー試験	TVA	DIN38414 S4	AFNOR X31-210	TCLP
規格名	NEN7341	NEN7343	NEN7343	NEN7345				method 1311
区分	アベイリティ試験	連続バッチ	過水試験(面分採取)	漬け置き試験				
試料調整	$<125\mu\text{m}$	$<3\text{mm}$	$<3\text{mm}$	固形廃棄物 (4×4×4cm <sup>3</sup> )	解放系容器に100~200gの試料に蒸留水を加える。	$<10\text{mm}$	$<4\text{mm}$ 100g	-
溶媒	溶出液をpH4、pH7で維持	pH4硝酸溶液	pH4硝酸溶液をポンプで77770-	pH4硝酸溶液	pH5.6	蒸留水	脱イオン水 (導電率0.2M $\Omega$ )	-
液固比[L(ml)/S(g)]	100	10<L/S<100	0.1,0.2,0.5,1.0,2.0,5.0,10.0毎に採取	5	試料100~200g 1:10	試料100g 1:10	1:10	-
溶出時間(h)	6(pH7:3hr+pH4:3hr)	24	21日	6h,24h,56h,4日,9日,16日,30日,64日	24h	24h	16h	-
振とう方法	スターラー攪拌	回転振とう	-	-	CO2吹き込み攪拌 (100mL/min)で飽和溶液にする	転倒振とう	恒温槽で湯浴、振とう	-
使用容器	-	-	-	-	ボトル	2Lフラスコ	1.5Lフラスコ (口径100mm)	-
固液分離(ろ過)	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	0.45 $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターでろ過	ろ過	0.45 $\mu\text{m}$ MF	0.45 $\mu\text{m}$ MFまたは2000G以上で遠心分離し、液固分離	-
溶出回数	2(pH7溶出液とpH4溶出液を混合)	5	-	8	2	1~2	1~3	-
試験目的	環境中での最大溶出量の把握、酸性雨等の影響可能性把握	溶出機構の把握、累積液固比の影響の把握	実際の浸透現象の再現	-	-	-	-	-
その他	-	-	-	-	固形試料で1N/mm <sup>2</sup> 以上の強度を有するものは有姿のまま試験に供する	固体状、ペースト状の廃棄物と汚泥に適用	原則として有姿(成形体の場合は試料を4時間蒸留水に浸漬し、その内部強度が1N/mm <sup>2</sup> 以下であれば4mm未満に粉碎を行う)	恒温槽を用いて溶媒の温度変化による溶解度変化を抑える

### b. 国内外における溶出試験結果のレビュー

過去に太陽電池モジュールメーカーが自ら実施した溶出試験結果等について提供を依頼した。多くのメーカーにおいて、溶出試験等は実施されていない(もしくはRoHS対応等の一環で含有量試験を実施している製品が一部あるが開示を想定していない)状況が窺えた。

表 1-22 太陽電池モジュールメーカーへの依頼内容

分析対象サンプル	・対象モジュールの種類(単結晶/多結晶/薄膜/化合物) 型番、製造年 等 ・対象部位(モジュール全体/一部の部位)
試験の目的	・どのような目的で実施した試験であるか(破碎・埋立時の環境影響を把握するため/使用中の環境影響を把握するため等)
試料調整方法	・破碎方法(手破碎/カッティングミルで破碎/ジョークラッシャーで破碎、凍結の有無 等) ・サンプルの粒径(平均 mm程度/ mm以下/下限 mm~上限 mm) ・pH条件 ・試料の写真 等
試験方法	・試験方法(例:環境庁告示13号に準拠 等) ・分析項目(Pb、Cd、As、Se、Hg、Cr6+、Be、Sb、Te 等)

試験結果	・ 溶出試験結果 ・ 含有量試験結果 ・ pH
------	-------------------------------

上記依頼に基づき提供があったデータ及び過去の分析結果等を比較した結果は次表に示すとおり。

表 1-23 提供データ及び過去の分析結果の一覧

		環境省H25									メーカー提供			
サ 分 析 対 象	種類	単結晶				多結晶			Si薄膜	化合物	化合物		化合物	化合物
	製造年	~ 1999	2000 ~ 2009	2010 ~	2008 ~ 2013	2001 ~ 2005	2012 ~	2012 ~	2008 ~ 2013	2007 ~ 2013	2013	2013	不明	不明
	メーカー	国内	国内	国内	海外	国内	国内	海外	国内	国内・海外	国内	国内	海外	海外
	対象部位	全体	全体	全体	全体	全体	全体	全体	全体	全体	モジュールの一部		モジュールの一部	
	サンプル数	6	6	9	9	12	6	15	9	9	9	9	不明	不明
試験の目的		埋立処分時の環境負荷の把握									埋立処分時の環境負荷の把握		酸性物質による溶出促進影響把握	
試 料 調 製 方 法	破 碎 方 法	手で50mm程度に裁断・破碎後、カッティングミルで粗粉碎									カッティングミルで粉碎	ハンマー及びはさみを用いて粉碎		
	サンプルの粒径	5mm以下									5mm以下	0.5-5mm	10mm	4mm
	pH条件	純水 (pH5.8 ~ 6.3) を溶媒に									純水 (pH5.8 ~ 6.3) を溶媒に		2.8-4.93	9.6以下
定量分析法		環境庁告示13号に準拠									環境庁告示13号に準拠		TCLP1311	EN12457
試 験 結 果  mg/L	Pb	0.1-0.13	<0.01	<0.01-0.01	<0.01-0.15	<0.01-0.08	0.01-0.42	<0.01-0.90	<0.01	<0.01	-	-	-	-
	Cd	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01-0.13	-	-	0.22	0.0016-0.0040
	As	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-
	Se	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01-1.1	0.02-0.11	<0.005-0.01	-	-
	Hg	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	-	-	-	-
	Cr6+	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-
	Be	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-
	Sb	<0.01	0.04-0.09	<0.01-0.12	0.04-0.09	<0.01-0.19	<0.01-0.07	<0.01-0.07	<0.01	<0.01-0.06	-	-	-	-
	Te	<0.01	<0.01	<0.01-0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01-0.03	<0.01	<0.01-1.70	-	-	-	-
	pH	10.5-10.7	10.0-10.3	6.5-10.6	6.1-10.5	10.0-10.9	6.5-9.7	6.5-10.7	9.2-10.4	10.0-10.2	-	-	-	-

環境省 H25 の試験結果については、試料調製方法、分析機関により結果にばらつきが生じる可能性があり、製品の評価にあたっては注意が必要。追加分析試験の結果（化合物系モジュールのセレンの溶出試験）、同一製品を同一の調製方法で分析した場合であっても、0.02 ~ 1.1mg/L と分析機関によってばらつきのある結果が得られている。

2) 昨年度事業において溶出が確認されたサンプルの溶出寄与度の分析

a. 実施内容

昨年度事業において溶出が確認されたサンプル（結晶系モジュールのうち鉛の溶出が確認されたもの、化合物系モジュールのうちセレンの溶出が確認されたもの）を対象に、昨年度の溶出試験方法に基づき、部位別の溶出試験を実施し、溶出に対する寄与が大きい部位を特定した。

平成 25 年度に実施した溶出試験結果を以下に示す。

表 1-24 平成 25 年度に実施した溶出試験結果

種類	メーカー	製造年	n数	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr <sup>6+</sup>	Be	Sb	Te	参考値	
				鉛	カドミウム	ひ素	セレン	水銀	六価クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル	pH	
多結晶	国内	G社	2002	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.16	<0.01	10.9	
				0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.19	<0.01	10.8	
				0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.17	<0.01	10.9	
		2012年以降	0.34	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6	
			0.30	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6	
			0.42	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.5	
		H社	2001	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.0
				0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.2
				0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3
	2005	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.5	
		0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.7	
		0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.5		
	2013	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	9.5	
		0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	9.3	
		0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	9.7	
	海外	I社	2012	0.44	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6
				0.36	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6
				0.29	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6
	J社	2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03	-	
			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	0.04	0.03	-	
	K社	2013	0.37	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.7
0.23			<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6	
0.90			<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.5	
L社	2013	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.02	-	
		0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.02	10.7	
		0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.07	0.02	-	
M社	2012以降	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	9.5	
		0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	9.6	
		0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	9.6	
廃棄物処理法による埋立処分・汚泥等の基準値				0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-	-	

種類	メーカー	製造年	n数	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr <sup>6+</sup> 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	参考値 pH	
22	Si薄膜	国内	N社	2008	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-
					<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	9.2
					<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-
23			2011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.4
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3
24	2013	O社	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3	
			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3	
			<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.1	
25	CIS	国内	P社	2007	<0.01	<0.01	<0.01	1.0	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	10.0
					<0.01	<0.01	<0.01	1.1	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	10.1
					<0.01	<0.01	<0.01	1.1	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	10.1
26			2013	<0.01	<0.01	<0.01	1.1	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	10.2	
				<0.01	<0.01	<0.01	0.9	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	10.1	
				<0.01	<0.01	<0.01	0.9	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	10.0	
27	Cd-Te	海外	Q社	2013以降	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	1.5	10.0
					<0.01	0.10	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	1.5	9.9
					<0.01	0.13	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	1.7	10.1
廃棄物処理法による埋立処分・汚泥等の基準値				0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-	-	

試料調製方法、分析機関により結果にばらつきが生じる可能性があり、製品の評価にあたっては注意が必要。追加分析試験（表 1-25 参照）の結果、同一製品を同一の調製方法で分析した場合であっても、0.02 ~ 1.1mg/L と分析機関によってばらつきのある結果が得られている。

表 1-25 同一製品（化合物系モジュール）におけるセレンの溶出に関する  
試料粉碎方法別分析結果 (mg/L)

	分析機関 A (本試験結果)	分析機関 A (追加試験結果)	分析機関 B	分析機関 C	分析機関 D
本試験結果詳細(カッティングミル粉碎)	1.1	-	-	-	-
	0.9	-	-	-	-
	0.9	-	-	-	-
追加試験 a) カッティングミル粉碎	-	0.10	0.02	0.049	-
	-	0.13	0.02	0.064	-
	-	0.11	0.02	0.076	-
追加試験 b) 部材混合	-	0.01	<0.01	<0.005	-
	-	0.01	<0.01	0.006	-
	-	0.01	<0.01	<0.005	-
参考 c) 化合物付き基板 (最終処分業者による処分方法確認のための試験)	-	-	-	-	0.047
	-	-	-	-	0.008

注) ~ は、環境庁告示 13 号試験に準拠した方法に基づき試料調製・分析を実施。~ はカッティングミルを使用して試料粉碎したものであり、~ は各部材をハンマー及びはさみを用いて粉碎した上でパネルの構成重量比で混合したもの。

、 は、環境庁告示 13 号試験（改訂前）に準拠した方法に基づき試料調製し、「水素化物発生原子吸光法（JIS K 0102 67.2）」に準拠し分析。化合物付き基板のみの測定結果を全体重量比で 1/3 相当したものの。

出所) 化合物系モジュールメーカーによる追加分析結果  
化合物系モジュールメーカー提供データ

昨年度試験において溶出が確認されたサンプルのうち、残試料を確保できた結晶系の3モジュールについては昨年度の残試料で部位別の溶出試験(pH、EC、Pb)を実施した。化合物系についてはメーカーより試料の提供を受け、1モジュールについて試験を実施した。

## b. 試験結果

### ア) 結晶系モジュールの試験結果

残試料を確保できた結晶系の3モジュールについての部位別溶出試験結果(pH、EC、Pb)を以下に示す。

表 1-26 結晶系モジュールの部位別溶出試験結果

種類	メーカー	製造年	分析項目	モジュール全体	フレーム	フロントカバーガラス	電極	EVA	Si結晶	バックシート	端子ボックス	その他	
多結晶	国内	G社	2012以降	重量(kg)	-	2.8900	12.3400	0.1400	分離不可	2.2400	0.1300	0.3400	0.0800
				構成比	-	15.9%	68.0%	0.8%	-	12.3%	0.7%	1.9%	0.4%
				pH	6.5-6.6	-	9.2	10.1	-	7.8	7.7	7.6	-
				EC(mS/m)	-	-	2.3	8.7	-	1.3	3.6	1.8	-
				Pb(mg/L)	0.30-0.42	-	<0.01	500	-	<0.01	<0.01	<0.01	-
多結晶	海外	I社	2012	重量(kg)	-	2.4500	11.9700	0.1400	分離不可	2.2500	0.1300	0.3400	0.6500
				構成比	-	13.7%	66.8%	0.8%	-	12.5%	0.7%	1.9%	3.6%
				pH	6.6-6.6	-	9.3	10.3	-	7.4	8.2	7.5	-
				EC(mS/m)	-	-	2.6	9.3	-	1.5	3.1	1.2	-
				Pb(mg/L)	0.29-0.44	-	<0.01	570	-	<0.01	<0.01	<0.01	-
多結晶	海外	K社	2013	重量(kg)	-	3.4600	12.4700	0.1600	分離不可	2.1400	0.3500	0.3300	0.1400
				構成比	-	18.2%	65.5%	0.8%	-	11.2%	1.8%	1.7%	0.7%
				pH	6.5-6.7	-	9.6	9.9	-	7.4	8.1	7.5	-
				EC(mS/m)	-	-	3.4	8.1	-	1.0	2.7	1.4	-
				Pb(mg/L)	0.20-0.90	-	<0.01	470	-	<0.01	<0.01	0.01	-

各モジュールともに電極から高濃度のPbが検出された。一部モジュールでは端子ボックスからも鉛の溶出が確認されたが、0.01mg/Lと低濃度であった。

### イ) 化合物系モジュールの試験結果

メーカーより提供を受けた化合物系の1モジュールについての部位別溶出試験結果(pH、EC、Se)を以下に示す。

表 1-27 化合物系モジュールの部位別溶出試験結果

種類	メーカー	モジュール全体	フレーム	フロントカバーガラス	電極	EVA	CIS/CIGS化合物	基板ガラス	バックシート・その他		
CIS	国内	D社			分離不可		分離不可		分離不可		
			pH	9.8	-	-	9.1	-	9.9	-	7.6
			EC(mS/m)	2.1	-	-	6.1	-	1.9	-	2.7
			Se(mg/L)	0.04	-	-	<0.01	-	0.06	-	<0.01

CIS/CIGS化合物を含むモジュール部分から0.06mg/Lと低濃度ではあったがセレンの溶出が見られた。電極・バックシート等からはセレンは検出されなかった。

## ウ) 溶出寄与度に関する考察

溶出寄与度については、部材毎の溶出寄与度と想定される処分方法を比較し、妥当な分析方法を検討するために実施したものである。

試験結果より、結晶系モジュールにおける鉛の溶出については電極の寄与分が非常に大きいことがわかった。一方、化合物系モジュールの場合は、CIS/CIGS 化合物を含むモジュール部分からのセレンの溶出が確認された。基準内の数値ではあるがこの部位からの寄与分が高いことが確認できた。

これらを踏まえれば、分析方法検討に際して、以下の点について留意する必要がある。

- 結晶系モジュールについて、電極を取り外すことなく処分（破碎後に埋立）される可能性にも配慮し、電極を含まない形で試料調製を行うことで、鉛の溶出可能性を過少に評価する懸念がある。特に、パネルの一部のみを切り出してサンプリングする場合は、試料の代表性を確保する観点から、電極を含む箇所をサンプリングすることが必要と考えられる。
- 化合物系モジュールについてはCIS/CIGS に由来するセレン等を含むモジュール部分（ガラスからの剥離困難）からセレンの溶出が確認された。基準超過するケースは少ないがその管理には注意が必要である。

### 3) 標準的な試料調製方法（案）について

部位別の溶出寄与度の分析結果と想定されるモジュールの処分方法（埋立処分される場合のモジュールの破碎の程度や行き先での浸出水管理方法等）を参考に、使用済みモジュールの環境影響を評価するための試験方法について検討した。

a. 検液の作成方法（重金属等）の概要（昭和48年環境庁告示第13号）

昭和48年環境庁告示第13号試験における検液の作成方法は以下のとおり。

【重金属等】	作業の留意点
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>溶媒</p> <p>(純水(JIS K 0557 の示すA3またはA4 の水))</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>試料調製 及び分取</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>溶出操作</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>溶出操作</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>静置</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>静置</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>遠心分離</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>遠心分離</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>ろ過操作</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>ろ過操作</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>ろ液</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>ろ液</p> </div> </div> <div style="margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>分析</p> </div> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 0 10px;"> <p>分析</p> </div> </div> </div>	<p>作業の留意点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶液が十分に混合するように、容器の容積は、溶媒の体積の概ね2倍とする(参考1)</li> <li>・振とう操作については溶液が十分に混合されることが重要である(参考2)</li> <li>・水平振とうにより、廃棄物と溶媒の混合を十分に行う(参考2)</li>   <li>・固液分離操作は遠心分離操作+ろ過操作とする。遠心分離装置は最大加速度3000G以上が必要(参考3)</li>   <li>・ろ過操作の再現性のよいメンブランフィルターを用いる。(参考4)</li> <li>・ろ過速度が遅くなった場合(例えば1滴/1秒)はろ紙を交換する</li> <li>・溶出操作、ろ液の保管のために使用する容器については対象項目の吸着等がない素材を選ぶこと(参考5)</li> <li>・ろ液のpH及び電気伝導率を測定することが望ましい(参考6)</li> <li>・多項目を測定する場合は、ろ過後に、重金属類では1%硝酸溶液、六価クロムは無添加、シアンはアルカリ添加により保存する</li> </ul>

b. 破碎方法の違いによる調製試料の性状比較

破碎方法の違いによる調製試料の性状を比較するために、複数の方法で試料の破碎作業を実施し、破碎後の試料の性状を比較した。

種類の異なる2つのモジュールを対象に下記の内容で、手作業及び破碎機による破碎を実施して、調製試料の性状を確認した。

《対象試料》

モジュール（単結晶）

モジュール（化合物系）

《破碎方法》

手作業による破碎

- ・前処理なし
- ・液体窒素による凍結処理

破碎機（カッティングミル）による破碎

- ・前処理なし（8mm スクリーン、4mm スクリーン）
- ・液体窒素による凍結処理

破碎機（ジョークラッシャー）による破碎

- ・前処理なし（8mm スクリーン、4mm スクリーン）
- ・液体窒素による凍結処理

c. 破碎作業手順の概要

ア) 手作業による破碎

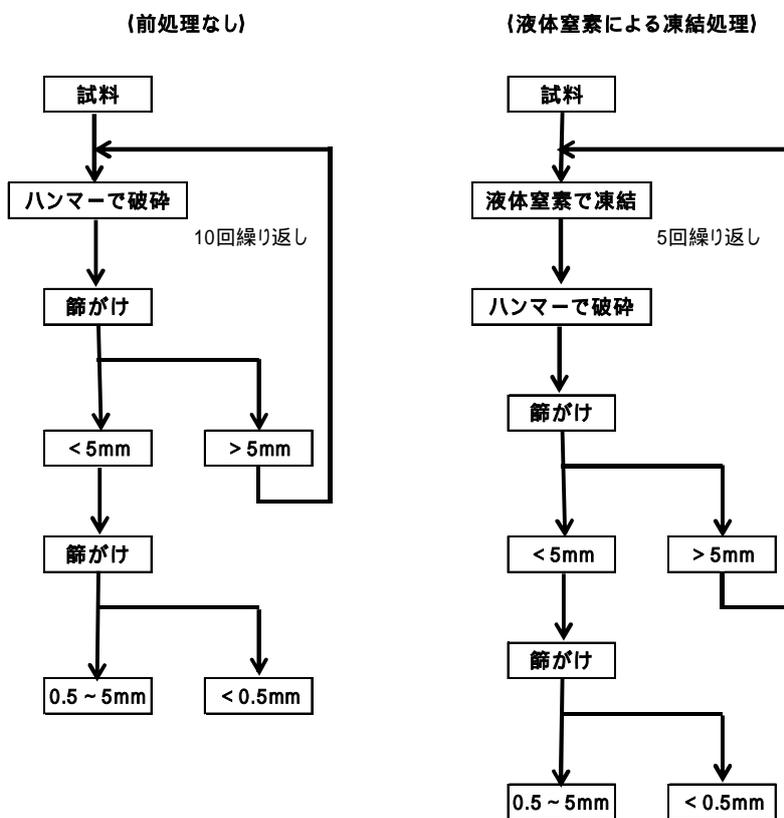


図 1-48 手作業による試料破碎フロー

イ) 破砕機による破砕（カッティングミル、ジョークラッシャー）

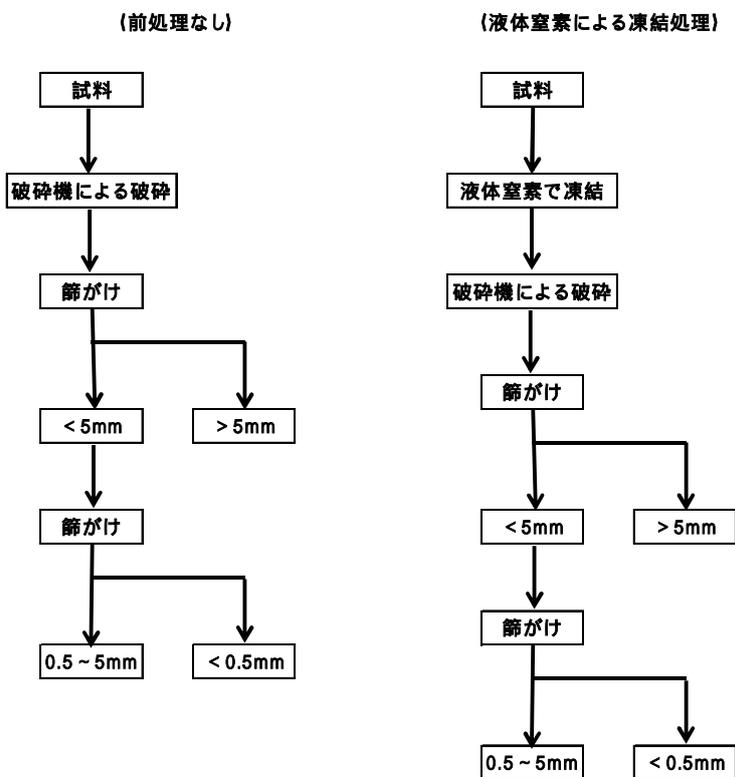


図 1-49 破砕機による試料破砕フロー



図 1-50 破砕に用いた装置・器具等

d. 破碎試験結果

c. で示した破碎方法で調製した試料の破碎後の粒径ごと( <0.5mm、0.5～5mm、>5mm )の重量比を以下に示す。

表 1-28 破碎試験結果

モジュールの種類	破碎方法			破碎重量	粒径ごとの重量比率			
				(g)	>5mm	0.5～5.0mm	<5mm	
単結晶	人力による粉碎	ハンマー		前処理なし	62.7	27.6%	52.8%	19.6%
				凍結後粉碎	68.9	0.8%	82.9%	16.3%
	破碎機による粉碎	カッピングミル	8mmメッシュ	前処理なし	65.6	18.9%	73.7%	7.4%
				凍結後粉碎	37.9	9.2%	83.4%	7.4%
			4mmメッシュ	前処理なし	70.1	5.0%	78.6%	16.4%
				凍結後粉碎	42.66	3.7%	78.4%	18.0%
		ジョークラッシャー		前処理なし	-	-	-	-
				凍結後粉碎	-	-	-	-
化合物系	人力による粉碎	ハンマー		前処理なし	-	-	-	-
				凍結後粉碎	105.1	1.4%	83.7%	14.9%
	破碎機による粉碎	カッピングミル	8mmメッシュ	前処理なし	75	13.5%	75.0%	11.5%
				凍結後粉碎	49.2	6.3%	87.9%	5.7%
			4mmメッシュ	前処理なし	72.8	2.0%	77.9%	20.0%
				凍結後粉碎	73.2	1.8%	81.2%	17.0%
		ジョークラッシャー		前処理なし	-	-	-	-
				凍結後粉碎	-	-	-	-

「 - 」表示は破碎不能

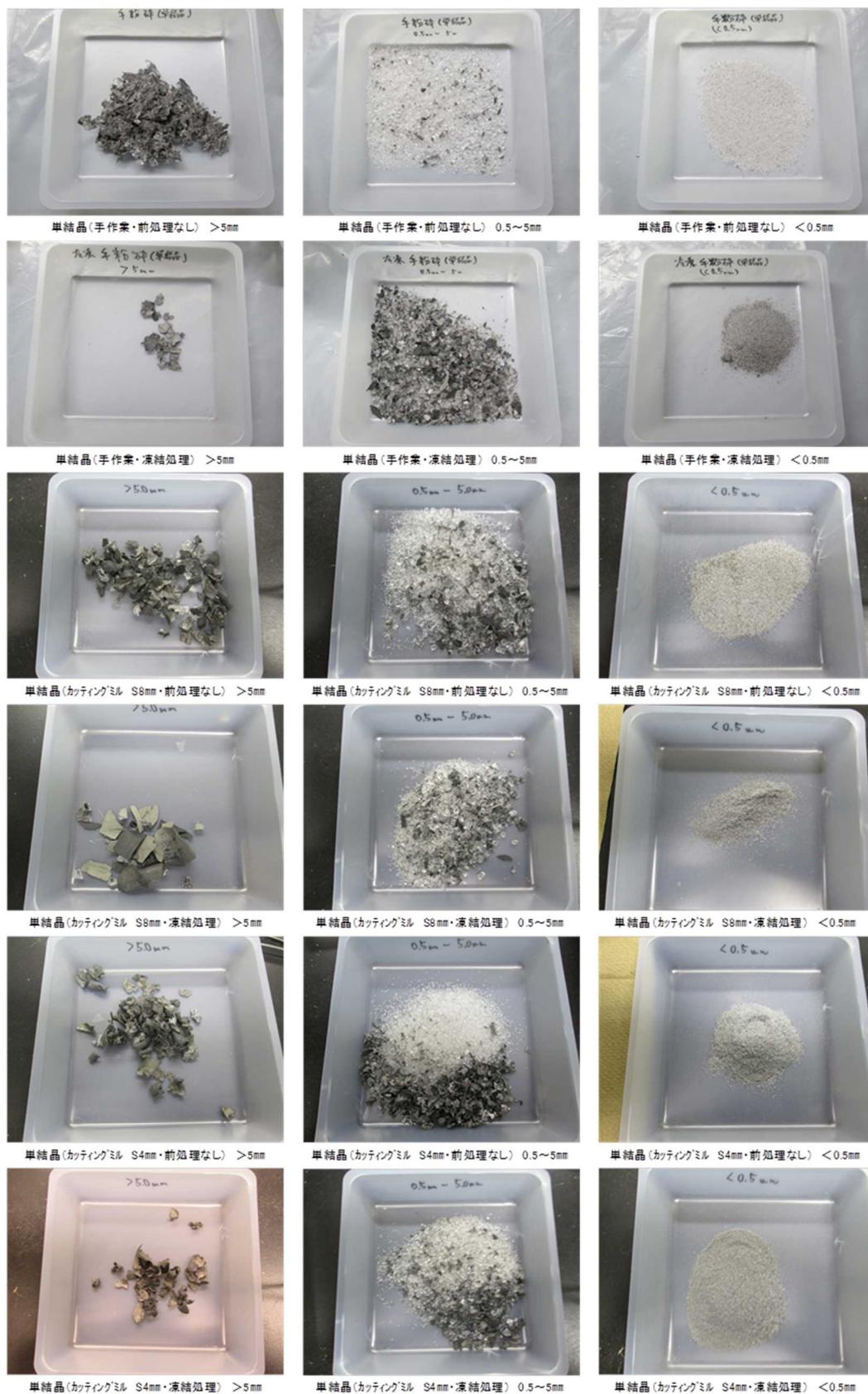


図 1-51 単結晶モジュールの破碎状況

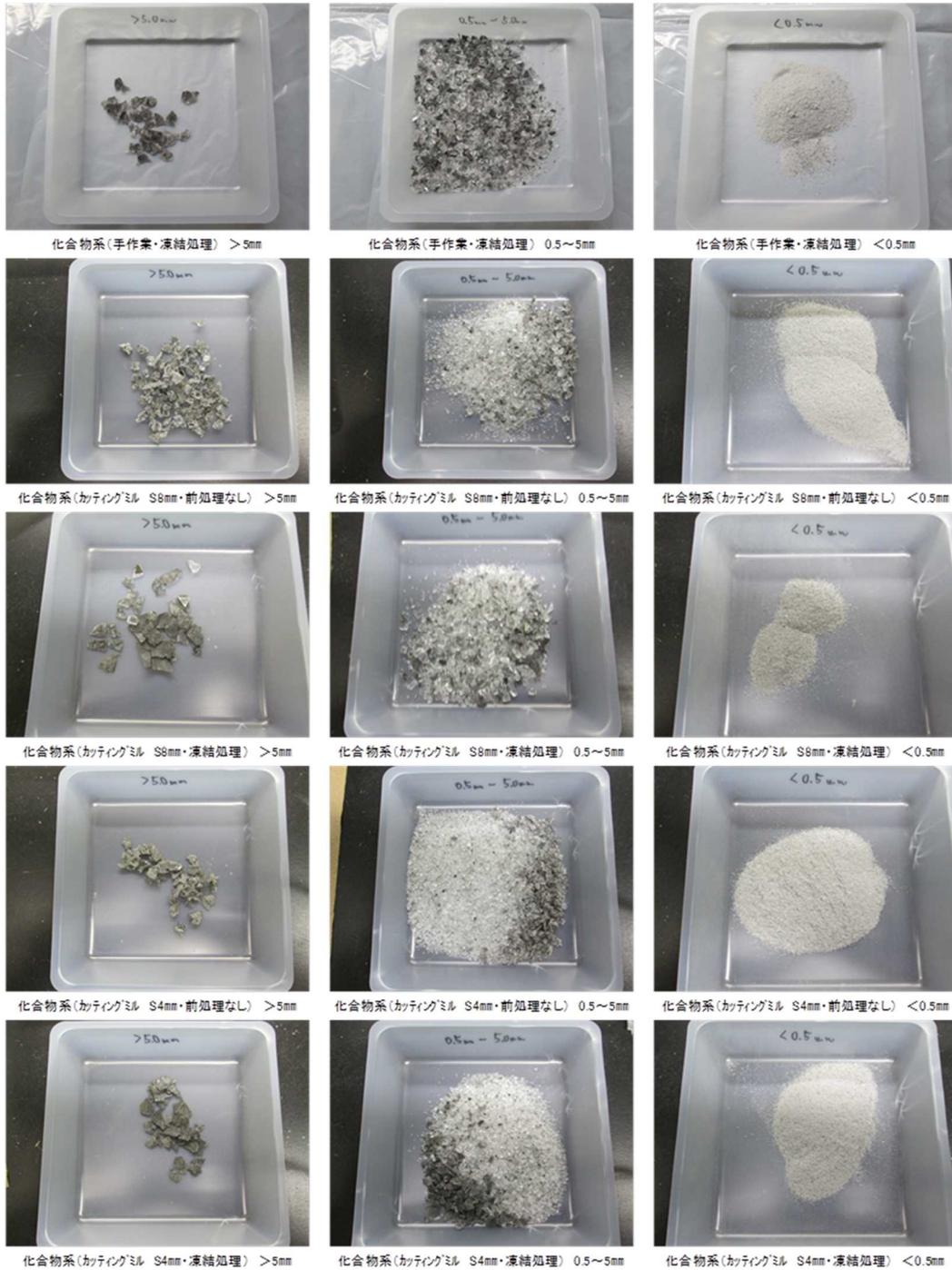


図 1-52 化合物系モジュールの破碎状況

c. で示した方法で破碎した化合物系モジュールについて、破碎後の粒径ごと( <0.5mm、0.5~5mm、>5mm )に溶出試験を実施し pH、EC ( 電気伝導度 )、Se 溶出量の分析を実施した。結果を次表に示す。

表 1-29 化合物系モジュール破碎試料の溶出試験結果

モジュールの種類	破碎方法		項目	粒径			備考		
				>5mm	0.5～5.0mm	<5mm			
化合物系	人力による粉碎	ハンマー	前処理なし	-	-	-	ヒビがはいるのみで粉碎できず。(細かい粉末状のガラス有り)		
			凍結後粉碎	重量比	1.4%	83.7%	14.9%	液体窒素に10分間浸し、冷却した後、ハンマーにて粉碎。同工程を4回行ったところで、>5mmのガラス片がなくなった為、終了とした。	
				pH		7.2	8.6		
				EC(mS/m)		1.5	7.6		
	Se(mg/L)		0.10	3.1					
	破碎機による粉碎	カッティングミル	8mmメッシュ	前処理なし	重量比	13.5%	75.0%	11.5%	機械にて1回粉碎作業を行った。
					pH	7.1	7.4	6.5	
					EC(mS/m)	2.1	1.5	17.0	
				Se(mg/L)	0.22	0.10	0.28		
			凍結後粉碎	重量比	6.3%	87.9%	5.7%	液体窒素に10分間浸し、冷却した後、機械にて1回粉碎作業を行った。	
				pH		7.1			
				EC(mS/m)		1.4			
				Se(mg/L)		0.07			
		4mmメッシュ	前処理なし	重量比	2.0%	77.9%	20.0%	機械にて1回粉碎作業を行った。	
				pH		7.5	8.5		
				EC(mS/m)		1.5	17.0		
Se(mg/L)				0.16	1.3				
凍結後粉碎	重量比	1.8%	81.2%	17.0%	液体窒素に10分間浸し、冷却した後、機械にて1回粉碎作業を行った。				
	pH		7.4	8.4					
	EC(mS/m)		1.7	7.1					
	Se(mg/L)		0.25	2.7					
ジョークラッシャー	前処理なし	-	-	-	-	粉碎不可			
	凍結後粉碎	-	-	-	-	粉碎不可			

試料少量のため溶出試験実施せず。

### 《破碎方法による破碎物性状の比較》

- 手作業による破碎、破碎機による破碎共に、液体窒素での凍結処理を実施しないと破碎できない樹脂部分が5mm以上の残渣として残ってしまう。この場合、これら樹脂残渣をハサミ等で裁断し0.5～5mmとして分析用試料に混合する必要がある。
- また、モジュールの種類によっては凍結処理しないと破碎できないものもある。
- 破碎機（ジョークラッシャー）は、樹脂を含むモジュールの破碎には適さない。
- 破碎機（カッティングミル）における破碎においては、破碎時の設定条件や使用するスクリーンのサイズによって破碎物の性状が異なる場合がある。
- いずれの破碎方法においても「>5mm」「0.5～5mm」「<0.5mm」のそれぞれの範囲で、粒径だけではなく、性状や素材構成が異なる場合がある。
- 機械破碎の場合、破碎条件の設定が難しい。

### 《破碎後の粒径ごとの溶出試験結果》

- pH は粒径の小さいほど高い値となり、0.5~5mm では中性、0.5mm 未満ではアルカリ性となる傾向がある。
- EC は粒径が小さいほど高い値となり、0.5mm 未満では 0.5~5mm の数倍～10 倍程度であった。粒径が小さいほど多くの成分が溶液中に溶け出している。
- Se は 0.5～5mm で 0.07～0.25mg/L、0.5mm 未満で 0.28～3.1mg/L であった。
- 破碎できない 5mm 以上の試料を 0.5～5mm に裁断したものは 0.22mg/L であった。
- カuttingミル(通常粉碎 8mm メッシュ)においては、0.5mm 未満でも 0.5～5mm と近い値となった。なお、この際の pH はほかの試料と異なり中性域より若干酸性寄りであった。

#### e. 標準的な試料調製方法について

#### ア) 溶出試験の試料調製における留意点

溶出試験の試料調製における留意点としては、以下を挙げることができる。

処分(埋め立て)される際の性状

- ✓ そのまま埋め立てるか、破碎してから埋め立てるか？
- ✓ 破碎してから埋め立てる場合、どのような形状(粒径)か？粒径の細かいものが混在しないか？

試料の代表性

- ✓ 試験対象が目的とする試料を代表するものかどうか？
- ✓ どの部位を試験対象とするべきか？

試料の粒径

- ✓ 試験対象とする試料の粒径は溶出試験での評価目的に対して適切か？
- ✓ 過大評価・過小評価となる要因はないか？

その他

- ✓ どの試験機関でも実施できる試験内容か？
- ✓ 繰り返し実施して再現性が得られるか？

#### イ) 標準的な試料調製方法(案)

ア)の留意点をふまえて以下の2つの方法を提案する。

#### 《案1》

フレーム・端子ボックス等の取外し

端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討

モジュールを代表する部位を選んで裁断(20 cm×20 cm程度)

部位ごとに性状が異なる場合は複数箇所採取して混合

樹脂等が含まれてそのままの状態では破碎が困難な場合は液体窒素で凍結処理

ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破碎。必要に応じて破碎作業中に再度液体窒素処理を行う。

破碎不能な部位（バックシート、金属電極等）が含まれる場合は過度な破碎作業はせずにハサミ等によって 0.5～5mm に裁断する。

0.5～5mm に調製した破碎物を溶出試験用試料とする。

溶出試験用試料を用いて環境庁告示 13 号に準じて溶出試験を実施する。

## 《案2》

フレーム・端子ボックス等の取外し

端子ボックス等の付属部品は試験対象に含むかどうかは要検討

部材ごとに解体・重量構成比測定

部位ごとに破碎

樹脂等が含まれていてそのままの状態では破碎が困難な場合は液体窒素で凍結処理  
ハンマー等を用いて手作業で丁寧に破碎。必要に応じて破碎作業中に再度液体窒素処理を行う。

破碎不能な部位（バックシート、金属電極等）は過度な破碎作業はせずにハサミ等によって 0.5～5mm に裁断する。

0.5～5mm に調製した部位ごとの破碎物を溶出試験用試料とする。

溶出試験用試料を用いて環境庁告示 13 号に準じて溶出試験を実施する。

なお、試料調製にあたっては、以下の点を考慮する必要がある。

- 機械破碎による試料調製は一定の範囲での粒度調整が困難なので注意が必要。
- 対象製品の性質・構造にあわせた試料採取部位の選定が必要。
- 粒径は原則、0.5～5mm とする。ただし 0.5mm 未満の破碎物の素材等が明らかに 0.5～5mm のものと異なる場合は、これらも混合して試験試料とする。
- 試験方法の汎用性を考えると、部位ごとに破碎・素材構成比で混合する手法（案2）は時間がかかり、対応できる分析機関も少ない点に留意が必要。

太陽光モジュールの試料調製については、以上の点を考慮し《案1》または《案2》での試料調製を実施する。

なお、本調査においては、《案1》での試料調製を基本とし、一部の試料（国内 A 社、国内 B 社、海外 C 社の結晶系モジュール）については《案1》及び《案2》の2方法で試料調製を行いその妥当性を検証した。

比較試験の結果を以下に示す。

表 1-30 案1と案2の比較試験結果

単位：mg/L

No.	種類	メーカー	前処理方法	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr <sup>6+</sup> 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル
1	多結晶	国内	A社	案1	0.51	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01
2				案2	1.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01
3	多結晶	国内	B社	案1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04
4				案2	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01
5	多結晶	海外	C社	案1	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.01
6				案2	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.01
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準※				0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-

※本試験のような製品破片についての適応はないが、参考表示する

: 検出された元素       : 基準超過

- 試料調製法の違いにより数値のばらつきが見られたが、ほぼ同じ傾向を示した。
- 多結晶(国内A社)では《案2》の方法で試料調製した試料で鉛が高い値を示した。部材ごとに分けた後に破碎し混合した調製試料で溶出試験を実施したため、鉛高含有の電極が直接溶媒と接触したことが原因と推測される。
- モジュールの部品構成や性状によっては《案1》で試料調製する場合には、分析結果のばらつきを抑えるため、モジュールからの試料採取量を増やしたり、複数回の分析を行うことも検討が必要。

(2) 太陽光発電設備の含有量・溶出試験の実施

1) 試験対象モジュールの選定

サンプルの調達時期等を踏まえ、試験対象サンプルは以下のとおりとした。なお、一部のサンプルは、再現性確認の観点から複数の分析機関で試験を実施することとした。

表 1-31 モジュールの分析対象サンプル(計10サンプル)

	種類	メーカー	公称最大出力 W	モジュール変換効率%
環境管理センター実施分	多結晶	国内 A 社	130	13.5
	多結晶	国内 A 社	150	13.0
	多結晶	国内 B 社	250	-
	多結晶	海外 C 社	245	-
	薄膜	国内 A 社	-	-
	化合物	国内 D 社	160	13.0
東芝環境ソリューション実施分	多結晶	国内 A 社	-	-
	多結晶	国内 B 社	250	-
	多結晶	海外 C 社	245	-
	化合物	国内 D 社	160	13.0

## 2) 試験の実施

試験対象としたサンプルについて、e. で検討した標準的な試験方法を踏まえ、含有量・溶出試験を実施した。含有量・溶出試験の実施結果を以下に示す。

### a. 溶出試験（環境庁告示第13号）

表 1-32 モジュールの溶出試験結果（環境管理センター実施分）

					単位：mg/L									
種類	メーカー	製造年	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr <sup>6+</sup> 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	参考値 pH		
1	多結晶	国内	A社	-	0.51	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.1	
2	多結晶	国内	A社	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.2	
3	多結晶	国内	B社	-	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.0	
4	多結晶	海外	C社	-	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	8.9	
5	多結晶	海外	C社	-	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.1	
6	薄膜	国内	A社	-	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.9	
7	化合物	国内	D社	-	0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	9.1	
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準			0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-	-		

本試験のような製品破片についての適用はないが、参考表示する

 : 検出された元素

 : 基準超過

No.4,5 は別ロット No.の同一製品

表 1-33 モジュールの溶出試験結果（東芝環境ソリューション実施分）

					単位：mg/L									
種類	メーカー	製造年	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr <sup>6+</sup> 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	参考値 pH		
1	多結晶	国内	A社	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	7.9	
2	多結晶	国内	B社	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	8.1	
3	多結晶	海外	C社	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	7.9	
4	化合物	国内	D社	-	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	7.4	
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準			0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-	-		

本試験のような製品破片についての適用はないが、参考表示する

 : 検出された元素

 : 基準超過

No.同色のものが同一製品

b. 含有量試験

表 1-34 モジュールの含有量試験結果（環境管理センター実施分）

種類		メーカー	製造年	部位	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn スズ	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀	
1	多結晶	国内	A社	-	電極以外	590	<1	<1	<1	280	<1	1500	<1	98	54	1000	<1	<1	2	1500	
					電極	90000	-	-	-	-	-	-	660000	-	100000	-	-	-	-	-	-
2	多結晶	国内	A社	-	電極以外	33	<1	<1	<1	310	<1	11	<1	41	21	450	<1	<1	<1	780	
					電極	370	-	-	-	-	-	-	810000	-	140000	-	-	-	-	-	-
3	多結晶	国内	B社	-	電極以外	320	<1	<1	<1	280	<1	2200	5	370	40	440	<1	<1	1	430	
					電極	35000	-	-	-	-	-	-	830000	-	61000	-	-	-	-	-	-
4	多結晶	海外	C社	-	電極以外	51	<1	3	<1	300	<1	2000	3	55	33	66	<1	<1	2	450	
					電極	55000	-	-	-	-	-	-	740000	-	86000	-	-	-	-	-	-
5	多結晶	海外	C社	-	電極以外	280	<1	2	<1	350		1700	2	5700	20	440	<1	<1	1	300	
					電極	54000	-	-	-	-	-	-	760000	-	89000	-	-	-	-	-	-
6	薄膜	国内	A社	-	電極以外	3	<1	<1	<1	320	<1	14	<1	19	88	140	<1	<1	2	97	
					電極	67	-	-	-	-	-	-	690000	-	160000	-	-	-	-	-	-
7	化合物	国内	D社	-	電極以外	3	<1	<1	4	<1	330	<1	620	<1	100	380	110	150	7	30	3
					電極	30	-	-	-	-	-	-	670000	-	110000	-	-	-	-	-	-



No.4,5 は別ロット No.の同一製品

含有量試験については電極とその他の部位を均一に混合することが困難だったため、「電極以外」「電極」のそれぞれについて分析を実施した。

表 1-35 モジュールの含有量試験結果（東芝環境ソリューション実施分）

種類		メーカー	製造年	部位	Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr6+ 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn スズ	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀
1	多結晶	国内	A社	-	890	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1100	<1	9700	18	120	<1	<1	<1	850
2	多結晶	国内	B社	-	710	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1400	<1	16000	26	180	<1	<1	<1	710
3	多結晶	海外	C社	-	330	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1000	<1	4600	190	11	<1	<1	<1	240
4	化合物	国内	D社	-	19	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	930	<1	1700	350	76	75	27	15	13



No.同色のものが同一製品

3) 試験結果に関する考察

結晶系モジュールの一部で鉛が特別管理産業廃棄物の判定基準を超過しているものが確認された。製品に使用されている金属電極に由来するものと推測されるのでその取扱いについては注意が必要と考えられる。

一部モジュールからは産業廃棄物の溶出基準値のある物質として鉛、セレンの溶出が、また、溶出基準値のない物質ではアンチモンの溶出が確認されている。

また、一部のモジュールについては、同一製品について2つの分析機関で試験を実施し分析結果を比較した。溶出試験において2機関のうち1機関では鉛の溶出が確認されたが、もう一方の機関では定量下限値未満であった。

溶出寄与度の検討において、鉛の溶出は電極部分に由来することが確認されていることから、試料調製の際の電極部分の取り扱い（破碎方法や・混合方法）の違いにより差異が生じたものと推測される。

(3) 参考資料 - 太陽光発電モジュールの有姿による溶出試験結果 -

1) 背景と目的

「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」傘下のリサイクル特性ワーキンググループ(以下、本 WG)においては、太陽光発電モジュールに関する有害性について検討が進められている。太陽光発電モジュールについては、定められた分析方法がないため、汚泥や煤塵等の特別管理廃棄物の埋立を行う際に実施する環境省告示 13 号試験(以下、13 号試験)にもとづく分析が行われている。

太陽光発電モジュールは、強化ガラスを使用し、さらに封止材等の樹脂を用いることで容易に割れず飛散しないような構造になっている。これを埋立処理する場合には、ガラス面に亀裂が入る可能性はあるものの、多くの粉体が飛散することは考えにくいという見方がある。

ところが、13 号試験では、液体窒素で低温脆化させた上で対象物を粉砕し 0.5~5mm の粉体状の試料を用いて溶出成分を定量化するため、必ずしも埋立の実態に近いとは言いきれない部分がある。

溶出試験については、国内外において様々な方法が定められている。(表 1-36 参照)

国内の土壤汚染においては、13 号試験と同様に対象物を粉砕して 2mm 以下の粉体からの溶出成分の評価を行う環境省告示 46 号試験(以下、46 号試験)の実施が定められている。

一方で、コンクリート再生材やアスファルト等においては、46 号試験の 2mm 以下の粉体の状態がこれらの実際の粒度分布と異なって過大評価になる意見があり、46 号試験と並行して有姿でのタンクリーチング試験(以下、TL 試験)を実施している例がある。

海外においては、13 号試験と同様に試料を粉砕したり、オランダのアベイラビリティ試験にみられるように pH を中性からより酸性側にしたりするなど、最大の溶出量を評価する試験方法が提唱されている。

本来、上記で述べたような様々な試験方法によって総合的に評価されることが理想であるが、今回は表 1-37 の考え方に基づき、一般社団法人太陽光発電協会として、より現実に近い形態での TL 試験と 13 号試験による比較を行った。なお、本分析は、本 WG の 13 号試験で検出が見られた鉛とセレンに絞って実施した。

表 1-36 各国における溶出試験方法( )

国名	日本			ドイツ	フランス	米国/カナダ		スイス	オランダ	
試験名称	タンクリーチング試験	環境省告示13号	環境省告示46号	DIN38414S4	AF NOR X31-210	TCLP	EP	TVA	Serial Batch	Avilability Test
試料粒径	有姿(塊状)	< 5mm	< 2mm	< 10mm	< 4mm	< 9.5mm	< 9.5mm	最終処分の形状	< 3mm	< 125 μm
溶媒	蒸留水+HCl	蒸留水+HCl	蒸留水+HCl	脱イオン水	脱イオン水	酢酸or同緩衝液	脱イオン水+酢酸	CO2飽和溶液	脱イオン水	脱イオン水+HNO3
pH	pH 5.8 ~ 6.3	pH 5.8 ~ 6.3	pH 5.8 ~ 6.3	-	-	pH 2.88/4.93	pH 5(維持)	(pH 5.6)	pH 4	pH 7.4(固定)
試料量[g]	400(コンクリート)	> 50	> 50	100	150	100	100	100 ~ 200	40	16
液固比[mL/g]	10	10	10	10	10	20	16	10	20	100
温度[℃]	20	常温	常温	-	恒温槽湯浴	22.3 ± 3	20 ~ 40	-	-	-
抽出容器	-	-	-	2Lフラスコ	1.5Lフラスコ(径100mm)	PEボトル	PEボトル	ボトル	1L PEボトル	ピーカー
抽出方法	静置	平行振とう	平行振とう	転倒振とう	縦回転 60rpm	回転 30 ± 2rpm	連続攪拌	CO2 100mL/分	振とう	スターラー
抽出時間[hr]	672(28日間)	6	6	24	16	18	24	24	24*5段階	3*2段階
抽出回数	1	1	1	1~2	1~3	1	1	1~2	1~5	1~2
固液分離方法	遠心分離3,000rpm 20分+0.45 μmMF	1 μmGFF	遠心分離 3,000rpm 20分+0.45 μmMF	0.45 μmMF	0.45 μmMF or 遠心分離 > 2,000G	加圧濾過0.6 ~ 0.8 μmGFF	0.45 μmMF	0.45 μmMF	0.45 μmMF	0.45 μmMF
備考	・溶出後の試験方法は 46号試験に準じる。					溶媒は前試験に て決定	0.5N酢酸の添加 量の上限は4mL/g			
長所	・埋立に近い状態で試験が実施できる。 ・同右	・物質の性質が溶出性を決定する。 ・再現性が良い。 ・操作が簡便。				・有機酸との接触を考慮。		・空気接触時の炭酸塩化の影響が把握できる。	・長期的な溶出を短時間で把握可能。	・溶解度の影響小。 ・アニオンを適切に評価。
短所	・試験に時間がかかる。 ・カチオンを低く評価する 場合がある。 ・pH変動に弱く、長期的 に影響は不明。	・カチオンを低く評価する 場合がある。 ・実際の埋立地の状況と 関連付けるのが困難。 ・pH変動に弱く、長期的 に影響は不明。				・カチオンを低く評価する 場合がある。		・埋立時の状況を必ずしも 反映していない。	・付加的な情報が限定され ている。	・溶出濃度が低い。

GFF : ガラス繊維濾紙、 MF : メンブランフィルター

下記文献を参考に作成

「溶出試験の基本的考え方」、酒井伸一、水谷聡、高月紘、廃棄物学会誌、Vol.7, No.5. pp.383,1996

表 1-37 今回の試験方法の考え方

コンクリート再生材、アスファルト等	太陽光発電モジュール
<p>土壌を対象とした 46 号試験に準じた溶出試験。                      破碎して粒度 2mm 以下の試料を分析。</p>	<p>埋立を仮定した 13 号試験に準じた溶出試験。                      破碎して 0.5～5mm の試料の溶出量を分析。</p>
<p>コンクリート等の粒度分布は粒径が 2mm よりも粗く、                      粉碎することで溶出濃度が本来の状態よりも高く出る可能性があり、                      条件が厳しすぎるという見方がある。( )</p>	<p>埋立を想定した場合、太陽光発電モジュールから 0.5～5mm の範囲で                      多数の粉体が発生することは考えにくく、                      溶出濃度が本来の状態よりも高く出る可能性がある。</p>
<p>コンクリートやアスファルト等の場合に                      有姿での溶出試験方法として定められているタンクリーチング試験を実施</p>	<p>太陽光発電モジュールの場合には、                      有姿としての試験方法が定められていないため、                      コンクリートのケースに準じてタンクリーチング試験を実施</p>

参考文献

『コンクリート再生材からの 6 価クロムの溶出抑制に関する共同実験報告書(2011/3)』

## 2) 試験サンプル作成

切り出し前の太陽光モジュールの外観を次表に示す。

表 1-38 溶出試験対象の切り出し前のサンプル

分類	メーカー	写真(表面)	写真(裏面)
多結晶	A社		
	B社		
	C社		
化合物(CIS)	D社		

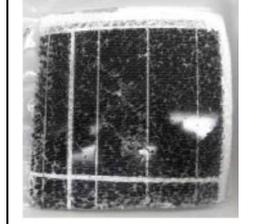
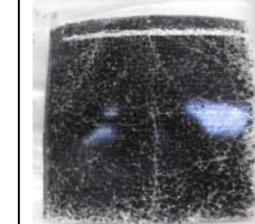
## 3) サンプル採取

TL 試験用のサンプルは、モジュールからアルミフレームを外した後、20cm 角程度の大きさにカットしたものを供試体とした。

13号試験のサンプルは、鋏等を使用して20cm角程度の大きさにカットした後、さらに短

冊状にカット後液体窒素にて凍結させ、ハンマーで破碎した。破碎した試料は、5mm メッシュの篩を用いて篩掛けを行った。5mm 以上の資料については、繰り返し前記操作を行い、5mm の篩を通した。5mm 以下の試料については、0.5mm メッシュの篩にかけて篩掛けを行い、<0.5mm 粒径と 0.5~5mm 粒径に分け、0.5~5mm の供試体とした。また、ハンマーで粉碎できないフィルム状の物や、樹脂状の物は手で 5mm 以下になるように細かくカットした。切り出した各サンプルを次表に示す。

表 1-39 溶出試験対象の切り出し後のサンプル

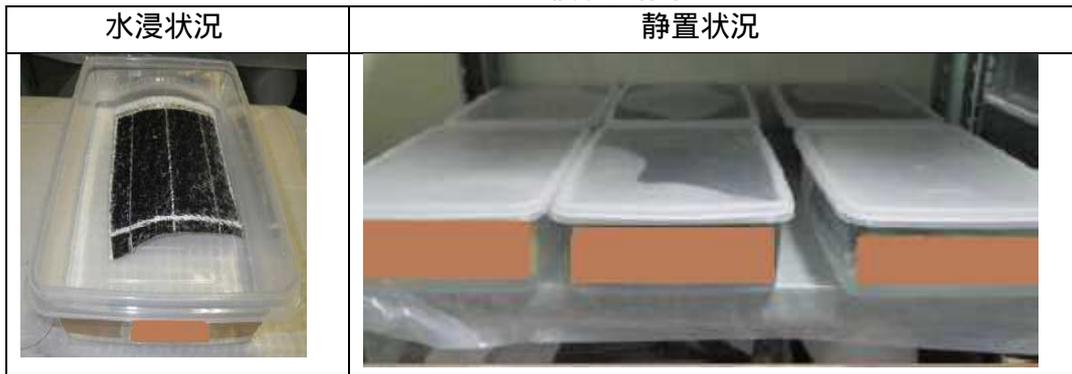
分類 メーカー	多結晶			化合物
	A 社	B 社	C 社	D 社
TL 試験				
13号試験				

#### 4) 試験方法

##### a. TL 試験

- 20cm 角にカットした供試体(500g)を非金属性の容器に置き、溶媒水(純水)5L を加えた(固液比 1:10)。この際、全体が水中に水没するよう水浸させた。(表 5)
- 容器を室温 20 の部屋に設置し、28 日間静置した。
- 水浸 28 日後、溶媒水を採水し、分子試料とした。試験サンプル数(n)は 3 である。

表 1-40 TL 試験の様子



b. 13号試験

- 0.5～5mm に調整した供試体を 50g 採取し、純水 500mL を加え（固液比 1:10）6 時間振とうした。（振とう回数：200 回、振とう幅 4～5cm、常温）
- 静置後、20 分間遠心分離を行う。（遠心加速度：3000G）
- 遠心分離後、孔径 1 $\mu$ m のメンブランフィルターを用いて濾過を行い、濾液を分析試料とした。試験サンプル数(n)は 3 である。

c. その他測定項目

13 号試験および TL 試験とも鉛、セレンの溶出量の他に、電気伝導度（EC: Electrical Conductivity）と pH の測定を実施した。

5) 分析項目および分析方法

分析項目と分析方法について、次表に示す。

表 1-41 分析項目および分析方法

分析項目	分析方法	単位	定量下限値 <sup>( )</sup>
鉛(Pb)	ICP-質量分析法	mg/L	0.01(0.001)
セレン(Se)	ICP-質量分析法	mg/L	0.005(0.001)
pH	ガラス電極法	-	-
電気伝導度(EC)	電極法	mS/m	0.1

左側の数値は 13 号試験、()の数値は TL 試験の数値

## 6) 試験結果

TL 試験の結果（平均値）を表 1-42、13 号試験の結果を表 1-43 に示す。（EC は 25 換算値）

表 1-42 TL 試験の結果

分類	多結晶				化合物	備考
	A社	B社	C社	平均		
メーカー					D社	単位
鉛	<0.001	0.002	0.006	0.003	<0.001	mg/L
セレン	-	-	-	-	0.011	mg/L
pH	7.4	6.7	6.8	7.0	6.8	-
EC	0.8	0.6	0.4	0.6	0.5	mS/m

表 1-43 13号試験の結果

分類	多結晶				化合物	備考
	A社	B社	C社	平均		
対象物質					D社	単位
鉛	0.06	0.02	0.13	0.07	0.01	mg/L
セレン	-	-	-		0.019	mg/L
pH	7.4	7.8	7.7	7.6	7.3	-
EC	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	mS/m

## 7) まとめ

鉛に関しては、13号試験に比べて供試体の粒径が大きく比表面積が小さいTL試験では、13号試験よりも溶出量が小さいという結果が得られた。一方、薄膜全体に一定割合のセレンを含む化合物系のモジュールについては、TL試験と13号試験でセレンの溶出量に大きな差はなかった。

今回の試験では上記のような結果が得られたが、アベイラビリティ試験などより条件の厳しい溶出試験は実施していないため、太陽光発電モジュールの溶出量に関する最終的な評価については、データが十分とは言えない部分がある。この点については、今後の専門家や関係者によるさらなる検討が望まれる。

## 1.2 太陽光発電設備の将来の排出見込量と地域偏在性の分析の実施

本節では、使用済太陽光発電設備の将来の排出見込量や地域偏在性等に関する検討結果を示す。

まず「地域毎の導入量の推計」において過去の導入量の地域偏在性について示した上で、「将来の排出見込量の推計方法の検討」に繋げる。

### 1.2.1 導入量の地域偏在性推計

太陽光発電設備の将来の排出見込量及び地域毎の排出見込量の推計にあたり、まず、太陽光発電設備の地域毎（都道府県毎）の導入量を推計する。

1990年代から現在までの導入量を把握・整理するとともに、統計データの制約から住宅・非住宅用および都道府県別の分類が困難な年代については、妥当な前提条件を設定することにより、用途別・都道府県別の導入量を推計する。

太陽光発電システムの導入量に関する主要な統計データを下表に示す。これらのデータを参考に、全国・都道府県別の住宅用・非住宅用それぞれの導入実績を整理する。

今回、非住宅用データとして、ガラス再資源化協議会（GRCJ）殿ご提供のメガソーラーの設置事例データを追加した。当該データは、これまでのメガソーラー設置実績の個別事例につき、設置住所（都道府県）、設備容量、運開年月を一覧化したものである。

表 1-44 太陽光発電の導入量に関する主要な統計データ

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）

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
	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 有するメガソーラ ー発電所データ	2010年～	-	-	×	
	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～	-	-		

### (1) 全国の導入量の推計

地域毎（都道府県別）の導入実績の前に、まず全国の導入実績の整理を行う。

住宅用・非住宅用を区別しない全国の導入量実績は、IEA PVPS 公開データが取りまとめている。当該データは単年データと累積データにつき、暦年ベースで推移をまとめている。

IEA PVPS 公開データの近年の推移を示した図を下に示す。

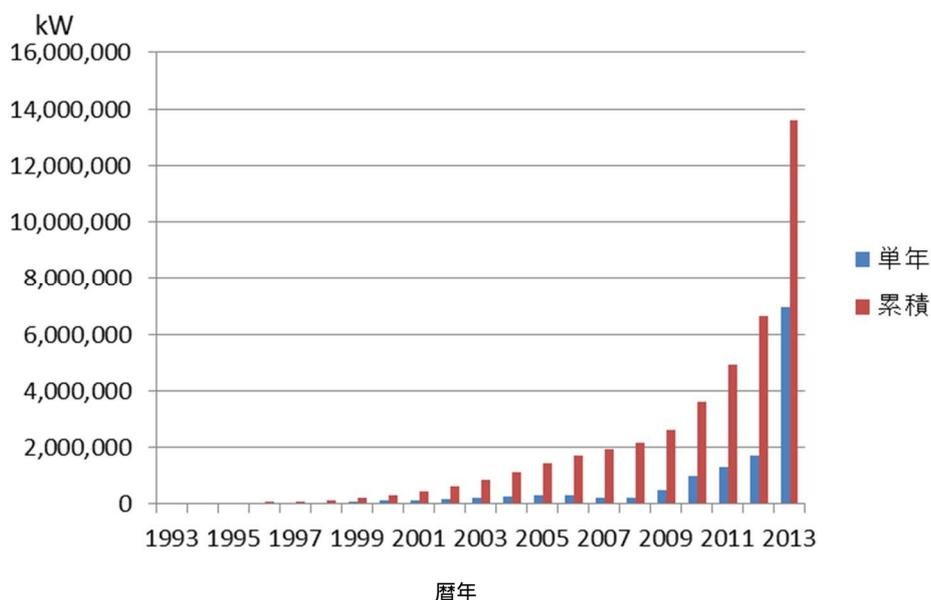


図 1-53 IEA PVPS 公開データによる全国の太陽光導入量の推移 (単年・累積) [kW]  
出所) IEA PVPS 公開データ

IEA PVPS に日本より報告されている導入量データに基づき、1992～2013年(暦年)の導入容量の実績値を示した

## 1) 全国・住宅用の導入量の推計

住宅用導入量に関しては、NEF 及び J-PEC の補助金交付実績は、全国に加え都道府県別の時系列推移データ(単年・累計;年度)も得られる点で有用である。まずここでは、全国の住宅用導入量の推移について、単年ベースで検討する。

NEF データでは 1994~2005 年度の、J-PEC データでは 2009~2013 年度の導入実績値が得られる。しかし、両者の間の 2006~2008 年度が欠損していることから、補間方法を検討した。

補間の方法として、a) 線形補間及び b) 出荷量ベース補間の 2 つの方法で導入実績を推計した。

a) 線形補間: 2005 年度の実績 (NEF) と 2009 年度 (J-PEC) の補助金交付実績を線形補間して推計

b) 出荷量ベース補間: JPEA 公開データ内の日本全体での出荷量 (住宅用) を用いた回帰式による補間

1994 年度から 2013 年度までの住宅用太陽光の導入量推移(2006~2008 年度は上記 a) b) の方法で補間) は次図のとおり。

ここで、a)線形補間による推計の場合、年度によっては出荷量実績を導入量が上回る結果となることから、b) 出荷量ベース補間の方がより実態に近いと推察した。

なお、1994~1996 年にモニタ事業として開始して以降、導入量は年々増加傾向にあった。2005 年には補助金額が減額した影響で、導入量が落ち込んでいる。

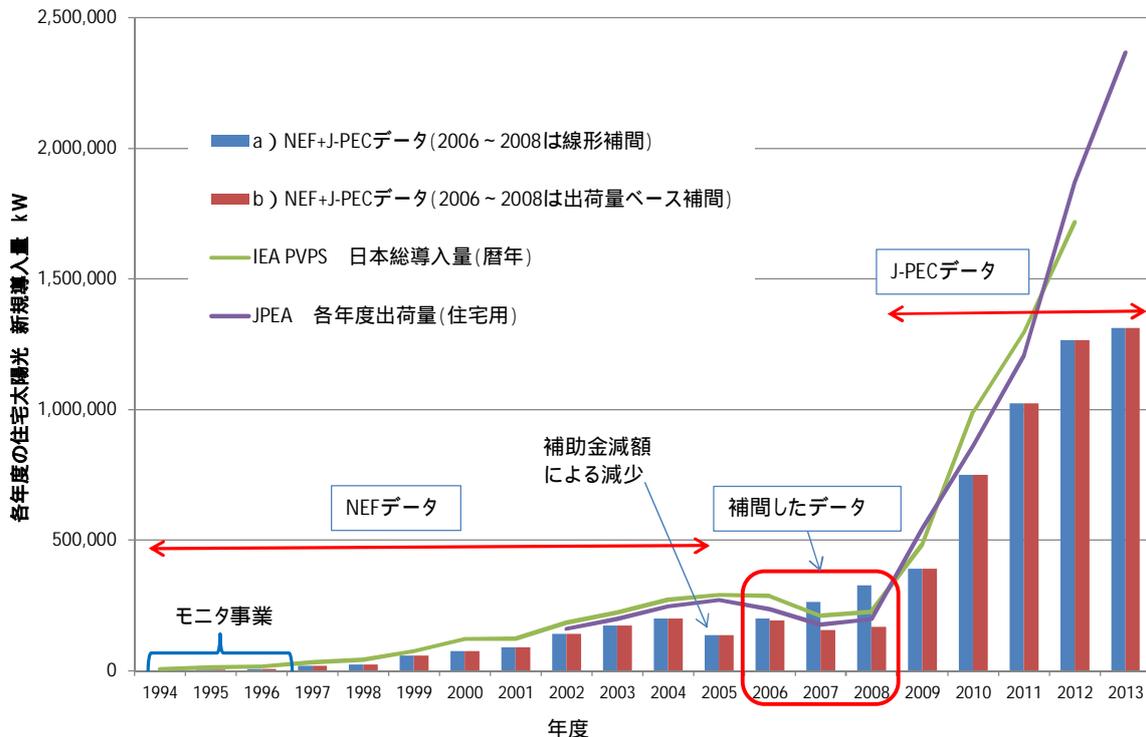


図 1-54 NEF・J-PEC による全国の住宅用太陽光導入量の推移 (単年) [kW]

出所) NEF・J-PEC データ、IEA PVPS データ

1994~2005 年度、2009~2013 年度は実績値、2006~2008 年度は推計値である。

2006~2008 年の推計値は二通りの方法で補間したものであり、b)の出荷量ベースでの補間の方がより実態に近いとして採用している。

全国の住宅用導入量の推移について、累積ベースでも検討する。NEF・JPEC データは累計データについても公開されているが、このような補間方法を同様に適用した結果は以下の通りである。累積導入量は 3,694 千 kW (2011 年度)、4,960 千 kW (2012 年度)、6,271 千 kW (2013 年度) と推移している。

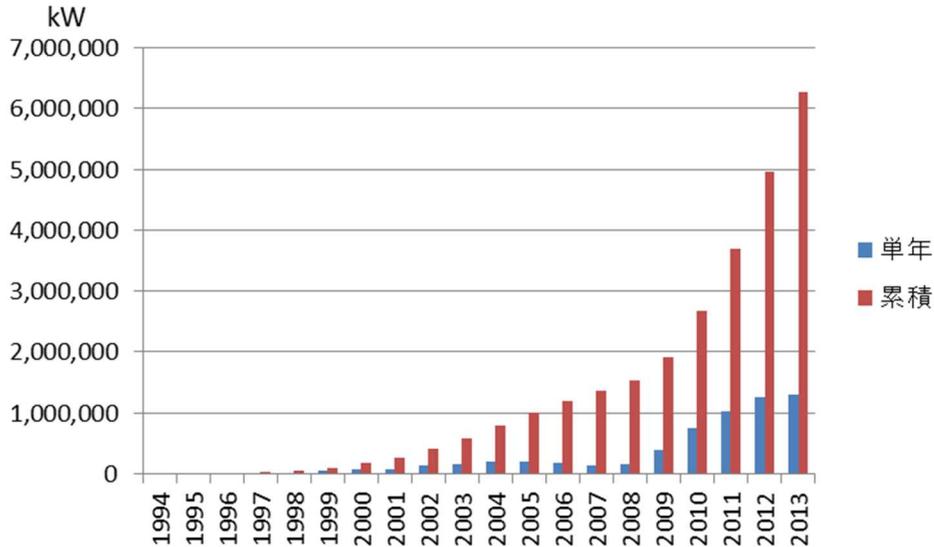


図 1-55 NEF・J-PEC データに基づく全国の住宅用太陽光導入量の推移 (単年・累積) [kW]  
出所) NEF・J-PEC データ

## 2) 全国・非住宅用の導入量の推計

### a. 推計方法

非住宅用太陽光導入量は直接的にデータが得られるものが少なく、複数のデータを用いて間接的に推計する方法で把握を行う必要がある。

2012 年 7 月以降は、FIT 認定容量データ (全国・都道府県別あり) により、非住宅用太陽光導入量が把握できる。

2012 年 6 月以前では、全国の非住宅用導入量の直接把握は困難である。全国・非住宅用の太陽光導入量の推計にあたっては、IEA 全国導入総量データ (暦年) と NEF・JPEC の住宅導入総量データ (年度) を用いた。非住宅用の導入量は、両者の差分により推計した。

IEA データについては暦年データのため、年度データに換算する必要がある。以下の推計式により、“みなし年度” データを作成した。

N 年度の導入量のみなしデータ

$$= N \text{ 年暦年} \times 3/4 + (N+1) \text{ 年暦年} \times 1/4$$

表 1-45 全国の非住宅用太陽光導入量の推計方法

～2012 年度 (2013 年 3 月)	2012 年 7 月～2014 年 7 月
<b>IEA 全国導入総量 - NEF・JPEC 住宅導入総量 (“みなし非住宅”)</b> IEA は暦年データ (～2013 年) であるため、住宅と合わせるために、“みなし年度” データ (～2012 年) を作成する N 年度の導入量のみなしデータ $= N \text{ 年暦年} \times 3/4 + (N+1) \text{ 年暦年} \times 1/4$	FIT 認定容量 (運転開始分) を使用

b. 結果

2013 年度までの全国の非住宅用導入量の推移について、単年・累積ベースで示したものは以下のとおり。このうち 2013 年度の単年・累積データは、FIT 認定容量（運転開始分）を使用している。累積導入量は 1,624 千 kW（2011 年度） 3,388 千 kW（2012 年度） 6,439 千 kW（2013 年度）である。非住宅の導入量はこのように、FIT 開始に伴い急速に伸びており、全国の住宅用導入量 6,271 千 kW（2013 年度）と比肩する規模まで拡大していることがわかる。FIT 開始前は、グラフに見るよう、非住宅の導入量の伸びが緩やかであったことも読み取れる。

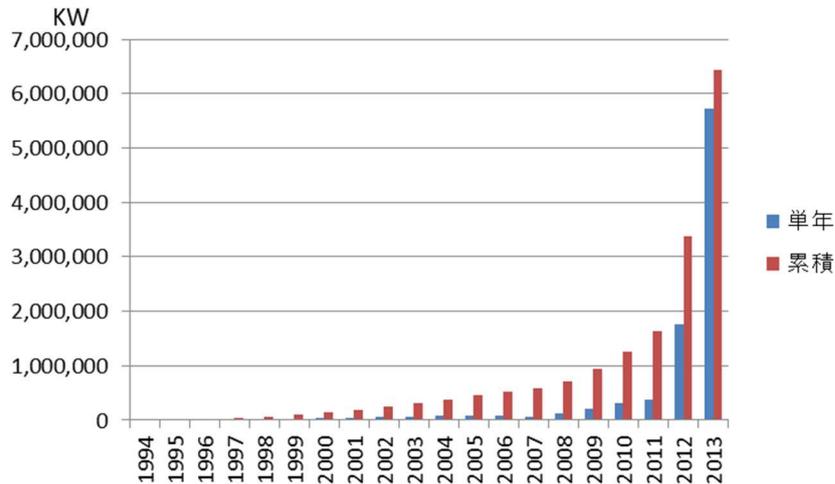


図 1-56 全国の非住宅用太陽光導入量の推移（単年・累積）[kW]

出所）単年データのうち 1994～2012 年度は IEA・NEF・JPEC データによる”みなし非住宅”（= IEA 全国導入総量 - NEF・JPEC 住宅導入総量）。2013 年度は FIT 認定容量による実績値。累積データは単年データの積上げに基づく。

以下にまとめとして 2013 年度以前の導入量実績（累積）を示した。これを見ると、非住宅用の占める割合は 4～5 割の水準に達している。

表 1-46 全国の住宅用・非住宅用の導入量推移（累積；直近 5 年度）

	2009 年度		2010 年度		2011 年度		2012 年度		2013 年度	
	容量[kW]	%	容量[kW]	%	容量[kW]	%	容量[kW]	%	容量[kW]	%
住宅	1,919,261	67%	2,669,812	68%	3,693,786	69%	4,959,920	59%	6,271,292	49%
非住宅	929,739	33%	1,246,388	32%	1,623,689	31%	3,387,697	41%	6,439,482	51%
合計	2,849,000	100%	3,916,200	100%	5,317,475	100%	8,347,617	100%	12,710,774	100%

出所）2009～2012 年度の非住宅はいわゆる”みなし非住宅”（= IEA 全国導入総量 - NEF・JPEC 住宅導入総量）。2013 年度の非住宅は FIT 認定容量データを使用

(2) 都道府県別の導入量の推計

住宅用・非住宅用を区別しない全国の導入量実績は、FIT 認定容量（2012 年 7 月以降）のみで判明している。当該データでは、10kW 未満と 10kW 以上を分けて認定容量、運転開始容量の累積データを公開している。そのため、都道府県別の住宅・非住宅をあわせた全体の

導入量実績は、各都道府県の 10kW 未満と 10kW 以上の設備容量の和によって把握することができる。

2013 年度の FIT 認定容量（うち運転開始分）による都道府県別の全体（住宅・非住宅）の太陽光導入量（単年・累積）は以下のとおり。

なお、太陽光発電設備の排出量の偏在性を求めるにあたっては、都道府県別データを、特に単年ベースで把握することが必要になる。FIT 認定容量データは、FIT 開始（2012 年 7 月）以降の累積データを公開しているが、2013 年度の単年データについても 2014 年 3 月時点の認定容量と 2013 年 3 月時点の認定容量の差分により導出している。

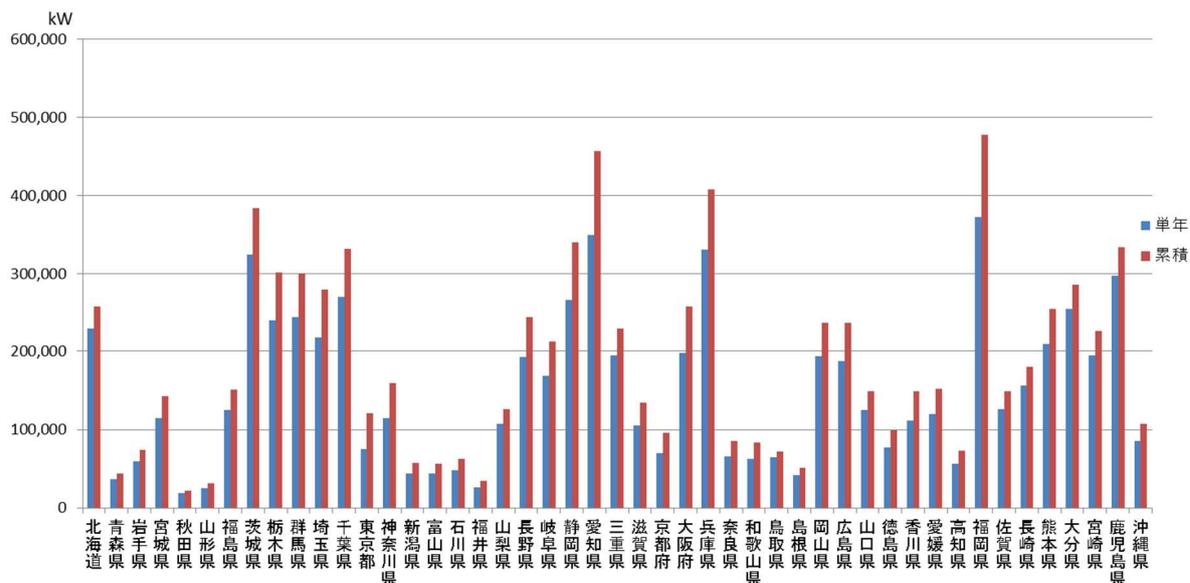


図 1-57 FIT 認定容量による都道府県別の太陽光導入量（単年・累積；2013 年度） [kW] 出所) FIT データ

### 1) 都道府県別・住宅用の導入量の推計

住宅用導入量に関しては、NEF 及び J-PEC の補助金交付実績は、全国に加え都道府県別の時系列推移データ（単年・累計；年度）も得られる。ここでは、2013 年度の都道府県別の住宅用導入量について、J-PEC の補助金交付実績を用いて単年・累積ベースで示す。

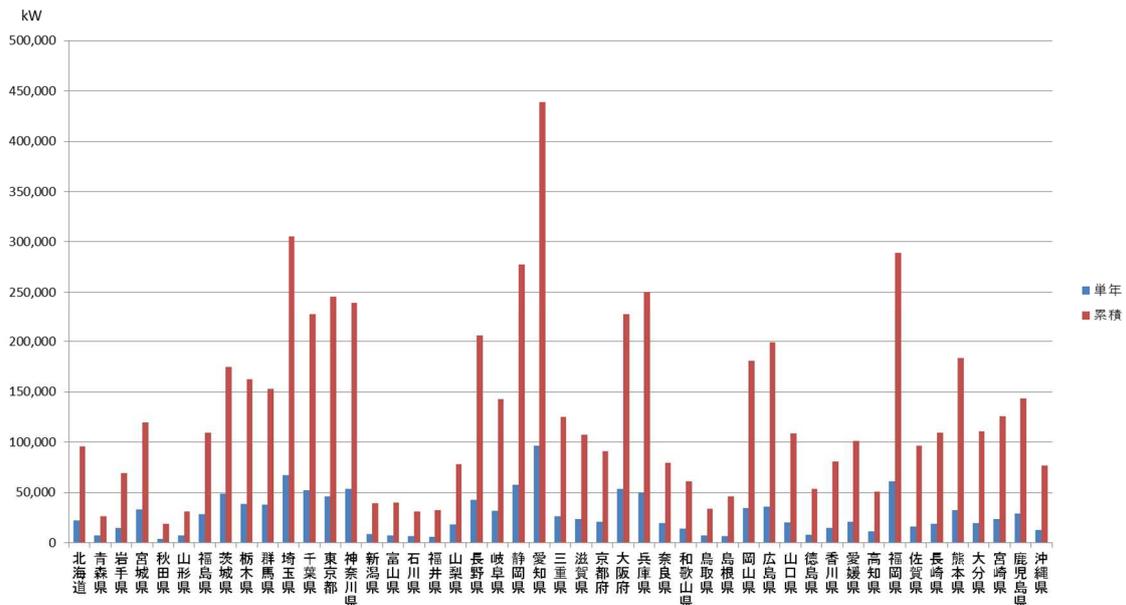


図 1-58 J-PEC 補助金交付実績による都道府県別の住宅用導入量(単年・累積; 2013 年度)  
[kW]

出所) J-PEC の補助金交付実績

## 2) 都道府県別・非住宅用の導入量の推計

### a. 2013 年度

2013 年度については、FIT 設備認定データは非住宅用についても都道府県別データを公表しているため、これを利用する。

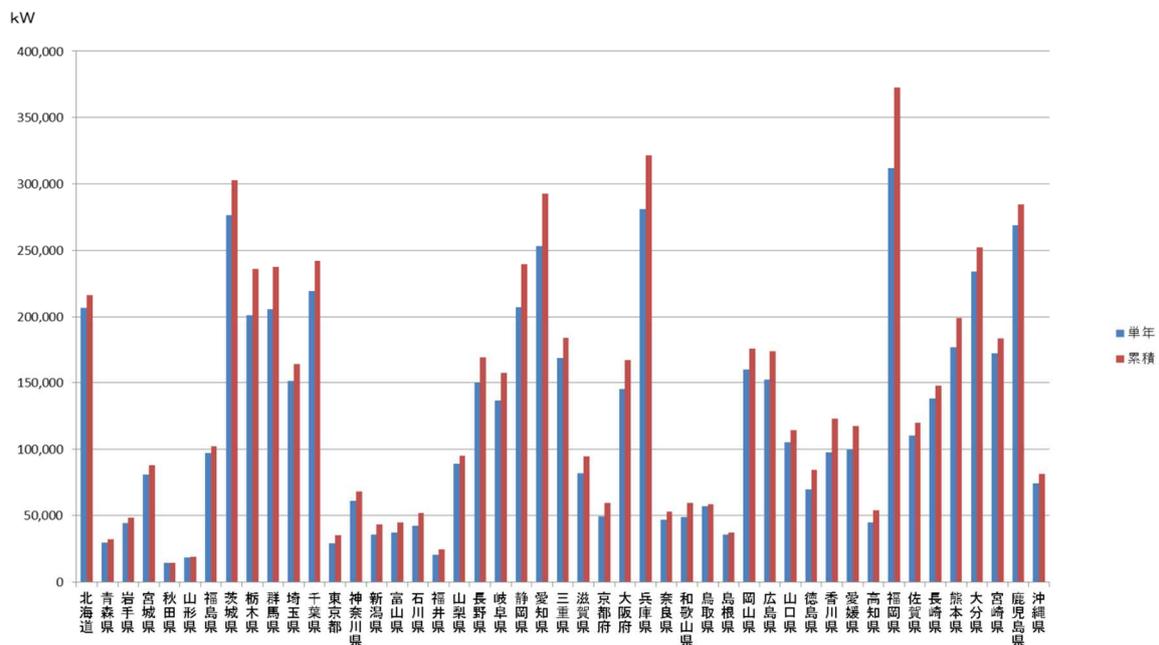


図 1-59 FIT による 都道府県別・非住宅用太陽光導入量 (単年・累積; 2013 年度) [kW]  
出所) FIT データ

## b. 2012年度以前

2012年度以前はFIT設備認定開始前であるため、2013年度のように認定容量データにより都道府県別の導入量を把握する方法が取れない。

2012年度以前について利用可能なデータとして、以下のものがある。

- RPS法認定設備データのうち10kW以上の容量データ(2,409箇所)
- 経済産業省審議会資料・全国メガソーラー分布マップ(70箇所)
- GRCJ資料・全国メガソーラー一覧データ(815箇所)

2012年度以前の都道府県別の非住宅の導入量を求めるにあたっては、以下の手順を踏む。

まず、全国の非住宅のうち、上記データにより都道府県別に導入実績が判明している、「判明分」の都道府県別容量が存在する。

次に、データによりカバーできない残りの導入容量である「不明分」の容量につき、適切な比率で各都道府県に按分する必要がある。

### 検討方法

- ・ 上記のデータはいずれも非住宅用の設置の個別事例をリスト化したものである。いずれも個別設備別に都道府県名の記載があるため、都道府県別の地域偏在性の参考とできる。
- ・ 上の3種類のデータには重複するものもあるため、リストを統合した後に重複を削除した。その結果、2,456箇所のデータが得られた。
- ・ 各事例には運転開始年月の記載があるため、個別事例のデータを年度毎に集計することで、各年度の設置容量が判明する。これにより、2012年度以前の設置容量を抽出した。

### 留意点等

- ・ 非住宅用の全ての設備を掲載しているとは限らないため、上記3種類の統合データの全国合計容量が、全国の非住宅をどの程度を網羅しているか、カバー率を把握する必要がある。
- ・ なお、将来の排出見込量の推計にあたっては、毎年設置量の推移が単年度ベースで把握できることが望ましい。

表 1-47 3種統合データによるカバー率

年度	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
“みなし非住宅” [kW](a)	6,415	9,234	12,614	14,814	26,256	29,113	47,475	46,955	52,262	61,513
3種統合データ [kW] (b)	150	229	5,093	1,403	1,716	4,049	3,599	4,223	5,811	7,801
件数[件]	8	9	31	47	77	168	129	170	210	231
カバー率 (b/a)	2%	2%	40%	9%	7%	14%	8%	9%	11%	13%
年度	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
“みなし非住宅” [kW](a)	76,620	73,592	74,289	58,676	121,167	218,745	316,649	377,301	1,764,008	
3種統合データ [kW] (b)	7,565	16,950	25,469	17,696	14,943	43,203	91,187	133,090	794,300	
件数[件]	287	340	320	230	99	19	52	38	365	
カバー率 (b/a)	10%	23%	34%	30%	12%	20%	29%	35%	45%	

出所) IEA PVPS データ、RPS 法認定設備データ (2,409 箇所)、経済産業省審議会資料・全国メガソーラー分布マップ (70 箇所)、GRCJ 資料・全国メガソーラー一覧データ (815 箇所)

”みなし非住宅”： IEA 全国導入総量 - NEF・JPEC 住宅導入総量

3種統合データ： RPS 法認定設備データのうち 10kW 以上の容量データ、経済産業省審議会資料・全国メガソーラー分布マップ (70 箇所)、GRCJ 資料・全国メガソーラー一覧データ (815 箇所) を統合し、重複を削除したデータ

カバー率：“みなし非住宅” に占める 3種統合データの割合

#### 特徴的なデータ

- 1996 年度 (単年度) :  
 統合データの全国合計は 5,093kW (31 件) であり、“みなし非住宅” の 12,614kW に比べるとカバー率が 40% となり、例外的に高いことが分かる。
  - このうち、愛媛県のメガソーラー 1 件が 4,330kW となっており、1 件のみで全国合計の 85% となっている。メガソーラーの存在により地域偏在性に大きなバイアスが生じることが分かる。
- 2005 年度 (単年度) :  
 統合データの全国合計は 16,950kW (340 件) であり、“みなし非住宅” の 73,592kW に比べるとカバー率が 23% となり、やや高いことが分かる。
  - このうち、三重県に 5,390kW (13 件)、埼玉県に 2,568kW (11 件) と和歌山県に 1,415 件 (2 件) とメガソーラーを中心に設置されており、偏在性に大きなバイアスを生んでいる。

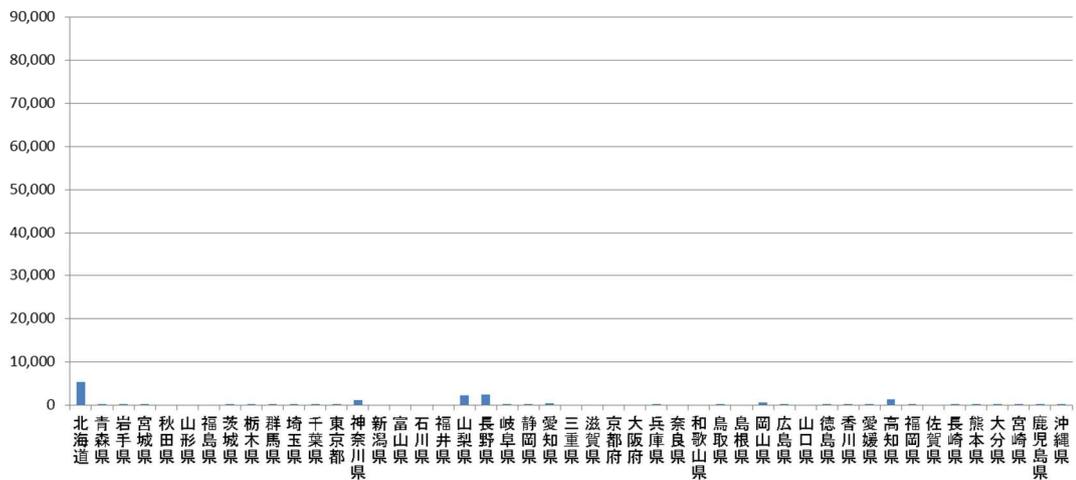
- 2006 年度（単年度）：  
統合データの全国合計は 25,469kW（320 件）であり、“みなし非住宅”の 74,289kW に比べるとカバー率が 34%となり、比較的高いことが分かる。
  - このうち、三重県に 5,840kW（13 件）、熊本県に 2,408 kW（24 件）岡山県に 1,713 件（14 件）とメガソーラーを中心に設置されており、偏在性に大きなバイアスを生んでいる。
- 2007 年度（単年度）：  
統合データの全国合計は 17,696kW（230 件）であり、“みなし非住宅”の 58,676kW に比べるとカバー率が 30%となり、比較的高いことが分かる。
- 2008 年度以降：  
導入件数は 100 未満に減っているものの、判明分データにメガソーラーが多いことから、統合データの容量は増えていく。一方で設置件数・容量が 0 の都道府県も依然として多く存在し、地域偏在性にばらつきが生じていることが分かる。
- 2012 年度（単年度）：  
しかし、2012 年度になると、FIT によりメガソーラーが更に多く導入されるようになり、件数が再び増大する。これにより殆どの地域で導入が確認されるようになる（秋田県、山形県、東京都では導入が確認されていない）。

<参考> 各年度の都道府県別導入容量・導入比率

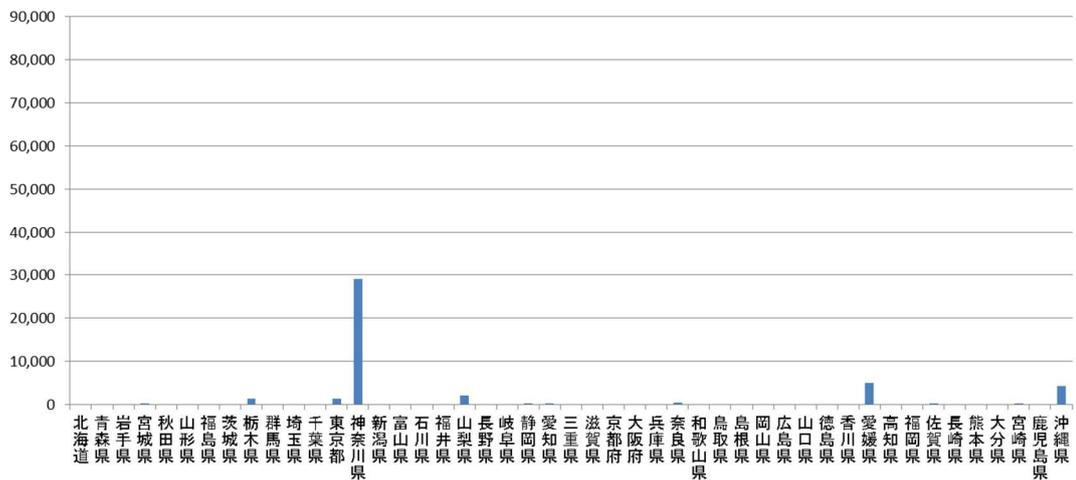
- 以下では、2008年度～2012年度につき、各年度の都道府県別の導入容量と導入比率（全国への導入量を100%とした場合の各都道府県の導入容量の割合）につき取り上げ、各年度で導入状況に異なる傾向が見られるかにつき判断材料とする。
- これを見ると、都道府県別の導入比率[%]のうち2008～2011年は、全国の10%超を占める都道府県が存在するのに対し、2012年度ではどの都道府県も10%以内に治まっており、偏りが抑えられている。

都道府県別 導入容量[kW]

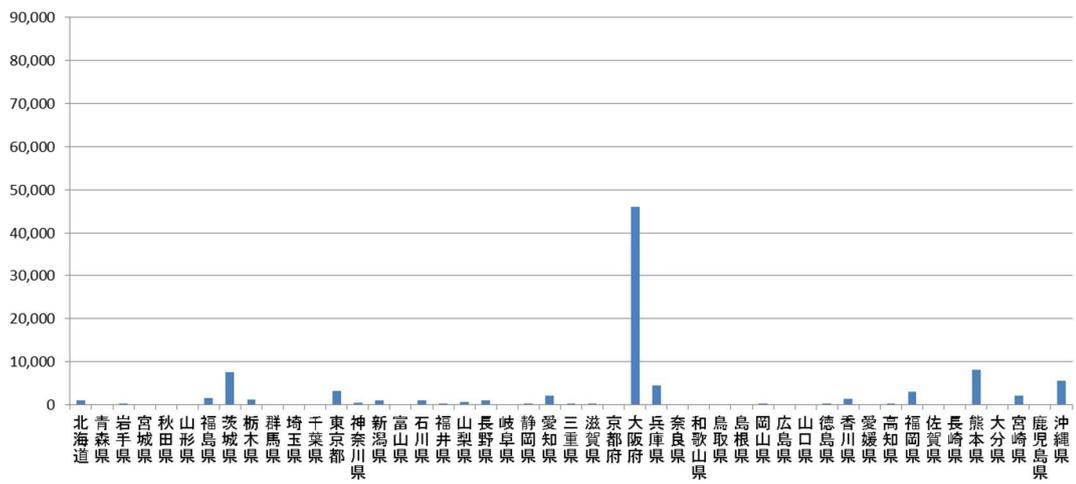
・2008年度



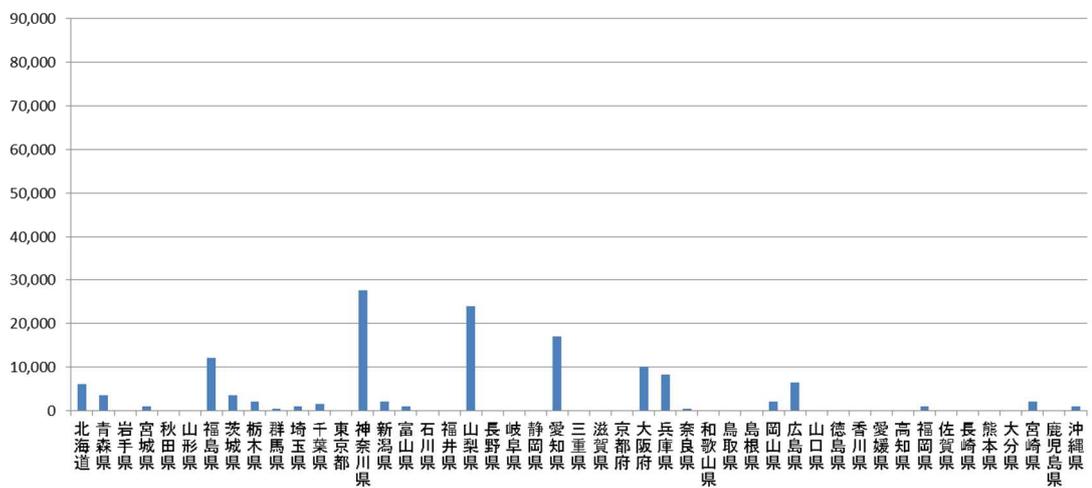
・2009年度



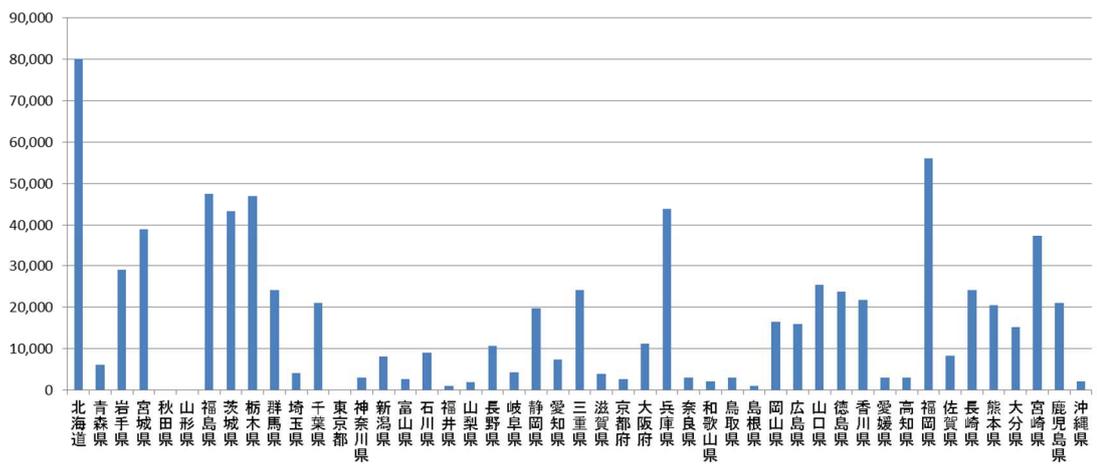
・2010年度



・2011年度

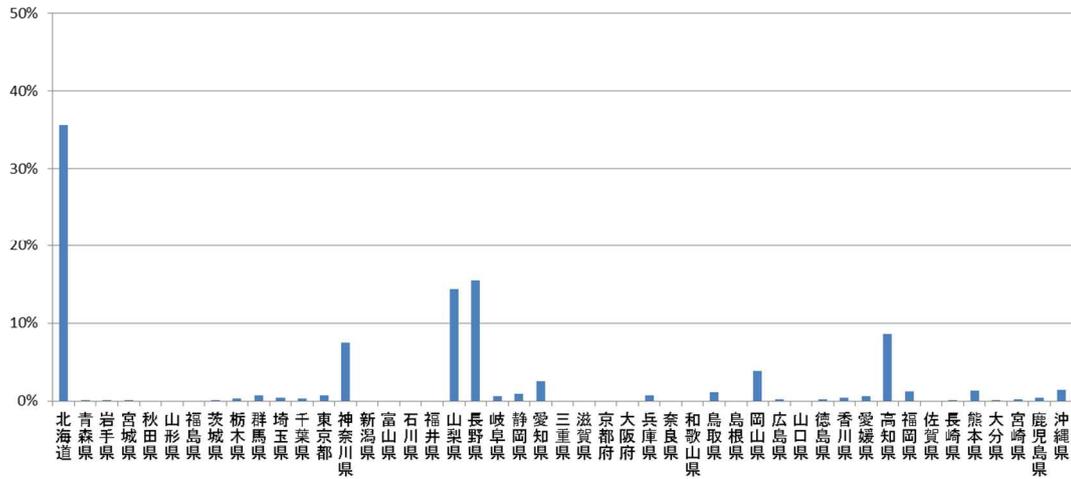


・2012年度

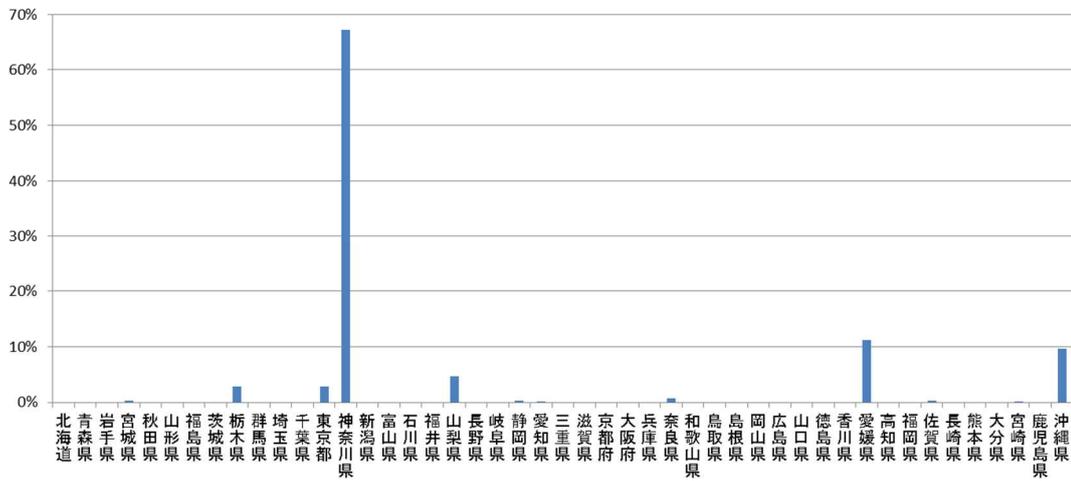


都道府県別 導入比率[%]

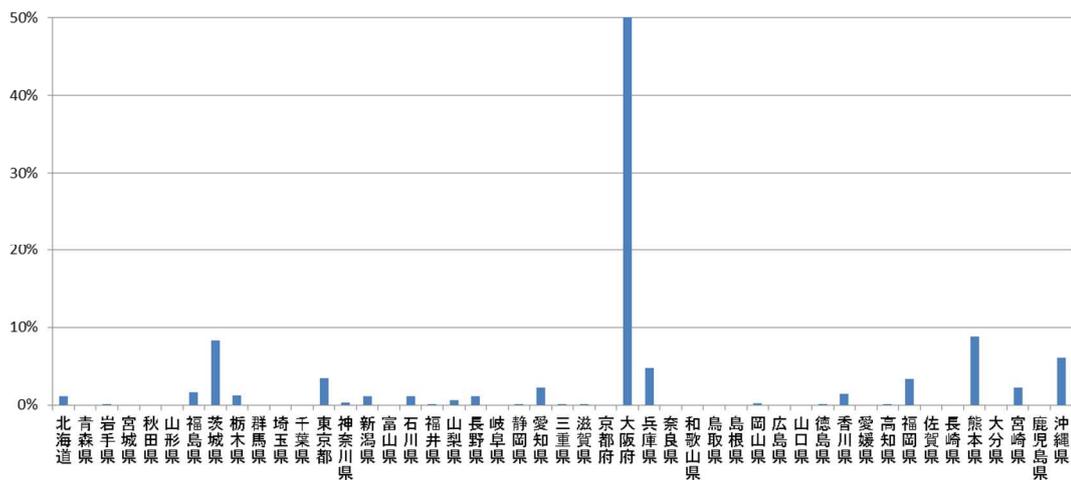
・2008 年度



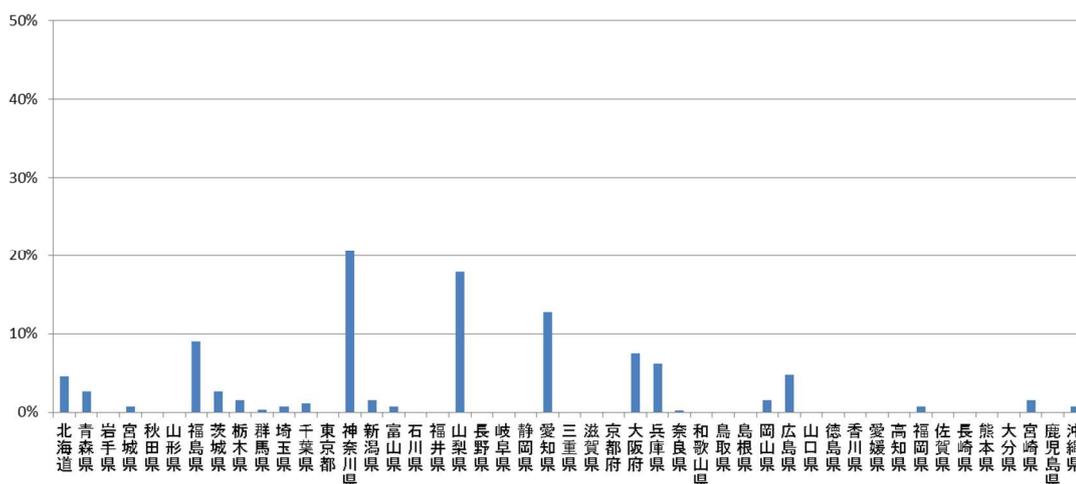
・2009 年度 ( 縦軸 70%まで )



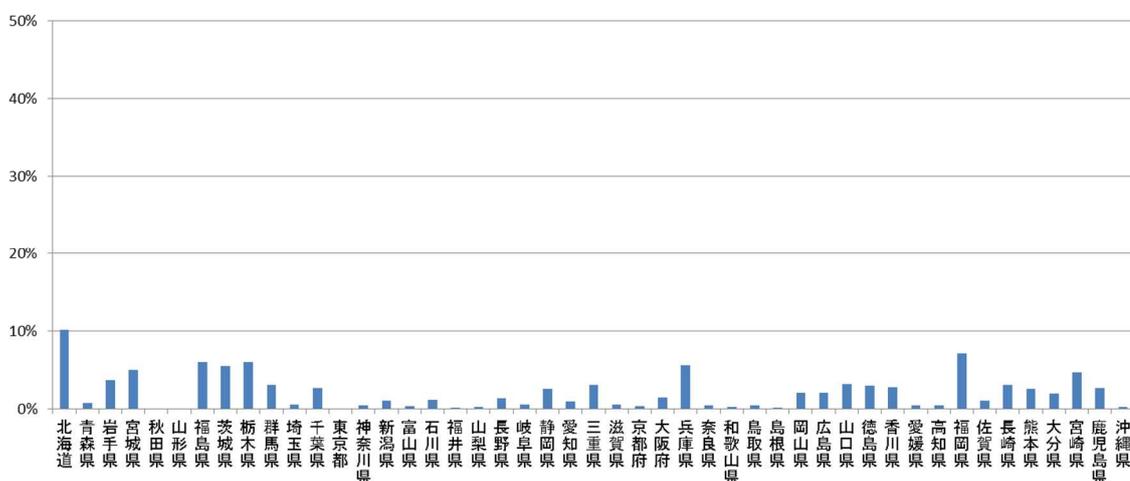
・2010 年度



・ 2011 年度



・ 2012 年度



都道府県別導入量の取りうるレンジ

- ・ 上述の導入量は、3種の統合データにより判明している設備のみの容量であり、カバー率分しか把握できていない。
- ・ その他の“不明分の容量”がどの地域に分布しているかについての正確な把握は困難だが、「都道府県ごとに取りうる容量」として以下の想定を置くことができる。
  - 下位容量：
 

ある県の容量が3種統合データによる判明分のみであり、不明分による割付けがない場合の容量。
  - 中位容量：
 

下位容量に加え、“不明分の容量”が47都道府県に割り付けられたと想定するときの割付け分容量を合わせた容量。都道府県別の割付け基準となる比率は、“判明分の容量”の累積(1994～2012年度)における都道府県別の導入容量[kW]

である。

中位容量 = 下位容量 + “不明分の容量” × “都道府県別の割付け比率”

➤ 上位容量：

下位容量に加え、“不明分の容量”がある県のみ容量であると想定するときの合計容量。

上位容量 = 下位容量 + “不明分の容量”

なお、上記の“判明分の容量”の累積（1994～2012年度）は、下図のような分布を示す。

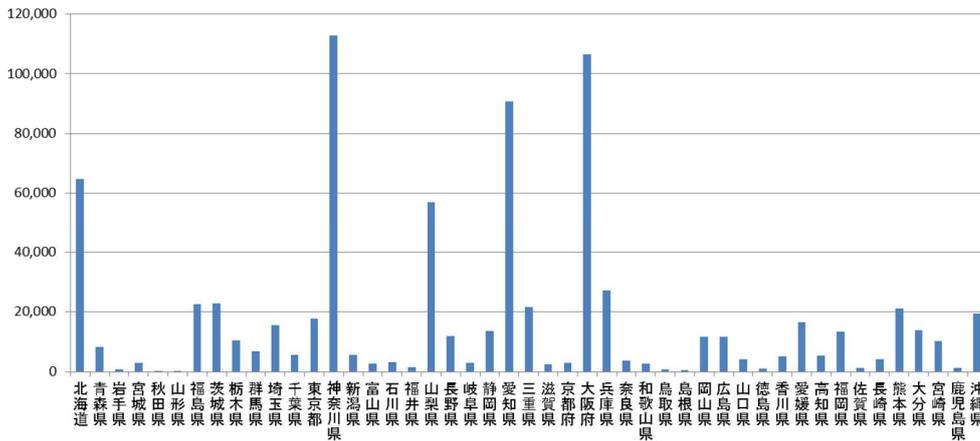


図 1-60 “判明分の容量”の累積（1994～2012年度）の都道府県別容量[kW]

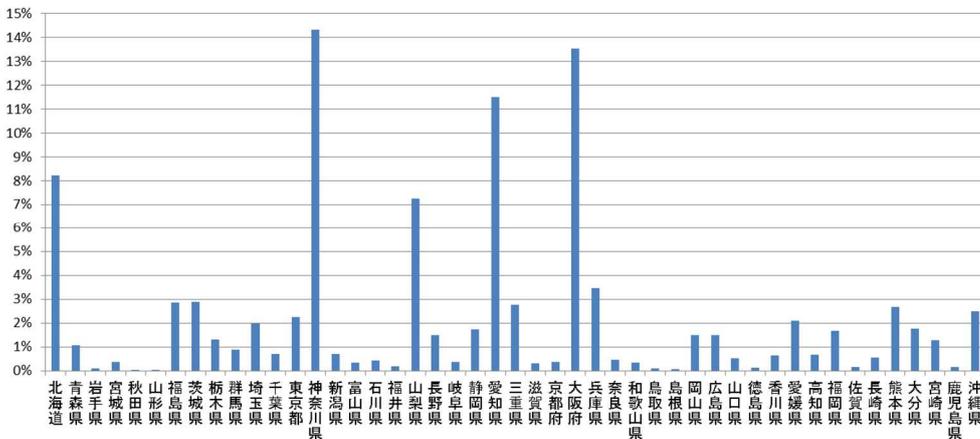
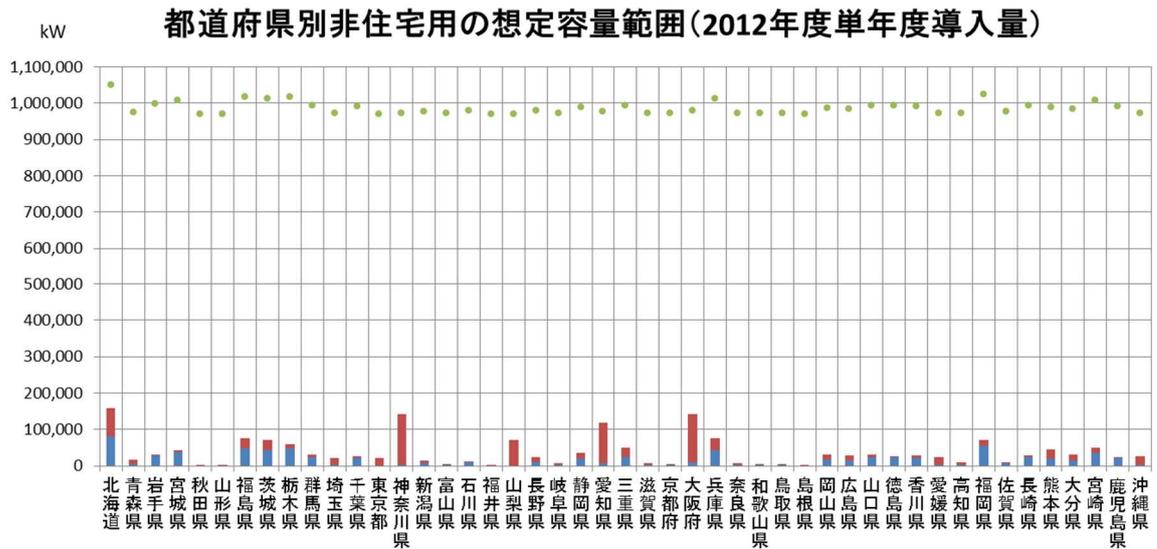


図 1-61 “判明分の容量”の累積（1994～2012年度）の都道府県別比率[%]

- 都道府県別導入量を取りうるレンジは、下位容量から上位容量の間である。
- 以下に例として、2012年度の都道府県別レンジを示した図を掲げる。
  - 青の棒グラフは、“判明分の容量”を示した下位容量である。秋田県、山形県、東京都の判明分の容量は0であるため、表示されていない。
  - 赤の棒グラフは、下位容量に加えた、47都道府県均等割付分の容量（= “不明分の容量” × “都道府県別の割付け比率”）である。青と赤の高さを合わせた高さが、中位容量になる。

- 緑のプロットの高さは、上位容量を示す。
- 上述のとおり、2012年度はRPS認定容量で判明している設備を中心とする容量が、幅広い都道府県に対して分布している。そのため、“中位容量”のように全47都道府県に割付けした容量は比較的説得力のある容量となりうる。
- 一方、上位容量は最も極端な偏りを持つケースであり、実際にこうした容量分布になる可能性はかなり低いと考えられる。



- 1994 年度（単年度）：  
最もカバー率が低い年度の例として 1994 年度を取り上げる。非住宅用の導入が確認されている県はわずか 7 県である。下表に参考として、住宅用の導入実績も併記している。
  - カバー率が低いこともあり、上位容量が著しく大きくなっている。
  - 非住宅の下位容量（判明分）のうち、導入量上位の東京都と神奈川県は、同時に住宅用も導入量が多い傾向にある。
  - 一方、他の道府県の非住宅の中位容量は、住宅用と比べてかなり多い。なお、1994 年度の全国合計の導入容量は、住宅用 1,860kW、“みなし非住宅” 6,415kW となっており、住宅用が 3.4 倍になっている。

表 1-48 1994 年度の非住宅用レンジと住宅用

	1994年度単年度			
	非住宅用			住宅用
	下限	中位	上限	
北海道	0	515	6,265	19
青森県	0	66	6,265	6
岩手県	0	6	6,265	12
宮城県	0	23	6,265	26
秋田県	0	1	6,265	24
山形県	0	2	6,265	17
福島県	0	179	6,265	20
茨城県	0	181	6,265	38
栃木県	21	103	6,286	24
群馬県	0	55	6,265	25
埼玉県	13	137	6,278	77
千葉県	0	44	6,265	74
東京都	42	183	6,307	185
神奈川県	21	918	6,286	124
新潟県	0	44	6,265	17
富山県	0	21	6,265	20
石川県	0	26	6,265	15
福井県	0	12	6,265	0
山梨県	0	454	6,265	29
長野県	0	94	6,265	119
岐阜県	0	23	6,265	31
静岡県	0	108	6,265	98
愛知県	0	720	6,265	131
三重県	0	172	6,265	62
滋賀県	0	20	6,265	28
京都府	0	23	6,265	54
大阪府	0	846	6,265	103
兵庫県	0	217	6,265	91
奈良県	0	28	6,265	36
和歌山県	20	40	6,285	9
鳥取県	0	6	6,265	8
島根県	0	4	6,265	9
岡山県	0	93	6,265	43
広島県	0	92	6,265	45
山口県	15	48	6,280	10
徳島県	0	8	6,265	11
香川県	0	41	6,265	11
愛媛県	0	131	6,265	9
高知県	0	42	6,265	8
福岡県	0	105	6,265	50
佐賀県	0	9	6,265	8
長崎県	0	34	6,265	38
熊本県	0	167	6,265	30
大分県	0	110	6,265	6
宮崎県	0	80	6,265	32
鹿児島県	0	10	6,265	20
沖縄県	18	173	6,283	6

- 1996 年度（単年度）：  
メガソーラーが偏在性にバイアスをかけていた 1996 年度の場合を以下に掲げる。ここでは愛媛県の 4MW 超の導入が確認されている。
  - ここでの非住宅用の中位容量は愛媛県を除くと、住宅用と非住宅用の差は 10 倍（1/10 倍）以内に収まっていることが多く、非住宅用は住宅用に比べ比較的バランスの取れた水準の容量となる。なお、1996 年度の全国合計の導入容量は、住宅用 7,536kW、“みなし非住宅” 12,614kW となっており、住宅用が 1.7 倍になっている。
  - 非住宅用の不明分に、単機容量が大きいメガソーラーが含まれる場合、実際の非住宅用の分布は愛媛県のような極端な値を生じる可能性がある。しかし、小規模の設備が殆どの場合は、中位容量に比較的近い分布になると考えられる。

表 1-49 1996 年度の非住宅用レンジと住宅用

	1996年度単年度			
	非住宅用			住宅用
	下限	中位	上限	
北海道	12	630	7,533	107
青森県	0	80	7,521	56
岩手県	0	8	7,521	55
宮城県	0	27	7,521	112
秋田県	0	1	7,521	13
山形県	0	3	7,521	54
福島県	0	215	7,521	81
茨城県	20	237	7,541	170
栃木県	10	109	7,531	109
群馬県	11	77	7,532	147
埼玉県	185	333	7,706	286
千葉県	0	53	7,521	318
東京都	11	180	7,532	433
神奈川県	12	1,089	7,533	397
新潟県	0	53	7,521	52
富山県	0	25	7,521	101
石川県	0	31	7,521	89
福井県	0	14	7,521	18
山梨県	0	545	7,521	136
長野県	0	113	7,521	438
岐阜県	19	47	7,540	246
静岡県	0	130	7,521	312
愛知県	13	877	7,534	462
三重県	0	207	7,521	114
滋賀県	0	24	7,521	171
京都府	0	28	7,521	200
大阪府	10	1,026	7,531	387
兵庫県	213	473	7,734	479
奈良県	0	34	7,521	131
和歌山県	0	24	7,521	51
鳥取県	0	7	7,521	27
島根県	0	5	7,521	38
岡山県	0	111	7,521	165
広島県	0	111	7,521	288
山口県	0	40	7,521	110
徳島県	0	9	7,521	66
香川県	32	81	7,553	86
愛媛県	4,330	4,487	11,851	80
高知県	36	86	7,557	40
福岡県	0	126	7,521	256
佐賀県	0	11	7,521	92
長崎県	30	70	7,551	84
熊本県	0	200	7,521	131
大分県	0	132	7,521	76
宮崎県	0	96	7,521	129
鹿児島県	50	62	7,571	80
沖縄県	99	285	7,620	64

- 2006 年度（単年度）：  
カバー率が比較的高くなる（34%）ケースとして、2006 年度を取り上げる。
  - 非住宅用の不明分である 66%の容量を割付けした中位容量では、1MW 超の導入量になる都道府県が 21 箇所にとどまる。なお、2006 年度の全国合計の導入容量は、住宅用 193,261kW、“みなし非住宅”74,289 kW となっており、住宅用が 2.6 倍になっている。中位容量の非住宅用が住宅用を上回る県は 5 箇所であり、多くの地域では住宅用が多い傾向になると考えられる。

表 1-50 2006 年度の非住宅用レンジと住宅用

	2006年度単年度			
	非住宅用			住宅用
	下限	中位	上限	
北海道	5,092	9,103	53,912	2,702
青森県	0	516	48,820	772
岩手県	10	60	48,830	2,778
宮城県	0	179	48,820	3,623
秋田県	0	9	48,820	541
山形県	40	57	48,860	1,056
福島県	50	1,447	48,870	3,287
茨城県	101	1,511	48,921	4,437
栃木県	383	1,023	49,203	5,163
群馬県	87	513	48,907	4,288
埼玉県	1,178	2,141	49,998	9,852
千葉県	163	509	48,983	5,345
東京都	1,453	2,552	50,273	7,733
神奈川県	458	7,447	49,278	6,742
新潟県	0	347	48,820	1,572
富山県	126	289	48,946	1,726
石川県	0	201	48,820	1,292
福井県	20	114	48,840	1,560
山梨県	178	3,715	48,998	2,022
長野県	1,098	1,830	49,918	6,153
岐阜県	245	426	49,065	4,007
静岡県	597	1,439	49,417	8,821
愛知県	536	6,146	49,356	12,393
三重県	5,840	7,181	54,660	3,735
滋賀県	100	256	48,920	3,465
京都府	567	748	49,387	2,576
大阪府	246	6,842	49,066	6,616
兵庫県	550	2,239	49,370	7,462
奈良県	191	412	49,011	2,175
和歌山県	19	178	48,839	1,516
鳥取県	70	118	48,890	1,171
島根県	60	93	48,880	1,860
岡山県	1,713	2,435	50,533	6,315
広島県	122	842	48,942	7,385
山口県	29	286	48,849	3,315
徳島県	66	126	48,886	1,946
香川県	20	338	48,840	2,575
愛媛県	350	1,370	49,170	2,811
高知県	249	573	49,069	1,462
福岡県	261	1,082	49,081	8,624
佐賀県	61	132	48,881	3,378
長崎県	20	282	48,840	3,438
熊本県	2,408	3,709	51,228	7,138
大分県	159	1,015	48,979	4,521
宮崎県	413	1,038	49,233	4,888
鹿児島県	53	128	48,873	4,853
沖縄県	87	1,294	48,907	2,170

- 2012年度(単年度):
  - 最後に、非住宅用の割合が高くなり、メガソーラーの広い分布が確認されるケースとして2012年度を取り上げる。
    - 2012年度の全国合計の導入容量は、住宅用1,266,135kW、“みなし非住宅”1,764,008kWとなっており、非住宅用が住宅用を上回って1.4倍になっている。
    - 非住宅用のうち判明分設備の殆どが1MW超のメガソーラーとなっている。不明分のうちメガソーラーと小規模費住宅用の内訳は不明である。しかし、判明分が過年度分に比べて極端な分布がなくなっており、中位容量のような全都道府県に割り付ける試算の説得力が比較的高くなると考えられる。(例えば、上に示した都道府県別の導入比率[%]のうち2008~2011年は、全国の10%超を占める都道府県が存在するのに対し、2012年度ではどの都道府県も10%以内に治まっており、偏りが抑えられている。)
    - なお、中位容量の非住宅用が住宅用を上回る県は25箇所及び、非住宅用が多い地域が半分程度に及ぶと考えられる。

表 1-51 2012年度の非住宅用レンジと住宅用

	2012年度単年度			
	非住宅用			住宅用
	下限	中位	上限	
北海道	80,000	159,664	1,049,708	22,441
青森県	6,000	16,251	975,708	5,643
岩手県	29,000	29,987	998,708	13,094
宮城県	39,000	42,546	1,008,708	26,169
秋田県	0	180	969,708	3,593
山形県	0	329	969,708	5,697
福島県	47,500	75,255	1,017,208	24,519
茨城県	43,200	71,201	1,012,908	41,960
栃木県	47,000	59,714	1,016,708	35,270
群馬県	24,000	32,454	993,708	34,736
埼玉県	4,000	23,121	973,708	61,847
千葉県	21,000	27,870	990,708	49,531
東京都	0	21,822	969,708	52,944
神奈川県	2,900	141,723	972,608	49,089
新潟県	8,000	14,885	977,708	6,512
富山県	2,500	5,745	972,208	6,524
石川県	9,000	12,989	978,708	6,341
福井県	1,000	2,868	970,708	5,115
山梨県	1,800	72,059	971,508	17,472
長野県	10,500	25,049	980,208	42,901
岐阜県	4,100	7,692	973,808	31,554
静岡県	19,700	36,427	989,408	55,550
愛知県	7,300	118,734	977,008	89,831
三重県	24,000	50,643	993,708	26,536
滋賀県	3,800	6,893	973,508	21,719
京都府	2,500	6,095	972,208	19,937
大阪府	11,100	142,111	980,808	49,223
兵庫県	43,800	77,358	1,013,508	47,999
奈良県	3,000	7,388	972,708	17,866
和歌山県	2,000	5,157	971,708	12,569
鳥取県	3,000	3,957	972,708	7,420
島根県	1,000	1,647	970,708	9,208
岡山県	16,400	30,732	986,108	34,106
広島県	15,800	30,109	985,508	36,559
山口県	25,200	30,311	994,908	20,083
徳島県	23,600	24,788	993,308	9,563
香川県	21,700	28,009	991,408	15,259
愛媛県	3,000	23,259	972,708	19,966
高知県	3,000	9,443	972,708	11,291
福岡県	56,000	72,299	1,025,708	58,932
佐賀県	8,200	9,612	977,908	17,740
長崎県	24,000	29,199	993,708	20,029
熊本県	20,400	46,250	990,108	29,756
大分県	15,100	32,095	984,808	20,170
宮崎県	37,300	49,718	1,007,008	24,098
鹿児島県	20,900	22,389	990,608	27,833
沖縄県	2,000	25,983	971,708	19,941

## 1.2.2 将来の排出見込量の推計方法の検討

### (1) 排出見込量の推計方法

以下に示す方法で将来の排出見込量の推計を実施した。

表 1-52 今回採用した排出見込量の推計方法

推計対象	推計対象年	2010年～2030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

(2) 排出見込量の推計結果

排出量予測の結果を以下の図に示す。導入量の毎年 0.3%分を排出する「市場戻り機」のみの推計値（赤）と、寿命到来分を含む推計値（青）を示した。2010 年代は市場戻り機の割合が比較的高いのに対し、その後寿命到来分の急増により、将来的には寿命到来分の排出量が多くなることが見込まれる。特に寿命 20 年の場合、寿命到来分による排出量の立ち上がり前倒しになる。

1) 全国

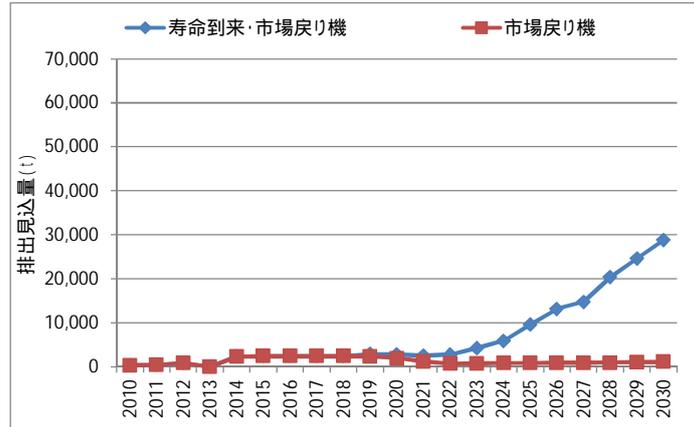


図 1-62 図 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 25 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

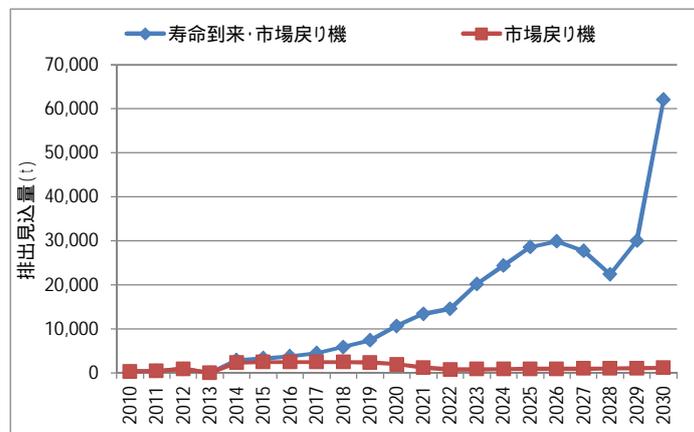


図 1-63 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 20 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

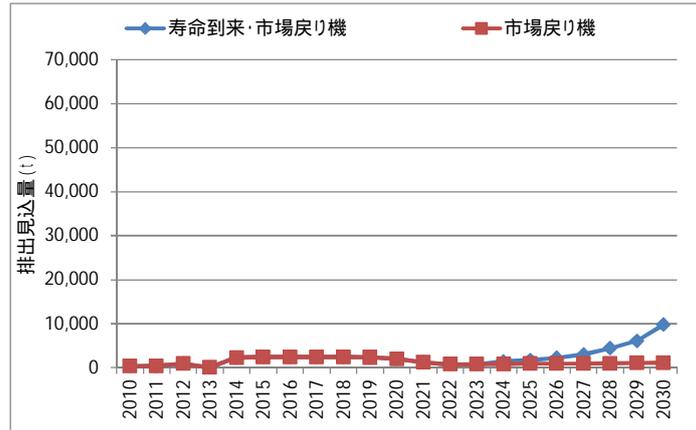


図 1-64 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 30 年）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

- ・ 住宅・非住宅を分類すると以下の通りとなる。

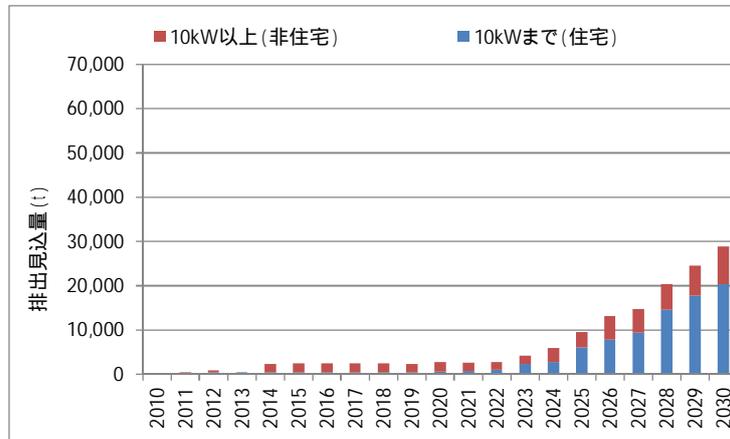


図 1-65 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 25 年）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

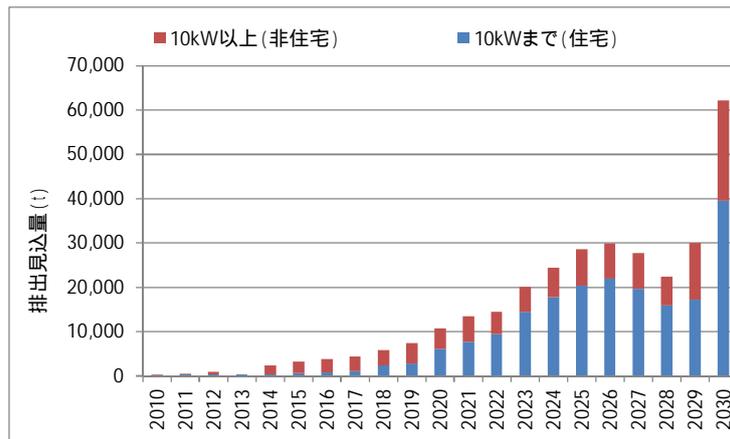


図 1-66 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 20 年）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

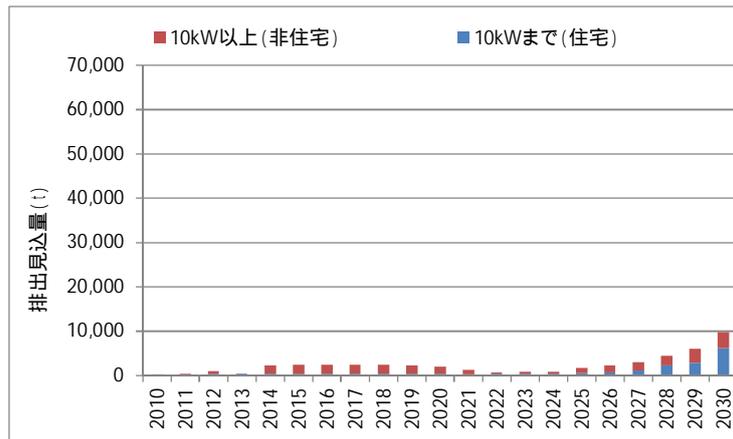


図 1-67 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 30 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

寿命による排出見込量の相違点を明確にするために寿命による排出見込量の比較をした図を以下に示す。

また、これらの図では 2030 年以降の排出見込量がどの程度となるかを推定するために 2050 年まで推計年次を延長している。

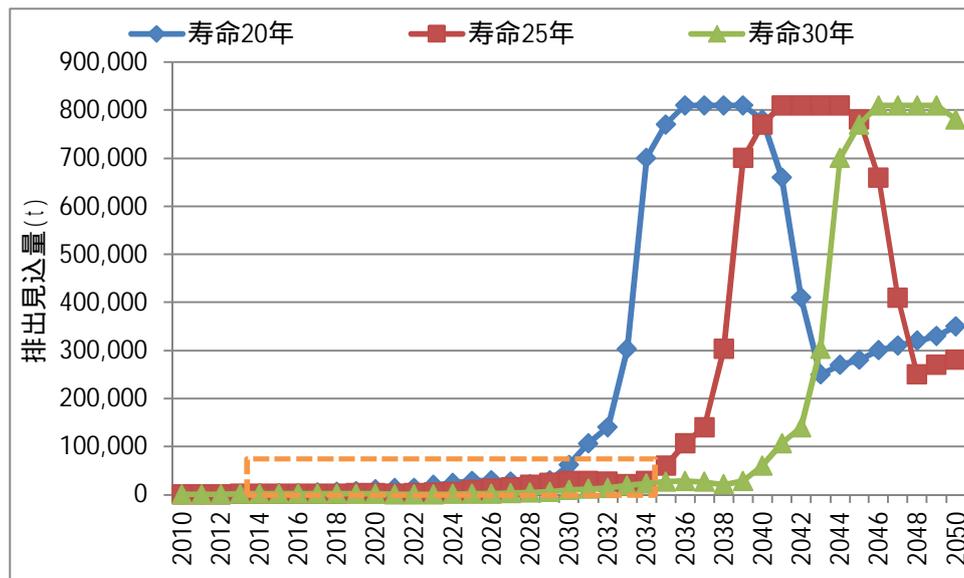


図 1-68 太陽電池モジュール排出見込量の比較（寿命 20 年、25 年、30 年）  
（2010～2050 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

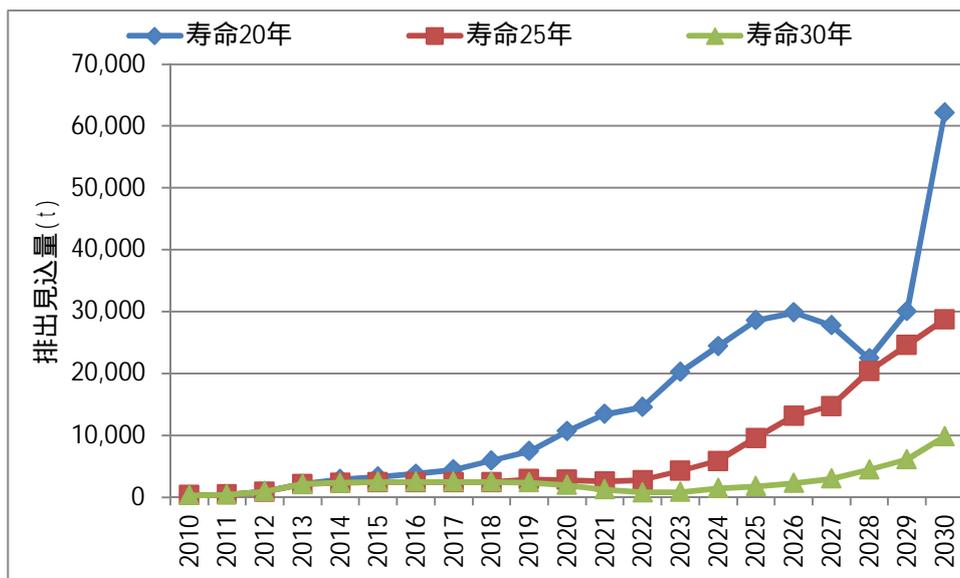


図 1-69 太陽電池モジュール排出見込量の比較（寿命 20 年、25 年、30 年）  
（2010～2030 年）  
（上図オレンジ色枠部分が本グラフ）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

## 2) 地域毎

上述の通り推計した地域毎の太陽光発電設備の導入量と検討した排出見込量の推計方法を用いて地域毎（都道府県毎）の排出見込量を推計した。

都道府県毎の推計は、みなし非住宅については、中位ケースを採用し、寿命に伴う排出については、寿命を 25 年として推計した。結果を下図及び下表に示す。

地域別には、2020 年には関東・中部・近畿地方の排出量が多いのに対し、その後の導入先の変遷を反映して、2030 年代には九州地方の排出量が増加し、2039 年度には最も排出量が多い地域となる。

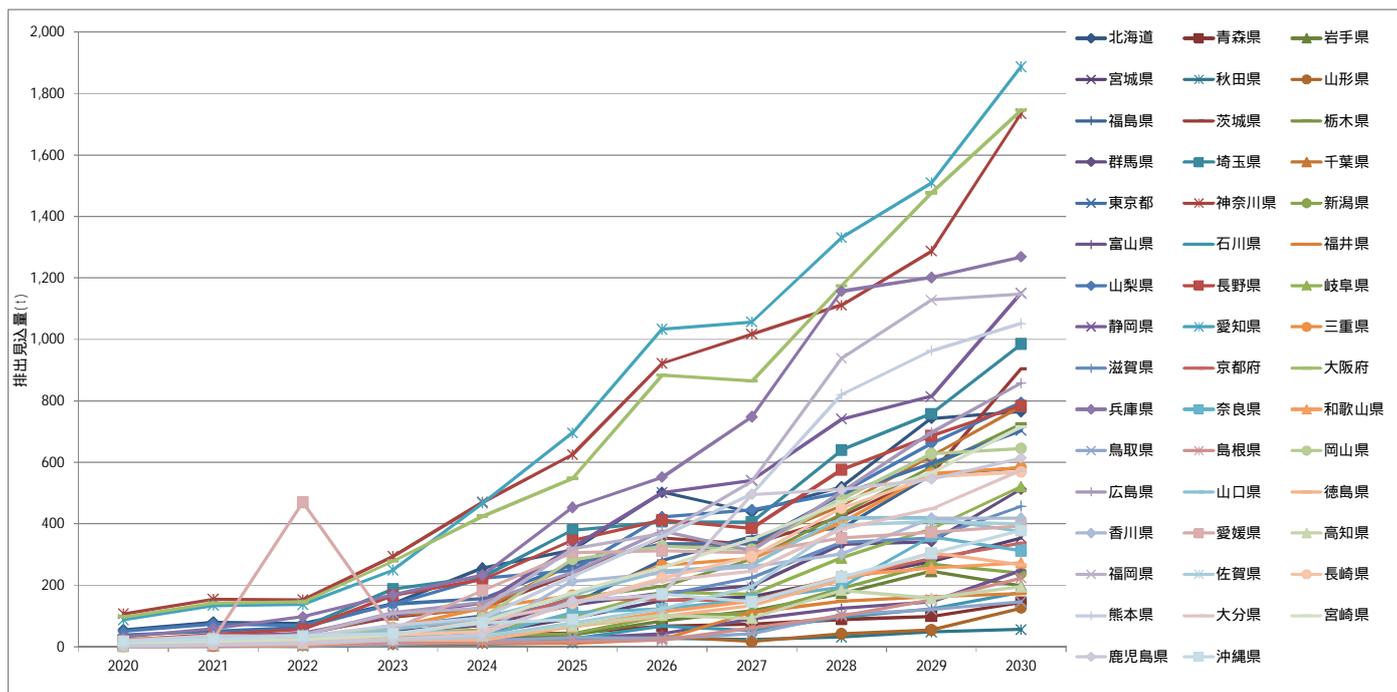


図 1-70 都道府県毎の太陽電池モジュール排出見込量の比較(寿命 25 年)(2020~2030 年)  
出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

表 1-53 都道府県毎の太陽電池モジュール排出見込量 ( t ) の比較 ( 寿命 25 年 )

都道府県	2020	2025	2030	2035	2039
北海道	114	333	777	2,132	23,858
青森県	17	48	146	387	3,917
岩手県	18	46	202	684	6,346
宮城県	36	104	362	886	12,100
秋田県	7	15	57	155	1,881
山形県	9	29	127	261	2,625
福島県	53	149	585	1,138	12,987
茨城県	112	273	929	1,245	35,130
栃木県	83	187	743	1,245	27,447
群馬県	78	165	537	1,031	27,571
埼玉県	80	395	990	2,554	23,079
千葉県	87	297	802	1,316	29,392
東京都	57	271	695	2,676	8,089
神奈川県	135	621	1,701	6,884	12,168
新潟県	19	47	240	391	5,205
富山県	17	32	249	346	5,182
石川県	19	31	182	211	5,809
福井県	9	14	172	247	3,023
山梨県	77	254	788	1,818	11,289
長野県	75	361	792	1,453	21,148
岐阜県	54	118	533	792	18,922

都道府県	2020	2025	2030	2035	2039
静岡県	97	348	1,159	1,845	29,734
愛知県	185	720	1,888	4,892	38,914
三重県	77	187	595	1,152	20,971
滋賀県	35	160	461	701	11,815
京都府	28	163	340	487	8,068
大阪府	151	557	1,726	3,724	21,980
兵庫県	126	483	1,285	2,082	37,113
奈良県	25	116	314	522	7,193
和歌山県	24	72	276	362	7,327
鳥取県	18	37	152	247	6,571
島根県	13	23	224	370	4,410
岡山県	67	300	657	1,706	20,999
広島県	67	259	863	1,551	20,923
山口県	40	179	384	794	13,417
徳島県	25	75	272	448	9,195
香川県	40	223	426	587	13,746
愛媛県	49	314	402	1,485	13,783
高知県	22	75	199	448	6,501
福岡県	126	359	1,176	1,917	43,354
佐賀県	36	90	407	601	13,554
長崎県	50	158	577	757	16,636
熊本県	79	250	1,054	1,904	23,160
大分県	81	166	597	1,158	27,181
宮崎県	64	194	724	1,126	20,605
鹿児島県	83	181	641	805	31,346
沖縄県	42	97	381	1,479	9,423
合計	2,808	9,580	28,788	61,000	775,085

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

表 1-54 都道府県毎の太陽電池モジュール排出見込量 ( t ) の比較 ( 寿命 25 年 )

地域	2020	2025	2030	2035	2039
北海道	114	333	777	2,132	23,858
東北	140	392	1,480	3,510	39,855
関東	633	2,210	6,396	16,951	162,875
中部	552	1,926	6,004	11,994	139,226
近畿	465	1,738	4,997	9,031	114,466
中国	205	799	2,279	4,668	66,321
四国	137	687	1,299	2,968	43,225
九州沖縄	561	1,496	5,557	9,746	185,258
合計	2,808	9,580	28,788	61,000	775,085

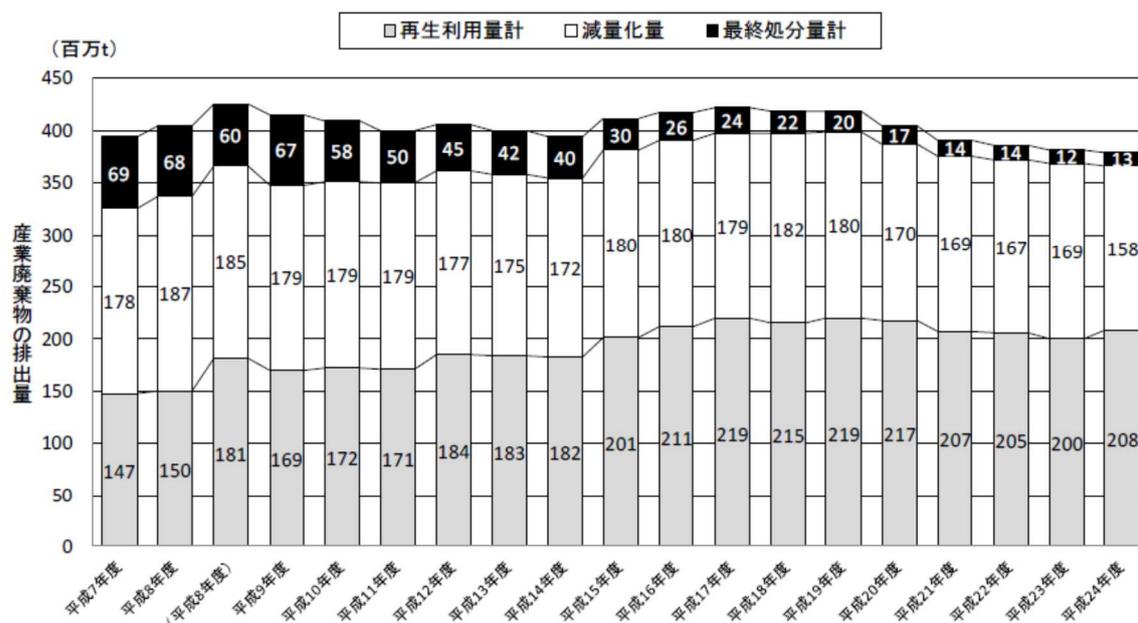
出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

### 1.2.3 太陽光発電設備の地域毎の受入可能量等の推計

推計した排出見込量を踏まえ、太陽光発電設備の地域毎の受入可能量等の推計を実施した。

#### (1) 現時点での最終処分量との比較

産業廃棄物全体の再生利用量、減量化量及び最終処分量の推移を下図に示す。直近のデータである平成 24 年度の産業廃棄物の最終処分量は 13,102 千トンであった。



平成8年度より排出量の推計方法が一部変更されている。平成8年度及びそれ以降の排出量は、「廃棄物の減量化の目標量※」（平成11年9月28日政府決定）と同じ前提条件で算出されている。

※ ダイオキシンの対策基本方針（ダイオキシン対策関係閣僚会議決定）に基づく政府の設定値

図 1-71 産業廃棄物全体の再生利用量、減量化量及び最終処分量の推移  
出所) 環境省：産業廃棄物の排出・処理状況について

太陽電池モジュールの5年ごとの排出量を数字で示すと表の通り。

昨年度の調査では、排出された太陽電池モジュールを最終処分する割合は少ない結果となっているが、2020年において、仮に、太陽電池モジュールを全て埋め立てたと想定した場合の埋立量を、平成24年度の産業廃棄物の最終処分量と比較すると前者は後者の0.02%に相当し、比率としては小さい。しかし、同様に2039年において比較すると同6%に相当し、比率の増加が見込まれる。

表 1-55 排出太陽電池モジュールを全量埋め立てたと仮定した場合の  
平成 24 年度の産業廃棄物の最終処分量に占める太陽電池モジュールの割合

	2020	2025	2030	2035	2039
排出見込量 (t)	2,808	9,580	28,788	61,000	775,085
平成 24 年度の最終処 分量に占める割合 (%)	0.02	0.07	0.2	0.5	6

(2) 排出見込み量を全量埋め立てられると仮定して、地域毎の残余容量との比較

次に排出見込み量を全量埋め立てられると仮定して、地域毎の産業廃棄物の管理型処分場・安定型処分場の残余容量との比較を実施した。排出見込量の体積換算には、公益財団法人日本産業廃棄物処理振興センターの産業廃棄物の種類ごとの集計単位と重量換算係数 Ver.1.1 よりガラスくずの比重 1.00 を使用した。

地域毎の産業廃棄物の管理型処分場・安定型埋立処分場の平成 23 年度末残余容量及び残余容量に占める地域毎の太陽電池モジュールの割合を下表に示す。

管理型処分場については、関東地域や九州地域の残余容量に占める割合が相対的に高い結果となった。また、残余容量に占める割合は地域間で最大 10 倍程度の開きがあり、地域間で一定のばらつき・偏在性を有する可能性が示唆された。

表 1-56 産業廃棄物の処分場の残余容量 (事業者、処理業者、公共の合計) 単位: 万 m<sup>3</sup>

	管理型処分場	安定型処分場
北海道	483	377
東北	2278	456
関東	1144	591
中部	2346	642
近畿	1770	623
中国	1147	1108
四国	666	613
九州	1902	2460
合計	11,736	6,870

出所) 環境省: 平成 24 年度事業産業廃棄物行政組織等調査報告書平成 23 年度実績 (平成 25 年 3 月)

表 1-57 排出太陽電池モジュールを全量埋め立てたと仮定した場合の  
平成 23 年度の産業廃棄物の管理型処分場の残余容量に占める太陽電池モジュールの割合  
(%)

	2020	2025	2030	2035	2039
北海道	0.0024	0.0069	0.016	0.044	0.49
東北	0.0006	0.0017	0.006	0.015	0.17
関東	0.0055	0.0193	0.056	0.148	1.42
中部	0.0024	0.0082	0.026	0.051	0.59
近畿	0.0026	0.0098	0.028	0.051	0.65
中国	0.0018	0.0070	0.020	0.041	0.58
四国	0.0020	0.010	0.020	0.045	0.65
九州	0.0029	0.0079	0.029	0.051	0.97
合計	0.0024	0.0082	0.025	0.052	0.66

表 1-58 排出太陽電池モジュールを全量埋め立てたと仮定した場合の  
平成 23 年度の産業廃棄物の産業廃棄物の安定型処分場の残余容量に占める太陽電池モジ  
ュールの割合 (%)

	2020	2025	2030	2035	2039
北海道	0.0030	0.0088	0.021	0.057	0.63
東北	0.0031	0.0086	0.032	0.077	0.87
関東	0.011	0.037	0.11	0.29	2.8
中部	0.0086	0.0300	0.094	0.19	2.2
近畿	0.0075	0.0279	0.080	0.15	1.8
中国	0.0019	0.0072	0.021	0.042	0.60
四国	0.0022	0.011	0.021	0.048	0.71
九州	0.0023	0.0061	0.023	0.040	0.75
合計	0.0041	0.014	0.042	0.089	1.1

各地域の構成都道府県：（北海道）北海道、（東北）青森県/岩手県/秋田県/宮城県/山形県/福島県、（関東）茨城県/栃木県/群馬県/埼玉県/千葉県/東京都/神奈川県、（中部）新潟県/富山県/石川県/福井県/山梨県/長野県/岐阜県/静岡県/愛知県、（近畿）三重県/滋賀県/京都府/大阪府/兵庫県/奈良県/和歌山県、（中国）鳥取県/島根県/岡山県/広島県/山口県、（四国）徳島県/香川県/愛媛県/高知県、（九州）福岡県/佐賀県/長崎県/熊本県/大分県/宮崎県/鹿児島県/沖縄県

### (3) ガラスリサイクルの受入可能量

参考としてガラス再資源化協議会が作成した廃ガラスのリサイクル拠点と回収地点所在地を下図に示す。同協議会を含めて、産廃処理業者が、今後廃ガラスのリサイクル拠点を増やす等して、太陽電池モジュールの受入を可能とすることで、最終処分量を減少させることが期待される。

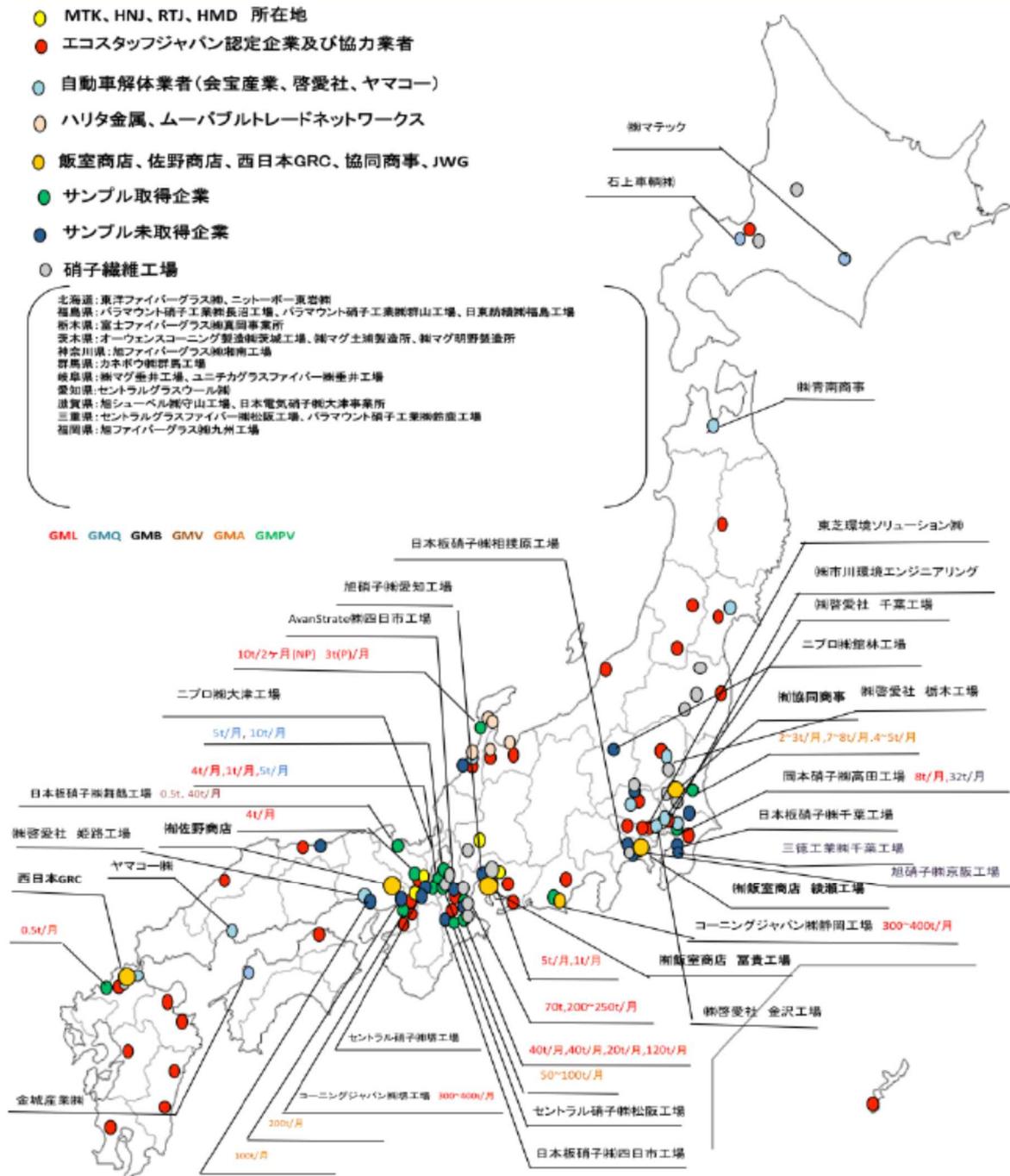


図 1-72 廃ガラスのリサイクル拠点と回収地点所在地  
 出所) ガラス再資源化協議会提供資料

また、参考としてガラスの再生利用先のひとつと考えられるグラスウール(ガラス短繊維製品計(フェルト、ボード、その他))の生産数量を下図に示す。近年約20万t程度の生産数量となっている。

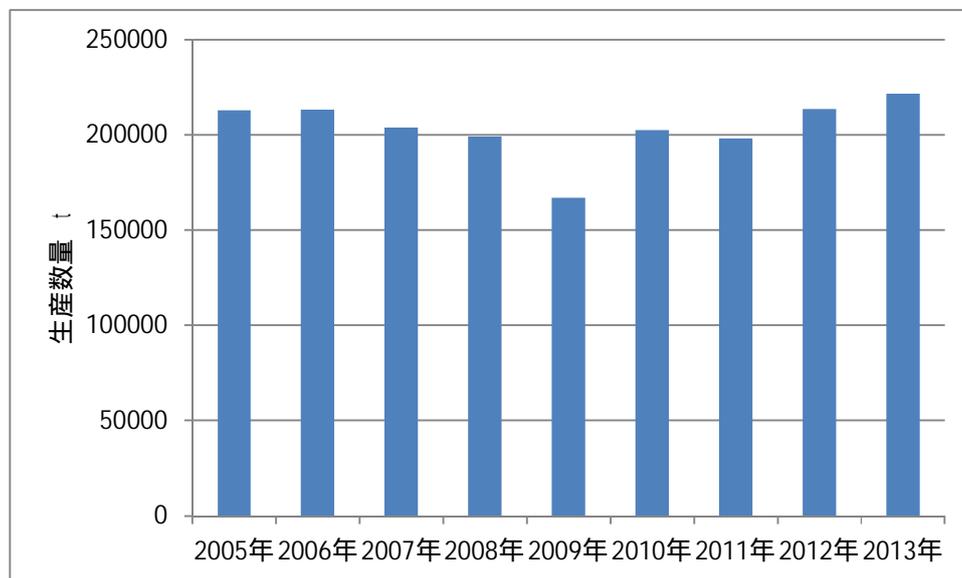


図 1-73 ガラス短繊維製品計(フェルト、ボード、その他)の生産数量  
出所) 経済産業省生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編  
(旧窯業・建材統計年報、資源・エネルギー統計年報)

### 1.3 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関するモデル事業及び費用対効果分析等

#### 1.3.1 モデル事業実施結果

##### (1) モデル事業の実施体制

モデル事業では、太陽電池モジュールの調達、運搬（物流）、リサイクル、金属回収等を行うこととし、図 1-74 に示す体制で実施した。

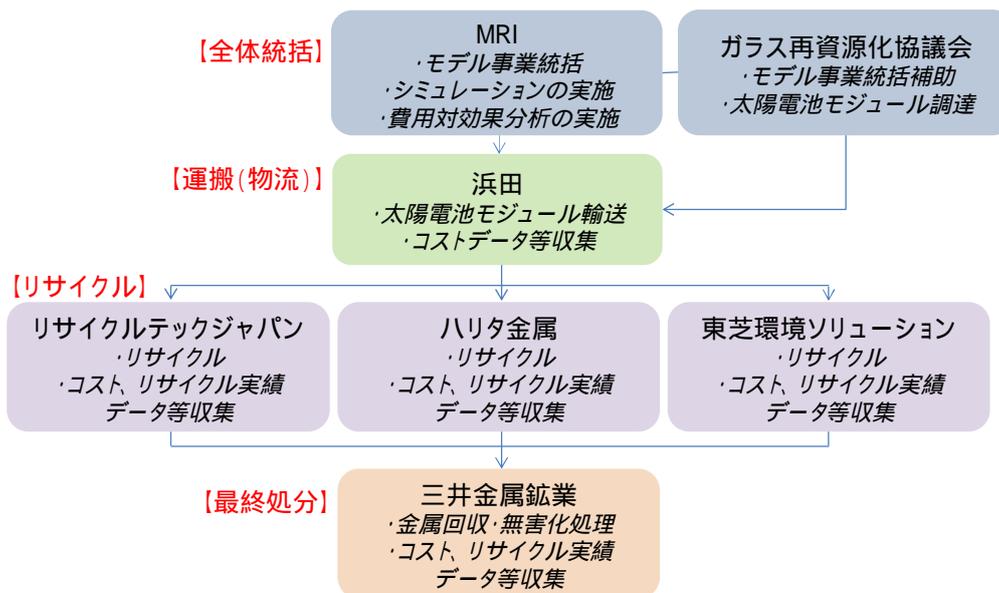


図 1-74 モデル事業等の実施体制

##### (2) 太陽電池モジュールの調達

表 1-59 に示す太陽電池モジュールを調達した。

表 1-59 調達した太陽電池モジュール

種類	メーカー名	実数量 t	公称最大出力 W	モジュール変換効率%
単結晶	A 社（国内）	15.1	-	-
多結晶	A 社（国内）	13.8	130/150	13.5/13.0
多結晶	B 社（国内）	22.5	250	-
多結晶	C 社（海外）	21.9	245	-
単/多結晶混合	E 社（国内）	10.1	-	-
薄膜	A 社（国内）	191.5	-	-
化合物	D 社（国内）	36.1	160	13.0
合計		311.1	-	-

### (3) 太陽電池モジュールの運搬

調達した使用済太陽電池モジュールについて、発生場所から中間処理拠点(リサイクルテック・ジャパン株式会社、ハリタ金属株式会社、東芝環境ソリューション株式会社)まで運搬を行い、実際にかかったコストデータを収集した。運搬については、廃棄物収集運搬業者である株式会社浜田が担当した。

運搬は1回あたりの運搬量から最も効率的な運搬方法を選択することとし、4tトラックや20tウィングトレーラー等を使用した。

表 1-60 太陽電池モジュールの運搬結果

番号	必要人員 名	必要機材	荷姿	積み込み時 間	運搬時間 (片道)	積み下ろし 時間	混載	車両種類・重量	輸送距離	運搬費	重量	単価
				min	h	min			km	円	kg	円/kg
1	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	85,000	3,014	28
2	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	85,000	2,805	30
3	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	100,000	4,784	21
4	1	リフト	パレット	10	2.5	10	無	10tウイング車	162	100,000	4,715	21
5	1	リフト	パレット	35	2.5	35	無	10tウイング車	152	70,000	7,121	10
6	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	7,121	10
7	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	6,997	10
8	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	6,475	11
9	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	54,000	1
10	1	リフト	パレット	20	3	20	無	10tウイング車	250	57,000	4,458	13
11	1	リフト	パレット	20	2	20	無	4tウイング車	140	35,000	204	172
12	1	リフト	パレット	13	3	13	無	4tウイング車	250	42,000	1,222	34
13	1	リフト	パレット	20	2.5	20	無	10tウイング車	152	70,000	7,363	10
14	1	リフト	パレット	15	2.5	15	無	10tウイング車	152	70,000	5,175	14
15	1	リフト	パレット	15	2.5	15	無	10tウイング車	152	70,000	6,653	11
16	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,381	10
17	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	18,462	11
18	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,912	10
19	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,942	10
20	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,405	10
21	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	20,178	10
22	1	リフト	パレット	25	9.75	25	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	19,650	10
23	1	リフト	パレット	30	9.75	30	無	20tトレーラー(平シャーシ)	821	200,000	21,908	9
24	1	リフト	パレット	30	5	30	無	20tトレーラー(平シャーシ)	371	200,000	22,498	9
25	1	リフト	パレット	3	2.5	3	有	4tウイング車	152	48,000	550	87
26	1	リフト	パレット	3	4.5	3	有	4tウイング車(集荷便)	333	13,000	1,146	11

平均値	382	112,500	11,813	22
最大値	821	200,000	54,000	172
最小値	140	13,000	204	1
中央値	162	77,500	7,059	10

#### (4) リサイクル（中間処理）・金属回収等

リサイクル（中間処理）・処分については、異なる技術を保有する3事業者（リサイクルテック・ジャパン、ハリタ金属、東芝環境ソリューション）が使用済太陽電池モジュールの中間処理を実施し、図 1-75 に示す実施方法に基づき必要なデータを収集した。

事業者の中間処理工程から発生する電池粉等は三井金属鉱業に引渡し、有用物質等の含有量を分析するとともに、再資源化、金属回収・無害化処理を行った。また、中間処理後に発生するガラスカレットについては、ガラス再資源化協議会が中間処理後のガラスカレットの組成分析を実施する等の再資源化可能性の評価を行った。なお、リサイクル等に当たっては廃棄物処理法を遵守の上、実施した。

##### <実施方法及びデータ収集項目>

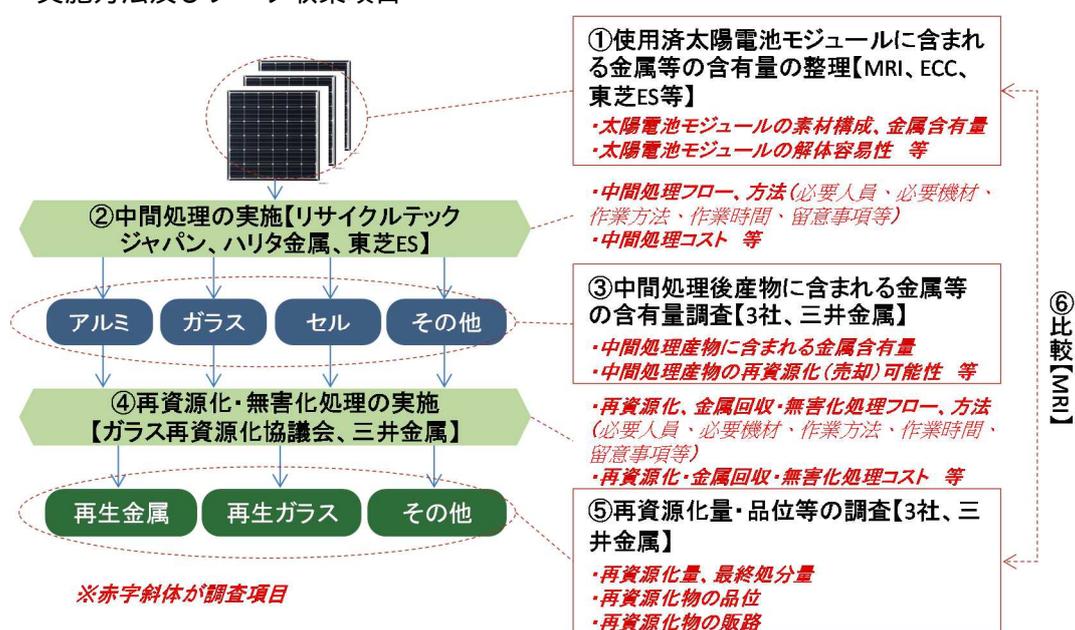


図 1-75 実施方法及びデータ収集項目

##### <モデル事業実施3事業者の概要>

- ・ 中間処理を行う3社の処理方法、処理能力の概要は以下の通り。
  - リサイクルテック・ジャパン株式会社
    - ◇ 処理方法：乾式
    - ◇ 容量：100t/月
  - ハリタ金属株式会社
    - ◇ 処理方法：湿式
    - ◇ 容量：破碎のみの場合 30t/hr、ガラス分離で 5～10t/hr（目切れが起こると想定されるので最低ロットは20t程度）
  - 東芝環境ソリューション株式会社
    - ◇ 処理方法：乾式
    - ◇ 容量：プロセス1で40t/月、プロセス2で30t/月

表 1-61 各社での処理結果

種類	メーカー名	単位	リサイクルテック・ジャパン	ハリタ金属	東芝環境ソリューション
単結晶	A社(国内)	kg	4,964	10,155	0
多結晶	A社(国内)	kg	2,841	10,509	475
多結晶	B社(国内)	kg	10,244	11,110	1,144
多結晶	C社(海外)	kg	10,574	10,304	1,030
単結晶・多結晶混合	E社(国内)	kg	10,193	0	0
薄膜	A社(国内)	kg	151,062	40,415	0
CIS	D社(国内)	kg	4,294	31,810	17
合計		kg	194,172	114,303	2,666

(5) 中間処理実施結果

リサイクルテック・ジャパン、ハリタ金属、東芝環境ソリューションの3社における中間処理試験の実施結果は以下のとおりである。

1) リサイクルテック・ジャパン株式会社

中間処理を実施した結果を以下に示す。なお、リサイクルテック・ジャパンは、太陽電池モジュールを破砕機に3回投入しており、各回におけるマテリアルバランスデータを以下にて整理した(破砕1回目のアウトプットであるバックシート分を破砕2回目投入。破砕2回目のアウトプットであるバックシート分を破砕3回目投入)。

a. 単結晶（国内 A 社製）

500kg			363kg			295kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	59	12%	1.2~2.5	21	4%	1.2~2.5	19	4%
2.5~5	76	15%	2.5~5	44	9%	2.5~5	33	7%
風力選別	1	0%	風力選別	0	0%	風力選別	0	0%
バックシート	363	73%	バックシート	295	59%	バックシート	242	48%
		0%			0%			0%
<b>合計</b>	<b>499</b>	<b>99.8%</b>	<b>合計</b>	<b>360</b>	<b>72%</b>	<b>合計</b>	<b>294</b>	<b>59%</b>
ロス	1kg	0%	ロス	3kg	1%	ロス	1kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

b. 多結晶（国内 A 社製）

500kg			343kg			260kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	74	15%	1.2~2.5	47	9%	1.2~2.5	26	5%
2.5~5	74	15%	2.5~5	35	7%	2.5~5	18	4%
風力選別	0	0%	風力選別	0	0%	風力選別	0	0%
バックシート	343	69%	バックシート	260	52%	バックシート	215	43%
		0%			0%			0%
<b>合計</b>	<b>491</b>	<b>98%</b>	<b>合計</b>	<b>342</b>	<b>68%</b>	<b>合計</b>	<b>259</b>	<b>52%</b>
ロス	9kg	2%	ロス	1kg	0%	ロス	1kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

c. 多結晶（国内 B 社製）

9.951kg

破碎1回目	分別重量	割合
1.2~2.5	1,240	12%
2.5~5	1,330	13%
風力選別	48	0%
バックシート	7,228	73%
		0%
<b>合計</b>	<b>9,846</b>	<b>99%</b>
ロス	105kg	1%

7.228kg

破碎2回目	分別重量	割合
1.2~2.5	620	6%
2.5~5	620	6%
風力選別	12	0%
バックシート	5966	60%
		0%
<b>合計</b>	<b>7128</b>	<b>72%</b>
ロス	100kg	1%

5.966kg

破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	389	4%
2.5~5	353	4%
風力選別	5	0%
バックシート	5173	52%
		0%
<b>合計</b>	<b>5920</b>	<b>59%</b>
ロス	46kg	1%



d. 多結晶（海外 C 社製）

10.297kg

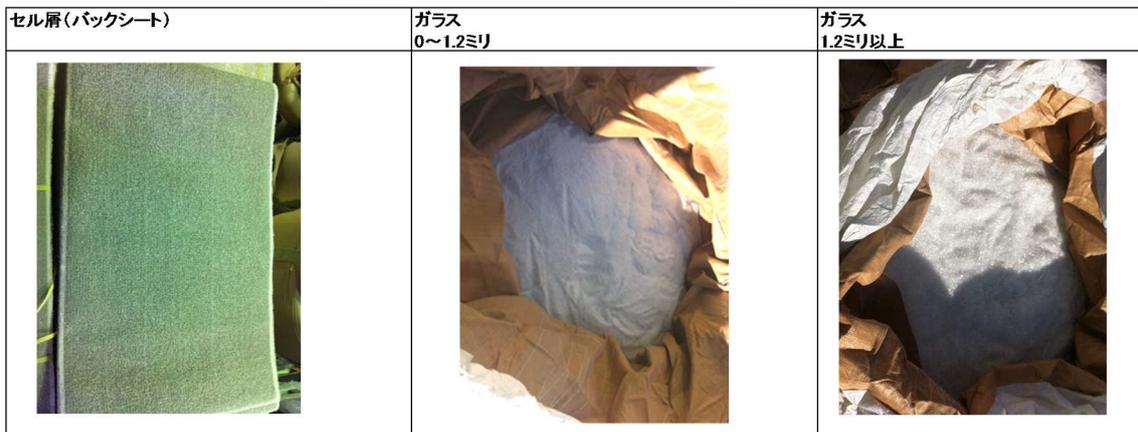
破碎1回目	分別重量	割合
1.2~2.5	1,629	16%
2.5~5	1,824	18%
風力選別	64	1%
バックシート	6,729	65%
		0%
<b>合計</b>	<b>10,246</b>	<b>99.5%</b>
ロス	51kg	0.5%

6.729kg

破碎2回目	分別重量	割合
1.2~2.5	534	5%
2.5~5	601	6%
風力選別	11	0%
バックシート	5557	54%
		0%
<b>合計</b>	<b>6703</b>	<b>65%</b>
ロス	26kg	0.4%

5.557kg

破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	305	3%
2.5~5	315	3%
風力選別	5	0%
バックシート	4927	48%
		0%
<b>合計</b>	<b>5552</b>	<b>53.9%</b>
ロス	5kg	0.1%



e. 単結晶・多結晶混合（国内E社）

9,847kg			8,425kg			7,349kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	615	6%	1.2~2.5	559	6%	1.2~2.5	647	7%
2.5~5	548	6%	2.5~5	488	5%	2.5~5	464	5%
風力選別	6	0%	風力選別	3	0%	風力選別	1	0%
バックシート	8,425	86%	バックシート	7349	75%	バックシート	6216	63%
		0%			0%			0%
<b>合計</b>	<b>9,594</b>	<b>97%</b>	<b>合計</b>	<b>8399</b>	<b>85%</b>	<b>合計</b>	<b>7328</b>	<b>74%</b>
ロス	253kg	3%	ロス	26kg	0%	ロス	21kg	0%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

f. 薄膜（国内A社）

151,062kg			15,106kg			10,272kg		
破碎1回目	分別重量	割合	破碎2回目	分別重量	割合	破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	48,339	32%	1.2~2.5	1510	1%	1.2~2.5	1027	1%
2.5~5	84,594	56%	2.5~5	1510	1%	2.5~5	1027	1%
風力選別	755	0%	風力選別	75	0%	風力選別	51	0%
バックシート	15,106	10%	バックシート	10272	7%	バックシート	6163	4%
集塵	1,510	1%	集塵	1510	1%	集塵	1027	1%
		0%			0%			0%
<b>合計</b>	<b>150,304</b>	<b>99%</b>	<b>合計</b>	<b>14877</b>	<b>10%</b>	<b>合計</b>	<b>9295</b>	<b>6%</b>
ロス	758kg	1%	ロス	229kg	2%	ロス	977kg	10%

セル屑(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

g. CIS (国内D社)

500kg

破碎1回目	分別重量	割合
1.2~2.5	55	11%
2.5~5	47	9%
風力選別	1	0%
バックシー	393	79%
		0%
<b>合計</b>	<b>496</b>	<b>99%</b>
ロス	4kg	1%

393kg

破碎2回目	分別重量	割合
1.2~2.5	26	5%
2.5~5	24	5%
風力選別	1	0%
バックシー	341	68%
		0%
<b>合計</b>	<b>392</b>	<b>78%</b>
ロス	1kg	0%

341kg

破碎3回目	分別重量	割合
1.2~2.5	24	5%
2.5~5	15	3%
風力選別	0	0%
バックシー	301	60%
		0%
<b>合計</b>	<b>340</b>	<b>68%</b>
ロス	1kg	0%

セル層(バックシート)	ガラス 0~1.2ミリ	ガラス 1.2ミリ以上
		

2) ハリタ金属株式会社

中間処理を実施した際のマテリアルバランスデータを以下に示す。

a. 単結晶（国内 A 社）・多結晶（国内 A 社）・多結晶（国内 B 社）

		単結晶 国内 A社		多結晶 国内 A社		多結晶 国内 B社	
INPUT		9,469		10,893		10,167	
O U T P U T	8mmオーバー		2,336		2,636		2,719
	0.5mmアンダー		1,024		1,742		2,143
	オーバーフロー		494		294		2,619
	アンダーテイル		3,816		5,282		1,656

b. 多結晶（海外 C 社）・薄膜（国内・A 社）

		多結晶 海外 C社		薄膜 国内 A社(両面ガラス型)		薄膜 国内 A社(片面ガラス型)	
INPUT		10,158		13,954		23,502	
O U T P U T	8mmオーバー		3,165		2,732		3,770
	0.5mmアンダー		542		1,266		2,947
	オーバーフロー		1,048		1,675		1,272
	アンダーテイル		2,681		5,635		10,423

3) 東芝環境ソリューション株式会社

破砕プロセス（プロセス1）において3種のモジュールを、分離プロセス（プロセス2）において2種のモジュールを中間処理した際のマテリアルバランスデータを以下に示す。

a. 破砕プロセス（プロセス1）の結果

分類		国内・多結晶		国内・多結晶		海外・多結晶	
品名		A社	(弊社記号)	B社	(弊社記号)	C社	(弊社記号)
INPUT(kg)		300.9		1128.1		1014.2	
OUTPUT(kg)	回収物A	アルミフレーム	49.3	—	—	—	—
	回収物B	破砕片	254.9 (TSB-001)	1106.7 (TTB-001)	988.2 (TMB-001)		
回収率(%) (A+B)/IN		101.1		98.1		97.4	

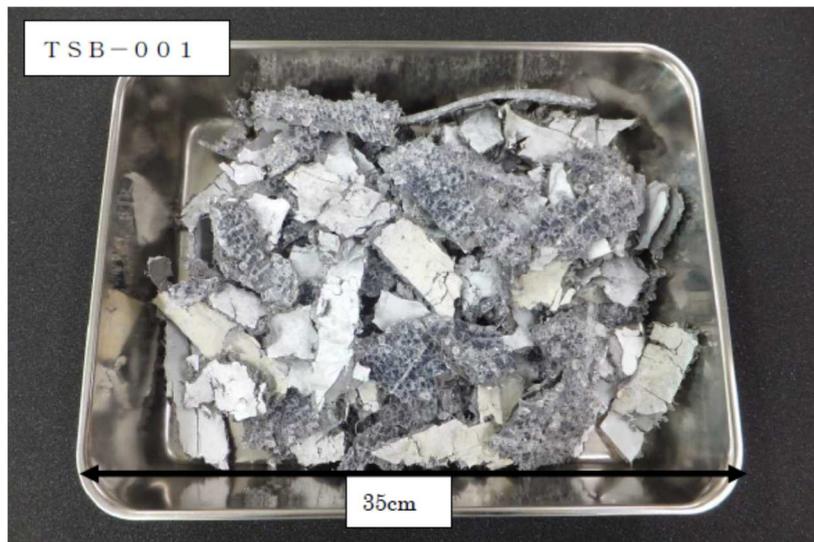


図 1-76 国内・多結晶（A社）：破砕片 B

b. 分離プロセス（プロセス2）の結果

ア) 国内・多結晶（A社）

INPUT(kg)		17.7	17.7	17.7
OUTPUT(kg)	回収物A	アルミフレーム	—	2.90 (TSA-001)
		電流線	—	—
		接続箱	—	—
	回収物C	ガラス	12.65	12.3 (TSC-001)
回収物D	電池粉	1.90	2.25 (TSD-001)	
回収率(%) D/C+D				101.4

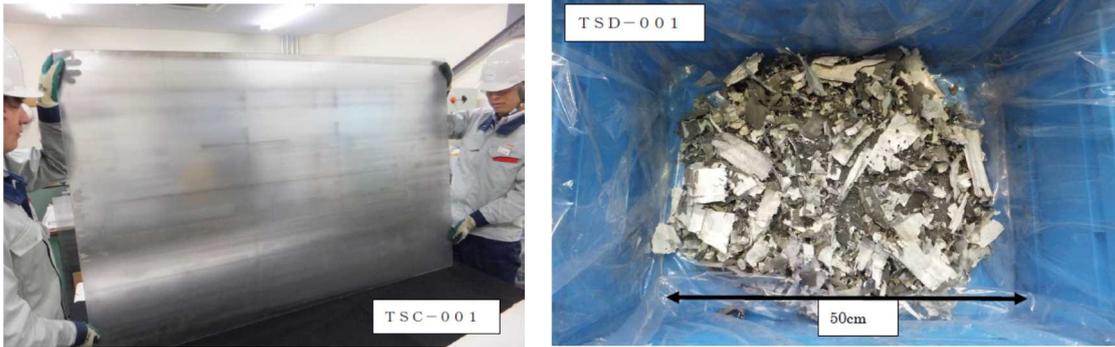


図 1-77 国内・多結晶（A社）：左：回収物C（ガラス）、右：回収物D（電池粉）

イ）国内・多結晶（B社）

INPUT(kg)			19.0	19.0	19.0
OUTPUT (kg)	回収物A	アルミフレーム	2.76	2.78	2.76 (TTA-001)
		電流線	0.2	0.2	0.2 (TTA-002)
		接続箱	0.12	0.12	0.12 (TTA-003)
	回収物C	ガラス	12.7	12.7	12.8 (TTC-001)
	回収物D	電池粉	3.14	3.32	3.30 (TTD-001)
		回収率(%)	99.6	100.6	100.9
		回収物合計/IN			

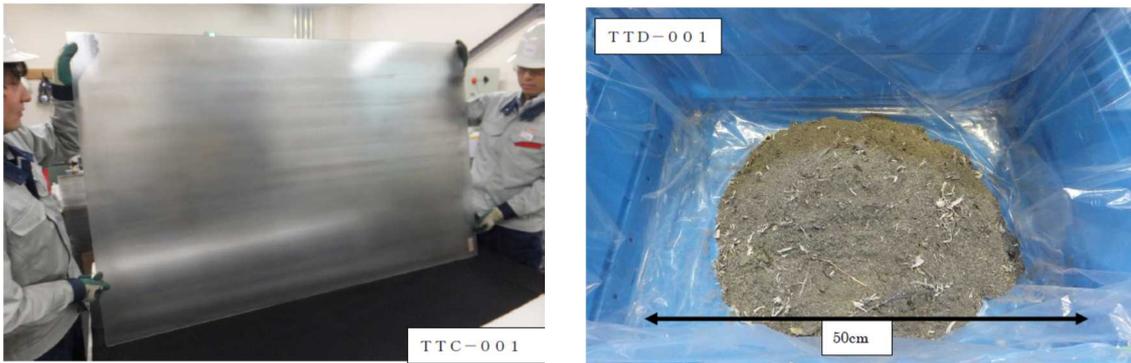


図 1-78 国内・多結晶（B社）：左：回収物C（ガラス）、右：回収物D（電池粉）

参考：パネル重量に占めるガラスの割合について

東芝環境ソリューションの分離プロセス（プロセス2）については、ガラスを板状で分離する技術であることから、分離されたガラス系産物の重量はパネル全体に占めるガラス重量に近い値となっていると考えられる。今回の試験結果に基づくガラスの重量比は以下のとおりであり、パネル全体に対しては7割前後、アルミフレームを除けば8割前後となっている。

表 1-62 パネル重量に占めるガラスの割合

	多結晶 国内A社			多結晶 国内B社		
	インプット	17.7	17.7	17.7	19.0	19.0
アウトプット	ガラス	12.65	12.1	12.3	12.7	12.8
	アルミフレーム	-	-	2.9	2.76	2.78
ガラス重量比	71.5%	68.4%	69.5%	66.8%	66.8%	67.4%
ガラス重量比(アルミフレーム除く)	-	-	83.1%	78.2%	78.3%	78.8%

(6) 中間処理産物の分析結果

1) 分析実施機関と分析方法

モデル事業の産物の分析は、以下の方針に基づき、非鉄製錬事業者（三井金属鉱業）分析会社（環境管理センター、東芝環境ソリューション）の3社で分担の上、実施した。

- 三井金属鉱業において、全ての産物（電池粉系、ガラス系）の含有量試験を実施（ガラス系産物については半定量分析）。
- 一部の産物については、環境管理センター、東芝環境ソリューションにおいて含有量試験、溶出試験を実施。

環境管理センター、東芝環境ソリューションにおいて含有量試験・溶出試験対象としたサンプルは以下のとおりである。

表 1-63 分析会社におけるモデル事業産物の分析対象サンプル（計 13 サンプル）

	種類	メーカー	中間処理	産物	
環境管理センター 実施分	多結晶	国内 B 社	ハリタ	4	ガラス/電池粉/8mm オバー/0.5mm アンダー
	多結晶	海外 C 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
	薄膜	国内 A 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
	化合物	国内 D 社	RTJ	2	ガラス/電池粉
東芝環境ソリュー ション実施分	単結晶	国内 A 社	TES	1	破砕片 (プロセス1産物：電池粉・ガラス含む)
	多結晶	国内 B 社	TES	1	破砕片
	多結晶	海外 C 社	TES	1	破砕片

モデル事業の各産物の分析方法は以下のとおり。

< ガラス系産物の試験方法 >

分析機関：三井金属鉱業

分析内容：含有量試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Ag, Al, As, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, In, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te, Ti, Tl, Zn	ICP 定性分析

SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	JIS R 3105
MgO, SnO, CaO, SO <sub>3</sub> , SrO	JIS R 3105 準拠

分析機関：環境管理センター、東芝環境ソリューション

分析内容：含有量試験、溶出試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	含有量試験：廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法 溶出試験：環境庁告示 13号

< 金属系産物やその他産物の試験方法 >

分析機関：三井金属鉱業

分析内容：含有量試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	Cu等はマット融解法を採用するなど、非鉄製錬事業者の評価方法を採用

分析機関：環境管理センター、東芝環境ソリューション

分析内容：含有量試験、溶出試験

分析項目：

分析項目	分析方法
Pb, Cd, As, Se, Hg, Cr, Be, Sb, Te, Cu, Ag, In, Zn, Sn, Mo, Ga	含有量試験：廃棄物資源循環学会物質フロー研究部会にて検討された標準分析法 溶出試験：環境庁告示 13号

## 2) 分析結果

### a. 非鉄製錬事業者実施分

#### ア) 電池粉系産物の含有量試験結果

非鉄製錬業者（三井金属鉱業）における中間処理産物（電池粉系）の含有量分析結果は以下のとおり。資源価値を決める銀の含有量については、モジュール種類や処理方法・産物種類によってばらつきが見られた。結晶系パネルの産物においては鉛やアンチモンが、化合物系の産物についてはセレンが検出された。

表 1-64 中間処理産物(電池粉系産物)の含有量分析結果(リサイクルテック・ジャパン)

モジュール種類		単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶	薄膜	薄膜	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内E社	海外C社	国内A社	国内A社	国内D社
中間処理		RTJ								
産物		電池粉								
鉛 (Pb)	%	0.04	0.34	0.03	0.18	0.73	0.15	<0.01	<0.01	<0.01
カドミウム (Cd)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素 (As)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン (Se)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
水銀 (Hg)	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム (Cr)	%	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム (Be)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン (Sb)	%	<0.01	0.03	<0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.03
テルル (Te)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅 (Cu)	%	3.41	1.25	1.08	4.24	1.79	1.81	0.43	1.29	0.54
銀 (Ag)	g/t	7,870	3,400	6,660	2,070	7,750	1,880	1,480	1,730	<1
インジウム (In)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
亜鉛 (Zn)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.11	0.08
スズ (Sn)	%	1.24	0.39	0.7	0.21	0.86	0.15	0.21	0.38	0.08
モリブデン (Mo)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
ガリウム (Ga)	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

表 1-65 中間処理産物(電池粉系産物)の含有量分析結果(ハリタ金属)

モジュール種類		単結晶	単結晶	単結晶	単結晶	多結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社	海外C社
中間処理		ハリタ							
産物		>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm
鉛	%	0.06	0.06	0.08	0.06	0.18	0.03	0.33	0.02
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	0.06	0.09	<0.01	0.06	0.07	0.16	0.06	0.16
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	0.12	0.01	1.01	0.01	4.59	0.02	4.93	0.02
銀	g/t	1,350	2,340	2,620	2,780	649	821	914	633
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
亜鉛	%	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.02
スズ	%	0.07	0.11	0.35	0.15	0.22	0.04	0.39	0.02
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 1-66 中間処理産物（電池粉系産物）の含有量分析結果（ハリタ金属）

モジュール種類		薄膜	薄膜	薄膜	薄膜	化合物	化合物
メーカー		国内A社	国内A社	国内A社	国内A社	国内D社	国内D社
中間処理		ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ	ハリタ
産物		>8mm	<0.5mm	>8mm	<0.5mm	<0.5mm	>8mm
鉛	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.04
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.1	0.03
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	0.49	0.01	0.19	0.01	0.03	0.86
銀	g/t	858	52	184	267	56	187
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
亜鉛	%	0.13	0.06	0.02	0.04	0.03	0.1
スズ	%	0.27	0.05	0.08	0.08	<0.01	0.12
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01

表 1-67 中間処理産物（電池粉系産物）の含有量分析結果（東芝環境ソリューション）

モジュール種類		単結晶	単結晶	多結晶	多結晶	多結晶
メーカー		国内A社	国内A社	国内B社	国内B社	海外C社
中間処理		TES	TES	TES	TES	TES
産物		電池粉	電池粉	電池粉	電池粉	電池粉
鉛	%	0.12	0.48	0.04	0.26	0.09
カドミウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ヒ素	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
セレン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
水銀	%	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
クロム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
ベリリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
アンチモン	%	0.15	<0.01	0.12	<0.01	0.12
テルル	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
銅	%	1.34	4.14	0.74	5.29	1.16
銀	g/t	1,280	5,540	807	2,990	714
インジウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
亜鉛	%	0.01	0.02	<0.01	0.03	0.01
スズ	%	0.17	0.6	0.07	0.29	0.12
モリブデン	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ガリウム	%	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

イ) ガラス系産物の含有量試験結果

三井金属鉱業における中間処理産物（ガラス系）の含有量分析結果は以下のとおり。ガラス系産物については、銅や銀などの検出が見られるものがあるなど中間処理プロセスによってセル部分との分離の程度に差があることが推察される。またガラス消泡剤用途と見られる





b. 分析会社実施分

ア) 溶出試験 (環境庁告示第13号)

表 1-72 モデル事業産物の溶出試験結果 (環境管理センター実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr <sup>6+</sup>	Be	Sb	Te
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	六価クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル		
1	多結晶	国内	B社	ハリタ	8mmオーバー	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
2					0.5mmアンダー	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.08	<0.01
3					オーバーフロー	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4					アンダーテイル	0.14	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	多結晶	海外	C社	RTJ	電池粉	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01
6					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
7	薄膜	国内	A社	RTJ	電池粉	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
8					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	化合物	国内	D社	RTJ	電池粉	<0.01	<0.01	<0.01	0.13	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
10					ガラス	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.0005	<0.01	<0.01	0.10	<0.01
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準						0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-

本試験のような製品破片についての適応はないが、参考表示する

 : 検出された元素  : 基準超過

表 1-73 モデル事業産物の溶出試験結果 (東芝環境ソリューション実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr <sup>6+</sup>	Be	Sb	Te
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	六価クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル		
1	多結晶	国内	A社	TES	回収物D (電池粉)	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.12	<0.01
2					回収物B (破砕物B)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	<0.01
3	多結晶	国内	B社	TES	回収物D (電池粉)	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
4					回収物B (破砕物B)	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.11	<0.01
5	多結晶	海外	C社	TES	回収物B (破砕物B)	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
燃え殻・ばいじん・鉱さい・汚泥等についての廃掃法による特別管理産業廃棄物の判定基準						0.3	0.3	0.3	0.3	0.005	1.5	-	-	-

本試験のような製品破片についての適応はないが、参考表示する

 : 検出された元素  : 基準超過

イ) 含有量試験

表 1-74 モデル事業産物の含有量試験結果 (環境管理センター実施分)

No.	種類		メーカー	中間処理	品名	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr	Be	Sb	Te	Cu	Zn	Sn	Mo	In	Ga	Ag
	鉛	カドミウム				ヒ素	セレン	水銀	クロム	ベリリウム	アンチモン	テルル	銅	亜鉛	スズ	モリブデン	インジウム	ガリウム	銀		
1	多結晶	国内	B社	ハリタ	8mmオーバー	550	<1	16	<1	<1	270	<1	400	4	25000	57	970	9	<1	1	980
2					0.5mmアンダー	270	1	440	<1	<1	23	<1	1400	7	200	180	710	7	<1	2	1200
3					オーバーフロー	26	2	600	<1	<1	5	<1	860	2	18	56	120	<1	<1	1	87
4					アンダーテイル	45	1	430	<1	<1	6	<1	1100	2	5	20	25	<1	<1	1	37
5	多結晶	海外	C社	RTJ	電池粉	2600	<1	<1	<1	<1	82	<1	460	12	29000	33	4300	10	2	3	2200
6					ガラス	11	<1	5	<1	<1	2	<1	1900	<1	18	10	9	<1	<1	1	35
7	薄膜	国内	A社	RTJ	電池粉	9	<1	<1	<1	<1	15	<1	190	<1	18000	1000	5000	4	3	12	1500
8					ガラス	7	<1	<1	<1	<1	6	<1	13	<1	74	45	160	<1	<1	<1	38
9	化合物	国内	D社	RTJ	電池粉	2	1	<1	21	<1	220	<1	230	<1	190	910	32	390	220	86	2
10					ガラス	2	1	<1	<1	<1	3	<1	1800	<1	25	20	10	10	<1	3	2

 1~100mg/kg  
 100mg/kg -

表 1-75 モデル事業産物の含有量試験結果（東芝環境ソリューション実施分）

種類	メーカー	中間処理	品名	単位：mg/kg																	
				Pb 鉛	Cd カドミウム	As ヒ素	Se セレン	T-Hg 水銀	Cr6+ 六価クロム	Be ベリリウム	Sb アンチモン	Te テルル	Cu 銅	Zn 亜鉛	Sn スズ	Mo モリブデン	In インジウム	Ga ガリウム	Ag 銀		
1	多結晶	国内	A社	T E S	回収物D (電池粉)	4900	<1	<1	4	<1	<0.5	<1	57	<1	78000	260	5300	<1	2	9	6200
2					回収物B (破砕物B)	1300	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1100	<1	16000	35	2700	<1	<1	<1	1200
3	多結晶	国内	B社	T E S	回収物D (電池粉)	2300	<1	<1	3	<1	<0.5	<1	60	<1	59000	170	2700	<1	1	9	3400
4					回収物B (破砕物B)	370	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1400	<1	9500	20	140	<1	<1	<1	670
5	多結晶	海外	C社	T E S	回収物B (破砕物B)	920	<1	<1	<1	<1	<0.5	<1	1100	<1	11000	15	2000	<1	<1	<1	800



一部のモデル事業処理産物については、産業廃棄物の溶出基準値のある物質として鉛、セレンの溶出があったが、いずれも基準値内の数値であった。また、溶出基準値のない物質ではアンチモンの溶出が確認された。鉛については0.10~0.14mg/Lと基準内ではあるが高めの数値を示すものも確認された。

(7) マテリアルバランスの確認

1) リサイクルテック・ジャパン株式会社

リサイクルテック・ジャパンにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 単結晶（国内A社）

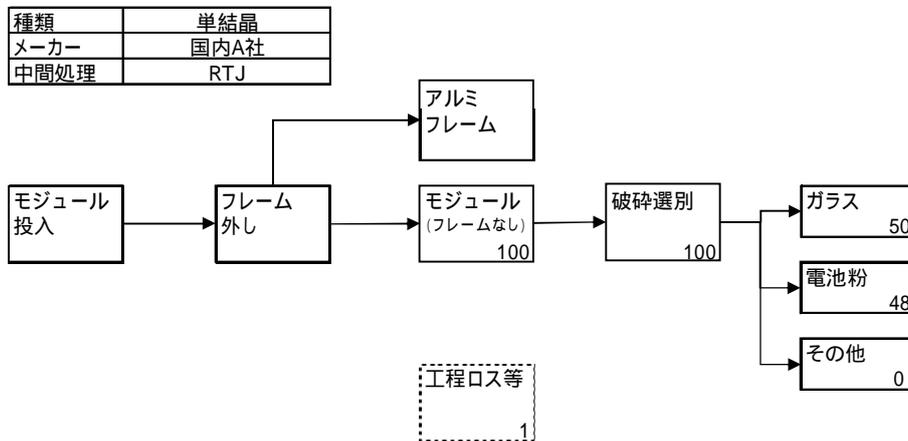


図 1-79 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(単結晶 国内A社)

b. 多結晶（国内 A 社）

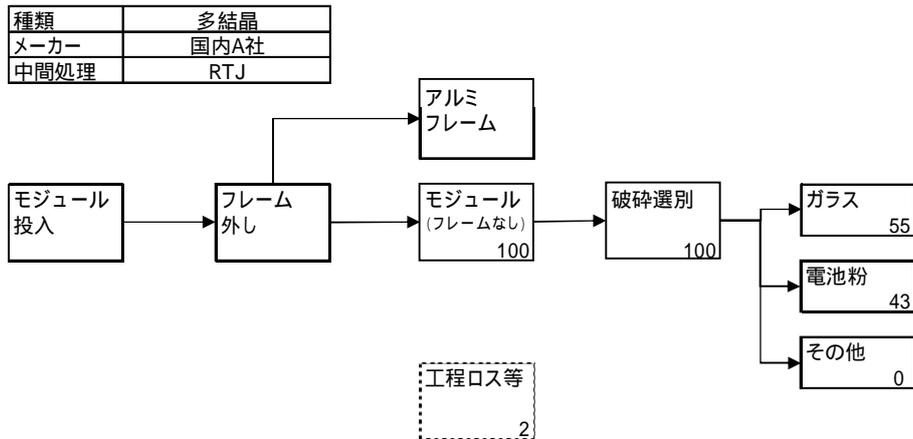


図 1-80 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 国内 A 社)

c. 多結晶（国内 B 社）

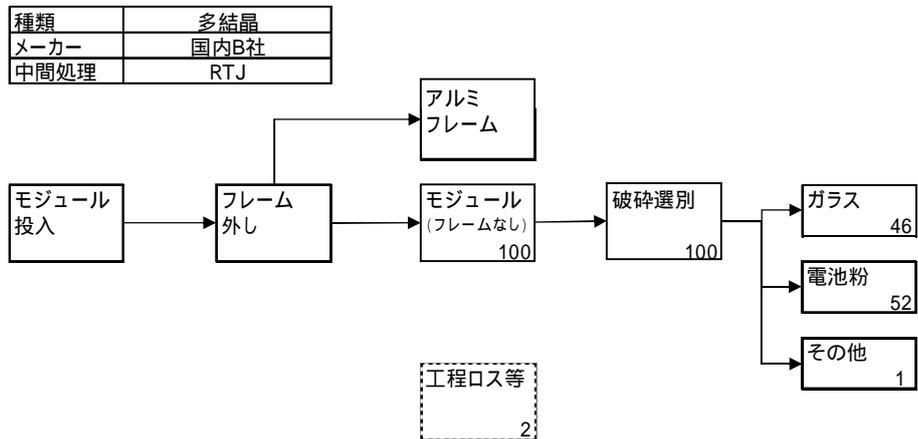


図 1-81 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 国内 B 社)

d. 多結晶（海外 C 社）

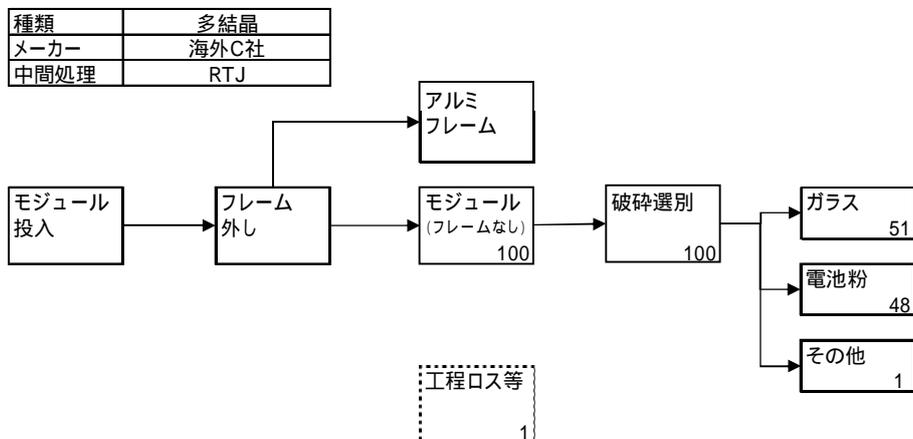


図 1-82 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス(多結晶 海外 C 社)

e. 単結晶多結晶混合（国内 E 社）

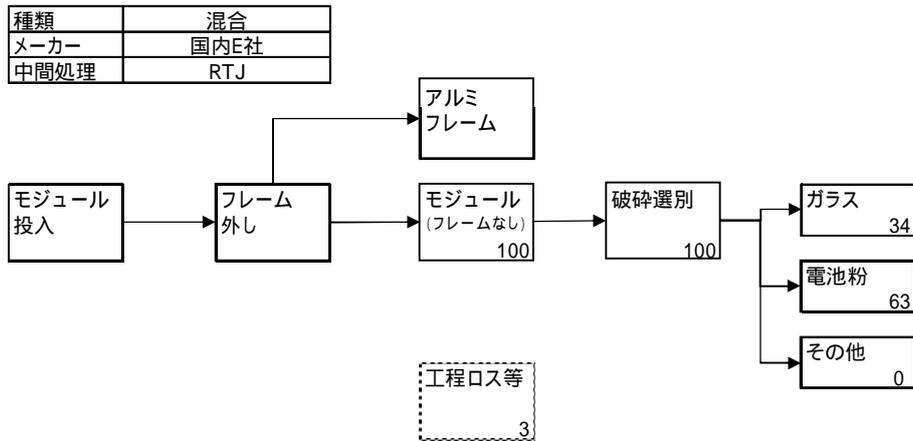


図 1-83 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（単結晶多結晶混合 国内 E 社）

f. 薄膜（国内 A 社）

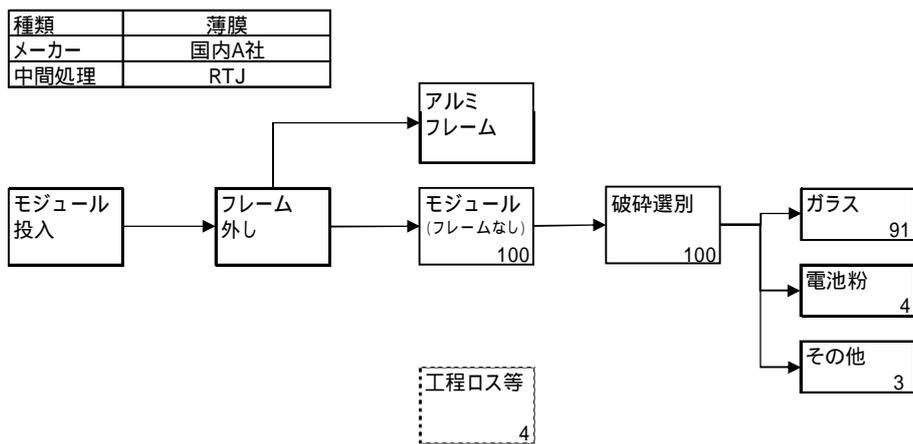


図 1-84 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（薄膜 国内 A 社）

g. CIS（国内 D 社）

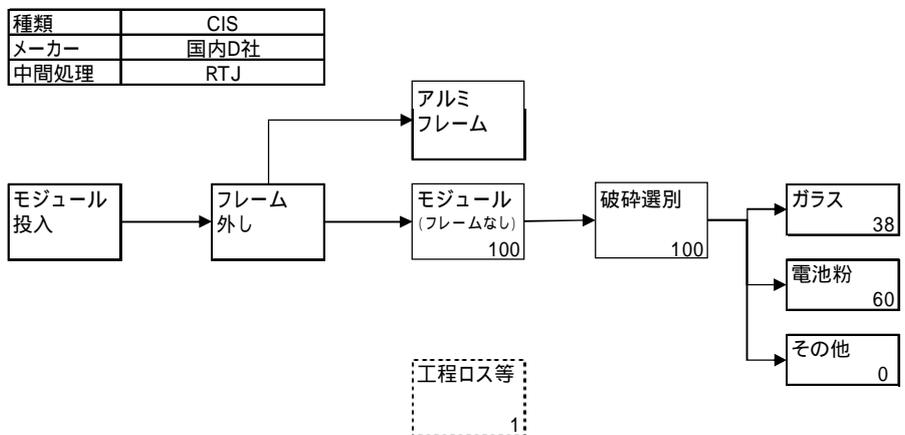


図 1-85 リサイクルテック・ジャパンにおけるマテリアルバランス（CIS 国内 D 社）

h. 処理単価

● 破碎費用

種類	メーカー名	処理単価 (円/kg)
単結晶	A社 (国内)	13.3
多結晶	A社 (国内)	13.3
多結晶	B社 (国内)	42.1
多結晶	C社 (海外)	37.4
単結晶・多結晶混合	E社 (国内)	16.5
薄膜	A社 (国内)	7.1
CIS	D社 (国内)	30.8-31.7

● アルミフレーム取外費用

93.7 円/枚 (=4.7 円/kg) 1 枚 20kg 換算

2) ハリタ金属株式会社

ハリタ金属における中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 単結晶 (国内 A 社)

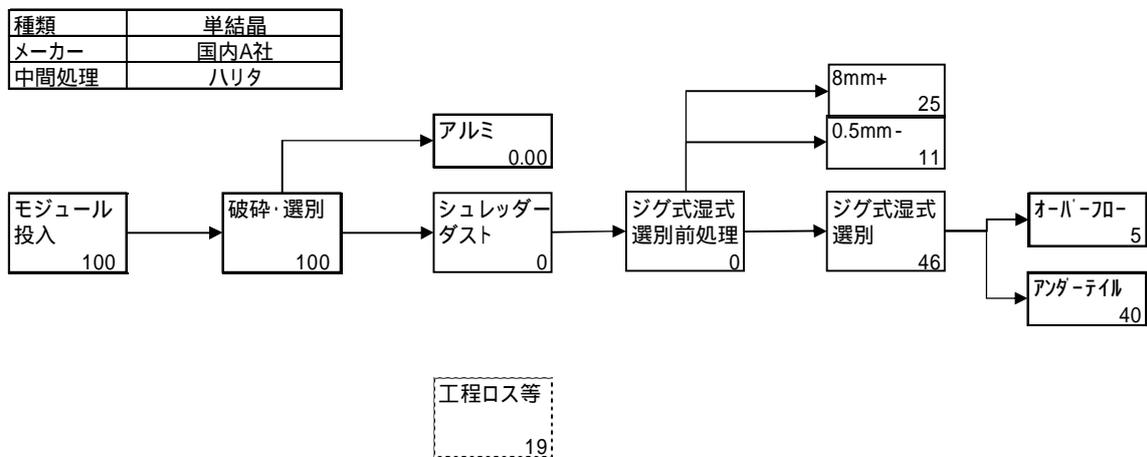


図 1-86 ハリタ金属におけるマテリアルバランス (単結晶 国内 A 社)

b. 多結晶（国内 A 社）

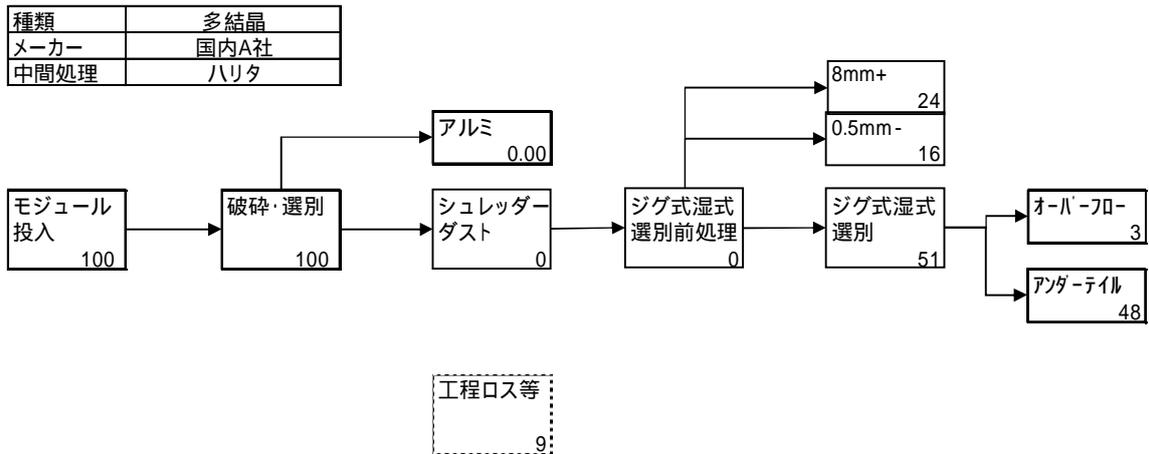


図 1-87 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶国内 A 社）

c. 多結晶（国内 B 社）

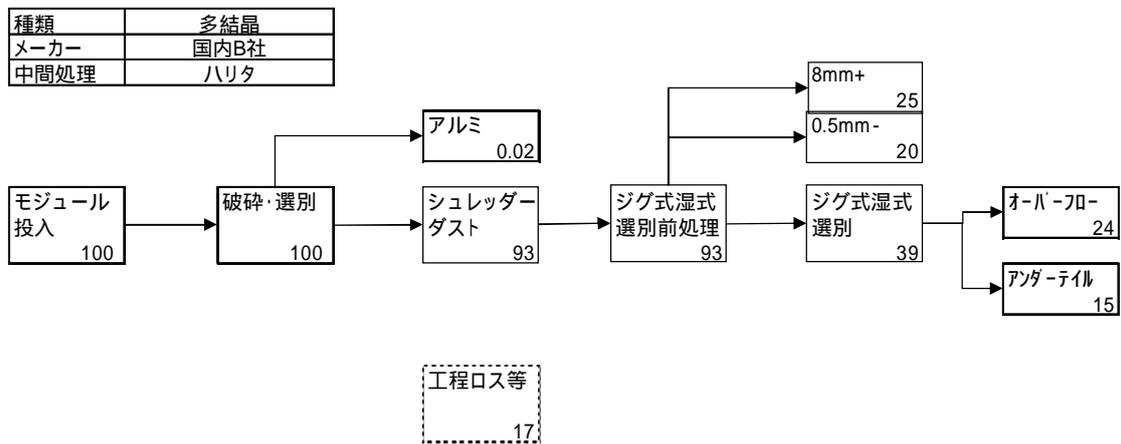


図 1-88 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶国内 B 社）

d. 多結晶（海外 C 社）

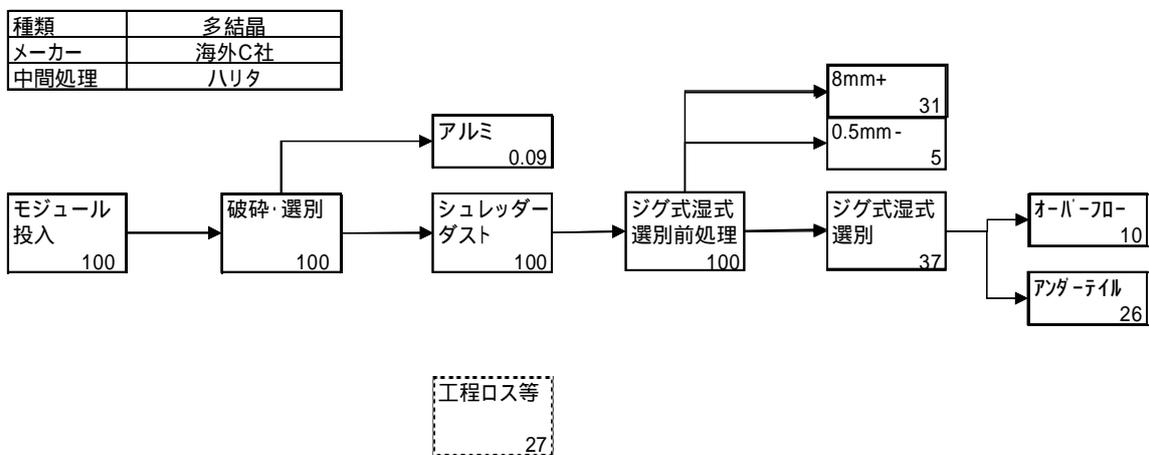


図 1-89 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（多結晶海外 C 社）

e. 薄膜（国内 A 社：両面ガラス）

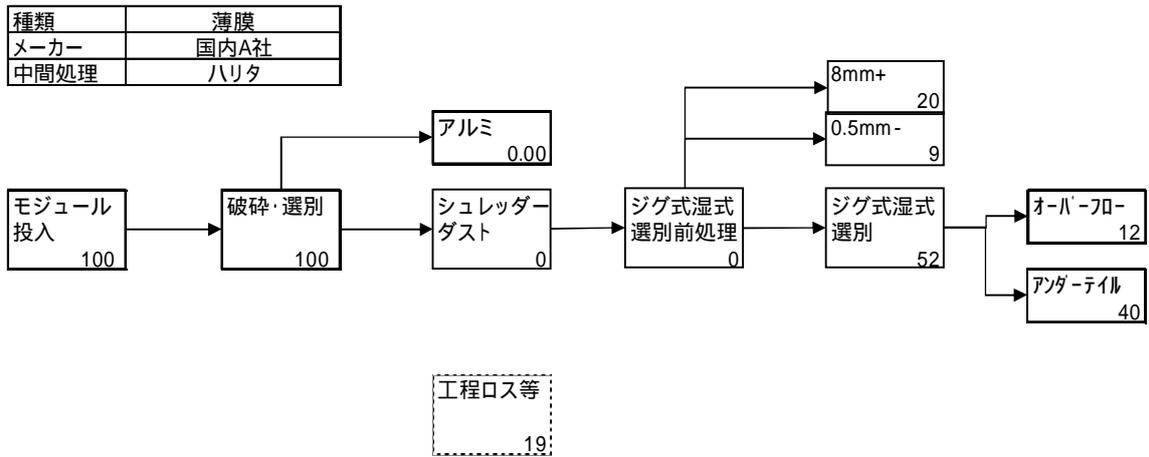


図 1-90 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（薄膜国内 A 社：両面ガラス）

f. 薄膜（国内 A 社：片面ガラス）

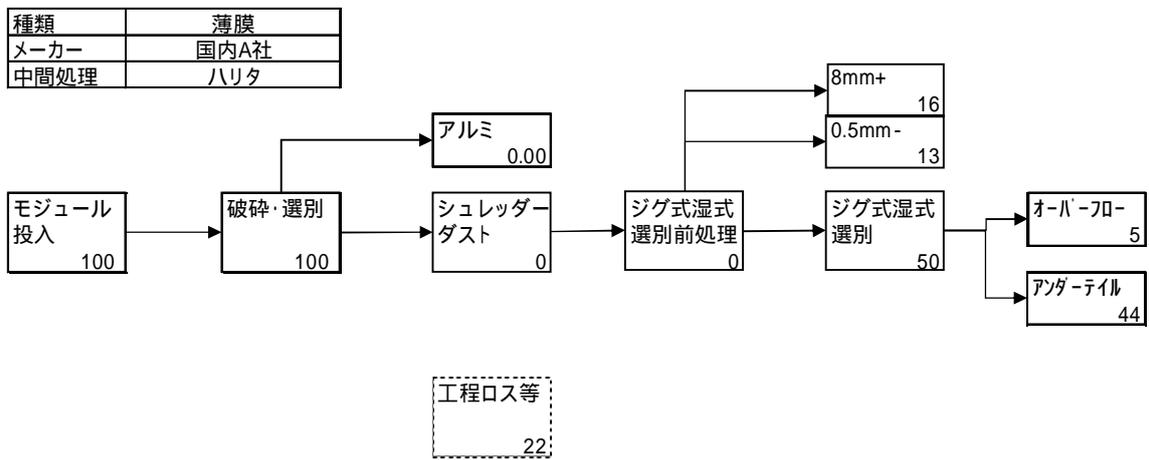


図 1-91 ハリタ金属におけるマテリアルバランス（薄膜国内 A 社：片面ガラス）

g. 処理単価

破碎：20 円/kg

選別：30 円/kg

3) 東芝環境ソリューション株式会社

東芝環境ソリューションにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

a. 多結晶（国内 A 社）

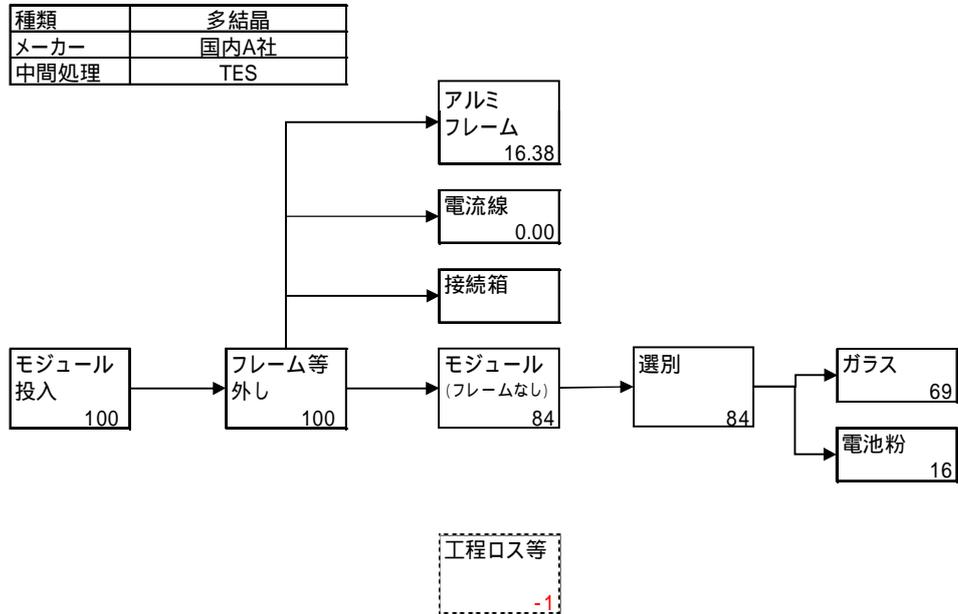


図 1-92 東芝環境ソリューションにおけるマテリアルバランス（単結晶国内 A 社）

b. 多結晶（国内 B 社）

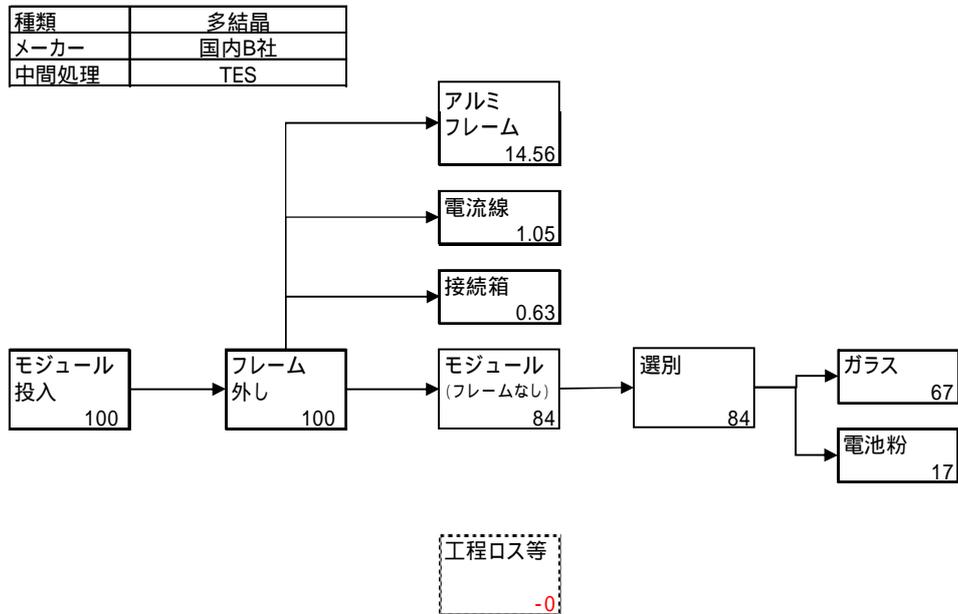


図 1-93 東芝環境ソリューションにおけるマテリアルバランス（多結晶国内 B 社）

## (8) リサイクルに伴う環境影響や資源性の検討

### 1) 検討における視点

本調査では、モデル事業で取得するマテリアルバランスデータや中間処理産物の金属含有量データ等を基にリサイクルに伴う資源性や環境影響について検討した。

#### 【リサイクルに伴う環境影響の検討に関する論点】

有害性の懸念がある元素（Pb、Se 等）の分配傾向（どの中間処理産物に、どの程度分配されるか）

中間処理（リサイクル）段階におけるエミッションの可能性（インプットとアウトプットのバランス確認、エミッションの可能性がある経路の同定）

中間処理産物の引渡先でのエミッションの可能性（非鉄製錬プロセスにおける有害性懸念元素の動きについて基本的な情報を整理） 等

#### 【リサイクルに伴う資源性の検討に関する論点】

資源価値の高い元素（Ag 等）の分配傾向（どの中間処理産物に、どの程度分配・濃縮されるか）

産物の資源価値（金属回収目的の産物の非鉄製錬事業者における評価、ガラス系産物の評価）

また、中間処理後の産物については、三井金属鉱業において金属回収を実施した。

中間処理 3 社における中間処理プロセスの概要は 1.1.2 に示すとおりである。また、三井金属鉱業における処理プロセスを次ページに示す。

2) 有害性・資源性から見たマテリアルバランスの確認

a. リサイクルテック・ジャパン株式会社

リサイクルテック・ジャパンにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性及び資源性の観点から元素（鉛と銀）に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛及び銀についてはほぼ全量が電池粉に分配する結果となった。

ア) 単結晶（国内 A 社）

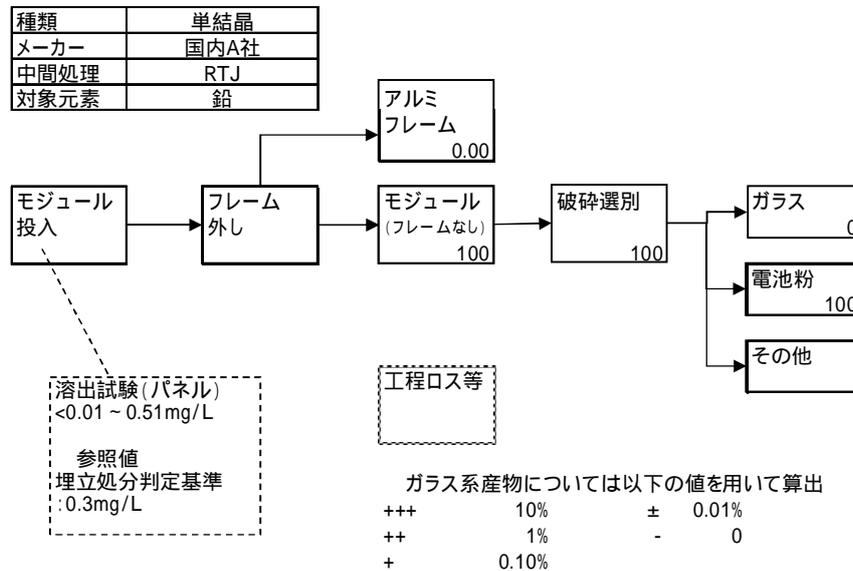


図 1-94 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛のマテリアルバランス(単結晶国内 A 社)

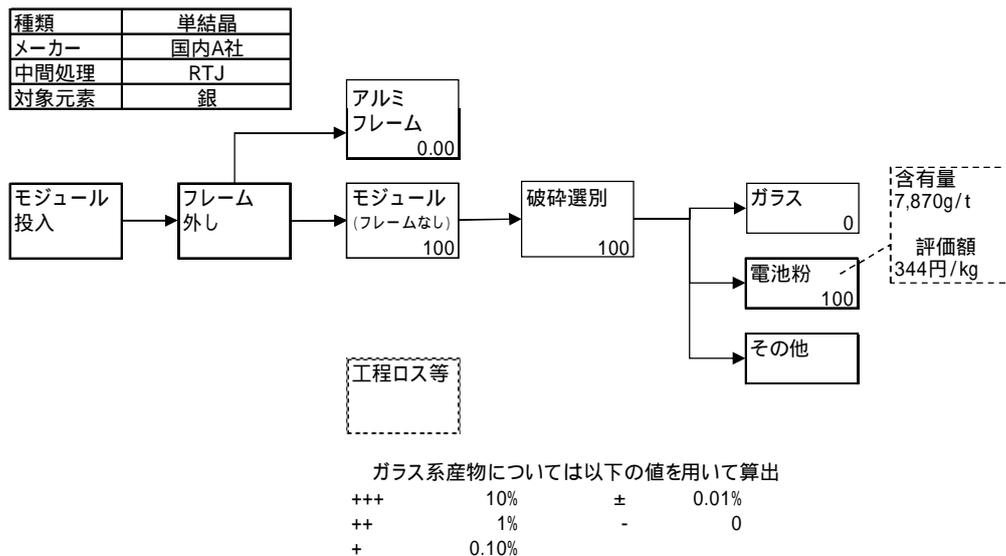


図 1-95 リサイクルテック・ジャパンにおける銀のマテリアルバランス(単結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 A 社)

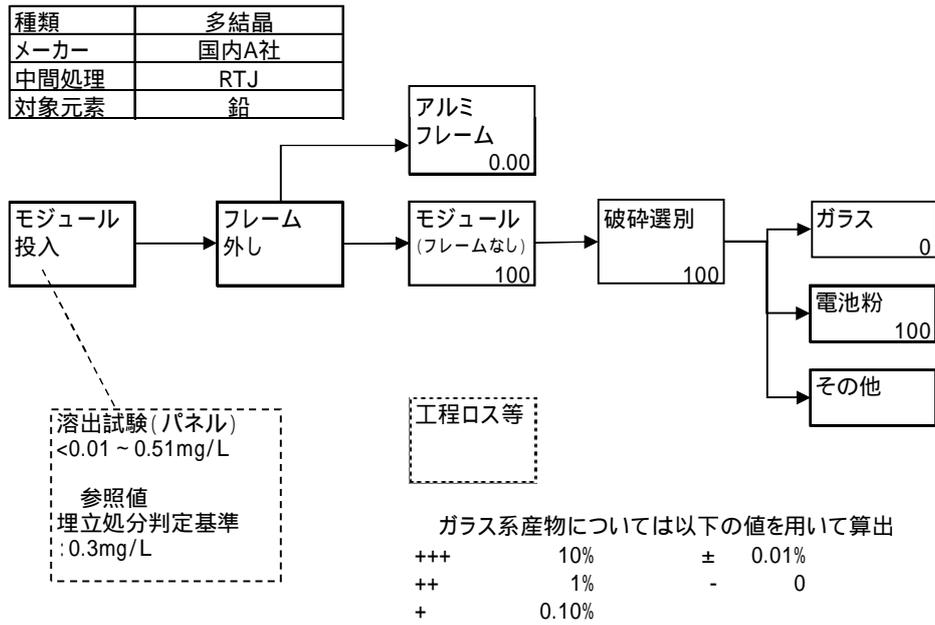


図 1-96 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス(多結晶国内 A 社)

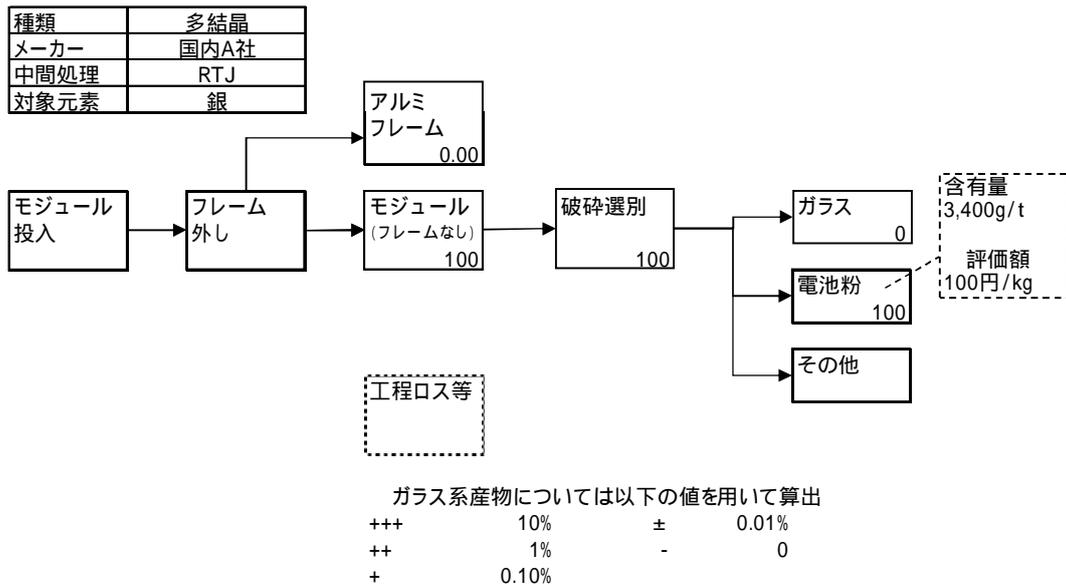


図 1-97 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス(多結晶国内 A 社)

ウ) 多結晶 (国内 B 社)

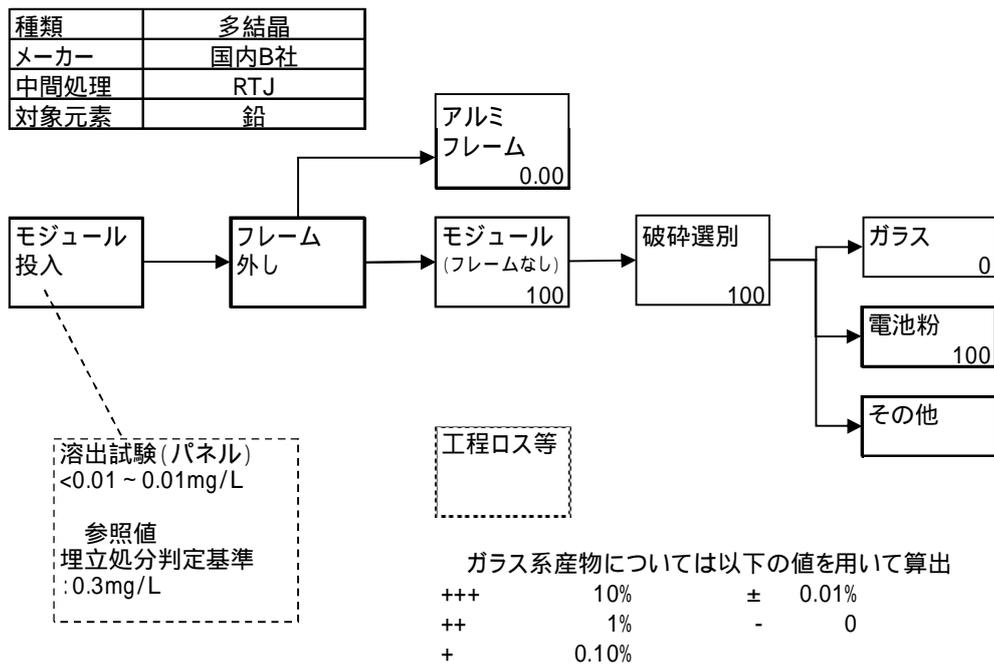


図 1-98 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス(多結晶国内 B 社)

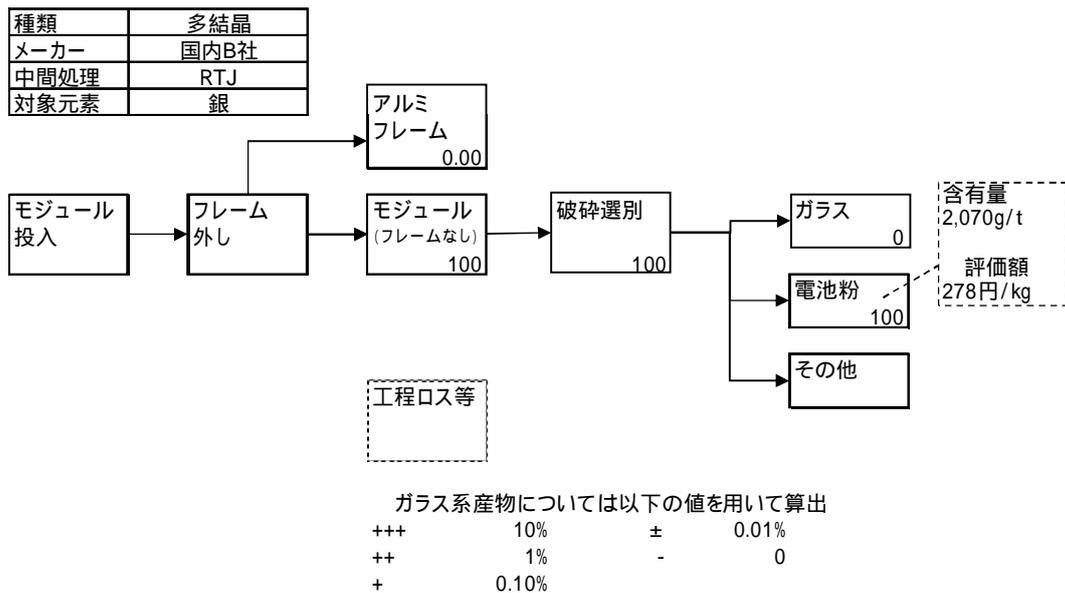


図 1-99 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス(多結晶国内 B 社)

エ) 多結晶 (海外C社)

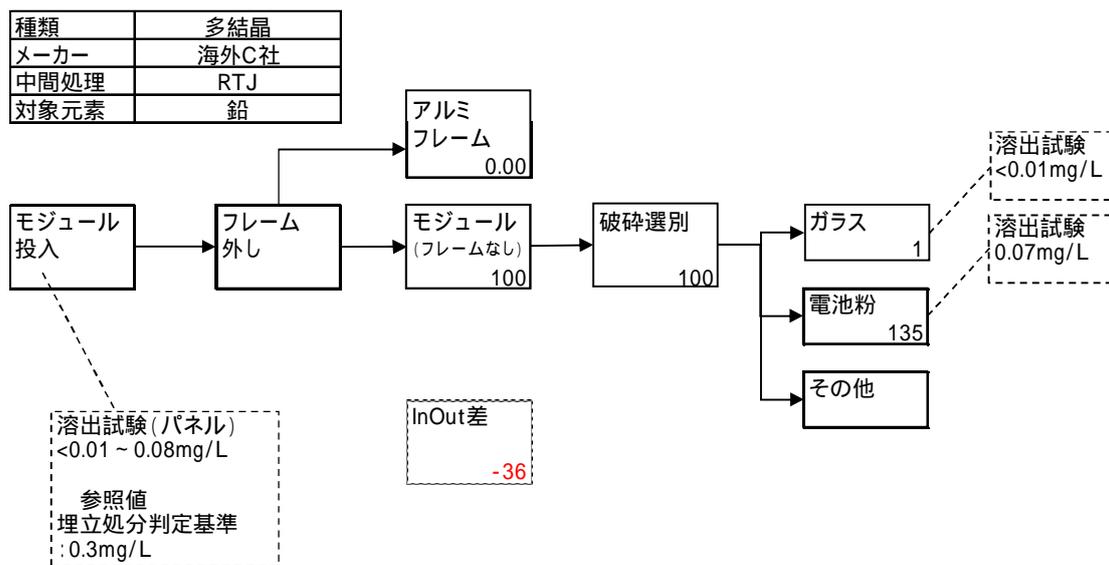


図 1-100 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス (多結晶海外C社)

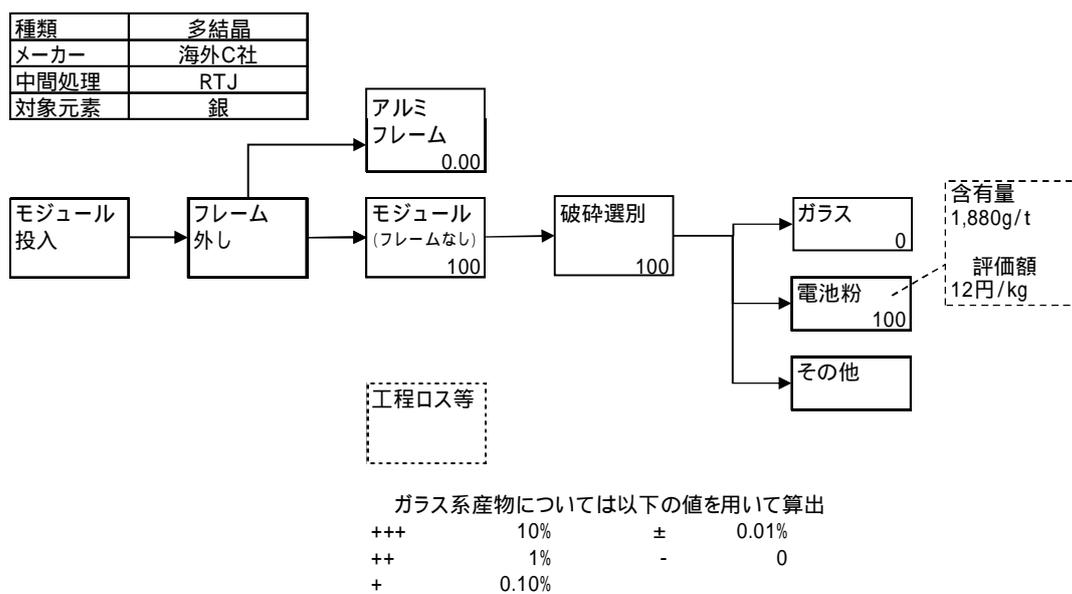


図 1-101 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス (多結晶海外C社)

オ) 単結晶多結晶混合 (国内 E 社)

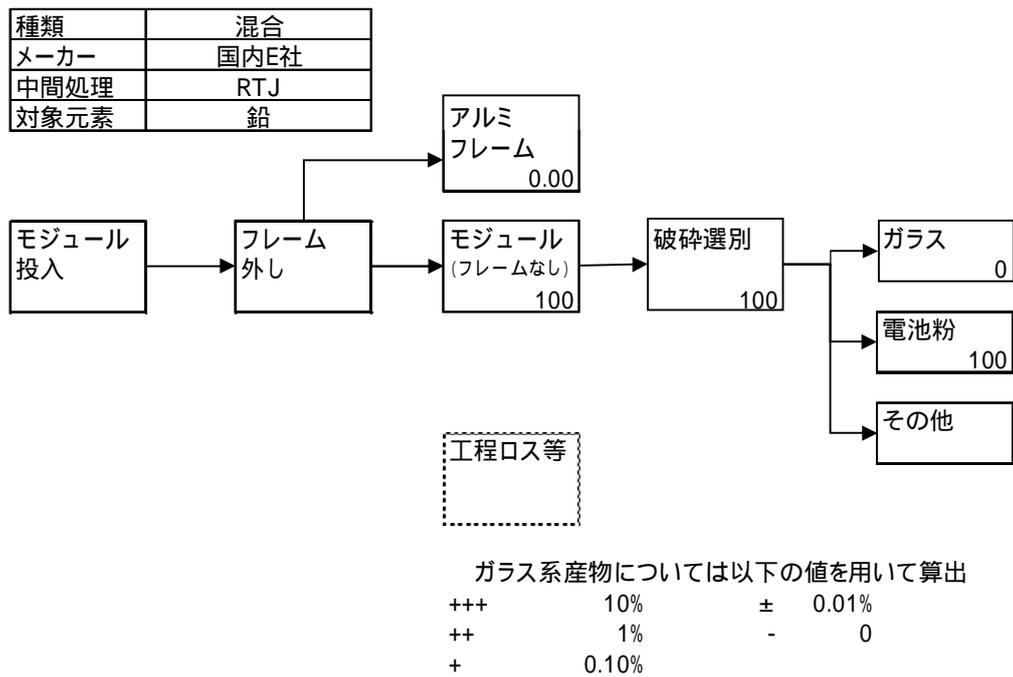


図 1-102 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス  
(単結晶多結晶混合国内 E 社)

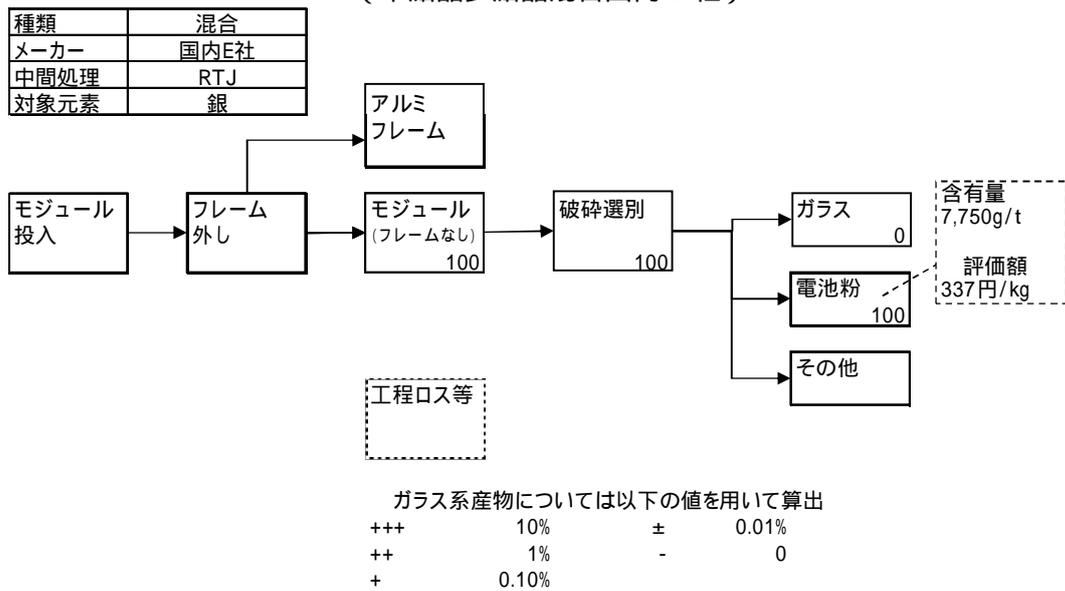


図 1-103 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス  
(単結晶多結晶混合国内 E 社)

カ) 薄膜 (国内 A 社)

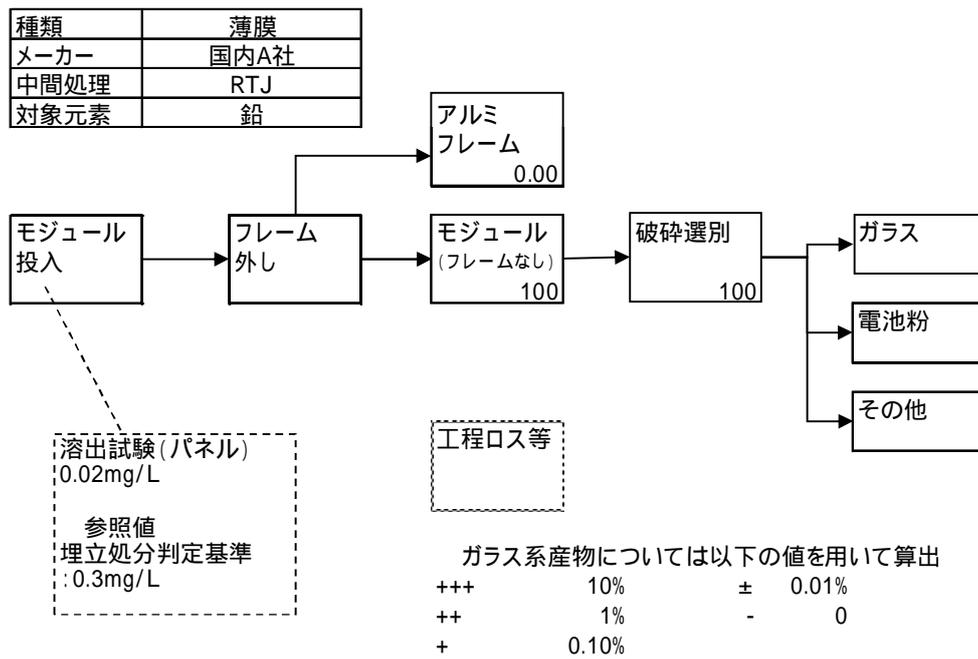


図 1-104 リサイクルテック・ジャパンにおける鉛の材料バランス (薄膜国内 A 社)

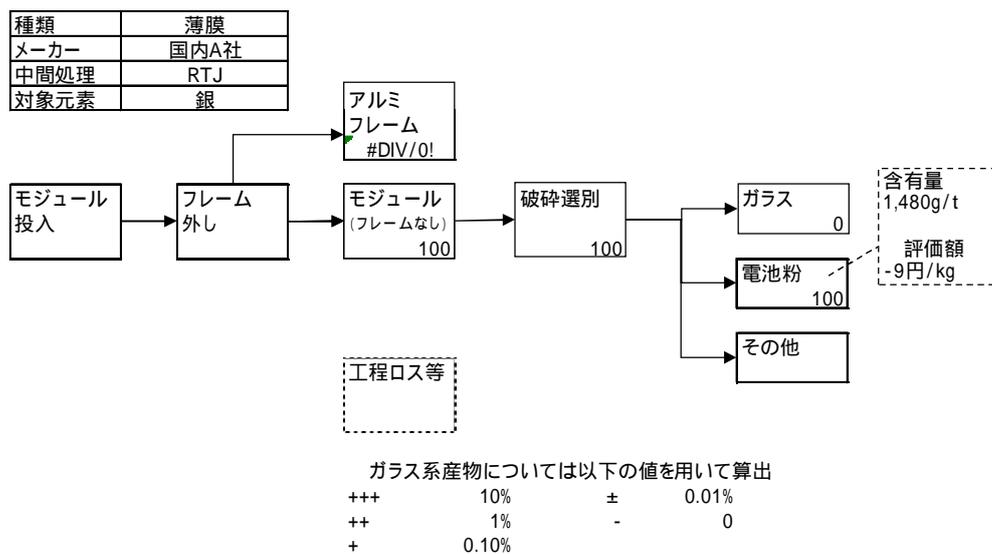


図 1-105 リサイクルテック・ジャパンにおける銀の材料バランス (薄膜国内 A 社)

b. ハリタ金属株式会社

ハリタ金属における中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性の観点から元素に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛については8mm オーバー、アンダーテイルに多く分配する傾向が見られた。

ア) 単結晶 (国内 A 社)

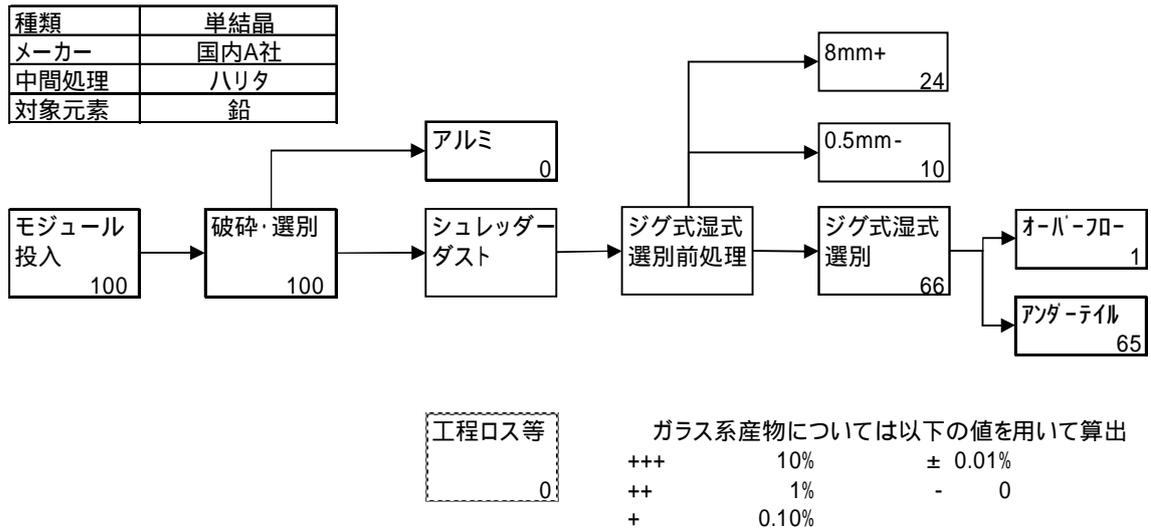


図 1-106 ハリタ金属における鉛のマテリアルバランス (単結晶国内 A 社)

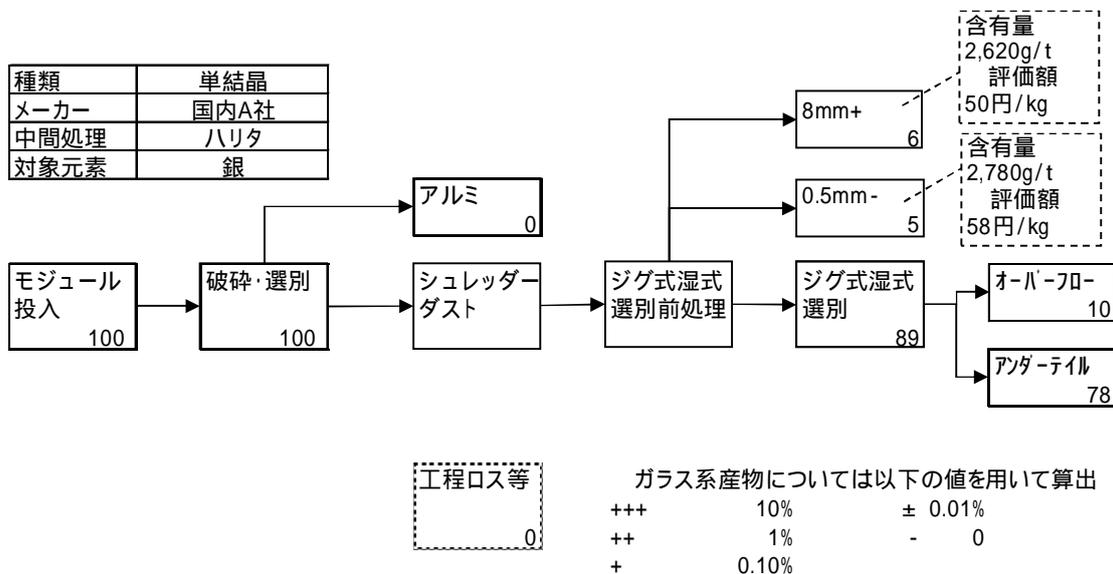


図 1-107 ハリタ金属における銀のマテリアルバランス (単結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 A 社)

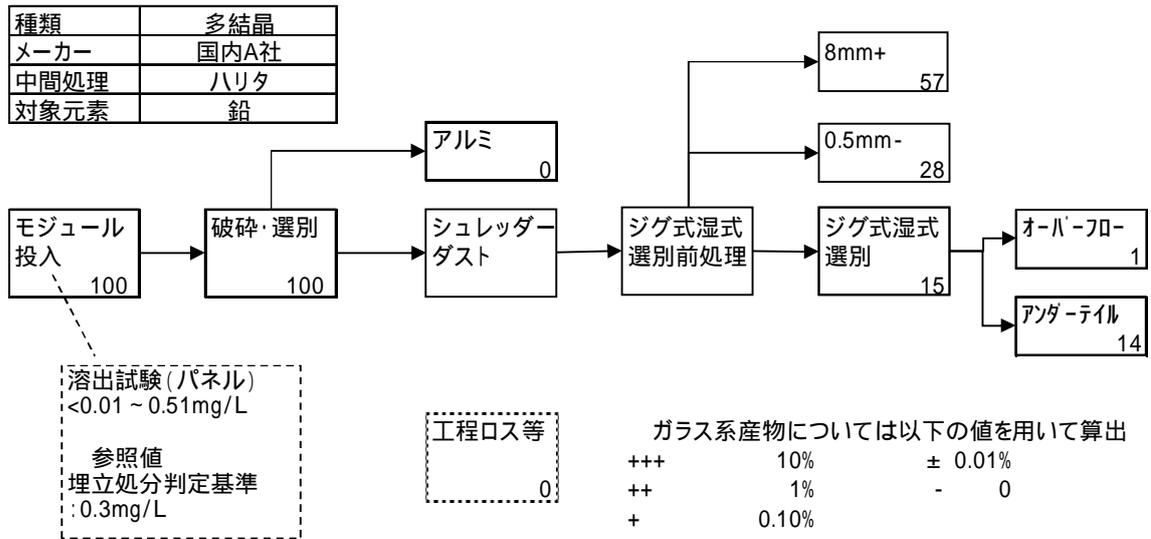


図 1-108 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶国内 A 社)

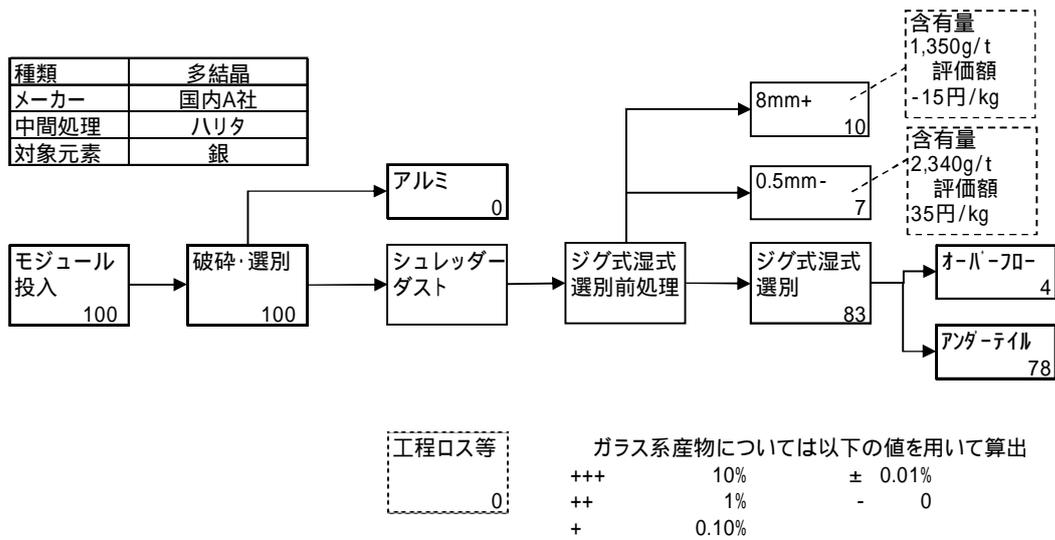


図 1-109 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶国内 A 社)

ウ) 多結晶 (国内 B 社)

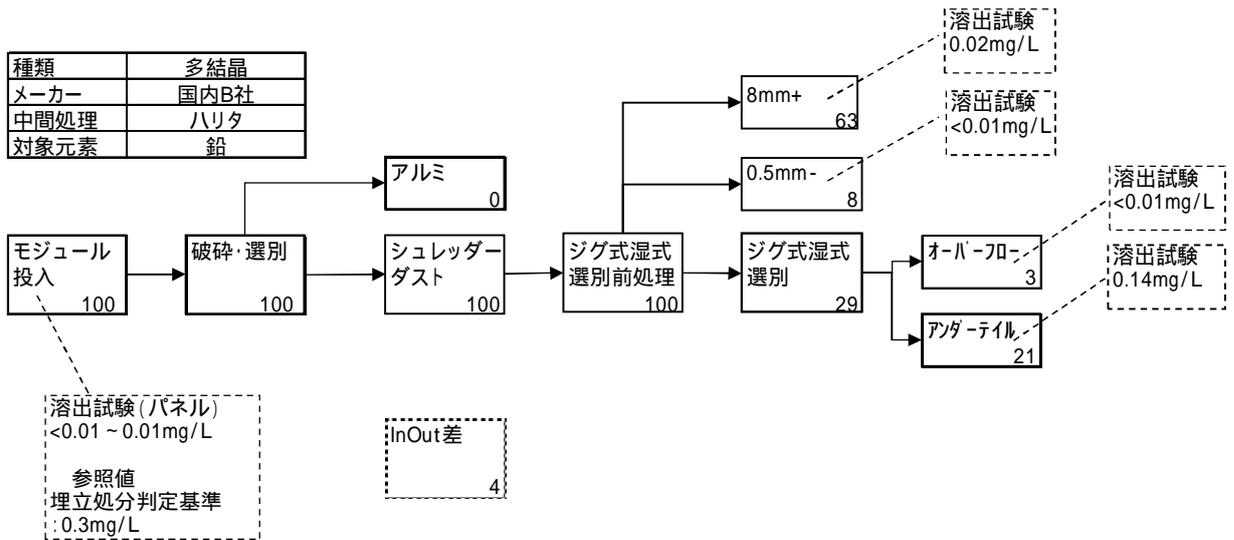


図 1-110 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶国内 B 社)

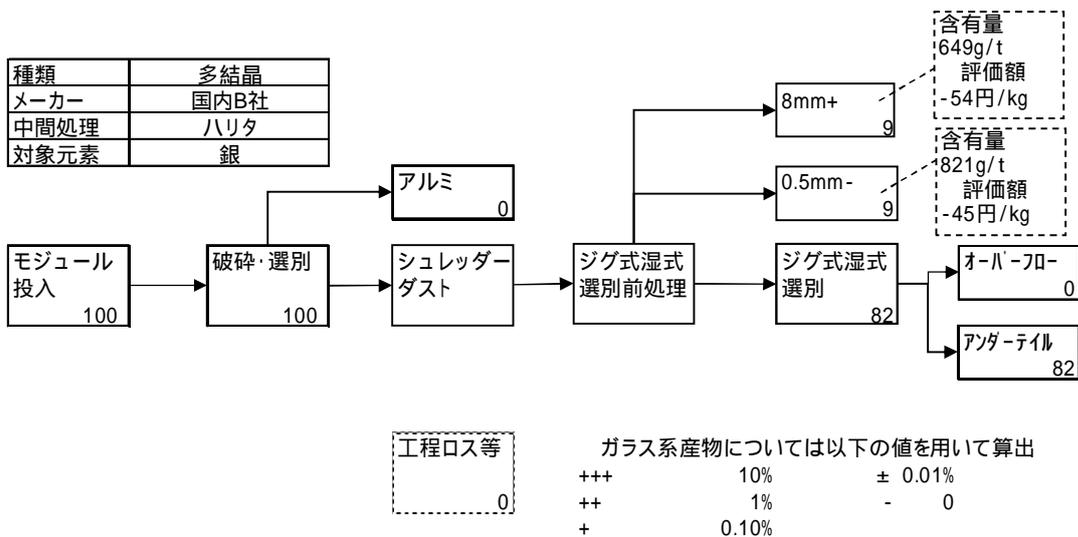


図 1-111 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶国内 B 社)

次に、有害性の観点から元素に着目した材料バランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛については先述した多結晶国内 B 社と同様に、8mm オーバー、アンダーテイルに多く分配する傾向が見られた。

工) 多結晶 (海外C社)

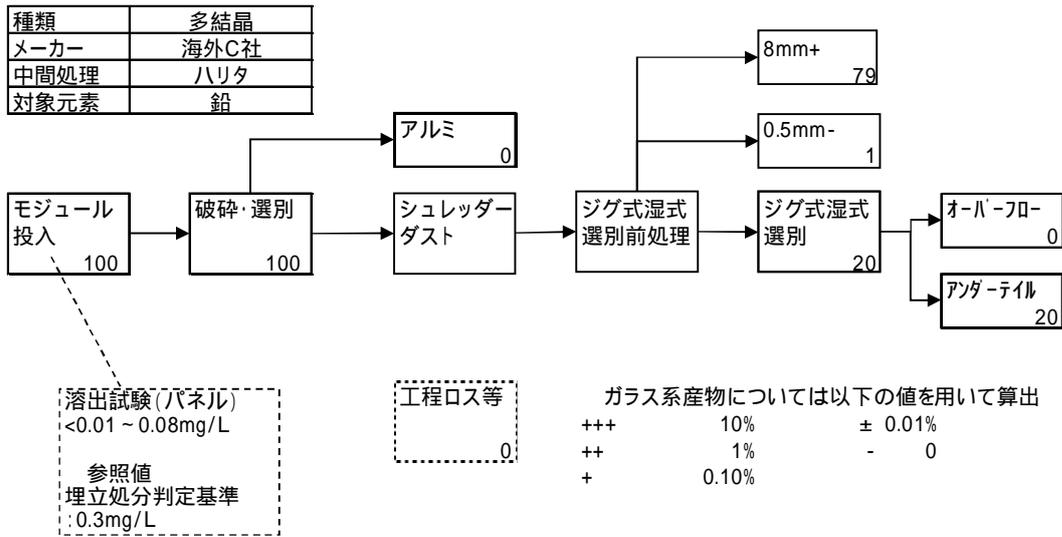


図 1-112 ハリタ金属における鉛の材料バランス (多結晶海外C社)

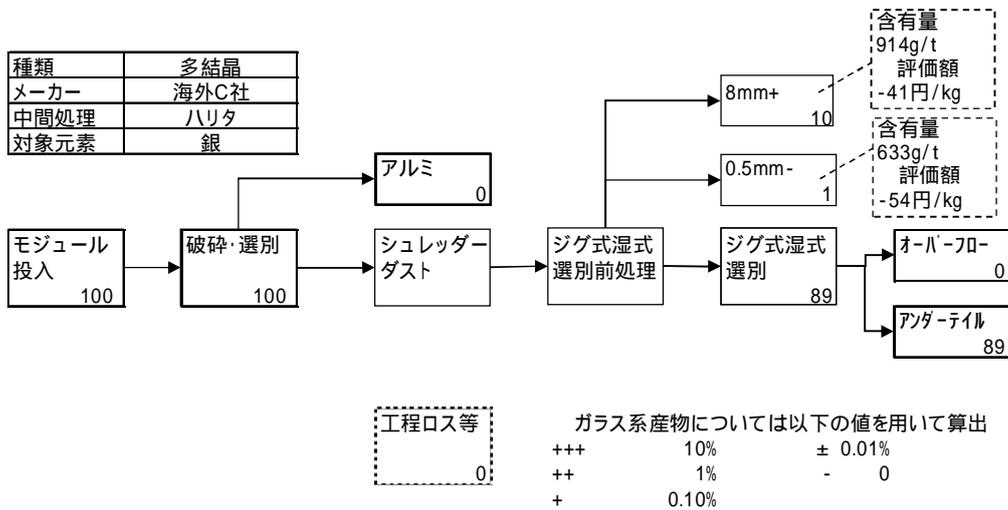


図 1-113 ハリタ金属における銀の材料バランス (多結晶海外C社)

オ) 薄膜 (国内 A 社 : 両面ガラス)

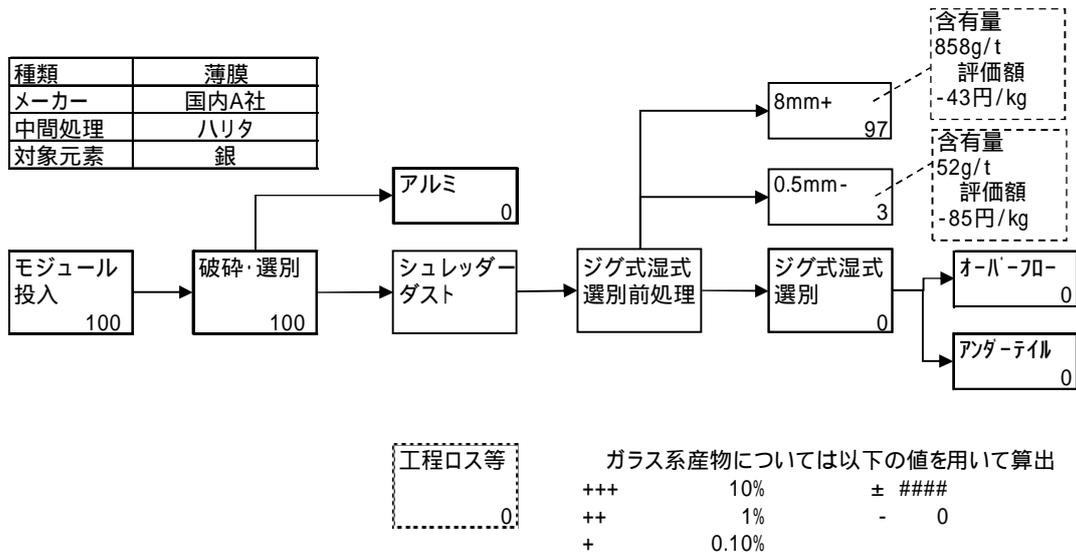


図 1-114 ハリタ金属における銀のマテリアルバランス (薄膜国内 A 社 : 両面ガラス)

c. 東芝環境ソリューション株式会社

東芝環境ソリューションにおける中間処理試験の実施結果に基づくマテリアルバランスの確認結果を以下に示す。

次に、有害性の観点から元素に着目したマテリアルバランスの確認を行った。結果は以下のとおりであり、鉛についてはほぼ全量が電池粉に分配する結果となった。

ア) 多結晶 (国内 A 社)

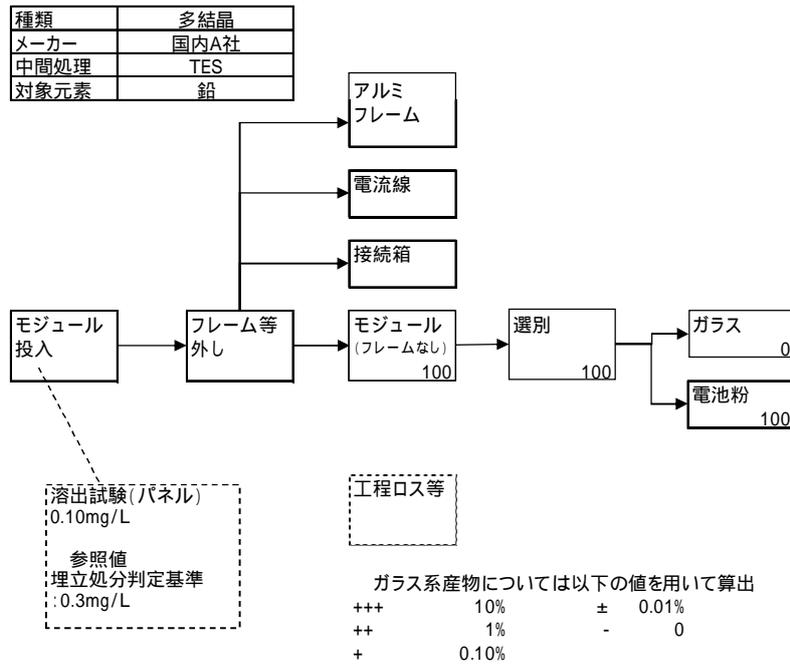


図 1-115 東芝環境ソリューションにおける鉛のマテリアルバランス (多結晶国内 A 社)

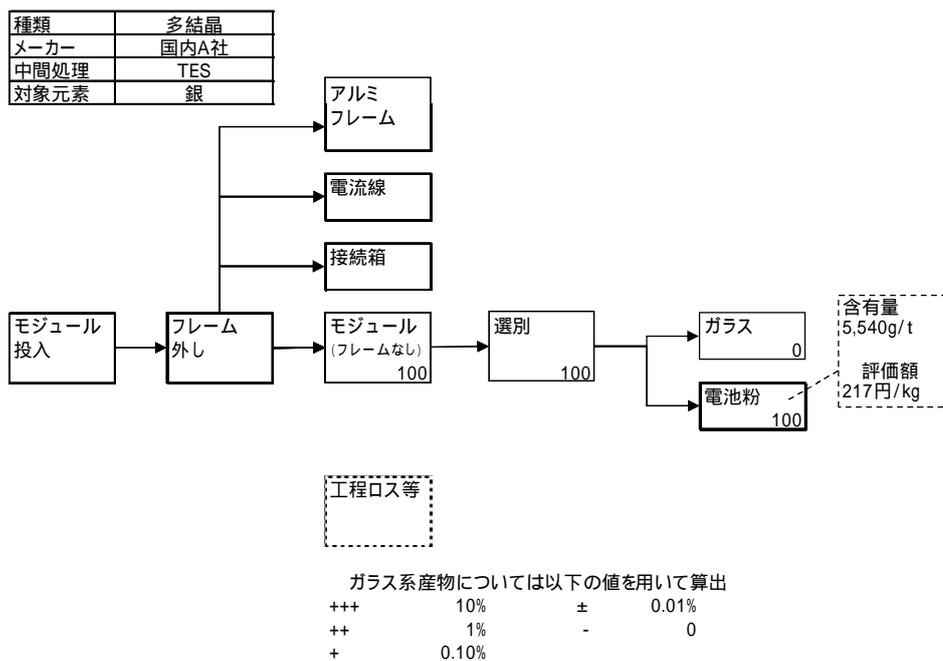


図 1-116 東芝環境ソリューションにおける銀のマテリアルバランス (多結晶国内 A 社)

イ) 多結晶 (国内 B 社)

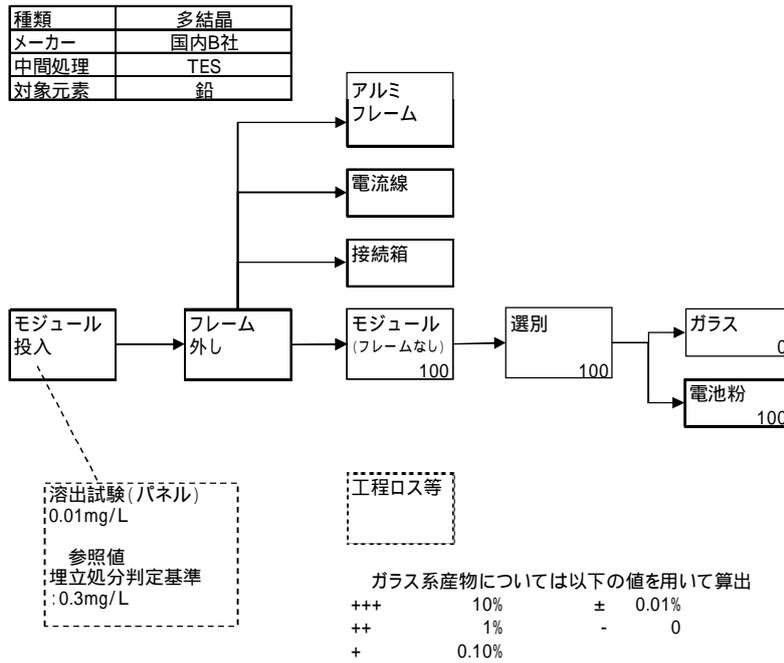


図 1-117 東芝環境ソリューションにおける鉛の材料バランス (多結晶国内 B 社)

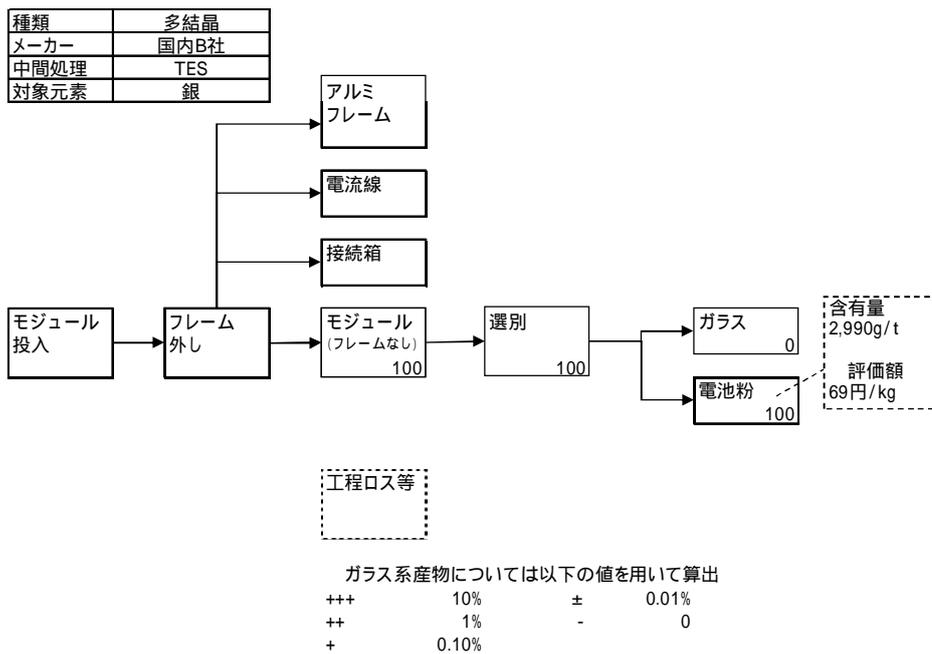


図 1-118 東芝環境ソリューションにおける銀の材料バランス (多結晶国内 B 社)

3) リサイクルプロセスにおける環境影響・資源性に関する考察

材料バランスの確認結果、中間処理 3 社・三井金属の技術調査結果を踏まえ、リサイクルプロセスにおける環境影響について考察した結果は以下のとおりである。

- 中間処理工程におけるインプットとアウトプットのバランスを見ると概ねバランスしているが、一部のバッチではインプットとアウトプットの差が一定程度生じている

ケースもあり、工程内での取扱いについて確認が必要である。

- 中間処理工程において、鉛は電池粉等の金属回収を目的とした産物に分配される傾向が見られた。ただし、各社における中間処理プロセスは開発途上のものであり、産物への分配にもばらつきが見られる。
- 本モデル事業では、電池粉等の金属回収目的の産物については、非鉄製錬プロセスを用いた金属回収工程に投入することを検討した。具体的には、鉛製錬を中心とした非鉄製錬プロセスへ投入され、鉛は溶鉱炉 鉛電解工程を経て電気鉛として回収される。また、セレンについては、溶融キルンで産出されるメタルから銅を回収するプロセス（銅製錬プロセス）で生成する脱銅スライムから、セレンウム工程で回収される。このように有害性の懸念のある元素については非鉄製錬プロセスで回収・適正処理される。

### 1.3.2 費用対効果分析

#### (1) 前提条件

##### 1) 把握する費用・効果

費用対効果分析では、「関係者の利潤」と「最終処分場の延命」を対象に実施することとする。

表 1-76 把握する費用・効果

項目	内容
関係者の利潤 (売却益 - 費用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済太陽光発電設備に含まれる有用金属の売却益からリサイクルにかかる費用(太陽電池モジュールの撤去・運搬・処理をバウンダリ)を引いたもの。</li> <li>・撤去・運搬・処理に関する関係者の利潤の合計。</li> <li>・マイナスになる場合もある。</li> </ul>
最終処分場の延命	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済太陽光発電設備がリサイクルされることにより、最終処分量が減少し、最終処分場が延命化される。</li> </ul>

##### 2) 試算ケースの設定

様々なケースを想定して費用対効果分析を行うことにより、太陽光発電設備の適正な処理方法・体制について検討を進めることが可能となる。検討のポイントは、効率的な静脈物流の構築(現行の枠内では自区内処理が原則)、回収量の確保、有用資源の回収可能性等が想定される。これらのポイントを意識しながら以下の通り試算におけるケース分けの設定を行った。なお、2030年頃の状況を想定して試算を実施することとする。

<ケース分けの項目>

排出見込量	10,000 t(寿命 30 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定) 50,000 t(寿命 25 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定 推計結果は約 30,000t であるが安全側を考慮し過大に設定) 100,000 t(寿命 20 年と考えた場合の 2030 年頃の排出見込み量を想定して設定 推計結果は約 60,000t であるが安全側を考慮し過大に設定)
回収 中間処理	近隣の産廃業者に持ち込み、破碎後、埋立処分 一次集積所(SY)に持ち込み、まとめてから専用の中間処理施設へ。 専用の中間処理施設では有用金属・ガラスのリサイクルを実施(回収システム及び技術開発をイメージ)

上記の組み合わせにより、以下の 5 ケースを設定した。

- ・ケース 1：破碎後、全量埋め立てを仮定し、少量の排出量の場合を試算
- ・ケース 2：破碎後、全量埋め立てを仮定し、多量の排出量の場合を試算
- ・ケース 3：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、少量の排出量の場合を試算
- ・ケース 4：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、中間的な排出量の場合を試算
- ・ケース 5：技術開発の進展・リサイクルシステムの整備を想定し、多量の排出量の場合を試算

表 1-77 試算対象としたケース

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
排出見込量	10,000 t	100,000 t	10,000 t	50,000 t	100,000 t
回収 中間処理	埋立	埋立	SY・技術開発	SY・技術開発	SY・技術開発

### 3) 対象品目・素材構成

検討を単純化するために対象品目は太陽電池モジュールのみとした。また、太陽電池モジュールの素材構成は、昨年度調査結果を踏まえ、太陽電池モジュールの種類ごとに代表的なデータを採用し、表 1-78 の通り設定した。今回は全て多結晶と仮定して分析を実施した。

表 1-78 太陽電池モジュールの素材構成設定値 (kg / 枚)

	元素	単結晶	割合	多結晶	割合
フレーム	Al	2.10E+00	14%	2.60E+00	15%
フロントカバーガラス	Pb	8.22E-04	0.006%	1.26E-02	0.075%
電極	Cd	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
EVA	As	6.62E-05	0.000%	3.03E-05	0.000%
Si結晶	Se	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
バックシート	T-Hg	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Cr6+	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Sb	1.20E-02	0.082%	2.02E-02	0.120%
	Te	1.14E-05	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Cu	4.22E-01	2.890%	1.66E-01	0.989%
	Zn	2.47E-04	0.002%	2.23E-03	0.013%
	Sn	5.77E-03	0.040%	1.79E-02	0.107%
	Mo	3.80E-06	0.000%	7.20E-06	0.000%
	In	1.71E-05	0.000%	0.00E+00	0.000%
	Ga	7.60E-06	0.000%	7.20E-06	0.000%
	Ag	3.79E-04	0.003%	7.18E-03	0.043%
	ガラス等	1.18E+01	81%	1.36E+01	81%
端子ボックス	Cu等	3.00E-01	2%	4.00E-01	2%
合計		1.46E+01	100%	1.68E+01	100%

	元素	薄膜系	割合
フレーム	Al	0.00E+00	0%
ガラス	Pb	6.17E-05	0.000%
EVA	Cd	0.00E+00	0.000%
Si結晶	As	0.00E+00	0.000%
バックシート	Se	0.00E+00	0.000%
	T-Hg	0.00E+00	0.000%
	Cr6+	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%
	Sb	0.00E+00	0.000%
	Te	0.00E+00	0.000%
	Cu	6.78E-04	0.002%
	Zn	2.10E-02	0.068%
	Sn	8.02E-03	0.026%
	Mo	9.25E-05	0.000%
	In	0.00E+00	0.000%
	Ga	3.08E-05	0.000%
	Ag	1.45E-03	0.005%
	ガラス等	3.09E+01	100%
端子ボックス	Cu等	1.13E-01	0.365%
合計		3.09E+01	100%

	元素	化合物系	割合
フレーム	Al	2.20E+00	11%
電極	Pb	1.70E-04	0.001%
フロントカバーガラス	Cd	8.48E-05	0.000%
EVA	As	3.39E-05	0.000%
CIS/CIGS化合物	Se	5.60E-03	0.029%
基板ガラス	T-Hg	0.00E+00	0.000%
バックシート	Cr6+	0.00E+00	0.000%
	Be	0.00E+00	0.000%
	Sb	1.87E-02	0.096%
	Te	0.00E+00	0.000%
	Cu	8.43E-02	0.433%
	Zn	7.80E-03	0.040%
	Sn	1.88E-03	0.010%
	Mo	2.71E-03	0.014%
	In	1.65E-03	0.008%
	Ga	6.61E-04	0.003%
	Ag	3.40E-05	0.000%
	ガラス等	1.71E+01	88%
端子ボックス	Cu等	5.50E-02	0%
合計		1.95E+01	100%

(2) 費用対効果分析の実施

1) 関係者の利潤の算定

関係者の利潤の算定にあたっては、図 1-119 に示すように、「撤去」、「静脈物流」、「中間処理」、「金属等回収」に分けて、段階別に利潤を計算する。「静脈物流」では、静脈物流費用（物流企業の利潤込み）に加え、全体管理が必要となる場合も想定して全体管理費用を計上する。

「広域回収」とは自区内処理を原則とする現行の廃棄物処理法の規制が緩和され、市町村の枠を超えて回収する場合を想定する。

中間処理へは無償で引き渡すと仮定する（有償引取であれば撤去の利潤が増・中間処理の利潤が減、逆有償引取であれば撤去の利潤が減・中間処理の利潤が増となる）。

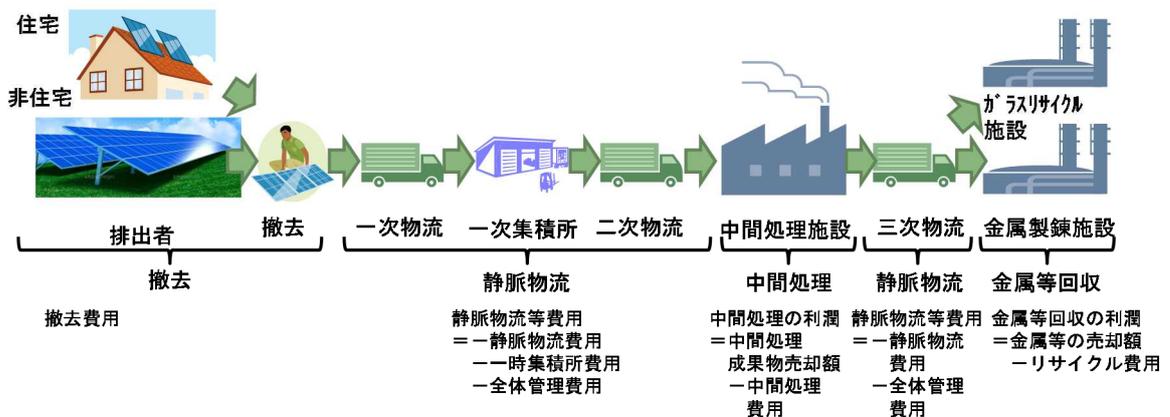


図 1-119 関係者の利潤の算定範囲

a. 撤去段階

ア) 撤去コスト

撤去コストは、太陽電池モジュールの設置形態によって変わることが想定されるため、推計にあたっては、表 1-79 に示す 2 パターンに分けて計算を行う。

これらのパターンの他に建物一体型の太陽電池モジュールが存在するが、今後導入が進む種別であること、具体的な廃棄実績が非常に少ないこと等から今回の試算の対象外とした。

なお、固定価格買取制度では、非住宅用について、システム価格の 5% に相当する廃棄費用を事業者が負担するものとして買取価格を計算している。

表 1-79 撤去コストの試算パターン

パターン		内容
屋根 置き		<ul style="list-style-type: none"> <li>一般家庭やオフィス等の屋根に太陽光発電を設置している場合。</li> <li>平置きに比べ、太陽電池モジュールを屋根から降ろす費用が追加的に必要。</li> <li>昨年度、建物解体業者に対してアンケートを行い把握した撤去コスト(住宅からの太陽光発電設備の撤去費用の平均：8.9万円)及び施工業者に対してアンケート調査を行い把握した撤去コスト(住宅からの太陽光発電設備の撤去費用の平均：18.9万円)から15万円と設定。</li> </ul>
平置 き		<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電を平置き設置している場合。メガソーラー等が典型例。</li> <li>屋根置きに比べ、太陽電池モジュールを屋根から降ろす費用がかからないためコストは安価と想定。</li> <li>太陽光発電設備のシステム価格を40万円/kW、その5%が撤去費用であると仮定して推計。</li> </ul>

< 計算方法 >

- 2030年時点の排出見込量を想定して屋根置き、平置きを7対3と仮定し、屋根置き、平置きそれぞれ設備あたりの重量を設定し、排出見込設備数を算出。
- 屋根置きは排出見込設備数に撤去費用を、平置きは排出見込設備容量に撤去費用を乗じることで推計。
  - 撤去コスト =  
排出見込屋根置き設備数 × 屋根置き撤去費用 + 排出見込平置き設備容量 × 平置き撤去費用

屋根置き	70
平置き	30
合計	100

屋根置き・平置きコスト

屋根置き	15万円/件
平置き	2万円/kW

4 kW/件 3.75 万円/kW  
システム価格を40万円/kW、その5%が撤去費用であると仮定

重量データ

1 MW	1000 kW	1 kW
100 t	100 t	0.1 t

回収量	t	10,000	50,000	100,000
	kW	100,000	500,000	1,000,000
屋根置き	kW	70,000	350,000	700,000
平置き	kW	30,000	150,000	300,000
屋根置き	件	17,500	87,500	175,000
平置き	件	-	-	-
屋根置き	万円	262,500	1,312,500	2,625,000
平置き	万円	60,000	300,000	600,000

b. 撤去段階の収益

撤去段階の収益は特に計上しない。

2) 静脈物流段階

a. 静脈物流コスト

ア) 埋立

図 1-120 に示す通り、回収した太陽電池モジュールを近隣の産廃業者に持ち込み、処理することを想定して静脈物流段階のコストを試算する。

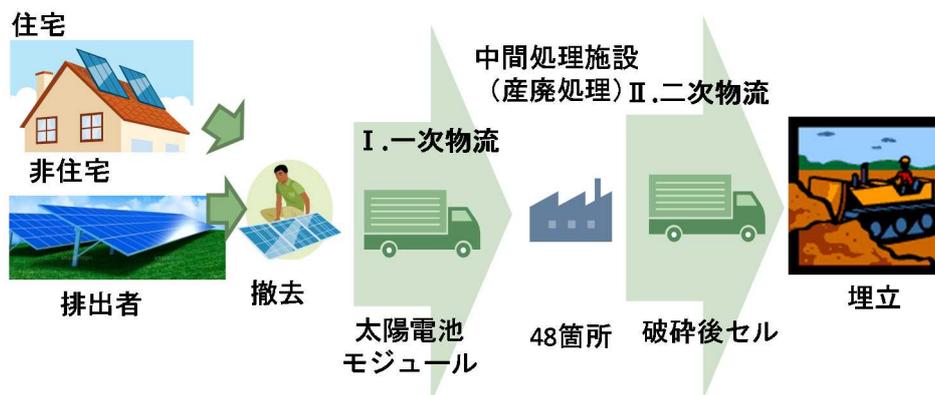


図 1-120 静脈物流における太陽電池モジュールの輸送の流れ (産廃)

< 計算方法 >

- ・ 屋根置き、平置きごとに排出見込設備重量を設定し、モデル事業及び過去の類似調査から設定した単価（一次物流単価：10 円/kg、二次物流単価：6.7 円/kg）を乗じる。
  - 静脈物流コスト = 一次物流コスト + 二次物流コスト

【一次物流】

単価	円/kg	10	モデル事業の運搬費用から設定	
----	------	----	----------------	--

回収量	t	10,000	50,000	100,000
一次物流費用	万円	10,000	50,000	100,000

【二次物流】

単価	円/kg	6.7	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定	
----	------	-----	----------------------	--

回収量	t	10,000	50,000	100,000
二次物流費用	万円	6,700	33,500	67,000

【合計】

回収量	t	10,000	50,000	100,000
合計	万円	16,700	83,500	167,000

イ) SY・技術開発

図 1-121 に示すとおり、全国から回収した太陽電池モジュールを 8 つの地域ブロック毎に 1 箇所の中間処理施設で処理することを想定して静脈物流段階のコストを試算する。なお、一次集積所（SY）の数は排出量を考慮しながら今後検討を行うこととする。

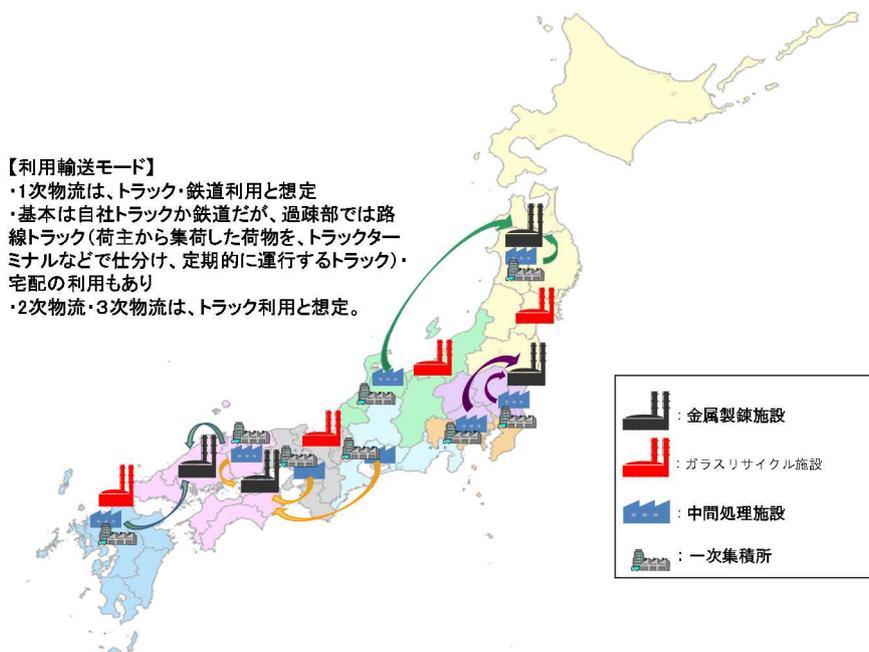


図 1-121 静脈物流におけるコスト試算の考え方（SY・技術開発）

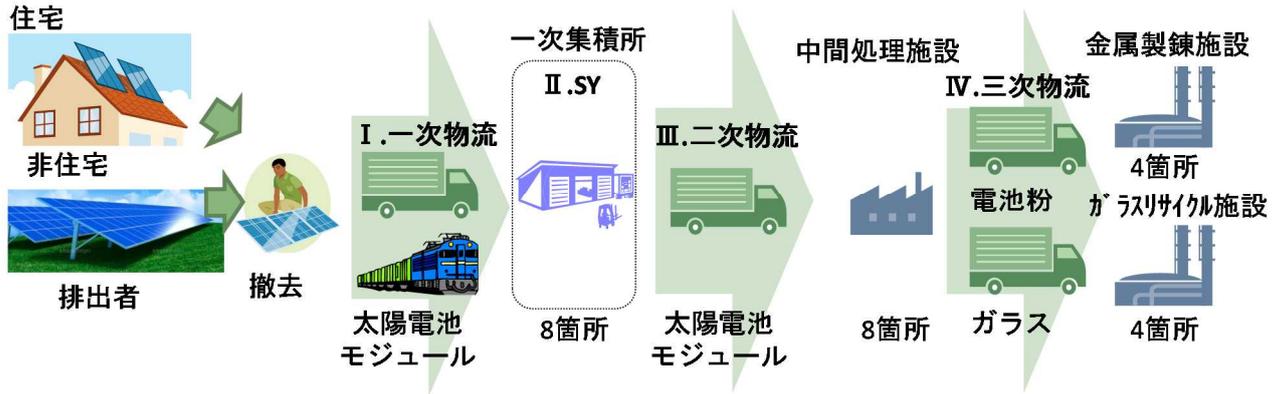


図 1-122 静脈物流における太陽電池モジュールの輸送の流れ（SY・技術開発）

< 計算方法 >

- ・ 屋根置き、平置きごとに排出見込設備重量を設定し、モデル事業及び過去の類似調査から設定した単価（一次物流 + SY 単価：10 円/kg、二次物流単価：6.7 円/kg、三次物流単価：5.6 円/kg）を乗じる。
  - 静脈物流コスト = 一次物流コスト + SY コスト + 二次物流コスト + 三次物流コスト

【一次物流～保管】

単価	円/kg	10	モデル事業の運搬費用から設定
----	------	----	----------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
一次物流費用	万円	10,000	50,000	100,000

【二次物流】

単価	円/kg	6.7	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定
----	------	-----	----------------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
二次物流費用	万円	6,700	33,500	67,000

【三次物流】

単価	円/kg	5.6	小型家電リサイクル法検討時の単価から設定
----	------	-----	----------------------

回収量	t	10,000	50,000	100,000
三次物流費用	万円	5,600	28,000	56,000

【合計】

回収量	t	10,000	50,000	100,000
合計	万円	22,300	111,500	223,000

3) 全体管理コスト（SY・技術開発のみ）

マニフェストに代表される現行の産業廃棄物の処理の流れに加えて、太陽電池モジュール

のリサイクルシステム全体の管理が必要となる場合があると想定して、その費用について、家電リサイクル法における管理コストを参考に試算する。試算の考え方及び試算結果は表 1-80 の通り。

表 1-80 リサイクルシステム全体の管理費用試算の考え方

		家電リサイクル 管理会社コスト	太陽電池モジュール 管理コスト	
管理件数		428	24	ヶ所
	指定引取場所／二次集積所	379	8	ヶ所
	リサイクルプラント／中間処理＋製錬	49	16	ヶ所

イニシャル	事務所・設備関連費	1,145,160	64,215	千円
	会社設立諸経費	292,880	16,423	千円
	合計	1,438,040	80,638	千円
ランニング	事務所・設備関連費	726,787	40,754	千円/年
	会社設立諸経費の減価償却費	58,576	3,285	千円/年
	管理業務・ユーティリティ関連	534,763	29,987	千円/年
	人件費	555,251	31,136	千円/年
	合計	1,875,377	105,161	千円/年

↑  
※産業構造審議会環境部会廃棄物・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中央環境  
審議会廃棄物・リサイクル部会家電リサイクル制度評価  
検討小委員会合同会合(第7回) 資料4-1、4-2

↑  
※家電リサイクル管理会社コストを  
参考に、管理件数で比例配分し  
て推計

#### 4) 中間処理段階

##### ア) 埋立

昨年度実施した廃棄物処理業者に対するアンケート調査結果(全国産業廃棄物連合会ホームページの「処理業者情報公開システム」に登録されている事業者のうち、「金属くず」「ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず」「がれき類」を取り扱う事業者を抽出(ただし、収集運搬のみを行う事業者は除く): 951 件に送付)によれば、全体の 5% (18 件) の事業者に太陽光発電システムの中間処理実績があり、うち 13 件は収集運搬の実績もある事業者であった。

そのうち太陽電池モジュールおよび架台に関しては半数の事業者が扱った実績があった。排出事業者としてはゼネコン・建設事業者、解体事業者がやや多かった。処理したシステムのうち、ガラスに関しては再資源化処理業者またはガラス再生業者に引き渡されるケース(6 件)と最終処分(埋め立て)されるケース(1 件)がある。また、金属に関しては、再資源化処理業者等に有価物として引き渡される等の再利用のケースがほとんどであった(9 件)。

以上より、太陽電池モジュールの処理方法として、アルミフレームについては取り外すことを想定した。なお、ガラスの処理については昨年度調査結果からは約 7 割が再利用で約 3 割が埋立であったが、環境負荷として厳しいケースを想定することとし、破碎後に埋め立てることを想定した。

イ) SY・技術開発

中間処理における金属の分配濃縮状況については、以下の2パターンにて推計する。

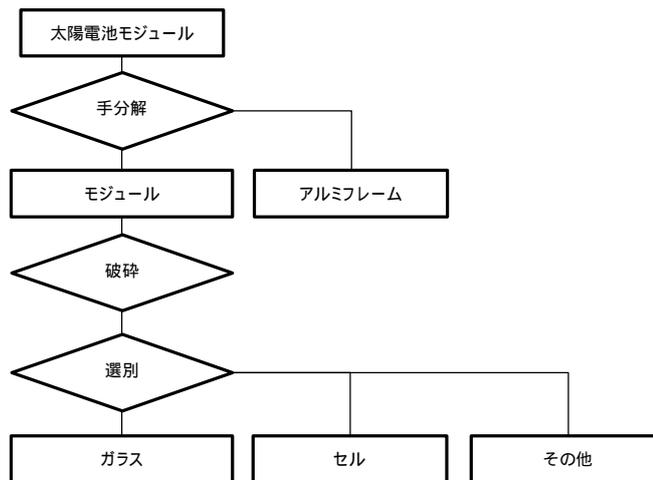
パターン1：モデル事業の実績値を用いて試算

パターン2：中間処理フローをモデル化して試算

パターン1：モデル事業の実績値を用いて試算

モデル事業から得られた図 1-123 のデータに基づき、中間処理における金属の分配濃縮状況を推計する。モデル事業は3事業者にて実施するため、3事業者から得られるデータを確認しながら複数パターンの分配の濃縮状況を設定する。

処理フロー(以下、例)



マテリアルバランス(kg)

		国内・単結晶	国内・多結晶	...
INPUT				
OUTPUT	アルミフレーム			
	ガラス			
	セル			
	その他			

写真  
写真  
写真  
写真

売却単価(円/kg)

		国内・単結晶	国内・多結晶	...
INPUT				
OUTPUT	アルミフレーム			
	ガラス			
	セル			
	その他			

作業コスト

作業	合計	処理量	処理単価
	円	kg	円/kg
仕分け			
手分解			
破碎			
選別			

図 1-123 モデル事業にて収集するデータ

パターン2：中間処理フローをモデル化して試算

有識者へのヒアリング等に基づき中間処理フローをモデル化した上で、中間処理を構成する各プロセスの「分離効率」を仮定し、算定を行った。選別工程における「分離効率」とは、以下の式で表すことができる。

主産物における着目成分の分配率 - 非着目成分の分配率

分離効率については、対象物の内容、粒度、着目成分、装置の種類、分離条件等により大きく変わりうるものであるため、ここでは、有識者へのヒアリング等に基づき、本来、装置や対象物、選別条件によって変わる分離効率を、便宜上、一定の数値に固定（手選別の分離効率 100%、セルの機械選別の分離効率 70%、その他の機械選別の分離効率 50%）した上、回収された産物中に含有する着目成分の品位を、実際の選別データに基づいて産物毎に定め、選別工程における物質収支をモデル化する。

手分解コスト等の中間処理コストは、モデル事業から得られるコストデータに基づき設定する。

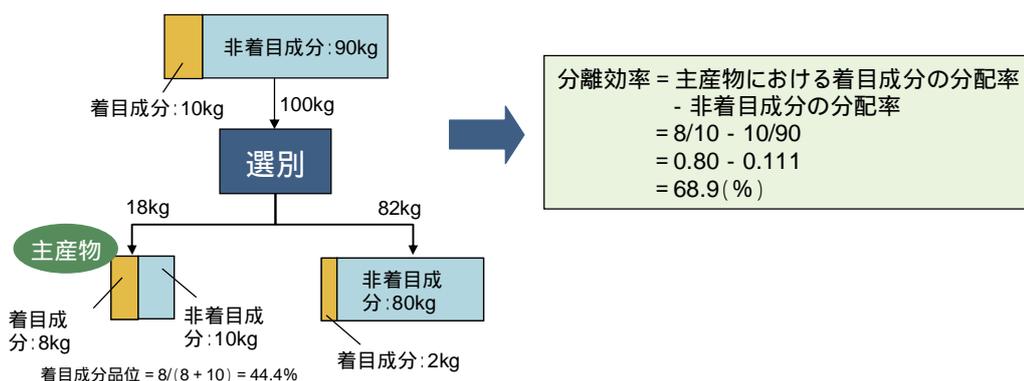
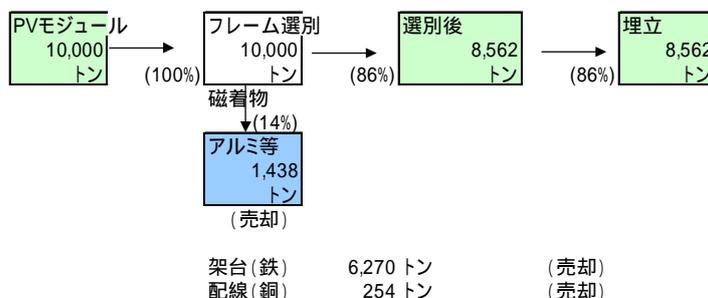


図 1-124 分離効率の考え方

【埋立】

- ・手選別でアルミフレームを分離（架台（鉄）、配線（銅）も売却）
- ・破碎後埋立

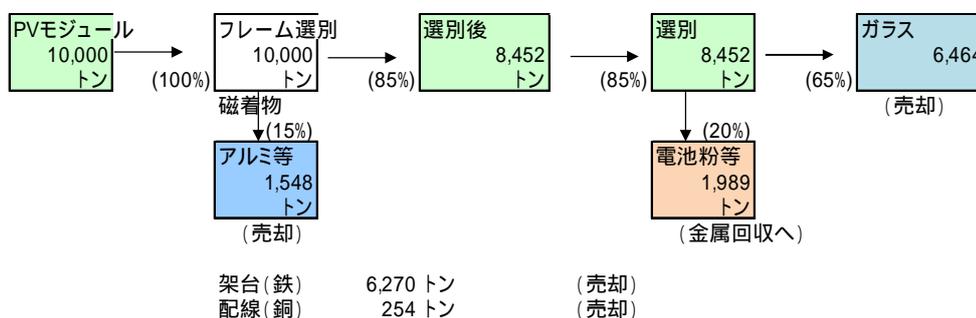


単位: 万円

		コスト			
		最小	最大		
費用	イニシャル	準備人件費	0	0	新規設備投資なし
		中間処理設備費	0	0	
		合計	0	0	
	ランニング	仕分け作業費			
		保管ヤード費用	6,787	71,271	
フレーム選別作業費		6,000	8,000		
	合計	12,787	79,271		
収益		アルミ等売却収入	9,589	9,589	
		ガラス売却収入	0	0	
		架台(鉄)売却収入	12,541	12,541	
		配線(銅)売却収入	15,625	15,625	
		合計	9,589	9,589	

【SY・技術開発】

- ・手選別でアルミフレームを分離（架台（鉄） 配線（銅）も売却）
- ・選別でガラスを分離（ガラスは 80%、その他は 0%）



単位：万円

		コスト			
		最小	最大		
費用	イニシャル	準備人件費	0	0	新規設備投資なし
		中間処理設備費	0	0	
		合計	0	0	
	ランニング	仕分け作業費			
		保管ヤード費用	7,000	72,929	
		フレーム選別作業費	7,000	8,000	
破碎・選別費		16,905	176,122		
	合計	30,905	257,051		
収益		アルミ等売却収入	10,317	10,317	
		ガラス売却収入	646	646	
		電池粉売却収入	13,789	13,789	
		架台(鉄)売却収入	12,541	12,541	
		配線(銅)売却収入	15,625	15,625	
		合計	52,918	52,918	

5) 金属等回収段階（SY・技術開発のみ）

SY・技術開発では、中間処理で得られた電池粉は製錬において金属回収することと設定した。製錬では銀のみを回収すると想定した。

非鉄製錬業者へのヒアリング調査等により、中間処理業者から非鉄製錬業者への電池子の売却収入を設定し、金属等回収段階の費用を設定した。なお、金属等回収のコストは把握できないため、費用に利益率（5.5%）を考慮して算定した。ガラスのリサイクルコストについても同様の設定をした。

(3) 最終処分場の延命効果算定

最終処分場の延命効果については、最終処分容量の削減量及び最終処分場残余容量に占める割合を試算することとした。

$$\text{最終処分容量の削減} = \text{太陽電池モジュール埋立回避量} \times \text{ガラスくず比重}$$

#### (4) 費用対効果分析結果

費用対効果分析結果は下表の通り、関係者の利潤について段階別の採算性評価を行うとともに、最終処分場の延命効果を整理した。撤去費用を除く運搬・処理に関しても全てのケースで費用が便益を上回る形となった。また、同一の排出見込量を処理するケースでは、リサイクルする方が、費用対効果が大きい結果となった。

また、アルミフレームの取り外し費用・売却収入を除いた費用対効果分析結果も併せて示す。アルミは有価で取引されるため、これを除くとアルミフレームを含むケースよりも採算性は低くなる。

表 1-81 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	103	1,032	675	3,373	6,747
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	103	1,032	529	2,646	5,292
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	3,532	35,320	4,000	19,580	39,055
	撤去	3,225	32,250	3,225	16,125	32,250
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	140	1,400	309	1,545	3,090
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
B-C	合計	-3,429	-34,288	-3,325	-16,207	-32,308
	撤去	-3,225	-32,250	-3,225	-16,125	-32,250
	一次物流～保管	-100	-1,000	-100	-500	-1,000
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670
	中間処理	-37	-368	220	1,101	2,201
	三次物流	-	-	-56	-280	-560
	金属等回収	-	-	8	38	76
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105
B/C	合計	0.029	0.029	0.169	0.172	0.173
	撤去	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.74	0.74	1.71	1.71	1.71
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
最終処分場の延命効果(m3)		1,896	18,959	12,250	61,252	122,504

注)量が多くなる場合のコスト単価低減は織り込んでない(以下同様)。

表 1-82 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果(撤去を除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000	
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル	
便益(百万円)	段階別収益	103	1,032	675	3,373	6,747	
	撤去	0	0	0	0	0	
	一次物流～保管	0	0	0	0	0	
	二次物流	0	0	0	0	0	
	中間処理	103	1,032	529	2,646	5,292	
	三次物流	0	0	0	0	0	
	金属等回収	0	0	145	727	1,455	
	管理・運営	0	0	0	0	0	
費用(百万円)	段階別費用	307	3,070	775	3,455	6,805	
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000	
	二次物流	67	670	67	335	670	
	中間処理	140	1,400	309	1,545	3,090	
	三次物流	-	-	56	280	560	
	金属等回収	-	-	138	689	1,379	
	管理・運営	-	-	105	105	105	
	合計	-204	-2,038	-100	-82	-58	
B-C	一次物流～保管	-100	-1,000	-100	-500	-1,000	
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670	
	中間処理	-37	-368	220	1,101	2,201	
	三次物流	-	-	-56	-280	-560	
	金属等回収	-	-	8	38	76	
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105	
	B/C	合計	0.336	0.336	0.870	0.976	0.991
		一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二次物流		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
中間処理		0.74	0.74	1.71	1.71	1.71	
三次物流		-	-	0.00	0.00	0.00	
金属等回収		-	-	1.06	1.06	1.06	
管理・運営		-	-	0.00	0.00	0.00	
最終処分場の延命効果(m3)		0	0	12,250	61,252	122,504	

表 1-83 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果  
(アルミフレームの取り外し費用・売却収入除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	0	0	571	2,857	5,715
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	0	0	426	2,130	4,260
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	3,462	34,620	3,930	19,230	38,355
	撤去	3,225	32,250	3,225	16,125	32,250
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	70	700	239	1,195	2,390
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
B-C	撤去	-3,462	-34,620	-3,359	-16,372	-32,640
	一次物流～保管	-3,225	-32,250	-3,225	-16,125	-32,250
	二次物流	-100	-1,000	-100	-500	-1,000
	二次物流	-67	-670	-67	-335	-670
	中間処理	-70	-700	187	935	1,870
	三次物流	-	-	-56	-280	-560
	金属等回収	-	-	8	38	76
	管理・運営	-	-	-105	-105	-105
B/C	撤去	0.000	0.000	0.145	0.149	0.149
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.00	0.00	1.78	1.78	1.78
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
	最終処分場の延命効果(m3)	1,896	18,959	12,250	61,252	122,504

表 1-84 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する費用対効果分析結果  
(アルミフレームの取り外し費用・売却収入除く：撤去を除く)

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
排出見込量(t)		10,000	100,000	10,000	50,000	100,000
回収 中間処理		埋立	埋立	リサイクル	リサイクル	リサイクル
便益(百万円)	段階別収益	0	0	571	2,857	5,715
	撤去	0	0	0	0	0
	一次物流～保管	0	0	0	0	0
	二次物流	0	0	0	0	0
	中間処理	0	0	426	2,130	4,260
	三次物流	0	0	0	0	0
	金属等回収	0	0	145	727	1,455
	管理・運営	0	0	0	0	0
費用(百万円)	段階別費用	237	2,370	705	3,105	6,105
	一次物流～保管	100	1,000	100	500	1,000
	二次物流	67	670	67	335	670
	中間処理	70	700	239	1,195	2,390
	三次物流	-	-	56	280	560
	金属等回収	-	-	138	689	1,379
	管理・運営	-	-	105	105	105
	B-C	合計	-237	-2,370	-134	-247
一次物流～保管		-100	-1,000	-100	-500	-1,000
二次物流		-67	-670	-67	-335	-670
中間処理		-70	-700	187	935	1,870
三次物流		-	-	-56	-280	-560
金属等回収		-	-	8	38	76
管理・運営		-	-	-105	-105	-105
B/C		合計	0.000	0.000	0.810	0.920
	一次物流～保管	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	二次物流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中間処理	0.00	0.00	1.78	1.78	1.78
	三次物流	-	-	0.00	0.00	0.00
	金属等回収	-	-	1.06	1.06	1.06
	管理・運営	-	-	0.00	0.00	0.00
	最終処分場の延命効果(m3)	0	0	12,250	61,252	122,504

## 1.4 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する制度面からの検討

### 1.4.1 現行制度における課題の整理

#### (1) 日本の関連法制度

リサイクルをはじめとする適正処理を推進するに当たって、現状における我が国の制度面（廃棄物処理法や建設リサイクル法等）の課題について抽出・整理した。

##### 1) 廃棄物処理法

日本では、使用済太陽光モジュールの適正処理・リサイクルに関する法律として、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が挙げられる。

使用済太陽光モジュールは、不良品・ロス品の発生状況や取外し主体によって、一般廃棄物か産業廃棄物かのどちらかに分類される。ただし、下記の整理は現在の取扱実態について聞き取った結果を取りまとめたものであり、実際の太陽光発電設備の取扱いについては、自治体等に確認を行い、廃棄物処理法を順守して進めることが重要である。

表 1-85 廃棄物処理法における使用済太陽光モジュールの取扱い

取扱者	発生状況	取扱実態
太陽光発電設備メーカー	生産工程で発生する不良品・ロス品	発生した時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる。
	施工時又は施工後に製品不良等でメーカーに返送される不良品	返送された時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる(ユーザー・施工業者からメーカーに返送される過程ではまだ廃棄物ではない)
(建物の)解体業者(解体工事が数次の請負によって行われる場合にあつては、元請業者)	住宅及びメガソーラー等の非住宅用設備解体時に取り外した使用済み品	建物解体時に解体業者の産業廃棄物となる。
太陽光発電設備施工業者	施工時又は施工後に製品不良等でメーカーに返送する不良品	返送された時点で、太陽光発電設備メーカーの産業廃棄物となる(ユーザー・施工業者からメーカーに返送される過程ではまだ廃棄物ではない)
	施工不良等で発生する不良品や修理交換品を施工業者が処分する場合	施工業者が取り外した時点で、施工業者の産業廃棄物となる。
	新製品への交換に伴う設備撤去	
	新製品への交換を伴わない設備撤去時の取外し	
住宅用太陽光発電設備ユーザー	ユーザーが自ら取外し	一般廃棄物となる。

## 2) 建設リサイクル法

建設リサイクル法は、特定の建築資材について、再生資源としての十分な利用及び廃棄物の減量等を通じて、資源の有効な利用の確保及び廃棄物の適正な処理を図り、生活環境の保全等に寄与することを目的としている。同法では床面積の合計が 80m<sup>2</sup> 以上の建築物の解体工事や、500m<sup>2</sup> 以上の建築物の新築・増築工事等の一定規模以上の建設工事を対象とし、建築物その他の工作物に使用されている建設資材に係る分別解体等及び建設資材廃棄物の再資源化等を義務付けている。

80m<sup>2</sup> 以上の住宅を解体する場合、分別解体を行い、木材、コンクリート等の建設資材を再資源化する必要があるが、太陽光パネルについては同法で定める建設資材(土木建築に関する工事に使用する資材)に該当しないことから、他の住宅設備と同様に取り扱われることとなる。

そのため、建設資材以外の廃棄物については、建設リサイクル法において、特段の義務は設けられていないが、建設リサイクル法の基本方針においては、再資源化等が可能なものについてはできる限り分別解体等を実施すること、分別解体過程において有害物質等の発生抑制を行うこと、大気中への拡散又は飛散を防止するよう努めることが求められている。

建築物を解体する際に発生する板ガラスは、異物の混入が避けられないため、最終的にほとんどが混合廃棄物として処分されている。



出所) 国土交通省 ウェブサイト

図 1-125 建築副産物

「木造建築物の分別解体の手引き（建設副産物リサイクル広報推進会議、2008年）では、分別解体作業の実施に関する一般的な作業の流れが示されている。この中で、屋上設置物撤去に関して、以下のとおり記載されている。

### 屋上設置物の撤去・搬出

屋上設置物等は、解体工法にかかわらず手作業で撤去しなければなりません。

- ・ 屋根面に、太陽熱や太陽光を利用した機器類やアンテナ等が設置されている場合は、屋根ふき材の撤去に先立ち撤去します。
- ・ このような機器類には、鉛等の重金属を使用している場合もあるので、撤去や搬出には十分な注意を要します。

また、同手引きでは、解体工事の事前調査における実施事項として残存物品の有無の確認を実施することとされている（太陽光発電設備やソーラーシステム等についての言及はな

い)。主な残余物品には、特定家電、その他の家電製品、家具等が含まれる。

(6)残存物品の有無の確認

対象建築物に残存する、家電リサイクル法で定められた特定家電製品であるエアコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機や家具、その他の家電品等の有無を確認します。

なお、これらの残存物品は、発注者（所有者）により処分されなければなりません。

(2) 欧州関連制度の最新動向

課題の整理にあたっては、欧州 WEEE 指令の制定過程における検討に着目し、制度化に際してどのような検討・評価が行われたのかについて、我が国におけるリサイクルの在り方を考える上での参考情報として、把握した。また、欧州 WEEE 指令を受けた各国における関連制度・リサイクルスキームへの対応状況について、最新動向に関する調査を行った。

以下は、欧州調査の概要である。

< 日程・訪問国 >

- 日程：2014年11月19日（月）～11月25日（火）
- 訪問国：ベルギー（ブリュッセル）、英国（ロンドン）、フランス（パリ）

< 訪問先 >

訪問先	組織概要/訪問主旨
欧州委員会環境総局	改正 WEEE 指令の施行に伴い、各国の国内法化動向、及び顕在化している課題等について聴取。
PV CYCLE	各国で太陽光発電設備のリサイクル事業を手掛けている PV CYCLE が、各国の国内法化動向に合わせてどのような取組みを現在しているか聴取。その他、昨年調査を踏まえつつ、PV CYCLE の事業について詳細確認。
英国ビジネス・イノベーション・職業技能省（BIS）	英国の WEEE 国内法の内容、施行状況について聴取。
英国 Solar Century 社	英国で太陽光発電設備の EPC のコントラクター、及びパネル製造を行っている企業であり、PV CYCLE の回収ポイントにもなっている。英国のリサイクル状況や、回収ポイントとしての取組みについて聴取。
ベルギー-Recupel	ベルギーの WEEE の回収・リサイクルを担う共同スキームであり、今後太陽光発電設備を取り扱う可能性について聴取。
フランス BioIntelligence 社	改正 WEEE 指令で太陽光発電設備が追加される前に行われた影響評価を遂行したコンサルティング会社。影響評価を行った際の詳細事項について聴取。

1) 欧州 WEEE 指令改正及び国内法化動向

a. 欧州 WEEE 指令制定の概要

欧州 WEEE 指令は、2002 年に制定された。2012 年には改正 WEEE 指令が制定され、加

盟国は、2014年2月14日までに国内法を整備することが義務付けられている。欧州 WEEE 指令では、生産者責任原則に基づき、加盟国および生産者に、主に表 1-86 に記載されている事項について要求している。

表 1-86 各国及び生産者への要求事項

項目	内容
製品設計	✓ WEEE の再利用、解体、リカバリーを考慮した製品設計・製造の促進
分別回収	✓ WEEE の分別回収率の向上 ✓ WEEE の無料回収システムの構築 ✓ 回収率目標の達成
処理	✓ 分別回収された全ての WEEE の適切な処理 ✓ 最善の技術を用いた WEEE のリカバリー ✓ リカバリー・リサイクル率目標の達成
資金調達	✓ 生産者の WEEE の回収・処理・廃棄に関する費用負担と資金調達 ✓ 資金調達に関する保証（共同スキームへの加盟、保険への加入、封鎖銀行口座への積み立て等）
消費者への情報提供	✓ WEEE の分別、再利用、リサイクル等に関する消費者への情報提供
登録、情報提供、報告	✓ 生産者の登録制度の確立、製品の上市に係る関連情報の収集・管理

b. 改正 WEEE 指令の国内法化動向

2014年11月時点で、7ヶ国を除いて国内法化が完了している。改正 WEEE 指令では、EU 加盟国は、2014年2月14日までに国内法化を行うことが義務付けられているが、一部の国において国内法化が遅延している。国内法化遅延の理由は、国によって異なるが、例えば、時間が足りない、予想以上に検討時間を要している、選挙、WEEE 国内制度の大幅な改正（WEEE の回収プロセスの変更）が必要等の理由が挙げられる。

国内法化が遅延している国に対しては、EC の法務部局（Legal Unit）より通知を行っており、今後国内法化を再度勧告し、違反と判断した場合は、罰則（penalty）を課す予定である。

現在、改正 WEEE 指令の問題や課題点のほとんどは、各国内で解決されている。しかし、今後各国からの報告のタイミング（法が施行されてある一定の期間が経過したタイミング）で課題が顕在化する可能性がある。

表 1-87 改正 WEEE 指令の国内法化の状況

国	施行年	国	施行年
英国	2014年1月	デンマーク	2014年2月
フランス	2014年8月	ハンガリー	2015年1月予定
イタリア	2014年3月	アイルランド	2014年3月
ブルガリア	2014年1月	ポルトガル	2014年5月

チェコ	2014年10月	オランダ	2014年2月
オーストリア	2014年7月	ドイツ	草案公開済
ベルギー	2013年	スペイン	草案公開済
クロアチア	2014年4月		

出所) EC ヒアリング (2014年11月25日)、<http://www.solarwaste.eu/in-your-country/>

## 2) 改正欧州 WEEE 指令の変更点

改正欧州 WEEE 指令における主な変更点は、対象品目の追加 (対象品目に太陽電池モジュールを追加)、分類の変更、回収及びリカバリーに係る目標の変更、検査及び監視に関する最小要件の設定 (中古品輸出の要件) の4点である。

### 分類の変更について

欧州 WEEE 指令では、加盟各国に、対象品目毎に目標の達成状況 (上市量、回収量) 等に関するレポートの提出が義務付けられている。以前、各国がレポートを作成するにあたり、レポートに記載する製品の分類に際して判断に迷う例が多く発生したことから、改正 WEEE 指令では、対象品目の分類を変更した。2018年までは10の分類で、2018年以降は6の分類で整理する形に変更する。2018年以降の製品分類では、判断しやすいように、またリサイクルを進めやすいように、より広い定義の製品分類が設定されている。太陽光発電設備は、それぞれの分類4に含まれる。

表 1-88 改正欧州 WEEE 指令の対象品目  
(2012年8月13日～2018年8月14日)

カテゴリー1.	大型家電製品
カテゴリー2.	小型家電製品
カテゴリー3.	IT 及び遠隔通信機器
<b>カテゴリー4.</b>	<b>民生用機器及び太陽電池モジュール</b>
カテゴリー5.	照明器具
カテゴリー6.	電動工具 (据付型の大型産業用工具を除く)
カテゴリー7.	玩具、レジャー機器、スポーツ機器
カテゴリー8.	医療機器 (全ての移植製品及び感染した製品を除く)
カテゴリー9.	監視・制御機器
カテゴリー10.	自動販売機・自動現金引き出し機

適用対象外：軍事目的の機器、白熱電球、指令対象外機器の一部として特別に設定された機器で、その機器の一部としてのみ機能するもの

出所) EU ウェブサイト、日本機械輸出組合資料等

表 1-89 改正欧州 WEEE 指令の対象品目  
(2018年8月15日以降)

カテゴリー1.	温度変換機器
カテゴリー2.	スクリーン及びモニター、表面が 100cm <sup>2</sup> より大きいスクリーンを含む機器
カテゴリー3.	照明器具

カテゴリー4.	大型機器(いずれかの外形寸法が 50cm 超え)
カテゴリー5.	小型機器 (50cm を超える外形寸法がない)
カテゴリー6.	小型 IT・遠隔通信機器 (50cm を超える外形寸法がない)

適用対象外

- 軍事的機器
- 指令対象外機器の一部として特別に設定された機器で、その機器の一部としてのみ機能するもの
- 白熱電球 - 宇宙用機器 - 据付型大型産業用工具
- 大型固定装置 (装置の一部として特別に設計・取付されていない機器を除く)
- 人または物の輸送手段 (型式承認されていない電動二輪車を除く)
- 専門家用のみを目的とした非公道用移動機械
- B to B ベースでのみ利用可能な専ら研究・開発の目的で特別に設計された機器
- 医療用機器及び体外診断用医療用機器 (廃棄前感染が予想される場合)、能動型体内植込型医療用機器 (出所) EU ウェブサイト、日本機械輸出組合資料等

回収及びリカバリーに係る目標の変更について

欧州 WEEE 指令で定められた、「一人あたり 4kg」という回収量目標の達成のためには、WEEE を輸入する必要のある国が出るなど、重量ベースの目標の不適切性が露呈した。このような実態に対する各種議論及び実態調査を踏まえ、改正 WEEE 指令では、目標値はより市場の現状に則した合理的な形で設定されるべきであるとされ、回収目標は、一人あたり重量ではなく、回収率 (%) に変更した。

なお、回収率・リカバリー率等の目標値は、図 1-126 のように、段階的に厳しくなるように設定されている。

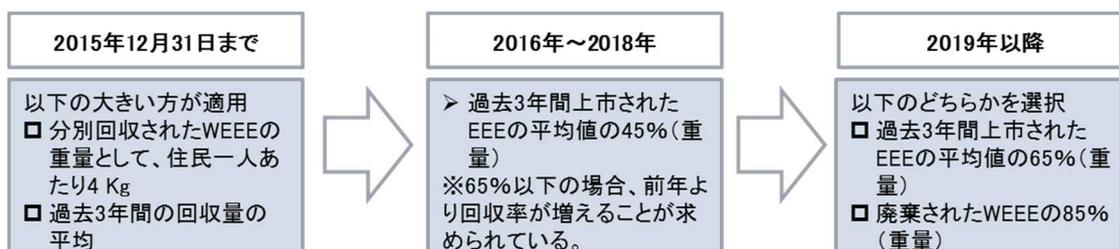


図 1-126 WEEE の回収目標の推移

EEE の販売量及び WEEE 処理に必要なインフラ未整備を理由に、東ヨーロッパ諸国 (ブルガリア、チェコ共和国、リトアニア、ハンガリー等) では、他の EU 諸国とは異なる回収率目標及び目標回収率達成期限が設定されている。

2019 年以降、EU 加盟国は、「WEEE の発生量」もしくは「EEE の上市量」のどちらかを対象に回収率を計算するか選択でき、当面はどちらかに統一される予定はない。また、上市された EEE と廃棄された WEEE 間の換算について、各国で混乱が生じないように、欧州委員会が共通計算ツールを作成するよう、改正 WEEE 指令 Article7-5 で定められている。なお、これらは、ほぼ同等のインパクトがあるとされている (改正 WEEE 指令前文(16))。

回収率の算定にあたっては、法定 WEEE 制度を通らない回収・リサイクル (経済理念に基づいて、製造者が負担せずともリサイクルされるもの) も数値に含めることとしており、加盟国は、回収目標率 65% という高い目標を達成するためには、報告されていないリサイ

クールの把握も重要な要素と考えている。加盟国は、算定根拠を記した回収量報告レポートを Eurostat に提出し、各国の算定手法は適切性を評価された上で統計情報として公開される。

現時点で、太陽電池モジュールはあまり廃棄されていないため、太陽光発電設備の回収目標率はなく、カテゴリ 4 としての目標のみが設定されている。

#### a. 回収率計算ツールの開発

改正 WEEE 指令の Article7-5 では、欧州委員会が各国共通の回収率計算ツールを作成するよう定めている。これに基づき、EC は、国連大学、Bio-Intelligence、Statistics Netherlands に対し、品目毎の販売量・税関情報や回収量等の情報を入力し、回収率が自動算出されるツールの共同開発を委託した。EC は本ツールの利用方法等を定める施行規則（Implementing Act）及びマニュアルを 2015 年 8 月までに制定する予定（2019 年から運用開始）である。EC によるヒアリングによると、将来的には、本ツールの利用を義務付けたいと考えているとのことである。但し、EU 加盟国が仮に同様なツールを使用している場合、それを代替として使用することを認める。

本計算ツールでは、EEE の上市量を WEEE の廃棄量へ変換するために、複数のパラメータを設定している。また、品目毎に、購入されてから廃棄に至る時間が国によって違うため、国毎に変換方法を調整している。計算では、製品特性やリサイクル手法、製品寿命等が似ている品目を紐づけて計算しており、WEEE 指令のカテゴリとは異なる、「UNU Keys」と呼ばれる 58 のカテゴリを設定している。ツールの利用にあたっては、改正 WEEE 指令 ANNEX I の 10 カテゴリ、ANNEX III の 6 カテゴリ、及び本 UNU Keys のカテゴリ（表参照）が紐づいている状態となり、どのカテゴリを利用するかは加盟国が選択することができると同時に、横断的に比較することができるようになる。

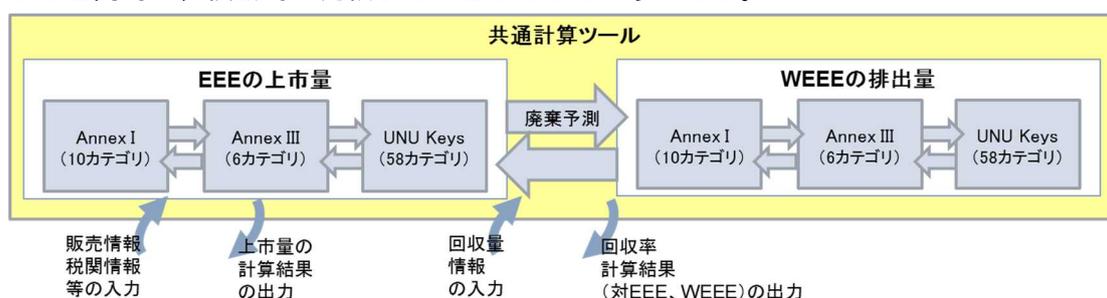


図 1-127 回収率の計算ツールの仕組み

表 1-90 UNU 58 カテゴリに基づいた WEEE 分類例（一部抜粋）

UNU Key	製品	略語	収集カテゴリー
1-02	食器洗浄機	1A2 Dishes	A LHA
1-03	炉・オーブン	1A3 Kitchen	A LHA
1-04	洗濯機	1A4 Wash	A LHA
1-05	乾燥機・遠心脱水機	1A5 Dry	A LHA
1-08	冷蔵庫（1ドア）	1B1 Fridge	B C&F
1-09	冷凍庫	1B2 Freezer	B C&F
1-10	冷蔵庫（2ドア）	1B3 Combi	B C&F
1-14	電子レンジ	1C1 Micro	C SHA
2-01	換気扇、アイロンなど	2.1 Small HH	C SHA
2-04	電気掃除機	2.4 Vacuum	C SHA

3-02	デスクトップ PC	3A2 Desktops	D IT
3-03	ラップトップ PC (タブレットやネットブック含む)	3A2 Laptops	D IT
3-04	プリンター、スキャナー、その他多機能周辺機器	3A4 Printers	C SHA
3-06	携帯電話	3A6 Mobiles	D IT
3-08	ブラウン管モニター	3B CRT	E1 CRT
3-09	液晶型モニター (LCD、LED)	3C FDP	E2 FDP
4-02	MP3 プレイヤー、電子書籍端末、カーナビなど	4A2 Portable	C SHA
4-03	音響機器	4A3 Hifi	C SHA
4-04	VCR、DVD(R)	4A4 VDVD	C SHA
4-07	ブラウン管テレビ	4B CRT	E1 CRT
4-08	液晶型テレビ (LCD、LED、プラズマ)	4C FDP	E2 FDP
5-02	電球、LED 電球	5A2 CFL	F Lamps
5-04	蛍光灯	5A4 TL B2B	F Lamps
5-07	電飾	5B1 LUM	C SHA
6-01	小型道具 (ガーデニング用工具・電動機械)	6.1 Small tools	C SHA
1-14	電子レンジ	1C1 Micro	C SHA
2-01	換気扇、アイロンなど	2.1 Small HH	C SHA
2-04	電気掃除機	2.4 Vacuum	C SHA
3-02	デスクトップ PC	3A2 Desktops	D IT

出所) [http://isp.unu.edu/publications/scycle/files/Dutch\\_WEEE\\_Flows.pdf](http://isp.unu.edu/publications/scycle/files/Dutch_WEEE_Flows.pdf)

#### b. 改正 WEEE 指令における太陽電池モジュール追加の影響評価

改正欧州 WEEE 指令に、太陽光発電設備が追加されるにあたっては、EC と EPIA (欧州太陽光発電協会) 等の機関が双方向に議論し、調整が進められた。また、EC が主導して太陽電池モジュールの追加に係る影響評価 (Impact Assessment) を実施し、太陽電池モジュールの追加による費用対効果 (環境影響及び経済効果) について分析した結果、欧州 WEEE 指令への追加により、不適切な処理・廃棄により発生する環境影響を低減し、結果として経済的利益が生まれる、という結論が出された。

EC が作成したレポート「欧州 WEEE 指令の対象品目への太陽電池モジュールの追加に係る影響評価 (Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive)」では、4 つの政策オプションシナリオを設定し、欧州 WEEE 指令の対象品目に太陽電池モジュールが追加されることによる費用対効果について分析が行われた。当初は、政策的措置が講じられない場合の Baseline A ケースと、EU 指令の対象品目となった場合の Policy Option B ケースを比較することを目的としていたが、EC により、その中間的な措置としての検討も加えたほうが良いという意見が出されたことにより、Baseline B と Policy Option A が追加された。本調査は、2050 年までの太陽電池モジュールの回収・リサイクルに係る費用対効果を分析している。Policy Option A が住宅用太陽電池モジュールのみを対象としている理由は、EC からの要請による。

表 1-91 4 つの政策オプション

Baseline A (no policy action)	政策的措置が講じられず、不適切な廃棄ケースが含まれるシナリオ (全量埋立のケース)
Baseline B (Photovoltaic panels are	太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目とせず、

outside the scope of the WEEE Directive )	現在のボランティアな回収・リサイクルの取組みが実施されるシナリオ
Policy Option A ( policy action )	住宅用太陽電池モジュールのみ欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ
Policy Option B ( inclusion of photovoltaic panels in the scope of the WEEE Directive )	全ての太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ

影響評価に係る分析の前提条件として、以下の項目が定められた。

1. 太陽電池モジュールの種類：シリコン系（単結晶、多結晶）、CdTe 系
2. 太陽電池モジュールの量：排出量は各シナリオで一定。Policy Option A/B は、Baseline B よりも回収率が高く設定。
3. 有害物質の溶出量：モジュール廃棄の際に想定される鉛の浸出、カドミウムの浸出について分析。
4. 資源損失額・売却益：Baseline B、Policy Option A/B では、ガラスのリサイクル率を 95% と設定、Policy Option A/B では、アルミニウム、レアメタルのリサイクル率を 100%、30% と設定。
5. 回収・リサイクルコスト：回収・輸送コストは全てのシナリオで同じ設定値。リサイクルコストは、Baseline B と比較して、Policy Option A/B の設定値が高い（高度なマテリアルリサイクルが実施されるため）。

本影響評価は、欧州 WEEE 指令の改訂にあたり、対象品目の見直しに係る議論が行われており、既に太陽電池モジュールを改正 WEEE 指令の対象品目とすることはほぼ EC 内で決定されている状況下で行われた。分析の結果は、太陽電池モジュールを入れることの有用性について定量的に示すための証拠資料として活用された。

本調査は、3~4 か月間という短期間で作成されたため、使用したデータは全て既存の研究のものである。使用データは PV CYCLE やドイツソーラー等から提供されており、また、PV CYCLE や現場のリサイクラーと話し合いを重ねながら検討された。

影響評価における基本的なパラメーター設定にあたっての考え方は、以下の通りである。

表 1-92 影響評価分析にあたっての各種パラメーター

太陽電池モジュールの回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ PV CYCLE より提供されたロジスティクス単価(Logistics Unit Cost)を使用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基本的には、撤去、回収、貯蔵、輸送の全ての費用が含まれている。</li> <li>・ 他の WEEE の処理に係るロジスティクス単価と比較し、妥当な数値である。</li> </ul> </li> <li>✓ 回収費用は住宅で検討し、非住宅においても同じ値を採用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 但し、PV CYCLE のシステムでは、大規模な発電施設の場合は PV CYCLE が直接現場に行き、太陽電池モジュールを回収するが、住宅用等の小規模な場合、近場の施工</li> </ul> </li> </ul>
--------------	---

	<p>業者が太陽電池モジュールを撤去し、回収する。特に新規の太陽電池モジュールに入れ替えする場合には、撤去費用は新規据付費用に含まれているため、含まない形とされた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 回収コストには、回収のために使用するコンテナの価格もイニシャルコストとして含まれている。</li> <li>✓ ロジスティックス単価は、2011年時点のEU12か国の平均値を採用し、2050年まで同じ数値を採用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 回収ポイントの数は、2011年時点は12か国で91箇所設置されており、現在は増加したため、コスト割高な算定になっていると言える。</li> <li>・ 将来はロジスティック費用が減少すると想定されたが、最も悲観的な算定を行うため、このような方法を採用。2050年までに回収ポイントが増加するというシミュレーションは調査の費用・時間的制限により、実施せず。</li> </ul> </li> </ul>
<p>太陽電池モジュールのリサイクル</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 太陽電池モジュールの構成物質に関する数値は、先行研究のデータを利用し、平均値として採用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽電池モジュールの品質改良による構成の変動は考慮されていない。</li> <li>・ 但し、太陽電池モジュールの種類の販売シェアの変動については考慮されている。主に現在の販売シェアを踏まえて、2030年以降の廃棄に反映されている。</li> </ul> </li> <li>✓ 排出量予測では、導入の25年後に100%廃棄されると想定。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 年次毎に廃棄される量を考慮する計算モデルが理想的ではあるが、グラフ曲線がなだらかになるだけで、結果的に廃棄量の差はあまりない。地域毎の差も考慮していない。</li> </ul> </li> <li>✓ 新技術の開発も検討要素には含まれていない。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽電池モジュールの技術革新により長寿命化や能力拡大が達成された場合、新規製品への入れ替えが早期に生じると想定されるが、予測は難しい。</li> </ul> </li> <li>✓ リサイクル費用は、現状の数値を将来にも使用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 将来的にコストが下がると予測されたが、悲観的（最低ライン）なシナリオを採用・評価。</li> </ul> </li> <li>✓ リサイクル費用に関するデータは、回収業者から提供を受けたものを利用し、イニシャルコストが減価償却費として単価に含まれている。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Baseline Bにおいて、アルミニウムやレアメタルのリサイクル率が0%となっているが、通常、このような物質はリサイクルされるため、より高めの設定が適切か。</li> </ul> </li> </ul>

本分析結果として、太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令に追加することにより、不適正処理・廃棄により発生する環境影響を低減し、大きな経済的利益を得られるという結論が出されている。不適切に処理・廃棄される太陽電池モジュールの量を制限することにより、カドミウム溶出等による環境への悪影響を避けられることに加え、従来の有価資源やレアメタル等の回収による、潜在的な希少資源の喪失防止に寄与することが主な理由となっている。

具体的には、Policy Option A と Baseline A との比較では環境への悪影響が4分の1に、Policy Option B と Baseline A との比較では環境への悪影響が6分の1に低減される結果が得られた。また、Baseline B における現在のボランティアな回収・リサイクルの取組みでは、材料リサイクルから得られる収益がコストを相殺する結果にまでは至らなかったが、Policy Option A と Policy Option B では、高い回収率により、リサイクルに関するロジスティクスや前処理にかかるコストを相殺する以上の収益が得られる結果となった。

上記に例示した分析結果により、Policy Option B (全ての太陽電池モジュールを欧州 WEEE 指令の対象品目に加えるシナリオ)が推薦される政策オプションであることが確認され、その年間純利益は、2050年時点において151.1億ユーロという試算結果となった。他のシナリオとの比較では、Baseline A を165.8億ユーロ、Baseline B を164.9億ユーロ、Policy Option A を16.7億ユーロ上回る結果となった。

表 1-93 影響評価の分析結果

2050 (annually)	Baseline Scenario A "Worst Case"	Baseline Scenario B "Voluntary Action"	Policy Option A "Residential PV in WEEE"	Policy Option B "All PV in WEEE"
<b>Quantities</b>				
Amount of PV waste generated (in million tonnes)	9,16	9,16	9,16	9,16
Amount of PV modules collected, properly treated and sent to recycling (in million tonnes)	0,00	2,18	7,00	7,79
Amount of PV waste improperly disposed of (in million tonnes)	9,16	6,98	2,16	1,37
<b>Environmental benefits of policy action</b>				
<b>Soil and air pollution (in tonnes)</b>				
Lead leaching from c-Si PV modules	316-2181	221-1527	72-495	47-327
Cadmium leaching from CdTe PV modules	40-228	28-159	9-52	6-34
<b>Soil and air pollution (average external cost, in billion Euros)</b>				
Lead leaching from c-Si PV modules	-1,47	-1,03	-0,33	-0,22
Cadmium leaching from CdTe PV modules	-0,01	-0,004	-0,001	-0,001
<b>Total external cost (in billion Euros)</b>	<b>-1,47</b>	<b>-1,03</b>	<b>-0,33</b>	<b>-0,22</b>
<b>Gain of resources (recycling input, in million tonnes)</b>				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	1,82	6,00	6,68
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,13	0,34	0,38
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,02	0,07	0,08
<b>Gain of resources (recycling output, in million tonnes)</b>				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	1,73	5,70	6,35
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,34	0,38
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,022	0,025
<b>Gain of resources (recycling output, in billion Euros)</b>				
Glass in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,03	0,29	0,32
Aluminium in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	0,41	0,45
Rare metals in c-Si PV modules and Thin film* modules	0,00	0,00	14,96	16,65
<b>Total gain of resources (in billion Euros)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>15,66</b>	<b>17,42</b>
<b>Economic cost of policy action</b>				
<b>Costs</b>				
Logistics cost (in billion Euros)	0,00	-0,33	-1,05	-1,17
Proper treatment and recycling cost (in billion Euros)	0,00	-0,05	-0,83	-0,92
<b>Total costs (in billion Euros)</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,38</b>	<b>-1,88</b>	<b>-2,09</b>
<b>Social impacts</b>				
<b>Impact on employment (number of jobs created)</b>				
Job creation	0	400	13 000	20 000
<b>Net benefits</b>				
Net benefits stand-alone (in billion Euros)	-1,47	-1,39	13,44	15,11
Net benefits vs. Baseline A (in billion Euros)	N/A	0,09	14,91	16,58
Net benefits vs. Baseline B (in billion Euros)	N/A	N/A	14,83	16,49

出所)“Study on Photovoltaic Panels Supplementing the Impact Assessment for a Recast of the WEEE Directive” Bio Intelligence Service 2011

### 3) 英国国内法の内容と太陽光発電設備のリサイクルに関する制度・議論

#### a. 英国国内法の概要

英国では、2014年1月から、改正 WEEE 指令の国内法である、“The Waste Electrical and Electronic Equipment Regulations 2013”が施行されている。同国は、EU加盟国内で最も早く改正 WEEE 指令の国内法化を行った。

本法の主管轄省は、英国国内のビジネス規制、コーポレートガバナンス、イノベーション、職業教育、知財を管轄している、ビジネス・イノベーション・職業技能省 (Department for Business, Innovation and Skills (BIS)) である。WEEE 規制は環境省が所管している国が多いが、イギリスでは産業振興への影響が大きく、BIS が適切と判断した。EEE の上市データの管理等は、地方の環境庁が実施している。例えば、業者所在地がイングランドの場合は、Environment Agency、ウェールズの場合は Natural Resources Wales、北アイルランドの場合は Northern Ireland Environment Agency、スコットランドの場合は Scottish Environmental Protection Agency である。

英国の WEEE 法は、改正にあたり、太陽光パネルを家電廃棄物とは別カテゴリーに追加し (他にディスプレイ機器、冷媒を含む製品、ガス放出ランプ、LED ライトが別カテゴリー) LED ランプの分類カテゴリーを変更し、ビジネス業界に対する規制負担を軽減し (target and compliance fee の導入) 既存制度の外で発生している WEEE 及びリサイクル量の予測を推進した。

英国では、複数の製造者コンプライアンススキーム (PCS) により制度を運営している。PCS とは、行政の認可を受けたものであり、加盟している製造業者の費用負担の下、リサイクル管理を行っている<sup>6</sup>。WEEE のリサイクル費用は、PCS に加盟しているメーカーが上市量に応じて負担している。PCS は現在英国において 40 団体程度存在し、一部品目のみ取り扱う PCS も存在するものの、WEEE 法該当製品全てを取扱範囲としている PCS がほとんどである。しかし、実際製造業者が加盟し、機能している PCS は、約 4 団体程度である。

PCS が複数ある制度であれば、本来は PCS 間の競争に基づき低コストな制度が成り立つはずであるが、旧 WEEE 法では、割り当てられた目標を達成できなかった PCS は、回収不足分を他の PCS から購入する仕組みがあり (“Evidence Notes” と呼ばれる)、実際には PCS 間取引により非常にコストが高くなっていた。

新 WEEE 法では、上記状況を踏まえ、Evidence Notes 制度を廃止し、目標を達成できなかった PCS は Compliance Fee を払う仕組みとなった。但し、事前契約による外注は可能である。WEEE の回収拠点提供の義務は小売り業者に課せられている。

---

<sup>6</sup> EEE の上市量が 5 トン以上の企業は必ず PCS に加盟する。

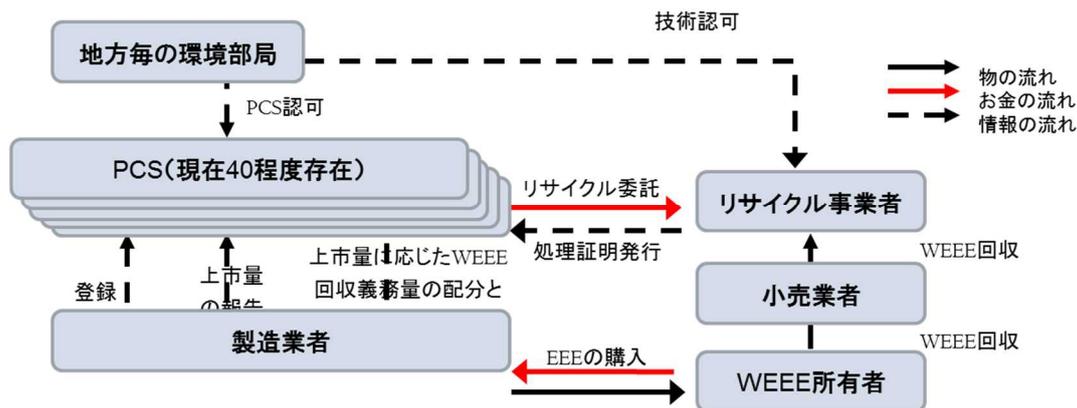


図 1-128 英国における PCS スキーム概要

英国における関係主体の制度上の役割は以下の通りである。

表 1-94 関係主体の制度上の役割

関係主体	制度上の役割
小規模製造者 (5 トン以下/1 年)	・ 関連環境部局への登録と取引データ提出が必要
製造者(5 トン以上/1 年) (輸入・再販業者含む)	・ 製造者コンプライアンススキーム (PCS) への登録、回収と適切な処理のための費用負担、非家庭用 WEEE の回収システム構築、3 か月に一度所属 PCS への上市データ提出、WEEE マークの製品添付等が義務づけられる。また、負担分の WEEE 処理証明を処理業者から受け取る必要がある。
小売り業者	・ 収集システムの執行機関である VCA(英国車両型式認可機関) の下、回収への協力義務がある。消費者へ集配所の情報提供を行うほか、回収方法は以下の 3 つから選択して実行： 1 . Distributor Take-back Scheme (DTS) - Valpak Ltd や PV Cycle が運営するスキームに加入 2 . 店内引き取り (In-store take back) 3 . その他の代替回収手段 また、400 平米以上の床面積を持つ EEE 小売りは、小型 WEEE を回収する必要がある。
消費者	・ 法的義務はないが廃棄物の返却が推奨される。集配所で無料返却が可能。
処理業者(AATF、AE)	・ 処理業者は環境省の技術許可を受けなくてはならない。技術認可を受けた処理業者は、製造者に対して WEEE 処理の証明書を発行できる。
地方自治体	・ 地方自治体に WEEE 回収・処理の義務はない。収集所を提供することは可能。
連邦機関	
地方毎の環境省庁	・ PCS の認可、PCS のデータ管理、上市量に基づくコスト負担配分、許認可。
ビジネスイノベーション・職業技能省 (BIS)	・ WEEE に関する規制等を所管、ガイドラインの発出など。

出所) 英国政府 WEEE ガイドライン

英国では、PCS が政府の認定を受け、加盟企業を代表して WEEE の収集と処理の調整を行う。そして、認可済処理業者から処理証明を受け取り、上市量に応じて適切な処理が行わ

れたことを証明する。

小売業者は、消費者が EEE 購入（買替え）する際に、古い EEE を持ち込まれた場合に受理し、PCS に引き渡しを行わなくてはならない。また、一定販売面積を有す小売業者は、小型 WEEE の店頭回収をしなくてはならない。小売業者は、小売業者引取制度（DTS）に加入し、共同スキームを通して責任を果たすことも可能である<sup>7</sup>。指定回収施設（DCF）まで持ち込まれた製品は、PCS 制度で回収・リサイクルされる。

地方自治体は、回収義務ないが、収集拠点の提供や運営を行う事ができる。

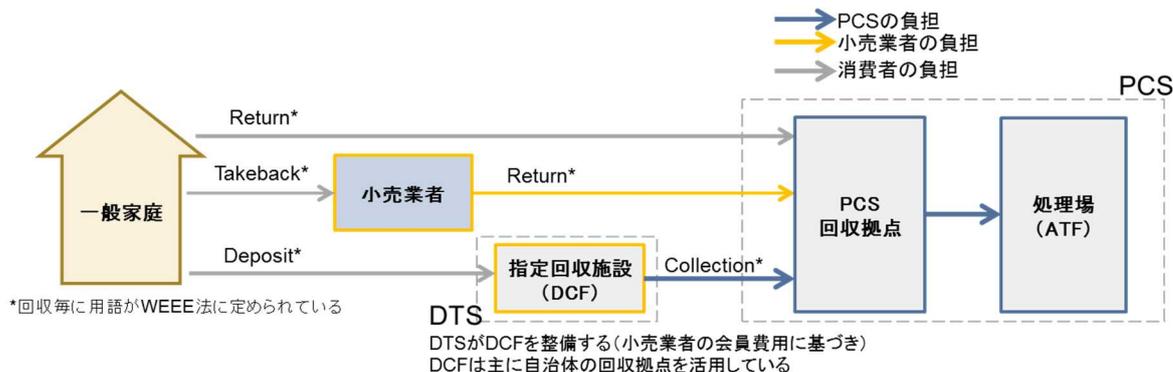


図 1-129 英国における WEEE の回収・処理の流れ

#### b. 英国における太陽光発電設備の回収・リサイクルスキーム

改正 WEEE 指令が英国において国内法化されたことにより、太陽光発電設備は、新たに国内法の対象品目へと追加された。これは、PV 業界のロビー活動によるものである。また、太陽光発電パネルは最も重量のある家電であり、新製品の重量ベースによるコスト負担計算が適用された場合、多大な回収コストがかかる事が予想された（上市した PV の重量が市場シェアで 10% なら、WEEE の回収コストの 10% を負担する）。

英国において、太陽光発電設備は、PCS の回収拠点、小売業者の回収拠点、もしくは指定回収拠点（( Dedicated Collection Facility (DCF) ）において回収される。現在 PV CYCLE もイギリスの PCS として登録されており、太陽光発電設備とともに、WEEE 全般の取り扱いが可能となっている。ただし、太陽光発電設備以外は外注による処理を行っている。なお、現在の太陽光発電設備の廃棄量はまだまだ少なく、2013 年には約 27 トンしか廃棄されなかった。

PV CYCLE の会員企業である、英国太陽光モジュールメーカーの SolarCentury は、PV CYCLE の回収拠点としての活動も行っている。SolarCentury（本社ロンドン）は、ロンドン東南部の自社倉庫（テーブル 3 台程度の面積）を、無償で使用済み太陽電池モジュールの回収施設として提供している。SolarCentury が PV CYCLE の回収ポイントになった理由は、将来回収が義務付けられる可能性があることと、社としての環境意識に基づき、太陽電池モジュールの適正処理に貢献するためである。しかし、現在太陽電池モジュールの廃棄は非常に少なく、過去 10～20 枚の太陽電池モジュールしか回収ポイントに回収されていない。回収ポイントに回収された太陽電池モジュールは、PV CYCLE が回収する。

英国において、PV CYCLE は、モジュールを処理できる、WEEE のリサイクラーと契約しているが、コストが高く、処理レベルも高くないので、他の欧州諸国に輸送して処理をし

<sup>7</sup> DTS については Valpak 社が運営を行っており、回収拠点の情報管理などを行っている。

ている場合が多い。

#### 4) ドイツ国内法の改正状況と太陽光発電設備のリサイクルに関する議論・動向

##### a. ドイツ国内法制定の背景、国内法の改正方針等

ドイツでは、欧州 WEEE 指令を、2007 年に「廃電気・電子機器法 (Electrical and Electronic Equipment Act 通称 ElektroG)」として国内において全面施行している。現在、改正 WEEE 指令の国内法化期限が過ぎているのにも関わらず、ドイツではまだ国内法が制定されていない。この主な理由は、2013 年 9 月に行われた選挙である。ドイツは、既に欧州委員会より、早期の国内法化を完了しなければ欧州司法裁判所での違反手続を開始すると警告を受けている。

ドイツでは、2013 年 12 月によろやく新政府が動き出し、2014 年 2 月に法案が初めて提出され、Public Consultation (パブコメ) が開始された。そして、2014 年 11 月、改正 WEEE 指令のドイツ国内法化に伴う ElektroG の改正案が欧州委員会に通知された。内容に関する審議は、2015 年 2 月 23 日以降開始される。ドイツでは、改正 WEEE 指令の国内法化はまだできておらず、最も早くても 2015 年の 10 月であると予測されている<sup>8</sup>。

新しい ElektroG では、以下の点を改正する予定である。

1. 全ての WEEE を対象製品とする (太陽電池モジュールも追加)
2. 回収率目標の引き上げ: 改正欧州 WEEE 指令の回収率目標を達成するために、国内では販売店にも消費者からの WEEE の無償引取義務 (買替時の下取りに限らない) を課す。
3. 中古利用目的以外の WEEE の不正輸出の防止: 輸出される使用済み電気電子機器について、これまでは税関が中古利用目的の輸出であることを確認していたが、今後は全輸出業者に中古利用目的の輸出であることの証明を提出させる。太陽光発電設備についても他の機器と同様に扱う。

ドイツにおける関係主体の制度上の役割、及び WEEE の回収・処理スキームは以下の通りである。

表 1-95 関係主体の制度上の役割

関係主体	制度上の役割
生産者	・ 廃電子機器登録財団 (EAR) へ登録 ・ 登録機関への登録、販売量等の報告 ・ WEEE 回収・処理に関する実施・費用負担 ・ 独自の WEEE リカバリーも可能
廃電子機器登録財団 (EAR)	・ 電気・電子機器の流通シェアに基づき、回収・リカバリーを実施する生産者を決定
小売業者	・ 自主的に消費者が持参する WEEE の引取 ・ 引き取った WEEE の製造者あるいは廃棄物管理当局への引渡 (引渡が可能でない場合は、独自にリカバリーを実施)

<sup>8</sup> PV CYCLE ヒアリング (2014 年 11 月) より

地方自治体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回収拠点の設置及び回収拠点における分別・回収</li> <li>・回収拠点におけるコンテナが一定量を超えた時点で、EAR に引取要請</li> <li>・EAR へ回収拠点のリストを報告</li> <li>・独自の WEEE リカバリーも可能</li> </ul>
処理業者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・許認可を受けた処理業者が、製造者からの委託を受けて、引取、処理等を実施</li> </ul>
消費者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自治体や小売店舗まで WEEE を運搬</li> </ul>

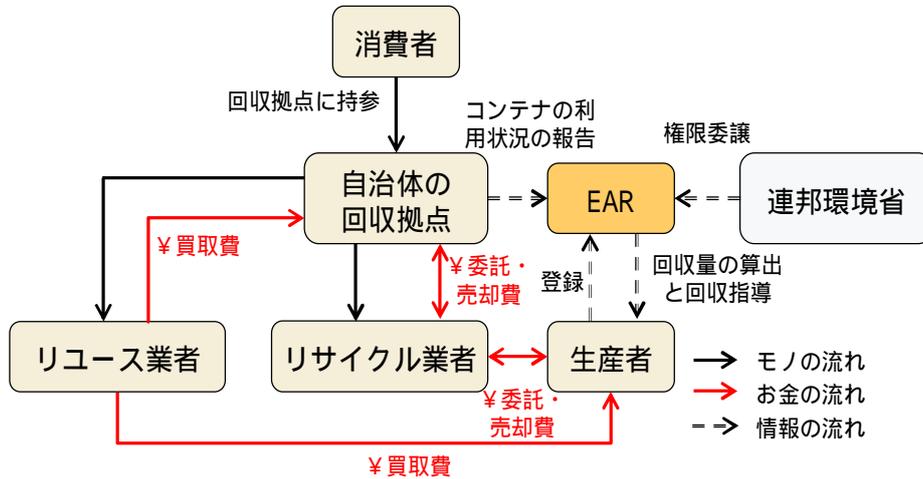


図 1-130 ドイツの WEEE 回収・処理スキーム

## 5) PV CYCLE の最新動向

### a. PV CYCLE の運営概要

PV CYCLE とは、太陽電池モジュールの回収・リサイクルスキームの構築を目的とした世界初の産業団体である。主要業務は、メンバー企業の廃棄太陽電池モジュールのリサイクルシステム（回収・輸送・リサイクルの一連の流れ）の運営であり、メンバー企業と関連業界（回収、輸送、リサイクルに係る事業者）とのネットワークを活用したシステム運用が図られている。会員として、欧州市場に太陽電池モジュールを供給する太陽電池メーカー、輸入業者および関連機関等が参画している。会員企業が販売している太陽光発電設備は、欧州市場に販売されているものの約 90% である。

表 1-96 PV CYCLE の概要

組織形態	非営利組織 (NPO)
設立年	2007 年
所在地	ベルギー ブリュッセル
主要業務	欧州域内 (EU 加盟国および EFTA 加盟国) で廃棄される太陽電池モジュールのリサイクルシステム (回収・輸送・リサイクル) の運営
メンバー企業・機関	欧州域内に太陽電池モジュールを供給する太陽電池メーカー、輸入業者および関連企業・機関。2013 年 2 月時点の加盟メンバー数は、Full member (PV CYCLE のサービスを利用する契約企業) は 307 社、Associated member (その他関連機関) は 25 社 (欧州市

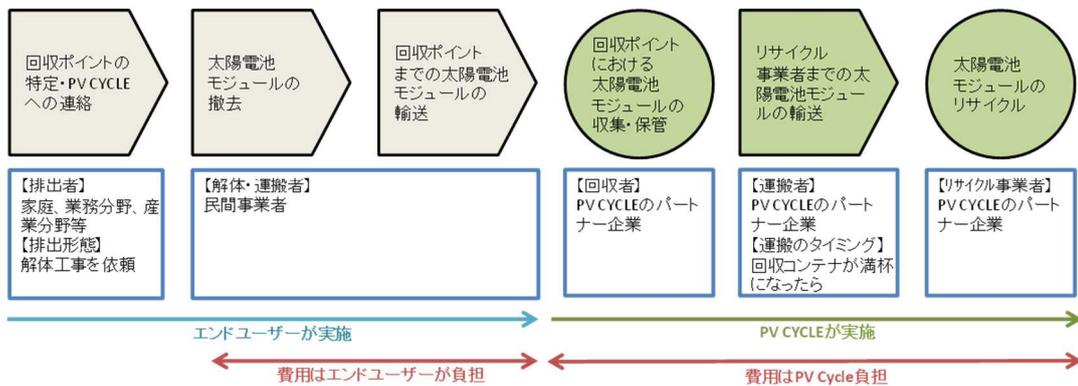
	場における太陽光発電関連企業・機関の約 90%をカバー)。  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: left;"> <p>Full member</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•メーカー</li> <li>•輸入業者、小売業者、卸売業者</li> <li>•ディベロッパー</li> <li>•システムインテグレーター</li> <li>•電気設備業者等</li> </ul> </div> <div style="text-align: left;"> <p>Associated member</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•研究開発機関</li> <li>•産業団体等</li> </ul> </div> </div>
活動原資	メンバー企業の年会費のみ

PV CYCLE が実施している太陽光発電設備のリサイクルスキームは、太陽電池モジュールの枚数が 40 枚未満か以上かによって異なる。太陽電池モジュールの枚数が 40 未満(住宅用太陽光発電システム約 1 件分に相当)の場合には、下図の回収ポイントへの輸送まではエンドユーザーが、それ以降のプロセスは PV CYCLE が実施する。

エンドユーザーは、太陽電池モジュールの設置場所から最も近い回収ポイントを PV CYCLE のウェブ情報をもとに特定し、PV CYCLE に必要書類を提出した上で、太陽電池モジュールを撤去し、回収ポイントまで輸送する。太陽電池モジュールの撤去・運送に係る費用はエンドユーザーが負担する。

PV CYCLE は、回収ポイントに運び込まれた太陽電池モジュールを保管し、一定量を超えた時点でリサイクル事業者を選定し、リサイクル事業者のプラントまで太陽電池モジュールを輸送する。回収ポイントにおける太陽電池モジュールの収集・保管、リサイクルプラントまでの輸送、およびリサイクルにかかる費用は PV CYCLE が負担する。

《モジュール枚数 40 未満の場合》



出所) PV CYCLE ホームページ, PV CYCLE へのヒアリング調査

図 1-131 PV CYCLE のリサイクルスキーム (モジュール枚数 40 未満)

一方、太陽電池モジュールの枚数が 40 以上の場合には、下図の太陽電池モジュールの撤去まではエンドユーザーが、リサイクル事業者までの太陽電池モジュールの輸送以降のプロセスは PV CYCLE が実施する(回収ポイントまでの輸送及び保管のプロセスは省略される)。

エンドユーザーは、回収依頼に係る必要書類を PV CYCLE に提出した上で、太陽電池モジュールを撤去する。太陽電池モジュールの撤去に係る費用はエンドユーザーが負担する。PV CYCLE は、エンドユーザーからの連絡を受けてリサイクル事業者を選定し、太陽電池

モジュールの撤去場所からリサイクル事業者の元まで直接輸送する。太陽電池モジュールの輸送、リサイクルにかかる費用はPV CYCLEが負担する。

《モジュール枚数 40以上の場合》

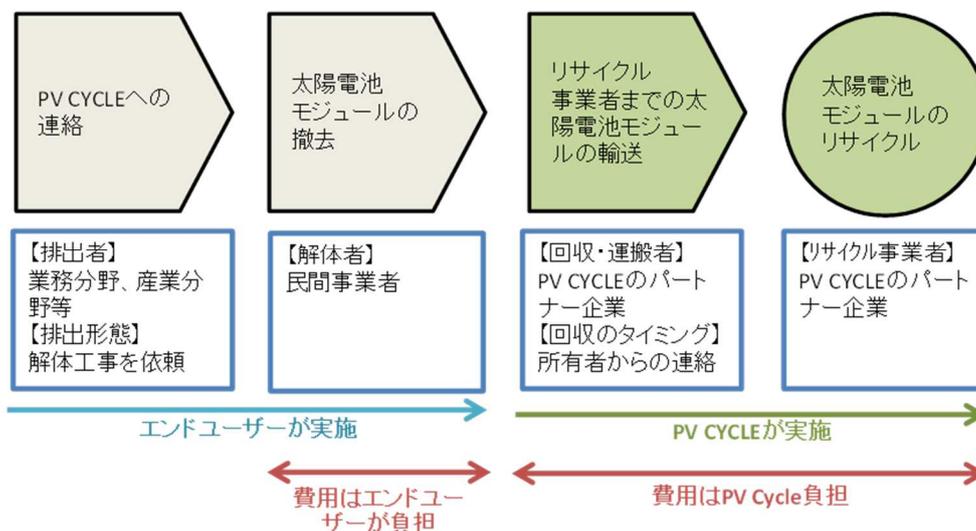


図 1-132 PV CYCLE のリサイクルスキーム (モジュール枚数 40 以上)  
出所) PV CYCLE ホームページ, PV CYCLE へのヒアリング調査

#### b. PV CYCLE の運営費用

PV CYCLE は、会員企業（製造業者等）から、Contribution fee を徴収し、太陽光発電設備の回収から処理までを担っている。各製造業者の Contribution Fee は、回収・処理コストと、各製造業者の前年販売シェア（%）と、各国の太陽光発電設備の廃棄量（予測値）を掛け合わせて算出する。廃棄量の予測値は、過去の導入量に対して、経過年数ごとの廃棄率（PV CYCLE が算出）をかけて算定する。また、解体にかかる費用は、太陽光発電設備のユーザーが負担するものとしており、Contribution fee には含まれていない<sup>9</sup>。現時点で廃棄量は非常に少ないため、処理費用の Contribution Fee への影響は意外と小さく、製造業者の販売シェアの方が大きく影響する。

太陽電池モジュールの処理施設がない国では、他国に輸送し処理を行うため、輸送費が高くなる。国によって、回収・輸送・処理費用が異なるため、製造業者の Contribution Fee は国によって異なる。また、複数国にまたがって太陽電池モジュールを販売している製造業者は、それぞれの国で PV CYCLE と契約する仕組みとしており、PV CYCLE からの請求書や取引口座も国ごとに分かれている。

メーカーの倒産時及び歴史的製品に対する費用負担について、改正 WEEE 指令では、メーカーが製品販売時にギャランティ（Recycle insurance または Blocked bank account）を提供することにより、倒産時の金銭的補償を行うが、歴史的 WEEE については、現存する全てのメーカーが金銭的負担を行うこととなっている。一方、PV CYCLE によるヒアリングによると、太陽電池モジュールについては、倒産したメーカーが製造した太陽電池モジュール

<sup>9</sup> 改正 WEEE 指令でも解体は製造業者の責任に含まれていない。

の回収・処理コストについては、スキームに加盟している他の企業（倒産していない企業）が負担することとなっている。

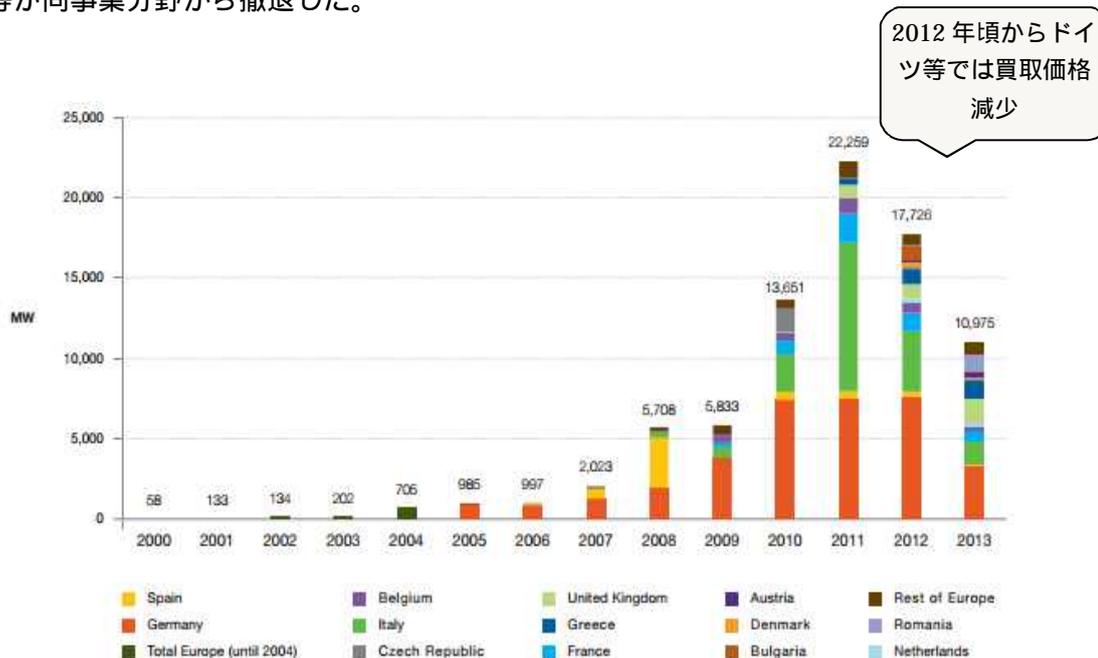
改正 WEEE 指令の施行により各国の PV リサイクル制度は変遷途上にあるが、各国の制度、特に歴史的 PV 分のリサイクル費用を何年間かけて徴収するかが費用に大きく影響を及ぼす。歴史的 PV (Historical PV) の回収・処理コストに対する考え方は、国によって異なり、PV CYCLE では、基本的には事業破綻をしても 1 年間団体運営ができる費用を留保しているが、国によっては、歴史的 PV のリサイクル費用を 5 年以内に確保し、留保するという無理な要求をしてくるケースもあり、その場合 Contribution Fee は膨大な金額になってしまうので、PV CYCLE は行政側と交渉をする。

### c. 欧州における太陽光発電設備導入動向・回収状況

近年、EU における太陽光発電設備の導入量は、減少傾向にある。太陽光発電設備の導入は、FIT 制度の影響を受けやすく、近年、欧州各国では FIT 価格が減少している。

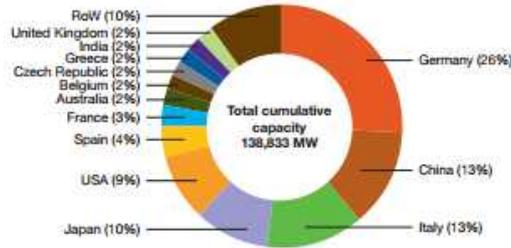
現在、世界規模でみると、新たな市場（インド、中国、日本等）において太陽光発電設備の導入が進んでいる。日本の導入総量を EU 内で比較すると第 3 位となる。今後、中国や日本等が世界の太陽電池モジュール市場を牽引していく見込みである。

過去の傾向を見ても、太陽光発電業界は安定しておらず企業が倒産、ないしは太陽光発電設備製造・販売事業から撤退している。例えば、以前太陽光発電設備を販売していた BP Solar 社等が同事業分野から撤退した。



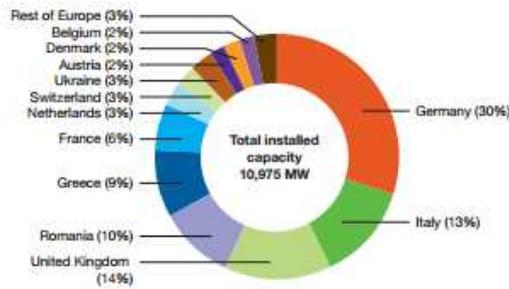
出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-133 EU 諸国における太陽電池モジュール導入状況 (2000-2013 年)



出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-134 世界における太陽光発電設備導入量（累積）ランキング（2013年）



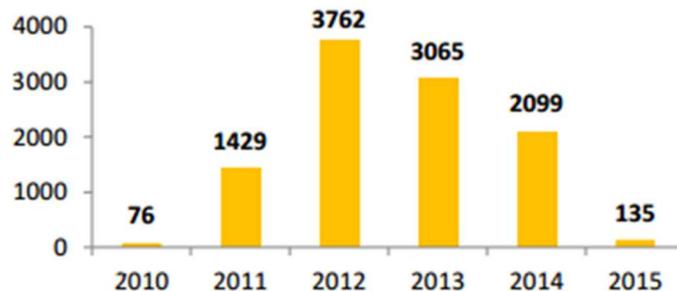
出所) EPIA “Global Market Outlook”

図 1-135 EUにおける太陽光発電設備導入量ランキング（2013年）

PV CYCLE が太陽電池モジュールの回収を 2010 年に開始してから、2014 年までに回収した総量は 10,431 トンである。概ね 2,500 トン/年だとすると、各年に 25 トントラック 100 台分である。このうち、回収ポイントから（概ね住宅から）回収された量は全体の約 10% である。

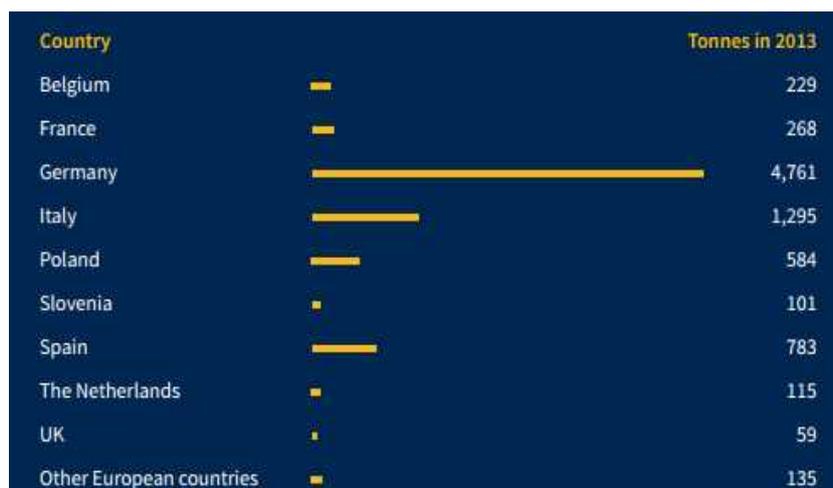
2013 年時点で EU で導入された太陽電池モジュールは累計 800 万トンである。PV CYCLE によると、最も早い排出は、2030 年頃であると予測される。現時点での回収量は、EU 内でドイツが最も多い。なお、現在回収されている太陽電池モジュールのほとんどは、初期不良・破損品である。

2013 年に太陽電池モジュールを回収した国は、18 か国である。各年の回収量は、2012 年の 3,762 トンが最も多く、その後は下降気味である。



出所) PV CYCLE Status Report(Jan. 2015), PV CYCLE ホームページ

図 1-136 各年の回収量（2015 年 1 月時点）



出所) PV CYCLE Status Report(Jan. 2015) , PV CYCLE ホームページ

図 1-137 2013 年の国別回収量 (累積)

欧州における PV CYCLE の回収ポイントは、計 347 ポイントである(2014 年 11 月時点)。しかし、この中で実際に活動しているのは、約 35 箇所である。回収ポイントの約 7 割は、ドイツ、イタリア、フランスに位置している。殆どの場合、回収ポイントは、太陽電池モジュールの施工業者が運営している。

施工業者が大量に太陽電池モジュールを回収する場合、PV CYCLE の回収ポイントに輸送しなくても良いよう、自身が回収ポイントになることが可能である。また、ドイツでは、WEEE の回収は自治体が行っており、現在約 400 の回収ポイントが自治体により運営されている。ドイツに関しては、今後改正 WEEE 指令が国内法化された際に、PV の回収も自治体経由で行うのかについてはまだ議論を行っている段階である。

PV CYCLE では、太陽電池モジュールが 40 枚以上の場合、PV CYCLE が回収を行っているが、40 枚以下の場合には利用者が回収ポイントへ持ち込む。PV CYCLE へのヒアリングによれば、40 枚を分岐点している大きな理由は、回収用のコンテナ(木製パレット)に 40 枚以上は入らないためである。40 枚以下であれば、手動による荷卸しも可能である。また、40 枚以下のモジュールを各家庭等から回収することは採算が合わず、回収ポイントにおいて 160 枚ぐらい集まった段階で連絡をもらうのがベストと考えている。



出所) PV CYCLE ホームページ

図 1-138 国別の回収ポイント数 (2013 年)

表 1-97 国別の回収ポイント数 (2013 年)

国	回収ポイント数	国	回収ポイント数
ドイツ	108	ギリシャ	8
イタリア	79	オーストリア	5
フランス	42	スイス	4
ベルギー	30	デンマーク	4
オランダ	16	ポルトガル	3
イギリス	11	スロベニア	3
スペイン	9	チェコ共和国	2

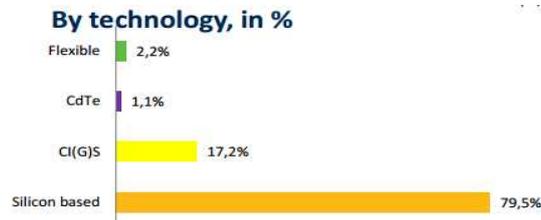
出所) PV CYCLE ホームページ

d. PV CYCLE の処理状況

PV CYCLE と契約を締結しているリサイクラーは、欧州内で約 10 社存在する。太陽電池モジュールのリサイクラーは、ガラスのリサイクラーが主である。WEEE のリサイクラーは、主にプラスチックと金属のリサイクル技術に長けているため、使用する技術が異なる。

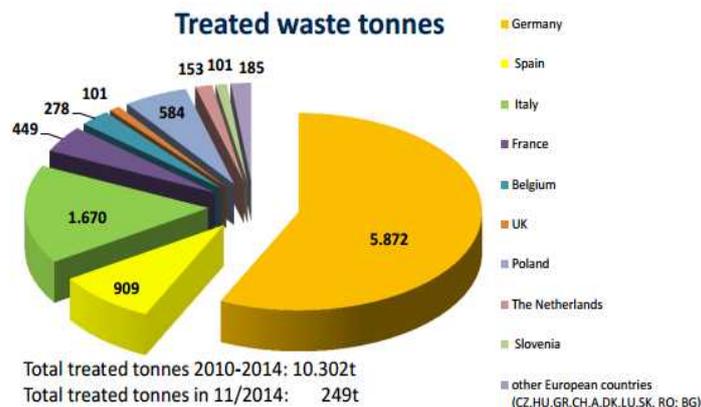
リサイクラーを採用検討する際に、PV CYCLE は試験を行うが、安価で適正な処理を行うことができるリサイクラーは限られており、リサイクラーから契約に対する要望を受ける場合もあるが契約に結び付かない場合が多い。現在、太陽電池モジュールの廃棄量が少ないため、リサイクラーは太陽電池モジュールのリサイクルをするのが難しい。

2010 年 - 2014 年に処理された太陽電池モジュールの重量は、累計 10,302 トンである。そのうち、シリコン系モジュールは約 80% を占める。



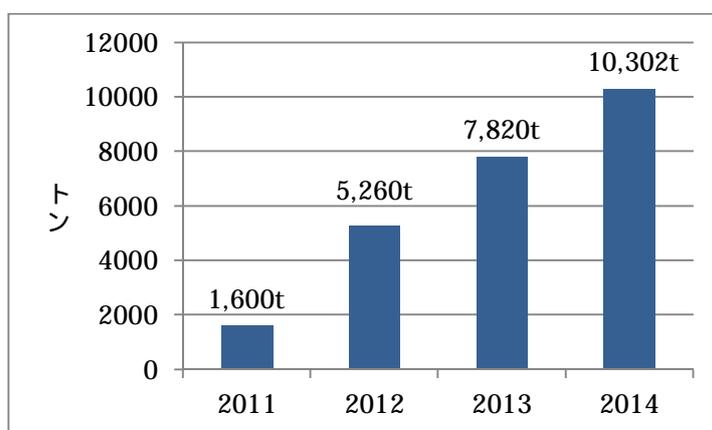
出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-139 2010-2014 年に処理された太陽電池モジュールの種類



出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-140 2010-2014 年に処理した太陽電池モジュール重量 (累積)



出所) PV CYCLE 提供資料等より作成

図 1-141 PV CYCLE 処理量推移 (累積)

## 6) 太陽光発電設備リサイクルの標準化動向

### a. 標準化に向けたスケジュール

欧州委員会は、2013年1月に、CENELEC に対し、太陽光発電設備を含む WEEE の処理に係る EN 規格 (EN; European Norm) を策定させることを求めた。CENELEC は欧州規格を策定している公的機関である。

CENELEC 内には、太陽光発電設備の回収・運搬・処理に係る規格 (Collection, Logistics & Treatment Requirements for WEEE- Part 6: Specific Requirements for the treatment of PV panels) 内容を考案する技術部会 (TC111X) が設立されており、15~20名程度 (業界団体、リサイクラー、政府の規格制定機関等が参加) で規格の内容を検討している。本部会には、First Solar 社や PV CYCLE が EPIA の代表として参加している。規格は、シリコン及び薄膜系の太陽電池モジュールについて議論されている。規格の詳細については現在議論中であり、現時点で6ページしか完成していない。最終版の規格は、2015年の終盤に公開される予定である。

EN 規格をどう利用するかは国毎の判断による。国内の法律において、EN 規格への準拠の義務化するケースや、推奨するケース、または全く引用しないケースがある。

スペインでは、WEEE 指令の国内法案において、上記 EN 規格のドラフトの内容を、国内

法のアネックスの「処理条件」に記載している（本内容は未確定の内容であることから、PV CYCLE より異議申し立て中）。

PV CYCLE は、廃棄物処理手法は、日頃の経験から身に着くものであり、太陽電池モジュールが品質改良されると処理方法も変化するため、太陽光発電設備の処理等に関する CENELEC 規格の内容策定は非常に難しいと感じている。現時点で、最終的に本規格を支持するかどうかは不明である。

## 7) その他

### a. 太陽光発電設備のリユース状況

欧州では、製造業者による太陽光発電設備の B グレード品の輸出がされている。イギリスの太陽電池モジュールメーカーの Solarcentury は、基本的には A グレード品を販売しているが、傷等の部分的不良があった場合は、B グレード品として認定され、中国等に販売している。

B グレード品は、off-grid 用途として、中国の信号機等に使用されている。なお、国内の OffGrid 用途で使用されたり、アフリカ等に寄付される場合もある。A グレード品と B グレード品は、傷の有無等約 40 項目の検査審査項目によって区別されている。

また、ベルギーでは、自治体で回収した WEEE が、リユース可能と判別できたら、リユース団体（Used Goods Center）に受け渡し、販売している。リユースの判別については、判定項目が作成されており、錆がない、古い技術を使用していない、エネルギー消費量も設定範囲内という項目が含まれる。回収された WEEE のうち、約 5% がリユース品として Used Goods Center で販売される。リユース品は、輸入品でない限り、Visible fee は含まれない。

PV CYCLE は、太陽光発電設備の大部分はガラスで構成されるため、リユースのため輸送するのは危険であると、リユースについて懸念を示している。また、使用済の太陽電池モジュールを解体し、再度接続する電気工事する際の安全性の確保も課題である。さらに、太陽電池モジュールは常に技術や価格面での進歩があるため、20 年前のリユース品を使用したいと思う人は少ないと考えている。PV CYCLE は、リユースに対しては、完全に反対する立場にはいないが、リユースする場合は、安全面における管理を徹底することが必要であると考えている。

なお、欧州では、“Repowering Business” と呼ばれるビジネスが存在する。例えば、ベルギー等で 3 年程度使用された大型の太陽光発電プラントをそのままブルガリア等の東ヨーロッパに輸送し使用するというインフラ輸出ビジネスである。

### b. 建材一体型太陽電池モジュール・BOS の処理状況

建材一体型の太陽電池モジュールは、フランス<sup>10</sup>以外の国での導入量は非常に少なく、処理に係る検討は実施されていない。

PV CYCLE に加盟しているリサイクラーの施設において、太陽電池モジュールに付随する電池等と一緒に回収された場合は、基本的に受け取る方針であるが、電池の処理業者に処

<sup>10</sup> フランスでは、建材一体型の方が売電価格が高いため、導入比率が高い。

理を委託する可能性があるとのことである。PV CYCLE によるヒアリングによると、電池は新しい型の太陽電池モジュールに導入されており、これまで電池を回収した事例はないとのことである。なお、変換器や電池には、有価なものが多いため、PV CYCLE の回収拠点に持ち込まれる前に、違う処理業者に販売される可能性が高い。

コネクターは、太陽電池モジュールのガラスに付着しているため、ガラスリサイクラーに引き渡し、処理を委託する。これは、リサイクラーとの契約内容に含まれている。

## 1.4.2 製品特性や排出実態を踏まえた対策メニューの検討

### (1) 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿

- 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿について、物質的側面、経済的側面から整理した。
  - 物質的側面からは、「最終処分負荷と有害物質負荷の削減」「不法投棄の極小化」「リサイクルの推進」「長期使用やリユースによる排出の先延ばし（FIT 制度との連携）」の4点が実現されることが望ましいと考えられる。
  - 経済的側面からは、「撤去・運搬・処理コストの適切な負担」「経済的・効率的なリユース・リサイクルビジネスの展開」の2点 that 実現されることが望ましいと考えられる。

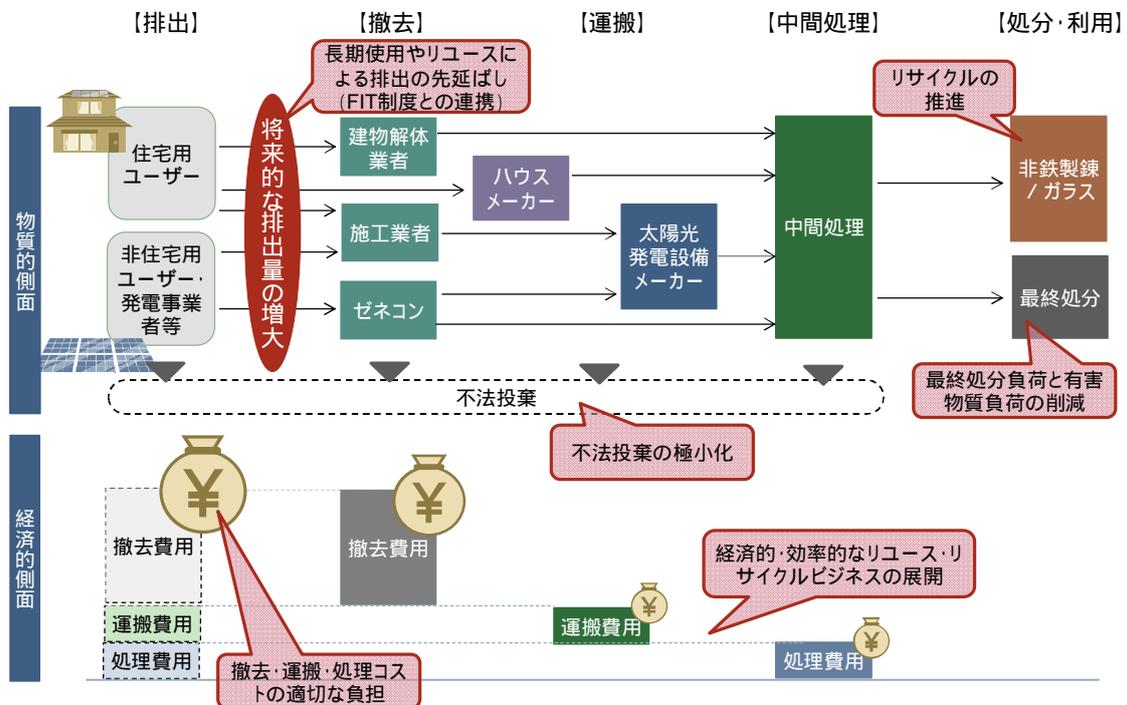


図 1-142 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿

### (2) 現状分析を踏まえた課題の整理

次に、あるべき姿に示した6つのポイントに基づき、現状分析を踏まえた課題を整理した。整理にあたっては、住宅用、非住宅用（主にビル・工場設置）、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）といった太陽光発電設備の設置形態別の区分と、課題が顕在化する時期に留意した。

#### 1) 最終処分負荷と有害物質負荷の削減

- 住宅用については、FIT 買取期間終了（2022 年以降）が排出の契機となる可能性があ

る（排出見込量推計によれば、2025年で数万トン規模）。一方、非住宅用（主にビル・工場設置）、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、FIT 買取期間が最短でも2032年まで続くため、買取期間終了に伴う排出の到来時期は早くともそれ以降と見込まれる。ただし、太陽電池モジュールはFITにより導入が促進されたため、FIT 買取期間終了後の取扱いなど排出メカニズムが不明であり、製品寿命も不確実性が高い点には留意が必要である。また、例えば、地震や台風、大雪等の災害時に故障品が大量排出される可能性についても留意が必要である。

- 将来的に、仮に短期間に大量の排出があり、リサイクル等が実施されない場合には、相当量が最終処分されることとなり、最終処分場の逼迫が懸念される。
  - 地域別に埋立処分場の容量と排出見込量を比較した結果より、一定の地域偏在性が存在することが示唆された。地域偏在性の分布は、（人口密集地域で大量に排出される）家電や自動車等と異なる点についても留意が必要である。
- 太陽電池モジュールを対象に実施した溶出試験では大部分は埋立基準値以下であるが鉛等の検出が確認されている。将来的な排出量の増加も鑑みれば、最終処分場への重金属負荷削減の観点からもリサイクルが望ましい。

## 2) 不法投棄の極小化

- 排出量については、1)に示したとおり、今後増加が見込まれる。大部分は産業廃棄物としての排出が見込まれ、この場合、排出者責任に基づく適正処分の義務が排出事業者（施工業者、建物解体業者、建設工事業者、メーカー等）に発生する。
- リサイクルの経済性は高くないため、将来的に排出量が増加（数万トン規模）した場合に、費用が適切に転嫁されなければ、施工業者や解体業者等により不法投棄される懸念がある。また、例えば、地震や台風、大雪等の災害時に故障品が短期間に大量排出される可能性についても留意が必要である。
- 住宅用については、撤去は施工業者等の専門技術を有した事業者が担うのが一般的であり、住宅用ユーザーが自ら撤去するケースは少ないと想定される。
  - 量は少ないが一般廃棄物としての排出可能性にも留意が必要。

## 3) リサイクルの推進

- 重量比で7~8割を占めるガラスのリサイクルが課題である。少量であれば非鉄製錬プロセスで受入可能（銀の回収が主目的）であるが、大量排出となった場合にはガラス、有機物の受入に制限があるため、事前の選別が必要となる。また、将来的にはモジュールにおける銀の含有量が低下傾向を辿ると見込まれる点についても留意が必要である。
- NEDO（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の技術開発プロジェクトが進行中（平成26-30年度）であり、低コスト分解処理技術、低コスト撤去・分別・回収技術開発調査に取り組んでいるところである。その他にも複数のリサイクル事業者が技術開発に取り組中である。
- 太陽光発電設備メーカーにおいて化学物質削減、易解体設計等の環境配慮設計に取り組中であるが、長期使用に耐えるために解体が容易でないモジュールも排出されている。

- 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、同一種類のモジュールが大量に排出されるため、回収・リサイクルの経済性を高める余地が大きい。

#### 4) 長期使用やリユースによる排出の先延ばし

- 太陽光発電設備メーカーにおいて太陽光発電設備の長寿命化設計に取り組中である。
- リユースについて、現状は海外への輸出によるリユース事例が見られる程度である。ただし、今後の事業環境の変化により、新たな事業形態が出てくる可能性はある。
  - リユースに適さない設備がリユースを名目に輸出され、処分されることが起こらないよう、環境省が2012年に「使用済み電気・電子機器の輸出時における中古品判断基準」を策定している。太陽光発電設備は明示的に対象とされていないものの、海外リユース目的での輸出時には本判断基準に基づき確認を行うことが望ましいと考えられる。
- 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）については、1箇所にも大量のモジュールが導入されるため、総導入コスト（その他周辺機器（BOS）の費用や工事費用を含む）に占めるモジュール費用の割合が高い。相対的に中古モジュールの価格メリットを享受しやすいと考えられる。ただし、耐用年数の短い中古モジュールを受け入れるユーザーがいるかどうかによって左右される。
- 撤去に費用がかかることから、使用されないまま放置（退蔵）されるモジュールが発生する可能性についても留意が必要である。

#### 5) 撤去・運搬・処理コストの適切な負担

- 産業廃棄物となった場合、一義的な費用負担・処理責任は排出事業者（施工業者、建物解体業者、メーカー等）にある。多くの場合、費用についてはユーザーに転嫁される。仮に適切に転嫁されない場合は、廃棄物処理の過程で不法投棄等の違法行為が行われる懸念があるので、ユーザーによる費用の適切な負担が重要である。
  - 非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）の場合は、発電事業者、ゼネコン・建設事業者、メーカー、保険会社、リース会社等の多くの関係主体が存在することに留意が必要である。
- 費用便益分析から、特に撤去費用の占める割合が高い結果となったことから、この費用についてはユーザー（施主）の負担が必要と考えられる。
  - 欧州の制度や自主的スキームでも、撤去費用はユーザー負担となっている。
- メーカーが処理・リサイクルする場合は、将来におけるメーカー倒産等によるメーカー不存時の処理・リサイクルの実施者が問題となる。欧州のWEEE制度ではメーカーが製品販売時にギャランティ（Recycle insurance または Blocked bank account）を提供することにより、倒産時の金銭的補償を行うことでこれに対処している。
  - 特に、非住宅用（主にメガソーラー、地上設置）において、安価な海外メーカー品の導入が進んでいる点に留意が必要である。

## 6) 経済的・効率的なリユース・リサイクルビジネスの展開

- 費用便益分析結果より、埋立よりもリサイクルするケースの方が、費用便益比が大きく、リサイクルの有効性を確認することができた。一方、今回検討したいずれの試算ケースでも費用が便益を上回ったことから、太陽電池モジュールのリサイクルの事業性は高くないと推察される。
- 費用便益分析結果では、撤去費用の占める割合が高く、この部分については施工・撤去や建物解体段階におけるユーザー(施主)による適正なコスト負担が必要と考えられる。
- 撤去費用を除いたとしても、リサイクルシステムの経済性は高くない(費用が便益を上回る)。しかしながら、回収・リサイクル費用については、リサイクル技術の低コスト化や効率的な回収システムの構築により低減できる可能性がある。また、メガソーラーなど、同一種類のモジュールが大量に排出されるケースでは、経済性を高められる余地が大きいと考えられる。一方、将来的にはモジュールにおける銀の含有量が低下傾向を辿ると見込まれる点についても留意が必要である。

(3) リサイクルシステムの経済性・効率性を高める上では、家電や自動車などの他製品のリサイクルシステム・施設の活用可能性や、リユースと併せたシステム構築についても考慮する必要がある。目指すべき方向性

- (2) で整理した課題を踏まえ、あるべき姿の実現のために目指すべき方向性を以下のとおり整理した。

最終処分負荷削減・不法投棄の未然防止対策の観点からリサイクルの受け皿(セーフティネット)を整備していく。リサイクルの経済性が高くないこと並びに埋立処分時に重金属等の溶出の懸念があることから、環境配慮設計等を通じて関連メーカーがリサイクルに関して一定の役割を果たすことが望ましい。

その上で、リサイクルの受け皿に使用済太陽電池モジュールを流すためのフローの適正化を図る(そのためには、適正な費用負担、撤去・運搬の適切性担保が必要)。

国は関連事業者(関連メーカー、産廃処理・リサイクル業者等)による自主的な回収・適正処理・リサイクルシステムが円滑に運用されるよう必要な制度的措置を検討する。

リサイクルシステムの構築・運営に関する社会的コスト削減のために技術開発や環境配慮設計を推進する。その際、欧州 WEEE 指令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。

加えて、モジュールの発生時期を遅らせるための方策として、FIT 期間終了後の発電事業継続の可能性(機器の長寿命化やリユースを含む)も併せて検討する。

#### (4) 対策メニューの検討

- 目指すべき方向性を踏まえ、太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿を実現するための課題と対策メニュー案との関係を整理した。
- 対策メニューとしては、以下の6点を挙げた。これらの詳細については、次節におけるロードマップの中で整理した。
  - 回収・適正処理・リサイクルシステムの強化・構築
  - 技術開発支援
  - 環境配慮設計の推進
  - 撤去・運搬・処理に関するガイドライン作成
  - 住宅用ユーザー・発電事業者等への周知
  - 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）

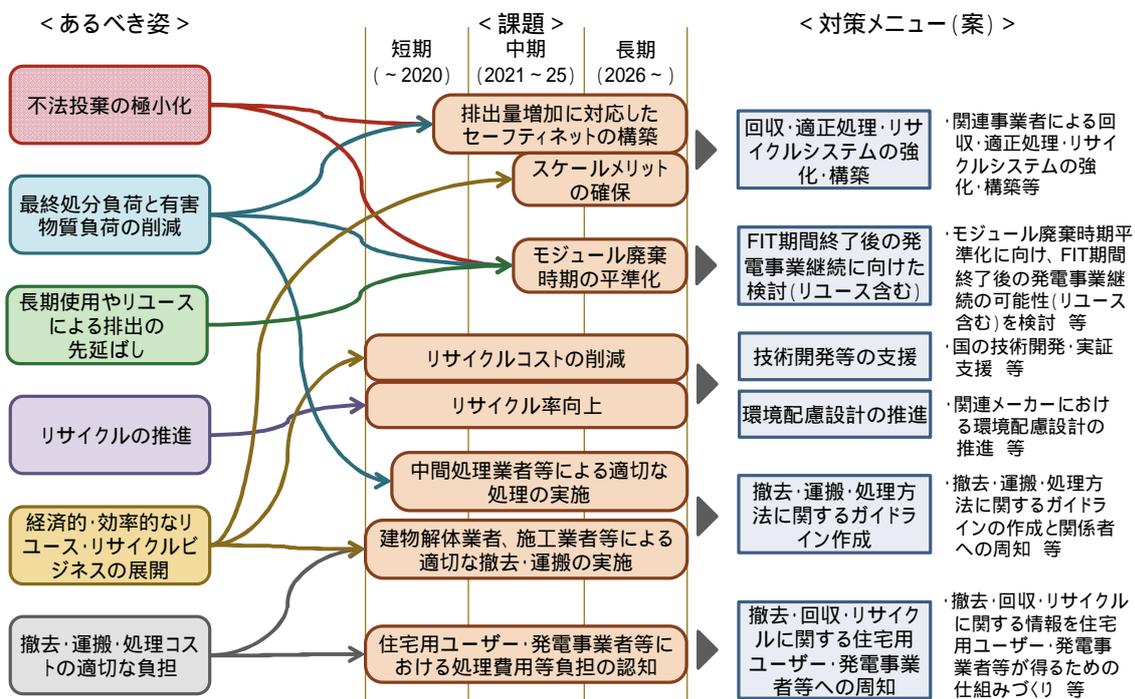


図 1-143 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理のあるべき姿を実現するための課題と対策メニューとの関係

### 1.4.3 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

- リサイクルを含む適正処理の推進に向けた対策メニューと段階的な取組スケジュール等を整理した検討ロードマップは図 1-144 に示すとおりである。また、各対策メニューについて、関係者間の役割や取りうるオプション、検討課題等について表 1-98 に整理する。
- 取組の進捗状況について本検討会の場で定期的（原則1～2年毎）にフォローアップし、政策が有効に機能していないようであれば適宜必要な見直しを行う。
- また、フォローアップに際しては、適宜、排出見込量やリサイクル技術の動向、海外の政策動向等について、最新動向をフォローアップし、検討の参考とする。

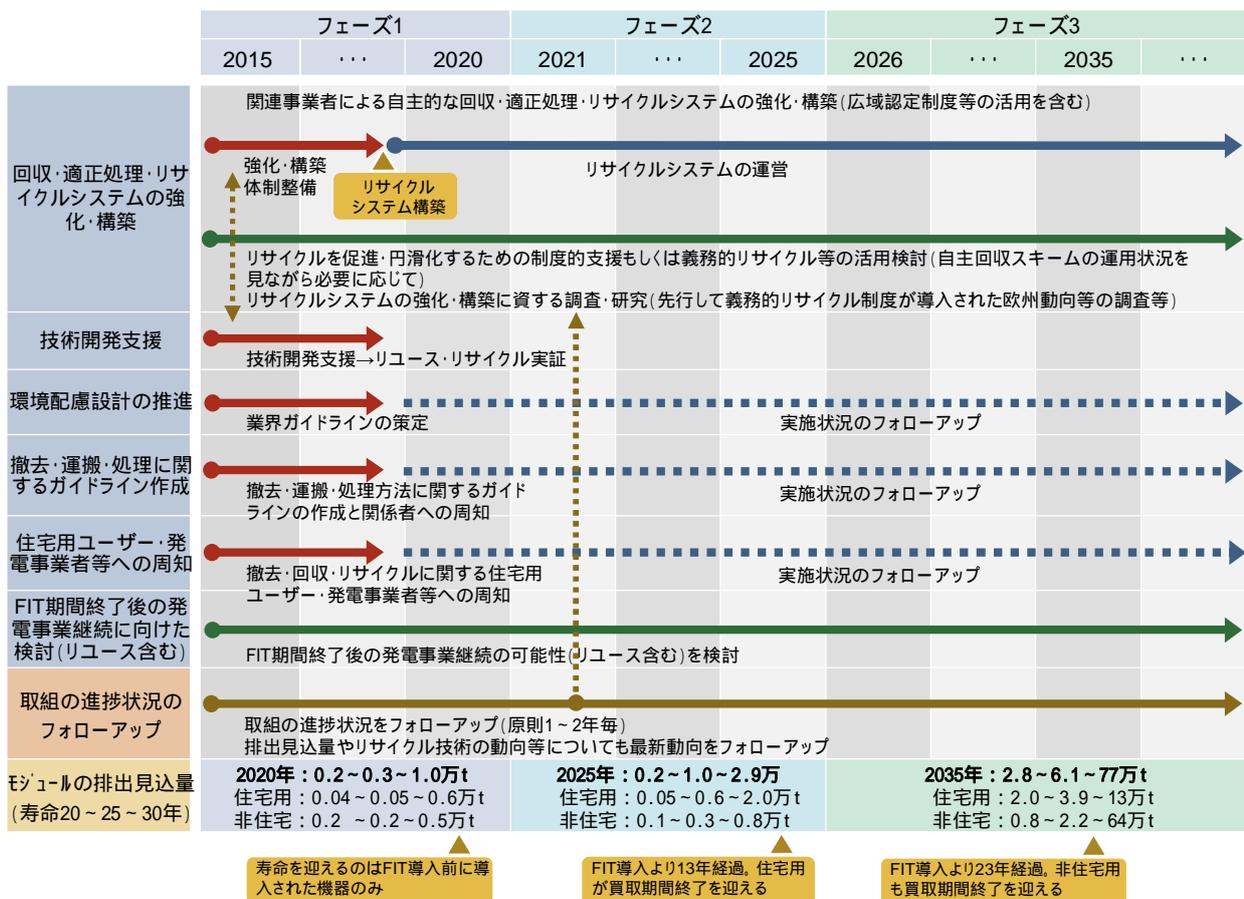


図 1-144 使用済太陽光発電設備のリサイクルを含む適正処理の推進に向けたロードマップ

表 1-98 ロードマップに示した対策メニューとオプションの詳細

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	検討課題
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"> <li>■ 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。</li> <li>■ 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）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> <li>■ 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。加えて、短期間での大量排出にも対応できるよう</li> <li>■ 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。</li> <li>■ 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。</li> </ul>
			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"> <li>■ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> </ul>
			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"> <li>■ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> </ul>
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"> <li>■ リサイクル技術開発（処理技術、利用技術）への財政支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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</li> </ul>

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	検討課題
							<p>(FY2014-2018)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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)。</li> <li>■ リサイクル方法について国際整合性にも配慮が必要。</li> </ul>
			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"> <li>■ リユース・リサイクルの実証事業の実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> <li>■ 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。</li> <li>■ 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)</li> </ul>
			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"> <li>■ リサイクル設備導入への財政支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 設備導入の規模については要検討。</li> </ul>
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"> <li>■ 関連メーカーにおける環境配慮設計の推進</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> </ul>
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"> <li>■ 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 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。</li> <li>■ 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。</li> </ul>
撤去・回収・リ	国	FY2015～	撤去・回収・リサイ	施工業者	周知方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 撤去・回収・リサイクルに関す</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 住宅用ユーザー・発電事業者等との</li> </ul>

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	検討課題
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			クルに関する住宅用ユーザー・発電事業者等への周知	建物解体業者 建設工事業者 国	期間として3年程度を想定	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	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。
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"> <li>■ 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。</li> <li>■ 具体的には、以下の対策を総合的に推進。 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 確実なメンテナンスの実施</li> <li>✓ 適切な更新投資・リパワリングの推進</li> <li>✓ 買取期間終了後の事業継続に向けた環境整備（買取制度枠外での事業者の供給責任や接続・買取条件の整備等）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ モジュールは FIT 期間終了後も発電可能との見解あり。</li> <li>■ 有望なリユースビジネスモデルがあれば推進。</li> </ul>

## 2. 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理に関する調査・検討等

### 2.1 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理に関する調査

現在市販されている太陽熱利用システムは、大きく「自然循環形」、「強制循環形」に分けられる。自然循環形では、集熱部と貯湯部が一体となっているのに対し、強制循環形では、集熱部と貯湯部がそれぞれ機器として完全に分離しているという特徴がある。

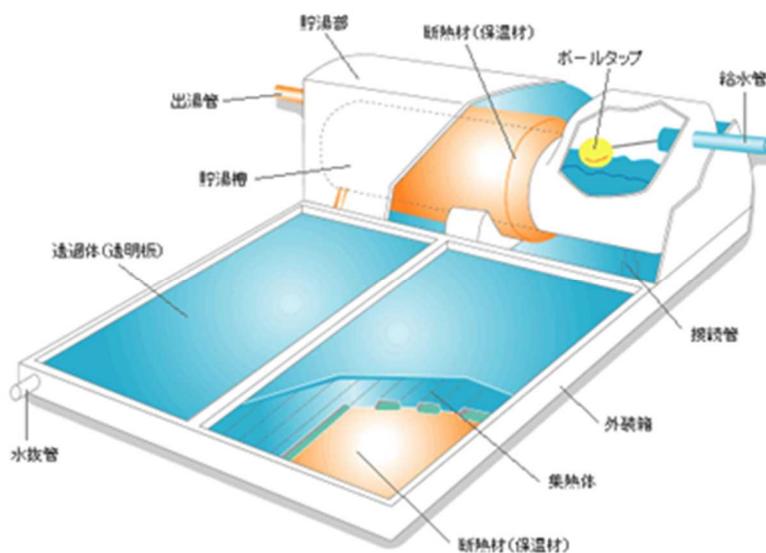


図 2-1 自然循環形の太陽熱利用システムの構造  
出所) 一般社団法人ソーラーシステム振興協会ウェブサイト<sup>11</sup>

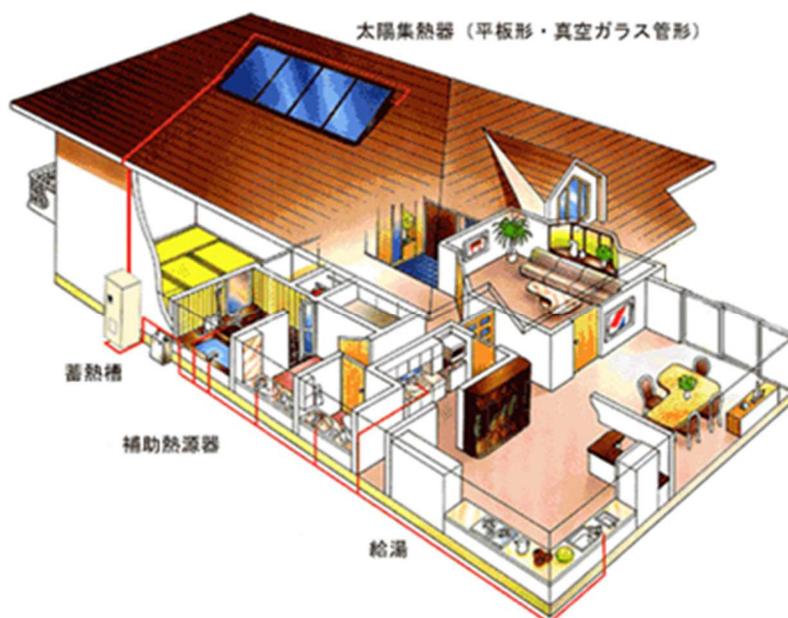


図 2-2 強制循環形の太陽熱利用システムの構造  
出所) 一般社団法人ソーラーシステム振興協会ウェブサイト<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.ssda.or.jp/energy/mechanism.html#onsuiki>

太陽熱利用システムの設置実績は図 2-3 に示すとおり、1980 年代のピーク後、減少傾向にあり、2013 年の設置台数は、太陽熱温水器(自然循環形)3.7 万台、ソーラーシステム(強制循環形)0.47 万台であった。

平成 25 年末現在

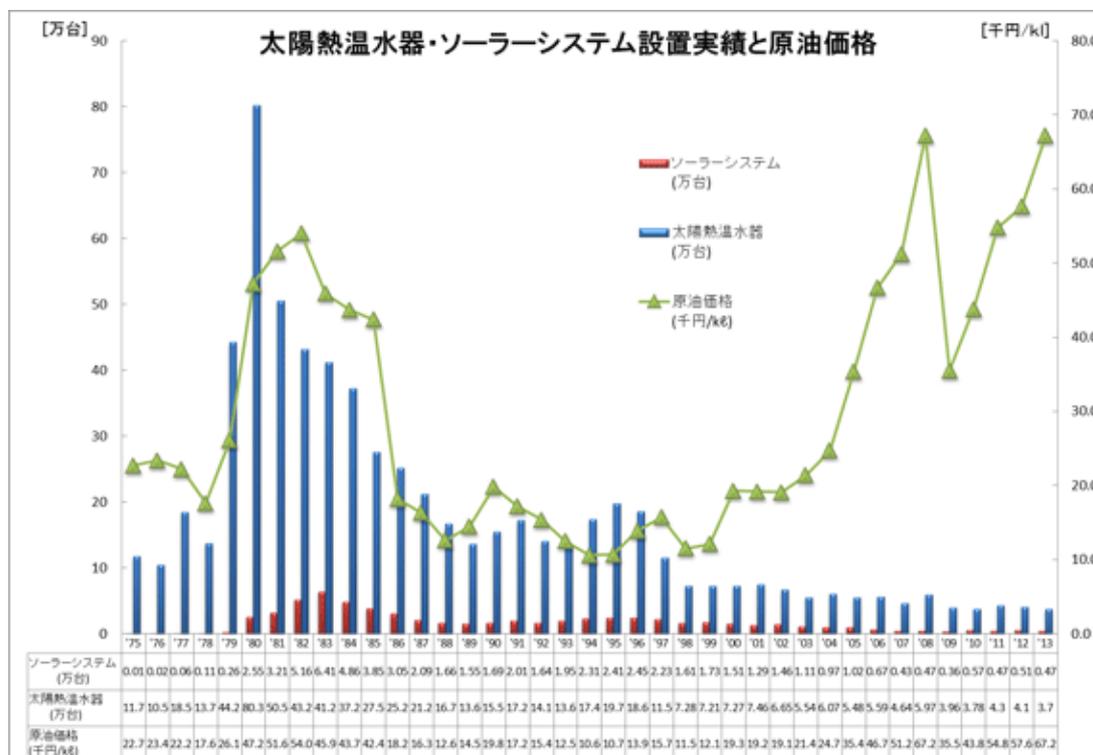


図 2-3 太陽熱温水器・ソーラーシステム設置実績と原油価格  
出所) 一般社団法人ソーラーシステム振興協会ウェブサイト<sup>12</sup>

本項では、消費者向けのアンケートにより、一般家庭における太陽熱利用機器の退蔵の実態、及び消費者の太陽熱利用機器の廃棄の意向の確認を行った。さらに事業者向けのヒアリングにより、使用済太陽熱利用システムの撤去から処分までのフロー、及びフロー上の関係者における使用済太陽熱利用システムの取扱実態を把握した。

### 2.1.1 消費者向けアンケート結果

#### (1) 調査概要

一般家庭における太陽熱利用機器の退蔵の実態、及び消費者の太陽熱利用機器の廃棄の意向の確認を行うため、2014 年 10 月に「一般家庭における太陽熱利用機器の利用実態に関するアンケート調査」を実施した。

なお、本アンケートでは、太陽熱利用機器の説明を行い、太陽光発電機器と違う旨を記載し、回答者の誤解がないよう工夫した。

本アンケート調査は、インターネットによるアンケート調査であり、プレ調査及び本調査

<sup>12</sup> <http://www.ssda.or.jp/energy/result.html>

の2段階に分けて実施した。プレ調査及び本調査の実施概要は表 1-1 のとおりである。

表 2-1 アンケート実施概要

	プレ調査	本調査
対象人数	・ 100,000 人	・ 2,473 人（使用者 2,189 人、退蔵者 284 人）
目的	・ 太陽熱利用機器の保有者（退蔵者含む）を抽出するため	・ 一般家庭における太陽熱利用機器の退蔵の実態（退蔵率・理由） ・ 消費者の太陽熱利用機器の廃棄の意向の確認
回答者属性	・ 太陽熱利用機器設置の地域性を考慮し、導入量が少ない北海道/北陸地方に居住する方を調査対象から除外している。	・ プレ調査において太陽熱利用機器を保有していると回答した方

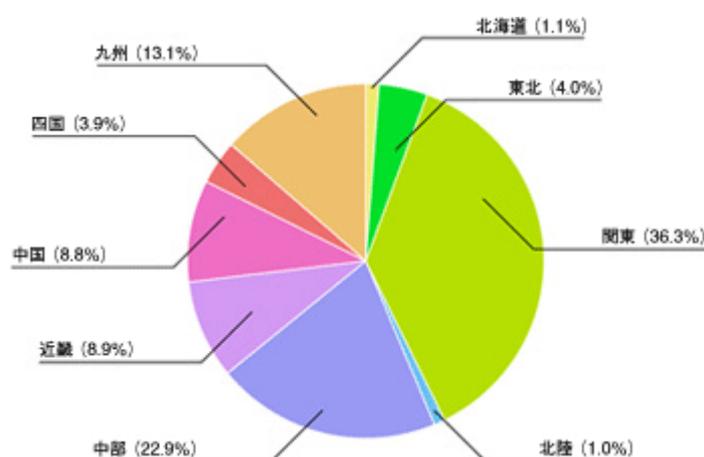


図 2-4 太陽熱利用機器設置実績の地域別内訳  
(平成 25 年末時点)

出所)一般社団法人ソーラーシステム振興協会ウェブサイト

## (2) 調査結果

プレ調査及び本調査の結果を以下に示す。

### 1) プレ調査結果

プレ調査の結果、太陽熱利用機器の保有者は、全回答者の約 5%であり、そのうち退蔵者は約 14%であることが判明した。

#### a. 回答者居住地域

回答者の居住地域として最も多いのが、関東地方 (41.3%) である。続いて多いのが、近畿地方 (20%) である。

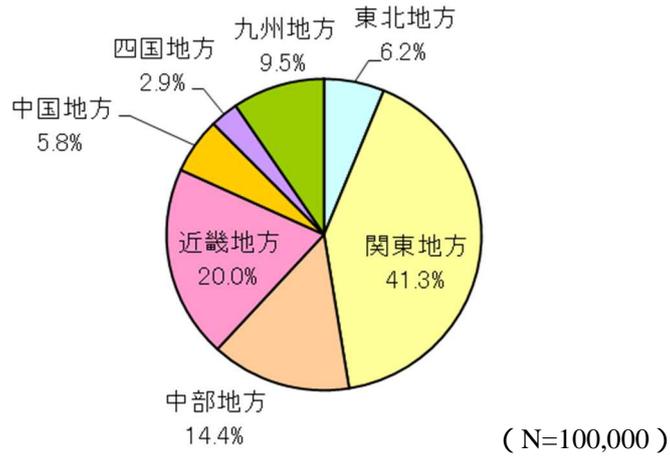


図 2-5 回答者居住地域

b. 居住形態

回答者の居住形態で最も多いのが、持ち家・一戸建て(48.8%)である。続いて多いのが、賃貸・マンション/アパート(29.5%)である。

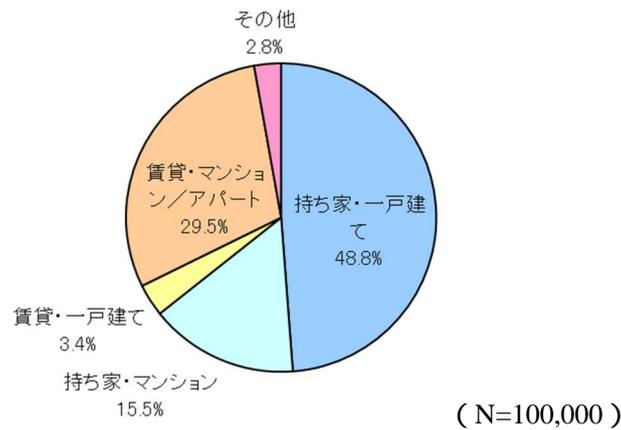


図 2-6 居住形態

c. 太陽熱利用機器の保有状況

回答者 100,000 人のうち、太陽熱利用機器を保有していると回答した人は、4.9% (4,947 人) である。

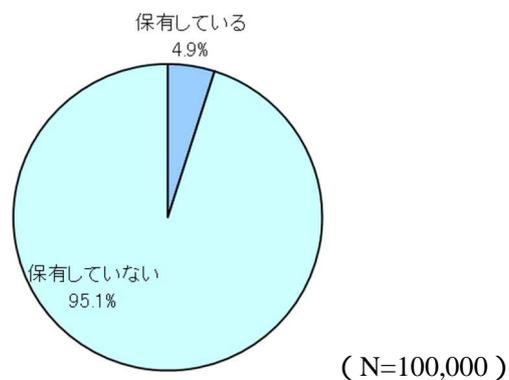


図 2-7 太陽熱利用機器の保有状況

表 2-2 太陽熱利用機器の保有状況

あなたの世帯では、太陽熱利用機器を保有していますか(故障等で使用していない場合も含みます)。 単一回答		N	%
1	保有している	4947	4.9
2	保有していない	95053	95.1
全体		100000	100.0

d. 太陽熱利用機器の使用状況

太陽熱利用機器を保有している人(4,947人)のうち、太陽熱利用機器を使用している人は86%、使用していない人は14%である。

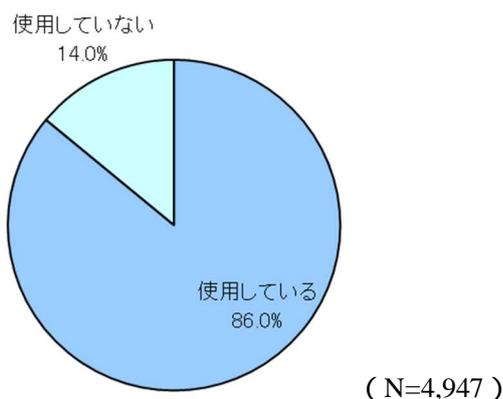


図 2-8 太陽熱利用機器の使用状況

表 2-3 太陽熱利用機器の使用状況

あなたの世帯では、前問で回答した太陽熱利用機器を現在使用していますか。 単一回答		N	%
1	使用している	4256	86.0
2	使用していない	691	14.0
全体		4947	100.0

e. 太陽熱利用機器の取外し等実績

回答者のうち、「太陽熱利用機器を取外し、新たな太陽熱利用機器を設置したことがある」、「太陽熱利用機器を取り外し、太陽光発電システムを設置したことがある」、「単に太陽熱利用機器を取り外したことがある(取り外し後に機器を設置していない)」、「太陽熱利用機器が載っている家屋を取り壊したことがある」と回答した人は、それぞれ1%以下であり、96.4%の人は、上記のいずれもないと回答した。

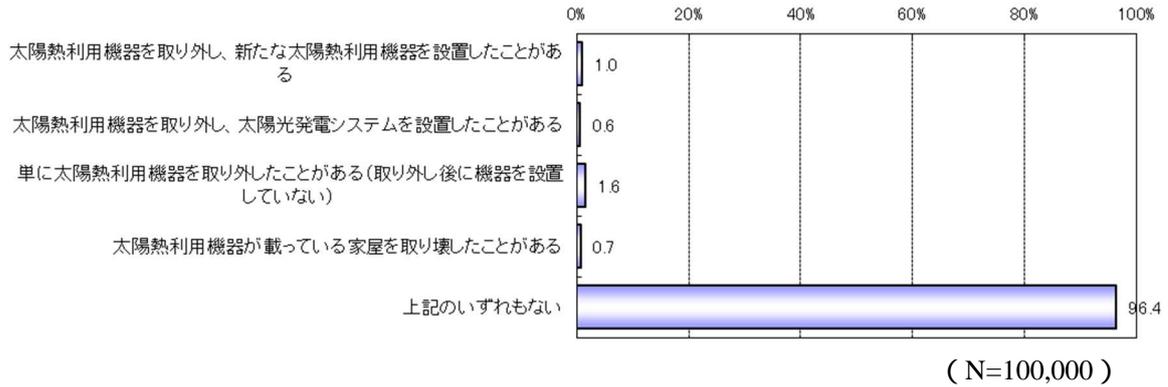


図 2-9 太陽熱利用機器の取外し等実績

表 2-4 太陽熱利用機器の取外し等実績

あなたの世帯では、これまでに太陽熱利用機器を取り外したり、太陽熱利用機器が載っている家屋を取り壊したことがありますか。あてはまるものをすべてお選び下さい。複数回答		N	%
1	太陽熱利用機器を取り外し、新たな太陽熱利用機器を設置したことがある	976	1.0
2	太陽熱利用機器を取り外し、太陽光発電システムを設置したことがある	615	0.6
3	単に太陽熱利用機器を取り外したことがある(取り外し後に機器を設置していない)	1563	1.6
4	太陽熱利用機器が載っている家屋を取り壊したことがある	722	0.7
5	上記のいずれもない	96405	96.4
全体		100000	100.0

f. 太陽熱利用機器取外し後の買い替え意向

回答者に対し、今後太陽熱利用機器の買い替え及び新規購入の意向について聞いたところ、「買い換えたいと思う／購入したいと思う」と回答した人は、15.7%、残りの84.3%は、「買い替えたいと思わない／購入したいと思わない」と回答した。

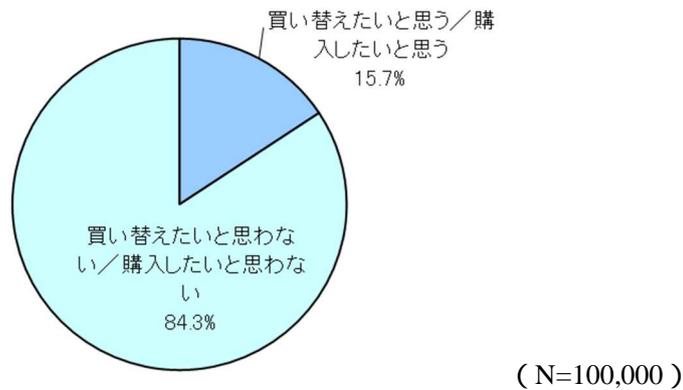


図 2-10 太陽熱利用機器取外し後の買い替え意向

表 2-5 太陽熱利用機器取外し後の買い替え意向

	現在、太陽熱利用機器を保有している方は、本機器を取り外した場合に、新たな機器に買い替えたいと思いますか。また、現在、太陽熱利用機器を保有していない方は、今後5年以内に同機器を購入したいと思いますか。 お気持ちに近いものをお選び下さい。 単一回答	N	%
1	買い替えたいと思う / 購入したいと思う	15711	15.7
2	買い替えたいと思わない / 購入したいと思わない	84289	84.3
	全体	100000	100.0

## 2) 本調査結果

本調査では、プレ調査において太陽熱利用機器を保有（退蔵含む）していると回答した方を対象とし、太陽熱利用機器の退蔵の実態と、廃棄の意向の確認を行った。回答者数は2,473人（使用者2,189人、退蔵者284人）である。

### a. 回答者居住地域

回答者の居住地域として最も多いのが、関東地方（27.8%）である。続いて多いのが、中部地方（20.3%）である。

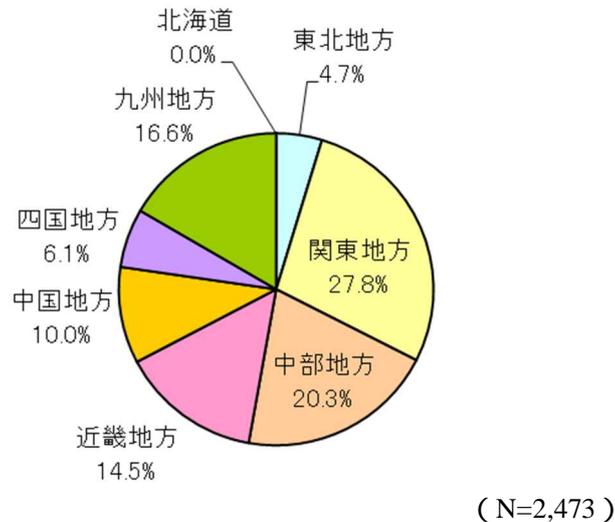
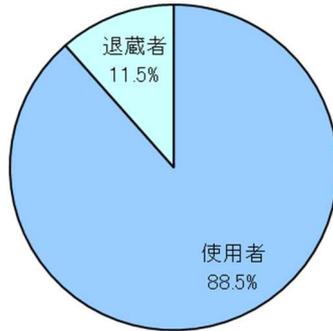


図 2-11 回答者居住地域

### b. 太陽熱利用機器の使用者及び退蔵者の人数・割合

太陽熱利用機器を保有している人（2,473人）のうち、太陽熱利用機器を使用している人は88.5%、太陽熱利用機器を保有しているが使用していない人（以下、退蔵者）は11.5%いる。



( N=2,473 )

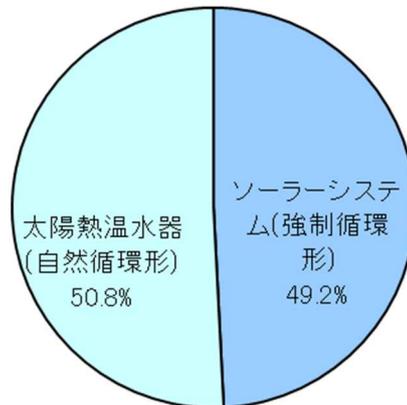
図 2-12 太陽熱利用機器の使用者及び退蔵者の人数・割合

表 2-6 太陽熱利用機器の使用者及び退蔵者の人数・割合

太陽熱利用機器の利用状況 単一回答		N	%
1	使用者	2189	88.5
2	退蔵者	284	11.5
全体		2473	100.0

c. 保有している太陽熱利用機器の種類

太陽熱利用機器を使用している人 ( 2,189 人 ) のうち、太陽熱温水器とソーラーシステムの使用者はほぼ同数であった。



( N=2,189 )

図 2-13 保有している太陽熱利用機器の種類

表 2-7 保有している太陽熱利用機器の種類

あなたの世帯で現在使用している太陽熱利用機器の種類について、以下の選択肢の中から当てはまるものを選択して下さい。 単一回答		N	%
1	ソーラーシステム (強制循環形)	1076	49.2
2	太陽熱温水器 (自然循環形)	1113	50.8
全体		2189	100.0

d. 太陽熱利用機器の設置時期

太陽熱利用機器の使用者 2,189 人のうち、現在保有している太陽熱利用機器を今年～5 年前（2009 年～2014 年）に設置した人は 40.6%いる。

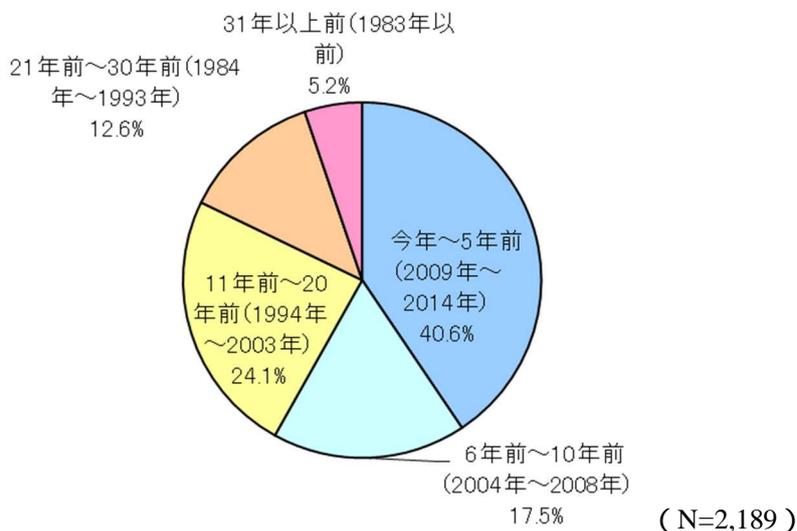


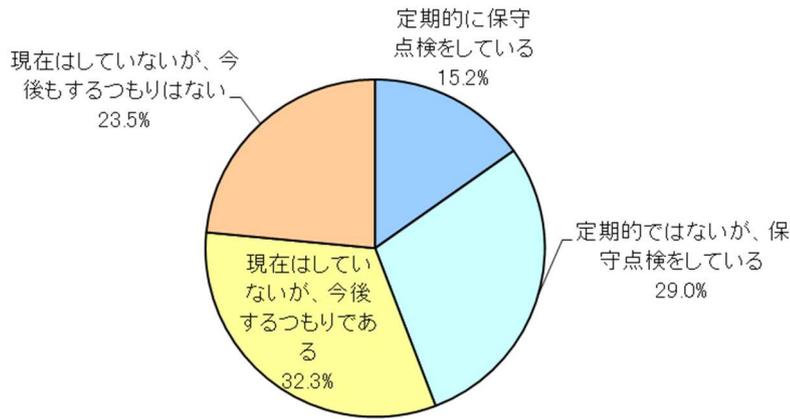
図 2-14 太陽熱利用機器の設置時期

表 2-8 太陽熱利用機器の設置時期

現在使用している太陽熱利用機器をいつ設置しましたか、近いものをお選び下さい。 単一回答		N	%
1	今年～5年前 (2009年～2014年)	889	40.6
2	6年前～10年前 (2004年～2008年)	383	17.5
3	11年前～20年前 (1994年～2003年)	528	24.1
4	21年前～30年前 (1984年～1993年)	275	12.6
5	31年以上前 (1983年以前)	114	5.2
全体		2189	100.0

e. 太陽熱利用機器の保守点検実施状況

太陽熱利用機器の使用者 2,189 人のうち、当該機器の保守点検について、「現在はしていないが、今後するつもり」と回答した人は 32.3%、「定期的ではないが、保守点検をしている」と回答した人は 29%である。



( N=2,189 )

図 2-15 太陽熱利用機器の保守点検実施状況

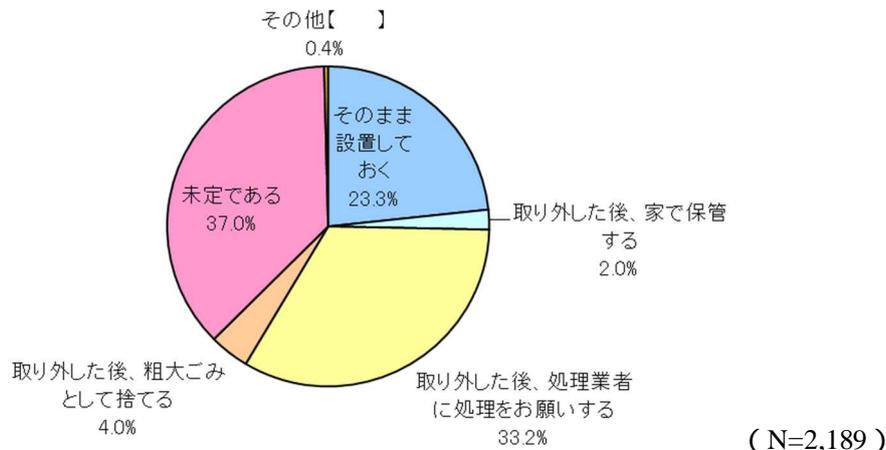
表 2-9 太陽熱利用機器の保守点検実施状況

あなたの世帯で利用している太陽熱利用機器について、保守点検は行っていますか。 単一回答		N	%
1	定期的に保守点検をしている	333	15.2
2	定期的ではないが、保守点検をしている	634	29.0
3	現在はしていないが、今後するつもりである	707	32.3
4	現在はしていないが、今後するつもりはない	515	23.5
全体		2189	100.0

f. 想定される太陽熱利用機器使用後の措置

太陽熱利用機器の使用者 2,189 人のうち、現在使用している太陽熱利用機器の措置について「未定」と回答した人は 37%、次いで、「取外した後、処理業者に処理をお願いします」33.2%、「そのまま設置しておく」23.3%である。

その他の回答としては、「買い替える」が最も多く、他に「ハウスメーカーに相談し、良い方法を決める」等が挙げられる。



( N=2,189 )

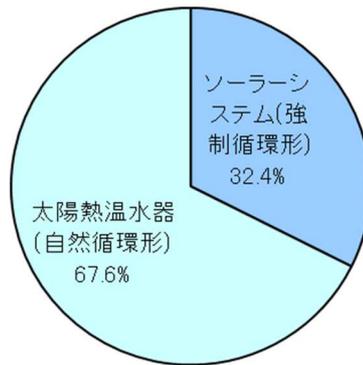
図 2-16 想定される太陽熱利用機器使用後の措置

表 2-10 想定される太陽熱利用機器使用後の措置

	あなたの世帯で今後、太陽熱利用機器を使用しなくなった場合、どのような措置をお取りになるご予定ですか。使用しなくなった場合を想定してお答え下さい。 単一回答	N	%
1	そのまま設置しておく	510	23.3
2	取り外した後、家で保管する	44	2.0
3	取り外した後、処理業者に処理をお願いする	727	33.2
4	取り外した後、粗大ごみとして捨てる	88	4.0
5	未定である	811	37.0
6	その他	9	0.4
	全体	2189	100.0

g. 退蔵している太陽熱利用機器の種類

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、太陽熱温水器を退蔵している人は 67.6%、ソーラーシステムを退蔵している人は 32.4%である。



(N=284)

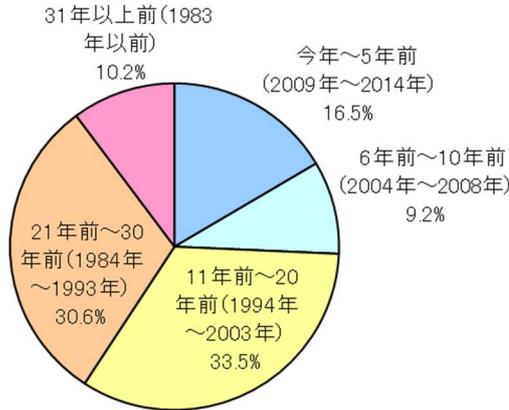
図 2-17 退蔵している太陽熱利用機器の種類

表 2-11 退蔵している太陽熱利用機器の種類

	あなたの世帯で現在保有しているが使用していない太陽熱利用機器の種類について、以下の選択肢の中から当てはまるものを選択して下さい。 単一回答	N	%
1	ソーラーシステム(強制循環形)	92	32.4
2	太陽熱温水器(自然循環形)	192	67.6
	全体	284	100.0

h. 退蔵している太陽熱利用機器の設置時期

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、現在退蔵している太陽熱利用機器を 11 年前～20 年前（1994 年～2003 年）に設置した人は 33.5%、21 年前～30 年前（1984 年～1993 年）に設置した人は 30.6%いる。



(N=284)

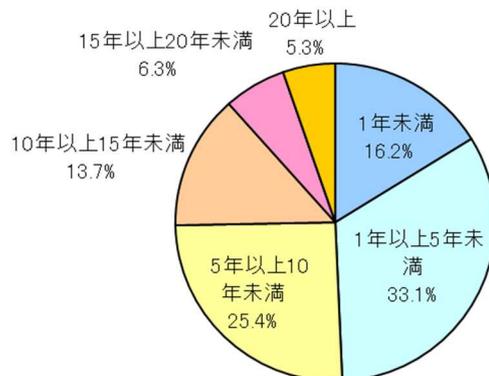
図 2-18 退蔵している太陽熱利用機器の設置時期

表 2-12 退蔵している太陽熱利用機器の設置時期

	現在使用していない太陽熱利用機器をいつ設置しましたか。近いものをお選び下さい。 単一回答	N	%
1	今年～5年前(2009年～2014年)	47	16.5
2	6年前～10年前(2004年～2008年)	26	9.2
3	11年前～20年前(1994年～2003年)	95	33.5
4	21年前～30年前(1984年～1993年)	87	30.6
5	31年以上前(1983年以前)	29	10.2
	全体	284	100.0

i. 退蔵している太陽熱利用機器の保有期間

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、太陽熱利用機器を 1 年以上 5 年未満退蔵している人は 33.1%、5 年以上 10 年未満退蔵している人は 25.4%いる。



(N=284)

図 2-19 退蔵している太陽熱利用機器の保有期間

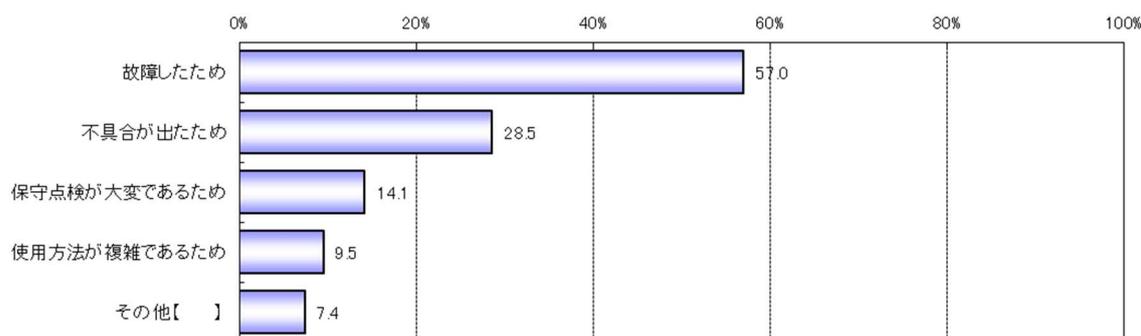
表 2-132-14 退蔵している太陽熱利用機器の保有期間

太陽熱利用機器を使用していない期間はどのくらいですか。 近いものをお選び下さい。 単一回答		N	%
1	1年未満	46	16.2
2	1年以上5年未満	94	33.1
3	5年以上10年未満	72	25.4
4	10年以上15年未満	39	13.7
5	15年以上20年未満	18	6.3
6	20年以上	15	5.3
全体		284	100.0

j. 退蔵の理由

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、故障したため退蔵していると回答した人は最も多く 57% いる。

その他の回答としては、「石油自動給湯機等の他の機器を設置したため」「風呂を使用しなくなった」、「設置途中でメーカーが倒産して稼働してないままになっている」等が挙げられる。



(N=284)

図 2-20 退蔵の理由

表 2-15 退蔵の理由

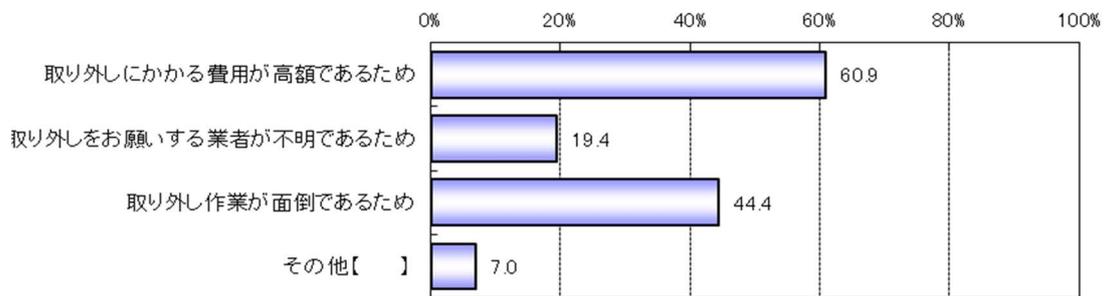
現在太陽熱利用機器を使用していないのはどうしてですか。 あてはまるものをすべてお選び下さい。 複数回答		N	%
1	故障したため	162	57.0
2	不具合が出たため	81	28.5
3	保守点検が大変であるため	40	14.1
4	使用方法が複雑であるため	27	9.5
5	その他	21	7.4
全体		284	100.0

k. 退蔵している太陽熱利用機器の取外しを行わない理由

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、太陽熱利用機器の取外しを行わない理由として、「費用が高額であるため」と回答した人は 60.9% いる。続いて、「取外し作業が面倒である

ため」と回答した人が44.4%いる。

その他の回答としては、「別の機器を設置するタイミングで取外す予定であるため」、「そのままでの邪魔にならないため」等が挙げられる。



(N=284)

図 2-21 退蔵している太陽熱利用機器の取外しを行わない理由

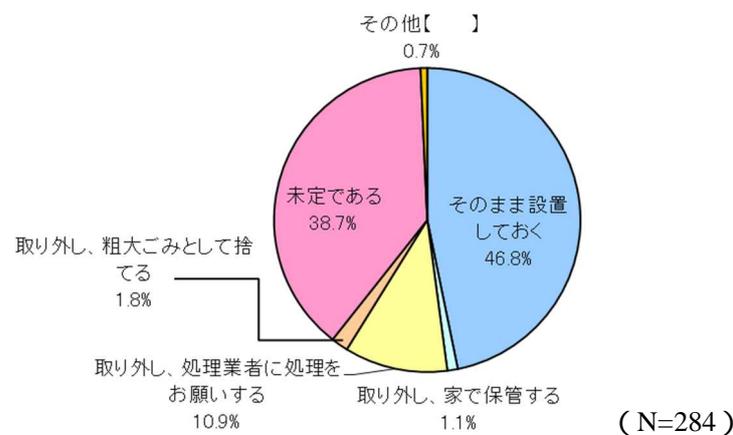
表 2-16 退蔵している太陽熱利用機器の取外しを行わない理由

現在使用していない太陽熱利用機器を取り外していないのはどうしてですか。あてはまるものをすべてお選び下さい。取外しや、取り壊しをした方は、選択肢4「その他」を選択して下さい。複数回答		N	%
1	取外しにかかる費用が高額であるため	173	60.9
2	取外しをお願いする業者が不明であるため	55	19.4
3	取外し作業が面倒であるため	126	44.4
4	その他	20	7.0
全体		284	100.0

### 1. 想定される退蔵している太陽熱利用機器への今後の措置

太陽熱利用機器の退蔵者 284 人のうち、退蔵している太陽熱利用機器を今後「そのまま放置しておく」と回答した人は46.8%、「未定である」と回答した人は38.7%いる。

その他の回答としては、「再利用」等が挙げられる。



(N=284)

図 2-22 想定される退蔵している太陽熱利用機器への今後の措置

表 2-17 想定される退蔵している太陽熱利用機器への今後の措置

現在使用していない太陽熱利用機器について、おおよそ1年以内に何らかの措置を取る予定はありますか。		N	%
単一回答			
1	そのまま設置しておく	133	46.8
2	取り外し、家で保管する	3	1.1
3	取り外し、処理業者に処理をお願いする	31	10.9
4	取り外し、粗大ごみとして捨てる	5	1.8
5	未定である	110	38.7
6	その他	2	0.7
全体		284	100.0

### 3) アンケート結果のまとめ

本アンケートから判明した点は以下の通りである。

- ・ 現在保有している太陽熱利用機器は、ソーラーシステムと太陽熱温水器がそれぞれ半数を占めるが、退蔵している太陽熱利用機器の数量は、太陽熱温水器がソーラーシステムの約2倍である。
- ・ 太陽熱利用機器の保有者のうち、退蔵している者の割合(退蔵率)は14%である<sup>13</sup>。その結果に対して、太陽熱利用機器メーカーより、農村地域や空き家における太陽熱利用機器の退蔵数が多く、アンケート調査結果の退蔵率よりも実際の退蔵率は高いのではないかと指摘があった。空き家における退蔵率は今回のアンケートでは把握できない。また、本アンケート回答者に占める農村地域に居住している方の割合が、実際の農村地域に居住している方の割合と比較して低い可能性もあるため、実際の退蔵率が今回のアンケート結果よりも高い可能性があると考えられる。
- ・ が今回のインターネットアンケート調査に協力頂いていない、農村地域に方が退蔵しているケースが多い。
- ・ 太陽熱利用機器の使用者のうち、40.6%が、太陽熱利用機器を今年～5年未満に設置しており、太陽熱利用機器の退蔵者284人のうち、33.5%が11年前～20年未満、30.6%が21年前～30年未満に設置している。
- ・ 太陽熱利用機器を退蔵している期間は、1年以上～5年未満、5年以上～10年未満がそれぞれ33.1%と25.4%を占める。
- ・ 退蔵している理由は、故障が57%と最も多く、その次に不具合が28.5%と続く。
- ・ 今後太陽熱利用機器を使用しなくなった場合の措置の想定として最も多かったのが「未定」で37%、その次に「取外した後、処理業者に処理をお願いする」が33.2%、「そのまま放置しておく」が23.3%と続く。
- ・ 退蔵者のうち、1年以内に何らかの措置をとると決めている人はほぼおらず、「そのまま措置しておく」が46.8%、「未定である」と回答した方が38.7%である。
- ・ 退蔵者が太陽熱利用機器を取り外さない理由としては、「費用が高額であるため」と回答した方が60.9%、「取外し作業が面倒であるため」が44.4%である。

<sup>13</sup> 本アンケート調査は、プレ調査・本調査の2段階方式で実施。プレ調査における太陽熱利用機器保有者は4,947人で、退蔵率は14%であった。本調査における太陽熱利用機器保有者は2,473人で、退蔵率は12%であった。回答数の多いプレ調査の結果を採用し、太陽熱利用機器の退蔵率を14%とした。

#### 4) クロス集計結果

本項では、アンケート回答のクロス集計の結果、相関が見られたものについて取り上げている。

##### a. 消費者の今後の太陽熱利用機器の買い替え / 購入意向

現在、太陽熱利用機器を保有している人の買い替え意欲は 33.5% であるのに対し、保有していない人の購入意欲は 14.8% である。

表 2-18 消費者の今後の太陽熱利用機器の買い替え / 購入意向

		Q5 現在、太陽熱利用機器を保有している方は、本機器を取り外した場合に、新たな機器に買い替えたいと思いますか、また、現在、太陽熱利用機器を保有していない方は、今後5年以内に同機器を購入したいと思いますか。お気持ちに近いものをお選び下さい。		
		全体	買い替えたいと思う / 購入したいと思う	買い替えたいと思わない / 購入したいと思わない
全体		100000 100.0	15711 15.7	84289 84.3
Q2 あなたの世帯では、太陽熱利用機器( )を保有していますか(故障等で使用していない場合も含みます)。	保有している	4947 100.0	1656 33.5	3291 66.5
	保有していない	95053 100.0	14055 14.8	80998 85.2

##### b. 太陽熱利用機器の種類と退蔵期間

ソーラーシステムの退蔵期間は、1年以上5年未満が40.2%と最も多く、1年未満が16.2%と続く。太陽熱温水器の退蔵期間は、1年以上5年未満が29.7%と最も多く、5年以上10年未満が26.6%と続く。このことより、太陽熱温水器の方がソーラーシステムよりも退蔵期間が長いことが分かる。

表 2-19 太陽熱利用機器の種類と退蔵期間

		Q7 太陽熱利用機器を使用していない期間はどのくらいですか。近いものをお選び下さい。						
		全体	1年未満	1年以上5年未満	5年以上10年未満	10年以上15年未満	15年以上20年未満	20年以上
全体		284	16.2	33.1	25.4	13.7	6.3	5.3
Q5 あなたの世帯で現在保有しているが使用していない太陽熱利用機器の種類	ソーラーシステム(強制循環形)	92	26.1	40.2	22.8	3.3	3.3	4.3
	太陽熱温水器(自然循環形)	192	11.5	29.7	26.6	18.8	7.8	5.7

##### c. 太陽熱利用機器設置時期と退蔵期間

退蔵している太陽熱利用機器のうち、11年前から20年前に設置されたものについては、使用されなくなってから1年以上5年未満経っているものが45.3%、使用されなくなってから5年以上10年未満経っているものが30.5%である。一方、より古い製品である21年前から30年前に設置されたものについては、使用されなくなってから5年以上10年未満経っているものが30.5%、使用されなくなってから10年以上15年未満経っているものが28.7%である。

また、31年以上前に太陽熱利用機器を設置し、20年以上退蔵している人も一定数(24.1%)いる。

このことから、一度太陽熱利用機器を退蔵した人は、そのまま退蔵し続ける傾向にあると推測される。

表 2-20 太陽熱利用機器設置時期と退蔵期間

		Q7 太陽熱利用機器を使用していない期間はどのくらいですか。 近いものをお選び下さい。						
		全体	1年未満	1年以上5年未満	5年以上10年未満	10年以上15年未満	15年以上20年未満	20年以上
全体		284	16.2	33.1	25.4	13.7	6.3	5.3
Q6 現在使用していない太陽熱利用機器をいつ設置しましたか。 近いものをお選び下さい。	今年～5年前(2009年～2014年)	47	46.8	46.8	2.1	0.0	0.0	4.3
	6年前～10年前(2004年～2008年)	26	19.2	53.8	26.9	0.0	0.0	0.0
	11年前～20年前(1994年～2003年)	95	8.4	45.3	30.5	8.4	6.3	1.1
	21年前～30年前(1984年～1993年)	87	9.2	13.8	31.0	28.7	11.5	5.7
	31年以上前(1983年以前)	29	10.3	10.3	27.6	20.7	6.9	24.1

### 2.1.2 事業者向けヒアリング調査等の結果

使用済太陽熱利用システムの撤去から処分までのフロー及びフロー上の関係者における使用済太陽熱利用システムの取扱実態を把握することを目的として、ヒアリング調査等を実施した。

表 2-21 調査の概要

関係者	調査内容
施工業者	一般社団法人ソーラーシステム振興協会ウェブサイトに掲載の取扱業者(太陽熱利用システムの施工業者)の中から9件にヒアリングを実施。
産業廃棄物処理業者	産業廃棄物処理業者3件にヒアリングを実施。
太陽熱利用システムメーカー	一般社団法人ソーラーシステム振興協会の協力により、アンケート調査等に対するアドバイス等をいただいた。

主な調査結果は以下の通りである。

#### <太陽熱利用システムについて>

- ・ 強制循環形の方が自然循環形よりも初期投資が高い。
- ・ 強制循環形では、家庭の給湯全体を賄うことができ、ランニングコストのメリットが大きい。自然循環形では、風呂の湯だけに対応する場合が大半である。湯が必要な冬場に湯が暖まらず、あまり湯を使わない夏場に80度くらいまで湯温が上がるという懸念がある。

#### <太陽熱利用システムの設置について>

- ・ 太陽熱利用システムの設置件数は、最近10年以上減少傾向にある。
- ・ 太陽熱利用システム設置のコストメリットを打ち出せないことが大きな理由のひとつである。特に既築の住宅への進め方が難しい(新築の場合は、住宅建築費に太陽熱利用システムの初期投資が含まれるため、初期投資が小さく感じられる)。

#### < 太陽熱利用システムのメンテナンスについて >

- ・ 強制循環形のうちの「間接循環式」については、不凍液の入れ替え・追加を定期的  
に実施する必要がある。2年に1度程度の頻度が望ましいが、3.4年で入れ替えをす  
る場合が多い。
- ・ 消費者が定期的なメンテナンス契約を締結することはあまりなく、不具合があった  
場合に都度メンテナンスをする場合が多い。
- ・ 製品の寿命は、自然循環形・強制循環形ともに同程度で、20年程度は利用可能であ  
る。強制循環形は、リレー・ポンプなど構成部材が多く、寿命が短い部品がある。  
強制循環形は、メンテナンス費用も自然循環形と比較して高い。自然循環形で傷み  
やすい箇所は以下のとおりである。
  - ボールタップ：早いと7~8年程度（長いと13年程度）で交換が必要。ごみ等の  
異物が混入しパッキンが閉まらない等の不具合が出る。
  - タンクとパネルの継ぎ手：ゴム製のものであり経年劣化がある
  - 給湯ガイド：10年程度で劣化
  - タンク（ポリエチレン製のもの）：紫外線で劣化（14~20年程度）。近年はステン  
レス製のものも出てきている。
- ・ 太陽熱利用システムのメーカーによっては、部品の供給の見通しが見えないことから、  
太陽熱利用システムの修理できなくなることを懸念している施工業者やユーザーがい  
る。

#### < 太陽熱利用システムの取り外し理由 >

- ・ 太陽熱利用システムの取り外し理由としては、以下が挙げられる。
  - 家屋の建て替え・改装のために、太陽熱利用システムを取り外す。
  - 既存太陽熱利用システムが古くなっており、修理が難しくなる前の対処ということ  
で、太陽熱利用システムを取り外す。
  - 太陽熱利用システムが壊れて修理をしたいが、修理部品がなくため、太陽熱利用シ  
ステムを取り外す。
  - 買い替えのために、太陽熱利用システムを取り外す。買い替え製品としては、太陽光  
発電システム・エコキュート・再度太陽熱利用システムの場合がある。
  - 台風・地震などの災害時の危機管理のために太陽熱利用システムを取り外す。（台  
風等で落下する懸念から取り外す。家屋が古く、地震によるより大きな被害を防ぐ  
ために取り外す。
  - 美観的に屋根に太陽熱利用システムがない方がよいからという理由で撤去する場  
合もある。
- ・ 太陽熱利用システムは、ワイヤーで止めているため、古くなるといずれ落ちてしまう。  
また、太陽熱利用システムの設置を前提に家を建てている人は数%である。製品重量が  
200kg以上はあるため、屋根・家屋に負荷はかかっていると考えられる。

- ・ 使用済み太陽熱利用システムを住宅の屋根に載せたままにすると、屋根が傷む。太陽熱利用システムはタンクに水が入った状態で安全のように設置されていることから、使用していなくてもタンクに水を入れておく必要がある。タンクに水を入れておかないと、強風にあおられて危険である。落下しなくとも、強風によってタンクがずれることがある。強制循環形で屋根の上にタンクがなくパネルのみが屋根に載っている場合でも落下の可能性はある。

#### < 太陽熱利用システムの取り外し事例 >

- ・ 取り外す温水器はタンク容量 200L の自然循環形であり、水漏れ等があったため新品と交換することになった。約 18 年間使用されたものであった。
- ・ 取り外しの際は 2 名で作業を実施する。取り外しに要する時間は 1 時間程度である。撤去から取付までを含めた時間は 2 名で 1.5～2 時間程度である。平屋だと 1 時間程度となる。
- ・ 取外しの手順は、以下のとおりである。
  - 手順 : 屋根にはしごを掛けて 1 名が屋根上へ移動する。屋根とはしごとの接点にはクッション材を挟むことで屋根が傷まないように工夫している。
  - 手順 : 地上にいる作業員が水を供給する元栓を閉めてからタンクに貯まった水を抜く。
  - 手順 : 水が抜けた後に屋根上の作業員がホースやワイヤーを切断する。地上にいる作業員も屋根上へ移動する。
  - 手順 : パネルを取り外す。200L の容量のものであれば集熱パネル 2 枚 (各 15kg 程度) とタンク部分 (30kg 程度) に分けて撤去作業を実施する。
- ・ 3 階建てまでは同様に人手で作業を実施する。自動昇降機を使うケースもあるが、設定に 1 時間程度を要するため、よほどの場合でないと使用しない。
- ・ 作業中は家屋を傷つけないよう細心の注意を払っている。また、作業者の安全のため安全帯を使うケースもある (傾斜が強い場合)。



手順 の様子



手順 の様子



手順の様子



手順の様子



屋根から下ろしたタンク



取り外した機器のタンク部分  
(施工業者が保管しているもの)



取り外した機器の集熱部ガラスとタンク  
(施工業者が保管しているもの)

< 撤去後の太陽熱利用システムについて >

- ・ 不凍液は廃油と一緒に廃油の処理業者に処理を委託している。
- ・ 使用済みの太陽熱利用システムを .施工業者が解体する場合と、 .そのままの形で処理を委託する場合がある。

- の場合、撤去した温水器は社屋で解体し、部品・素材毎に廃棄物処理業者やスクラップ業者に引き渡している。ガラス（破砕してカレット化）や断熱材（発泡スチロール）、FRPは逆有償で引き渡している。金属系のは売れるが市況によって価格は上下する。タンクの形状のまま、無償で引き取ってくれる事業者がいる。

#### < 太陽熱利用システムの処理・リサイクルについて >

- ・ 上記 の使用済み太陽熱利用システム引き取っている廃棄物処理業者の例を以下に示す。
- ・ ガス機器の金属リサイクルが主な事業であり、その一環として、施工業者が取り外した太陽熱利用システムの引取りがある。施工業者が取り外した機器は、取り外したままの状態分解などはされていない。
- ・ 自社での処理・リサイクルの内容は以下のとおりである。
  - 太陽熱利用システムのガラス部分を箱の中で破砕して、ガラスを取り除く。
  - プラと鉄部分は、重機で細かくした後、手選別にて、プラと鉄部分を回収する。
  - 鉄は自社にてプレス機で圧縮している。
- ・ 自社で分解等したものは以下のとおり、取り扱っている。
  - 素材別に分解した後の鉄は、鉄問屋に売却している。

プラスチック・ガラスは、費用を支払い、処理委託している。プラスチックは、高炉にてケミカルリサイクルを行っている。ガラスはキルン型焼却炉で燃料として利用されている。

#### 2.1.3 使用済み太陽熱利用システムの撤去から処分までのフロー

調査結果を踏まえ作成した、使用済み太陽熱利用システムの撤去から処分までのフローを下図に示す。これらのルートは、アンケート調査やヒアリング調査から推定した流れであり、この他にもフローが存在する可能性がある点に留意が必要である。

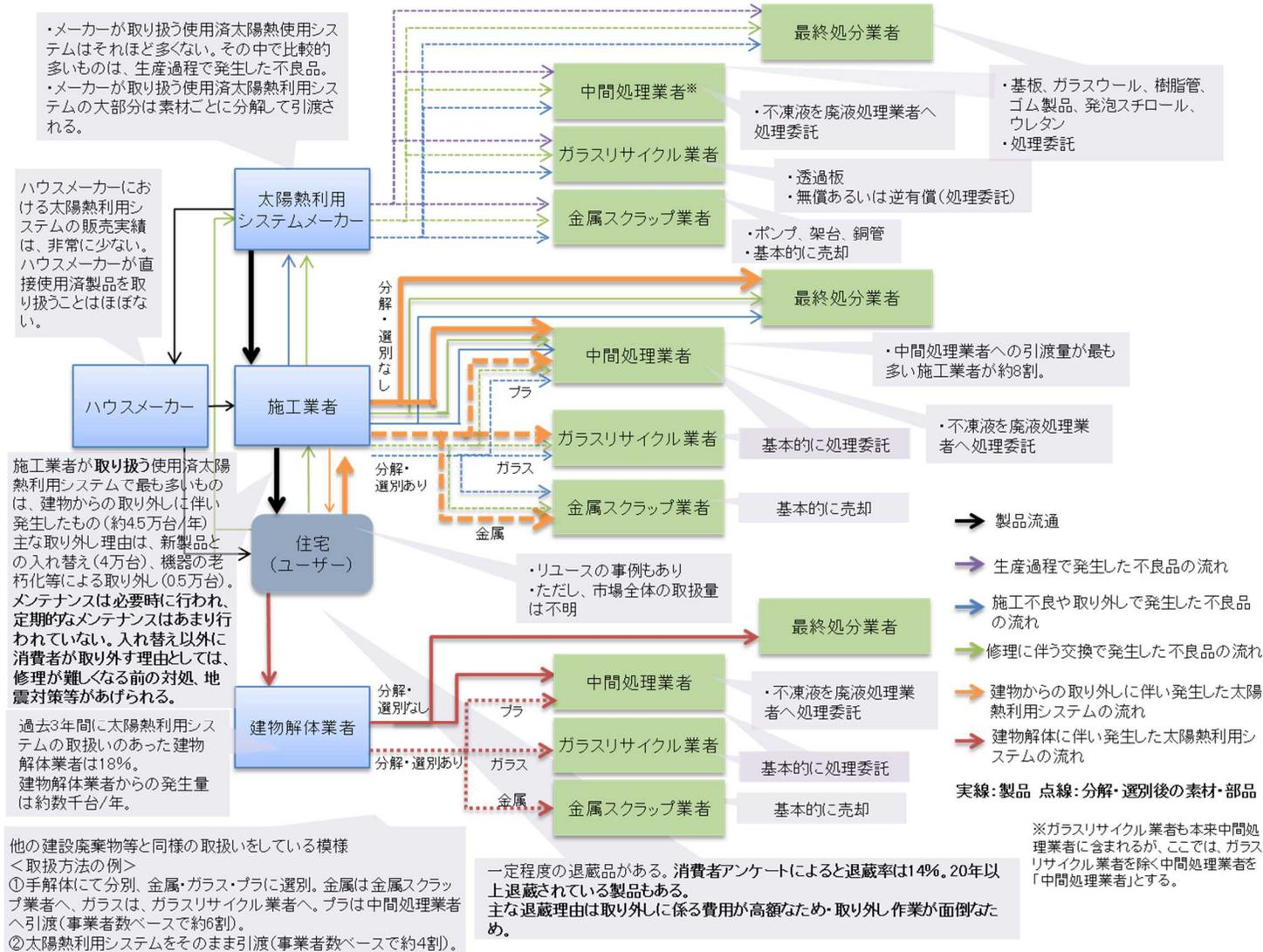


図 2-23 使用済太陽熱利用システムの撤去から処分までのフロー

## 2.2 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理の在り方に関する検討等

太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理の在り方について、課題及び今後の方向性について整理を行った。現在特に目立った課題はないが、今後も使用済太陽熱利用システムの退蔵数が増えることが予測されるため、対策を練る必要がある。

表 2-22 太陽熱利用システムの撤去・運搬・処理の在り方に関する課題及び今後の方向性

検討の視点		本調査で得られたファクト	課題及び今後の方向性
適正処分の担保	不法投棄防止 投棄防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大部分は産業廃棄物としての排出が見込まれ、この場合、排出者責任に基づく適正処分の義務が排出事業者に発生する。</li> <li>・量は少ないが一般廃棄物としての排出可能性にも留意が必要である。</li> </ul>	顕在化している問題はないが、必要に応じて、太陽光発電システムとともに検討を継続していく。
	最終処分場での適正管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物処理法に基づく適正処分が担保されていれば、特別な配慮等は必要ないと考えられる。</li> </ul>	特に問題はない。
	排出特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製品の退蔵率が14%であり、一定程度の製品は退蔵されている。</li> </ul>	排出が長期にわたって続くことが想定されるため、引き続き、モニタリングを行っていく。
リサイクル	リサイクル内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ポンプ・架台・銅管等の金属がリサイクルされている。</li> </ul>	特に問題はない。
排出者責任・製造者責任	費用負担・処理責任	<ul style="list-style-type: none"> <li>・産業廃棄物となった場合、一義的な費用負担・処理責任は排出事業者（施工業者、建物解体業者等）にあり。多くの場合、費用についてはユーザーに転嫁されている。</li> <li>・費用負担したくないユーザーにおいては、製品が退蔵されている。</li> </ul>	排出が長期にわたって続くことが想定されるため、引き続き、モニタリングを行っていく。
	製造者不在への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太陽熱利用システムから撤退したメーカーでは、自社HPにて他メーカー紹介の案内を行うとともに、一般社団法人ソーラーシステム振興協会においても、問い合わせがあった場合には、メーカーの紹介を行っている。</li> </ul>	顕在化している問題はないが、必要に応じて、太陽光発電システムとともに検討を継続していく。

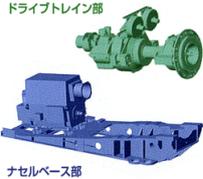
### 3. 風力発電設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討

#### 3.1 風力発電設備のリユースに関する基礎情報

##### 3.1.1 風力発電設備のリユース形態と市場ニーズ

風力発電設備（以下、風車とする）のリユース形態としては、表 3-1 に示す 3 種類が想定される<sup>14</sup>。

表 3-1 風車のリユース形態と市場ニーズ

リユース形態	概要	市場ニーズ
風車単位 	何らかの理由で、設計寿命前・故障前に使用済となった風車を、他の場所に移設し、風車ごと再利用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>高価な新品風車購入のための資金調達が困難なため、あるいは高価な新品風車では採算が合わないため、安価な中古風車を購入したい。</li> <li>広大な土地があり、高価な新品風車よりも、安い中古風車を多く設置した方が事業採算性がよい。</li> </ul>
部品単位 <sup>15</sup>  ドライブトレイン部 ナセルベース部	何らかの理由で、設計寿命前・故障前に使用済となった付加価値の高い部品（増速機、発電機等）を、他の風車で再利用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業期間数年を残して部品が故障した場合、高額な新品の増速機や発電機では採算が合わないため、安価な中古部品を購入したい。</li> <li>調達期間が数か月かかる場合、その間の発電停止による事業収益への影響が大きいため、すぐに調達できる中古部品を購入したい。</li> <li>同じ型式の部品が製造中止になっているため、中古部品を購入したい</li> </ul>
部材単位 <sup>16</sup> 	何らかの理由で使用済となった部品を構成する、軸受、ボルト、歯車等の部材を、他の風車で再利用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>新品を購入するよりも、他の故障部品内の部材を再利用して安価に修理したい。</li> </ul>

出所) 事業者へのヒアリング調査より取りまとめ

##### (1) 風車単位のリユース

風車単位のリユースとしては、何らかの理由で設計寿命前・故障前に使用済となった風車を撤去し、他の場所に移設して風車ごと再利用する形態が想定される。この際の市場ニーズとしては、高価な新品風車を購入する資金能力がない個人や団体、中小企業などが、安価な中古風車を購入するケースが想定される。また、立地や資金調達等の制約から数機しか導入出来ず、スケールメリットが出ないために高価な新品風車では採算が合わない場合に、中古風車を購入するケースな

<sup>14</sup> 本報告書では、一度使用された製品を「中古品（部品）」、中古品のうち修繕・メンテナンスを施してリユース可能な状態にしたものを「リビルド品（部品）」と定義する。

<sup>15</sup> 本報告書では、部品：増速機や発電機等、複数の部材により構成される機器と定義する。

<sup>16</sup> 本報告書資料では、部材：部品を構成するパーツ（軸受、歯車、ブレーキ、シリンダー等）と定義する。

どが考えられる。

## (2) 部品・部材単位のリユース

部品（増速機や発電機等、複数の部材により構成される機器）単位のリユースとしては、何らかの理由で、設計寿命前・故障前に使用済となった付加価値の高い部品（増速機、発電機等）を、他の風車で再利用する形態が想定される。この際の市場ニーズとしては、事業期間（一般に20年間）を数年だけ残して、高額な部品が故障した場合に、新品の購入では採算が取れないため、安価な中古部品の購入を希望するケースが挙げられる。また、部品によっては、新品を調達するために2~3ヶ月を要する場合があります、事業収益に大きな損失を与えることから、すぐに調達できる中古部品の購入を希望するケースが挙げられる。また、部品メーカーの生産中止等により、新品の調達が不可能な場合は、中古品を調達せざるを得ず、保証契約期間内であればメーカー、それ以外は事業者の責任のもとで、中古品（リビルド品）が利用されている。

風車の主要構成部品としては、タワー、ナセル、ブレード、電機機器等が挙げられる。表3-2に風車の主要構成部品と中古品利用のニーズ・現状について示す。風車を構成する部品の中でも、最も中古品利用ニーズが高いのはナセル内部品であり、海外では増速機、発電機、電気機器（制御系機器、モーター、変圧器等）の中古品市場が形成されている。

部材単位のリユースとしては、何らかの理由で使用済となった部品を構成する、軸受、歯車、ブレーキ、シリンダー等の部材を、他の部品の修理時に利用する形態が想定される。

表 3-2 風車の主要構成部品と中古品利用のニーズ・現状

部品・部材		中古品利用のニーズ・現状
ナセル	増速機	高価かつ風車の設計寿命（約20年）の中で2~3回修理が必要となる可能性があること、新品の調達に数ヶ月要する場合がありますこと等から、安価で短期間に調達できれば、中古品の利用ニーズが高い。海外では最大の中古部品市場を形成。
	発電機	高価であり、新品の調達に数ヶ月要する場合がありますこと等から、安価で短期間に調達できれば、中古品の利用ニーズが高い。
	電機機器（制御系機器、モーター、変圧器等）	比較的成本が高く、修理・修復が必要となる電機機器の中古品利用ニーズが高い。
	部材（軸受、歯車、ブレーキ、シリンダー等）	モーターのブレーキや、油圧装置のシリンダーなど、特に小型部品内の部材について、中古品利用のニーズ・事例がある。
	その他部品	中古品の発生時期と需要側のニーズが合致すれば、基本的にはどの部品であっても、中古品利用のニーズは存在。
ブレード		台風や落雷等により最も損傷を受けやすく、調達に時間を要すること等から、中古品利用の事例がある。
タワー		輸送コストがかかることから現地調達にメリットがあり、遠方から中古品を取り寄せるより、近くで新品を購入する方が安価である可能性が高い。

出所）事業者へのヒアリング調査より取りまとめ

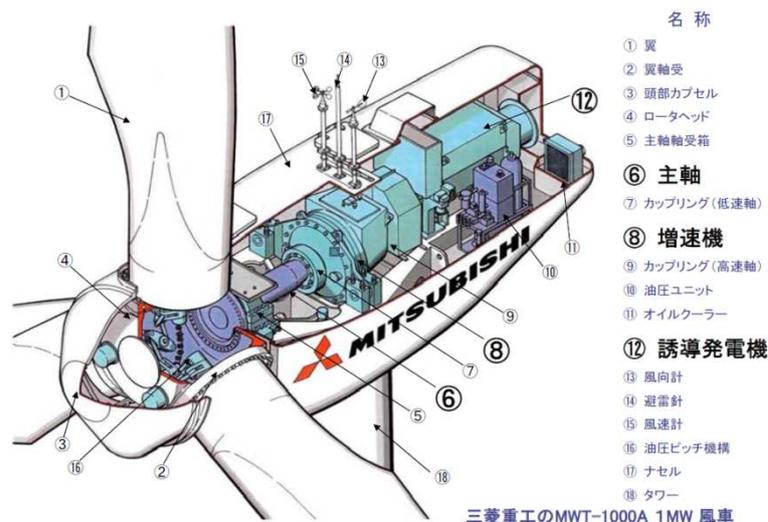


図 3-1 ナセルの部品構成

出所)三菱重工業(株)『風力発電における永久磁石利用の動向』(2011, 第6回産総研レアメタルシンポジウム資料)

### 1) 増速機・発電機

増速機は、新品で2,000~3,000万円<sup>17</sup>と高額であり、機構が複雑なため故障しやすく、風車の設計寿命(約20年)の中で2~3回修理が必要となる可能性があること、新品の調達に数ヶ月要する場合があること等から、最も中古品の利用ニーズが高い部品となっている。海外では最大の中古部品市場を形成しており、増速機の中古販売・修理の専門業者が存在している。海外からの輸送コストを加味しても、新品に対する中古品のコストメリットが出る場合があり、特に新品の調達期間が数ヶ月必要となる場合には<sup>18</sup>、短期間で調達できる中古の増速機の付加価値は高くなる。なお増速機は、遊星ギアやその周辺部品が壊れている場合、中古品としての価値はほとんどなくなる可能性があり、メンテナンス・修繕の実施状況により、中古品としての利用可否や価値が大きく変わってくる。

発電機は、増速機と比較すると故障頻度は低いが、高価であり、新品の調達に数ヶ月要する場合があることから、増速機と同様に中古品の利用ニーズが高い部品の一つである。

### 2) 電気機器

電気機器については、比較的成本が高く、一定頻度で修理が必要となる電機部品・ユニットの中古品利用ニーズが高い。ヨー制御機器、ピッチ制御機器等の制御系機器が代表例で、新品は数百万の投資となることから、安価な中古品を購入する事例がある。また、高価な大型電機部品に限らず、例えば高級風況計測器のように、新品で購入すると50万円を超える小さい電機部品についても、中古品のニーズがあり、市場で取引されている。

<sup>17</sup> 2~3MW風車の場合。事業者へのヒアリング調査より。

<sup>18</sup> 例えば日本に設置されている海外製風車の場合、保証契約上、メーカー担当者による故障原因の調査・特定をした上で新品部品・部材を取り寄せることから、新品部品・部材の取り寄せに2か月以上を要する事例も存在する。

### 3) その他ナセル内部品

その他のナセル内中古部品については、モーターのブレーキや、油圧装置のシリンダーなどについて、中古利用のニーズ・事例が確認されている。

#### (3) ブレード

ブレードは、台風や落雷等により最も損傷を受けやすく、調達に時間を要することや運搬コストがかかることから、安価に調達できる場合、中古品利用のメリットがある。海外では、リパワリングの際に、撤去した風車のブレードが近隣の風車に再利用されている事例がある。また、国内においても、新品のブレードを購入したかったものの、同型のブレードをメーカーが生産しておらず、中古品を手配して対応した事例が確認されている<sup>19</sup>。

#### (4) タワー

タワーは輸送コストがかかることから現地調達にメリットがあり、遠方から中古品を取り寄せるより、近くで新品を購入する方が安価である可能性が高い。

なお、日本においては、旧建築基準法のもとで設置されたタワーは、新建築基準法のもとでは移設することが出来ない。これは旧建築基準法のもとで建設された風車は IEC 規格に適合しているが、改正建築基準法では JIS 規格への適合が求められており、国際認証を取得した風車であっても JIS 規格に適合していなければ、タワー・基礎の移設は認可されないためである。

---

<sup>19</sup> 事業者へのヒアリング調査より。

### 3.1.2 海外のリユース動向

欧州や米国では、中古風車および中古部品の市場が形成されている<sup>20</sup>。

#### (1) 中古風車のリユース品市場の概況

欧米では、寿命前の中小型風車（数百 kW）が大型風車（2～3MW）に一斉にリプレースされた際に、大量の中古風車が発生し、中古市場が形成された。欧州ではデンマークやドイツなどが中古風車を多く輸出しており、仲介業者を通して安く風車を購入したい事業者や個人に販売されている。中古風車の販売先としては、欧米に限らず、ベトナム、中南米、東欧（ルーマニア、ブルガリア、ポーランド等）、トルコ等が挙げられ、中古風車の国際市場が存在している。

寿命前の中小型機が大型機にリプレースされた要因として、風車の技術開発に伴う、風車サイズの急激な大型化が挙げられる。図 3-2 に示す通り、風車のサイズは 1990 年代後半から急激に大型化が進んでいる。ここ 20 年で最新機種種の発電容量は 7MW、現在設置されている陸上風車の平均サイズは約 2MW まで大型化しており、風車 1 本あたりの年間発電量が増加している<sup>21</sup>。一般に風車の設計寿命は 20 年であるが、寿命前であっても中小型風車を所有するよりは、大型風車にリプレースした方が事業採算性がよい状況となったことが、寿命前の中古型風車が大量に市場に出回る大きな要因となった。

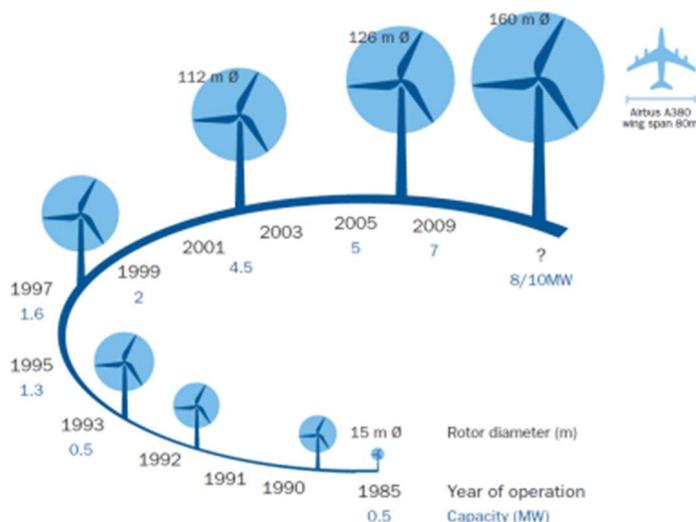


図 3-2 世界の風車の大型化の推移

出所) “Wind Energy Factsheets 2010” (2011, EWEA)

中古風車は、数百 kW クラスのものが主流であるが、近年では 1MW 以上の大型風車も中古市場に出回り始めている。

中古風車の取扱い業者は、専門販売業者、およびサービス会社の中古販売部門・子会社の 2 種類が主流となっている。中古風車の専門販売業者としては、オランダの Windbrokers<sup>22</sup>が大手に挙

<sup>20</sup> 本節は、主に国内外事業者へのヒアリング調査結果により取りまとめている。

<sup>21</sup> 風の持つ運動エネルギーは風を受ける面積に比例し、風速の 3 乗に比例して増大する性質を持っており、理論的には風速が 2 倍になると風力エネルギーは 8 倍になる。従って、より多くの発電量を得るためには、風の強い場所に設置すること、大きい翼で効率よく風を受けることが重要となる。

<sup>22</sup> Windbrokers 社ウェブページ (<http://www.windbrokers.com/>)

げられる。Windbrokers は自社ウェブページにて、中古品のリストや、直近の販売実績を公開している（図 3-3）。販売方法としては、管理コストに見合わないため在庫は抱えない場合が多く、先物取引となるのが一般的である。中古風車の入手時期・納入スケジュールも契約内容に含まれている。

**Vestas V52 - 850**

READY FOR SHIPMENT!

- Inspected by Germanischer Lloyd before dismantling
- dismantled in July 2013
- stored at Wind Turbine Trade Centre (WTTTC) Harlingen port, NL
- tower is mainly new, stored in Galicia, Spain.
- 24 months insured product warranty.

**Specification**

Type:	Vestas V52 - 850
Quantity:	1 unit
Generator capacity:	850 kW
Rotor diameter:	52 m
Swept area:	2.124 m <sup>2</sup>
Power control:	Pitch control
Hub height:	65 m
Voltage / grid frequency:	690 Volt / 50 Hz
Initial commissioning :	2004

→ REQUEST OFFER

図 3-3 中古風車の販売事例（蘭 Windbrokers 社）

出所）Windbrokers ウェブページ

中古風車の販売価格は、メンテナンス状況、保証の有無により異なる。Windbrokers 社のように、保険会社を活用して1～2年間の保証をつけている事業者も存在するが、メンテナンスせずに、保証無しで販売されている事例も多い。メンテナンスサービス会社の中古販売部門・子会社は、メンテナンスをした後に販売している事例が多いと考えられる。

## (2) 中古部品・部材のリユース品市場の概況

欧米は風車市場が大きく、かつプラントあたりの基数が多いことから、同じ地域に同一機種が大量に存在しており、互換性のある部品が一定地域に一定数量で回るなど、中古部品市場が成立しやすい条件が揃っている。

機械系部品では、風車の設計寿命約 20 年の中で、2～3 回修理が必要になるとされている増速機が最大の市場となっている。一般的に、増速機は1年の保証付きで販売されている。また、3.1.1 に整理したニーズに基づき、発電機、電気機器についても、中古品が取引きされている。ナセルごと中古品として販売されることもある（図 3-4）。

なお、今回の調査では、部材単位の中古市場の状況については、具体的情報は得られなかった。



(Nordex 1MW 機ナセル)



(Vestas 1.65MW 機制御装置)



(Micon 750kW 機ブレード)



(Micon 2MW 機タワー)

図 3-4 中古部品の販売事例

出所) Green-Ener-Tech Denmark ウェブページ

中古部品を取扱っている業者は、メーカー系、独立修理サービス会社、又はメンテナンスサービス会社の増速機修理部門・子会社などが挙げられる。増速機とブレードについては、専門の修理サービス業者も存在している(表 3-3)。

欧州には風車のメンテナンスを主要業務とするメンテナンスサービス会社が数十社存在しており、同業者間でアライアンスを組んでいる。欧州では、GE や Vestas 等の風車メーカーのOB が、風車のメンテナンスサービス会社のエンジニアとして働いており、得意なメーカー・機種に合わせて各社で人員を融通し、顧客のニーズに合わせたメンテナンス事業を展開するとともに、中古部品利用のノウハウを蓄積している。

表 3-3 中古風車ビジネスの業種

風車・部品種類	業種
中古風車	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 専門再販業者</li> <li>・ メンテナンスサービス会社の中古販売部門・子会社</li> </ul>
増速機	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メーカー系</li> <li>・ 独立修理サービス会社</li> <li>・ メンテナンスサービス会社のギアボックス修理部門・子会社</li> </ul>
その他電気機械・機器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メーカー系</li> <li>・ メンテナンスサービス会社の修理部門・子会社</li> </ul>
ブレード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メーカー系</li> <li>・ 独立修理サービス会社</li> <li>・ メンテナンスサービス会社のブレード修理部門・子会社</li> </ul>

出所) 事業者へのヒアリング調査より取りまとめ

### 3.1.3 国内のリユース動向

#### (1) 中古風車・部品のリユース市場の概況

我が国においても、過去に欧州の中古風車を輸入していた事業者が存在していたが、現在は中古風車の流通に係る事業は確認されていない。国内中古市場が形成されない要因としては、我が国の風車市場は欧米と比較して小さく、導入が本格化したのは2000年代以降であることから、市場を形成するに十分な量の中古風車および中古部品が存在しないことが挙げられる。

また、プラントあたりの設置数が少ないため、一定地域内に同一機種 of 同一部品が存在しないことも、中古市場が形成されにくい要因となっている。このような状況から、我が国においては、欧米のような風車専用のメンテナンス事業者は極めて少ない状況にある。

日本の大手発電事業者は自社でメンテナンス体制を整えており、メンテナンス・修繕用に大型部品の予備品を保有し、故障時には予備品に取り換え、故障した部品は修繕して再度別の風車に利用している<sup>23</sup>。増速機や発電機などの主要部品は、メンテナンス・修繕を繰り返し、利用出来なくなるまで使用するのが通常であり、中古部品として市場に出回る例は少ない。

中小の発電事業者や、本業とは別に風車を所有する事業者・個人は、メーカーにメンテナンスも含めて発注している事例が多いと考えられる。メーカーがメンテナンスする場合は、品質保証の観点から、故障部品は新品に取り換える場合が多いと推察される。

#### (2) 国内のリユース実態に係るアンケート調査結果

前節のリユースに係る基礎情報を踏まえ、国内の風力発電関連事業者を対象に、風車のリユース・リサイクル・適正処理に係るアンケート調査を実施した<sup>24</sup>。

##### 1) 風車または部品のリユース実績

「風車または部品のリユース品、リビルド品を利用または利用を検討した実績」の有無について尋ねた結果を図3-5に示す。「利用したことがある」と回答した事業者は17件(21.0%)、「検討したことがある」と回答した事業者は6件(7.4%)、「利用・検討したことがない」と回答した事業者は58件(71.6%)であった。現状では、リユース品の利用は事業者にとって一般的ではないと考えられる。

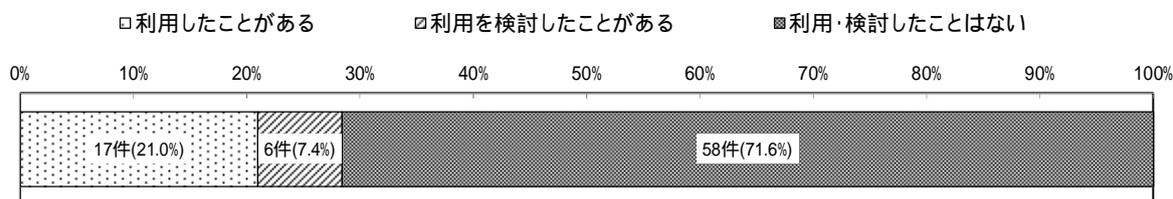


図 3-5 風車または部品のリユース品、リビルド品利用実績の有無 (回答数 81 件)

<sup>23</sup> 事業者へのヒアリング調査より。

<sup>24</sup> JWPA 会員企業および NEDO (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の公開データ「日本における風力発電設備・導入実績」記載の事業者より 121 事業者にアンケート票を送付し、風車および部品の廃棄・リユースの実績・予定につきて調査した。回収件数は 83 件 (68.6%) であった。アンケート調査票・結果の詳細は参考資料を参照のこと。

上記のうち、「利用したことがある」または「利用を検討したことがある」と回答した事業者 23 件に対して、その利用または利用を検討したリユース品、リビルド品の種類を尋ねた結果を図 3-6 に示す。

部品として増速機 9 件 (39.1%)、モーター 9 件 (39.1%)、発電機 7 件 (30.4%)、油圧装置 6 件 (26.1%) などが挙げられた。また、風車全体も 2 件 (8.7%) があった。「その他」1 件はピッチコンバータであった。

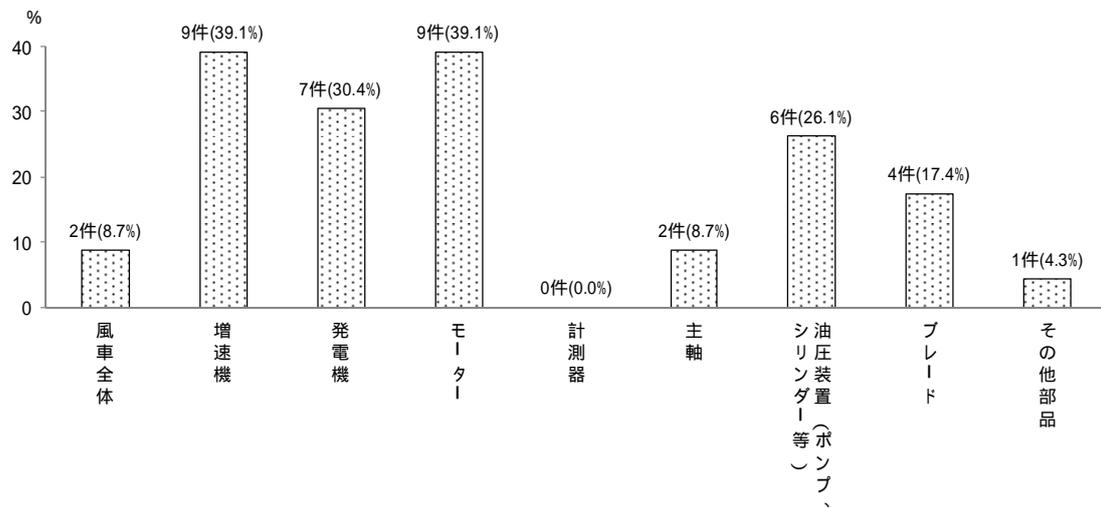


図 3-6 利用した、または利用を検討したことのあるリユース品・リビルド品の種類 (回答数 23 件)

ヒアリング結果を踏まえると、増速機や発電機などの大型の部品のリユースは、故障したものをオーバーホールしたリビルド品の使用が一般的と考えられる。また、モーターや油圧装置等の中型部品については、過去に取り外したものを修理してストックし、新品を調達する間に一時的に使用する、または部品を構成する部材 (歯車等) 単位で使用する、といった事例が多いと考えられる。

また、リユース品は基本的に自社の風車・部品を自社 (あるいは子会社) でメンテナンスする際に用いられており、顧客に対してリユース品を使用する、あるいは利用を推奨することはないとの回答が多かった。基本的には自社内で発生した故障品を修理しながら、他の風車で再利用する形態が多いと想定される。

## 2) リユース品の使用理由

風車または部品のリユース品・リビルド品を利用または利用を検討した理由について、複数回答方式で尋ねた。風車全体と部品を合わせた結果を図 3-7 に示す。「安価である等、コスト面で魅力があったから」26件（68%） 続いて「調達期間が新品より短いから」22件（58%）、「製造中止により同じ型番の新品が入手できないから」8件（21%）が理由として多く挙げられており、事業者にとってコスト面や調達期間面でのメリットがリユース品利用の重要な動機となっていることが分かる。また、製造中止などのメーカー側の理由によりやむを得ず中古品を調達している状況も確認された。

風車全体と各部品の結果を図 3-8 に示す。風車全体については2件の回答があり、いずれも「製造中止により、同じ型番の新品が購入できないから」であった。部品単位では、増速機、発電機、モーター、油圧装置などで、「安価である等、コスト面で魅力があったから」と回答した事業者が多かった。また、増速機やモーターでは、「調達期間が新品より短かったから」と回答した事業者が多かった。

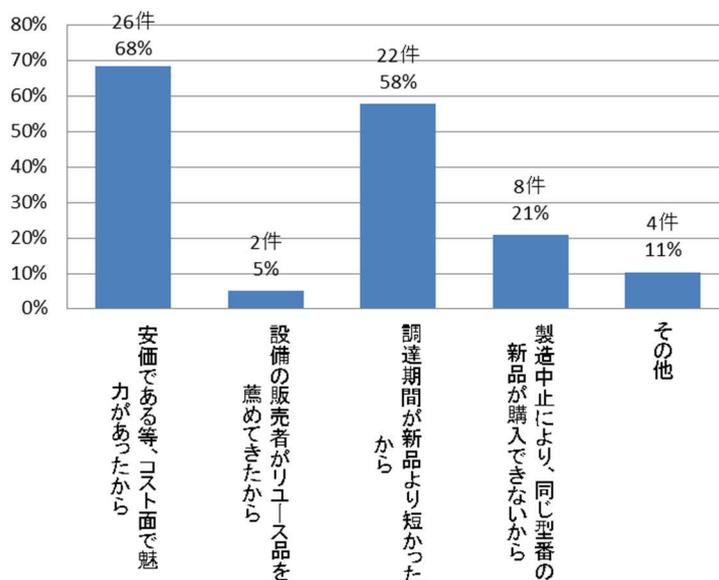


図 3-7 リユース品・リビルド品を利用した、または利用を検討したことのある理由（風車・部品合計）

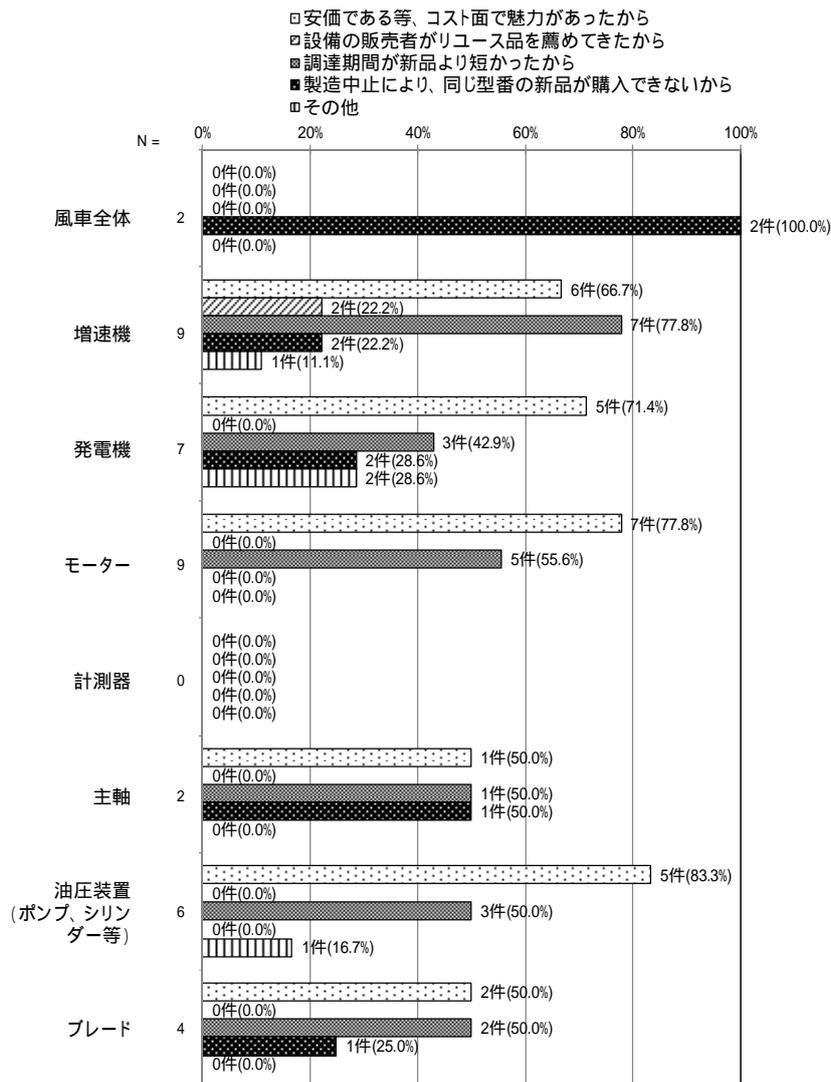


図 3-8 リユース品・リビルド品を利用した、または利用を検討したことのある理由

### 3) リユース品の利用意向

アンケート調査において、今後の中古品（リユース品・リビルド品）の利用希望の有無を尋ねた結果、「利用したい」と回答した事業者が 33 件（39.8%）、「利用したくない」と回答した事業者が 50 件（60.2%）であり、リユース品の利用ニーズが一定程度存在していることが分かった。（図 3-9）

ヒアリング調査においても、安く短期間で入手可能な中古部品があれば、利用を希望するとの回答を得ている。また、風車の設計寿命を踏まえると、今後数年の間に 1990 年代初期に設置された数百 kW クラスの風車の建替え・廃棄の時期を迎える可能性があり、我が国においても中古風車・部品のリユース事例が増加する可能性がある。

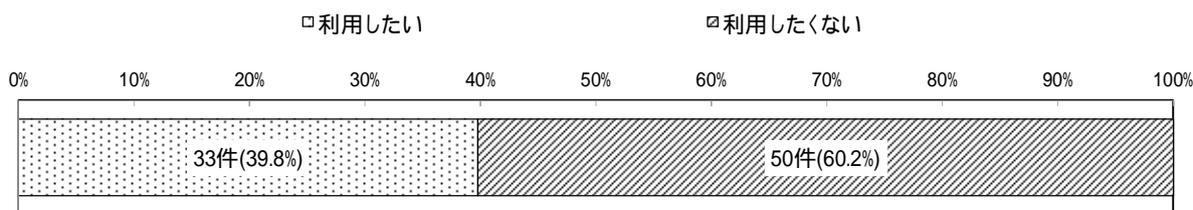


図 3-9 今後の中古品（リユース品・リビルド品）の利用希望の有無（回答数 83 件）

中古品（リユース品・リビルド品）を利用したくないと回答した事業者に対し、複数回答方式でその理由を尋ねた結果を図 3-10 に示す。

特に「品質に不安があるから」が 32 件（78.0%）、「製品保証がないから」が 12 件（29.3%）と多く、品質や品質保証面を不安視する意見が多い。また、「調達期間やコスト面で新品に対する魅力が小さいから」といった理由も 5 件（12.2%）挙げられた。

その他の理由としては、「風力発電を停止している為」「すでに風力発電所を廃止し、設備を利用する必要がないから」「風車の廃棄に合わせ、風力発電事業を行っていないため」など、風車の利用意思がないものや、「リユース品、リビルド品の利用メリットが不透明であるため」「過去に利用した事例もなく、不安だから」「部材や部品に金属疲労などによる損傷がどれほど蓄積されているか不明であるため」といった、リユース品・リビルド品に関する情報の不足が挙げられた。

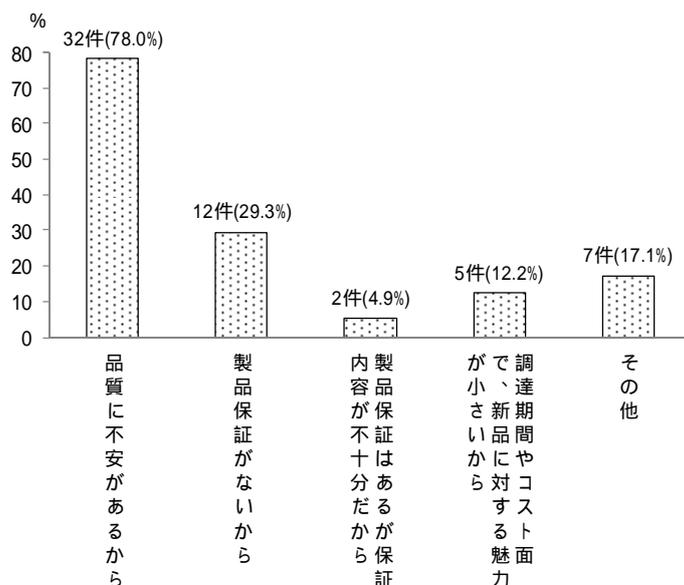


図 3-10 今後、リユース品・リビルド品を利用したくない理由

### 3.1.4 風車のリユースに係る課題

我が国の風車のリユースに係る課題として以下が挙げられる。

#### (1) 中古品の品質に係る課題

中古風車や中古部品は、トレーサビリティがなく使用履歴やメンテナンス・修繕履歴が分からないことに加え、外見では疲労の度合いは分からず、どの程度疲労が蓄積されているか評価出来ない状況にある。現在はメンテナンス事業者が独自の判断で品質保証を行っているが、中古品の品質管理・評価をどのように行うかが課題の一つに挙げられる。

欧州では、中古風車の多くは保証無し販売されているが、保険会社を活用して1~2年間の保証をつけている事業者も存在する。同様に、国内の事業者においても、保険会社と連携して1年間の保証をつけている事例が存在する。

#### (2) 技術者不足の課題

風車は同じ機種でも製造年などが違えば異なる部品を使用しているケースが多く、国内の風車(1,700~1,800台)だけでも、発電機と増速機の組み合わせで、約300種類くらいのパターンが存在する<sup>25</sup>。また、発電機は種類が多く、周波数の違いもある。従って、中古部品を利用する際には、所有する風車に取り付け可能かどうかの目利き能力、正規品とは異なる部品を取り付ける技術を持った技術者が必要となる。

また、中古品の品質は、稼働時の運用状況に大きく左右されるため、日頃から適切なメンテナンス・修繕を実施することが非常に重要となる。一人の作業員がメンテナンスできる風車の数は、2MW風車の場合には年間3基程度であり、国内の風車(1,700~1,800基)を管理するためには700名ほどの専門的なメンテナンス要員が必要になるが、現状では300人程度にとどまるとされている<sup>26</sup>。風車の健全な運用も含めて、メンテナンス要員の育成が重要となる。

#### (3) 建築基準法上の課題

現状我が国においては、旧建築基準法の元で設置されたタワーは、新建築基準法の元では移設することが出来ず、実質的にタワーのリユースが出来ない状況にある。これは旧建築基準法のもとで建設された風車はIEC規格に適合しているが、改正建築基準法では、「建築物の主要構造部等に使用する鋼材等について、その品質が国土交通大臣の指定する日本工業規格(JIS)等に適合するもの又は国土交通大臣の認定を受けたものでなければならない」とされており、国際認証を取得した風車であってもJIS規格に適合していなければ、タワー・基礎の移設は認可されないためである。現在、平成24年4月に閣議決定された「エネルギー分野における規制・制度改革に係る方針」のもと、「風力発電の導入促進に係る建築基準法の基準の見直し」として、建築基準法における評価基準の妥当性に関する検討が行われている。風車のリユースを促進するためには、適切な規制・基準の緩和が望まれる。

<sup>25</sup> 事業者へのヒアリング調査より。

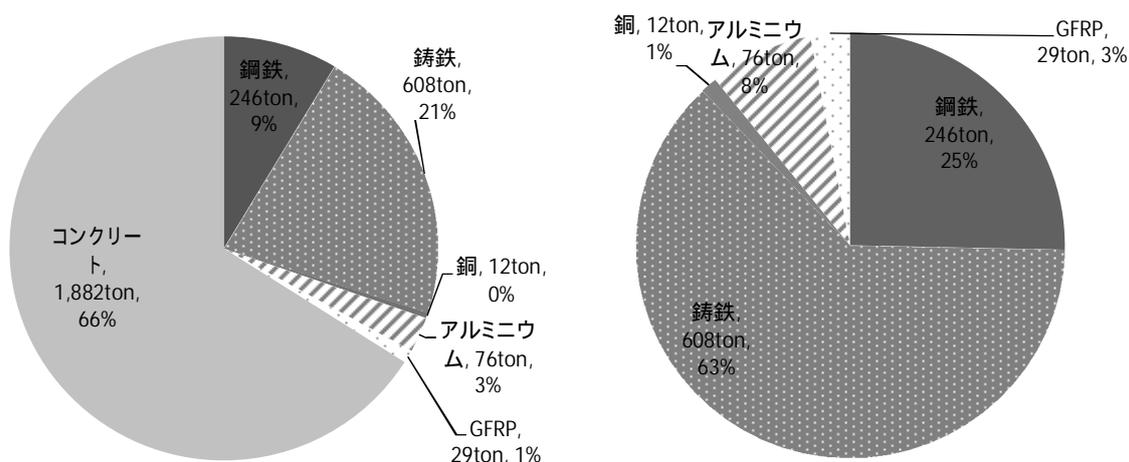
<sup>26</sup> 事業者へのヒアリング調査より。

### 3.2 風車の主要構成素材

#### 3.2.1 風車の主要な構成素材

代表的な 2MW クラスの風車（ENERCON<sup>27</sup>製 2.3MW 機）の主要な素材割合を図 3-11 に、風車の主要部位別の素材構成および重量を表 3-4 に示す。

風車全体としては、基礎に使用されるコンクリートが重量の 8 割を占めている。基礎を除いた風車本体の主な素材は鉄（約 88%）や銅（約 3%）、アルミニウム（約 0.4%）といった金属や、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP とする）（約 8%）であり、約 9 割が金属で構成されている。



ENERCON 社の 2.3MW 機を想定

図 3-11 風車の主要素材の割合

（左：基礎を含んだ設備全体における割合、右：コンクリート以外の素材における割合）  
出所）“LCA of ENERCON Wind Energy Converter E-82 E2”（ENERCON）

表 3-4 風車の主要な素材および重量[単位：トン]

素材	合計重量	ブレード	ナセル	タワー	電子機器	基礎
鋼鉄	246	1	53	103	37	52
鋳鉄	608	-	73	-	535	-
銅	12	-	11	-	1	-
アルミニウム	76	75	1	-	-	-
GFRP	29	29	-	-	-	-
コンクリート	1,882	-	-	791	-	1,091
合計	2,853	105	138	894	573	1,143

ENERCON 社の 2.3MW 機を想定

出所）“LCA of ENERCON Wind Energy Converter E-82 E2”（ENERCON）

<sup>27</sup> ドイツを代表する風力発電機メーカー。ギアレス・同期発電機式の風車を販売。

### 3.2.2 ナセルの主要な構成素材

#### (1) ナセルの主要部品

ナセルには、増速機や発電機、主軸や主軸受等、発電に係る重要部品が格納されている（詳細は図 3-1 を参照）。

風車の発電方式は、増速機付き / 誘導発電機と、増速機なし（以下、ギアレス式） / 同期発電機式に大別され、メーカーにより、増速機の有無や、発電機の種類が異なっている。

#### (2) 大型風車（MW クラス）の構成素材

代表的な風車（Gamesa<sup>28</sup>製 2MW 機、増速機付き）のナセルの主要素材の割合を図 3-12 に、ナセルの主要部品別の素材および重量を表 3-5 に示す。ナセル内部品の約 90% は鉄で構成されており、残りは銅、アルミニウム、FRP、潤滑油等で構成されている。

また、ギアレス式の風車では、永久磁石式同期発電機が使用されている場合がある。永久磁石には、レアメタル（ネオジウム、ジスプロシウム）が含有されており、ギアレス / 永久磁石式同期発電機を用いている 2MW の風車では、1.5～2 トンの永久磁石を使用し、うち約 30% がネオジウム、約 4% がジスプロシウムで構成されている<sup>29</sup>。

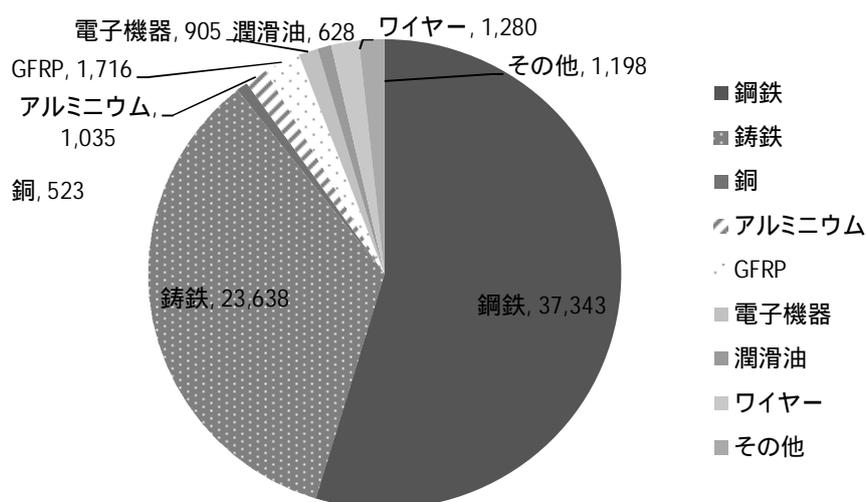


図 3-12 ナセルの主要な素材の割合[単位：kg]

GAMESA 社の 2.0MW 機を想定  
 出所) “LIFE CYCLE ASSESSMENT OF 1KWh GENERATED BY A GAMESA ONSHORE WINDFARM G90 2.0 Mw”  
 (2013, Gamesa)

<sup>28</sup> スペインを代表する風力発電機メーカー。増速機付き・誘導発電機式の風車を販売。

<sup>29</sup> 第 6 回産総研レアメタルシンポジウム「風力発電における永久磁石利用の動向」(2011 年 10 月 24 日/三菱重工業(株)発表資料)

表 3-5 大型風車 (MW クラス) のナセルの主要構成素材および重量

MATERIAL(Kg)	増速機 (GEARBOX)	発電機 (GENERATOR)	変圧器 (TRANSFORMER)	低速シャフト (SHAFT LOW SPEED)	高速シャフト (SHAFT HIGHT SPEED)	架台 (FRAME)	ヨーシステム (YAW SYSTEM)	電子機器 (ELECTRIC CABINETS AND CONVERTER)	ナセルカバー (NACELLE STRUCTURE)	クレーンシステ ム (CRANE SYSTEM)	油圧装置 (HIDRAULIC GROUP)	その他 (OTHER NACELLE)	TOTAL (kg)
低合金鋼 (Low alloy steel)	1,913.43	5,408.71	3,225.06	615.79	662.28	2,963.42	1,636.66	1,551.78	757.65	2,307.85	499.94	262.47	21,805.05
高合金鋼 (High alloy steel)	6,246.01	46.85	0.00	7,724.90	0.03	2.00	1,445.66	0.00	17.79	20.00	0.06	35.07	15,538.36
鋳鉄 (Casting)	8,008.22	123.10	0.00	3,134.60	126.26	10,899.90	1,229.40	0.00	0.00	116.80	0.00	0.00	23,638.28
銅 (Copper)	0.00	352.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	155.28	0.00	0.00	15.00	0.00	522.65
アルミニウム (Aluminium)	2.56	24.00	675.02	3.79	0.00	53.63	240.00	0.00	11.37	0.00	25.00	0.00	1,035.38
真ちゅう (Brass)	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.10	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	38.00
ポリマー (Polimer)	9.87	14.00	22.49	0.00	2.60	7.68	22.91	22.17	35.72	0.00	6.00	1.32	144.74
繊維ガラス (Fiberglass)	0.00	10.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.47
ガラス強化プラスチック (GRP, Glass Reinforced Plastic)	2.70	3.47	7.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,702.22	0.00	0.00	0.00	1,716.08
塗料 (painting)	37.70	35.48	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.68
電子部品 (Components electric/electronic)	191.82	126.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.00	443.44	0.00	0.00	0.00	0.00	905.26
潤滑油 (Lubricant)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	627.77	627.77
ワイヤー (Wires)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.12	0.00	0.00	0.00	1,236.16	1,280.28
その他 (Other materials)	10.21	109.58	344.99	28.80	0.87	409.70	3.50	0.00	3.64	0.36	0.00	19.07	930.72
<b>TOTAL (Kg)</b>	<b>16,425.26</b>	<b>6,254.02</b>	<b>4,275.26</b>	<b>11,507.88</b>	<b>792.04</b>	<b>14,336.83</b>	<b>4,757.23</b>	<b>2,216.79</b>	<b>2,528.54</b>	<b>2,445.01</b>	<b>546.00</b>	<b>2,181.86</b>	<b>68,266.72</b>

GAMESA 社の 2.0MW 機を想定

出所) “ LIFE CYCLE ASSESSMENT OF 1KWh GENERATED BY A GAMESA ONSHORE WINDFARM G90 2.0 Mw ” (2013, Gamesa)

(3) 小型風車（100kW）の構成素材

過年度の調査<sup>30</sup>で、解体試験・素材構成調査を行った小型風車（100kW、ギアレス/永久磁石式同期発電機式）の素材構成調査結果を以下に示す<sup>31</sup>。小型風車についても、大型風車と同様に、主要な構成素材は鉄であった（約97～99%の構成比率）。また、発電機には永久磁石が112.8kg（188gの磁石を600個使用）使用されていた。永久磁石の構成比は、鉄：65%、ネオジウム：20%、プラセオジウム：8.1%、ジスプロシウム：4.2%、コバルト：1.9%、ニオブ：0.2%であり、構成比を乗じると、ネオジウムが約22.6kg、ジスプロシウムが約4.8kg使用されていることとなる。

表 3-6 小型風車（100kW）のナセルの主要構成素材および重量

測定対象			重量（kg）	測定状況		
設備	部品	詳細部品		測定箇所	測定状態	素材構成
タワー			4,390	タワー本体（外側）	塗装あり <sup>1</sup>	鉄：97.0%、亜鉛：2.0% マンガン：1.0%
				タラップ	塗装なし	亜鉛：98.1%、鉛：1.2%
パワーコンディショナ			95	-	-	-
ハブ			1,510	ハブ本体（外側）	塗装あり <sup>1</sup>	鉄：99.7%
ナセルカバー				440	-	-
ナセル	永久磁石式発電機（PMG）	永久磁石	112.8		塗装なし 加熱による脱磁、粉砕後に測定	鉄：65% ネオジウム：20% プラセオジウム：8.1% ジスプロシウム：4.2% コバルト：1.9% ニオブ：0.2%
		固定子	1,635	-	-	-
		回転子	1,530 <sup>2</sup>	-	-	-
		主軸	490	主軸本体	塗装なし	鉄：97.9%、クロム：1.1%
	主軸受	385	主軸受本体（外側）	塗装あり <sup>1</sup>	鉄：99.6%	
	主軸ブレーキ装置（油圧/ディスク）	250	ディスク	塗装なし	鉄：97.9%	
	架台	3,110	架台本体	塗装あり <sup>1</sup>	鉄：98.4%、マンガン：1.4%	
	ピッチ制御装置（電動式/油圧式）	225	-	-	-	
	油圧装置	120	-	-	-	
	冷却装置（コンデンサ）	25	-	-	-	
	ヨーモーター	35	ヨーモーター本体	塗装あり <sup>1</sup>	鉄：99.1%	
	電力ケーブル・制御ケーブル	35	-	-	-	
	各種計測装置、センサー類	60	-	-	-	

1 測定は塗装をはがした上で実施。

2 永久磁石 112.8kg 含む。

<sup>30</sup> 環境省「平成25年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書」（平成25年3月）

<sup>31</sup> 環境省の浮体式洋上風力発電実証事業で使用されていた100kW試験機（増速機なし（ギアレス）/永久磁石式同期発電機）を用い、解体試験・素材構成調査・含有量調査を実施した。

### 3.3 風車のリサイクル・適正処分に関する基礎情報

#### 3.3.1 風車・部品の廃棄実績・予定

##### (1) 風車の廃棄実績

図 3-13 に、日本における撤去の基数[台]および総容量[kW]の推移を示す。

撤去の実績は 1980 年代から既に見られるが、これらは実証試験用であり、5 年経たずに撤去しているものが中心である。その後 1992～1998 年には撤去事例が確認されないが、2000 年代以降は、基数・総容量ともに増加傾向にある。

単基容量は年代により傾向の違いはなく、10kW 規模のものから 1,000kW 弱のものまで様々である。

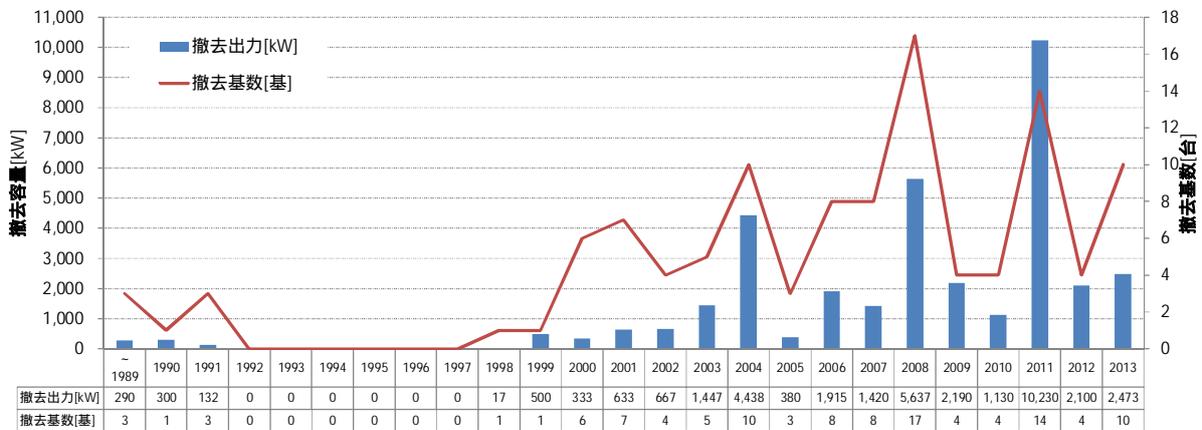


図 3-13 風車の撤去実績（基数・容量）

出所) NEDO (独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)「日本における風力発電設備・導入実績 (2014 年 3 月末現在)」

アンケート調査により風車の廃棄実績について尋ねた結果を図 3-14 に示す。「廃棄したことがある」と回答した事業者が 21 件 (25.3%)、「廃棄したことがない」と回答した事業者が 62 件 (74.7%) であった。

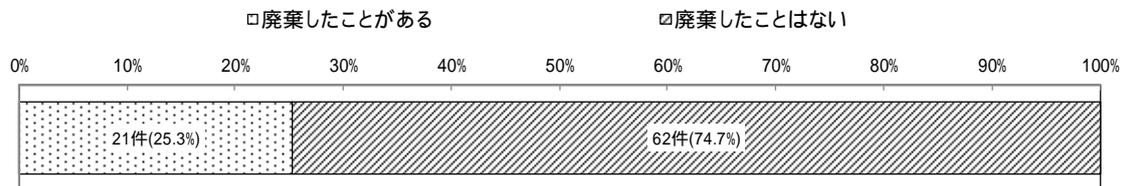


図 3-14 風車の廃棄実績の有無（回答数：83 件）

廃棄したことがある事業者に対し、廃棄理由を尋ねた結果を図 3-15 に示す。風車に起因するものとしては、「落雷、台風等の天災により故障したため」が最も多く 10 件（35.7%）であった。次いで「製品寿命を迎えるため（老朽化）」が 4 件（14.3%）、「設備の不具合により故障したため」が 3 件（10.7%）であった。老朽化による寿命を迎える前に撤去された風車の割合が比較的大きいと考えられる。

また、事業に起因する理由としては、「事業を終了するため」が 6 件（21.4%）、「実証試験の期間終了等により、風車を撤去しなくてはならなかったため」が 3 件（10.7%）、「事業計画の変更等により、既存の設備と置き換えたため」が 2 件（7.1%）であった。

「その他」1 件は「火災により焼損したため」であった。

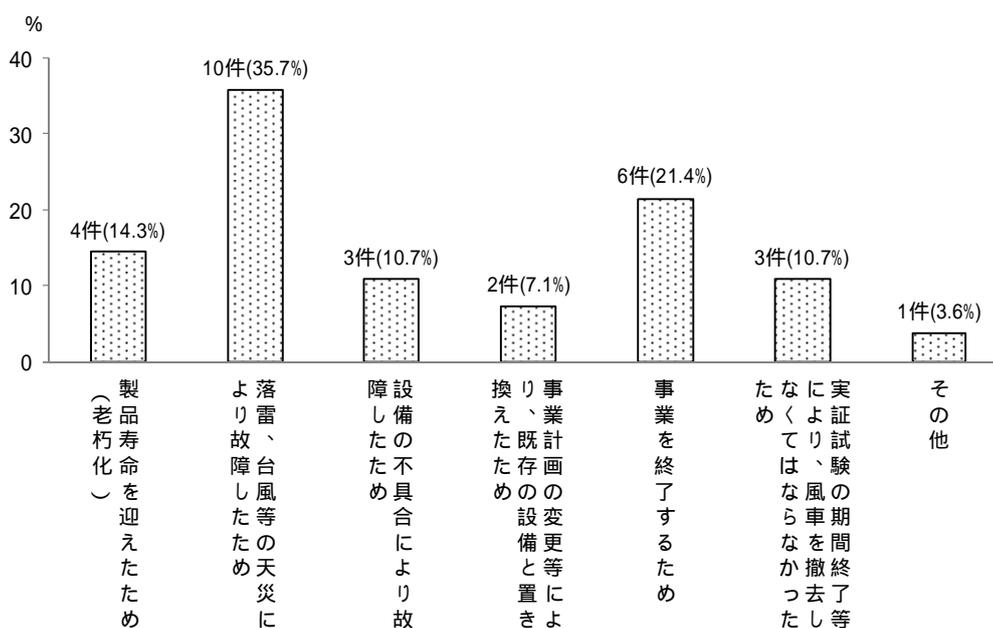


図 3-15 風車を廃棄した理由

## (2) 部品の廃棄実績

アンケート調査により、メンテナンス等による部品の廃棄実績について尋ねた結果を図 3-16 に示す。「廃棄したことがある」と回答した事業者は 39 件（48.1%）、「廃棄したことがない」と回答した事業者は 42 件（51.9%）であり、半数近くの事業者が部品の廃棄実績を有している。

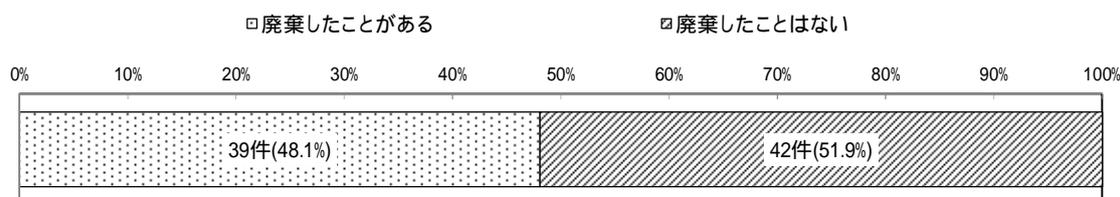


図 3-16 部品の廃棄実績の有無（回答数：81 件）

「部品を廃棄したことがある」と回答した事業者に対し、廃棄実績のある部品の種類を複数回答方式で尋ねた結果を図 3-17 に示す。一般的に事業期間中に故障が発生しやすいとされている増速機や誘導発電機、部品点数の多いモーター、落雷の影響を受けやすいブレードをはじめ、主要な部品については廃棄実績があることが確認された。

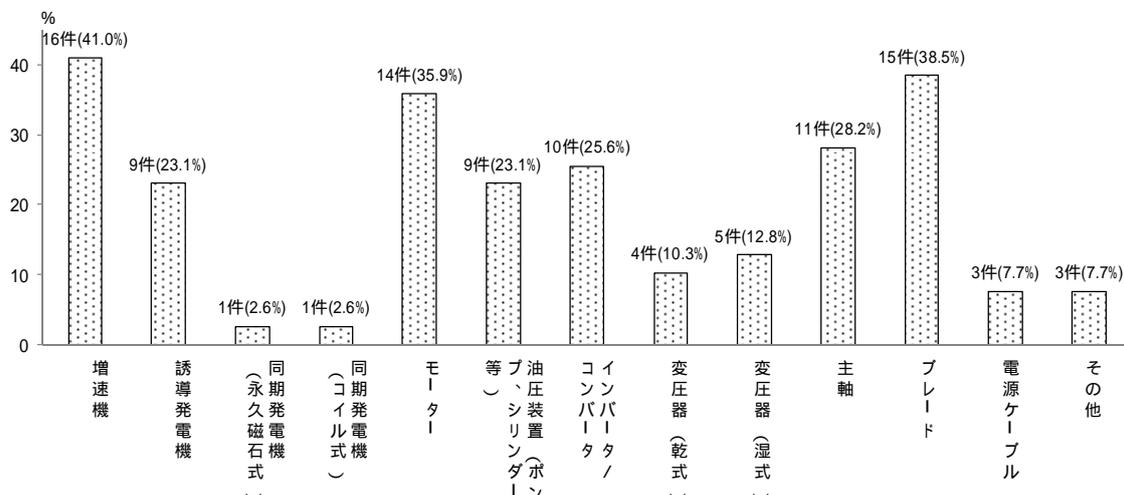


図 3-17 廃棄したことがある部品の種類 (回答数: 39 件)

### (3) 風車の設置期間・寿命

アンケートで廃棄が確認された風車 44 基のうち、41 基は 2007 年以降に廃棄されており、ここ 10 年以内のものがほとんどであった (他は 2004 年 2 基、1992 年 1 基)。

実証期間終了により撤去したものを除けば、設置期間は平均 11.8 年であった。設置から廃棄までの期間が 5 年以内のものは確認されず、21 年設置されたものも 1 件確認されている。

### (4) 風車の廃棄予定

アンケート調査により、今後 5 年以内の風車の廃棄予定の有無について尋ねた結果を図 3-18 に示す。「廃棄予定あり」と回答した事業者は 11 件 (うち判明分 18 基) であった。

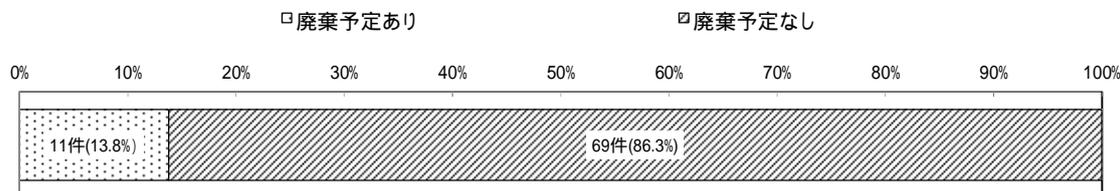


図 3-18 今後 5 年以内の風車の廃棄予定の有無 (回答数: 80 件)

廃棄予定の理由としては、廃棄予定ありの事業者のうち約半数が「風車が故障したため」5 件 (8 基; 計 2,345kW) と回答しており、製品寿命前に故障する事例が多いと考えられる。その他の理由としては、「製品寿命を迎えるため」2 件 (3 基; 計 1,460kW)、「事業計画の変更等により、既設の風車を新しい機種に置き換えるため」2 件 (5 基; うち 1 基は 600kW、

ほか4基容量不明)、「事業を終了するため」1件(2基;計800kW)が挙げられた。

廃棄予定のある事業者にヒアリングを実施したところ、今後5年以内に事業期間を終了するため廃棄予定であるとのことであった。日本においては、2000年以降に風車の導入が進んでおり、事業期間が20年であることを考えると、2020年以降、事業期間終了による廃棄事例が増加することが予想される。

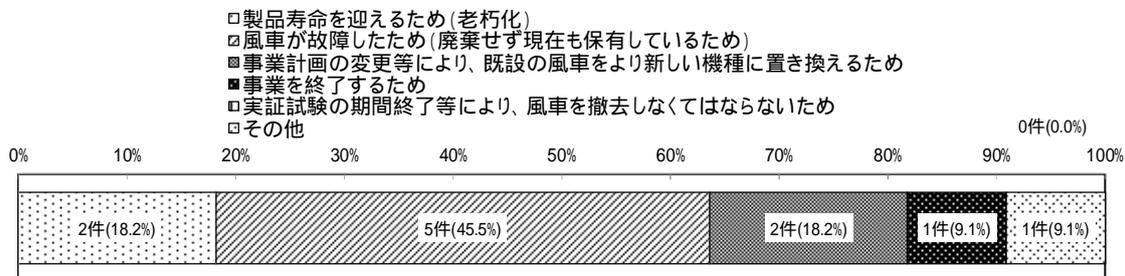


図 3-19 今後の廃棄予定ありの理由

### 3.3.2 風車の解体手順・留意事項

#### (1) 解体手順

風車の解体は、基本的には設置手順の逆順となり、ローター（ハブ・ブレード）、ナセル、タワーの順に解体作業が実施される（図 3-20）。ナセル内部部品（増速機、発電機、その他電気機器）は、ナセルごとタワー上から下ろした後に、部品別に解体するのが一般的と考えられる。

風車を廃棄する場合は、設置時ほど慎重な作業は必要ないため、工事の手順や方法は簡易となり、解体にかかる時間やコストは設置時より小さくなる。

一方、風車および部品のリユースを想定する場合は、解体作業は丁寧に、各部品を損傷することなく実施する必要があるため、設置時と同様の時間・コストがかかるかと想定される。



（ローターの取外し）



（ローター・ナセルの解体）



（ナセルの取外し）



（タワーの解体・運搬）

図 3-20 風車の解体事例

出所) Green-Ener-Tech Denmark ウェブページ

風車を設置したまま、部品を単体で解体する場合は、ナセルカバーの上部(ナセルルーフ)を取り外した後に、クレーンを用いて各部品を取り外す手順が取られる(図 3-21、図 3-22)。発電機、および電気機器(制御系機器、モーター、変圧器等)については、単体で比較的容易に取り外せる場合が多い。増速機については、機種によってはローターごと取り外す必要がある。ブレードについても、機種により、ブレード単体で取り外せるものと、ローターごと取り外す必要があるものの両方があり、それぞれに工事手順や費用が大きく異なる。

ベスタス製風車など、機種によっては、大型部品をタワーの中からクレーンで下ろすことができる設計の風車もあるが、現在は大型クレーンを用いた作業が主流となっている。

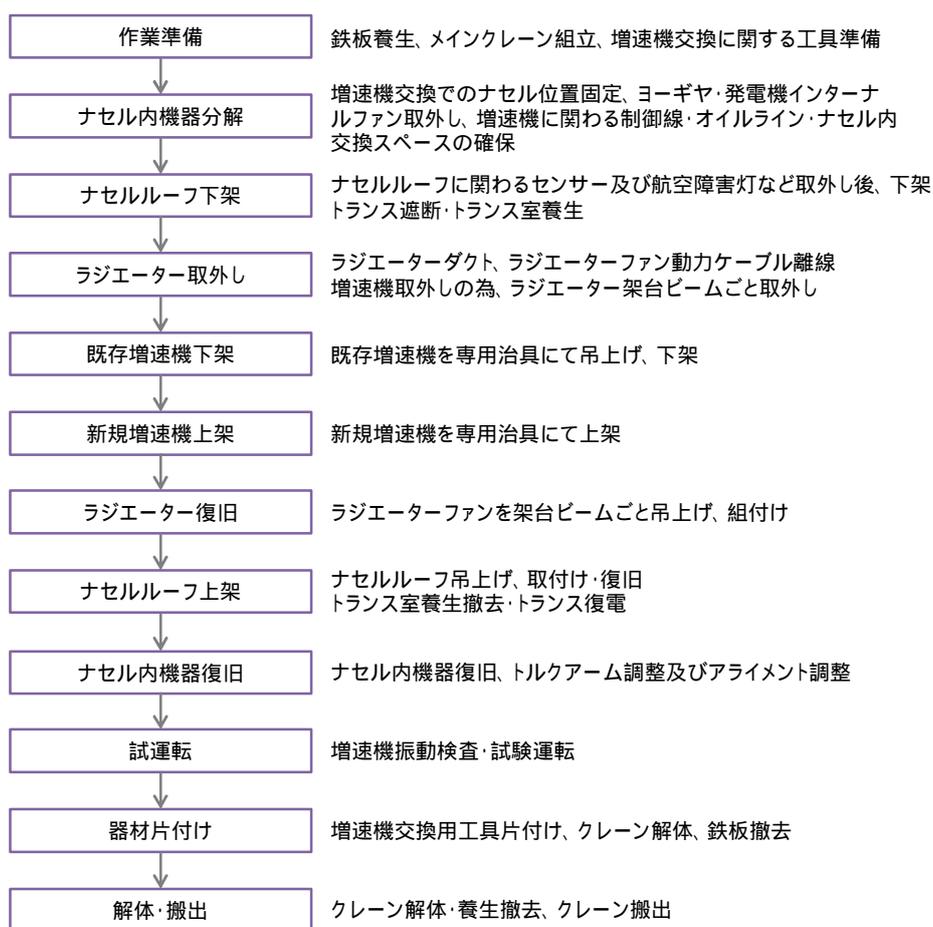


図 3-21 増速機交換工事の手順事例

出所) 事業者提供資料



(ナセルルーフの取外し)



(増速機、発電機の取外し・搬入)

図 3-22 ナセル内部品の解体事例

出所) 事業者提供資料

ナセル内部品の解体手順や、必要となるクレーン・重機の能力は、増速機の有無や発電機方式、機種の種類により大きく異なる。

増速機付き・誘導発電機方式の場合、増速機で回転数を上げることから発電機サイズは小さくなり、ナセルサイズ、重量ともに小さくなる。一方、ギアレス・同期発電機方式の場合、発電機の極数を増やす必要があることから、発電機の直径が大きくなり、ナセルサイズ、重量ともに大きくなる。風車の形式に合わせた適切な解体計画、クレーン・重機の手配が重要となる。



図 3-23 100kW 風車のナセル内構造の比較

(左：増速機付き / 誘導発電機、右：ギアレス / 永久磁石式発電機)

出所) 左：TEMBRA 社ウェブページ、右：三菱総合研究所撮影

## (2) 解体時の留意事項

### 1) 使用工具・設備

特にリユースを想定した場合は、設置時と同様に各部品を損傷することなく丁寧に扱う必要があることから、機種ごとの専用治具が必要となる。これらはメーカーが独自に保有している場合が多く、調達に時間・費用を要することから、事業者が解体を行う際の課題となっている。また、風車の各部品（ブレード、ハブ等）を吊り上げる際の、バランスを保つための適切な吊り位置の確認も必要となるが、メーカーのみが把握している場合が多く、治具の手配と合わせて検討が必要となる。

廃棄を想定する場合には、安全に吊り上げることが出来れば汎用品を利用可能であり、必ずしも専用の治具は必要ない。

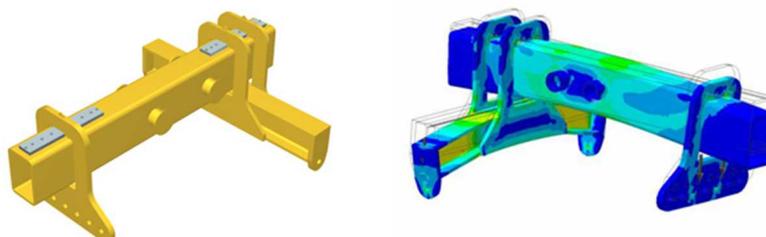


図 3-24 風車の組立て・吊り上げ用治具の例

出所) TEMBRA 社ウェブページ



図 3-25 専用治具を用いたローター・ブレードの吊り上げ作業の様子

出所) 事業者提供資料

## 2) 油漏れの防止

ナセル内部部品は、油圧装置や変圧器等に油が多く含まれているほか、軸受にはグリースが大量に使用されていることから、油漏れに注意する必要がある。また、軸受などグリースが多く含有されている部品についても、取扱いに注意が必要であり、油やグリースは、あらかじめ抜いてから解体作業を実施することが望ましい。

油・グリースが多く含まれる主要部品としては、以下が挙げられる。

- 油圧ユニット
- 主軸受
- 変圧器
- モーター
- ピッチ制御装置

## 3) 残留ガス等の確認

解体作業にあたっては、作業者の安全を確保し、事故の防止に十分注意する必要がある。

また、油圧ユニットのアクムレーターやピッチ制御装置など、窒素ガスが含まれる可能性のある部品については、破裂事故が起きないように、ガスの残留状況を確認し、事前にガスを放出した上で取り外す必要がある。

### 3.3.3 風車の撤去・リサイクル・処理フロー

アンケートおよびヒアリングにより、風車解体・撤去の委託先、引渡し先、引渡し形態(有償・無償等)について調査し、風車の撤去・リサイクル・処理フローについて整理した。

#### (1) 風車解体・撤去の委託先

アンケート調査により、風車の廃棄時に撤去・解体等を委託した業者について尋ねた結果を図 3-26 に示す。電気工事業者が最も多く 10 件 (37.0%) であった。次いで土木・建築業者が 7 件 (25.9%)、メンテナンス業者が 6 件 (22.2%) であった。廃棄物処理業者という回答は 0 件であった。その他の回答には「運輸業」「建築業者と電気工事業者のジョイントベンチャー」が 1 件ずつ含まれた。

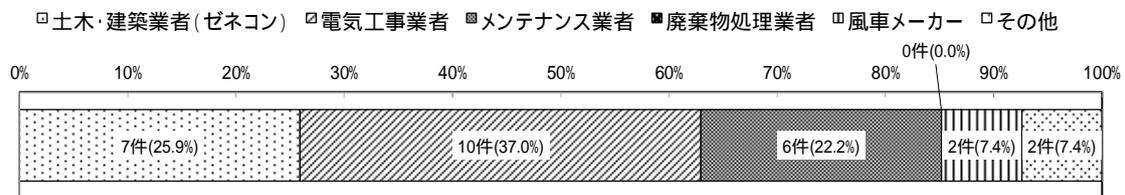


図 3-26 風車の廃棄時に、撤去・解体等を委託した業者

#### (2) 撤去した風車の引渡し方法・引渡し先

アンケート調査により、撤去した風車の引渡し方法について尋ねた結果を図 3-27 に示す。「風車全体を一括で引き渡した」と回答した事業者が 15 件 (57.7%)、「風車をパーツ(タワー、ブレード、ナセル等)に分けて、別々の業者に引き渡した」と回答した事業者が 11 件 (42.8%) であり、風車を一括で引き渡す事例が多かった。

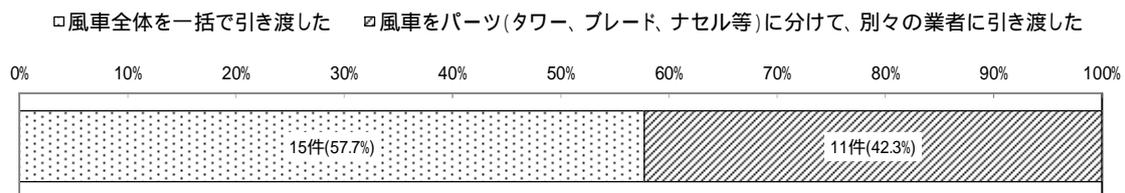


図 3-27 撤去・解体した風車の引き渡し方法 (回答数: 26 件)

撤去風車の引渡し先について尋ねた結果を図 3-28 に示す。土木・建築業者(ゼネコン)が最も多く 5 件 (31.3%) であった。風車全体を一括で引き渡す場合、解体・撤去を委託した事業者(ゼネコン、電気工事業者、メンテナンス業者等)に、リサイクル・処理(金属スクラップ業者や廃棄物中間・最終処理業者の手配等)を含めて委託する事例が多いと考えられる。

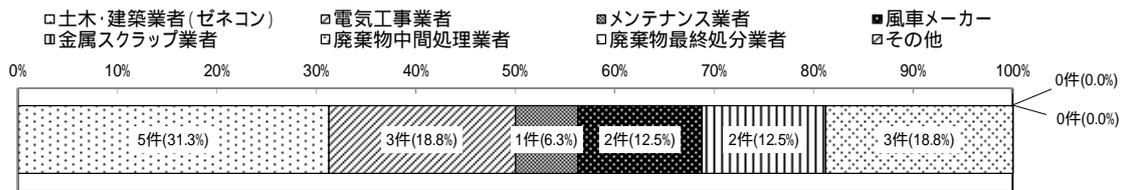


図 3-28 撤去・解体した風車の引渡し先

「風車をパーツ(タワー、ブレード、ナセル等)に分けて、別々の業者に引き渡した」と回答した事業者に対し、その部品ごとに引渡し先と引渡し形態を尋ねた結果を図 3-29 に示す。風車をパーツ(タワー、ブレード、ナセル)単位で引き渡す場合は、発電事業者自身が部品の構成素材に従って、金属スクラップ業者、または廃棄物中間・最終処理業者に直接引き渡している。いずれのパーツも風車メーカー、土木・建築会社(ゼネコン)への引渡しは0件であった。

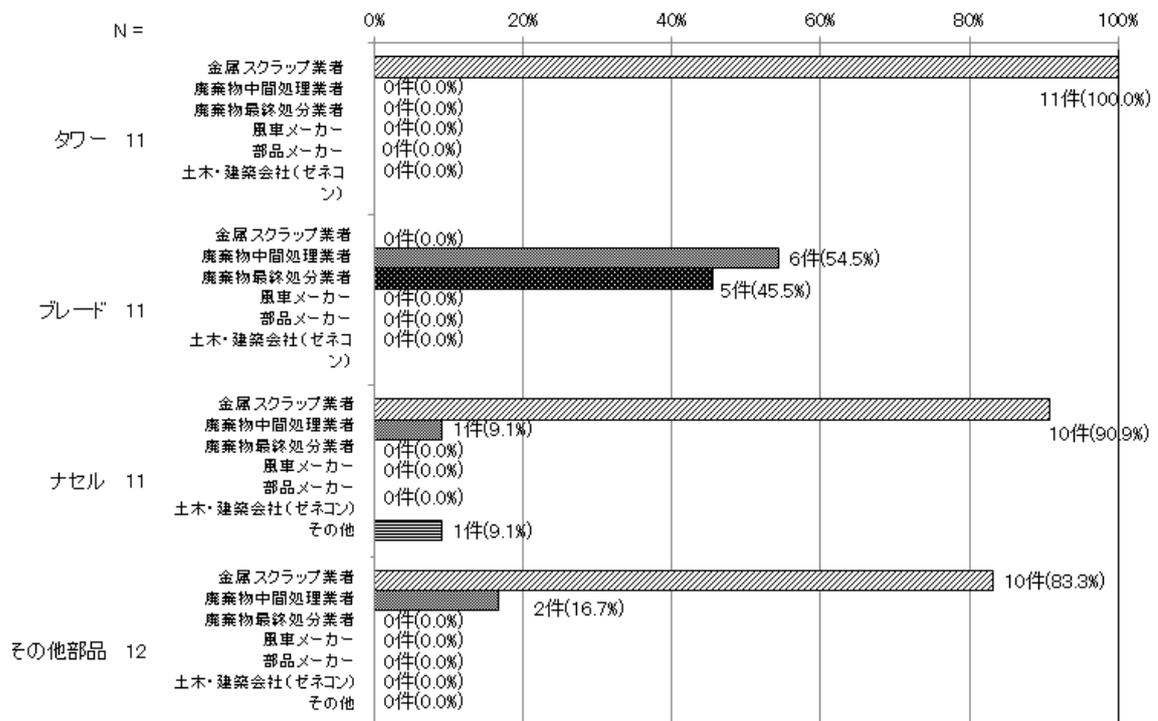


図 3-29 廃棄した部品の引渡し先

### (3) 撤去した風車の引渡し形態

撤去した風車の引渡し形態について尋ねた結果を図 3-30 に示す。タワー、ナセルは1件を除き「売却した」のに対し、ブレードは「費用を支払い引き渡した」ものが多い。一般にブレードの素材はガラス強化繊維プラスチックが使用されているため、処理費用がかかったものと想定される。

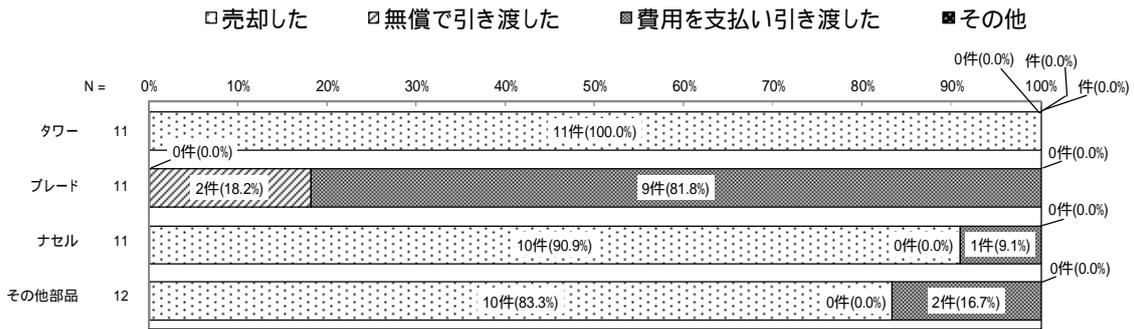


図 3-30 タワー、ブレード、ナセルの引渡し形態

#### (4) 風車の撤去・引渡しフロー

(1) ~ (3) の調査結果を踏まえた、風車の撤去・引渡しフローを図 3-31 に示す。現状の調査結果では、風車の撤去・解体から処理まで、土木・建築業者や電気工事業者等に一括で委託される事例が多い。また、解体後の処理については、解体現場で金属スクラップ業者および廃棄物処理業者に引き渡されている事例が多く確認された。排出主体は発電事業者であり、廃棄物処理法およびマニフェスト制度の元で適正に処理が行われているものと想定される。

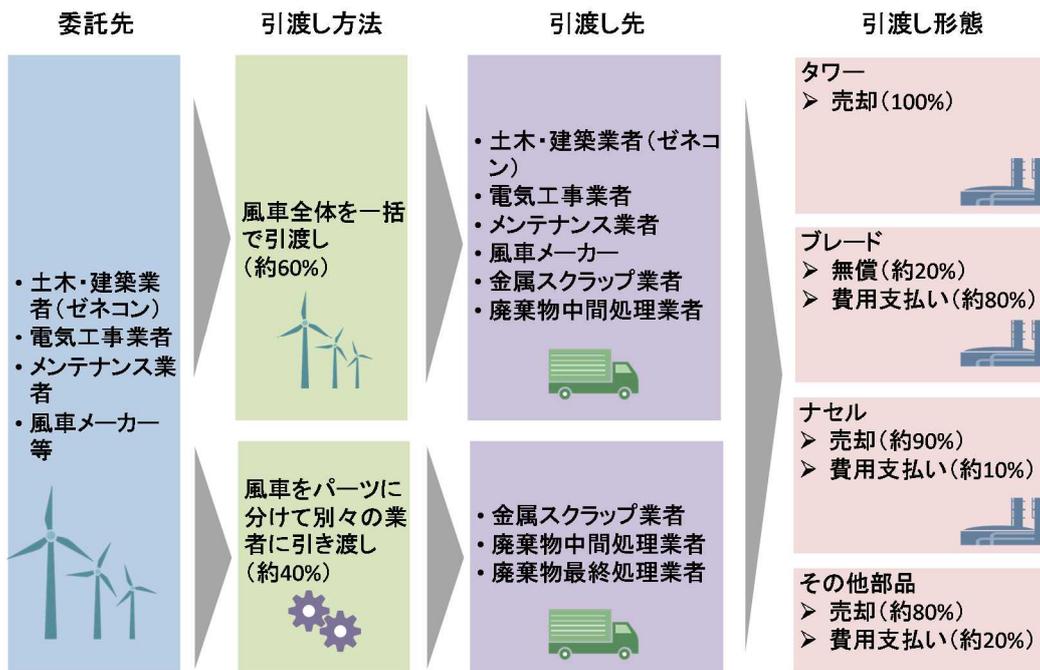


図 3-31 風車の撤去・引渡しフロー

#### (5) 風車のリサイクル・処理フロー

風車が解体された後に想定される、一般的なりサイクル・処理フローについて、過年度の調査<sup>32</sup>でリサイクル事業者へのヒアリング調査等により整理を行っている（図 3-32）。風車の主要な構成素材である鉄や銅、アルミニウムといった金属、コンクリートや GFRP は既存のリサイクル・処理ルートが確立しており、風車の撤去時には、産業廃棄物処理業者・リサイクル業者等への委託により、一般的なりサイクル・処理が行われていると考えられる。

風車の解体は、重機（クレーン等）と手解体を併用し、素材別に分別することとなる。素材別に分別した後の一般的な 2 次処理・資源売却先としては、以下が想定される。

- 鉄については、手解体またはガス溶断を経て、売却できるものは電炉メーカーに売却される。
- モーターや、ハーネス、制御盤（基板）は、溶断の前に手解体にて取り外し、モーターは、モータースクラップとして、専門リサイクル業者に売却される。中にエナメル線などが入っているため、鉄より少し高い値段で売却可能。
- ハーネスは、線の部分を取り外して、ナゲット処理業者に売却する。2 次処理後、銅は製錬メーカーに、ポリ塩化ビニル（PVC）はプラスチックリサイクルか、最終処分に回される。
- 基板は制御盤から取り外した後に破碎し、磁力選別・アルミ選別を経て、鉄は電炉メーカーに、アルミニウムはアルミ 2 次合金メーカーに売却される。金銀類（金、銀、プラチナ、パラジウム等）は銅製錬メーカーに売却され、残ったプラスチックは、磁力選別・アルミ選別を経て、チップは製紙メーカー、石灰メーカー、スラグリサイクル業者等に売却される。チップは、従来 A 重油を使用していたボイラの代替燃料としても販売される。
- GFRP は破碎後、製紙メーカー等に売却するか、最終処分を行う。破碎したものは、サーマルリサイクル後に残渣を埋め立てるか、一部はセメント材料として利用される。
- 金属複合物は、破碎をして、磁力選別・非鉄選別を経て、各種素材（鉄、アルミニウム、銅、ステンレス、プラスチック等）がそれぞれ売却される。

<sup>32</sup> 環境省「平成 25 年度使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル促進調査委託業務 報告書」（平成 25 年 3 月）

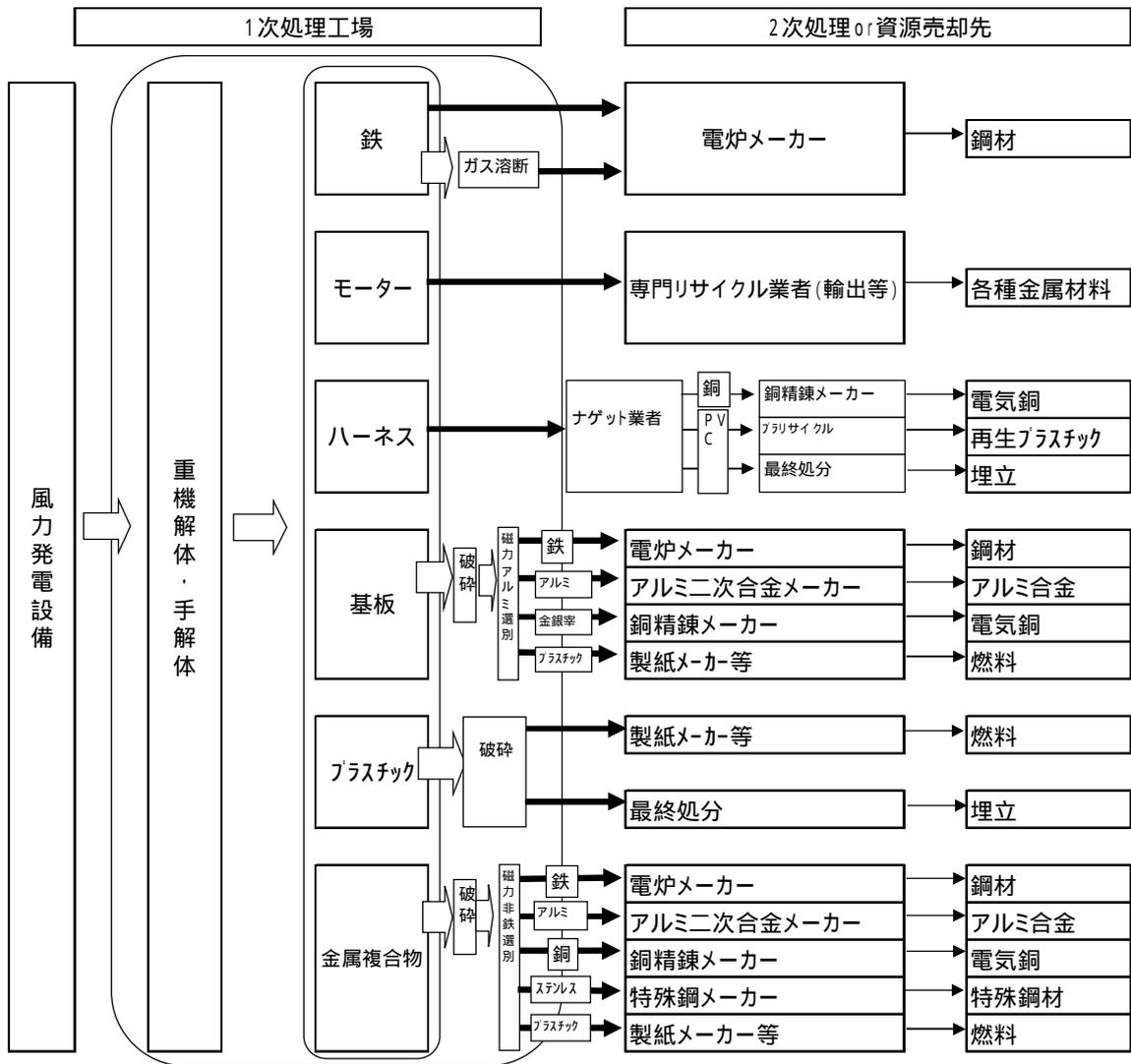


図 3-32 風車のリサイクル・処理フロー

上記フローに基づきリサイクルされた、部品・素材別の有償レベルおよび買取単価事例<sup>33</sup>を表 3-7 に示す。ここで、有償レベルの判定結果および買取単価・買取額に関しては、あくまで検討の一例であり、今後市況等により変化することに留意が必要である。

表 3-7 風車を構成する素材の有償レベル・買取単価事例

部品・素材		有償レベル	買取単価 (円/kg)	
鉄		1	30	
モーター		1	50	
被覆線 (ハーネス)		1	160	
基板		1	200	
プラスチック (GFRP)		3	(60)	
金属複合	鉄	1	30	20
	銅			120
	プラスチック			(30)
	アルミ			80
	ステンレス (304 系)			80

1 有償レベルは以下のように設定。

レベル1：そのままの状態、有償で譲渡可能

レベル2：破砕・選別など通常のリサイクルで想定される工程を経ることによって有償で譲渡可能

レベル3：上記以外

2 括弧内は逆有償

### 3.3.4 風車のリサイクルに係る留意事項

鉄や銅、アルミニウム等の金属が風車、ナセルの主な素材であり、風車全体(基礎を除く)およびナセルの約 90%を占めている。これらの素材は既存のリサイクルルートが確立しており、現在顕在化している問題はないが、有用資源の活用の観点からは永久磁石式発電機のリサイクル可能性、また、一定量の排出が見込まれるブレード (GFRP) のリサイクルについて検討する必要がある。

#### (1) 永久磁石式発電機のリサイクル可能性

資源価値が高いものとしては、発電機内の銅コイルやケーブルに含まれる銅に加えて、永久磁石式発電機が用いられている場合、磁石に含まれるネオジウム、ジスプロシウム等のレアメタルが挙げられる。永久磁石式同期発電機を用いた 2MW 風車の場合、1.5~2 トンの永久磁石を使用し、うち約 30%がネオジウム、約 4%がジスプロシウムで構成されている<sup>34</sup>。また、100kW 風車では、112.8kg の永久磁石が使用されており、構成比は、鉄：65%、ネオジウム：20%、プラセオジウム：8.1%、ジスプロシウム：4.2%、コバルト：1.9%、ニオブ：0.2%で

<sup>33</sup> リサイクル業者へのヒアリング調査より設定。リサイクル工場における引取り時の単価を想定している。

<sup>34</sup> 第 6 回産総研レアメタルシンポジウム「風力発電における永久磁石利用の動向」(2011 年 10 月 24 日/三菱重工業(株)発表資料)

あった。また、重量に換算すると、ネオジウムが約 22.6kg、ジスプロシウムが約 4.8kg 使用されていた。

これらネオジウム、ジスプロシウムのリサイクルを行うためには、選別・脱磁した上で、専用の金属回収プロセスにて回収する必要がある。現在、国内においては永久磁石からレアメタルを精錬できる事業者が限られていることもあり、量・性状によっては市場での取引が困難であり、母材である鉄としてリサイクル（電炉に投入）され、ネオジウム等については回収されない可能性がある。また、磁性を帯びた状態では現場の作業や運搬が困難であることが想定されることから、実際にリサイクルする際の作業工程を検討する必要がある。

永久磁石式同期発電機を用いた風車の世界の累積導入量に占める割合は、現状で 10%程度であり、直近の永久磁石の廃棄量は小さいと考えられるが、小型風車であっても一定量のレアメタルが使用されているため、資源の有効利用の観点から、その回収可能性について検討すべき材料であると考えられる。

なお、アンケート調査で、廃棄した風車の発電機の種類について質問している。回答数 28 件のうち永久磁石式の同期式発電機は 3 件のみと、10%程度に留まる。大半は誘導発電機であり、21 件（75.0%）の回答を得ている。

永久磁石式の同期式発電機 3 件は、金属スクラップ業者に引き渡されたことが確認されたが、磁石としてリサイクルされた実績については確認できなかった。

現在は、増速機付きの誘導発電機を用いた風車が主流であり、永久磁石式の同期式発電機の廃棄数は少ないことが想定されるものの、一定量の永久磁石が使用されていることから、今後の技術開発動向も含めて引き続き情報収集することが重要と考えられる。

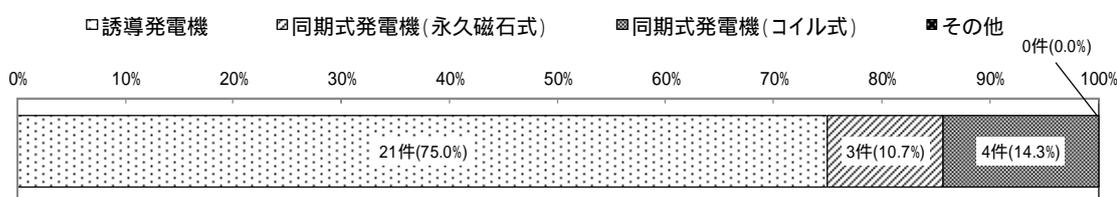


図 3-33 廃棄した風車の発電機の種類（回答数：28 件）

## (2) GFRP のリサイクル可能性

GFRP はブレードやナセルカバーに多く使用されており、リサイクル技術の確立が必要とされている。ここでは、GFRP（特に、ブレード）のリサイクル技術の開発動向を整理した。

### 1) ブレードの廃棄量予測

ドイツ風力エネルギー研究所（DEWI）の報告によると、世界における直近のブレード廃棄量は小さいが、2020 年以降廃棄量は増加し、2034 年までに最大で約 22.5 万トンのブレードが廃棄される（リサイクルの対象となる）と予測されている。

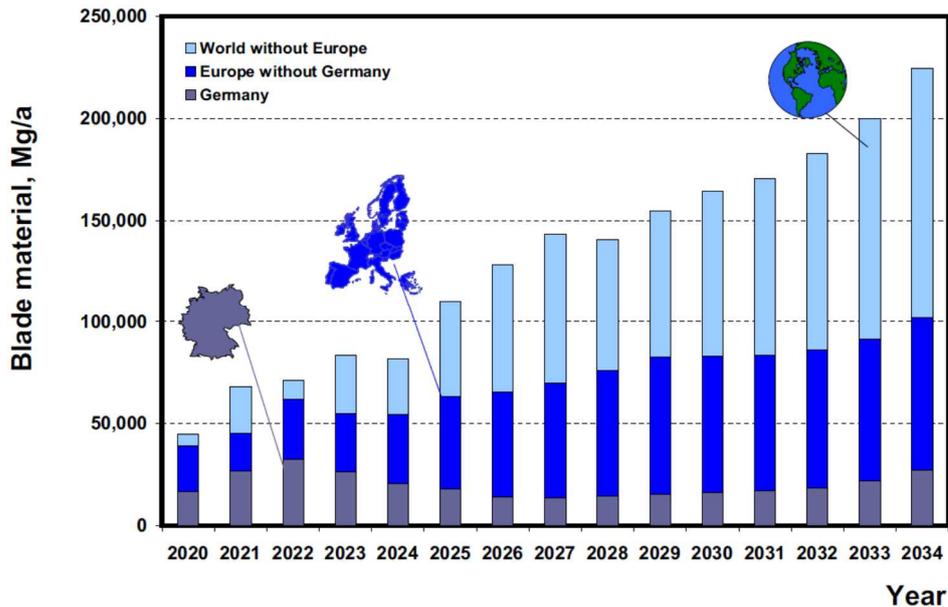


図 3-34 世界全体のブレード廃棄量の将来推計

出所) “ Recycling of Wind Turbine Rotor Blades – Fact or Fiction? ” ( DEWI Magazine No.34, Feb.2009 )

## 2) 海外におけるブレードのリサイクルに関する情報

ブレードのリサイクルについては、現状では、ガラスとプラスチックの分離が難しく、処理にコストがかかるため、一定量の廃棄量が見込まれない場合、リサイクル事業の成立は困難とする見方が多い。デンマーク工科大学は、現時点の風車の廃棄量は少ないため、ファイナンス的観点からみるとリサイクルは難しく、商業上の実現可能性はないとしている。ECRC ( European Composite Recycling Company ) も同様の意見であり、廃棄量が毎週何百トンというレベルであれば回収処理してセメント製造等に利用できるが、年間何十トンという現状では難しいとしている。また NaREC ( National Renewable Energy Centre (英国) ) は、ガラス強化繊維プラスチックの粉砕時に多くのエネルギーを消費する課題に触れ、リサイクル技術の改善が課題になるとしている<sup>35</sup>。

ドイツのフラウンホーファー研究所では、ブレードの FRP の含有率が高い部分と低い部分を分別し、それぞれの状態に合わせたマテリアルリサイクルを行うリサイクル技術について研究が行われている。しかし、FRP の含有率が高い部分と低い部分を分別する点で技術的な課題があり、このフローに沿ったリサイクルは実現されていない。

<sup>35</sup> Renewable Energy Focus “ Recycling wind ” ( 31th Jan 2009 )

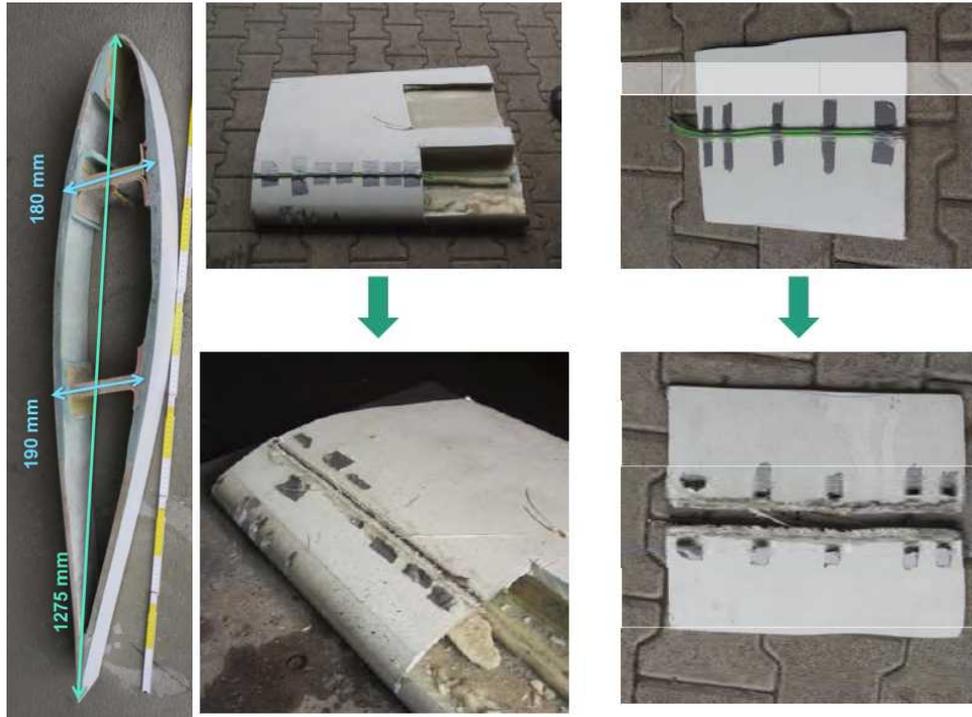


図 3-35 ブレード解体の様子

出所)“ Recycling von Windkraftanlagen ”( 2013 年 6 月, フラウンホーファー研究所 Hamburg T.R.E.N.D 講演資料)

### 3) 国内における GFRP のリサイクルに関する情報

GFRP のリサイクルに関する取組として、国内では、平成 19 年より、FRP 船のリサイクルシステムが運用されている。FRP 船の製造事業者等の団体である一般社団法人日本マリン事業協会が中心となり、主要製造事業者 7 社(川崎重工業、スズキ、トーハツ、トヨタ自動車、日産マリーン、ヤマハ発動機、ヤンマー船用システム)等と連携し、システムを構築した。

適正処分が困難とされていた FRP 船を、指定引取場所に収集、粗解体した後、FRP 破材を中間処理場に輸送し、破碎・選別等を行い、セメント利用されている。FRP 船の収集・解体・破碎を広域的に行うことで、コストを抑えたりサイクルシステムが実現した。

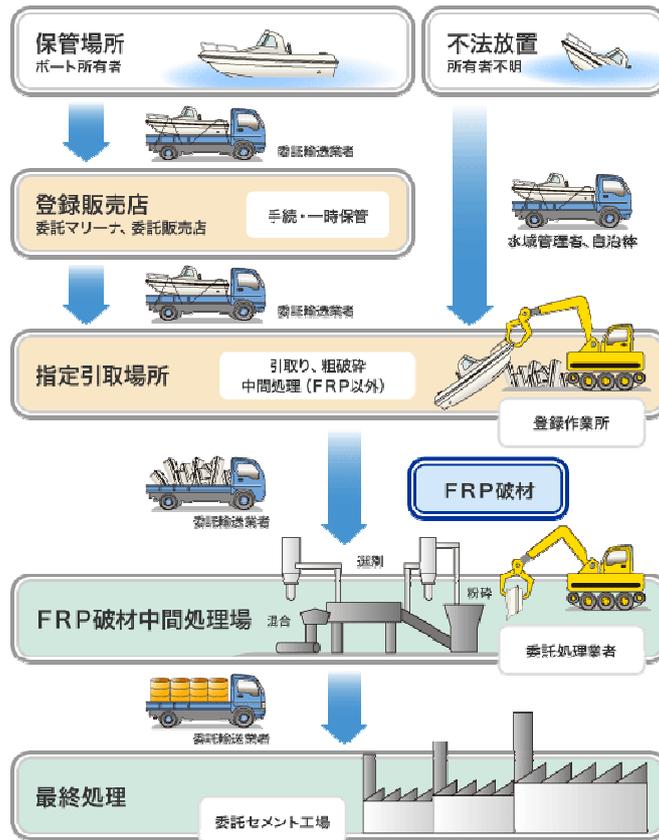


図 3-36 FRP 船リサイクルシステム

出所) 一般社団法人 日本マリン事業協会「FRP 船リサイクル」<sup>36</sup>

<sup>36</sup> <http://www.marine-jbia.or.jp/recycle/>

### 3.3.5 風車の適正処分に係る留意事項

適正処分の観点から注視すべき素材としては、「油」と「重金属」が挙げられる。

油は、油圧ユニットをはじめ、ナセルを構成する多くの部品に含まれる。発電機や軸受に含まれるグリースは、ふき取って、廃油として処分する必要がある。また、ナセル内の油は摩擦により発生する鉄粉等が含まれている状態であるため、適正に廃油処理を行うよう、留意する必要がある。

埋立処理を想定した場合、溶出の観点から注視すべき部材として、基板、有機塗料、めっき等に含まれる重金属（鉛等）が挙げられる。100kW 風車の素材構成調査結果からは、鉛の含有が一部の部材（タワー、ナセル等に用いられる塗料、タワー内のタラップ）で確認された。本調査で用いた 100kW 風車は、洋上に設置されていた風車であることから、防錆性を持たせるために塗料に鉛が使用されたものと推察されるが、海岸近くに設置する陸上風車においても防錆性は要求されるため、処理にあたっては、鉛の含有有無、埋立処分の際の溶出可能性についても留意する必要がある。

また、現場の作業環境の観点からは、FRP の粉塵等の問題が挙げられる。FRP を用いたブレードの切断等を行う際は、FRP の粉塵が発生するため、作業者の安全対策等を講じる必要がある。



図 3-37 ブレード解体作業の様子

出所) Green-Ener-Tech Denmark ウェブページ

### 3.4 風車のリユース・リサイクル・適正処分に係るコスト

#### 3.4.1 リユースを想定した解体コスト

風車および部品・部材のリユースを想定した場合、解体作業は丁寧に、各部品を損傷することなく実施する必要があることから、リサイクル・廃棄を想定した場合より、解体にかかるコストは高くなることが想定される。

国内事業者へのヒアリングでは、中大型風車（MW クラス）のリユースを想定した解体作業にかかるコスト、日数・人員について、以下の情報が得られている。

##### <国内事業者へのヒアリング結果>

- 風車単体の解体コスト（産廃処理コストを含む）は、基礎を破砕する場合 1,500 万円程度、基礎を残す場合 1,000 万円程度であり、風車・部品のリユースを想定した場合には、より丁寧な作業が必要となるため、解体コストはより高くなると考えられる。
- ナセル内から発電機を単体で取り外す作業は半日程度かかる。所要人数はオペレータが 1 人、クレーンの荷を引っ張る人員が 2 人、ナセル上で解体作業を行う技術員が 3 人程度、合計 6 人程度である。解体のための事前準備（発電機周辺の電気配線を外すなど）も含めれば、追加 1 日かかる。
- 解体作業には、スーパーバイザー<sup>37</sup>の立会いが必ず必要であり、治具の取付箇所、ボルトの取外し手順、解体方法等、安全確保のための助言を受けながら作業を実施する。スーパーバイザーの人件費は、海外の場合は最低でも時給 100 ユーロ、国内でも日給は 8 ～ 12 万円程度必要となる。
- 大型クレーンのレンタルには、本体使用料に加えて、回送料が必要となる。また、500 トンクラスのクレーンの場合、組立・解体用に 50 トンクラスのクレーンが 2 台必要となる。また、強風等、気象条件により作業できない場合は、追加的な待機料金がかかる。
- 部品により、解体にかかる工程は異なる。発電機の場合は半日で取り外しが可能だが、増速機の場合は作業に数日かかる場合があり、事前準備を含めると 3 日程度は要すると考えられる。

以上を踏まえると、風車全体のリユースを想定した解体にかかるコストは、1,000 ～ 1,500 万円程度以上と考えられる。

また、部品単体を取り外す場合、風車全体を解体する場合と比較して所要日数が短くなるため、クレーンレンタル料は安くなると考えられる。一方で、事前の作業準備（鉄板養生、メインクレーン組立等）や、使用するクレーン・器材、所要人員は、風車全体の解体と大きく変わらないことから、相応のコストがかかることを想定する必要がある。

<sup>37</sup> スーパーバイザー（英語: supervisor）とは、監督・管理・監修を担当する人物。日本ではSVと略されることがある。

### 3.4.2 リサイクル・適正処分に係るコスト

#### (1) 国内のリサイクル・適正処分に係るコスト事例

##### 1) 解体・撤去に係るコスト

風車のリサイクル・適正処分においては、「解体・撤去に係るコスト（現場で風車を撤去し、輸送するための解体を行う）」「輸送に係るコスト（現場から解体事業者まで、風車を輸送する）」「リサイクル・適正処分に係るコスト（解体事業者において、リサイクル・適正処分を行う）」が生じる。

「解体・撤去に係るコスト」については、風車のサイズにもよるが、事業者へのヒアリングにより、1MW 前後の風車一機あたり 1,000 万円/機程度との情報を得ている。

表 3-8 に、750kW 風車 4 機の解体・撤去（所要約 30 日）に係る主要費目のコスト事例を以下に示す。クレーン等重機のレンタルコストや人件費の他、専用治具のレンタルコスト等のコストも大きい。

なお、ここで示す数値はあくまで一例であり、風車の解体・撤去にかかるコストは、風車の立地や数、基礎や埋設ケーブルの状況等により大きく異なることに留意が必要である。

表 3-8 解体・撤去に係るコスト事例

費目	主要コスト事例	備考
クレーンのレンタルコスト	3,300 万円程度	大型クレーンのレンタルコストのほか、大型クレーンを組み立てるためのクレーンや、クレーンの運搬に係るコストなど。ここでは、具体的に、500t クラスのクレーン 1 台、および、50t クラスのクレーン 2 台を想定。
解体コスト	800 万円程度	解体に係る一般管理費・人件費等。
クレーン養生（鉄板敷設等）に係るコスト	200 万円程度	クレーン設置養生や作業道路補修、砂利施設工などに係るコスト。
専用治具のレンタルコスト	300 万円程度	クレーンで風力設備の部品を釣る際に要する専門器具。
基礎の撤去、埋設ケーブル解体に係るコスト	200 万円程度	基礎に関しては、表面の 30cm 程度を取り除き、埋め戻すケースが多い。
合計	4,800 万円程度 (16,000 円/kW 程度)	

出所) 事業者提供資料

上記の事例に加え、アンケート調査で廃棄実績のある事業者 29 件に廃棄コスト総額を尋ねたところ、19 件のデータが得られた。

しかしながら、発電規模、立地、用途（実証試験用か商用か）、運営主体（自治体か民間か）によって相当の幅を持つ（0.8～28.8 万円/kW）ことが示唆されたため、標準的なコストの把握にあたっては、更なるデータの蓄積が望まれる。

表 3-9 廃棄コスト総額（回答数：19 件）

項目	廃棄コスト
件数	19 件
平均値	9.1 万円/kW
中央値	6.5 万円/kW
最大値	28.8 万円/kW
最小値	0.8 万円/kW
加重平均値	5.7 万円/kW

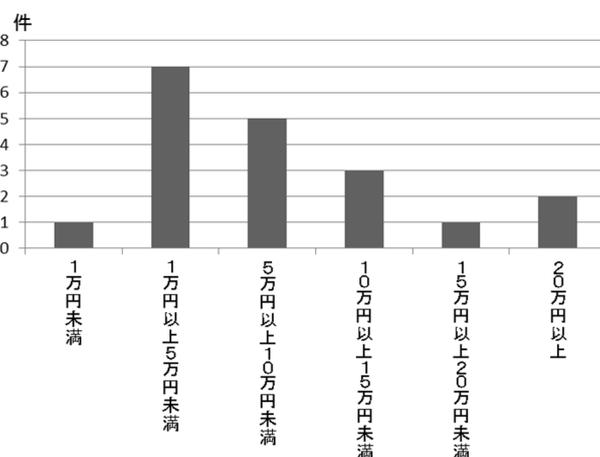


図 3-38 容量あたり廃棄総コスト[万円/kW]の件数分布

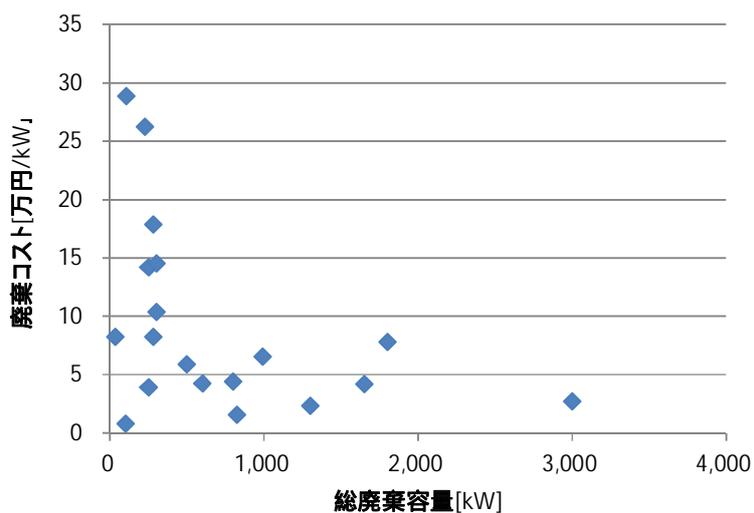


図 3-39 廃棄総容量（単基容量 × 基数）と廃棄コストの分布

## 2) 処理委託費用

アンケート調査により、処理委託費用として得られたデータは8件で、平均値は0.2万円/kWであった(表 3-10)。廃棄コスト総額の平均値が9.7万円/kWであることから、廃棄コストに占める処理委託費用の割合は小さく、廃棄コストの大部分は撤去・解体に係るコストが占めていることが分かる。

表 3-10 処理委託費用(回答数:8件)

項目	廃棄コスト
件数	8件
平均値	0.2万円/kW
中央値	0.1万円/kW
最大値	0.6万円/kW
最小値	0.1万円/kW

## 3) 素材の売却収入

アンケート調査で廃棄実績のある事業者29件のうち、素材売却収入を把握できた事業者は8件であった。平均値は0.6万円/kWであった(表 3-11)。現状では素材の売却収入によるコスト回収は難しいと考えられる。

表 3-11 素材売却収入(回答数:8件)

項目	廃棄コスト
件数	8件
平均値	0.6万円/kW
中央値	0.4万円/kW
最大値	2.7万円/kW
最小値	0.1万円/kW

上記に加え、表 3-7 で示した有償レベルおよび買取単価<sup>38</sup>に基づき、図 3-11 に示した2MWクラスの風車をリサイクルした際の、素材の売却収入を試算した。なお、買取単価・買取額に関しては、あくまで検討の一例であり、今後市況等により変化することに留意が必要である。試算の結果、売却収入は、合計で3,140万円、kWあたり13,652円/kW(輸送費を含まない)となった。

表 3-12 2.3MW機をリサイクルした際の売却収入試算例

素材	重量(kg)	比率	有償 レベル	買取単価 (円/kg)	買取額 (万円)
鉄	854,000	88%	1	30	2,562
プラスチック(GFRP)	29,000	3%	3	(60)	(174)

<sup>38</sup> リサイクル業者へのヒアリング調査より設定。リサイクル工場における引取り時の単価を想定している。

素材		重量 (kg)	比率	有償 レベル	買取単価 (円/kg)	買取額 (万円)
金属 複合	銅	12,000	1%	1	120	144
	アルミニウム	76,000	8%		80	608
合計		971,000	-	-	-	3,140 (13,652 円/kW)

1 有償レベルは以下のように設定。

レベル1：そのままの状態、有償で譲渡可能

レベル2：破碎・選別など通常のリサイクルで想定される工程を経ることによって有償で譲渡可能

レベル3：上記以外

2 括弧内は逆有償

#### 4) 小形風車の廃棄コスト

小形風車の廃棄コストについて、経済産業省の調査<sup>39</sup>では表 3-13 に示す事例が示されている。廃棄コストは、2kW 基が 80 万円/基、10kW 基が 120 万円/基であり、同規模の風車の平均設置コストと比較すると、2kW 基は設置コストの 16～27%、10kW 基は設置コストの 11～15%の廃棄コストがかかっている。

表 3-13 小形風車の廃棄事例

	廃棄事例 1	廃棄事例 2
単機容量[kW]	2	10
設置年	2003	2006
廃棄年	2005	2008
廃棄費用[万円/基]	80	120
(参考) 同規模の 風車の平均設置コ スト[万円/基]	300～500	800～1,100

出所) 経済産業省「平成 26 年度新エネルギー等共通基盤整備促進事業報告書」(平成 27 年 3 月)

#### (2) 海外の解体・撤去に係るコスト評価事例

海外においては、米国等において、風力発電プラントの建設時の許認可時に、事業期間終了後の風車の解体・撤去に係るコスト評価(Decommissioning Plan)が行われている。表 3-14 に、米国における 3 つのプラントのコスト評価事例を示す。各事例を比較すると、プラントサイズが大きいほどスケールメリットが働き、解体処理コストが安くなる傾向が見られる。

海外の事例と、前節の国内における試算結果を比較すると、国内の解体・撤去に係るコストは海外の 1.5 倍から 3 倍程度を要している。この要因としては、事業者等のヒアリングにより、プラントの規模の違い、重機のレンタル費、輸送費、立地等の違い等が挙げられている。

<sup>39</sup> 経済産業省「平成 26 年度新エネルギー等共通基盤整備促進事業報告書」(平成 27 年 3 月)

< 国内外の風車の解体・撤去コスト差の要因 >

- ・ 海外の風力発電プラントは数百 MW 規模のものが多く、風車が数十～数百基設置されているため、スケールメリットにより kW あたり廃棄コストが小さくなる。
- ・ 日本のクレーンのレンタル費用は高く、国内のクレーンの台数が少ないことや、クレーンを輸送するコストが高いことなどが、要因として挙げられる。
- ・ 日本では、山間部等、交通が不便な場所に風車が立地していることが多い。また、日本は道幅が狭く、風車など大型のものを運搬する際は、特殊車両通行許可申請が必要となる。

また、売却収入に関して前項の試算結果と比較すると、国内の試算結果は海外の試算結果の2倍から4倍の値となっている。この要因の一つとして、素材の売却単価の違いが挙げられる。前項の国内試算では、鉄の売却単価を30円/kgに設定したが、表3-14の海外試算では鉄の売却単価は0.235ドル/kg<sup>40</sup>(23.5円/kg<sup>41</sup>)に設定されている。同様に、アルミニウムについても、国内試算では80円/kgに設定したが、海外試算では0.5ドル/kg<sup>40</sup>(50円/kg<sup>41</sup>)に設定されており、単価設定額の違いが売却収入の差に現れていると考えられる。

表 3-14 海外における風車の解体・撤去に係るコスト試算事例

プラント名	Sibley Wind Project <sup>1</sup>	Bowers Wind Project <sup>2</sup>	Buffalo Ridge II Wind Farm <sup>3</sup>
プラント出力	20MW	48MW	306MW
風車の単機容量、本数	1.95MW、20本	3.0MW、16本	2.1MW
解体処理コスト(ア)	9,236円/kW	4,693円/kW	4,324円/kW
売却収入(イ)	5,752円/kW	3,409円/kW	3,779円/kW
正味コスト(ア)-(イ)	3,482円/kW	1,283円/kW	545円/kW

1 ドル = 100 円で算出

出所) 1: DECOMMISSIONING PLAN (Sibley Wind Project)

2: MDEP NRPA/Site Location of Development Combined Application (Bowers Wind Project)

3: Buffalo Ridge II Wind Farm Decommissioning Report (Buffalo Ridge II Wind Farm)

<sup>40</sup> MDEP NRPA/Site Location of Development Combined Application (Bowers Wind Project)

<sup>41</sup> 1 ドル = 100 円として換算。

## 添付資料

メガソーラー等太陽光発電システムの設置・撤去等に関するアンケート

風力発電設備のリユース・リサイクル・処分に関するアンケート調査票

風力発電設備のリユース・リサイクル・処分に関するアンケート調査結果

太陽光発電システムに関するアンケート調査  
 <太陽光発電システムの設置及び発電事業者様>

グレーの網掛け部分が解答欄です。各設問へのご回答をお願い致します。

貴社の情報についてご回答下さい。

1. 社名	
2. 部署名	
3. 役職	
4. 氏名	
5. 住所	
6. メールアドレス	
7. 企業年間売上高	円

本アンケートでは、地面もしくは建物（ビル等）の屋上に設置された1000kW以上のメガソーラーに加え、出力約500kW以上の太陽光発電設備もアンケートの対象とさせていただきます。以下では、これらを「太陽光発電システム」と言います。

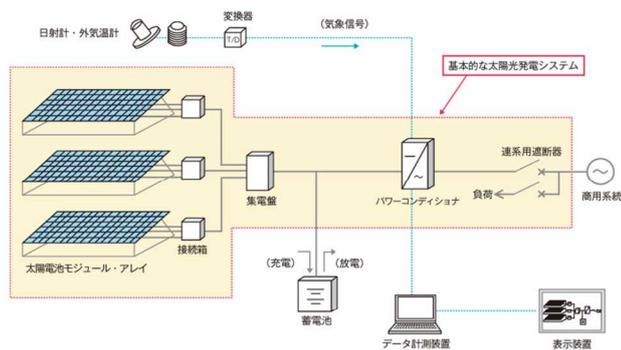


図 地上設置型太陽光発電システムの例  
 出典) NEDO 再生可能エネルギー技術白書

本アンケートでは、

- ①太陽光発電システムの設置を行っている事業者(⇒「設置事業者様」シート 問1～10にご回答下さい。)
- ②太陽光発電システムの発電事業者(⇒「発電事業者様」シート 問11～17にご回答下さい。)
- ③太陽光発電システムの設置及び発電事業者(①と②の両方)(⇒すべてのシート 問1～17にご回答下さい。)

を対象に実施しております。

太陽光発電システムに関するアンケート調査  
 <太陽光発電システムの設置事業者様>

グレーの網掛け部分が解答欄です。各設問へのご回答をお願い致します。

太陽光発電システムの設置実績等について

太陽光発電システムの設置実績等についてご回答ください。

問1 貴社は、太陽光発電システムの設置を行ったことがありますか。該当する番号に✓を1つ付けて下さい。

<input type="checkbox"/>	1. 太陽光発電システムの設置を行ったことがある（件数及び総ワット数もご回答下さい）
	設置を行った件数： 計 <input type="text"/> 件程度
	設置を行った総ワット数： 計 <input type="text"/> kW程度
<input type="checkbox"/>	2. 太陽光発電システムの設置を行ったことがない <span style="float:right">→問11にお進みください</span>

問2 太陽光発電システムの設置等における構成部品の交換・取外し実績について、該当する番号に✓を1つ付けて下さい。

<input type="checkbox"/>	1. 設置時に構成部品の交換・取外しを行ったことがある（構成部品及び枚・台数についてもご回答下さい）。具体的な枚・台数が不明な場合は概数でも結構です。	
	①太陽電池モジュール	枚 <input type="text"/>
	②パワーコンディショナ	台 <input type="text"/>
	③架台	台 <input type="text"/>
	④ケーブル	本 <input type="text"/>
	⑤その他	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	2. 設置時に構成部品の交換・取外しを行ったことはない。 <span style="float:right">→問5にお進みください</span>	

問3 太陽光発電システムの設置時に、構成部品の交換・取外しを行った理由について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。（複数回答可）

<input type="checkbox"/>	1. モジュールの不良のため
<input type="checkbox"/>	2. 設置不良のため
<input type="checkbox"/>	3. 自然災害（台風）のため
<input type="checkbox"/>	4. 自然災害（大雪）のため
<input type="checkbox"/>	5. その他の自然災害 （具体的に記述して下さい）
<input type="checkbox"/>	6. その他 （具体的に記述して下さい）

設置時に取外した構成部品の取扱い方法・引渡先

太陽光発電システムの設置における構成部品の交換・取外し後の取扱い方法について、以下の質問にご回答下さい。

問4 取外した構成部品の引渡先について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。（複数回答可）

また、引渡し先へ引渡した際の形態について、該当する番号に✓を1つ付けて下さい。可能な範囲でご回答下さい。

問4-1 問3で「1. モジュールの不良のため」とご回答された方

<引渡先> 該当する全ての番号に✓を 付けて下さい（複数回答可）	<引渡しの形態> 引渡しごとに、該当する全ての番号に✓を 付けて下さい（複数回答可）			
	1.売却	2.無償	3.処分費用を支払い	4.保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 7. その他 （具体的に記述して下さい）	<input type="text"/>			

問4-2 問3で「2. 設置不良のため」とご回答された方

<引渡先> 該当する全ての番号に✓を 付けて下さい（複数回答可）	<引渡しの形態> 引渡しごとに、該当する全ての番号に✓を 付けて下さい（複数回答可）			
	1.売却	2.無償	3.処分費用を支払い	4.保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 7. その他 （具体的に記述して下さい）	<input type="text"/>			

問4-3 問3で「3. 台風による自然災害」、「4. 大雪による自然災害」、「5. その他の自然災害」とご回答された方

<引渡先> 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	<引渡し形態> 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

問4-4 問3で「6. その他」とご回答された方

<引渡先> 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	<引渡し形態> 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

太陽光発電システムの修理時等の構成部品の交換・取外し実績等について  
太陽光発電システムの修理時等における構成部品の交換・取外し実績についてご回答下さい。

問5 太陽光発電システムの修理時等におけるこれまでの構成部品の交換・取外し実績について、該当する番号に✓を1つ付けて下さい。

<input type="checkbox"/> 1. 交換・取外しを行ったことがある（構成部品及び枚・台数についてもご回答下さい）。具体的な枚・台数がご不明な場合は概数でも結構です。	
①太陽電池モジュール	枚
②パワーコンディショナ	台
③架台	台
④ケーブル	本
⑤その他	
<input type="checkbox"/> 2. 交換・取外しを行ったことはない	⇒問11にお進みください

問6 太陽光発電システムの修理時に、構成部品の交換・取外しを行った理由について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。（複数回答可）

<input type="checkbox"/> 1. 故障したため
<input type="checkbox"/> 2. 自然災害（台風）のため
<input type="checkbox"/> 3. 自然災害（大雪）のため
<input type="checkbox"/> 4. その他の自然災害 (具体的に記述して下さい)
<input type="checkbox"/> 5. 発電量が低下したため
<input type="checkbox"/> 6. 維持管理費コストとの折り合いが付かなかったため
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)

修理時等に取外した部品の取扱い方法・引渡先  
太陽光発電システムの修理における構成部品の交換・取外し後の取扱い方法について、以下の質問にご回答下さい。

問7 取外した部品の引渡先について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。（複数回答可）  
また、引渡し先へ引渡しした際の形態について、該当する番号に✓を1つ付けて下さい。可能な範囲でご回答下さい。

問7-1 問6で「1. 故障したため」とご回答された方

<引渡先> 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	<引渡し形態> 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1 売却	<input type="checkbox"/> 2 無償	<input type="checkbox"/> 3 処分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

問7-2 問6で「2. 台風による自然災害」、「3. 大雪による自然災害」、「4. その他の自然災害」とご回答された方

＜引渡先＞ 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	＜引渡し形態＞ 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

問7-3 問6で「5. 発電量が低下したため」とご回答された方

＜引渡先＞ 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	＜引渡し形態＞ 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

問7-4 問6で「6. 維持管理費コストとの折合いが付かなかったから」とご回答された方

＜引渡先＞ 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	＜引渡し形態＞ 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

問7-5 問6で「7. その他」とご回答された方

＜引渡先＞ 該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）	＜引渡し形態＞ 引渡先ごとに、該当する全ての番号に✓を付けて下さい（複数回答可）			
<input type="checkbox"/> 1. 機器メーカー	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 2. 機器の販売店	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 3. リユース業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 4. 金属スクラップ業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 5. 中間処理業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 6. 最終処分業者	<input type="checkbox"/> 1.売却	<input type="checkbox"/> 2.無償	<input type="checkbox"/> 3.単分費用を支払い	<input type="checkbox"/> 4. 保険会社が費用を負担
<input type="checkbox"/> 7. その他 (具体的に記述して下さい)				

**太陽光発電システムの構成部品の交換・取外し方法について**

問8 太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しの際に留意する点について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。(複数回答可)

<input type="checkbox"/>	1. 転落防止	
<input type="checkbox"/>	2. 感電防止	
<input type="checkbox"/>	3. 火災防止	
<input type="checkbox"/>	4. 有害物質の管理 (鉛、セレン、カドミウム等)	
<input type="checkbox"/>	5. その他 (具体的に記述して下さい)	

**太陽光発電システムの撤去について**

問9 将来、太陽光発電システムの撤去作業が行われる場合、貴社が当該業務を引き受ける(貴社が業務を受け、他の事業者にも発注する場合も含みます)ための条件について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。(複数回答可)

<input type="checkbox"/>	1. 業務の費用(引き受け可能な1件あたりの費用の目安を記述して下さい)	1件あたり		万円以上
<input type="checkbox"/>	2. 業務の規模(引き受け可能な1件あたりの発電量の目安を記述して下さい)	1件あたり		kW以上
<input type="checkbox"/>	3. その他 (具体的に記述して下さい)			
<input type="checkbox"/>	4. 撤去業務は引き受けない予定である。			

問10 将来、太陽光発電システムの撤去作業が行われる場合、撤去作業を行うと想定される主体について、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。(複数回答可)

<input type="checkbox"/>	1. 自社
<input type="checkbox"/>	2. 建物解体業者
<input type="checkbox"/>	3. 太陽光発電システム設置業者
<input type="checkbox"/>	4. その他 (具体的に記述して下さい)
<input type="checkbox"/>	5. 不明である

～以上でアンケートは終了です。ご協力頂き、ありがとうございました。～  
 ※発電事業も行っていらっしゃる場合は、引き続き「発電事業者様」のアンケートにもご協力をお願い致します。

太陽光発電システムに関するアンケート調査  
 <太陽光発電システムの発電事業者様>

グレーの網掛け部分が解答欄です。各設問へのご回答をお願い致します。

問11 貴社は、太陽光発電システムの発電事業者ですか。該当する番号に✓を1つ付けて下さい。

<input type="checkbox"/> 1. 発電事業者である (件数及び総ワット数もご回答下さい)			
件数:	計		件程度
総ワット数:	計		kW程度
<input type="checkbox"/> 2. 発電事業者ではない →以上でアンケートは終了です。ご協力頂き、ありがとうございました。			

問12 現在貴社が発電事業を行っている太陽光発電システムの設置場所として該当する番号全てに✓を1つ付けて下さい。(複数回答可)

<input type="checkbox"/> 1. 公共施設
<input type="checkbox"/> 2. 民間施設 (自社保有地含む)

問13 貴社は、FIT (固定価格買取制度) における買取期間終了後、太陽光発電システムの発電事業を継続する予定ですか。該当する番号に✓を1つ付けて下さい。問12の回答 (1. 公共施設、2. 民間施設) によって該当欄にご回答下さい。

問12で「1. 公共施設」とご回答された方	問12で「2. 民間施設 (自社保有地含む)」とご回答された方
<input type="checkbox"/> 1. 継続する予定である	<input type="checkbox"/> 1. 継続する予定である
<input type="checkbox"/> 2. 継続する予定はない	<input type="checkbox"/> 2. 継続する予定はない

今後の見込みについて

太陽光発電システムの将来の取扱方法について、以下の質問にご回答下さい。

問14 現在使用している太陽光発電システムは、使用後どのような措置を取る予定ですか。該当する番号に✓を1つ付けて下さい。問12の回答 (1. 公共施設、2. 民間施設) によって該当欄にご回答下さい。

問12で「1. 公共施設」とご回答された方	問12で「2. 民間施設 (自社保有地含む)」とご回答された方
<input type="checkbox"/> 1. 廃棄する予定である	<input type="checkbox"/> 1. 廃棄する予定である
<input type="checkbox"/> 2. 取外してリサイクルを行う予定である	<input type="checkbox"/> 2. 取外してリサイクルを行う予定である
<input type="checkbox"/> 3. 取外してリユースを行う予定である	<input type="checkbox"/> 3. 取外してリユースを行う予定である
<input type="checkbox"/> 4. そのまま設置したままにする予定である	<input type="checkbox"/> 4. そのまま設置したままにする予定である
<input type="checkbox"/> 5. わからない	<input type="checkbox"/> 5. わからない
<input type="checkbox"/> 6. その他 (具体的に記述して下さい)	<input type="checkbox"/> 6. その他 (具体的に記述して下さい)

問15 太陽光発電システムを撤去する理由について、想定される範囲内で、該当する全ての番号に✓を付けて下さい。(複数回答可) 問12の回答 (1. 公共施設、2. 民間施設) によって該当欄にご回答下さい。

問12で「1. 公共施設」とご回答された方	問12で「2. 民間施設 (自社保有地含む)」とご回答された方
<input type="checkbox"/> 1. 土地の契約上、撤去を行わなければならないため	<input type="checkbox"/> 1. 土地の契約上、撤去を行わなければならないため
<input type="checkbox"/> 2. 発電量が低下すると考えられるため	<input type="checkbox"/> 2. 発電量が低下すると考えられるため
<input type="checkbox"/> 3. FIT (固定価格買取制度) における買取期間が終了するため	<input type="checkbox"/> 3. FIT (固定価格買取制度) における買取期間が終了するため
<input type="checkbox"/> 4. 性能が良い新しいもの太陽光発電システムを導入したいため	<input type="checkbox"/> 4. 性能が良い新しいもの太陽光発電システムを導入したいため
<input type="checkbox"/> 5. 維持管理費コストとの折り合いが付かなかったため	<input type="checkbox"/> 5. 維持管理費コストとの折り合いが付かなかったため
<input type="checkbox"/> 6. その他 (具体的に記述して下さい)	<input type="checkbox"/> 6. その他 (具体的に記述して下さい)

問16 現在使用している太陽光発電システムを撤去するのは、いつ頃を予定していますか。設置時からの年数及び具体的な想定年について、想定される内容をお答え下さい。

設置時から撤去までの想定期間	年
----------------	---

問17 太陽光発電システムの建設・設置時に、将来の太陽光発電システムの廃棄費用も見込んで建設費用を設定していますか。該当する番号に○を1つ付けて下さい。なお、設定している場合、廃棄費用は建設費用の何%程度を想定していますか。

<input type="checkbox"/> 1. 廃棄費用を見込んでいる	建設費用の	%程度
<input type="checkbox"/> 2. 廃棄費用は見込んでいない		

～以上でアンケートは終了です。ご協力頂き、ありがとうございました。～

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

2015年3月

株式会社 三菱総合研究所  
環境・エネルギー研究本部

この印刷物は、国等による環境物品等の調達に関する法律（グリーン購入法）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。