

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、CO₂ 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 CO₂ 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

0. 検討内容	1
0.1 検討の目的.....	1
1. 太陽光発電設備の撤去・運搬・処理に関する調査・検討	6
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
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	215
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
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	238
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
添付資料.....	281

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。

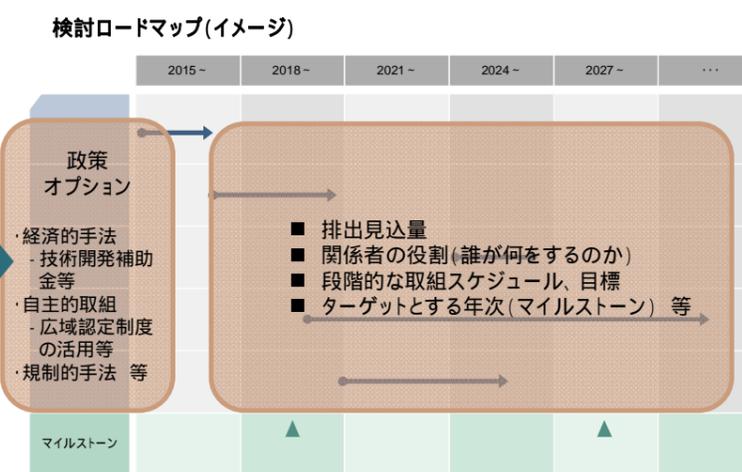
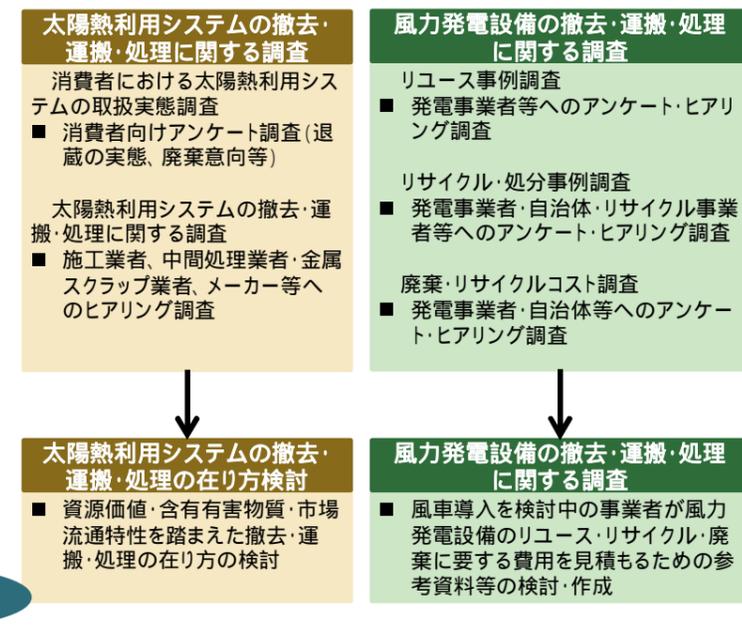
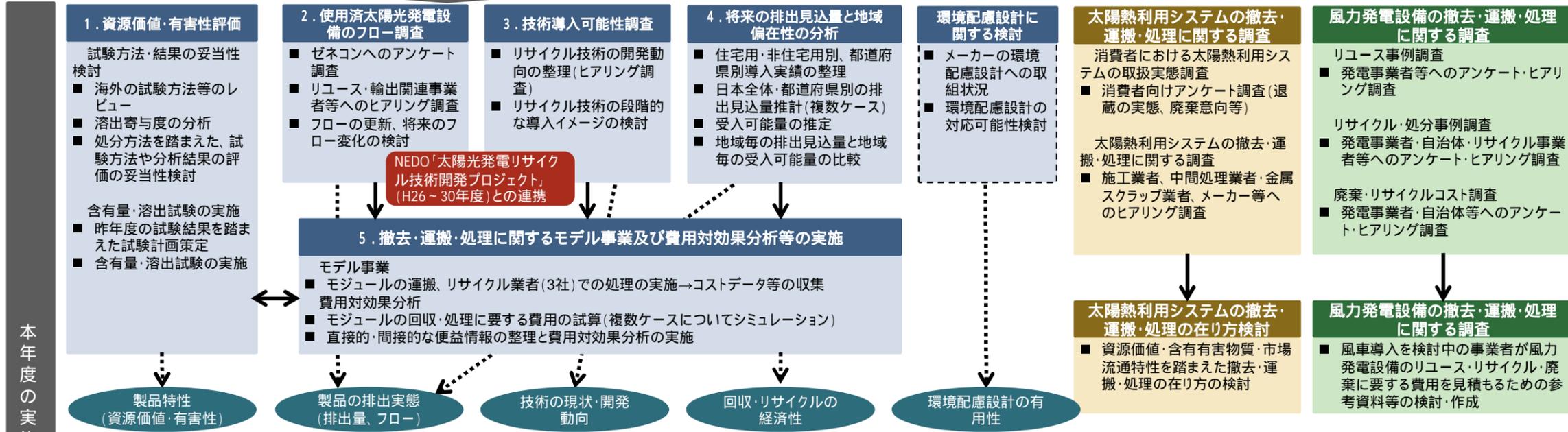
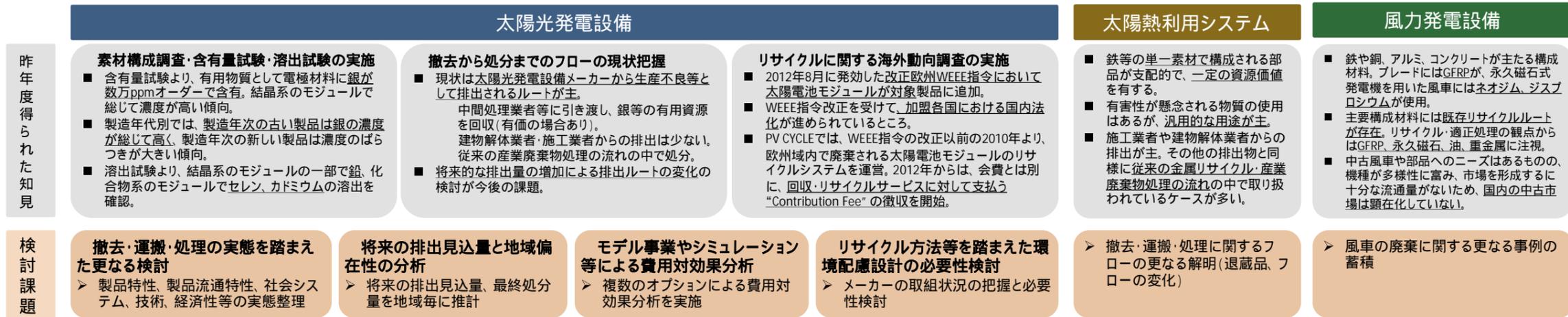
太陽光発電や風力発電については、導入初期段階（国庫補助等の支援制度が開始された1990年代中頃）の発電設備が使用済みとなって排出され始めているが、現時点では処理システムは確立されていない一方、その排出量は過去の普及カーブに沿って加速度的に増加することが見込まれる。

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"> ● 検討会の設置趣旨について ● 再生可能エネルギー設備の導入等の状況について ● 本年度調査の実施内容について ● 経済産業省・NEDO 調査について
第 2 回	平成 27 年 2 月 27 日 (金) 10:00 ~ 12:30	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 1 回検討会での指摘事項と対応方針について ● フロー・経済性 WG、リサイクル特性 WG での検討結果報告 ● 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 ● 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 ● 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
第 3 回	平成 27 年 3 月 26 日 (木) 10:00 ~ 12:30	<ul style="list-style-type: none"> ● 第 2 回検討会での指摘事項と対応方針について ● 検討会報告書 (案) について

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"> ● 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 ● 使用済太陽光発電設備のフロー調査等について ● 将来の排出見込量と地域偏在性の分析について ● 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 ● 太陽光発電設備のリユースに関する調査について
第 2 回	平成 26 年 11 月 5 日 (水) 13:00 ~ 15:00	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 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 ● 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 ● 撤去・運搬・処理に関するモデル事業の進捗状況について

		<ul style="list-style-type: none"> ● 費用対効果分析等の進捗状況について ● 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 ● 環境配慮設計に関する取組状況について
第3回	平成27年 1月20日(火) 10:00~12:30	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 使用済太陽光発電設備のフロー調査結果について ● 将来の排出見込量と地域偏在性の分析結果について ● 撤去・運搬・処理に関するモデル事業の実施結果について ● 費用対効果分析等の実施結果について ● 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

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"> ● 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 ● 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 ● 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 ● 試料調整方法に関する予備的検討結果について
第2回	平成26年 12月16日(火) 10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 標準的な試料調製方法(案)について ● 含有量・溶出試験の実施について ● 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
第3回	平成27年 2月4日(水) 10:00~12:00	<ul style="list-style-type: none"> ● 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 ● 標準的な試料調製方法(案)について ● 含有量・溶出試験の結果について ● 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

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。

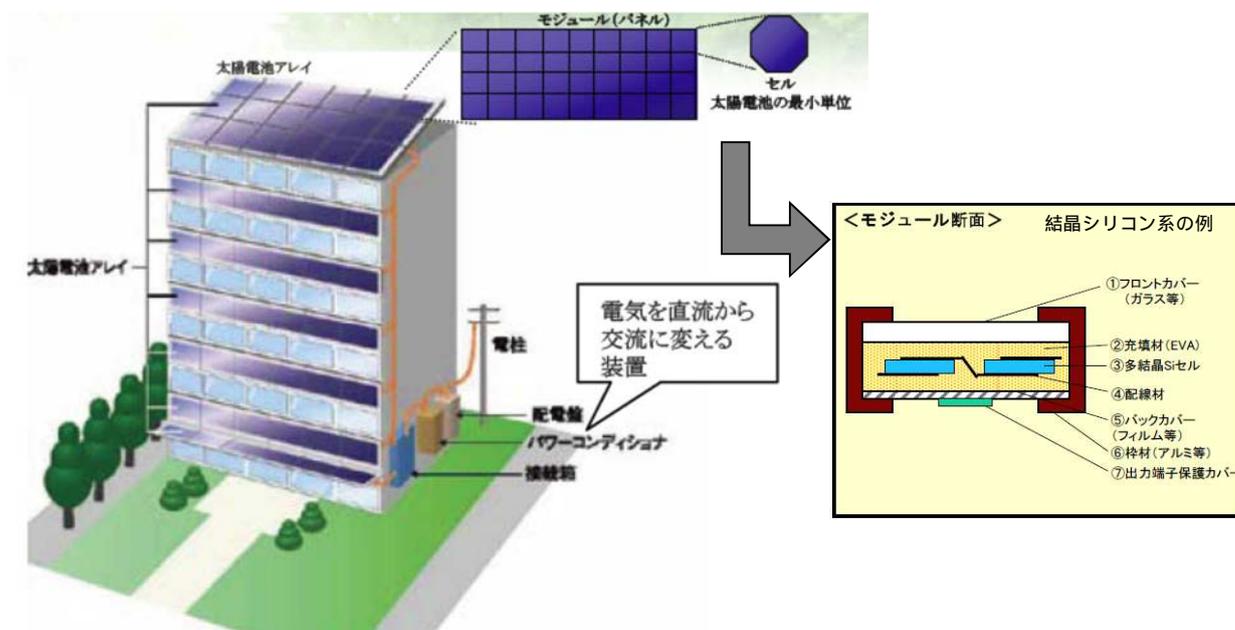


図 1-1 太陽光発電設備の概略

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ったため、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 μ 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

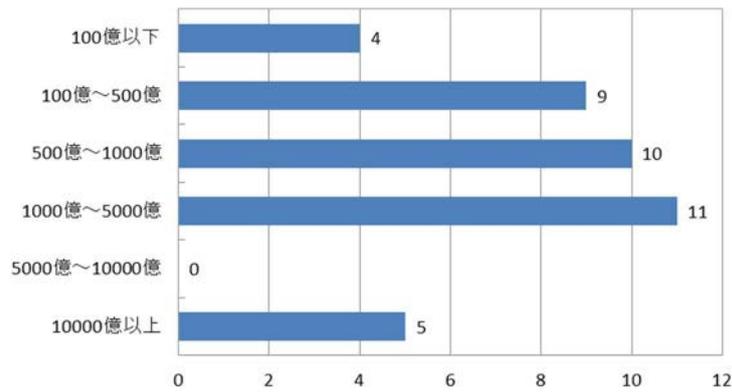


図 1-2 回答企業年間売上高

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。

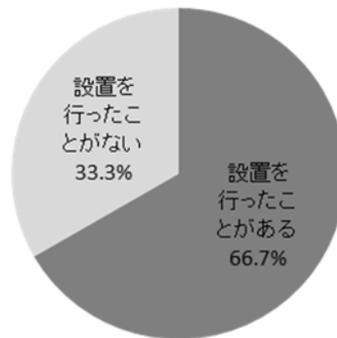


図 1-3 約 500kW 以上の太陽光発電システムの設置実績の有無

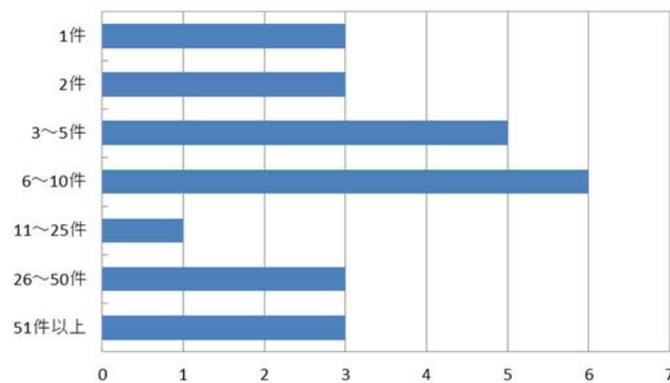


図 1-4 設置件数

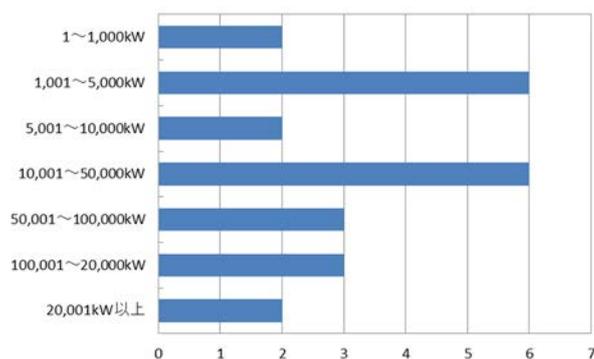


図 1-5 設置ワット数

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。

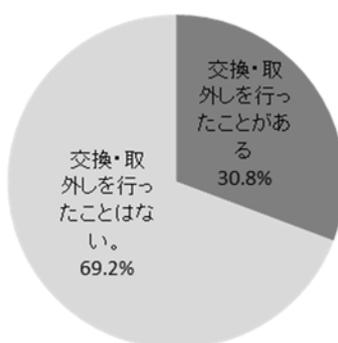


図 1-6 設置時における構成部品の交換・取外し実績

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。

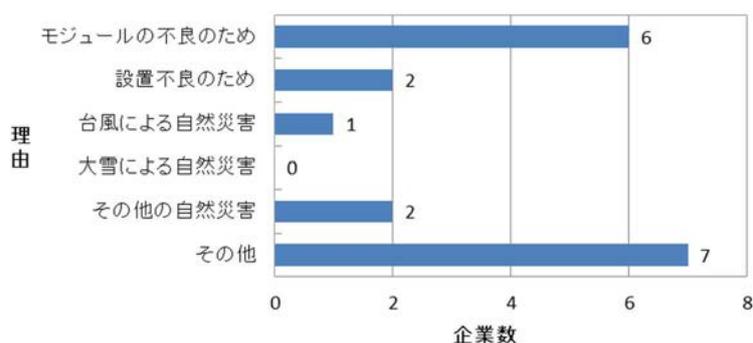


図 1-7 設置時に構成部品の交換・取外しを行った理由

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。

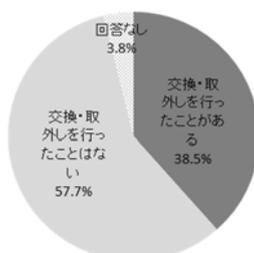


図 1-8 修理時における構成部品の交換・取外し実績

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。

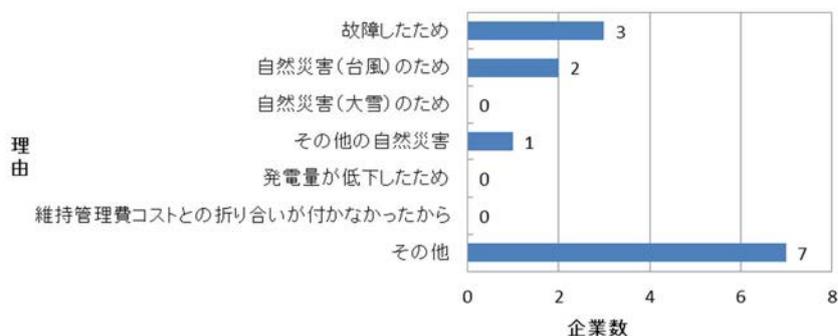


図 1-9 修理時に構成部品の交換・取外しを行った理由

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。

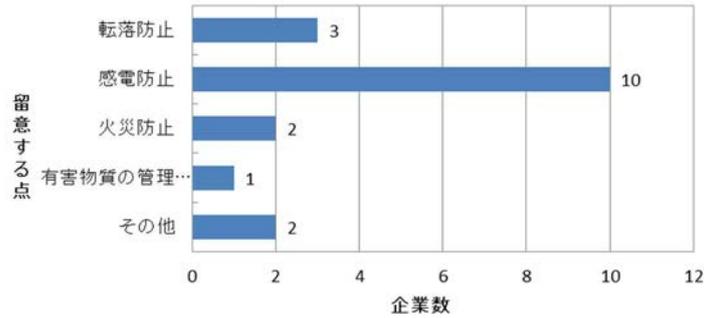


図 1-10 太陽光発電システムの構成部品の交換・取外しの際に留意する点

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。

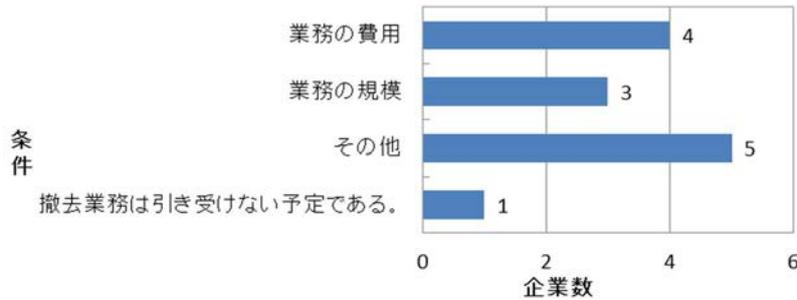


図 1-11 撤去作業を引き受けるための条件

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。

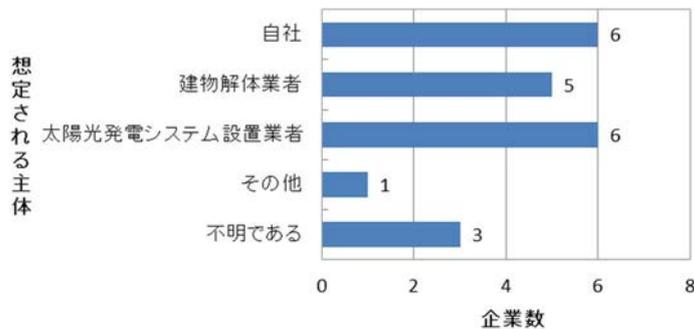


図 1-12 撤去作業を行うと想定される主体

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。

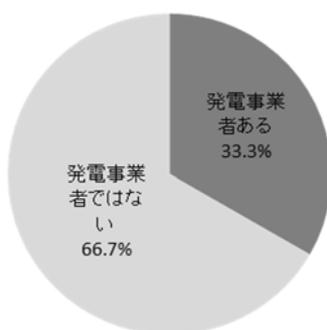


図 1-13 太陽光発電システムの発電事業経験の有無

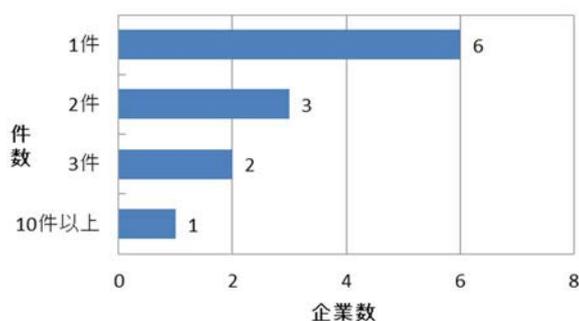


図 1-14 発電事業件数

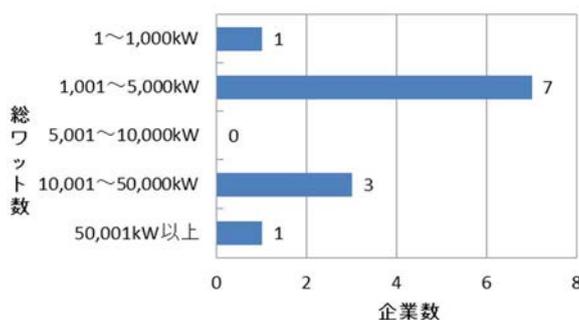


図 1-15 発電ワット数

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。

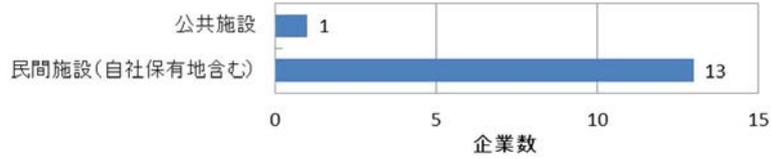


図 1-16 太陽光発電システムの設置場所

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】

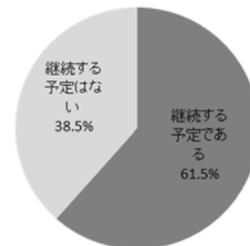


図 1-17 FITにおける買取期間終了後の太陽光発電システムの発電事業予定

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】

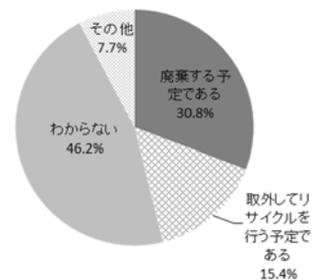


図 1-18 現在使用している太陽光発電システムの使用後の措置

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】

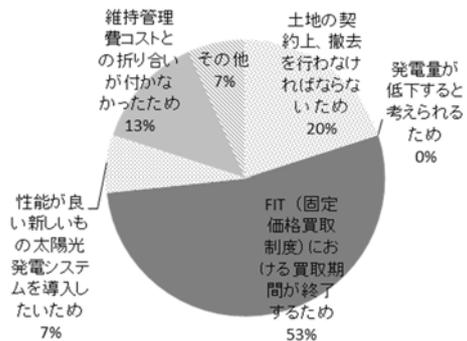


図 1-19 太陽光発電システムを撤去する理由

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。

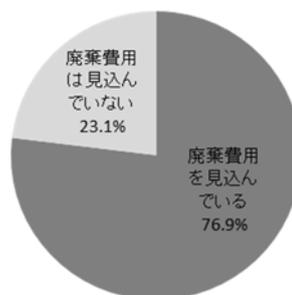


図 1-20 建築・設置時における太陽光発電システムの廃棄費用の見込み状況

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。¹
- 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%

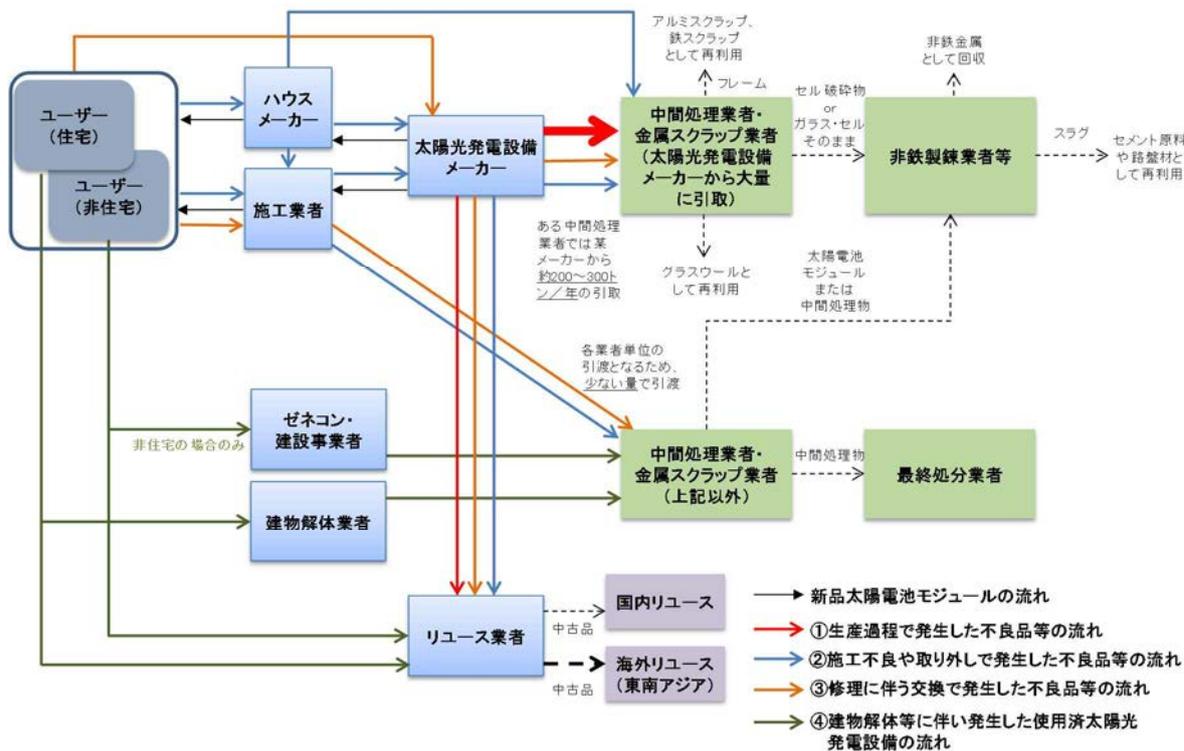
¹ 廃棄する予定と回答した事業者について、WG 委員より「21 年目以降の買取について制度やルールが何も決まっていないため最悪の事態を想定して撤去と言っているのではないが、太陽電池は劣化の程度が少ないので 21 年目以降も十分運転継続が可能であるはずなので、電源確保の面及び廃棄量抑制 (資源活用) の面からも、21 年目以降もこれを有効活用する方策を考えるべき。」との指摘があった。

(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。



※線の太さは量の大小を示す。実線は太陽電池モジュール、点線はリユース品または中間処理物の流れを示す。

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²。

- (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

² 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

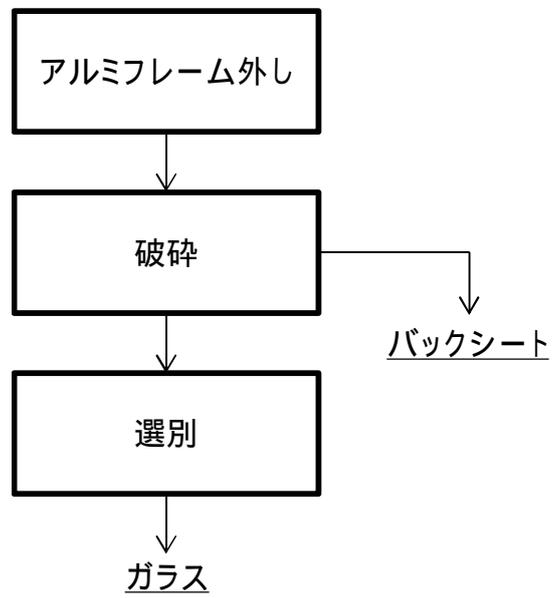


図 1-29 太陽電池モジュール処理ライン A の簡易プロセスフロー

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 μ 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っている。
- 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

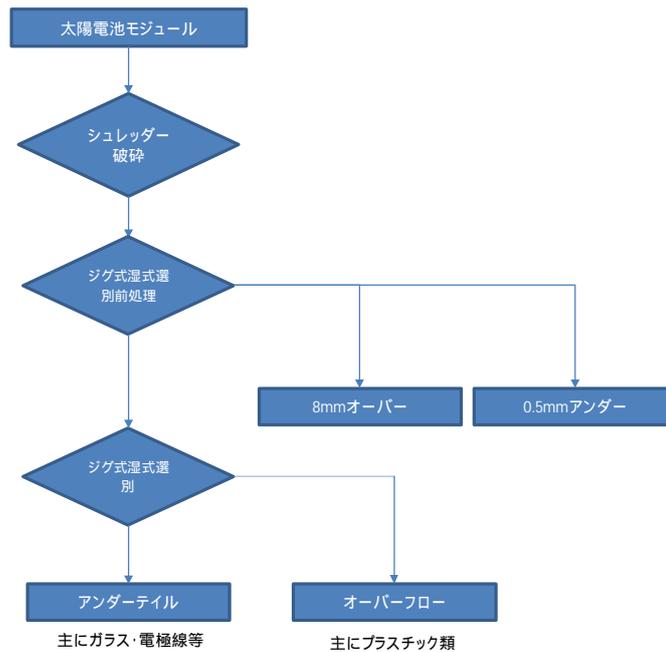


図 1-39 太陽電池モジュール処理ラインの簡易プロセスフロー

(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。

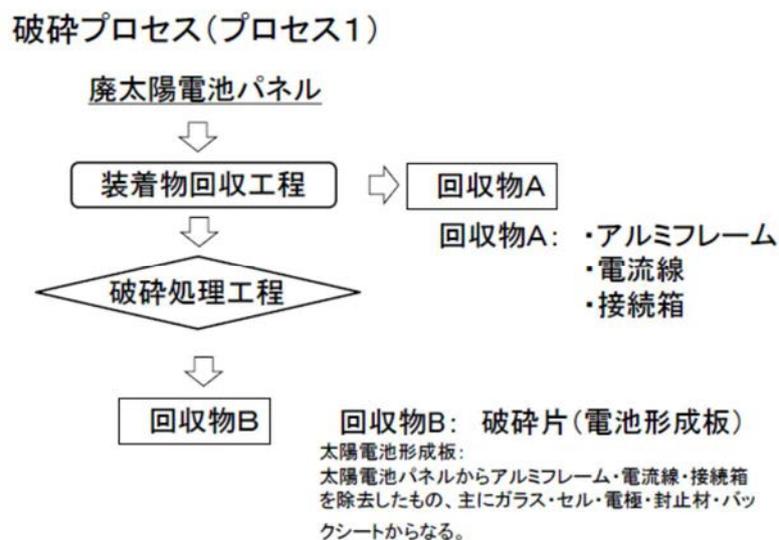


図 1-40 破砕プロセス (プロセス 1)

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)

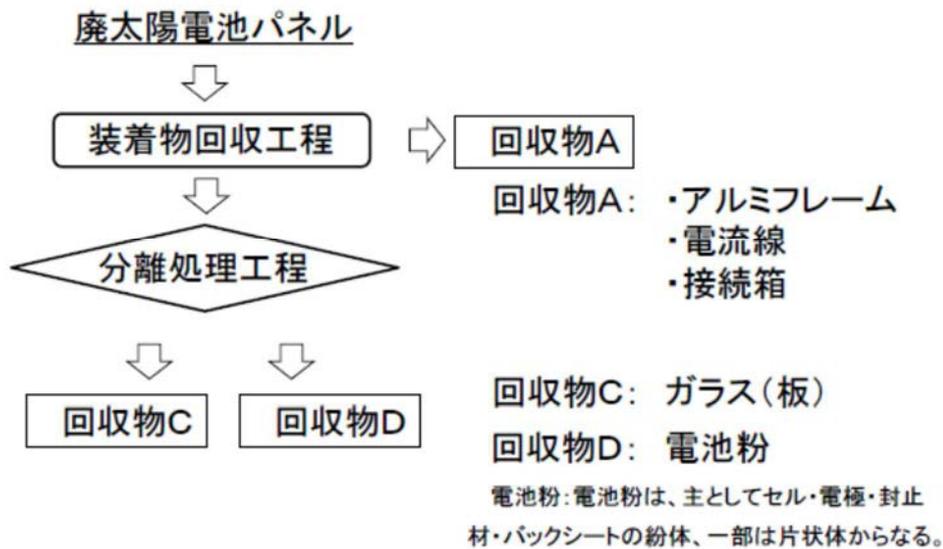


図 1-41 破碎プロセス (プロセス 2)

- 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。

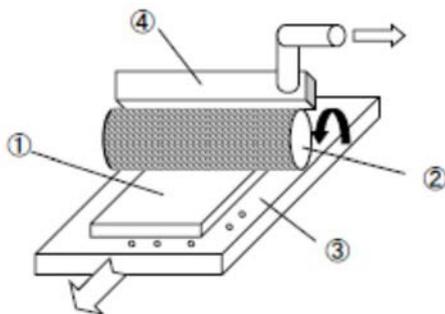




図 1-42 分離プロセス（プロセス2）の分離機器の概略とプロセスからの産物

- 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版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。

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。
- 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。
- 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ったり、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と。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と。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と。

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によって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。

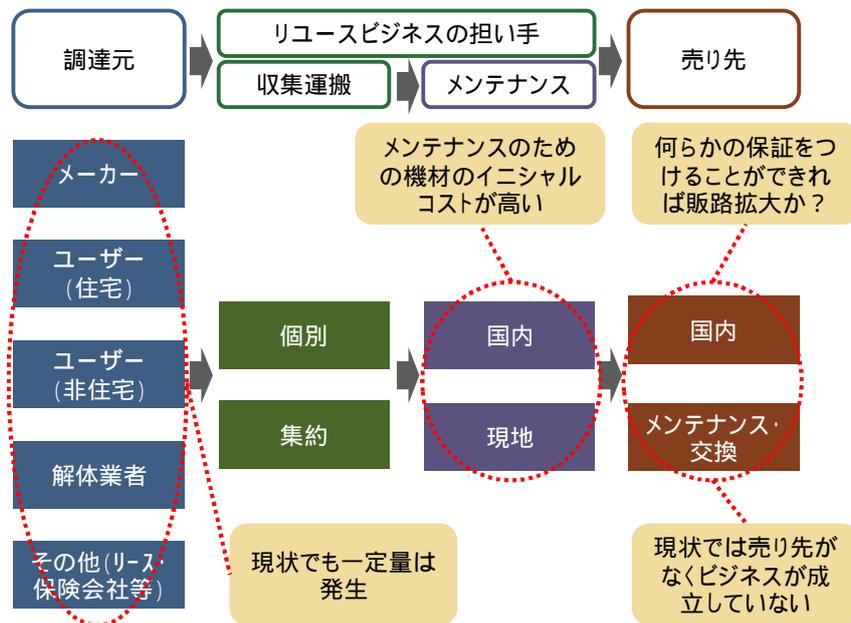


図 1-43 国内リユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

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。

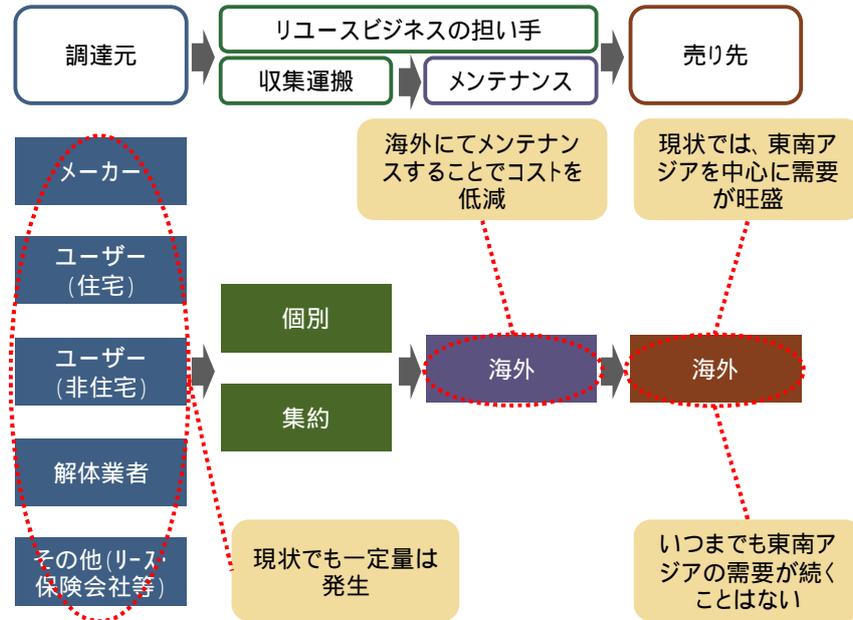


図 1-44 海外リユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

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。

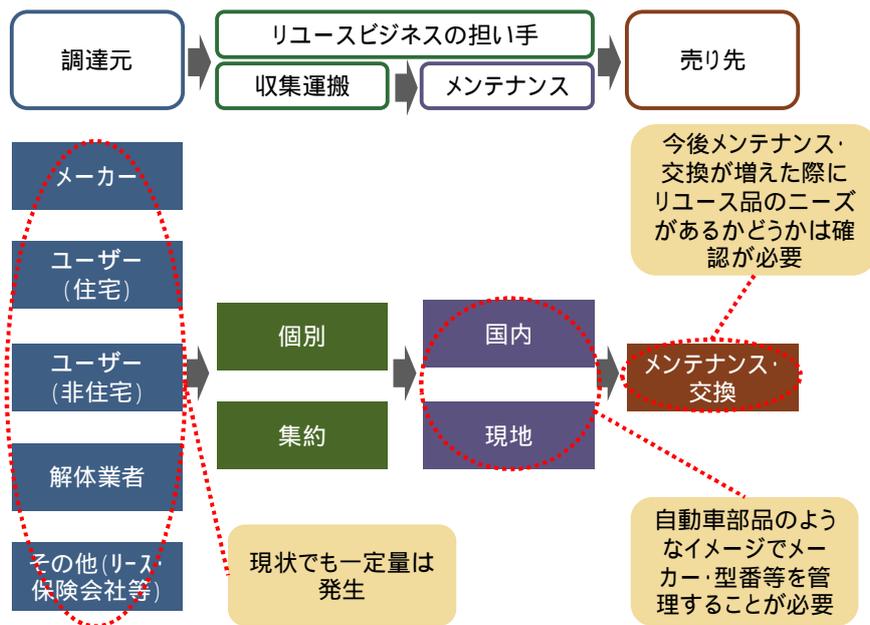


図 1-45 メンテナンス向けリユースのビジネスモデルイメージと現状の課題等

(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。

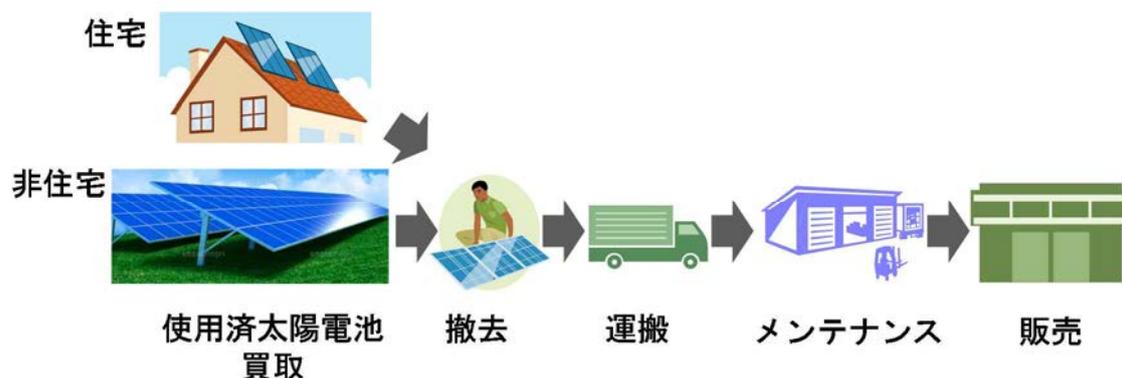


図 1-46 簡易経済性評価の範囲

< 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"> ➤ 太陽電池モジュールの出力あたりの重量 1kW 100kg ➤ 太陽電池モジュール 1 枚 20kg ➤ 住宅用太陽電池の出力を 1 件 4kW 20 枚
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"> ➤ メンテナンス時間：10 分/枚 ➤ 作業員時給：1,000 円/時間 ➤ イニシャルコスト：1,400 万円 ➤ 減価償却期間：7 年、年間 40,000 枚

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"> ➤ 太陽電池モジュールの出力あたりの重量 1kW 100kg ➤ 太陽電池モジュール 1 枚 20kg ➤ 住宅用太陽電池の出力を 1 件 4kW 20 枚
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"> ➤ メンテナンス時間：10 分/枚 ➤ 作業員時給：1,000 円/時間 ➤ イニシャルコスト：1,400 万円 ➤ 減価償却期間：7 年、年間 40,000 枚

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」³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

³ 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

⁴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 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、バ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（日本文又は英文）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」⁵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。

⁵ 資源エネルギー庁 HP 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。

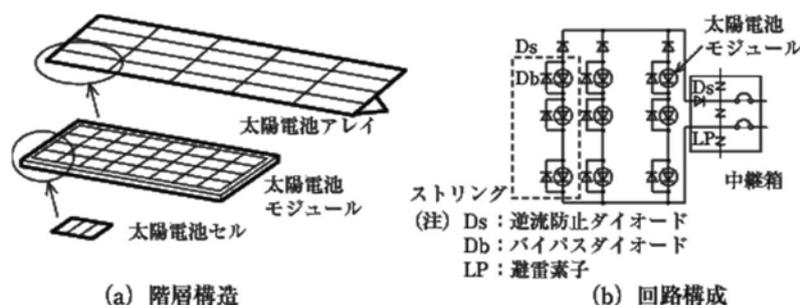


図 1-47 太陽電池の基本構造

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。

- 試料調製の破砕サイズについては、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）土壌環境センター GEPC技術標準	
試験名	産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法	土壌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に粉砕	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	VOCl ₃ 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程				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	JSMCWM-0101	JSMCWM-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(固分採取)	連続バッチ	単一バッチ	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 \pm 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 \pm 2回/分)	-	回転羽で回転混合抽出
固液分離(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	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	0.6~0.8 μm ガラス繊維ろ紙で加圧ろ過	0.45 μm 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(酸種平衡)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	7ペイリリテ試験	シリアルバッチ試験	カム試験	クワーク試験	TVA	DIN38414 S4	AFNOR X31-210	TCLP
規格名	NEN7341	NEN7343	NEN7343	NEN7345				method 1311
区分	7ペイリリテ試験	連続バッチ	過水試験(固分採取)	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 \times 4 \times 4cm ³)	解放茶容器に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7 \times 7 \times 7 \times	pH4硝酸溶液	pH5.6	蒸留水	脱イオン水(導電率0.2M Ω)	-
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-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 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	0.45 μm メンブレンフィルターでろ過	ろ過	0.45 μm MF	0.45 μm 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 ² 以上の強度を有するものは有姿のまま試験に供する	固形状、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 ² 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> どのような目的で実施した試験であるか(破砕・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	<ul style="list-style-type: none"> 破砕方法(手破砕/カッティングミルで破砕/ジョークラッシャーで破砕、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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none">・ 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

No.	種類	メーカー	製造年	n数	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr ⁶⁺	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
11	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
12			2005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	-	
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.05	<0.01	10.5	
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	-	
13			2012年以降	0.34	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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	6.6	
				0.42	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.5	
14		H社	2001	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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	10.2	
				0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.3	
15			2005	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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	10.7	
				0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	10.5	
16			2013	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	9.5	
				0.07	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	<0.01	9.3	
				0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	<0.01	9.7	
17		海外	I社	2012	0.44	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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	6.6
					0.29	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.6
18	J社		2013	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	0.03	-	
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.03	0.03	10.1	
				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.04	0.03	-	
19	K社		2013	0.37	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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	6.6	
				0.90	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	6.5	
20	L社	2013	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.02	-		
			0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.06	0.02	10.7		
			0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.07	0.02	-		
21	M社	2012以降	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	9.5		
			0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	9.6		
			0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<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 ⁶⁺ 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（破砕後に埋立）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砕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"> ・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) ・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) ・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) ・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) ・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) ・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 ・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) ・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) ・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

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

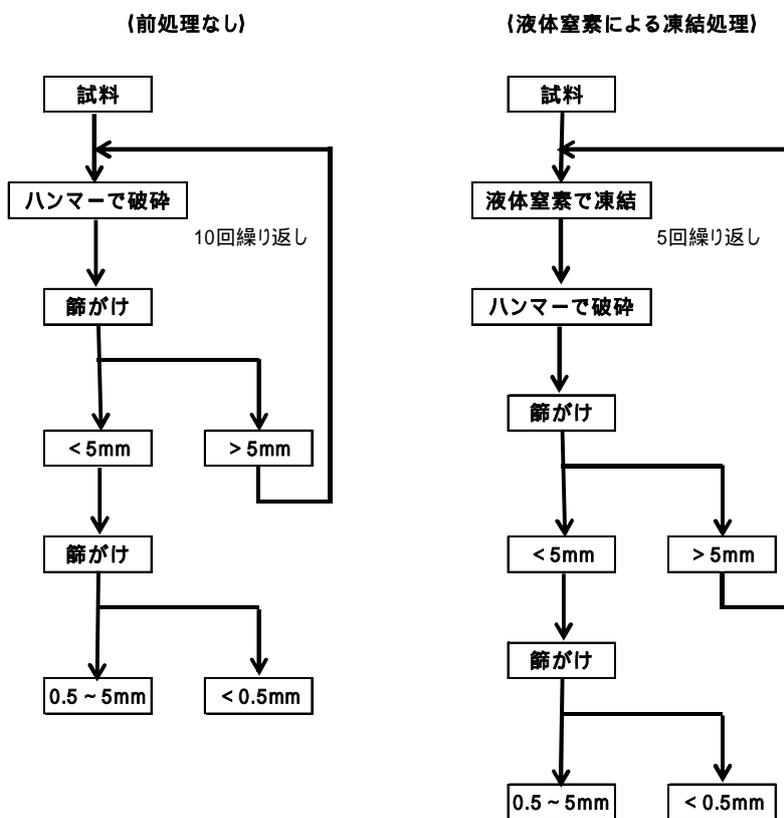


図 1-48 手作業による試料破碎フロー

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)

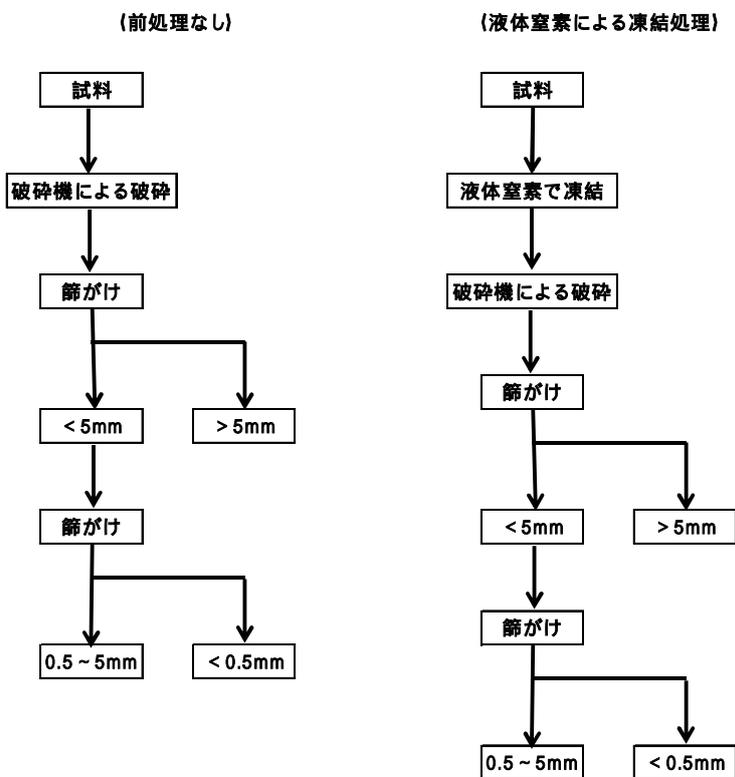


図 1-49 破砕機による試料破砕フロー



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

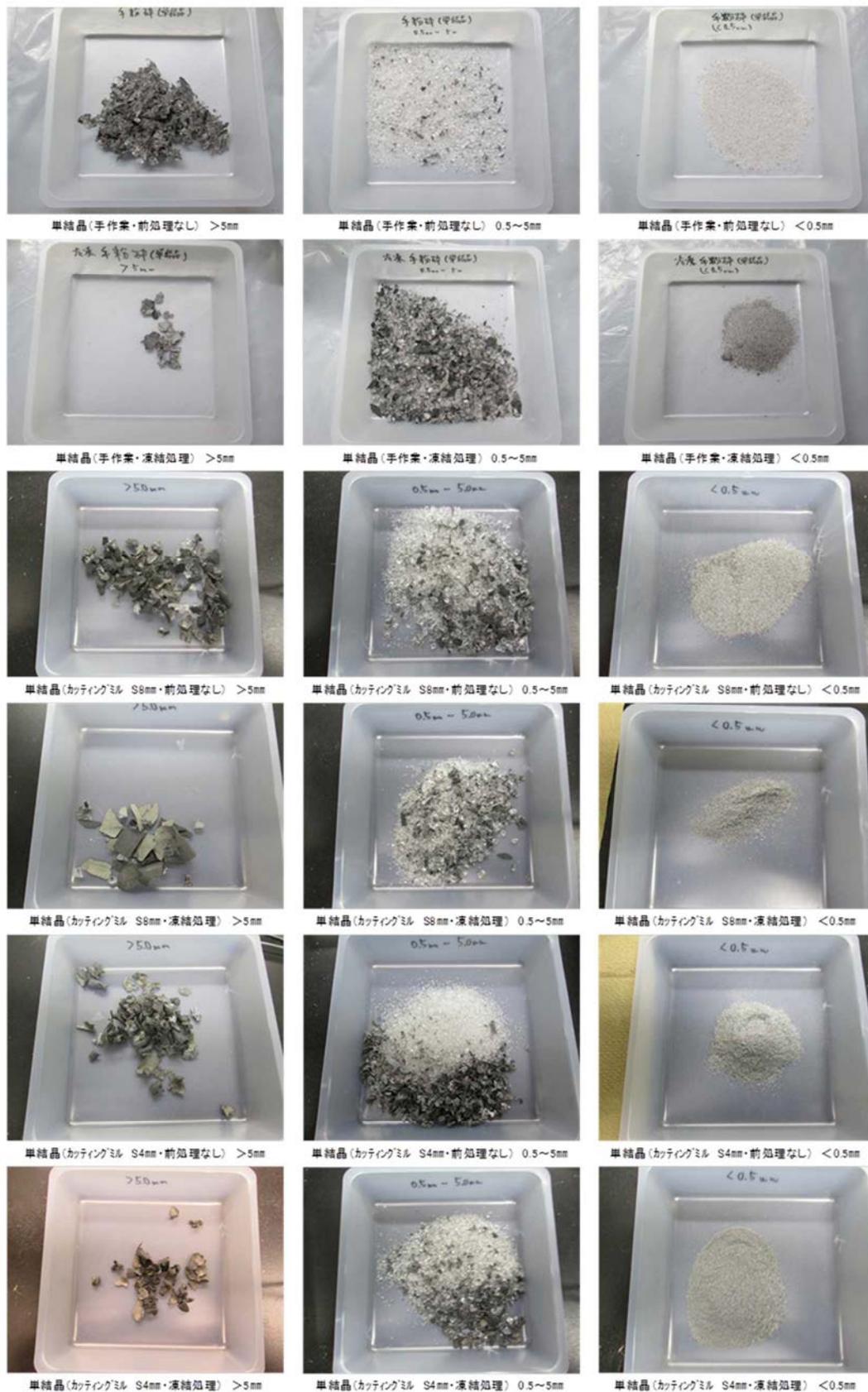


図 1-51 単結晶モジュールの破碎状況

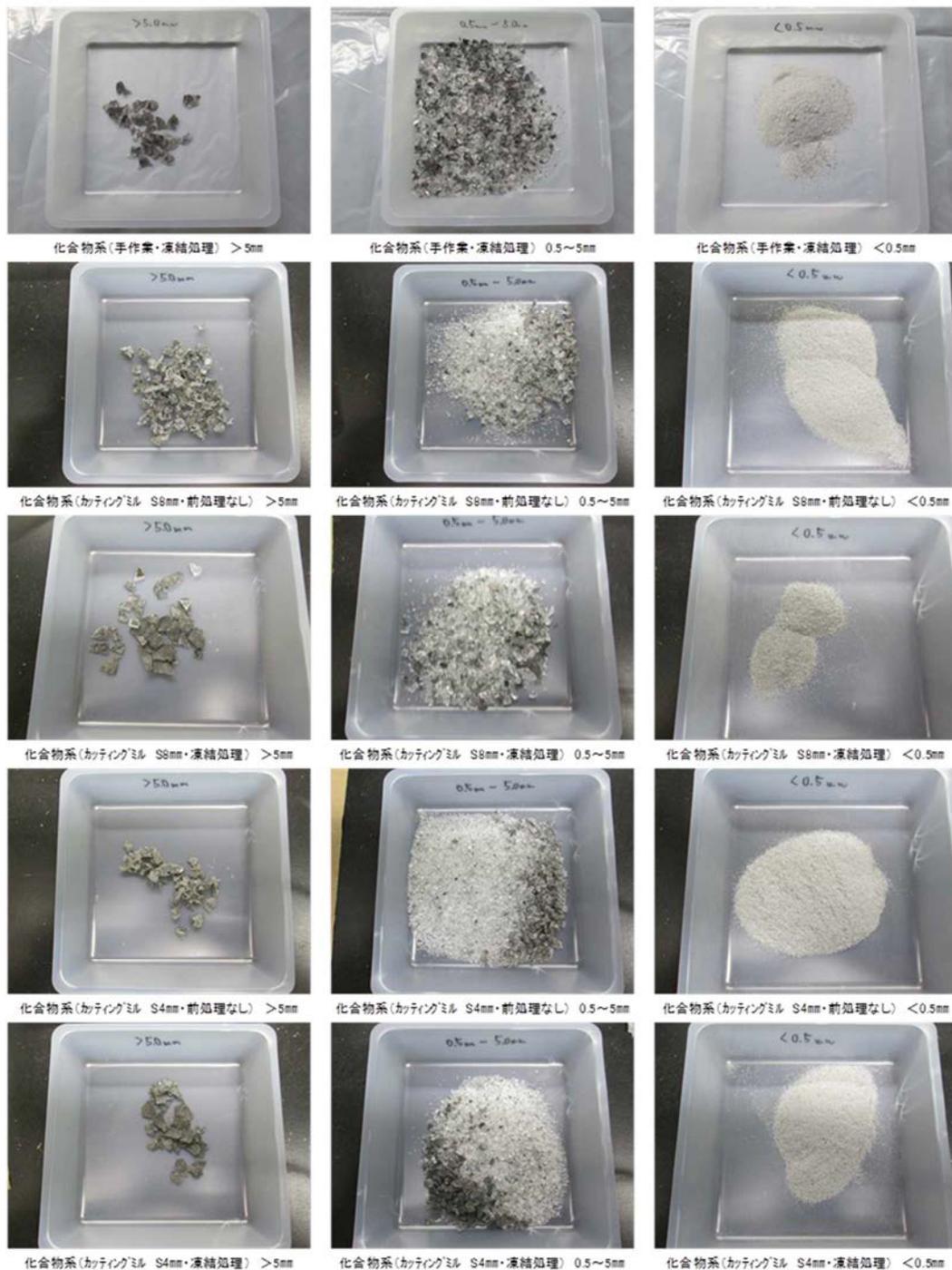


図 1-52 化合物系モジュールの破碎状況

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

No.	種類		メーカー	前処理方法	Pb	Cd	As	Se	T-Hg	Cr ⁶⁺	Be	Sb	Te
					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
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	<0.01
2				案2	1.00	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<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	<0.01
4				案2	0.08	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<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	<0.01
6				案2	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.0005	<0.01	<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	-	-	-

単位：mg/L

※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 ⁶⁺ 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 ⁶⁺ 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いえない部分がある。

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	
	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
試験名称	有姿(塊状)	< 5mm	< 2mm	< 10mm	< 4mm	< 9.5mm	< 9.5mm	最終処分の形状	< 3mm	< 125 μm
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 関連付けするのが困難。 ・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>

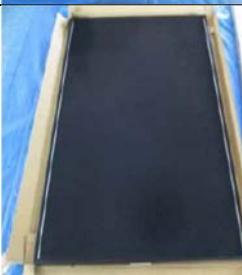
参考文献

『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		

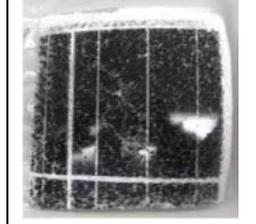
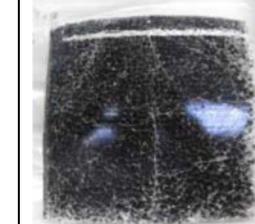
3) サンプル採取

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

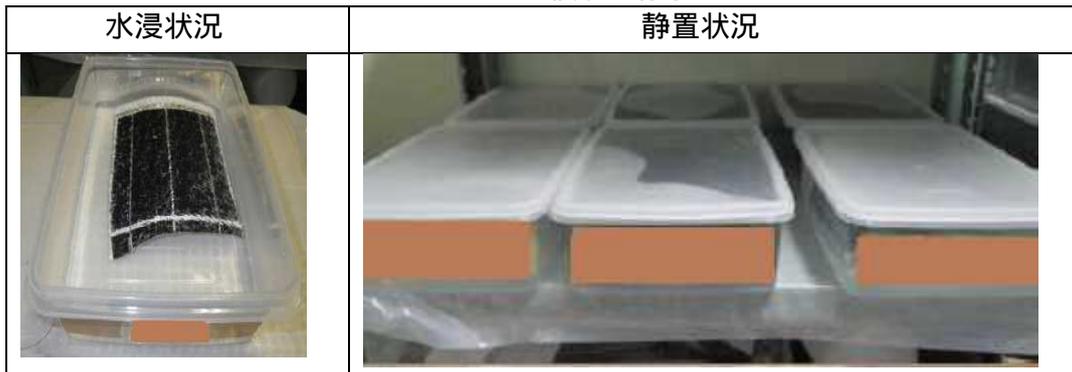
分類	多結晶			化合物
	A 社	B 社	C 社	D 社
TL 試験				
13 号試験				

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 μ 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 ^()
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。

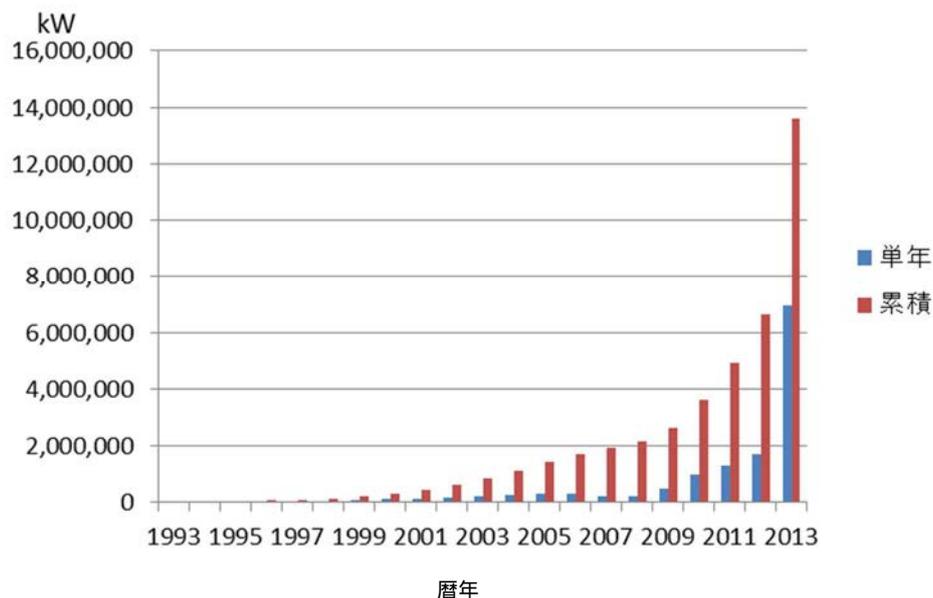


図 1-53 IEA PVPS 公開データによる全国の太陽光導入量の推移（単年・累積）[kW]
出所）IEA PVPS 公開データ

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。

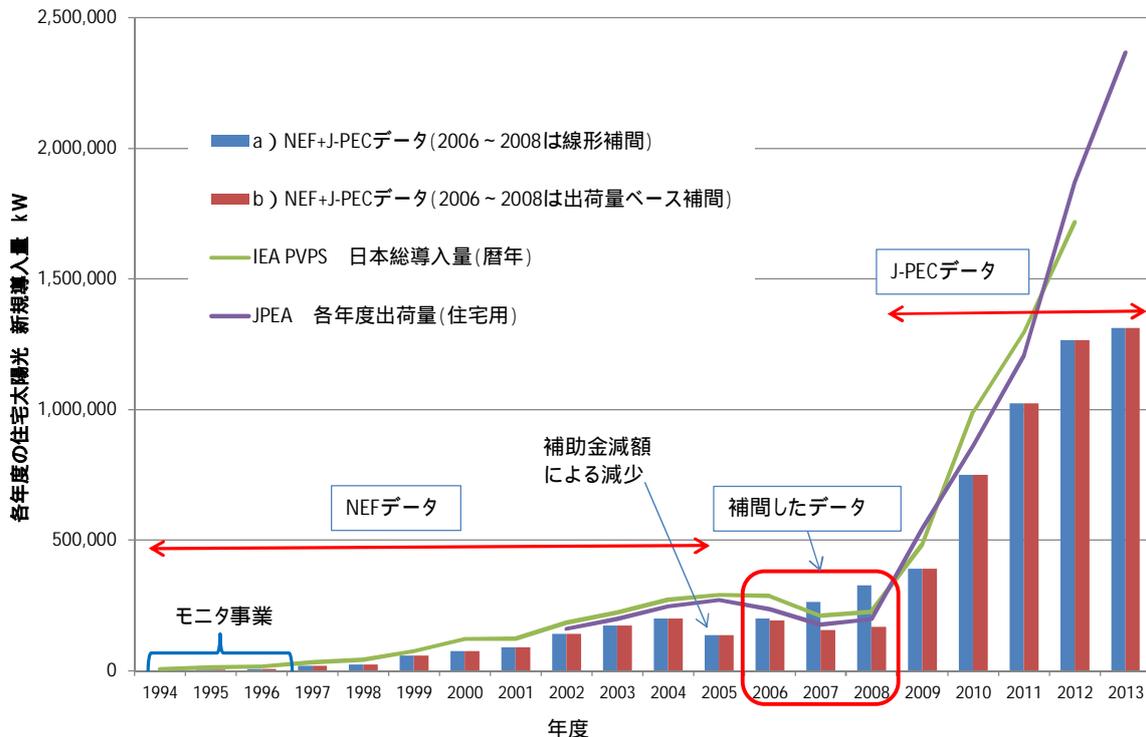


図 1-54 NEF・J-PEC による全国の住宅用太陽光導入量の推移 (単年) [kW]

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。

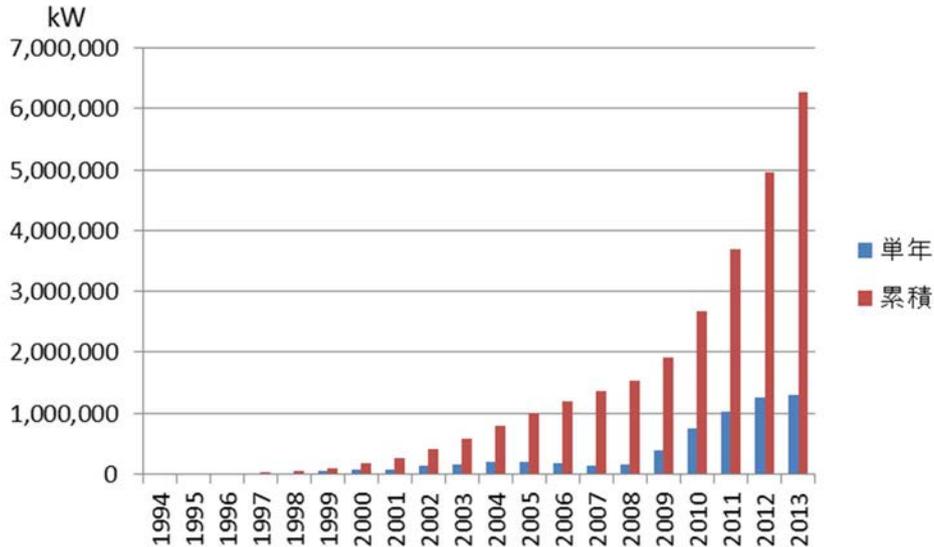


図 1-55 NEF・J-PEC データに基づく全国の住宅用太陽光導入量の推移 (単年・累積) [kW]
出所) NEF・J-PEC データ

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
IEA 全国導入総量 - NEF・JPEC 住宅導入総量 (“みなし非住宅”) 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。

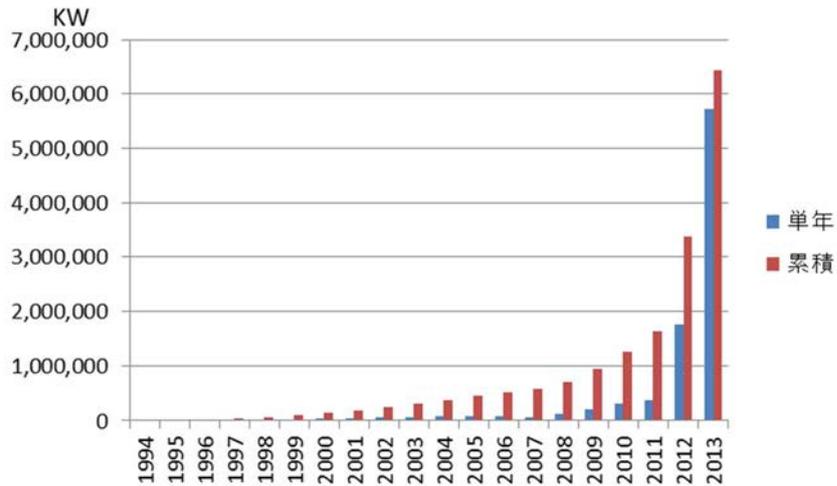


図 1-56 全国の非住宅用太陽光導入量の推移 (単年・累積) [kW]

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。

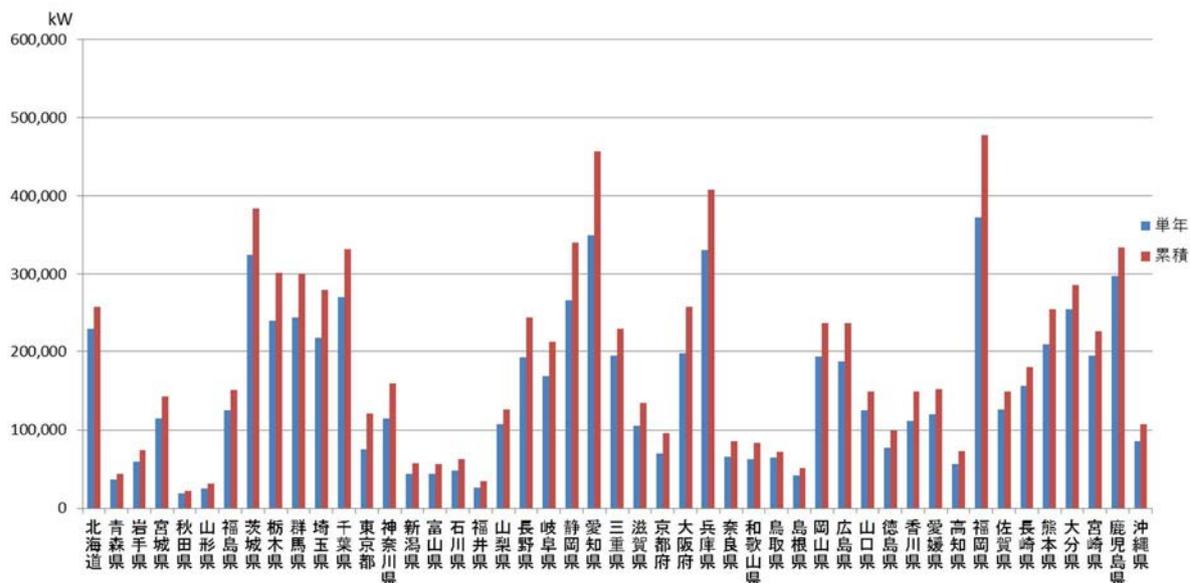


図 1-57 FIT 認定容量による都道府県別の太陽光導入量（単年・累積；2013 年度） [kW]
出所) FIT データ

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。

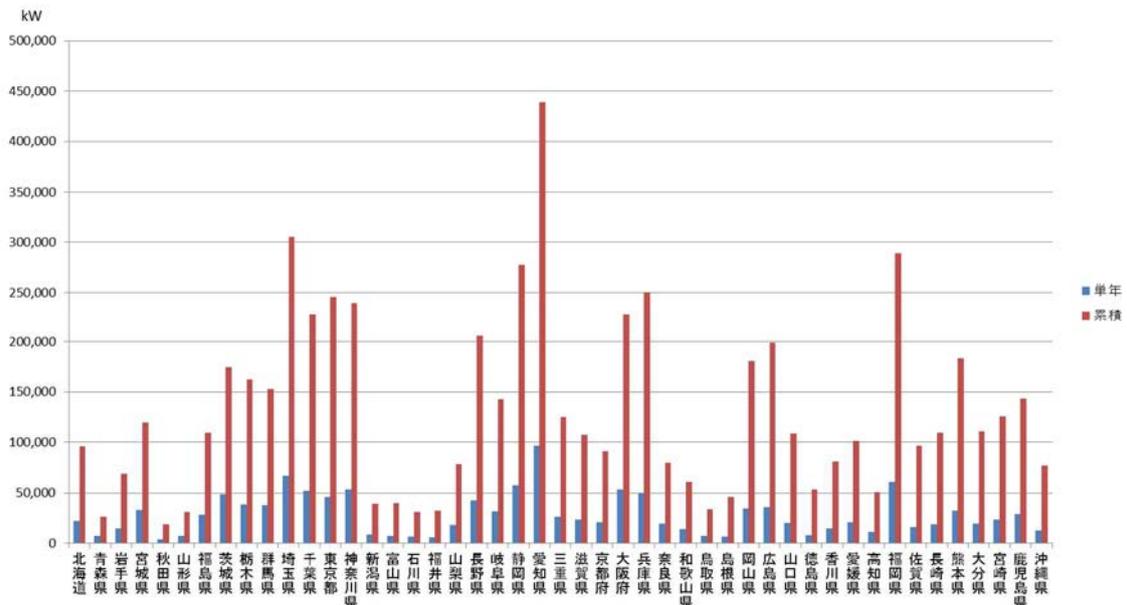


図 1-58 J-PEC 補助金交付実績による都道府県別の住宅用導入量(単年・累積; 2013 年度)
[kW]

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。

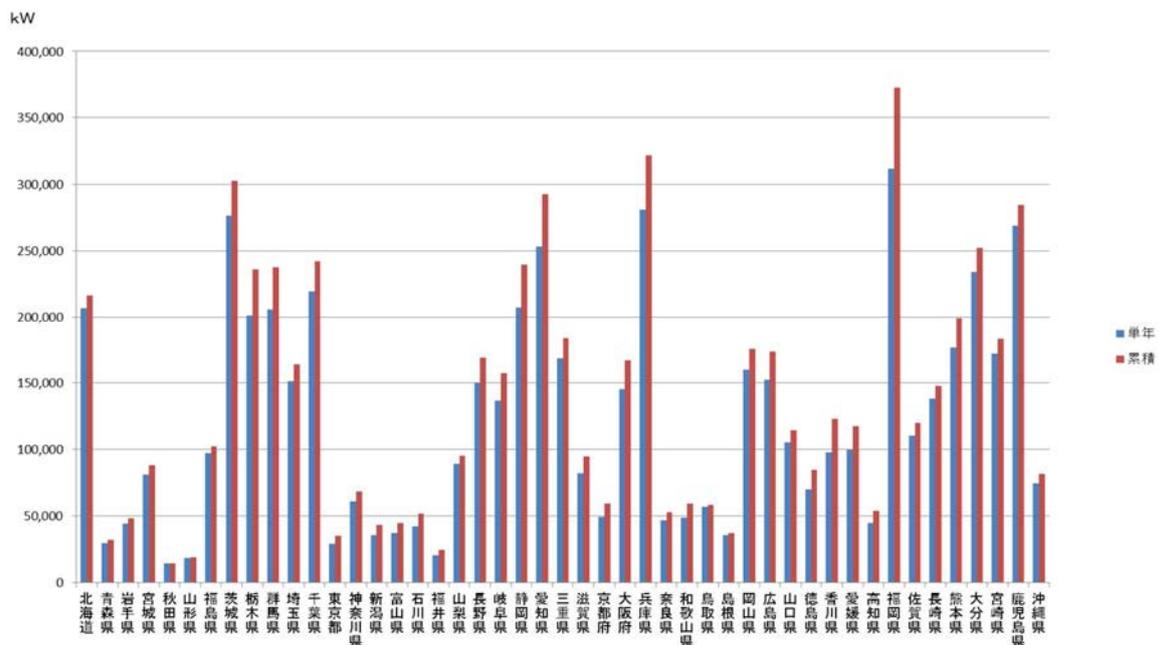


図 1-59 FIT による 都道府県別・非住宅用太陽光導入量(単年・累積; 2013 年度) [kW]
出所) FIT データ

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) 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。

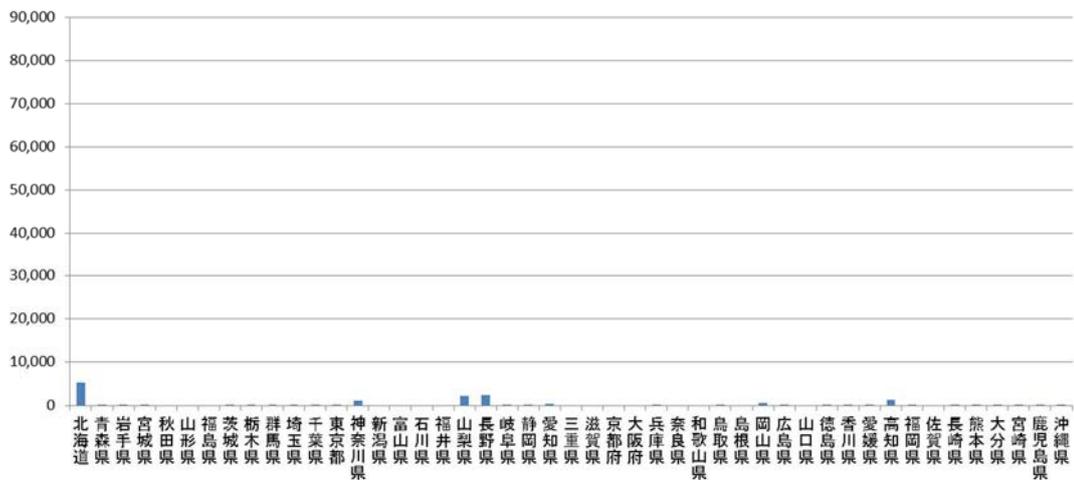
- 2006 年度（単年度）：
統合データの全国合計は 25,469kW（320 件）であり、“みなし非住宅”の 74,289kW に比べるとカバー率が 34%となり、比較的高いことが分かる。
 - このうち、三重県に 5,840kW（13 件）、熊本県に 2,408 kW（24 件）岡山県に 1,713 件（14 件）とメガソーラーを中心に設置されており、偏在性に大きなバイアスを生んでいる。
- 2007 年度（単年度）：
統合データの全国合計は 17,696kW（230 件）であり、“みなし非住宅”の 58,676kW に比べるとカバー率が 30%となり、比較的高いことが分かる。
- 2008 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

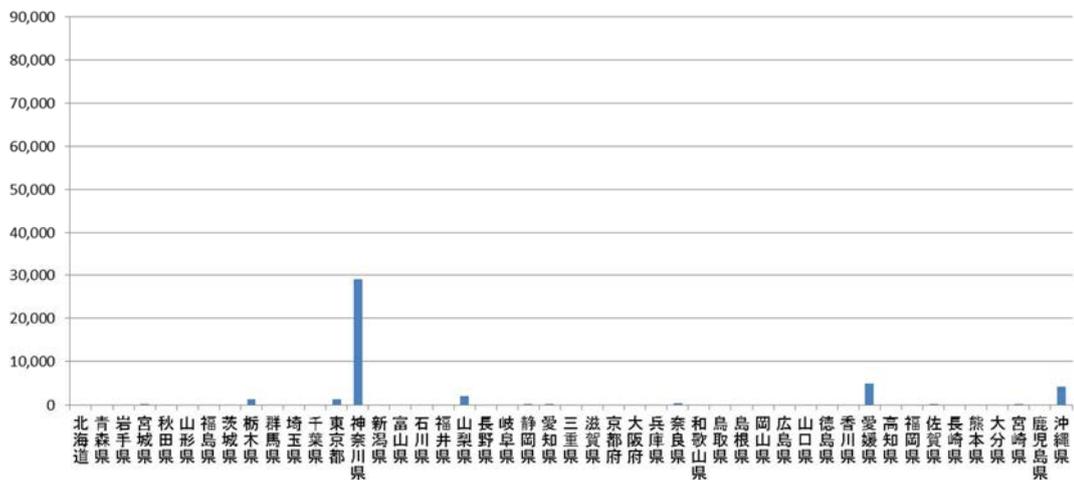
- 以下では、2008年度～2012年度につき、各年度の都道府県別の導入容量と導入比率（全国への導入量を100%とした場合の各都道府県の導入容量の割合）につき取り上げ、各年度で導入状況に異なる傾向が見られるかにつき判断材料とする。
- これを見ると、都道府県別の導入比率[%]のうち2008～2011年は、全国の10%超を占める都道府県が存在するのに対し、2012年度ではどの都道府県も10%以内に治まっており、偏りが抑えられている。

都道府県別 導入容量[kW]

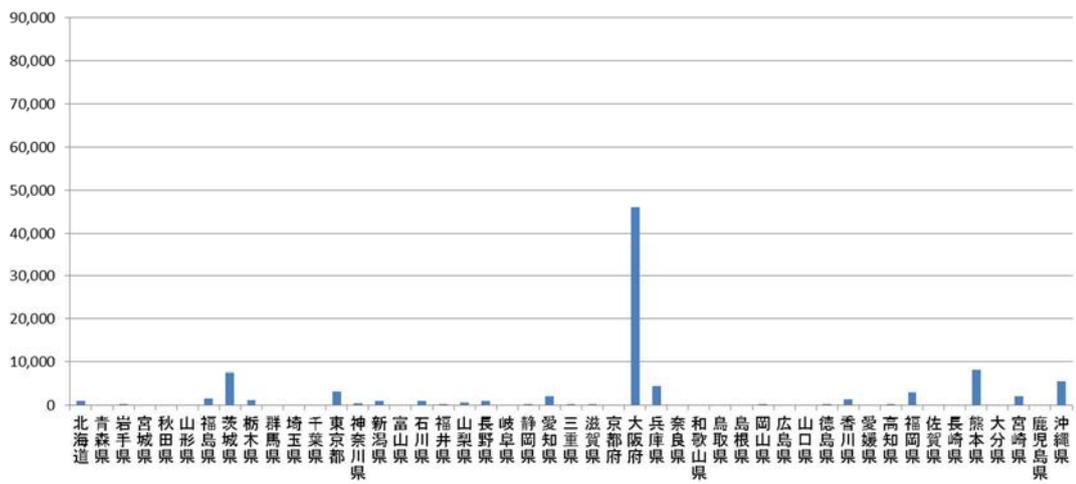
・2008年度



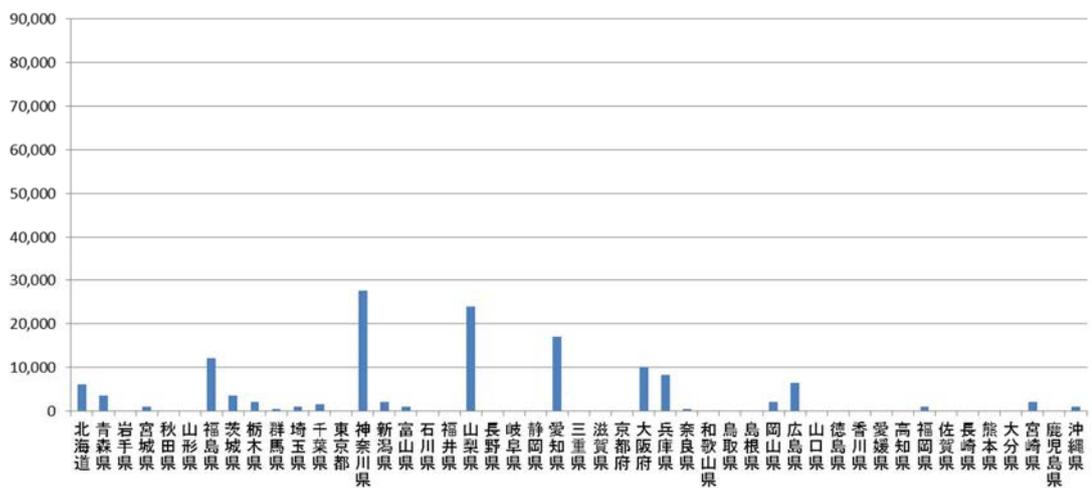
・2009年度



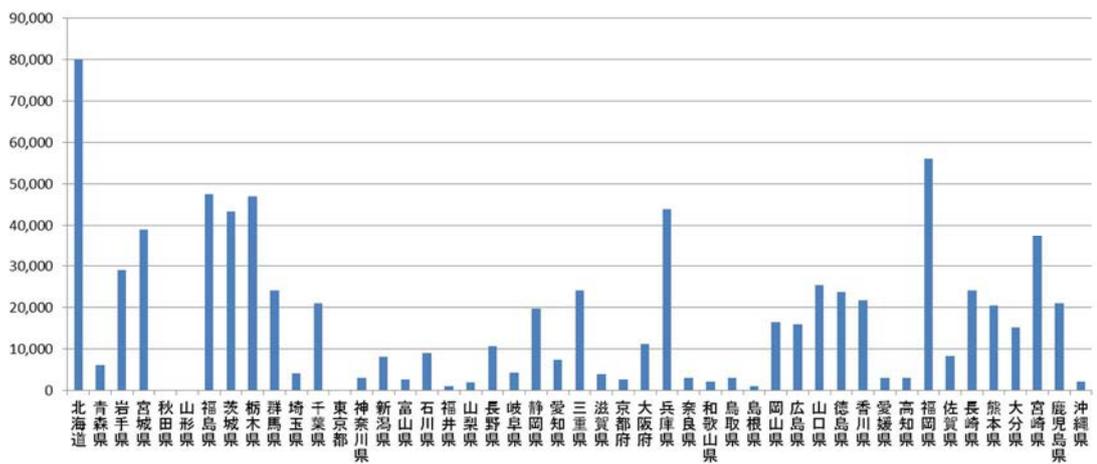
・2010年度



・2011年度

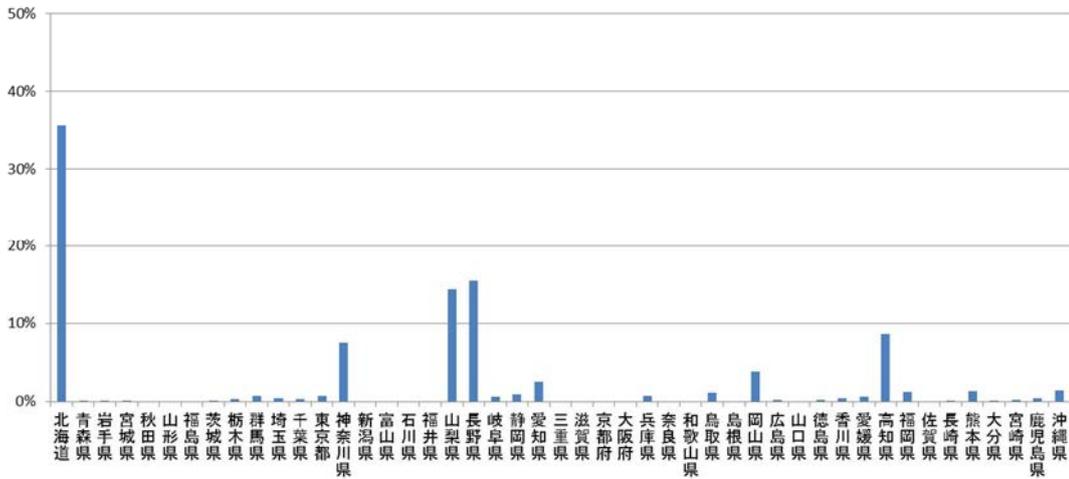


・2012年度

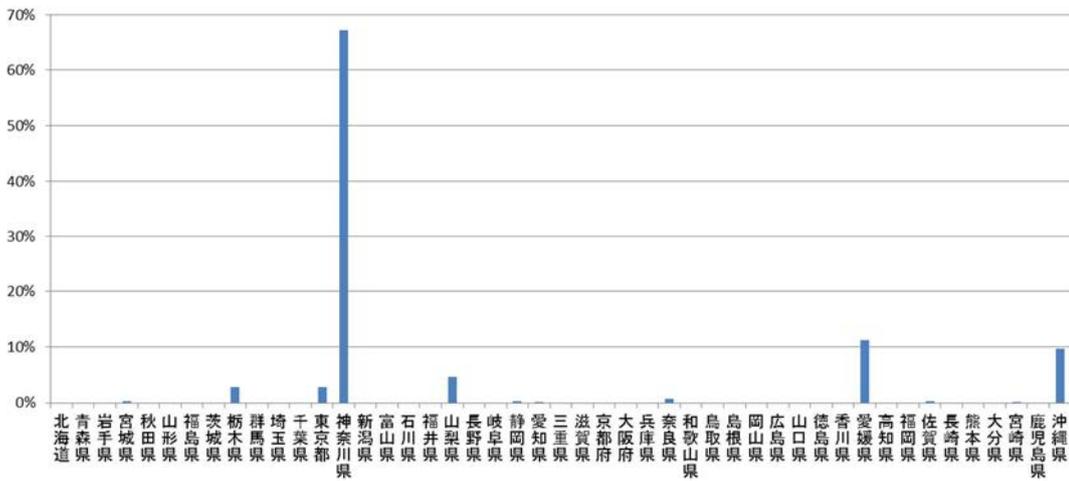


都道府県別 導入比率[%]

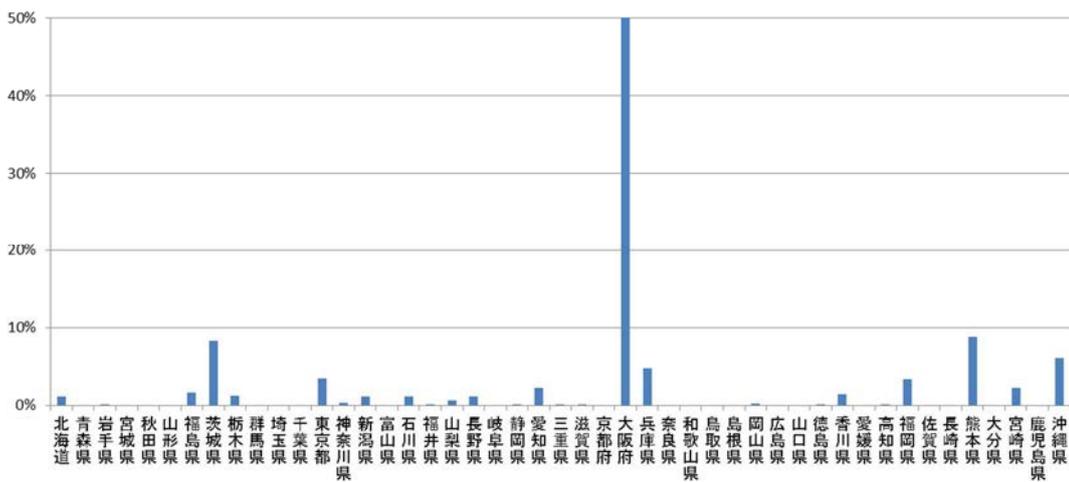
・2008 年度



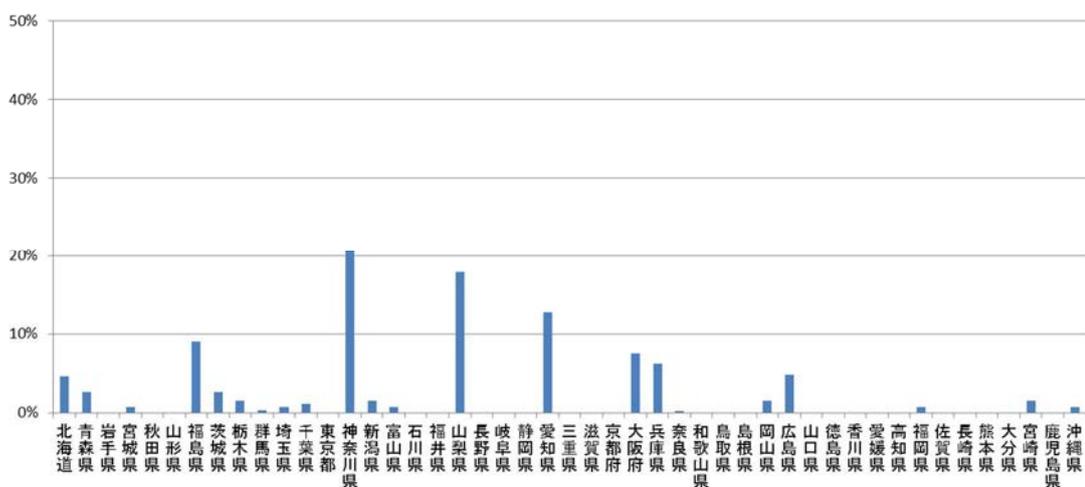
・2009 年度 (縦軸 70%まで)



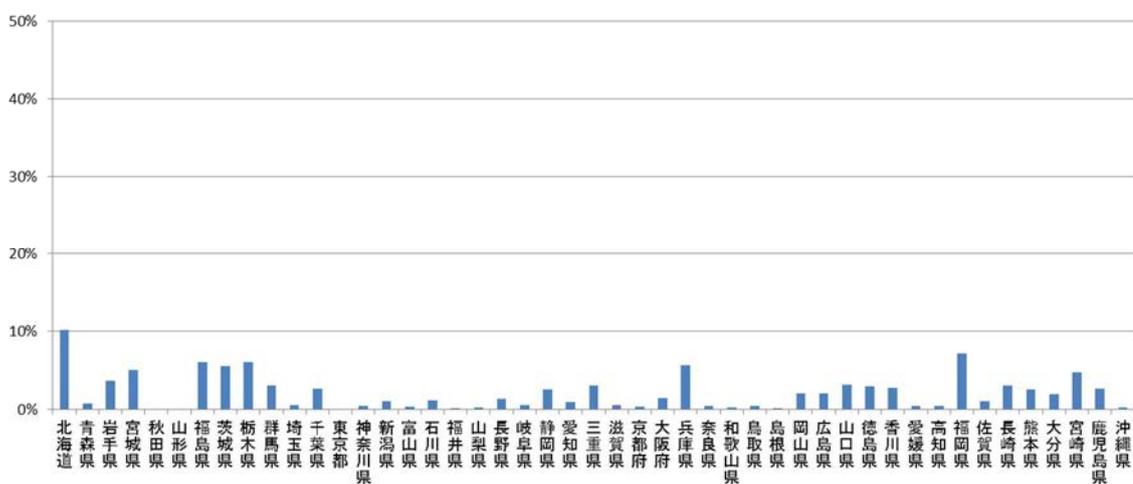
・2010 年度



・ 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。

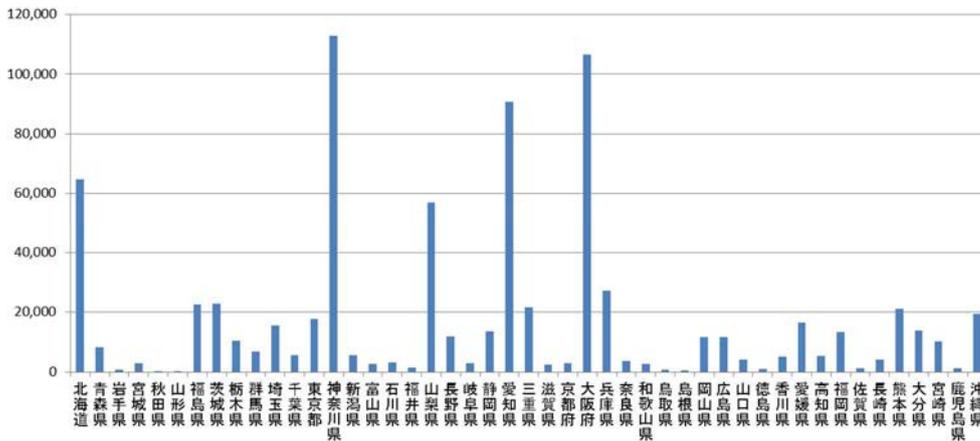


図 1-60 “判明分の容量”の累積（1994～2012年度）の都道府県別容量[kW]

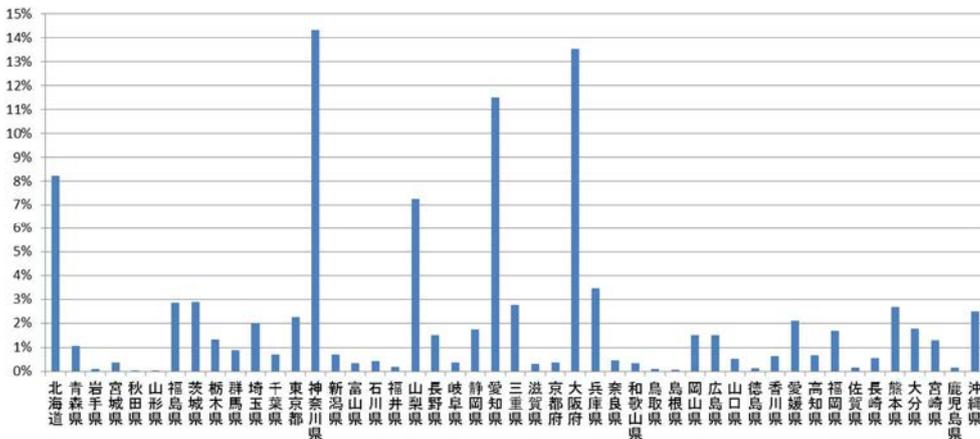
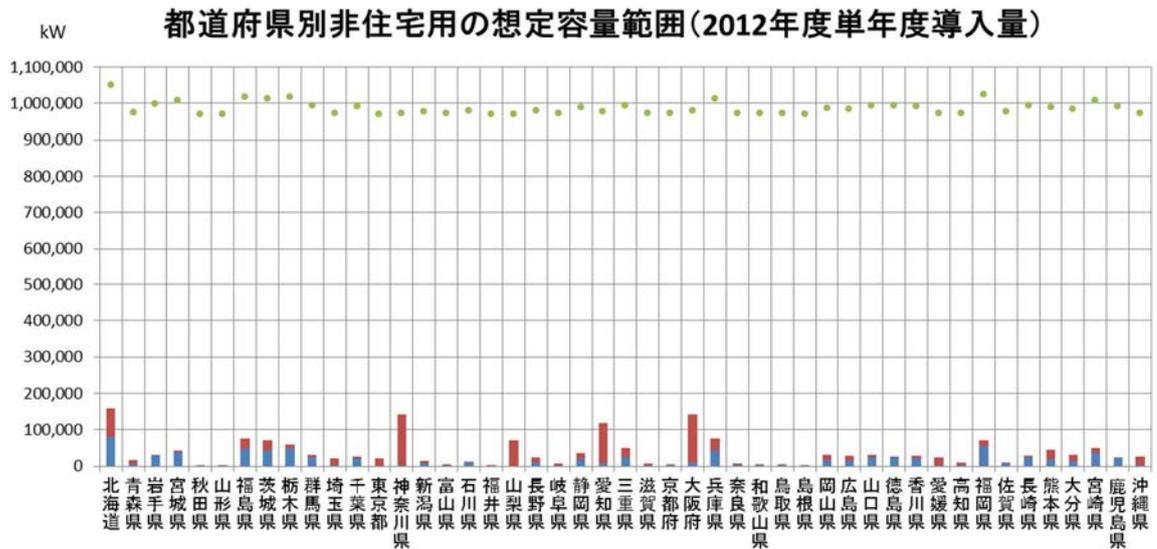


図 1-61 “判明分の容量”の累積（1994～2012年度）の都道府県別比率[%]

- ・ 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 箇所不及。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			住宅用
	非住宅用			
	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

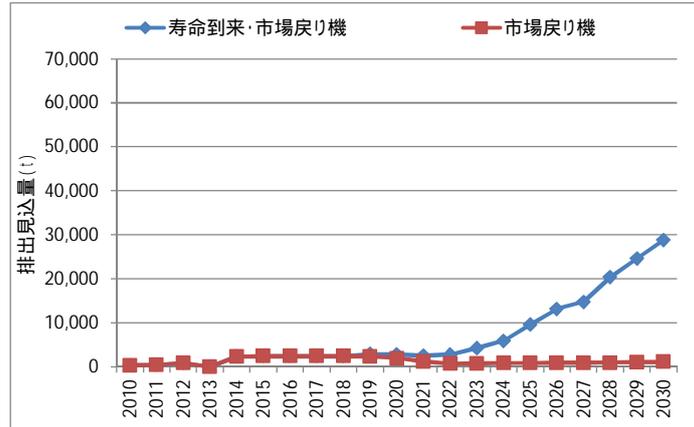


図 1-62 図 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 25 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

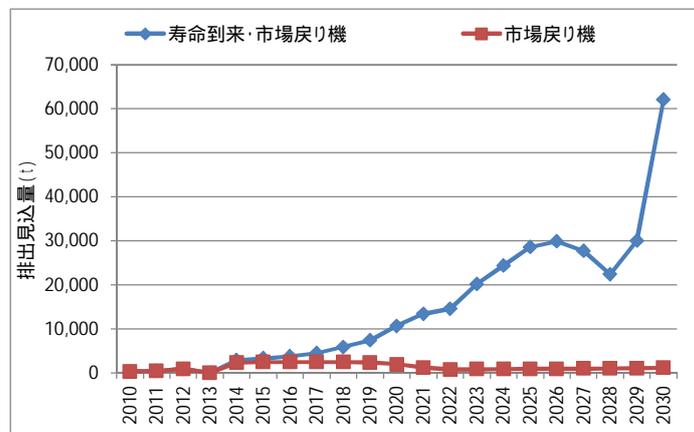


図 1-63 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 20 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

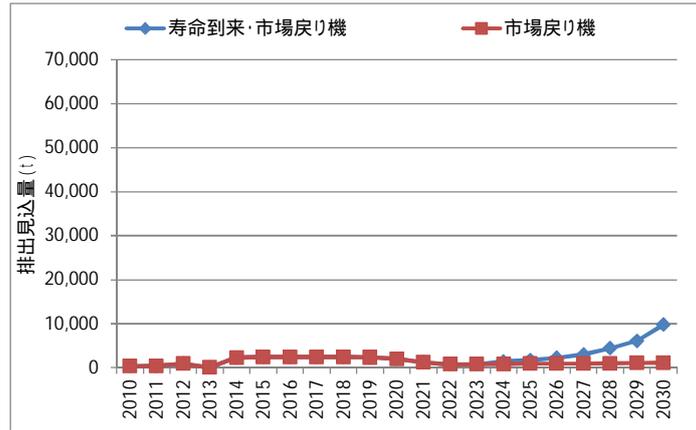


図 1-64 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 30 年）

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。

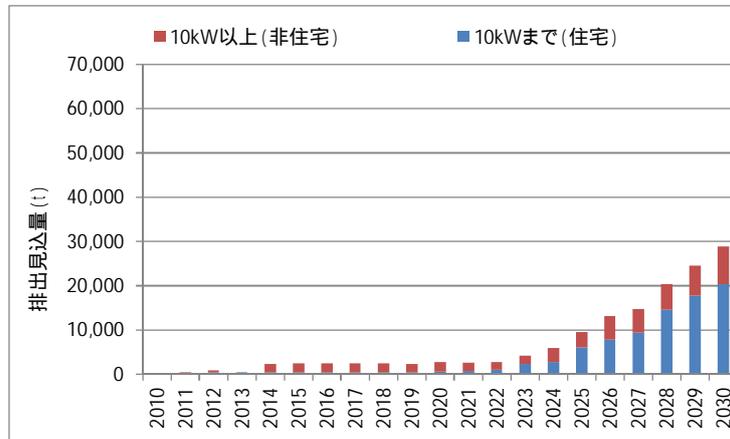


図 1-65 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 25 年）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

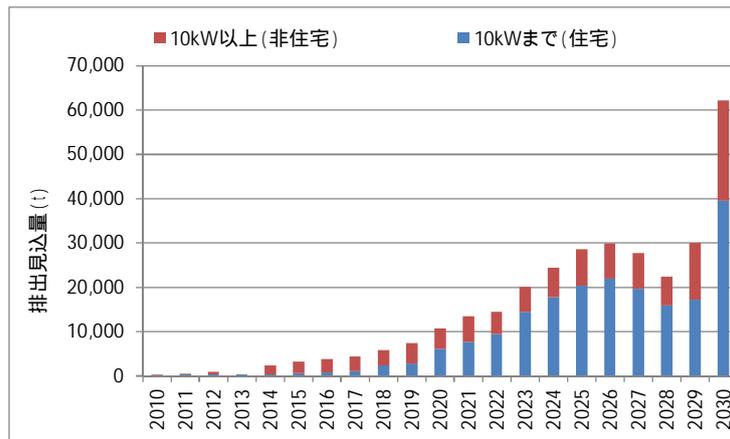


図 1-66 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 20 年）

出所）表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

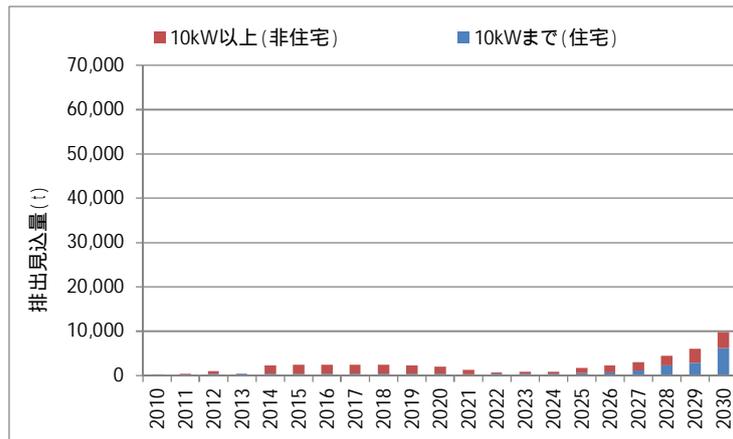


図 1-67 太陽電池モジュール排出見込量（寿命 30 年）

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。

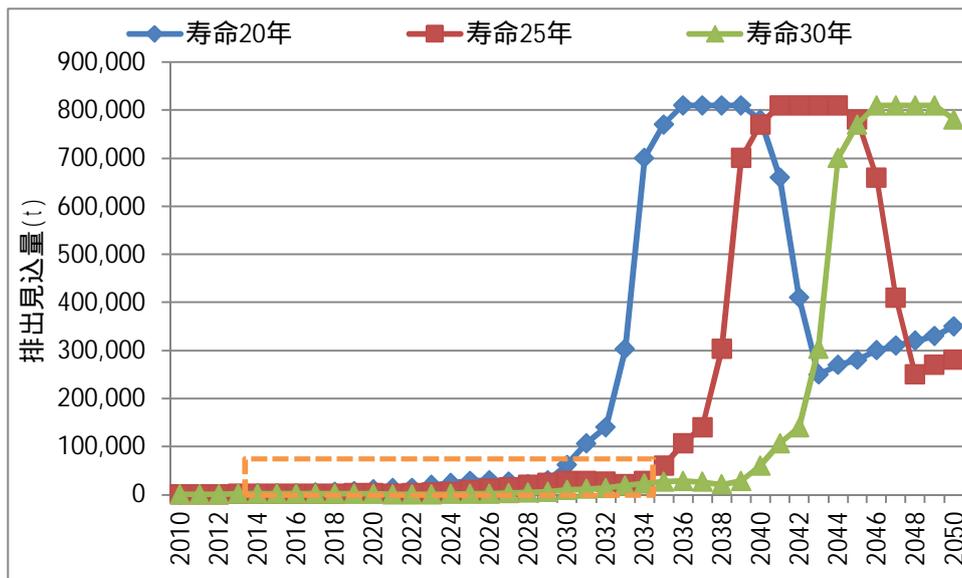


図 1-68 太陽電池モジュール排出見込量の比較（寿命 20 年、25 年、30 年）
（2010～2050 年）

出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

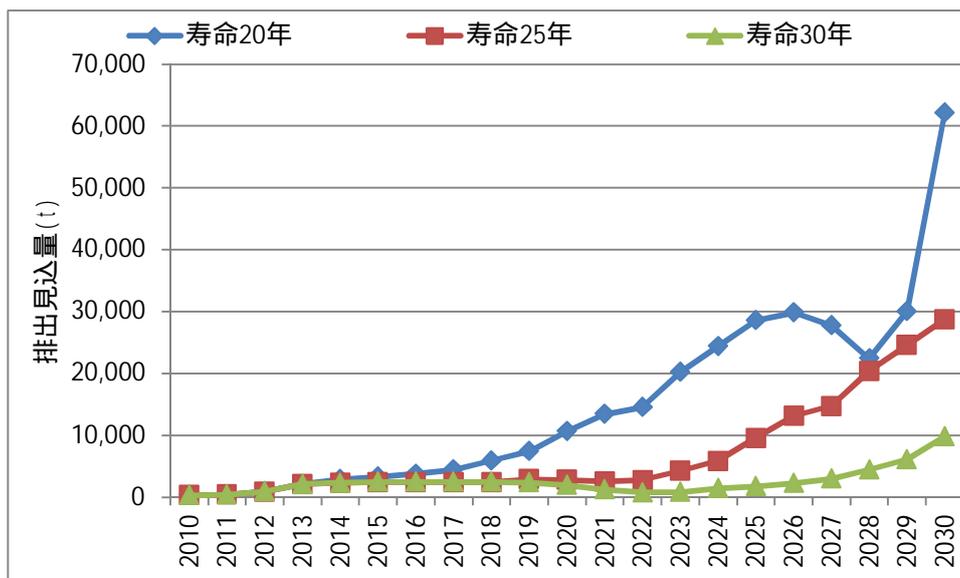


図 1-69 太陽電池モジュール排出見込量の比較（寿命 20 年、25 年、30 年）
（2010～2030 年）
（上図オレンジ色枠部分が本グラフ）

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。

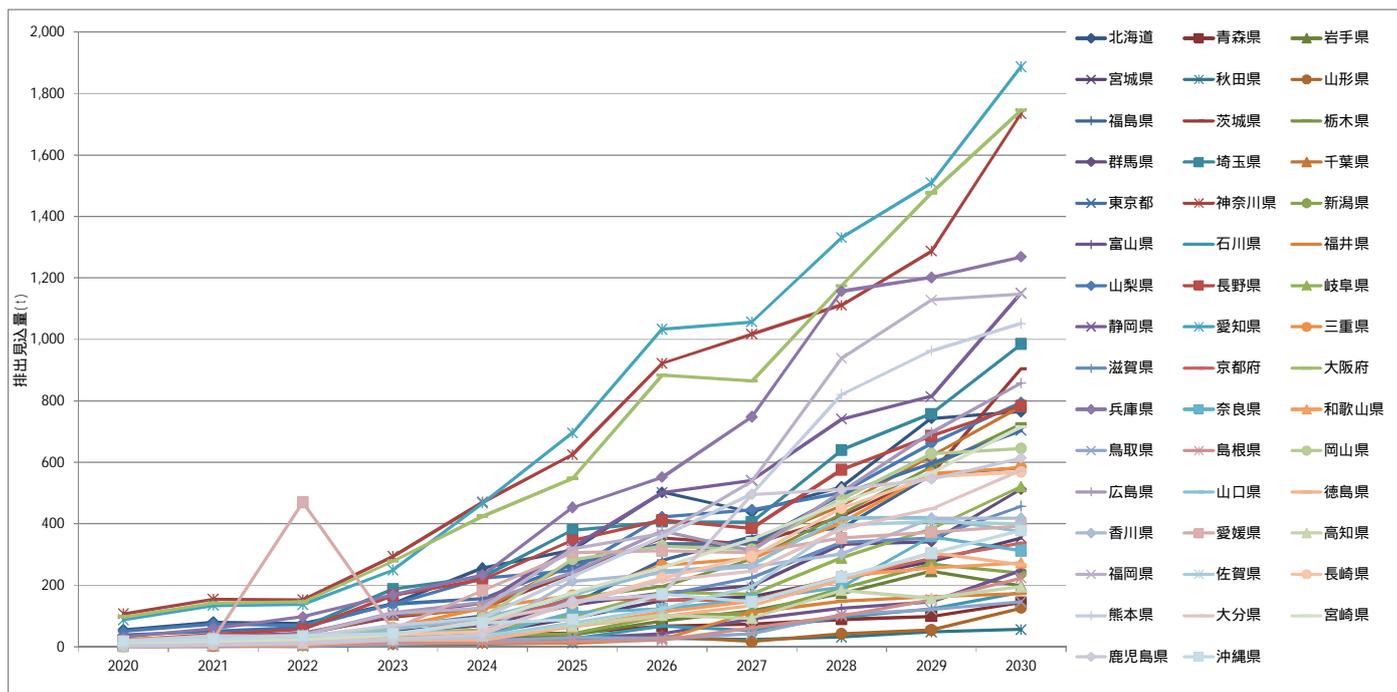


図 1-70 都道府県毎の太陽電池モジュール排出見込量の比較(寿命 25 年)(2020~2030 年)
出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

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

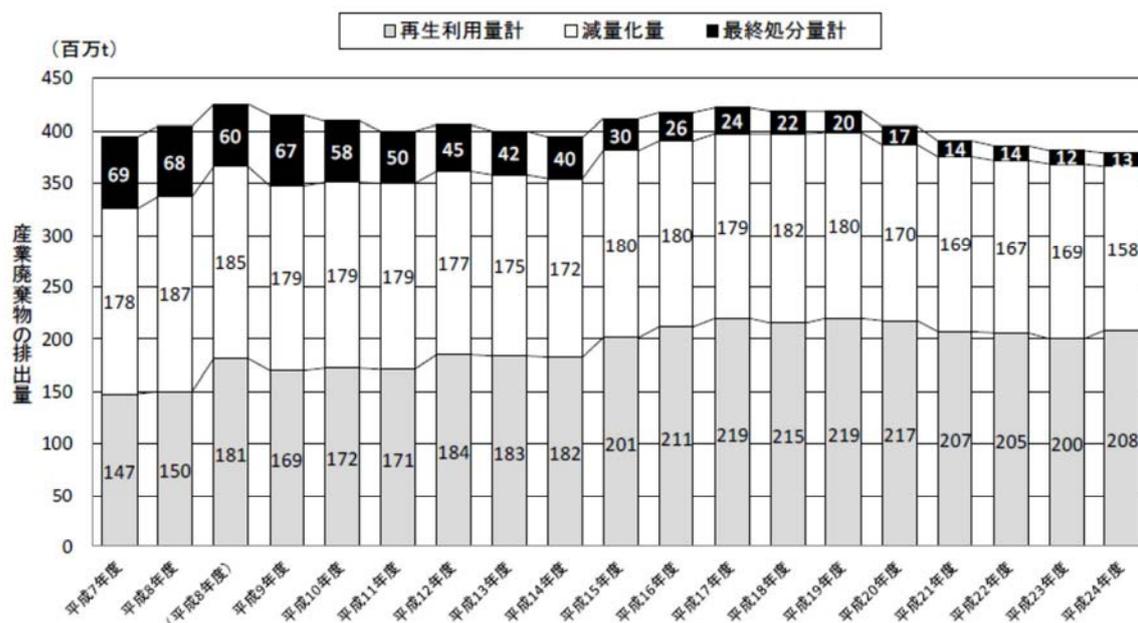
出所) 表 1-52 に示す推計方法に基づき推計

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 m³

	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。

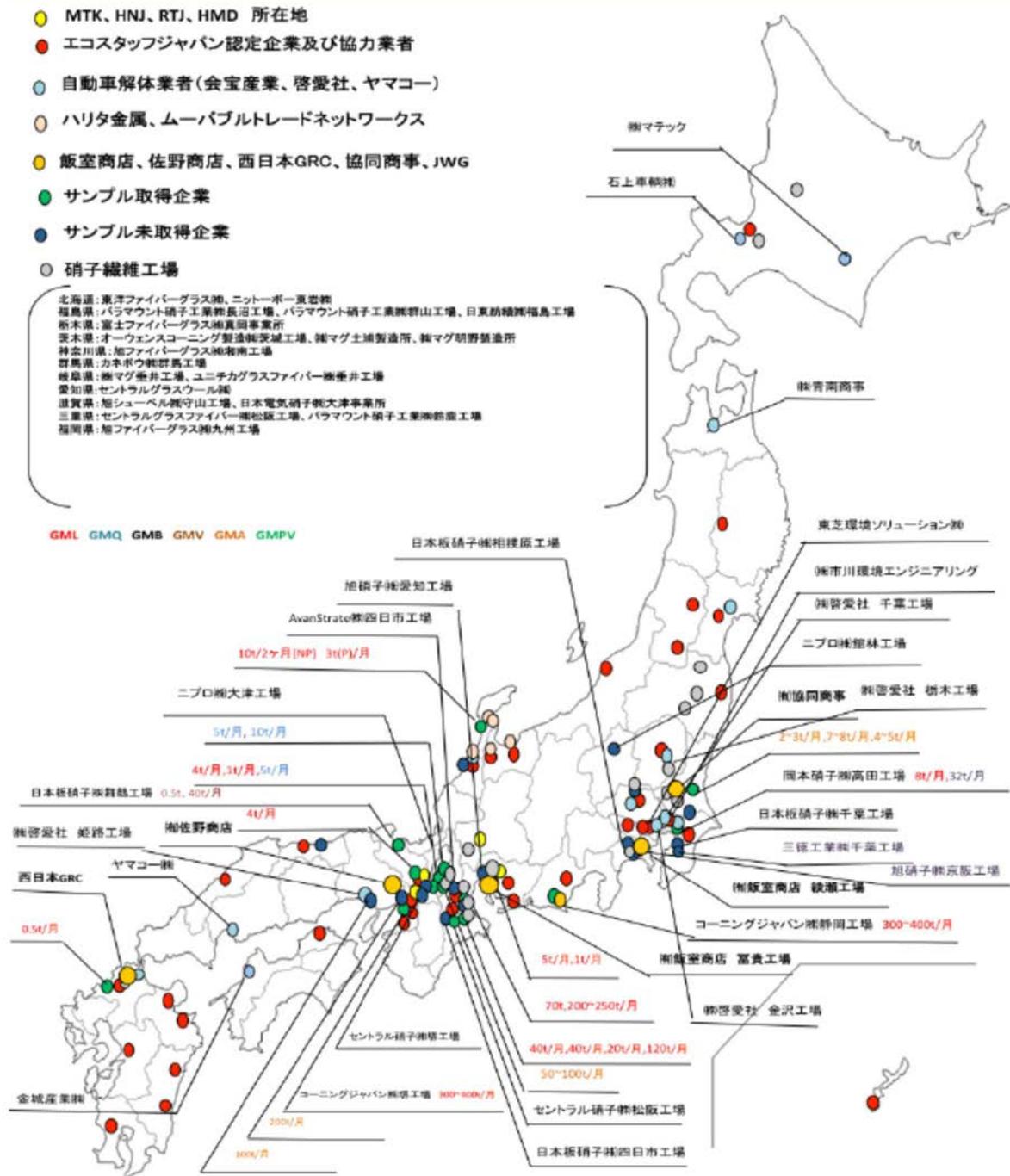


図 1-72 廃ガラスのリサイクル拠点と回収地点所在地
出所) ガラス再資源化協議会提供資料

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。

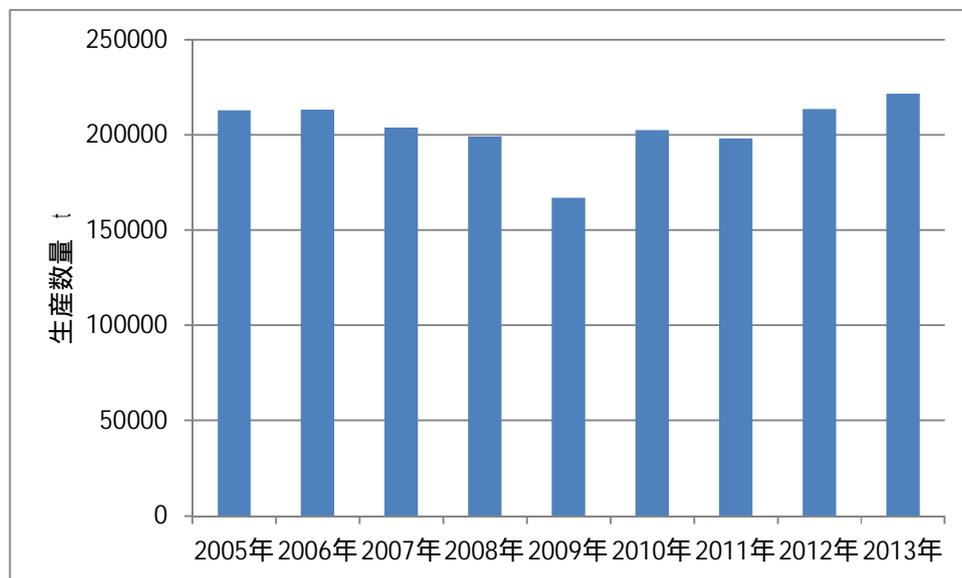


図 1-73 ガラス短繊維製品計(フェルト、ボード、その他)の生産数量
出所) 経済産業省生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編
(旧窯業・建材統計年報、資源・エネルギー統計年報)

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	-	-