

令和7年度環境省委託事業

令和7年度使用済再生可能エネルギー発電設備の  
リサイクル等の推進に係る調査・検討業務

—報告書—

2026年 3月

**NRI** 株式会社 野村総合研究所

# 報告書 目次

|   |           |
|---|-----------|
| 概要（サマリー）.....                                       | 7         |
| Summary .....                                       | 11        |
| <b>第1章. はじめに .....</b>                              | <b>16</b> |
| 1.1. 本調査・検討業務の背景・目的 .....                           | 16        |
| 1.2. 本調査・検討業務の概要 .....                              | 16        |
| 1.2.1. 太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査.....                     | 16        |
| 1.2.2. 太陽電池モジュール排出量推計に基づく関連分析 .....                 | 17        |
| 1.2.3. 太陽電池モジュールの国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討 .....   | 17        |
| 1.2.4. その他使用済再生可能エネルギー発電設備の適正処理・リサイクル等の推進に係る調査..... | 18        |
| <b>第2章. 太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査 .....</b>               | <b>19</b> |
| 2.1. アンケート調査の概要.....                                | 19        |
| 2.1.1. 排出実態調査(解体・撤去業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況 .....    | 20        |
| 2.1.2. 処理実態調査(中間処理業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況 .....     | 21        |
| 2.1.3. 埋立実態調査(最終処分業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況 .....     | 22        |
| 2.2. 解体・撤去に関する実態調査結果.....                           | 23        |
| 2.2.1. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去実績 .....                   | 23        |
| 2.2.2. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事件数と撤去事由 .....            | 25        |
| 2.2.3. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事の実態.....                 | 27        |
| 2.2.4. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事における情報連携.....            | 30        |
| 2.2.5. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事に関する今後の受託方針 .....        | 31        |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3. リサイクル等に関する実態調査結果.....              | 33        |
| 2.3.1. 要因別排出量.....                      | 33        |
| 2.3.2. 排出要因別マテリアルフロー.....               | 35        |
| 2.3.3. 素材別マテリアルフロー.....                 | 36        |
| 2.3.4. 太陽電池モジュールの処理施設・手法.....           | 37        |
| 2.3.5. 太陽電池モジュールのリサイクルにおける課題.....       | 38        |
| 2.4. 最終処分に関する実態調査結果.....                | 41        |
| 2.4.1. 使用済太陽電池モジュールの最終処分の実施状況.....      | 41        |
| 2.4.2. 各プレイヤーに求める事項.....                | 44        |
| 2.4.3. 使用済太陽電池モジュールの最終処分における懸念事項.....   | 45        |
| <b>第3章. 太陽電池モジュール排出量推計に基づく関連分析.....</b> | <b>46</b> |
| 3.1. 排出量推計に関する考え方.....                  | 46        |
| 3.1.1. 排出量推計の目的・基本方針.....               | 46        |
| 3.1.2. 排出量推計に用いる導入量シナリオの考え方.....        | 47        |
| 3.1.3. 排出量推計に用いる排出係数の考え方.....           | 47        |
| 3.2. 排出量を踏まえた、管理型処分場への影響評価.....         | 49        |
| 3.2.1. 管理型最終処分場の現状.....                 | 49        |
| 3.2.2. 最終処分場に関する政策目標.....               | 49        |
| 3.2.3. 試算の前提条件.....                     | 51        |
| 3.2.4. 管理型最終処分場全体を対象とした試算結果.....        | 52        |
| 3.2.5. 太陽電池モジュール受入可能な管理型処分場に限定した試算..... | 55        |
| 3.2.6. 新規供用量と残余年数の維持に関する考察.....         | 58        |
| 3.2.7. 制度設計への示唆.....                    | 58        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3. 地域別排出量の推計結果 .....                                | 60        |
| 3.3.1. 地域別排出量推計の考え方 .....                             | 60        |
| 3.3.2. 地域ブロック別の排出トレンド予測 .....                         | 67        |
| 3.3.3. 代表的な地域ブロックにおける排出量推計値 .....                     | 69        |
| <b>第4章. 太陽電池モジュールの国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討.....</b> | <b>71</b> |
| 4.1. 太陽電池モジュールの種別、設置形態 .....                          | 71        |
| 4.1.1. 太陽電池モジュールの種別 .....                             | 71        |
| 4.1.2. 太陽電池モジュールの設置形態 .....                           | 73        |
| 4.1.3. 太陽電池モジュールの適切な取り外しに係る課題 .....                   | 76        |
| 4.2. 太陽電池モジュールの環境配慮設計 .....                           | 79        |
| 4.2.1. 国内外の検討状況、及び評価手法の動向 .....                       | 79        |
| 4.2.2. 環境配慮設計の指標(案) .....                             | 85        |
| 4.3. 国内リユースの実態把握 .....                                | 87        |
| 4.3.1. リユース事業者の事業領域、並びに事前確認している情報 .....               | 87        |
| 4.3.2. リユース診断方法(検査項目) .....                           | 90        |
| 4.3.3. リユース促進に向けた打ち手の検討 .....                         | 93        |
| 4.3.4. 「リユース促進ガイドライン」の修正方針案 .....                     | 95        |
| 4.4. リユース品利用による環境負荷の削減効果 .....                        | 97        |
| 4.4.1. リユース品利用による二酸化炭素排出量の削減効果 .....                  | 97        |
| 4.4.2. リユース品利用による廃棄物発生量の削減効果 .....                    | 100       |

|   |            |
|---|------------|
| 4.5. ガラスの用途別リサイクル量の見通し .....                | 104        |
| 4.5.1. 調査の進め方 .....                         | 104        |
| 4.5.2. 再生品の概要と需要量の推計 .....                  | 105        |
| 4.5.3. 再生品ごとの原料ガラス品質基準 .....                | 109        |
| 4.5.4. 他製品由来ガラスの排出・リサイクル動向 .....            | 110        |
| 4.5.5. 太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通しと品質特性 .....      | 115        |
| 4.5.6. 需給バランスの見通し .....                     | 117        |
| 4.5.7. 用途別リサイクル可能性の評価 .....                 | 118        |
| 4.6. 収集・運搬の課題整理、並びに効率化検討 .....              | 119        |
| 4.6.1. モジュールの収集・運搬に係る課題の整理 .....            | 119        |
| 4.6.2. 現行の処理能力や将来の排出量に関する地域ブロック別の状況整理 ..... | 121        |
| 4.6.3. 保管上限日数シミュレーション .....                 | 122        |
| 4.6.1. 積替保管日数シミュレーション .....                 | 126        |
| 4.7. リユース・リサイクルに係る実証事業等 .....               | 131        |
| 4.7.1. 実証事業の概要 .....                        | 131        |
| 4.7.2. 今後の展望 .....                          | 132        |
| <b>第5章. 太陽光発電設備リサイクル制度小委員会の開催 .....</b>     | <b>133</b> |
| 5.1. 小委員会の設置 .....                          | 133        |
| 5.2. 小委員会の委員構成 .....                        | 133        |
| 5.2.1. 太陽光発電設備リサイクル制度小委員会の委員構成 .....        | 133        |
| 5.2.2. 太陽光発電設備リサイクルワーキンググループの委員構成 .....     | 134        |
| 5.3. 審議経過と審議結果 .....                        | 135        |

## 第6章. その他使用済再生可能エネルギー発電設備の

### 適正処理・リサイクル等の推進に関する調査 ..... 137

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 6.1. 風力発電設備 .....               | 137 |
| 6.1.1. 風力発電設備の構成 .....          | 137 |
| 6.1.2. 構成素材ごとのリサイクル実態 .....     | 138 |
| 6.1.3. 繊維強化プラスチックのリサイクル動向 ..... | 140 |
| 6.1.4. ネオジム磁石のリサイクル動向 .....     | 141 |

## 第7章. 付録 ..... 143

|   |     |
|---|-----|
| 7.1. 排出実態調査(解体・撤去業者向けアンケート調査) 調査票 ..... | 143 |
| 7.2. 処理実態調査(中間処理業者向けアンケート調査) 調査票 .....  | 143 |
| 7.3. 埋立実態調査(最終処分業者向けアンケート調査) 調査票 .....  | 158 |

---

## 概要（サマリー）

---

### 令和7年度使用済再生可能エネルギー発電設備のリサイクル等の推進に係る調査・検討

再生可能エネルギー発電は世界的に拡大を続ける中、わが国においても低炭素社会の形成や国産エネルギー資源の拡大等を目的に導入され、特に 2012 年7月の FIT 制度導入以降は、太陽光発電を中心に一層の広がりを見せている。太陽光発電等の再生可能エネルギーは、引き続き導入拡大が進む見通しであり、令和7年2月に閣議決定された「第7次エネルギー基本計画」においても、2050 年カーボンニュートラルの実現に寄与する主力電源として最大限導入する方向性が示されている。

そうした中、使用済太陽電池モジュールは、災害や故障等によって一部で排出され始めていることが既に確認されており、2030 年代後半を目途に、その排出量は加速度的に増加すると想定されている。そのような大量排出への対応並びにリサイクル等の推進に向けて、令和6年9月には、環境省と資源エネルギー庁が共同事務局を務める「中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議」が設置された。令和8年1月に開催された第 10 回合同会議では、新たな法制度案のほか、既存制度や財政支援等を含めた、リサイクル推進に向けた政府の検討状況が示され、議論が行われたところである。

本業務では、太陽電池モジュールのリサイクル等の推進に向けた議論・検討が深められるように、リユース・リサイクル実態の詳細把握はもちろん、収集・運搬における課題整理や効率化検討、またリユース品利用による環境負荷の削減効果、ガラスリサイクルの見通し試算等、リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討を行った。また欧州を中心に検討が進む太陽電池モジュールの環境配慮設計（エコデザイン）動向把握や、排出量推計結果に基づく関連分析、風力発電設備のリサイクル等に係る継続調査等も実施した。

#### 1. 太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査

本章では、以下3つのアンケート調査を実施し、太陽電池モジュールのリユース・リサイクル実態や課題把握とあわせて、マテリアルフローの作成を行った。

- ・ 太陽電池モジュールの解体・撤去業者に対する、排出実態調査
- ・ 中間処理業者に対する、処理実態調査
- ・ 最終処分業者に対する、埋立実態調査

排出実態調査では、有効回答数 99 社のうち 42 社がこれまでに太陽電池モジュールの解体・撤去を行った実績があることがわかった。これらの事業者のうち、約 80%に相当する 34 社が直近2ヵ年において太陽電池モジュールの解体・撤去に係る相談を受けたことがあり、うち 24 社は実際に解体・撤去を行ったことが分かった。解体・撤去工事を実施したことのあつた 24 社のうち、2社は中間処理業者や最終処分業者から太陽電池モジュールの状態や有害物質への懸念により受入を拒否されたことがあると回答している。

また、99社のうち、20社は「今後太陽電池モジュールの解体・撤去に係る依頼があったとしても受託しない」と回答しており、その理由を自由記述で確認したところ、業務領域の違いや処理方法等に関する情報の不足、処理先確保の難しさ等様々な背景が確認できた。

処理実態調査では、太陽電池モジュールの排出量(令和6年度)は5,045.9tであり、令和5年度(3,020.7t)から増加していることが明らかとなった。令和6年度の排出要因は、目的を終了したものが約3割、不良品が約2割を占めていた。そして回収量のうち、リユースが約2割、中間処理が約8割(リサイクルを実施したものは約5割)となっている。また都道府県別の処理可能量をとりまとめたところ、処理方式として、「アルミとカレットガラスとその他で分離」、「アルミと板ガラスとその他で分離」を高度リサイクルとして定義した場合、高度リサイクルが可能な事業者は1都1府20県に所在することが分かった。

埋立実態調査では、有効回答数32社のうち約56%に相当する18社が、使用済太陽電池モジュールの受入について相談を受けたことがあり、一部事業者では実際に受入を行ったことが分かった。なお「相談されたことはあるが、受入を拒否した」と回答した事業者は、有害物質の溶出や不明な含有物質に対する懸念を理由としてあげていた。

## 2. 太陽電池モジュール排出量推計に基づく関連分析

本章では、過年度より実施してきた排出量推計を踏襲しながら、第7次エネルギー基本計画における記載内容も踏まえた推計値の更新を試みた。複数の導入量シナリオや、排出要因の組み合わせ(ケース)を設定し、それらのパターンごとに年度別の排出量の推計を実施した。

また、太陽電池モジュールの排出量推計(ケース⑩等)に基づき、管理型最終処分場の残余年数への影響を評価した。管理型処分場全体を対象とした試算では、2030年度断面で太陽電池モジュール由来の最終処分量が最終処分量全体に占める割合は最大約2%にとどまり、残余年数の前倒しは生じなかった。

一方、令和7年度埋立実態調査の結果をもとに太陽電池モジュールの受入が可能な処分場に限定した試算では、埋立割合に応じて残余年数が太陽電池モジュールを加味しない場合から5~7年前倒しされる結果となった。これらの結果から、太陽電池モジュールの受入が可能な処分場の地理偏在を踏まえた制度設計の必要性や、リサイクル率向上に向けた制度的措置の重要性が示唆された。

さらに、地域別の排出量推計として、全国を7ブロックに分割し各ブロックでの年度別排出量推計やトレンドの分析を行った。現時点で公開されている都道府県別の導入量目標の調査を行い、それを基に各都道府県の将来にわたる導入量を試算した。試算した導入量から都道府県別の排出量を推計し、地域ブロック単位で排出のピークを迎える年代や、今後の排出量の増減のトレンドを示した。排出のピークに向けては、処理施設のキャパシティ確保や排出モジュールの収集・運搬網の整備といった適切な処理体制の確保が全国規模で必要となるが、特にその備えが必要となる地域はどこかを示唆するものとなった。

### 3. 太陽電池モジュールの国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討

本章では、太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの普及促進に関する調査をはじめ、シミュレーションや検討等を試みた。リユース実態把握として、リユース可否判断に際して確認している情報、及び実施している検査を横並びで比較したところ、リユースチェッカー等を用いて「太陽電池モジュールの適切なリユース促進ガイドライン」で定められる項目の検査は実施するが、それ以上の詳細検査は任意事項としている事業者が多かった。その理由としては、新品モジュールの価格が低下している中、検査項目を増やすことは、リユース品の価格優位性が失われるためであった。3Rの原則ではリユース促進・排出抑制が優先される中、排出量推計結果等を活用しながら、リユース品利用による環境負荷の削減効果も試算した。その結果、出力1,000kWの発電所を30年間稼働するケースを想定した場合、二酸化炭素の排出量が最も多い運用と少ない運用との間ではライフサイクル全体で約27倍の排出量の差がつくことが分かり、リユース品利用による環境負荷削減効果が検証された。

また、太陽電池モジュール由来ガラスのリサイクル先となる板ガラス・ガラスウール・ガラス発泡剤・路盤材・ガラス砂・その他(反射材等)の6区分を対象に、再生品ごとの需要量・品質基準、他製品(自動車・建築物)由来ガラスの排出・リサイクル動向、及び太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通しを調査し、用途別リサイクル量の見通しを試算した。生産動態統計に基づく再生品の生産量推移から原料ガラス需要量を算出するとともに、自動車・建築物・太陽光電池モジュール由来の廃ガラス供給量を推計した結果、2024年以降は供給量が需要量を上回る傾向が続き、リサイクルの受け皿が不足する状況が予想された。太陽電池モジュール由来のガラスは高純度・無色透明という品質面での優位性を有するものの、高度選別コストが障壁であり、受け皿の拡大とリサイクル高度化が必要であることが明らかとなった。

加えて、国内におけるリユース・リサイクル実証事業等についても調査・整理した。実証事業等の動向を把握するため、国内で実施されている主要な取組事例を調査し、実施主体・種別(リユース、リサイクル、両方)・実施場所・概要を一覧化した。実証事業の内容は収集・運搬の効率化、リユース品の品質保証、情報管理プラットフォームの構築など、サプライチェーン全体を通じた課題解決に向けた取組が進展している状況が確認された。

これらの他にも、欧州を中心に検討が進む太陽電池モジュールの環境配慮設計(エコデザイン)動向把握や、リサイクル可能性指標の開発研究についても調査を試みた。

#### 4. 太陽光発電設備のリサイクル制度小委員会の開催

太陽光発電設備のリサイクル制度及び使用済太陽光発電設備の再利用の推進のあり方について検討・審議することを目的として、環境省と資源エネルギー庁が共同事務局となり、令和6年度に「中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議」が設置された。

令和7年度に開催された第10回では、共同事務局からリサイクルの推進に向けた新たな法制度案が提示され、合同会議にて議論が行われた。わが国として、リサイクル費用低減や処理体制の整備とあわせて、大量廃棄に備えて規制を段階的に強化した上で、使用済太陽電池モジュールの幅広い排出者等へのリサイクル義務化を目指す方向性が示された。

#### 5. その他使用済再生可能エネルギー発電設備の適正処理・リサイクル等の推進に関する調査

本章では、太陽光発電設備以外の再生可能エネルギー発電設備として、風力発電設備の適正処理・リサイクル等の推進に関する調査、並びに実態把握を行った。撤去・解体並びにリサイクルを手掛ける事業者にヒアリングしたところ、現状、国内で排出されている風力発電設備のブレード素材はGFRPであり、CFRPの排出はまだ確認されなかった。また発電設備のドライブトレイン(動力伝達システム)観点では、ほぼすべてがギアチェンジ方式(増速機方式)であり、ネオジム磁石が使用されたダイレクトドライブ方式の排出は極めて少ないことが分かった。

GFRPをはじめとする繊維強化プラスチックのリサイクルは、引き続きセメント原燃化が主流であるが、一部では合成樹脂建材へのリサイクルを手掛ける事業者も存在している。風力発電設備由来のネオジム磁石は、排出実績がまだ少ない状況だが、新設されている風力発電設備の多くがダイレクトドライブ方式であること、また経済安全保障上の観点から、今後ネオジムリサイクルの環境整備が必要となる。

---

# Summary

---

## **FY 2025 Survey and Examination on the Promotion of Recycling and Related Initiatives for Used Renewable Energy Generation Facilities**

As the renewable energy generation sector continues to expand globally, Japan has also been promoting its adoption with the aim of building a low-carbon society and increasing domestically produced energy resources. In particular, since the introduction of the Feed-in Tariff (FIT) system in July 2012, the deployment of renewable energy, especially solar power, has grown significantly. Moving forward, the expansion of renewable energy, including solar power, is expected to continue. The Seventh Strategic Energy Plan, approved by the Cabinet in February 2025, also sets forth a policy of maximizing the deployment of renewable energy as a primary power source contributing to the achievement of carbon neutrality by 2050.

In this context, it has been confirmed that some used solar modules are already being generated as waste due to disasters, malfunctions, and other factors. It is projected that the volume of such waste will increase rapidly, particularly from the latter half of the 2030s onward. In response to the anticipated large-scale waste generation and to promote recycling efforts, a joint meeting body was established in September 2024, with the Ministry of the Environment and the Agency for Natural Resources and Energy serving as co-secretariats. At its 10th joint meeting held in January 2026, the government presented and discussed its current considerations regarding the promotion of recycling, including proposals for new legal frameworks, as well as existing systems and financial support measures.

This project aims to further advance discussions and analysis for promoting the reuse and recycling of solar PV modules. It includes a detailed assessment of the current reuse and recycling practices, identification of challenges and exploration of efficiency improvements in collection and transportation, evaluation of the environmental benefits of using reused products, and projections for glass recycling. The study covers efforts to promote the wider adoption of reuse and recycling practices. It also examines international trends, particularly in Europe, related to environmentally conscious design (ecodesign) of solar PV modules, conducts related analyses based on waste volume projections, and carries out ongoing research on the recycling of wind power generation equipment.

### **1. Survey on the Discharge and Disposal Practices of Solar PV Modules**

This part presents the results of three questionnaire surveys conducted to assess the status of reuse and recycling of solar PV modules, identify key challenges, and develop a material flow analysis:

- Survey on solar PV module waste generation targeting dismantling and removal contractors
- Survey on treatment practices targeting intermediate treatment operators
- Survey on landfill practices targeting final disposal operators

The survey on waste generation found that, out of 99 valid respondents, 42 operators had experience in dismantling and removing solar PV modules. Among these, approximately 80% (34 operators) had received inquiries related to dismantling and removal in the past two years, and 24 operators had undertaken such work. Of the 24 operators with actual project experience, two reported that PV modules had been refused acceptance by intermediate treatment or final disposal operators due to concerns regarding their condition or the presence of hazardous substances. In addition, 20 out of the 99 respondents indicated that they would not accept future requests for dismantling and removal of PV modules. Open-ended responses indicated various reasons, including differences in business scope, lack of information on appropriate treatment methods, and difficulties in securing downstream treatment or disposal options.

The survey on treatment practices revealed that the total volume of disposed solar PV modules in FY2024 was 5,045.9 tons, representing an increase from 3,020.7 tons in FY2023. In terms of the causes of waste generation in FY2024, approximately 30% were attributed to the completion of intended use, while approximately 20% were due to defective products. Regarding the handling of collected modules, approximately 20% were reused, while approximately 80% underwent intermediate treatment, of which approximately 50% were recycled. Furthermore, an analysis of treatment capacity by prefecture indicated that, when defining advanced recycling as processes involving the separation of materials into aluminum, cullet glass, and other components, or into aluminum, flat glass, and other components, operators capable of such advanced recycling are located across one metropolitan area, one prefectural-level urban area, and 20 prefectures.

The survey on landfill practices found that, among 32 valid respondents, approximately 56% (18 operators) had received inquiries regarding the acceptance of end-of-life solar PV modules, and some operators had in fact accepted such waste. Among those that reported having received inquiries but refused acceptance, the primary reasons cited included concerns over the potential leaching of hazardous substances and uncertainties regarding the materials contained within the modules.

## **2. Analysis Based on Estimated Waste Generation Volumes of Solar Photovoltaic (PV) Modules**

This part presents updated estimates of PV module waste generation volumes, building on estimation methodologies used in previous years and incorporating the Seventh Strategic Energy Plan. We established multiple installation scenarios and combinations of waste generation factors (cases), and estimated annual waste generation volumes for each scenario pattern.

In addition, based on estimates of PV module waste generation (including Case 12 and others), we assessed the impact on the remaining capacity of controlled final disposal sites. A simulation covering all controlled landfill sites nationwide indicated that, as of FY2030, the proportion of landfill waste attributable to PV modules would account for at most approximately 2% of total final disposal volume, with no reduction in remaining operational years.

On the other hand, when the estimation was limited to landfill sites capable of accepting PV modules, based on the results of the FY2025 landfill survey, the remaining operational lifespan was found to be shortened by approximately 5 to 7 years compared to scenarios that do not account for PV module waste, depending on the proportion of PV modules in the total landfill volume. These findings suggest the need for institutional design that considers the geographical disparity in the distribution of landfill sites capable of accepting PV modules, as well as the importance of policy measures aimed at improving recycling rates.

Furthermore, to estimate waste generation by region, we divided Japan into seven blocks, and analyzed annual waste generation volumes and trends for each block. We conducted a review of publicly available prefectural-level installation targets, and estimated future installation volumes for each prefecture accordingly. Based on these estimated installation volumes, we projected waste generation volumes at the prefectural level, and identified trends such as the timing of peak waste generation and future increases or decreases in waste generation volumes for each regional block. In preparation for peak waste generation periods, it will be necessary at the national level to ensure adequate treatment systems, including securing sufficient processing capacity and establishing efficient collection and transportation networks for waste modules. The analysis also provides insight into which regions will require such preparedness in particular and where administrative measures should be prioritized.

### **3. Survey and Examination on the Promotion of Domestic Reuse and Recycling of Solar PV Modules**

This chapter presents surveys, simulations, and analytical studies aimed at promoting the wider adoption of reuse and recycling of solar PV modules. As part of efforts to understand current reuse practices, we conducted a comparative review of the information checked and inspection procedures performed when determining the suitability of modules for reuse. The findings indicate that while many operators carry out inspections specified in the Guidelines for Promoting Appropriate Reuse of Photovoltaic Panels, such as those using reuse checkers, more detailed inspections beyond these requirements are often treated as optional. The primary reason cited is that, as the price of new modules continues to decline, increasing the number of inspection items reduces the cost competitiveness of reused products. In light of the 3R principles, which prioritize reuse and waste reduction, we conducted an estimation of the environmental benefits of using reused modules based on waste generation volume projections. The results show that, under a scenario in which a 1,000 kW power plant operates for 30 years, the difference in total lifecycle CO<sub>2</sub> emissions between the highest-emission and lowest-emission operational cases is approximately 27-fold, thereby confirming the significant environmental benefits of utilizing reused modules.

In addition, we conducted a study on recycling pathways for glass derived from solar PV modules, focusing on six categories of end-use applications: flat glass, glass wool, foamed glass materials, roadbed materials, glass sand, and other uses (such as reflective materials). For each category, we examined demand volumes and quality requirements, along with trends in the generation and recycling of glass from other sources, including automobiles and buildings, as well as projections for the generation volume of PV module-derived glass. Based on these analyses, we estimated future recycling volumes by application. By deriving raw material glass demand from

production trends of recycled products using industrial production statistics, and estimating the supply of waste glass from automobiles, buildings, and PV modules, it was found that from 2024 onward, supply is expected to consistently exceed demand, leading to a shortage of recycling capacity (“recycling outlets”). Although glass derived from PV modules has advantages in terms of high purity and colorless transparency, the cost of advanced sorting remains a barrier, highlighting the need to expand recycling capacity and further advance recycling technologies.

Furthermore, we conducted surveys and analyses on demonstration projects and other initiatives related to reuse and recycling within Japan. In order to understand trends in such initiatives, we identified and systematically organized major domestic cases currently being implemented. Based on publicly available information, we made a structured list of key details including implementing entities, category (reuse, recycling, or both), location, and overview. It was confirmed that efforts are progressing across the entire supply chain to address key challenges, such as improving the efficiency of collection and transportation, ensuring the quality of reused products, developing information management platforms.

In addition to the above, we conducted further research on trends in environmentally ecodesign of solar PV modules, particularly in Europe, as well as on the development of recyclability indicators.

#### **4. Meetings of the Solar Power Generation Recycling System Subcommittee**

With the objective of examining and deliberating on the appropriate framework for recycling systems for solar power equipment and the promotion of reuse of end-of-life solar power equipment, a joint meeting body was established in FY2024, with the Ministry of the Environment and the Agency for Natural Resources and Energy serving as co-secretariats. This body was titled the Joint Meeting of the Solar Power Equipment Recycling System Subcommittee under the Central Environment Council and the Solar Power Equipment Recycling Working Group under the Industrial Structure Council.

At the 10th meeting held in FY2025, the joint secretariat presented a proposal for a new legal framework aimed at promoting recycling (including the introduction of regulatory measures), which was subsequently discussed at the joint meeting. The direction indicated for Japan involves, alongside efforts to reduce recycling costs and establish adequate treatment systems, the gradual strengthening of regulations, with the aim of ultimately mandating recycling obligations for waste generators and other stakeholders in preparation for large-scale waste generation.

## **5. Survey on the Promotion of Proper Disposal and Recycling of**

### **Other Used Renewable Energy Generation Facilities**

This part presents a survey and assessment of the current status and promotion of proper treatment and recycling of renewable energy generation equipment other than solar power equipment, with a particular focus on wind power generation equipment. We conducted interviews with operators engaged in dismantling, removal, and recycling activities. The findings indicate that the blades of wind power equipment currently being disposed of in Japan are primarily composed of glass fiber reinforced plastic (GFRP), while no confirmed cases of carbon fiber reinforced plastic (CFRP) waste have yet been observed. In addition, from the perspective of drivetrain systems, nearly all equipment utilizes a geared (gearbox-based) system, and only a very limited amount of waste has been generated from direct-drive systems incorporating neodymium magnets.

Recycling of fiber-reinforced plastics, including GFRP, continues to be predominantly carried out through use as raw fuel in cement production. However, some operators have begun undertaking recycling into synthetic resin-based construction materials. Although the volume of discarded neodymium magnets from wind power equipment remains limited at present, many newly installed wind turbines adopt direct-drive systems, and from the perspective of economic security, it is expected that the development of a recycling framework for neodymium will become increasingly necessary in the future.

# 第1章. はじめに

## 1.1. 本調査・検討業務の背景・目的

再生可能エネルギー発電は世界的に拡大を続ける中、わが国においても低炭素社会の形成や国産エネルギー資源の拡大等を目的に導入され、特に2012年7月のFIT制度導入以降は、太陽光発電を中心に一層の広がりを見せている。令和7年2月に閣議決定された「第7次エネルギー基本計画」においても、2050年カーボンニュートラルの実現に向け、太陽光発電等の再生可能エネルギーを最大限導入して主力電源化するべく、政府として多角的な取組を引き続き進めていくことが示されたところである。

使用済太陽電池モジュールは、災害や故障等によって一部で排出され始めていることが既に確認されており、その排出量は2030年代後半以降に顕著に増加すると見込まれている。そうした中、令和6年9月には、環境省と資源エネルギー庁が共同事務局を務める「中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議」が設置された。合同会議では、太陽光発電設備のリサイクル制度及び使用済太陽光発電設備の再利用の推進のあり方について審議が行われ、「太陽光発電設備のリサイクル制度のあり方について」が整理・公表された。

本業務では、義務的リサイクル制度も含めた新たな仕組みの構築に向けた議論・検討が深められるように、使用済再生可能エネルギー発電設備のリユース・リサイクルに関する実態把握に加えて、リサイクル等の推進に向けた課題・対応策の整理を行った。

## 1.2. 本調査・検討業務の概要

### 1.2.1. 太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査

使用済太陽電池モジュールのリユース量、リサイクル量、最終処分量について、初期不良・災害故障品等の排出要因も踏まえ、経年的な変化を含め調査を行うべく太陽電池モジュールの解体・撤去業者に対する排出実態調査、中間処理業者に対する処理実態調査、最終処分業者に対する埋立実態調査の3つのアンケート調査を行った。

排出実態調査では、解体・撤去業者に対して太陽電池モジュールの解体・撤去実績、設置場所、工事の依頼元、取り外し事由、搬出先とその選定方法、受入拒否の経験、電気遮断工事の実績、荷姿、提供された情報、解体方法等の指定、今後の受託予定、また「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン(第三版)」の認知度について調査を行った。

処理実態調査では、中間処理業者に対して太陽電池モジュールの中間処理実績、導入している設備と処理方法、排出要因、排出場所、搬入元と搬出先、制度化への要望と意見について調査を行った。またリユース事

業も手掛けている事業者に対しては、リユース事業の業務範囲、搬入元とリユース品の搬出先、診断方法、リユース不可モジュールの取扱い、不具合対応、リユース事業の課題について追加的に調査を行った。

埋立実態調査では、最終処分場の埋立容量と最終処分量、太陽電池モジュールの最終処分実績、最終処分の依頼元、受入拒否の理由、受入開始に向けた要件・要望、懸念事項について調査を行った。

そしてこれらの調査結果をふまえ、リサイクル実態や課題の把握に向けて使用済太陽電池モジュールの排出要因別、素材別マテリアルフローを作成した。

### 1.2.2. 太陽電池モジュール排出量推計に基づく関連分析

本章では、過年度より実施してきた排出量推計を踏襲しながら、第7次エネルギー基本計画における記載内容も踏まえた推計値の更新を試みた。複数の導入量シナリオや、排出要因の組み合わせ(ケース)を設定し、それらのパターンごとに年度別の排出量の推計を実施した。

また、太陽電池モジュールの排出量推計に基づき、管理型最終処分場の残余年数への影響を評価した。管理型処分場全体を対象とした試算では、2030年度断面で太陽電池モジュール由来の最終処分量が最終処分量全体に占める割合は最大約2%にとどまり、残余年数の前倒しは生じなかった。

一方、令和7年度埋立実態調査の結果をもとに太陽電池モジュールの受入が可能な処分場に限定した試算では、埋立割合に応じて残余年数が太陽電池モジュールを加味しない場合から5～7年前倒しされる結果となった。これらの結果から、太陽電池モジュールの受入が可能な処分場の地理偏在を踏まえた制度設計の必要性や、リサイクル率向上に向けた制度的措置の重要性が示唆された。

さらに、地域別の排出量推計として、全国を7ブロックに分割し各ブロックでの年度別排出量推計やトレンドの分析を行った。現時点で公開されている都道府県別の導入量目標の調査を行い、それを基に各都道府県の将来にわたる導入量を試算した。試算した導入量から都道府県別の排出量を推計し、地域ブロック単位で排出のピークを迎える年代や、今後の排出量の増減のトレンドを示した。排出のピークに向けては、処理施設のキャパシティ確保や排出モジュールの収集・運搬網の整備といった適切な処理体制の確保が全国規模で必要となるが、特にその備えが必要となる地域はどこかを示唆するものとなった。

### 1.2.3. 太陽電池モジュールの国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討

本章では、太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの普及促進に関する調査をはじめ、シミュレーションや検討等を試みた。リユース実態把握として、リユース可否判断に際して確認している情報、及び実施している検査を横並びで比較したところ、リユースチェッカー等を用いて「太陽電池モジュールの適切なリユース促進ガイドライン」で定められる項目の検査は実施するが、それ以上の詳細検査は任意事項としている事業者が多かった。その理由としては、新品モジュールの価格が低下している中、検査項目を増やすことは、リユース品の価格優位性が失われるためであった。3Rの原則ではリユース促進・排出抑制が優先される中、排出量推計結果等を活用しながら、リユース品利用による環境負荷の削減効果も試算した。その結果、出力1,000kWの発電所を30年間稼働するケースを想定した場合、二酸化炭素の排出量が最も多い運用と少ない運用との間ではライフ

サイクル全体で約 27 倍の排出量の差がつくことが分かり、リユース品利用による環境負荷削減効果が検証された。

また、太陽電池モジュール由来ガラスのリサイクル先となる板ガラス・ガラスウール・ガラス発泡剤・路盤材・ガラス砂・その他(反射材等)の6区分を対象に、再生品ごとの需要量・品質基準、他製品(自動車・建築物)由来ガラスの排出・リサイクル動向、及び太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通しを調査し、用途別リサイクル量の見通しを試算した。生産動態統計に基づく再生品の生産量推移から原料ガラス需要量を算出するとともに、自動車・建築物・太陽光電池モジュール由来の廃ガラス供給量を推計した結果、2024 年以降は供給量が需要量を上回る傾向が続き、リサイクルの受け皿が不足する状況が予想された。太陽電池モジュール由来のガラスは高純度・無色透明という品質面での優位性を有するものの、高度選別コストが障壁であり、受け皿の拡大とリサイクル高度化が必要であることが明らかとなった。

加えて、国内におけるリユース・リサイクル実証事業等についても調査・整理した。実証事業等の動向を把握するため、国内で実施されている主要な取組事例を調査・整理した。公開情報をもとに 24 件の実証事業・取組事例を収集し、実施主体・種別(リユース、リサイクル、両方)・実施場所・概要を一覧化した。種別ごとの内訳をみると、リユースとリサイクルの双方に取り組む事例が8件、リユース単独が7件、リサイクル単独が9件であった。取組の担い手は、総合商社・電力会社・自治体・中間処理業者・メーカー等と多岐にわたり、収集・運搬の効率化、リユース品の品質保証、情報管理プラットフォームの構築、高度リサイクル技術の実用化など、サプライチェーン全体を通じた課題解決に向けた取組が進展している状況が確認された。

これらの他にも、欧州を中心に検討が進む太陽電池モジュールの環境配慮設計(エコデザイン)動向把握や、リサイクル可能性指標の開発研究についても調査を試みた。

#### 1.2.4. その他使用済再生可能エネルギー発電設備の適正処理・リサイクル等の推進に係る調査

本章では、太陽光発電設備以外の再生可能エネルギー発電設備として、風力発電設備の適正処理・リサイクル等の推進に関する調査、並びに実態把握を行った。撤去・解体並びにリサイクルを手掛ける事業者にヒアリングしたところ、現状、国内で排出されている風力発電設備のブレード素材は GFRP であり、CFRP の排出はまだ確認されなかった。また発電設備のドライブトレイン(動力伝達システム)観点では、ほぼすべてがギアチェンジ方式(増速機方式)であり、ネオジム磁石が使用されたダイレクトドライブ方式の排出は極めて少ないことが分かった。

GFRP をはじめとする繊維強化プラスチックのリサイクルは、引き続きセメント原燃化が主流であるが、一部では合成樹脂建材へのリサイクルを手掛ける事業者も存在している。風力発電設備由来のネオジム磁石は、排出実績がまだ少ない状況だが、新設されている風力発電設備の多くがダイレクトドライブ方式であること、また経済安全保障上の観点から、今後ネオジムリサイクルの環境整備が必要となる。

## 第2章. 太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査

太陽電池モジュールの排出・廃棄実態調査として、太陽電池モジュールの解体・撤去業者に対する排出実態調査、中間処理業者に対する処理実態調査、最終処分業者に対する埋立実態調査の3つのアンケート調査を実施した。

加えてこれらの調査結果をふまえ、リサイクル実態や課題の把握に向けて使用済太陽電池モジュールの排出要因別、素材別マテリアルフローを作成した。

### 2.1. アンケート調査の概要

使用済太陽電池モジュールは、その適正処理の工程すべてが同一事業者によって実施されるわけではない。そのため、排出・廃棄実態を把握するためには、使用済太陽電池モジュールの取り外しに相当する解体・撤去工事、そして中間処理、最終処分といった適正処理フローに沿って、適当な主体を対象として調査をそれぞれ実施し、適切に情報を把握していくことが必要である。

この観点から、本調査では目的に応じて排出実態調査、処理実態調査、埋立実態調査の3つのアンケート調査を実施した。各アンケート調査の目的は、表1に示す通りである。

表1 各アンケート調査の目的

| アンケート調査 | 目的   |
|---------|--|
| 排出実態調査  | <ul style="list-style-type: none"><li>使用済太陽電池モジュールに関する解体・撤去実績の把握</li><li>解体・撤去工事に関する依頼元、及び事由の把握</li><li>撤去後モジュールに関する収集・運搬方法の把握</li><li>適正処理に必要な情報に関する連携実態の把握</li></ul> |
| 処理実態調査  | <ul style="list-style-type: none"><li>マテリアルフローやステークホルダー等の実態把握（過年度調査からの変化を洗い出し）</li><li>リユース、リサイクルの課題及び懸念事項等の把握</li></ul>   |
| 埋立実態調査  | <ul style="list-style-type: none"><li>太陽電池モジュール受入状況の把握</li><li>最終処分依頼元の把握</li><li>モジュール受入に係る懸念事項の特定・整理</li></ul>   |

出所) NRI 作成

### 2.1.1. 排出実態調査(解体・撤去業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況

令和6年度調査同様、今年度調査においても公益社団法人全国解体工事業団体連合会(以下、「全解工連」という。)に協力いただき、全解工連会員の解体工事業協会や解体工事業協同組合を通じて、約 1,750 社の解体・撤去業者へ調査票(Web アンケート調査 URL)を送付した。また、アンケート調査の回答件数を増やし、実態をより精緻に把握するため、HP 等の公開情報で太陽電池モジュールの解体・撤去事業を実施していることが確認された事業者にも個別に問合せ、及びアンケート調査 URL の送付を実施した。

なお、令和5年度調査までは、プレ調査により使用済太陽電池モジュールの解体・撤去実績がある事業者を絞り込んだうえで本調査を実施しているが、今年度は令和6年度同様にプレ調査と本調査を一本化し、アンケート冒頭に解体・撤去実績の有無を確認した。

表2 排出実態調査の概要

| 項目   | 詳細   |                  |                     |
|------|--|------------------|---------------------|
| 対象   | <ul style="list-style-type: none"> <li>全解工連に所属している全国の解体・撤去業者</li> <li>HP 等の公開情報で太陽電池モジュールの解体・撤去事業を実施していることが確認された事業者</li> </ul> |                  |                     |
| 実施方法 | <ul style="list-style-type: none"> <li>全解工連の会員である、全国の解体工事業協会や解体工事業協同組合を通じて、所属する解体・撤去業者に Web アンケート調査 URL を送付。</li> </ul>        |                  |                     |
| 回答数  |  | 送付件数             | 有効回答数 <sup>※3</sup> |
|      | 令和6年度  | 不明 <sup>※1</sup> | 80                  |
|      | 令和7年度  | 不明               | 99                  |

※1 全解工連会員の解体工事業協会や解体工事業協同組合を通じて Web アンケート調査 URL が送付されているため、正確な送付件数は把握できない。

※2 Web アンケート調査への回答入力の確認され、実績や依頼元、運搬方法等の回答が確認できた事業者の数を指す。

出所) NRI 作成

### 2.1.2. 処理実態調査(中間処理業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況

排出された使用済太陽電池モジュールのうち、リユース・リサイクル量、及び適正処理フロー実態(技術を含む)を把握するため、太陽電池モジュールの受入を行う中間処理業者やリユース事業者を中心に、アンケート調査を実施した。

継続実施している調査であることを踏まえ、アンケート調査内容は令和6年度調査票を参考としつつも、実施目的を再整理し、回答負荷を引き下げるために一部項目の修正を行った。

今年度のアンケート調査を実施するにあたり、令和6年度調査先である 102 社に加えて、デスクトップ調査において使用済太陽電池モジュールの中間処理、買取、販売事業を実施していることが確認された事業者をリストアップし、架電により調査への協力を依頼した。そして協力への理解が得られた事業者に対し、メールで Excel の調査票を送付する形でアンケート調査を実施した。

また、今年度は一般社団法人太陽光発電協会(以下、「JPEA」という。)に協力を要請し、JPEA 発行リスト「適正処理(リサイクル)の可能な産業廃棄物中間処理業者」に掲載されている事業者に対してアンケート調査票を送付いただいた。

今年度の調査概要は表3に示す通りであり、アンケート調査項目は別途提示の調査票に基づいて行ったところ、回答辞退連絡含め 51 社から回答を得た。なお、一部設問について未回答の事業者も存在したため、設問ごとに回答数は異なる。

表3 処理実態調査の概要

| 項目   | 詳細  |      |        |
|------|---|------|--------|
| 対象   | <ul style="list-style-type: none"> <li>令和6年度調査対象である事業者</li> <li>JPEA 発行リスト「適正処理(リサイクル)の可能な産業廃棄物中間処理業者」に掲載されている事業者</li> <li>HP 等の公開情報で、太陽電池モジュールの中間処理、買取、販売事業を実施していることが確認された事業者</li> </ul> |      |        |
| 実施方法 | 架電により調査協力への理解が得られた事業者にアンケート調査票を送付。  |      |        |
| 回答数  |   | 送付件数 | 有効回答数* |
|      | 令和6年度   | 102  | 45     |
|      | 令和7年度   | 108  | 51     |

※ 中間処理やリユースの実績を回答した事業者の数を指す。

出所) NRI 作成

### 2.1.3. 埋立実態調査(最終処分業者向けアンケート調査)の概要、並びに回答状況

使用済太陽電池モジュールの最終処分実態(埋立実態)を把握するため、最終処分業者を対象に、アンケート調査を実施した。今年度のアンケート調査は、令和6年度調査で実施した、最終処分場を有する 35 社のうち今年度もアンケート調査への協力を承諾いただいた事業者に加え、デスクトップ調査等により、一定の埋立容量基準を満たす管理型最終処分場を有していると思われる事業者を対象として実施した。

また、継続実施している調査であることを踏まえ、アンケート調査内容は令和6年度調査票を参考としつつも、実施目的を再整理し、回答負荷を引き下げるために、一部項目の修正を行った。

表4 埋立実態調査の概要

| 項目   | 詳細   |      |        |
|------|--|------|--------|
| 対象   | <ul style="list-style-type: none"> <li>令和6年度調査対象である、管理型最終処分場を保有している事業者</li> <li>一定の埋立容量基準を満たす管理型最終処分場を有していると思われる事業者</li> </ul> |      |        |
| 実施方法 | 架電により調査協力への理解が得られた事業者に Web アンケート調査 URL を送付。  |      |        |
| 回答数  |  | 送付件数 | 有効回答数※ |
|      | 令和6年度  | 35   | 32     |
|      | 令和7年度  | 53   | 32     |

※ Web アンケート調査への回答入力の確認され、受入実績や今後の方針等の回答が確認できた事業者の数を指す。

出所) NRI 作成

## 2.2. 解体・撤去に関する実態調査結果

### 2.2.1. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去実績

全国の解体工事業協会や解体工事業協同組合を通じて実施した Web アンケート回答に基づく、これまでの使用済太陽電池モジュールの解体・撤去有無は図 1 に示すとおりである。太陽電池モジュール単体で解体・撤去したことがある事業者は 22 社、建造物や家屋と同時に解体・撤去したことがある事業者は 24 社、これまでに太陽電池モジュールの解体・撤去を行ったことがない事業者は 57 社であった。

### これまでの解体・撤去実績（複数選択、n=99）

単位：社

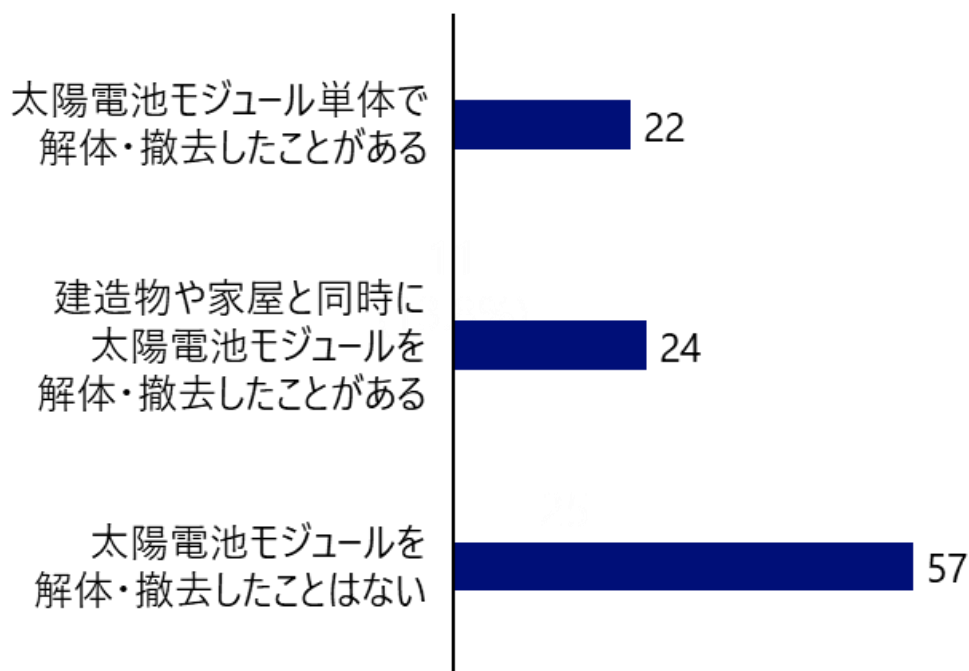


図 1 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去実績

出所) NRI 作成

これまでに太陽電池モジュールを解体・撤去したことがある事業者における、直近2ヵ年(令和5、6年度)の実績は図 2 に示すとおりである。太陽電池モジュールの解体・撤去に係る相談を受けたことがある事業者は、回答事業者の約 80%となった。また、実際に解体・撤去を手掛けた事業者は約 57%であった。

## 直近2年の解体・撤去実績（単一選択、n=42）

- 単位：社
- 太陽電池モジュール（または太陽電池モジュールを含む建築物）を解体・撤去した経験・実績がある
  - 相談を受けたことはあるが、撤去実績はない
  - 相談を受けたことがなく、撤去実績もない

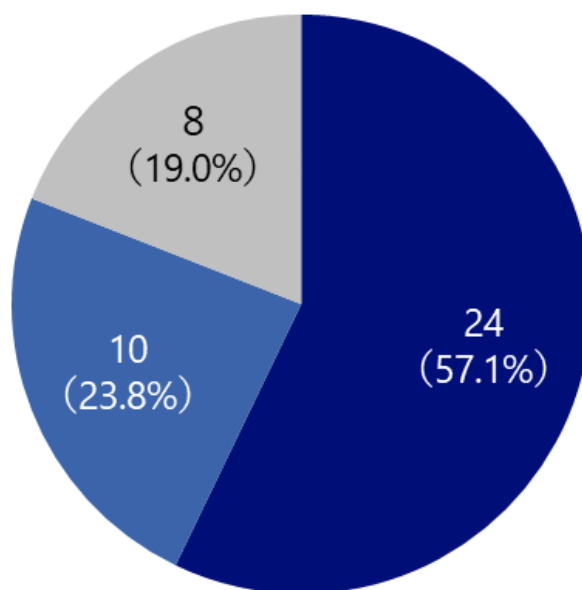


図2 直近2年の使用済太陽電池モジュールの解体・撤去実績

出所) NRI 作成

### 2.2.2. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事件数と撤去事由

直近2ヵ年(令和5、6年度)に解体・撤去実績がある事業者 24 社に対して、手掛けた工事件数を調査した。事業者全体では令和5年度から6年度にかけて 19 件、約 28%工事件数が増加していることが分かった。1事業者あたりの年間工事件数は数件に留まるが、年間 20 件もの工事を担った事業者も存在していた。

## 太陽電池モジュールを解体・撤去した工事件数 (n=24)

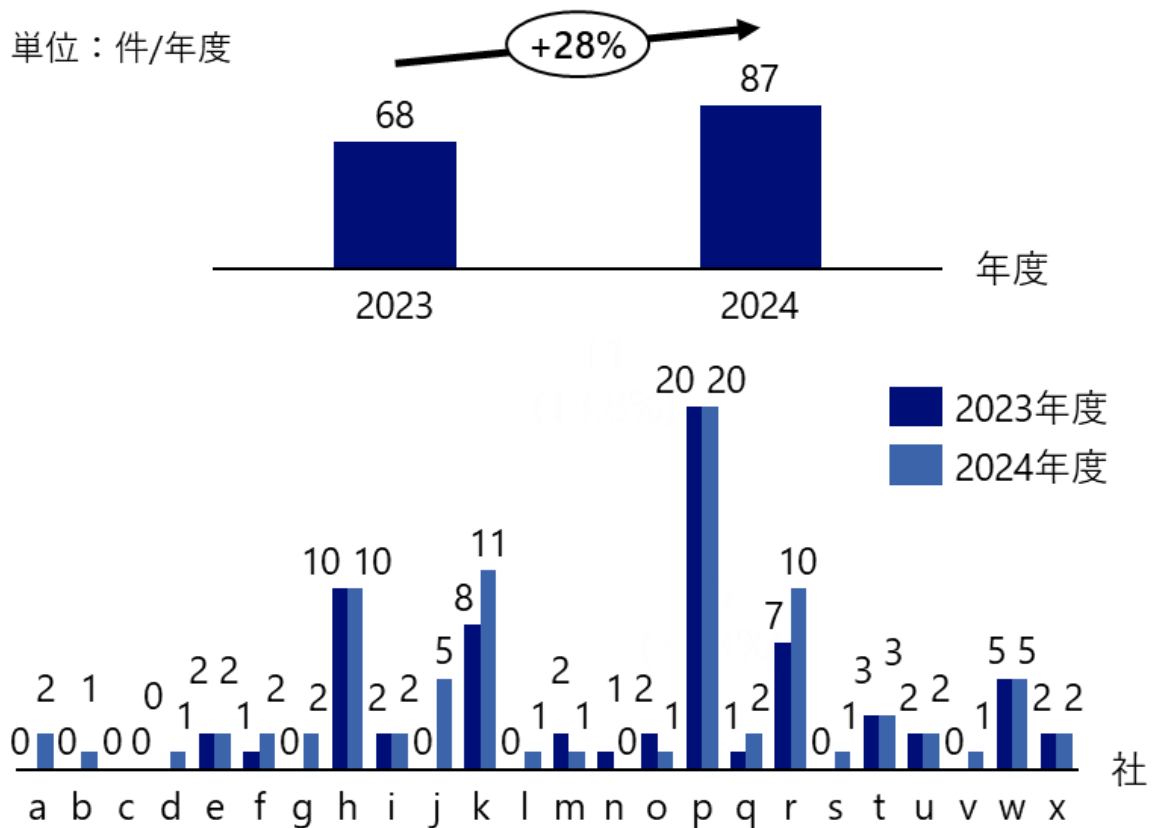


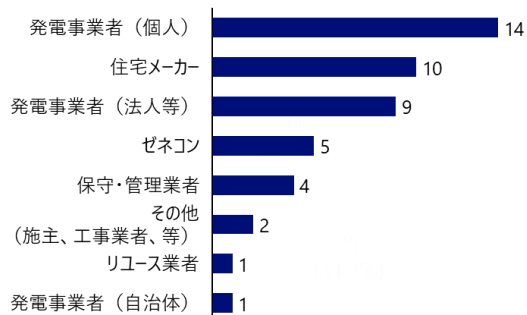
図3 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事件数

出所) NRI 作成

事業者が手掛けた解体・撤去工事において、工事の依頼元を確認したところ、24 社のうち 14 社が住宅等で発電する個人等の発電事業者、10 社が住宅メーカーと回答があり、解体・撤去業者が取り扱う太陽電池モジュールの排出事由は、家屋解体が主要因になるものと推察された。

解体・撤去工事の依頼元 (複数選択、n=24)

単位：社



太陽電池モジュールの取外事由 (複数選択、n=24)

単位：社

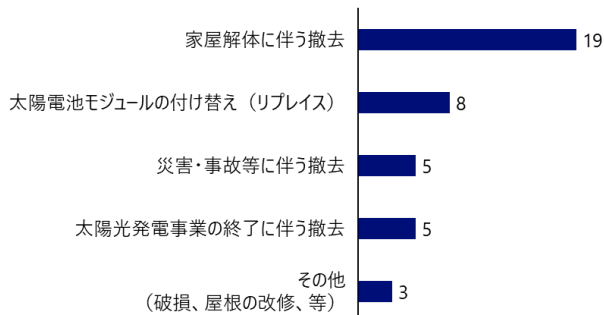


図 4 使用済太陽電池モジュール解体・撤去工事の依頼元と取り外し事由 (出所) NRI 作成

そして、事業者が手掛けた解体・撤去工事において、太陽電池モジュールの設置場所についても確認したところ、24社のうち21社が建物の屋根に設置されていたと回答し、うち1社は災害廃棄物として取り除かれていたと回答していた。なお、メガソーラー等の大規模発電所において解体・撤去を行った事業者も2社確認された。

### 解体・撤去した太陽電池モジュールの設置場所（複数選択、n=24）

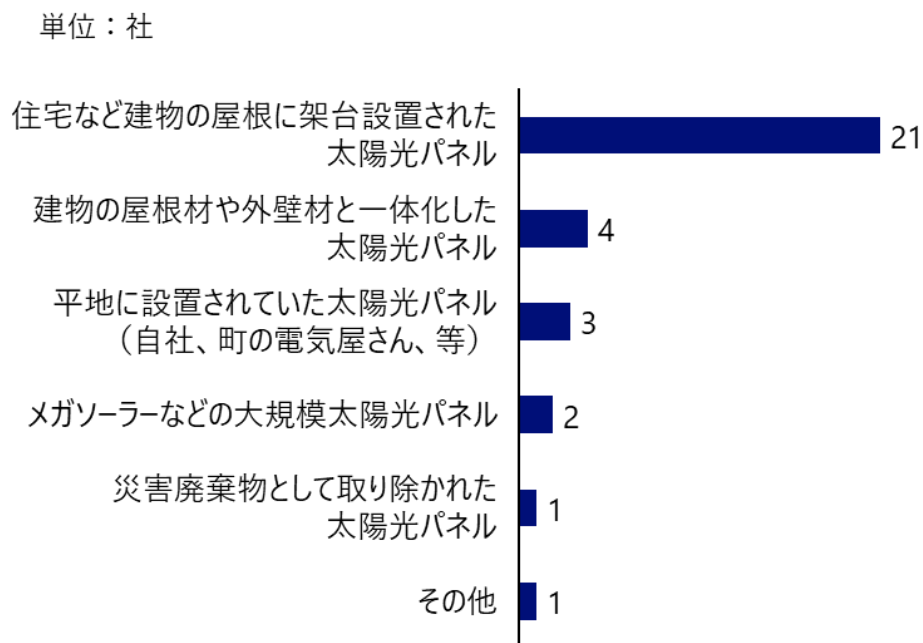


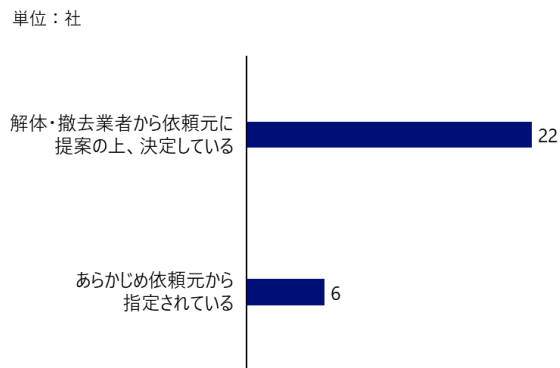
図5 解体・撤去した使用済太陽電池モジュールの設置場所  
出所) NRI 作成

#### 2.2.3. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事の実態

解体・撤去工事を実施したことのある事業者に対し、解体・撤去した太陽電池モジュールの処理先をどのように決定しているのかを確認したところ、24社のうち22社が「解体・撤去業者から依頼元に提案の上、決定している」と回答していた。

そして22社に対して提案する処理先はどのように選定しているのかを確認したところ、14社が「関係性がある事業者を選定する」、9社が「現場付近で、太陽電池モジュールの処理を行っている事業者を選定している」と回答した。中間処理業者目線では、回収量を増やすためには「いかに発電事業者や解体・撤去業者と関係性を構築できているか」、「排出現場が近くに存在しているか」が重要だと考えられる。

搬出先の決定方法（複数選択、n=24）



搬出先の選定方法（複数選択、n=22）

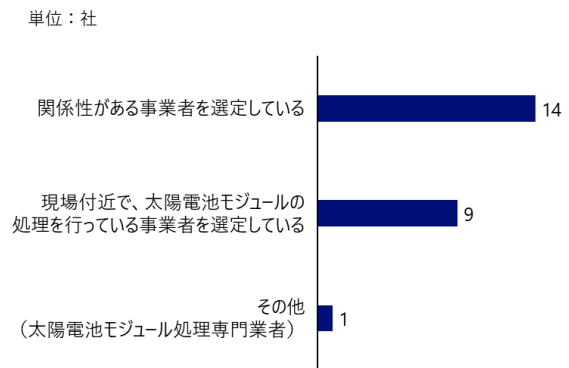
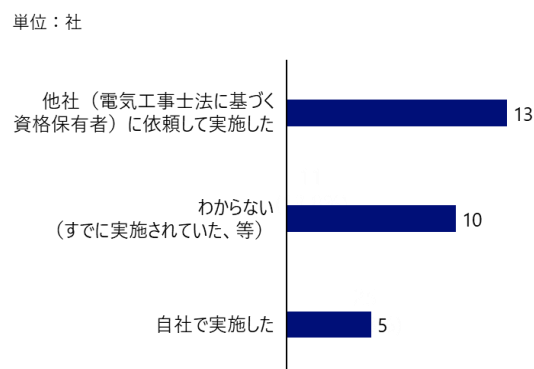


図 6 処理先の決定方法と選定方法

出所) NRI 作成

また、解体・撤去工事を実施したことのある事業者に対し、電気系統の遮断工事に関する実施状況を確認したところ、24 社のうち 13 社が「電気工事士法資格保有者である他社に依頼して実施した」と回答しており、10 社がすでに実施されていた等と回答していた。自社で電気系統の遮断工事を実施したと回答した事業者は 5 社となっており、遮断工事から解体・撤去の作業まで一貫して実施することができる事業者の存在が確認できた。自社で電気系統の遮断工事を実施した 5 社に関しては、第一種・第二種電気工事士のいずれかの資格を保有していることがわかっている。

電気系統遮断工事の実施者（複数選択、n=24）



保有資格（複数選択、n=5）

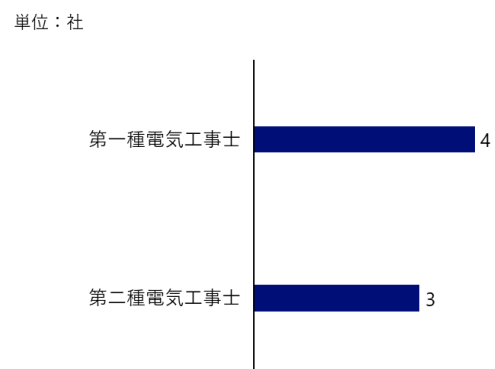


図 7 電気系統遮断工事の実施方法と保有資格

出所) NRI 作成

さらに、解体・撤去工事を実施したことがある事業者に対し、建築廃棄物との搬出先の区別について確認したところ、撤去した太陽電池モジュールは、建築廃棄物と異なる相手に搬出していると回答した事業者が 16 社、同じ相手に搬出していると回答した事業者が9社存在していた。

撤去した太陽電池モジュールを収集・運搬する際の荷姿についても確認したところ、24 社のうち 16 社がアルミフレームつきの状態でそのまま収集・運搬している状況であると回答していた。また、4社が「他撤去物と混載」と回答しており、その廃棄物が太陽電池モジュールであると認識されずに処理されている懸念がある。

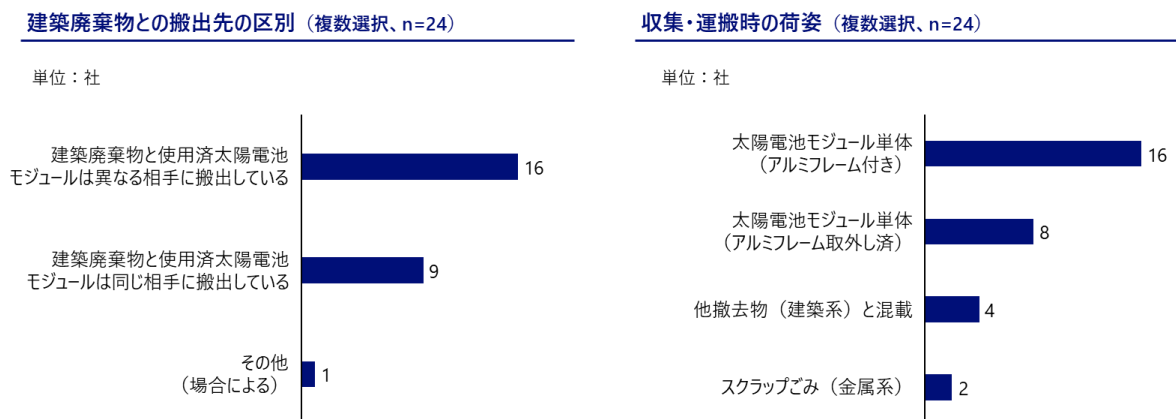


図 8 搬出先の区別と収集・運搬時の荷姿

出所) NRI 作成

加えて、中間処理業者等による解体方法の指定有無についても確認したところ、24 社のうち 14 社が解体方法を指定されなかったと回答していた。その一方で、中間処理業者やリユース事業者から指定された解体方法について確認したところ、ガラスが破損しないように注意すること等が指定されていた。

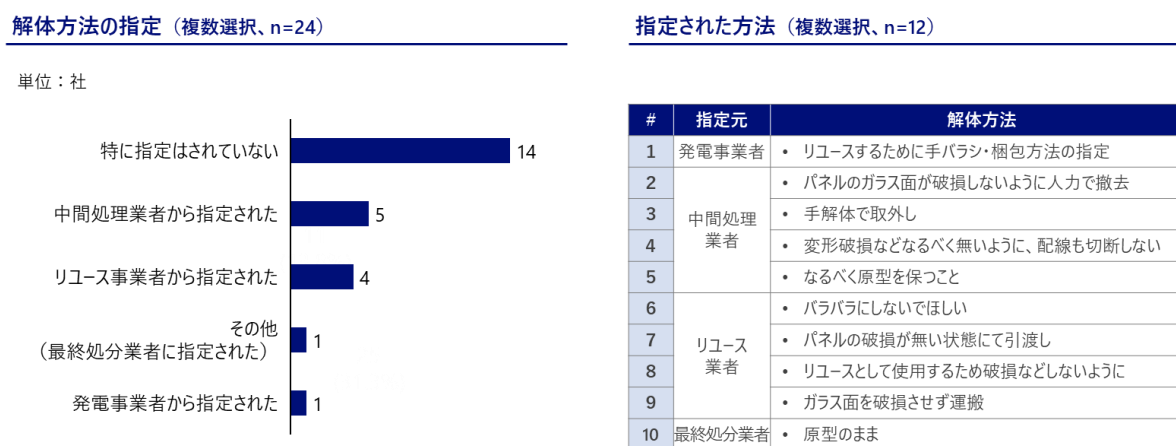


図 9 解体方法の指定有無と指定された方法

出所) NRI 作成

さらに解体・撤去工事を実施したことのある24社のうち、2社がそれぞれ中間処理業者と最終処分業者から受入を拒否されたことがあると回答している。

受入を拒否された理由としては、有害物質への懸念、情報の不足等が挙げられている。

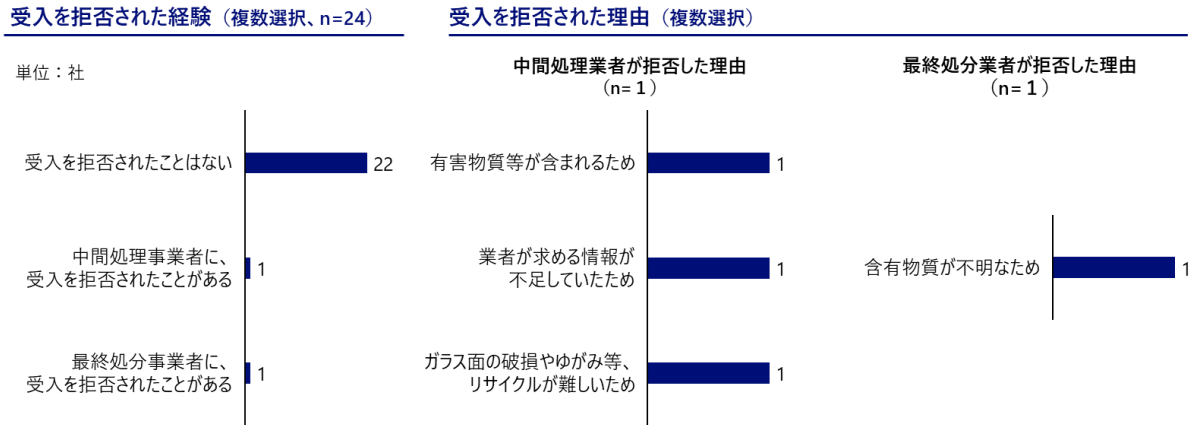


図 10 受入拒否の経験とその理由

出所) NRI 作成

#### 2.2.4. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事における情報連携

解体・撤去工事を行う際に連携される情報の状況を確認したところ、解体・撤去業者が自ら要求した結果として情報を提供されているのは10社であり、要求せずとも設備所有者等から情報を提供されているのが3社と全体の2割以下となった。提供される情報は、製品情報(型番、メーカー等)や安全データシート(Safety Data Sheet; SDS)、廃棄物データシート(Waste Data Sheet; WDS)であり、含有物質に関する溶出試験結果等の分析結果が情報提供されているケースは見られなかった。

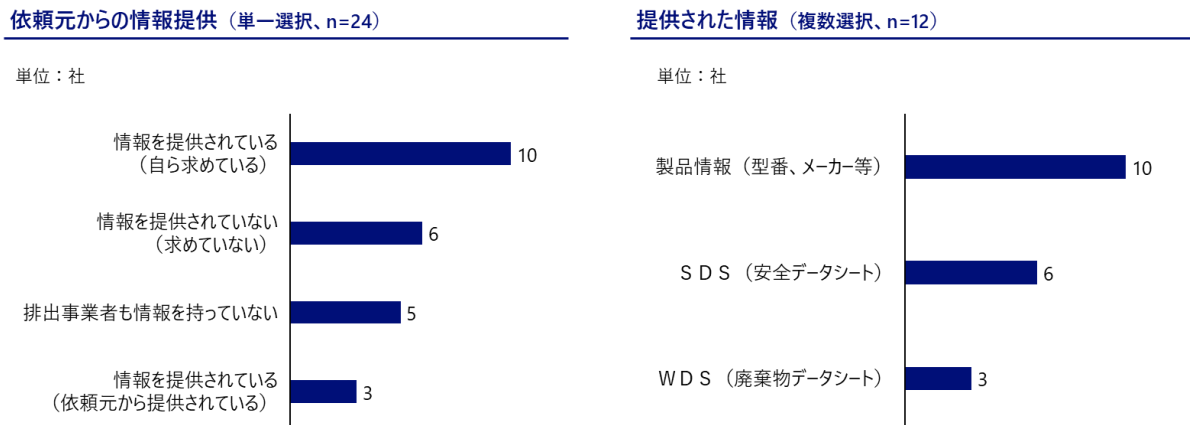


図 11 情報提供の有無と提供される情報

出所) NRI 作成

### 2.2.5. 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事に関する今後の受託方針

使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事に関する今後の受託方針を確認したところ、「受託予定(依頼があった場合は受託する)」と回答した事業者は 79 社と全体の約 80%となっていた。

一方で、全体の約 20%に該当する 20 社は「受託不可(依頼があったとしても受託しない)」と回答していた。

## 今後の受託方針（単一選択、n=99）

単位：社

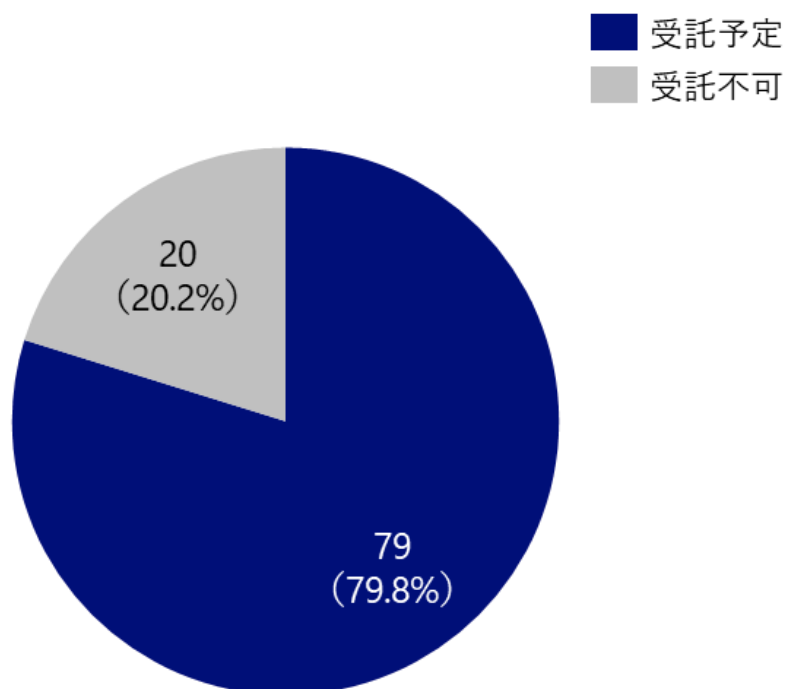


図 12 今後の受託方針

出所) NRI 作成

また、「依頼があったとしても受託しない」と回答した 20 社に対してその理由を自由記述で確認したところ、業務領域の違いや実績・人員の不足等の様々な背景が確認できた。

表5 使用済太陽電池モジュールの解体・撤去工事を受託しない理由

| 分類         | #  | 理由                           |
|------------|----|------------------------------|
| 業務領域の違い    | 1  | 解体工事を施工していないため               |
|            | 2  | 専門業者ではないため                   |
|            | 3  | 施工範囲外のため                     |
| ニーズの不透明さ   | 4  | 解体・撤去の依頼がないため                |
| 実績の不足      | 5  | 太陽電池モジュールの解体・撤去実績がないため       |
| 人員の不足      | 6  | 人材が不足しているため                  |
| 情報等の不足     | 7  | 処分方法を調べる必要があるため              |
|            | 8  | 太陽電池モジュールの処理方法(処理場等)がわからないため |
|            | 9  | 太陽電池モジュールに関する知識がないため         |
| 技術的ハードルの高さ | 10 | 処理が難しいものに手を付けたくないため          |
|            | 11 | 処理できないため                     |
| 最終処分先の不透明さ | 12 | 太陽電池モジュールの処理費用がかさむため         |
| 有害物質への懸念   | 13 | 有害物質が含まれていると聞いているため          |
|            | 14 | 有害物質が含まれており、処理が難しいと聞いたため     |
| 処分先の確保     | 15 | 処分先が確立していないため                |
|            | 16 | 処分場が遠いため                     |

出所) NRI 作成

## 2.3. リサイクル等に関する実態調査結果

### 2.3.1. 要因別排出量

各事業者によるアンケート回答に基づく、令和5、6年度以降における太陽電池モジュールのリユース・リサイクル量推移は、以下に示すとおりである。なお今年度調査の「令和5年度排出量」と、令和6年度報告書における「令和5年度排出量」が異なる事由は、調査年度によって回答者が異なること、また一部回答者が令和5年度における回収量(回答結果)を今年度調査で修正したこと等に起因する。

表6 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移(リユース・リサイクル全体)

| 排出要因         |              | 単位 | 排出量     |         |
|--------------|--------------|----|---------|---------|
|              |              |    | 令和5年度   | 令和6年度   |
| ① 新古品        |              | 千枚 | 9.4     | 54.1    |
|              |              | t  | 184.9   | 1,058.3 |
| ② 故障、<br>廃棄品 | 1. 不良品       | 千枚 | 35.3    | 50.6    |
|              |              | t  | 705.6   | 1,002.5 |
|              | 2. 災害等によるもの  | 千枚 | 25.9    | 26.5    |
|              |              | t  | 455.7   | 529.5   |
|              | 3. 目的を終了したもの | 千枚 | 19.7    | 87.7    |
|              |              | t  | 393.2   | 1,744.1 |
|              | 4. その他、不明    | 千枚 | 21.7    | 36.3    |
|              |              | t  | 399.2   | 711.6   |
| 合計 (①+②)     |              | 千枚 | 111.9   | 255.1   |
|              |              | t  | 2,138.6 | 5,045.9 |

出所) NRI 作成

表7 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移(リユース)

| 排出要因         |                  | 単位 | 排出量   |         |
|--------------|------------------|----|-------|---------|
|              |                  |    | 令和5年度 | 令和6年度   |
| ① 新古品        |                  | 千枚 | 0.0   | 0.4     |
|              |                  | t  | 0.0   | 7.1     |
| ② 故障、<br>廃棄品 | 1. 不良品           | 千枚 | 0.0   | 0.0     |
|              |                  | t  | 0.0   | 0.0     |
|              | 2. 災害等に<br>よるもの  | 千枚 | 0.0   | 0.0     |
|              |                  | t  | 0.0   | 0.0     |
|              | 3. 目的を終了<br>したもの | 千枚 | 0.0   | 43.6    |
|              |                  | t  | 0.0   | 871.0   |
|              | 4. その他、不明        | 千枚 | 5.8   | 6.9     |
|              |                  | t  | 115.3 | 137.1   |
| 合計 (①+②)     |                  | 千枚 | 35.8  | 50.8    |
|              |                  | t  | 115.3 | 1,015.3 |

出所) NRI 作成

表8 太陽電池モジュールの排出要因別回収量推移(リサイクル)

| 排出要因         |                  | 単位 | 排出量     |         |
|--------------|------------------|----|---------|---------|
|              |                  |    | 令和5年度   | 令和6年度   |
| ① 新古品        |                  | 千枚 | 9.4     | 53.8    |
|              |                  | t  | 184.9   | 1,051.2 |
| ② 故障、<br>廃棄品 | 1. 不良品           | 千枚 | 35.3    | 50.6    |
|              |                  | t  | 705.6   | 1,002.5 |
|              | 2. 災害等に<br>よるもの  | 千枚 | 25.9    | 26.5    |
|              |                  | t  | 455.7   | 529.5   |
|              | 3. 目的を終了<br>したもの | 千枚 | 19.7    | 44.0    |
|              |                  | t  | 393.2   | 870.6   |
|              | 4. その他、不明        | 千枚 | 16.0    | 29.0    |
|              |                  | t  | 283.9   | 567.5   |
| 合計 (①+②)     |                  | 千枚 | 106.1   | 203.7   |
|              |                  | t  | 2,023.3 | 4,021.3 |

出所) NRI 作成

### 2.3.2. 排出要因別マテリアルフロー

今年度のアンケート調査結果を踏まえて、令和6年度の排出要因別マテリアルフローを作成した。令和6年度の排出要因は、目的が終了したものが 34.6%、不良品が 19.9%を占めていた。回収量のうち、リユースされた太陽電池モジュールが 20.1%、中間処理された太陽電池モジュールは 79.7% (リサイクルされたものは 50.4%) となっている。

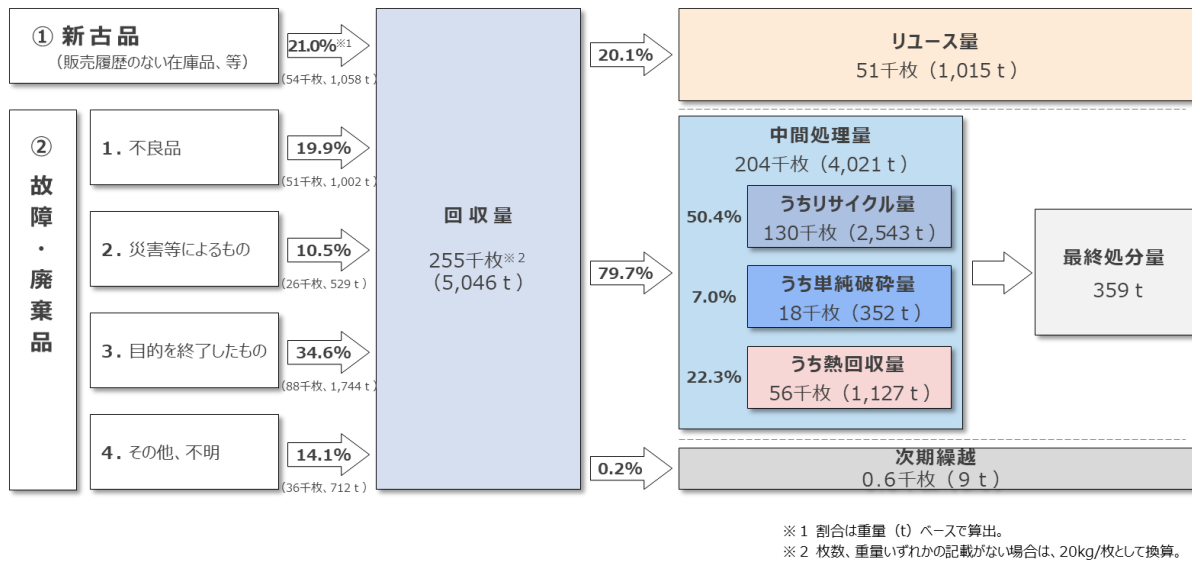


図 13 排出要因別マテリアルフロー

出所) NRI 作成

### 2.3.3. 素材別マテリアルフロー

今年度のアンケート調査結果を踏まえて、令和5年度の素材別マテリアルフローを作成した。搬入元としては、法人等の発電事業者が 32.3%と最も多く、搬入されたモジュールのうち約8割が中間処理に回っていた。なおガラスのリサイクル出口としては、ガラス砂が 10.2%と最も多かった。今年度のアンケート調査では、搬入されたものの年度内にリユース・中間処理が実施されなかった太陽電池モジュールの量についても把握するため、次期繰越の記入欄を設けており、回収量の 0.2%に相当する 9.4t が繰り越されていることがわかった。

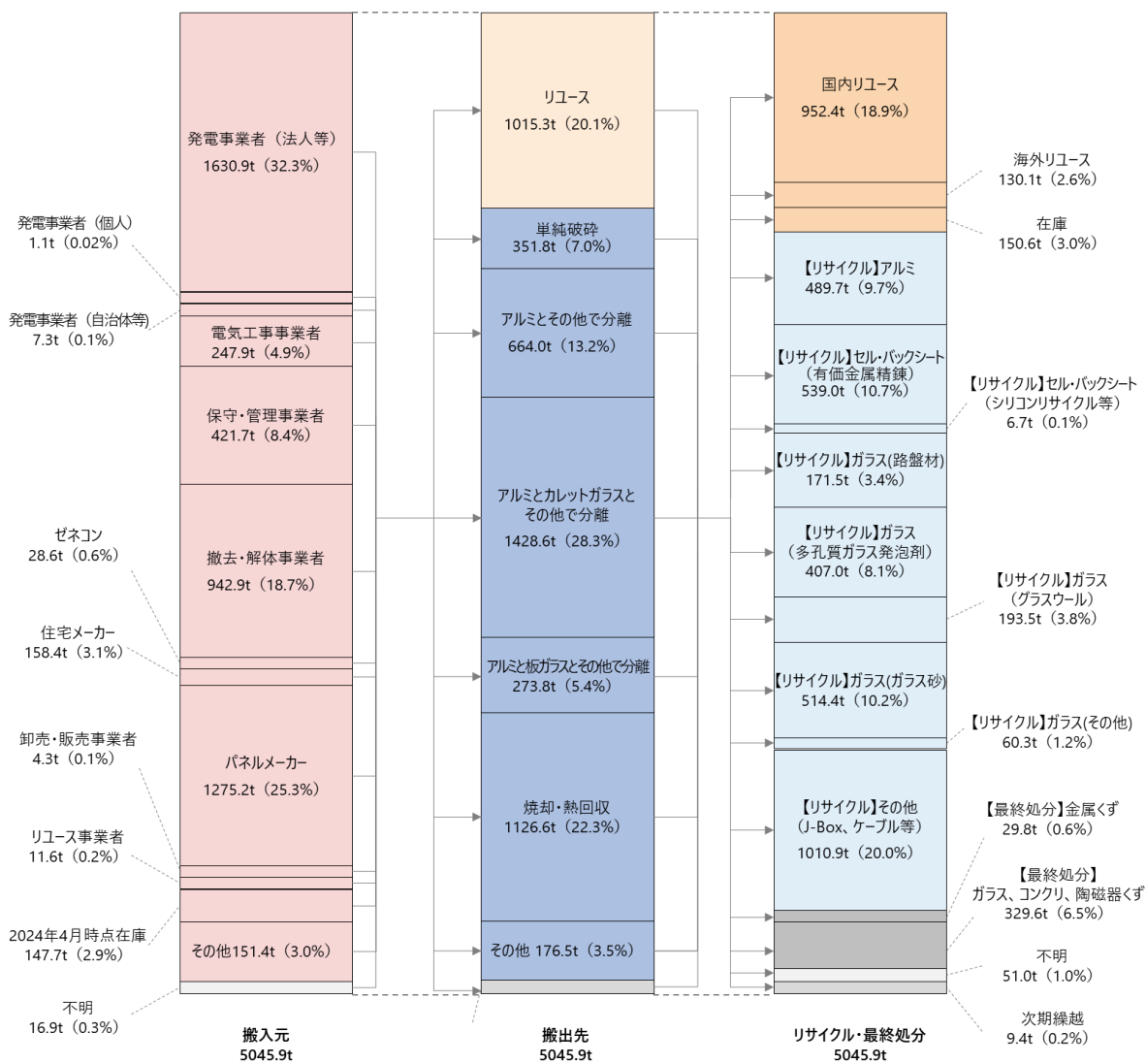


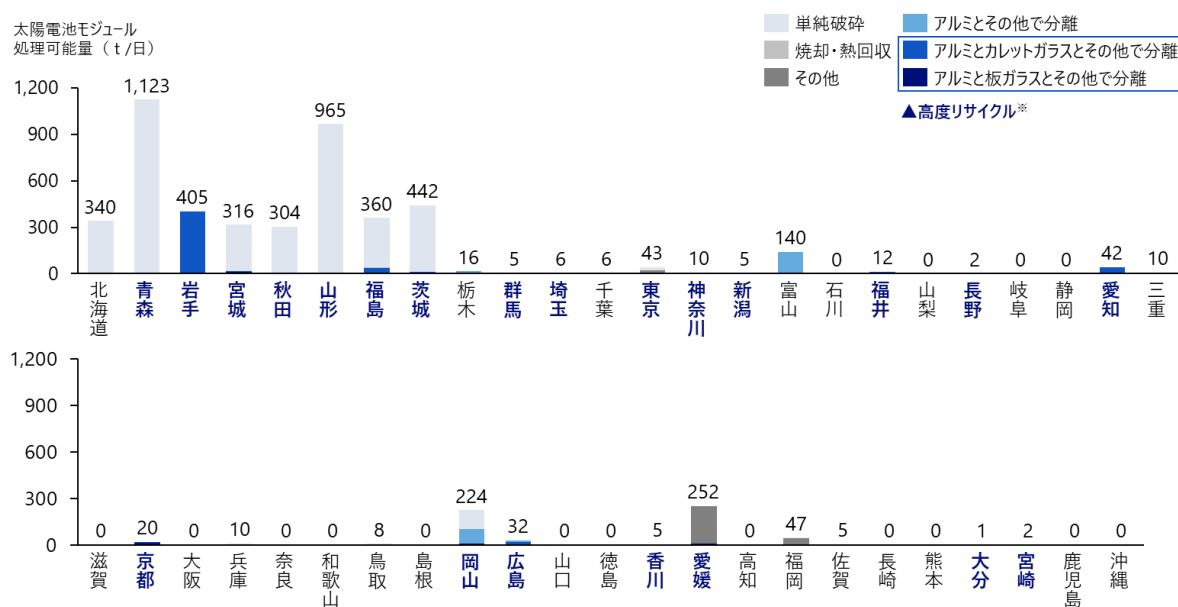
図 14 素材別マテリアルフロー

出所) NRI 作成

### 2.3.4. 太陽電池モジュールの処理施設・手法

太陽電池モジュールの中間処理が可能な施設を対象に、施設の所在と処理方法・技術、1日で処理可能な太陽電池モジュールの量を確認した。

処理方式として、「アルミとカレットガラスとその他で分離」、「アルミと板ガラスとその他で分離」を高度リサイクルとして定義した場合、高度リサイクルが可能な事業者が所在する都道府県は青字で示す1都1府 20 県である。



※ 青太字は高度リサイクル施設が存在していることを示す。

図 15 都道府県別の処理可能量

出所) NRI 作成

東北地方の日当たり処理可能量は、約 4,000t/日であるのに対して、その他地域では約 100t/日である等、過年度調査から引き続き処理可能量の地域偏在性が窺える結果となった。

ただし、上記の処理可能量は回答のあった事業者だけを対象としているため、各地域における処理可能量の実態を過小評価している数字である可能性には、十分留意する必要がある。

### 2.3.5. 太陽電池モジュールのリサイクルにおける課題

処理実態調査において、自由回答の形式で太陽電池モジュールのリサイクル推進に向けた課題を調査した。今年度調査では「金銭面(費用面)」、「制度面」、「情報面」に分類して事業者の意見を聞き取った。

まず、太陽電池モジュールのリサイクルに関する金銭的な課題を自由回答で調査したところ、以下の回答を得た。

表9 太陽電池モジュールのリサイクルに係る金銭面(費用面)の課題 (自由回答)

| 観点         | 意見   |
|------------|--|
| 単純破碎との価格競争 | <ul style="list-style-type: none"> <li>リサイクルする費用と単純破碎して最終処分する費用の差が大きく、排出者が価格面で優位な後者を選択してしまうケースが多い。</li> <li>単純破碎や最終処分とリサイクルの費用を比較されてしまうと、価格面では勝負にならない。</li> <li>リサイクル費用を現状よりも高く設定した場合、最終処分や違法な処理ルートに流れてしまうため、現段階では太陽電池モジュールのリサイクルビジネスに経済合理性はない。</li> </ul> |
| 各種費用の負担    | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガラスを再資源化するためには、設備導入や運用等のコストが想定以上に膨らむ可能性がある。</li> <li>太陽電池モジュール専用設備を導入しているため、減価償却費が負担となっている。</li> <li>設備投資や維持費に対して現段階では搬入量が少なく日によってばらつきが大きいことから、安定した経営が難しい。</li> </ul>   |
| 再資源化価値の向上  | <ul style="list-style-type: none"> <li>不純物を取り除き、ガラスを綺麗に選別したとしても、再生品の価値が低いいため事業としての利益を生み出しづらい。</li> <li>ガラス及びバックシートのリサイクルを実施するにあたり、再生品の価値が低いため処理費用以外の利益が出ていない。</li> <li>太陽電池モジュール全体に有価物として販売できる素材が少ない。</li> </ul>   |
| 搬出先の確保     | <ul style="list-style-type: none"> <li>収集運搬費用が高額となるケースが多く、遠方からの太陽電池モジュール受入が困難になっている。</li> <li>太陽電池モジュール由来ガラスの搬出先が限定的であり、高額な運搬費用がかかってしまう。</li> </ul>  |
| 費用負担ルールの整備 | <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールを廃棄・リサイクルする際の費用負担について、ルールが明確ではない。費用負担のルールを早急に整備し、適正処理を促進する仕組みを確立することが重要である。</li> <li>費用が積み立てられていない10kW未満の太陽電池モジュールについては排出が進まないのではないかと。</li> </ul>  |

出所) NRI 作成

太陽電池モジュールのリサイクルについては、単純破碎と比較したときの処分費用の高さが金銭面の大きな課題となっていることがわかる。

太陽電池モジュールの大半を占めるガラスの再資源化価値は十分でない。その上、高額な専用設備のランニングコストや太陽電池モジュールの各種素材への分別に係るコスト等が重くのしかかり、中間処理業者の経済性が合わない状況になっている。

次に制度面について、事業者からあがった主な課題・意見は、以下のとおりである。

表10 太陽電池モジュールのリサイクルに係る制度面の課題（自由回答）

| 観点        | 意見  |
|-----------|---|
| リサイクルの義務化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールのリサイクルを義務化する制度が必要である。現状では、リサイクルを実施するかどうかは排出者側のモラルに依存しているため、法的な拘束力が必要不可欠だと考えている。</li> <li>リサイクルの義務化、回収・処理に関する法整備が遅れている。法的義務や責任の所在が不明確であるため、排出者や処理業者による対応が限定的になってしまっている。</li> </ul>   |
| 類似制度との整合  | <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールの最終処分を禁止する等、家電リサイクル法を参考としたリサイクルの仕組みを整備してもらいたい。</li> <li>家電リサイクル法のように、体系化された仕組みを整備することでリサイクル促進の流れを作っていただきたい。</li> </ul>  |
| 最終処分の規制強化 | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用済太陽電池モジュールを単純破碎し最終処分するというケースが存在しており、こうした処理を抑止する制度が必要だと考える。</li> <li>最終処分の基準を定めることで、安易な埋立を抑制する必要がある。</li> </ul>   |
| 運用面の効率化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>熱分解処理施設や焼却設備を設置する際、廃掃法や建築基準法における「廃プラ焼却炉」とみなされてしまい、許認可取得に多大な時間とコストを要するケースがあるため、マニフェストの品目に太陽電池モジュールを追加する等の対応が必要である。</li> <li>太陽電池モジュールは産業廃棄物として扱われるため、自治体を越えた収集運搬・処理において様々な課題がある。小型家電リサイクル法同様に法制上の特例を設けていただきたい。</li> <li>特に大規模発電所から排出された太陽電池モジュールを処理する場合、現状の処理期限や保管基準を守ることが難しいため、収集運搬業者が見つからない可能性がある。</li> </ul> |

出所) NRI 作成

最も多くあげられた制度面の課題は、リサイクルを義務化する制度に関する内容であった。太陽電池モジュールのリサイクルは回収した素材の有価性が低いため経済性が成り立ちにくく、発電事業者から見た際にも産業廃棄物として最終処分の方が処理費用を抑えられるという状況になっている。

最後に、情報面についての課題を調査した結果、以下の回答を得た。

表11 太陽電池モジュールのリサイクルに係る情報面の課題（自由回答）

| 観点        | 意見  |
|-----------|---|
| 製品の情報     | <ul style="list-style-type: none"> <li>各メーカーが製品毎の有害物質の含有状況を開示し、公的機関がその情報を管理、各リサイクル事業者がその情報にアクセスできる仕組みづくりが必要だと考える。</li> <li>製品の規格が統一されておらず、サイズも揃っていないため、情報共有のプラットフォームを整備し、各製品の情報が取得できるようにしてもらいたい。</li> <li>メーカーと型番を入力することで各製品の詳細情報がわかるようなプラットフォームを整備していただきたい。</li> <li>古い製品や海外製品等については製品情報が入手できず、処理することができない。</li> </ul> |
| 含有物質の情報   | <ul style="list-style-type: none"> <li>メーカーが自社のホームページにおいて WDS を公表することを義務化してもらいたい。特に海外製のモジュールは取扱のある代理店を探し、情報を取得するという作業が非常に困難である。</li> <li>各製品のガラスに含まれる元素の種類、含有量が確認できると、搬出先で忌避されるガラスが混入しないよう注意して処理することができる。</li> </ul>  |
| 搬出先の情報    | <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールのリサイクルを行っている事業者を一覧化してもらいたい。</li> <li>中間処理を行った後のガラスやセルを搬出する先について情報が一覧化されていればありがたい。</li> </ul>  |
| 排出量に関する情報 | <ul style="list-style-type: none"> <li>排出・廃棄の実態を正確に把握していただきたい。排出量予測の精度を上げてもらいたい。</li> </ul>   |

出所) NRI 作成

情報面の課題においては、製品情報・含有物質情報・搬出先情報が不足しているという声が多く寄せられており、いずれの情報についても一元的に管理され、メーカーや型式の情報によって容易に検索できるようなプラットフォームの必要性が指摘されている。JPEA が公開している「使用済太陽電池モジュールの適正処理に資する情報提供のガイドライン」では、含有物質の情報公開が推奨されており、FIT 制度においても含有物質の情報が登録されている。こうした中でも中間処理業者には十分な情報が行き届いていないため、既存制度の周知が不足しており、また公表されている情報がわかりづらいといった状況が伺える。こうした場合に備え、一元的に情報を管理するプラットフォームの構築が求められる。

## 2.4. 最終処分に関する実態調査結果

### 2.4.1. 使用済太陽電池モジュールの最終処分の実施状況

使用済太陽電池モジュールの受入について「相談を受けたことがあり、実際に受け入れた」と回答したのは5社であり、「相談されたことはあるが、受入を拒否した」と回答したのは13社であった。これらを合計すると、使用済太陽電池モジュールの受入について相談を受けたことがある最終処分業者は18社で全体の約55%に相当することが確認された。

### これまでの受入実績 (n=32)

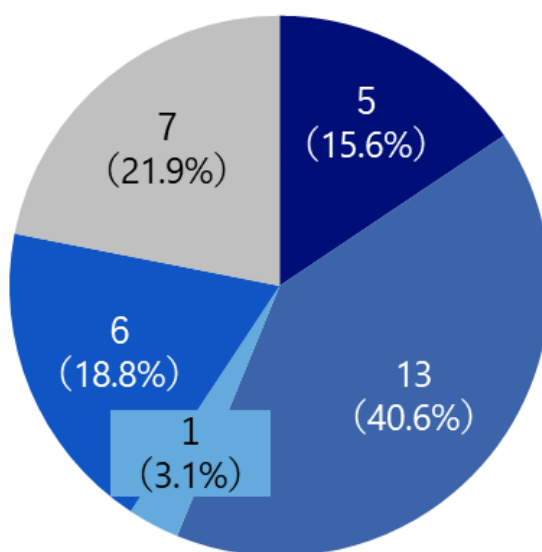
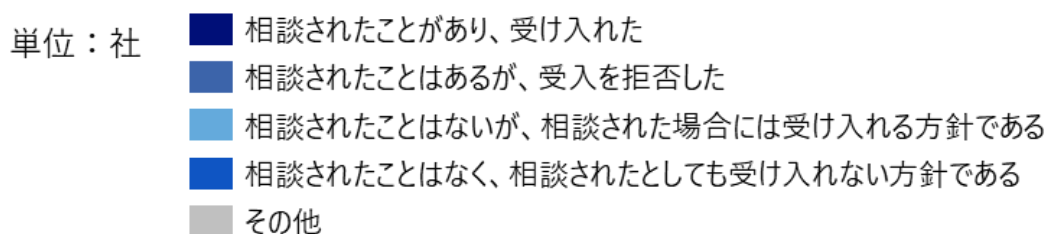


図 16 使用済太陽電池モジュールの受入実績

出所) NRI 作成

使用済太陽電池モジュールの受入について「相談されたことはあるが、受入を拒否した」と回答した事業者について、受入を拒否した理由を確認したところ、「有害物質の溶出について懸念があるため」、「含有物質が不明なため」といった回答が多く得られた。

### 受入を拒否する理由（複数選択、n=19）



図 17 使用済太陽電池モジュールの受入を拒否する理由

出所) NRI 作成

なお、太陽電池モジュールの最終処分について、「相談されたことがあり、受け入れた」または「相談されたことはあるが、受け入れを拒否した」と回答した事業者において、処理の依頼・相談元は、中間処理業者が最も多く、次いで解体・撤去業者であった。

### 最終処分の相談・依頼元（複数選択、n=18）

単位：社

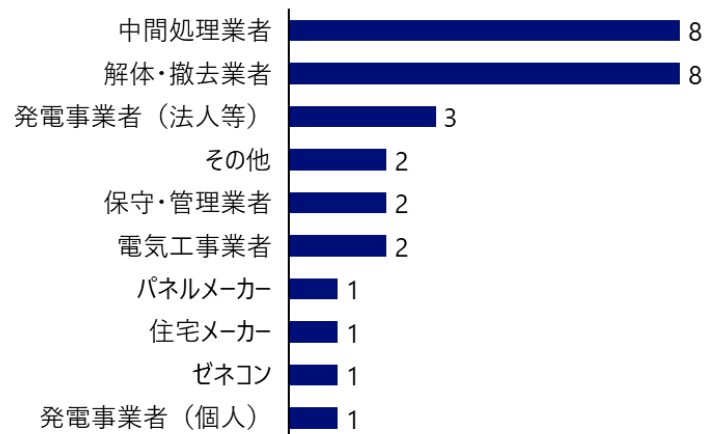


図 18 最終処分の依頼・相談元

出所) NRI 作成

## 2.4.2. 各プレイヤーに求める事項

使用済太陽電池モジュールの受入を検討するにあたり、国・政府、モジュールメーカー、排出事業者、中間処理業者といったそれぞれのプレイヤーに対して求める事項について自由記述で確認した。

なお、回答内容は原文のまま記載しているため、一部既に対応がなされている事項や詳細な内容が不明瞭な事項が含まれている点に留意が必要である。

表12 最終処分業者が各プレイヤーに求める事項

| 対象        | #  | 求める事項  |
|-----------|----|--|
| 国・政府      | 1  | 太陽電池モジュールのリサイクルを早期に義務化すること                                       |
|           | 2  | 中間処理業者によるリサイクル率の目標基準を設定すること                                      |
|           | 3  | 北海道は輸送コストが高くなり、中間処理後の各種資源が廃棄されてしまうケースが想定されるため、何らかの措置が必要          |
|           | 4  | 中間処理施設の整備を支援すること   |
|           | 5  | 中間処理業者による無害化処理の実施証明提出を義務化すること                                    |
|           | 6  | 太陽電池モジュールの最終処分が可能な処分場を指定すること                                     |
|           | 7  | 沖縄県等の離島においては、処分時の輸送コストを一部補助すること                                  |
|           | 8  | 太陽電池モジュールの処分フローを排出業者に周知すること<br>アルミフレームを取り外したのみの状態で埋立の相談を受けることがある |
| モジュールメーカー | 9  | 太陽電池モジュールの素材、原材料情報等を公開すること                                       |
|           | 10 | 重金属等の有害物質に関する情報を開示すること   |
|           | 11 | 将来的なリサイクルを前提とした環境配慮設計を施すこと                                       |
|           | 12 | リサイクル費用の一部を負担すること  |
| 排出事業者     | 13 | リサイクルを徹底すること   |
|           | 14 | リサイクルガイドラインを確認のうえ中間・最終処分業者に相談すること                                |
|           | 15 | 埋立基準の達成状況を確認するため重金属の分析を実施すること                                    |
| 中間処理業者    | 16 | 各品目について十分に選別し、リサイクル余地がないものを持ち込むこと                                |
|           | 17 | 有害物質が含有されることがないように選別を徹底すること                                      |
|           | 18 | 適正処理方法を確立すること  |

出所) NRI 作成

### 2.4.3. 使用済太陽電池モジュールの最終処分における懸念事項

懸念事項としては、「浸出水への影響が生じること」が最も多く、アンケート調査に回答があった 32 社のうち 24 社が回答している。また、2番目に多かった回答は、「含有物質や溶出試験結果等を確認するための手間が増すこと」であった。

#### 受入・処分における懸念事項（複数選択、n=32）

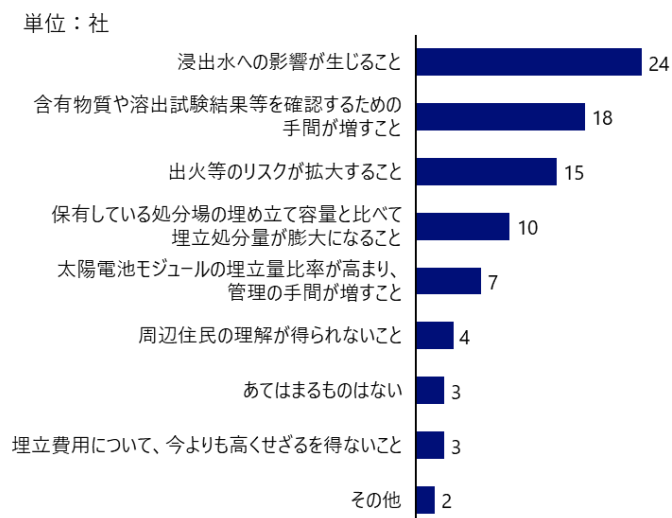


図 19 太陽電池モジュールの受入に係る懸念事項

出所) NRI 作成

## 第3章. 太陽電池モジュール排出量推計に基づく関連分析

使用済太陽電池モジュールの排出量推計について、既存推計の考え方の整理と次年度以降に向けた実施事項の整理を行った。また、排出量推計に基づいて実施する関連分析・推計として、排出量を踏まえた管理型処分場への影響評価や地域ブロック別の排出量推計を併せて実施した。

### 3.1. 排出量推計に関する考え方

#### 3.1.1. 排出量推計の目的・基本方針

太陽電池モジュールの排出量増加が見込まれる将来にわたり、安定的かつ計画的な適正処理を推進するためには、各年代でどの程度のモジュールが排出されるか具体的に推計を行う必要がある。過年度より実施してきた推計に基づきつつ、第7次エネルギー基本計画における記載内容も踏まえた推計値の更新を試みた。

図 20 に、現在の最新の排出量推計値を示す。「中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議」等でも示されている通り、太陽電池モジュールは 2040 年代前半に排出量ピークが到来すると推計されており、その量は最大で約 50 万t/年程度と考えられている。排出ピークを見据え、処理施設のキャパシティ確保や排出モジュールの収集・運搬網の整備といった、適切な処理体制の確保が各地域で必要となる。

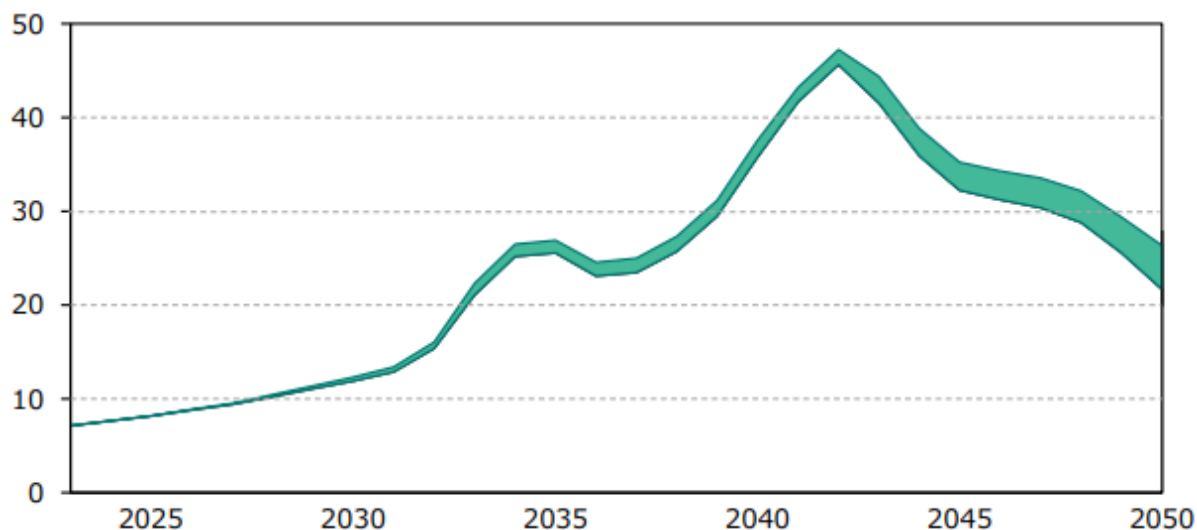


図 20 太陽光発電モジュールの排出量推計値

出所) 中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議(第3回)

また、排出量推計の将来的な見直しにあたっては、以下のような観点を持ちながら検討を進める必要があると考える。まずは、次項で詳述する推計に用いる導入量シナリオについて、最新年度の導入実態や導入量目標の設定内容も踏まえながらアップデートを行い、それを受けて排出量側も随時最新化していくことが重要である。加えて、次々項で述べる排出係数の考え方についても、本業務において実施しているアンケート結果等も踏まえて、適切に更新を行っていく必要があると考える。さらに、新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）をはじめとする環境省以外の団体・企業が実施している排出量推計のロジックを適宜参照したり組み込んだりすることで、一層の精緻化やブラッシュアップが図れるものと考えられる。

### 3.1.2. 排出量推計に用いる導入量シナリオの考え方

排出量推計の精緻化に向け、推計に使用する導入量推計（シナリオ）の見直しを進めた。2025年2月に閣議決定された「第7次エネルギー基本計画」の記載内容も踏まえながら、環境省・資源エネルギー庁の両省庁とも議論を重ね、将来にわたる導入量シナリオを複数設定し、各シナリオにおける排出量推計値を算出した。具体的には、直近の導入量実績や第7次エネルギー基本計画の記載内容等を踏まえ2026年から2050年までの年度単位での導入量を複数シナリオ用意し、次項で述べる排出係数に依る計算に則って、各年度の排出量を複数推計した。現時点では、本検討による具体的な推計値の公開には至っていないものの、前項に記載した最新の推計値の更新の前提となる検討を進めたものである。

### 3.1.3. 排出量推計に用いる排出係数の考え方

各年度で導入されたモジュールが何年間の稼働の後に排出されるか、その稼働年数ごとの確率を整理したものが排出係数である。過年度の推計内容を踏襲し、表13の排出要因の組み合わせで排出係数を算出した。

表13 最終処分業者が各プレイヤーに求める事項

| 分類    | 排出要因     | 本推計における取り扱い   |
|-------|----------|---|
| 故障要因  | 故障要因     | <ul style="list-style-type: none"> <li>複数の公開情報をベースに仮定した経過年毎の故障要因による排出確率に沿って排出されると仮定した。</li> <li>故障要因の排出については、住宅・非住宅ともに同様とした。</li> </ul> |
| 非故障要因 | 損益分岐     | <ul style="list-style-type: none"> <li>経過年ごとの劣化率に対し、正規分布を用いた排出判断値に達した際に排出されるという仮定の上で、排出判断値を2つのシナリオに分けて推計を行った。</li> </ul>                |
|       | FIT 期間満了 | <ul style="list-style-type: none"> <li>複数の公開情報および有識者に対するヒアリングから、FIT 期間満了時には、個人もしくは事業者の15%が排出行動を行うと仮定し、推計を行った。</li> </ul>                |

出所) NRI 作成

故障要因の排出は、複数の公開情報に基づき、経過年毎の「故障要因による排出確率」を設定した。

また非故障要因として、「損益分岐に基づく排出判断」と、「FIT 期間満了に基づく排出判断」を設定し、それぞれで排出確率を仮定した。損益分岐に基づく排出判断については、経年劣化により出力低下が進行し、設定したある閾値を下回ったタイミングで排出が行われると仮定し、モデル化を行った。FIT 期間満了に基づく排出判断は、過年度の推計方針も踏まえて FIT 満了のタイミングで 15%のモジュールが一斉に稼働を終了する(= 排出される)と仮定し、推計を実施した。

これらの各要因の組み合わせとして稼働年数別の排出確率を設定したが、その組み合わせの方法を複数用意し、それぞれの組み合わせケースごとに異なる排出係数を算出した。具体的なケースの内容と内訳は、図 21 の通りである。

| ケース | “排出”までのモジュール運用の考え方                          | 排出要因の組合せ |        |           |         |
|-----|---|----------|--------|-----------|---------|
|     |   | 故障       | FIT 満了 | 損益分岐による判断 |         |
|     |   |          |        | 劣化率       | 標準偏差    |
| ①   | モジュールが故障するまで、運用し続ける (リユースによる長期運用を含む)        | ●        | —      | —         | —       |
| ②   | FIT 満了タイミングで一部廃棄されるが、それ以外は壊れるまで運用される        | ●        | ●      | —         | —       |
| ③   | 故障に加えて、出力70%程度まで低下したモジュールは廃棄される             | ●        | —      | 劣化率 30%   | SD 0.05 |
| ④   | 故障やFIT 満了タイミングでの廃棄に加え、出力70%程度を境に廃棄される       | ●        | ●      | 劣化率 30%   | SD 0.05 |
| ⑤   | 故障に加えて、出力75%程度まで低下したモジュールは廃棄される             | ●        | —      | 劣化率 25%   | SD 0.05 |
| ⑥   | 故障やFIT 満了タイミングでの廃棄に加え、出力75%程度を境に廃棄される       | ●        | ●      | 劣化率 25%   | SD 0.05 |
| ⑦   | 故障に加えて、出力80%程度まで低下したモジュールは廃棄される             | ●        | —      | 劣化率 20%   | SD 0.05 |
| ⑧   | 故障やFIT 満了タイミングでの廃棄に加え、出力80%程度を境に廃棄される       | ●        | ●      | 劣化率 20%   | SD 0.05 |
| ⑨   | 故障に加えて、出力85%程度まで低下したモジュールは廃棄される             | ●        | —      | 劣化率 15%   | SD 0.05 |
| ⑩   | <b>故障やFIT 満了タイミングの廃棄に加え、出力85%程度を境に廃棄される</b> | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.05 |
| ⑪   | 故障に加えて、出力85%程度まで低下したモジュールは廃棄される             | ●        | —      | 劣化率 15%   | SD 0.01 |
| ⑫   | 故障やFIT 満了タイミングでの廃棄に加え、出力85%程度を境に廃棄される       | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.01 |

図 21 排出係数算出におけるケースの内容

出所) NRI 作成

本排出量推計における検討や、次節以降で述べる排出量推計から派生して行った各検討では、基本的にケース⑩(図 21 記載)と呼ばれる排出係数を用いて分析を進めた。ケース⑩は、故障要因、FIT 満了による排出判断、損益分岐による排出判断のいずれの要素も排出係数算出に含むものであり、損益分岐による排出判断は劣化率の基準値が 15%かつ標準偏差 0.05 と仮定した。

## 3.2. 排出量を踏まえた、管理型処分場への影響評価

### 3.2.1. 管理型最終処分場の現状

最終処分場の新設は困難化する傾向にあり、年々、処分場の設置許可件数は減少している。その一方で、リサイクルや減量化に係る取組が進展していることから、管理型最終処分場の残余容量は直近5年間で概ね横ばいで推移している。また、残余年数(=残余容量[m<sup>3</sup>]÷当該年の最終処分量[t])は増加傾向にあり、2022年度時点で約20年となっている。

管理型最終処分場の残余年数は、残余容量を最終処分量で割ることによって求められる。産業廃棄物の最終処分量全体に占める管理型比率については、品目毎の比重を加味し65%と設定した。

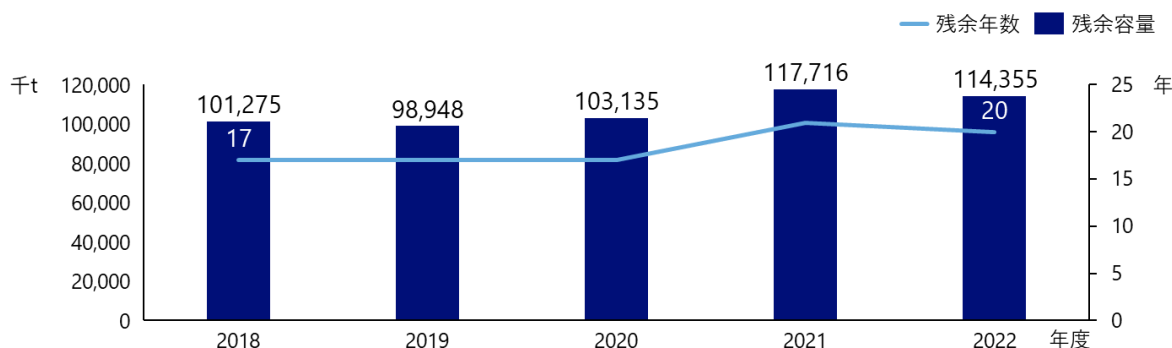


図 22 管理型最終処分場の残余容量と残余年数

出所) 環境省廃棄物規制課「産業廃棄物行政組織等調査報告書 令和4年度実績」に基づき NRI 作成

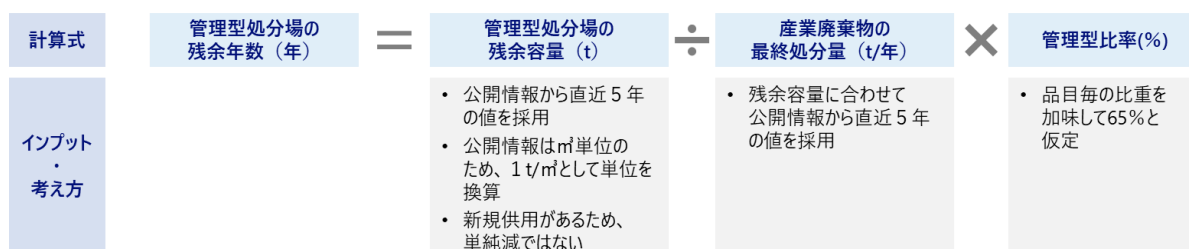


図 23 管理型最終処分場の残余年数計算式

出所) NRI 作成

### 3.2.2. 最終処分場に関する政策目標

第五次循環型社会形成推進基本計画では、最終処分量(一般廃棄物・産業廃棄物の双方を含む)の数値目標として、2030年度に約1,100万t/年が設定された。「令和7年度 環境・循環型社会・生物多様性白書」によると、2022年度の最終処分量は約1,250万tであり、その内訳は産業廃棄物の最終処分量が902万t、一般廃棄物の最終処分量が337万tであった。

また、廃棄物処理法の基本方針では、産業廃棄物における最終処分量の数値目標として、2030 年度に約 780 万t/年が設定されている。令和4年度における産業廃棄物の最終処分量は約 870 万tであり、2030 年度にかけて約 10%の削減が求められる状況にある。

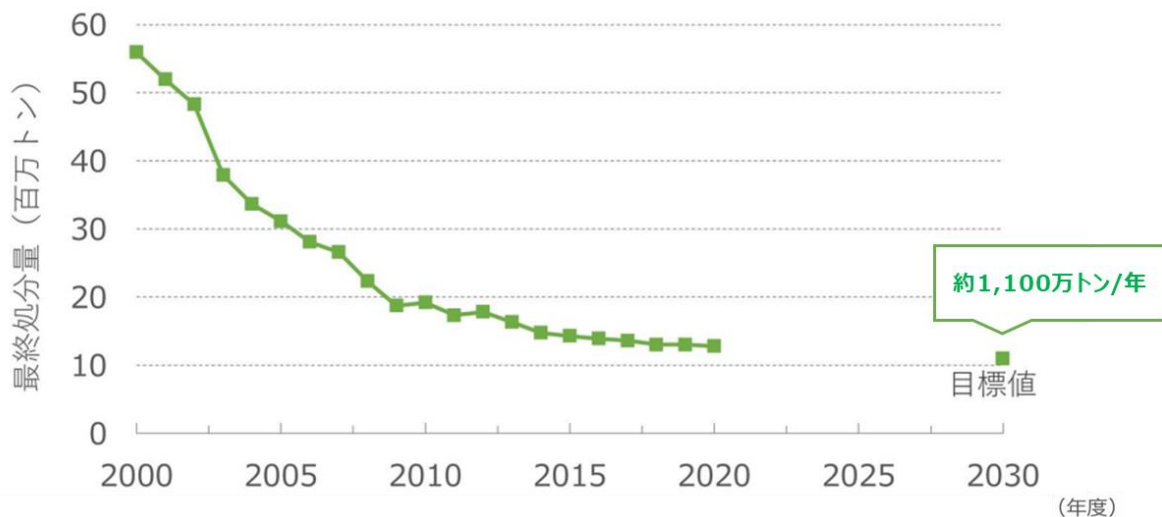


図 24 最終処分量の数値目標

出所) 「循環型社会形成推進基本計画(令和6年8月)」に基づき NRI 作成

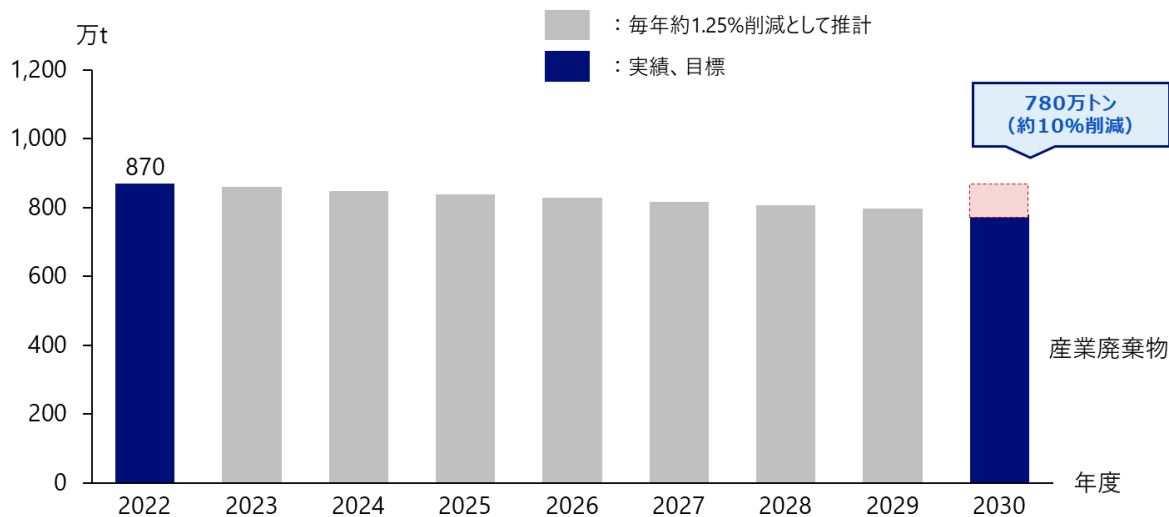


図 25 産業廃棄物の最終処分量推移

出所) 「「廃棄物の減量その他適正な処理に関する総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針」の変更について」に基づき NRI 作成

### 3.2.3. 試算の前提条件

#### 3.2.3.1. 排出量の設定

使用済太陽電池モジュールの将来排出量に基づき、管理型最終処分場の残余年数への影響を評価するにあたり、排出量推計についてはケース⑫(排出要因:故障要因+FIT 満了+損益分岐(劣化率 15%、標準偏差 0.01))を基本ケースとして採用した。また、比較対象として、ケース⑩(故障要因+FIT 満了+損益分岐(劣化率 15%、標準偏差 0.05))及びケース①(故障要因のみ)も参照した。

#### 3.2.3.2. 評価の観点と比較対象

太陽電池モジュールの最終処分による管理型最終処分場への影響評価にあたっては、以下の5つの観点から分析を行った。

表14 管理型最終処分場への影響評価の観点(全量埋立)

| # | 観 点               | 比較対象データならびに計算方針  | 留 意 点   |
|---|-------------------|--|---|
| 0 | 管理型処分場の残余年数       | = 管理型処分場 残余容量 ÷ 管理型 埋立量  | ・ 管理型埋立量は公表されていないため、産業廃棄物埋立量に占める管理型割合を仮置きして、データを整理する必要がある。  |
| 1 | 最終処分量目標に占める割合     | = ① ÷ 1,100万トン   | ・ PV排出量はケース⑩・⑫・①を採用   |
| 2 | 産業廃棄物の処分量目標に占める割合 | = ① ÷ 780万トン   | ・ PV排出量はケース⑩・⑫・①を採用   |
| 3 | 管理型 埋立量に占める割合     | = ① ÷ 管理型 埋立量  | ・ 管理型埋立量は公表されていないため、産業廃棄物埋立量に占める管理型割合を仮置きして、データを整理する必要がある。  |
| 4 | 管理型処分場のひっ迫タイミング   | = 管理型処分場 残存容量<br>- (n年の管理型 埋立量、n年①)<br>- (n+1年の管理型 埋立量、n+1年①)<br>... | ・ 管理型処分場の残余容量は横ばいである傾向を踏まえ、令和4年度実績(地上:7,344万m <sup>2</sup> )を採用。なお、新規供用はされないと仮定。<br>・ 管理型 埋立量に関しては、直近n年の推移を確認して横ばいと仮定する。<br>・ モジュール重量 (tベース) から処分場埋立容量への重量換算は別途設定する必要がある。 |
| 5 | 管理型残余年数の前倒し年数     | = # 0 結果 - # 4 結果  |   |

出所) NRI 作成

### 3.2.3.3. 最終処分割合の設定

排出されたモジュールがリサイクル・再資源化された場合には最終処分量が減少することから、最終処分に至る割合を4段階(40%、60%、80%、全量(100%))で設定し、残余年数等へのインパクトの変化を確認した。

表15 管理型最終処分場への影響評価の観点(一定量埋立)

| # | 観 点               | 比較対象データならびに計算方針   | 留 意 点  |
|---|-------------------|---|--|
| 0 | 管理型処分場の残余年数       | = 管理型処分場 残余容量 ÷ 管理型 埋立量   | ・ 管理型埋立量は公表されていないため、産業廃棄物埋立量に占める管理型割合を仮置きして、データを整理する必要がある。                           |
| 1 | 最終処分量目標に占める割合     | = ① (全量 × X%) ÷ 1,100万トン  | ・ PV排出量はケース②を採用<br>・ 埋立処分行の割合を40、60、80、100%で設定                                       |
| 2 | 産業廃棄物の処分量目標に占める割合 | = ① (全量 × X%) ÷ 780 万トン   | ・ PV排出量はケース②を採用<br>・ 埋立処分行の割合を40、60、80、100%で設定                                       |
| 3 | 管理型 埋立量に占める割合     | = ① (全量 × X%) ÷ 管理型 埋立量   | ・ 産業廃棄物埋立量に占める管理型割合を仮置き。   |
| 4 | 管理型処分場のひっ迫タイミング   | = 管理型処分場 残存容量<br>- (n年の管理型 埋立量、n年①)<br>- (n+1年の管理型 埋立量、n+1年①) ... | ・ 管理型 埋立量に関しては、直近n年の推移を確認して横ばいと仮定する。<br>・ モジュール重量 (tベース) から処分場埋立容量への重量換算は別途設定する必要がある |
| 5 | 管理型残余年数の前倒し年数     | = # 0結果 - # 4結果   |  |

出所) NRI 作成

### 3.2.4. 管理型最終処分場全体を対象とした試算結果

#### 3.2.4.1. 最終処分量目標に占める割合

2030年度断面において、モジュール排出量を一定量最終処分した場合、最終処分量目標(一般廃棄物を含む全体:1,100万t)に対する割合は、埋立割合40%の場合で0.44%、60%の場合で0.66%、80%の場合で0.88%程度であった。

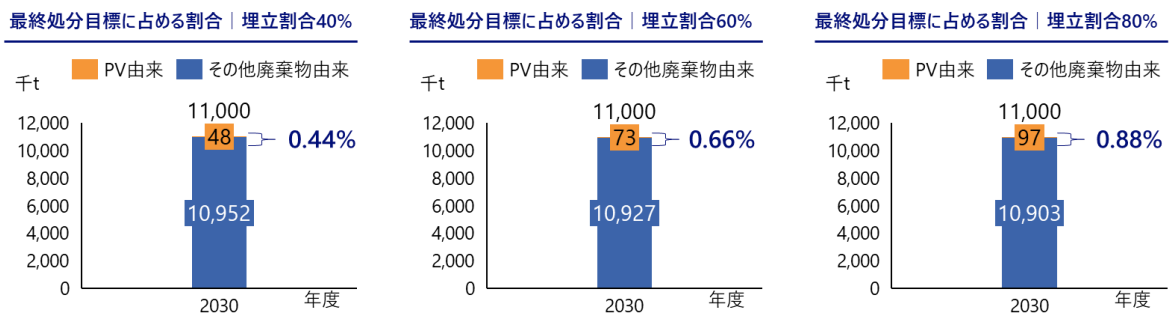


図 26 最終処分量目標に占める、モジュール由来廃棄物の割合(埋立割合40・60・80%)

出所) NRI 作成

### 3.2.4.2. 産業廃棄物の処分量目標に占める割合

2030 年度における産業廃棄物の最終処分量目標(780 万t)を分母とした場合、排出モジュールの最終処分による影響は、埋立割合 40%で 0.62%、60%で 0.93%、80%で 1.24%、全量埋立の場合で 1.55%程度であった。

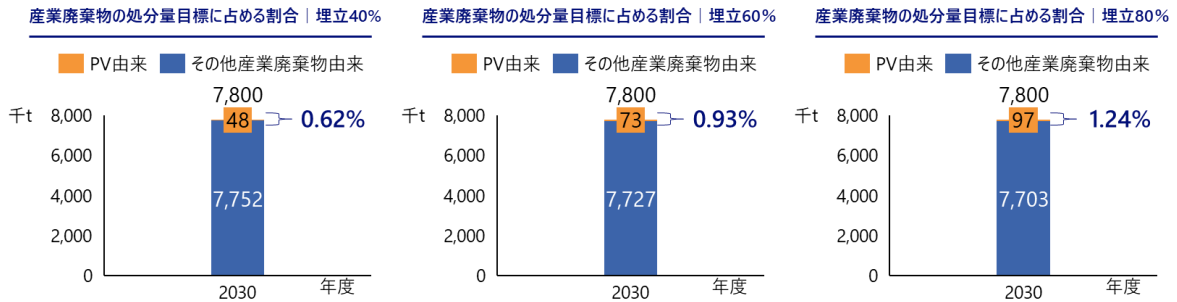


図 27 産業廃棄物処分量目標に占める、モジュール由来廃棄物の割合(埋立割合 40・60・80%)  
出所) NRI 作成

### 3.2.4.3. 管理型最終処分量に占める割合

管理型処分場への最終処分量が今後も約 5,600 千tで推移すると仮定した場合、2030 年度において総最終処分量に占める太陽電池モジュールの割合は、埋立割合 40%で 0.85%、60%で 1.28%、80%で 1.71%程度であった。

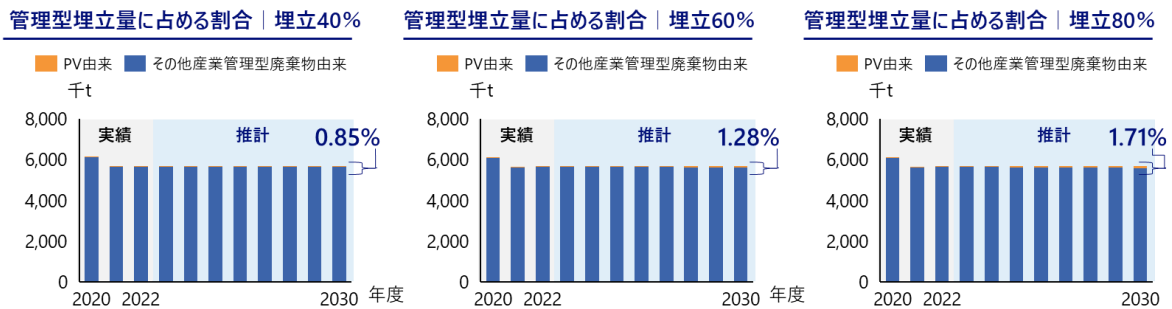


図 28 管理型最終処分量に占める、モジュール由来廃棄物の割合(埋立割合 40・60・80%)  
出所) NRI 作成

### 3.2.4.4. 管理型処分場のひっ迫タイミングと残余年数への影響

排出モジュールを全量最終処分する場合の管理型処分場のひっ迫タイミングについて、残余容量から毎年の「最終処分量トレンド」と「モジュール排出量」を差し引くことにより算出した。最終処分場の新規供用が将来にかけて行われず、モジュール以外の最終処分量の減量化も図られないという悲観シナリオ(安全サイド)を設定して評価を行った結果、管理型処分場全体でみた場合のひっ迫タイミングは 2042 年度と算出された。

モジュール最終処分を加味した結果、残余年数は20年(#4結果:2042年にひっ迫)となり、2022年度における管理型処分場の残余年数20年(#0結果)と比較して、残余年数の前倒しは生じないという結果が得られた。この結果は、埋立割合の設定値(40%~100%)によらず同様であった。

表16 管理型最終処分場への影響評価の結果一覧

| # | 観 点               | 比較対象データならびに計算方針   | 計算結果 (いずれもケース⑫※)      |             |             |       |
|---|-------------------|---|-----------------------|-------------|-------------|-------|
|   |                   |   | 埋立割合<br>40%           | 埋立割合<br>60% | 埋立割合<br>80% | 全量埋立  |
| 0 | 管理型処分場の残余年数       | = 管理型処分場 残余容量 ÷ 管理型 埋立量   | <b>20年</b> (2022年度時点) |             |             |       |
| 1 | 最終処分量目標に占める割合     | = ① (全量 × X%) ÷ 1,100万トン  | 0.44%                 | 0.66%       | 0.88%       | 1.10% |
| 2 | 産業廃棄物の処分量目標に占める割合 | = ① (全量 × X%) ÷ 780 万トン   | 0.62%                 | 0.93%       | 1.24%       | 1.55% |
| 3 | 管理型 埋立量に占める割合     | = ① (全量 × X%) ÷ 管理型 埋立量   | 0.85%                 | 1.28%       | 1.71%       | 2.13% |
| 4 | 管理型処分場のひっ迫タイミング   | = 管理型処分場 残余容量<br>- (n年の管理型 埋立量、n年①)<br>- (n+1年の管理型 埋立量、n+1年①) ... | <b>2042年</b>          |             |             |       |
| 5 | 管理型残余年数の前倒し年数     | = #0結果 - #4結果   | <b>前倒しなし</b>          |             |             |       |

出所) NRI 作成

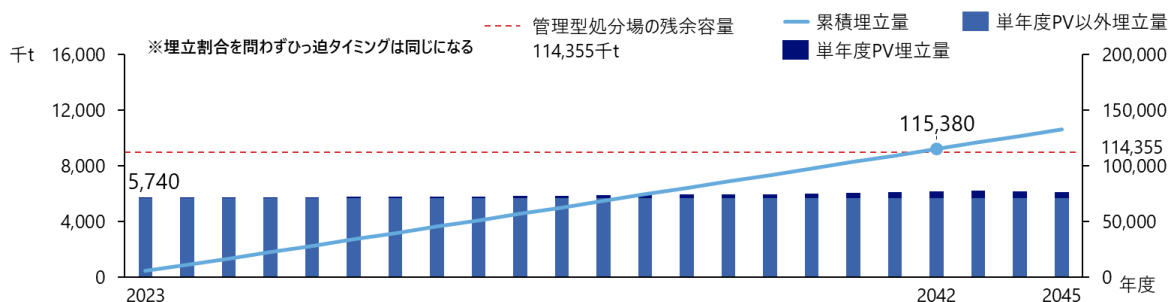


図 29 管理型処分場のひっ迫タイミング (埋立割合 100%)

出所) NRI 作成

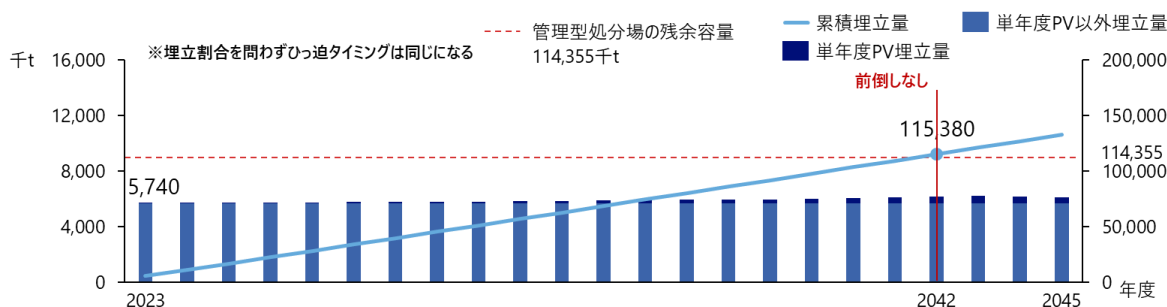


図 30 残余年数の前倒し年数(埋立割合 100%)

出所) NRI 作成

### 3.2.5. 太陽電池モジュール受入可能な管理型処分場に限定した試算

#### 3.2.5.1. 追加試算の背景

前節の試算では、管理型処分場全体を対象としたが、実際にはモジュール由来の廃棄物を受け入れている処分場の数は限定的である。そこで、令和7年度に実施した埋立実態調査(アンケート調査)の結果をもとに、実際にモジュール由来の廃棄物を受入可能な処分場に限定した場合のインパクトについて追加試算を行った。追加試算にあたっては、以下の3つの論点を整理した。

| 項目              | 主要論点  | NRI見解  |
|-----------------|---|--|
| ①<br>数値の妥当性     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- これまでの計算で2040年頃の排出量を見ると、大幅に増えている様子はない</li> <li>- 年間約50万トンというPVの排出ピークを考慮すると、全体の埋立量がやや少なく計算されていないか</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ケース②の全量埋立を仮定しても、最も単年排出量が多い2045年でPV由来の排出量は54万トンとなる。</li> <li>• 一方で、管理型への埋立量が現状ママ560万トンで推移した場合、PV由来は全体の10%に満たない</li> <li>• よってPV由来の排出量増による全体への影響は軽微</li> </ul>  |
| ②<br>実際のPV埋立可能量 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 管理型埋立処分場全体のうち、PV由来の廃棄物を受け入れている処分場の数は限定的</li> <li>- アンケート調査をもとに実際にPV由来の廃棄物を受入可能な処分場に限定した場合のインパクトはどの程度か</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 令和7年度埋立実態調査において、<b>受入可能と回答した事業者の残余容量を積み上げて試算</b></li> <li>• 仮定を重ねるため、確からしさや意味合いについては議論が必要</li> </ul>  |
| ③<br>残余年数の維持    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 残余年数の維持を目的としてPV由来の廃棄物における埋立率の目標を考慮したい</li> <li>- 毎年一定程度の新規供用がなされると仮定する</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 前提として「残余年数は減らさない」と設定して、常に【<b>新規供用量 &gt; = PV埋立量 + その他埋立量</b>】が成り立つものとして計算することは可能(後述)</li> <li>• <b>直近5年度における新規供用量の平均</b>をとり、毎年一定の新規供用量として採用</li> <li>• ただし、<b>新規供用量のボラティリティは大きく、上限値がどこにあるのか読めない</b>点は留意が必要</li> </ul> |

図 31 全ての管理型処分場を対象とした影響評価に関する主要論点

出所) NRI 作成

### 3.2.5.2. 太陽電池モジュールを受入可能な処分場の特定と残余容量

令和7年度埋立実態調査において、「相談・受入実績あり」、「相談実績なし・受入方針」、及び「その他(条件付きで受入)」と回答した7事業者をモジュール受入可能な管理型処分場とした。これらの事業者の残余容量を積み上げた結果、モジュール受入可能な管理型処分場の残余容量は 5,371 千<sup>3</sup>m<sup>3</sup>であった。

表17 令和7年度埋立実態調査 結果概要

| No. | 事業者名   | Q2. 施設情報 |                                       | Q3. 受入実績・方針  |
|-----|--------|----------|---------------------------------------|--|
|     |        | 所在地      | 残余容量 (千 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |  |
| 1   | 事業者 A  | 岡山県      | 2,195.0                               | 相談されたことがあり、受け入れた。<br>合計：5,371千 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> |
| 2   | 事業者 B  | 宮城県      | 909.5                                 |  |
| 3   | 事業者 C  | 鹿児島県     | 450.4                                 |  |
| 4   | 事業者 D  | 愛媛県      | 371.9                                 |  |
| 5   | 事業者 E  | 埼玉県      | 857.7                                 |  |
| 6   | 事業者 F  | 栃木県      | 518.0                                 |  |
| 7   | 事業者 G  | 北海道      | 69.4                                  |  |
| 8   | 事業者 H  | 大阪府      | 67,023.0                              | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 9   | 事業者 I  | 福岡県      | 4,341.0                               | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 10  | 事業者 J  | 愛知県      | 1,589.3                               | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 11  | 事業者 K  | 千葉県      | 1,084.5                               | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 12  | 事業者 L  | 島根県      | 768.0                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 13  | 事業者 M  | 宮城県      | 301.6                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 14  | 事業者 N  | 北海道      | 300.0                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 15  | 事業者 O  | 秋田県      | 246.3                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 16  | 事業者 P  | 岩手県      | 192.9                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 17  | 事業者 Q  | 山形県      | 177.3                                 | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 18  | 事業者 R  | 香川県      | 72.0                                  | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 19  | 事業者 S  | 広島県      | 0.0                                   | 相談されたことはあるが、受入を拒否した。                                       |
| 20  | 事業者 T  | 広島県      | 1,256.7                               | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である                              |
| 21  | 事業者 U  | 茨城県      | 223.8                                 | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である。                             |
| 22  | 事業者 V  | 山口県      | 210.0                                 | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である。                             |
| 23  | 事業者 W  | 島根県      | 122.8                                 | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である。                             |
| 24  | 事業者 X  | 沖縄県      | 52.2                                  | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である。                             |
| 25  | 事業者 Y  | 東京都      | 0.0                                   | 相談されたことはなく、されたとしても受け入れない方針である。                             |
| 26  | 事業者 Z  | 北海道      | 310.0                                 | その他 (形状が確認できず、受入可否の判断が難しい。)                                |
| 27  | 事業者 AA | 新潟県      | 449.6                                 | その他 (溶出試験等を求めたところ、搬入を断念された。)                               |
| 28  | 事業者 AB | 滋賀県      | 0.0                                   | その他 (令和5年10月をもって廃棄物の受入は終了。)                                |
| 29  | 事業者 AC | 神奈川県     | 219.5                                 | その他 (相談履歴はあるが、受け入れたかは不明。)                                  |
| 30  | 事業者 AD | 鳥取県      | 252.0                                 | その他 (施設建設中のため受け入れ未実施。)                                     |

出所) NRI 作成

### 3.2.5.3. 試算結果

モジュール受入可能な処分場も管理型処分場全体の傾向と同じく 2042 年にひっ迫すると仮定し、アンケートで回答された 2024 年時点から 2042 年までの 18 年間で残余容量が 0 になるような毎年の最終処分量を算出した上で、モジュール由来の排出量を加味した場合のひっ迫タイミングを試算した。

その結果、モジュール受入可能な管理型処分場に限定した場合のひっ迫タイミングは、以下の通りとなった。

表18 太陽電池モジュール受入可能な管理型最終処分場への影響評価の結果一覧

| # | 観 点             | 比較対象データならびに計算方針   | 計算結果 (いずれもケース⑫※)      |             |             |      |
|---|-----------------|---|-----------------------|-------------|-------------|------|
|   |                 |   | 埋立割合<br>40%           | 埋立割合<br>60% | 埋立割合<br>80% | 全量埋立 |
| 0 | 管理型処分場の残余年数     | = 管理型処分場 残余容量 ÷ 管理型 埋立量   | <b>20年</b> (2022年度時点) |             |             |      |
| 4 | 管理型処分場のひっ迫タイミング | = 管理型処分場 残余容量<br>- (n年の管理型 埋立量、n年④)<br>- (n+1年の管理型 埋立量、n+1年④) ... | 2037年                 | 2036年       | 2035年       |      |
| 5 | 管理型残余年数の前倒し年数   | = # 0結果 - # 4結果   | 5年前倒し                 | 6年前倒し       | 7年前倒し       |      |

出所) NRI 作成

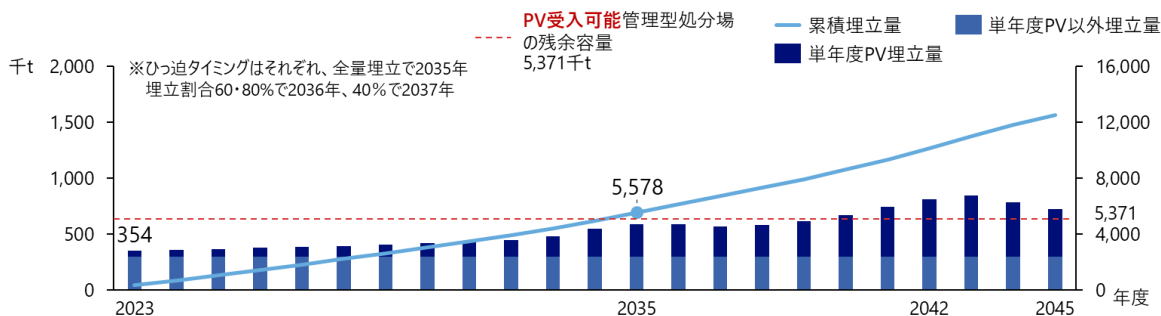


図 32 太陽電池モジュール受入可能な管理型処分場のひっ迫タイミング (埋立割合 100%)

出所) NRI 作成

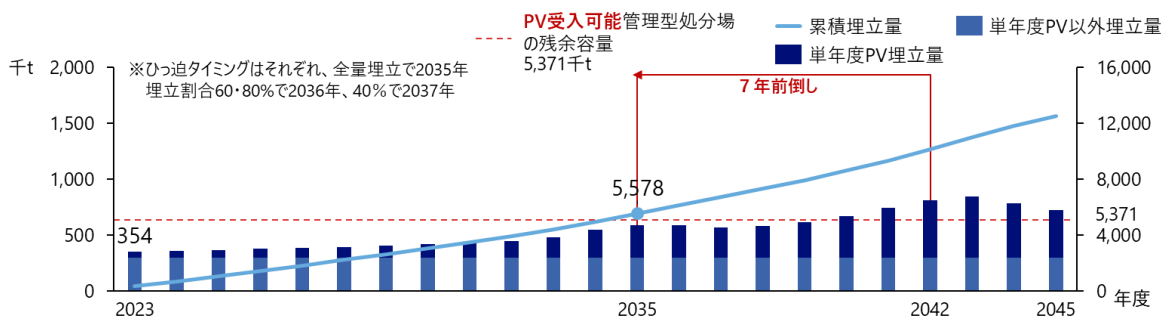


図 33 モジュール受入可能な管理型処分場に限定した残余年数の前倒し年数 (埋立割合 100%)

出所) NRI 作成

モジュール受入可能な処分場に全量埋立する場合、残余年数は13年となり、2022年度における管理型処分場の残余年数20年から最大で7年前倒しとなる結果が得られた。

ただし、本試算は最終処分場の新規供用が将来にかけて行われず、モジュール以外の最終処分量の減量化も図られないという悲観シナリオ(安全サイド)を設定して評価しているため、実際のひっ迫タイミングは2037年以降になる可能性もある。

### 3.2.6. 新規供用量と残余年数の維持に関する考察

残余年数の維持を目的として、新規供用量と最終処分量の関係を整理した。直近3年度の平均をとると、毎年の新規供用量が最終処分量を上回る計算となるが、実際には新規供用量がどのように推移するか、また、いつ新規供用の限界が来るかが主要な論点となる。年度ごとに新規供用量は大きく変動しており、上限値の予測が困難であることに留意が必要である。

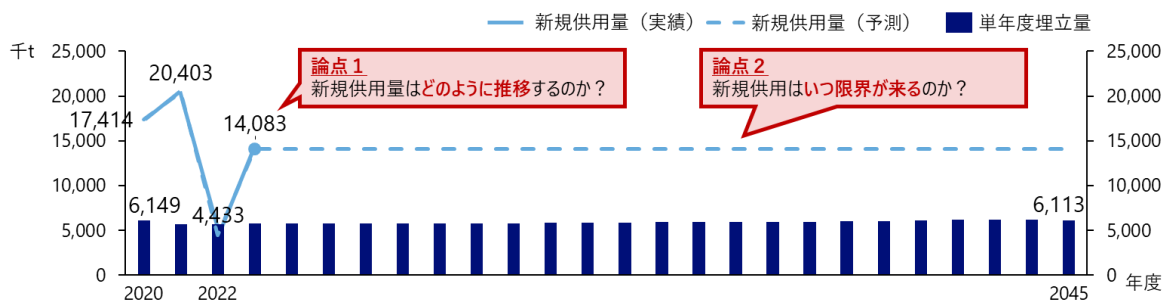


図 34 新規供用量と最終処分量の推移(埋立割合 100%)

出所) NRI 作成

### 3.2.7. 制度設計への示唆

#### 3.2.7.1. 受入可能な処分場の偏在

管理型処分場全体を対象とした試算では、モジュール由来の最終処分量が最終処分量に占める割合は2030年度断面で最大約2%にとどまり、残余年数の前倒しは生じなかった。しかしながら、令和7年度埋立実態調査の結果が示す通り、実際にモジュール由来の廃棄物を受入可能な処分場は全国で7事業者に限定されており、これらの処分場に限定した場合には残余年数が5~7年前倒しされる結果となった。このことから、制度設計にあたっては、処分場全体の容量だけでなく、モジュール受入可能な処分場の地理的偏在や受入キャパシティの制約を考慮する必要がある。

#### 3.2.7.2. リサイクル率の向上に向けた制度的措置

埋立割合を100%から40%に低減させた場合でも、モジュール受入可能な処分場に限定した試算では残余年数の前倒しが5年と算出されており、最終処分量の低減だけでは、処分場のひっ迫リスクを完全に解消することは困難である。一方で、埋立割合の低減は前倒し年数の縮小に寄与することから、リサイクル・再資源化の促進を制度的に担保することが、処分場の延命化において有効な手段であるといえるだろう。リサイクル義務化等の制度的措置を講じることで、最終処分量を抑制し、管理型処分場の残余年数への影響を最小化することが求められる。

#### 3.2.7.3. 受入処分場の拡大・新規供用の促進に向けた環境整備

現状、モジュール由来廃棄物の受入を拒否している処分場が多数存在する背景には、モジュールの形状や含有物質に関する情報不足、溶出試験等の対応負担、事業計画への影響懸念等があることがアンケート結果から確認された。受入処分場の拡大を図るためには、モジュールの含有物質情報の整備・提供、中間処理後の二次廃棄物としての受入促進、受入に係るガイドラインの策定等の環境整備が求められる。

また、直近の実績では毎年の新規供用量が最終処分量を上回っているものの、新規供用量には年度ごとのばらつきが大きく、将来的な上限の見通しも不透明であることから、処分場の安定的な新規供用を促すための施策も併せて検討する必要がある。

#### 3.2.7.4. 悲観シナリオに基づく予防的な制度設計

本試算は、最終処分場の新規供用が行われず、モジュール以外の最終処分量の減量化も図られないという悲観シナリオ(安全サイド)に基づいている。実際のひっ迫タイミングはこれよりも後ろ倒しになる可能性があるものの、モジュール由来の排出量がピークを迎える2040年代半ばに向けて排出量の増加が見込まれることを踏まえれば、早期に制度的な枠組みを整備し、リサイクルの推進と処分場のキャパシティ確保の両面から対策を講じることが肝要である。

### 3.3. 地域別排出量の推計結果

#### 3.3.1. 地域別排出量推計の考え方

2040年代前半に訪れると推計されている使用済太陽電池モジュールの排出ピークを念頭に、地域別の排出傾向を確認するため、地域ブロック別の排出量推計を実施した。具体的には、全国を7つの地域ブロック(①北海道・東北、②関東、③中部、④近畿、⑤中国、⑥四国、⑦九州・沖縄)に分けて、それぞれのブロックで排出量推計を実施した。排出量推計の前提となる地域ブロック別の導入量は、図35に示す順序(Step)で分析・推計を実施した。



#### 排出量推計

図35 地域ブロック別排出量推計の進め方(主に導入量設定)

出所) NRI 作成

##### 3.3.1.1. Step1. 都道府県別「太陽光発電等の導入量目標」の調査・整理

47都道府県それぞれで、将来的な太陽光発電等の導入量目標を調査し、取りまとめた。各都道府県が公開している地球温暖化対策計画や再生エネルギー活用計画等の公開情報を活用し、太陽光発電の導入量目標部分を抜き出して整理した。なお、本調査は2025年9月中旬に実施しており、当時公開されていた最新情報を利用している点には留意されたい。

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）  | 出典資料                            | 公表日     |
|----|------|---|---------------------------------|---------|
| 1  | 北海道  | 2030年度におけるCO <sub>2</sub> 削減目標（▲48%）の補助指標として、2030年度の <b>太陽光発電量を3,540kWhと設定</b> している | 北海道地球温暖化対策推進計画（第3次、改定版）         | 2023年3月 |
| 2  | 青森県  | 2030年度に、現行再エネ導入量（33.41億kWh）に対して、 <b>1.34億kWh（うち太陽光0.67億kWh）を追加導入する目標を設定</b> している    | 青森県地球温暖化対策推進計画（改定版）             | 2023年3月 |
| 3  | 岩手県  | 2030年度目標として、太陽光発電による <b>電力量で1,398百万kWh</b> を目指している                                  | 第2次岩手県地球温暖化対策実行計画（改訂版）          | 2023年3月 |
| 4  | 宮城県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電設備3,355,601kW</b> を目指している                                      | みやぎゼロカーボンチャレンジ2050戦略            | 2023年3月 |
| 5  | 秋田県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電設備255,000kW</b> を目指している  | 第2次秋田県地球温暖化対策推進計画（改定版）          | 2022年3月 |
| 6  | 山形県  | 2030年の開発目標として、 <b>太陽光41.7万kW導入</b> を目指している  | 山形県エネルギー戦略「エネルギー政策基本構想」見直し版     | 2024年9月 |
| 7  | 福島県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電3,300MW</b> を目指している  | 福島県再生可能エネルギー推進ビジョン2021          | 2021年3月 |
| 8  | 茨城県  | 2025年度目標として、 <b>発電量の再エネ比率34.1%を設定</b> している（容量ならびに発電量に係る記載はなし）                       | 茨城県地球温暖化対策実行計画                  | 2023年3月 |
| 9  | 栃木県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電376万kW</b> を目指している   | とちぎ再生可能エネルギーMAXプロジェクトアクションプラン   | 2023年3月 |
| 10 | 群馬県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光で3,813,589kW導入</b> を目指している                                       | 群馬県地球温暖化対策実行計画2021-2030（第1次改定版） | 2023年3月 |

図 36 太陽光発電等の導入量目標（北海道-群馬県）

出所）NRI 作成（調査時期：2025年9月中旬）

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）   | 出典資料                           | 公表日     |
|----|------|--|--------------------------------|---------|
| 11 | 埼玉県  | 2030年度目標値として、 <b>電気使用量に対する再エネ比率14.3%</b> にする目標のみ設定している（ <b>太陽光に限らない点に留意が必要</b> ） | 埼玉県地球温暖化対策実行計画（第2期）改正版         | 2023年3月 |
| 12 | 千葉県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電量を6,639GWh</b> を目指している（導入比率として18.8%想定）                      | 千葉県地球温暖化対策実行計画                 | 2023年3月 |
| 13 | 東京都  | 2030年度目標として、都内の <b>太陽光発電設備導入量を200万kW以上</b> にすることを目標としている（2035年度目標：350万kW）        | 2025東京戦略                       | 2025年3月 |
| 14 | 神奈川県 | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電導入量200万kW以上</b> を目指している                                     | 神奈川県地球温暖化対策計画                  | 2024年3月 |
| 15 | 新潟県  | 2030年までに想定する導入設備容量として、 <b>太陽光発電で990MW</b> （2019年度から650MW追加）を設定している               | 新潟県地球温暖化対策地域推進計画2017-2030（改定版） | 2022年3月 |
| 16 | 富山県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電による発電量799GWh</b> を目指している                                    | 富山県カーボンニュートラル戦略                | 2023年3月 |
| 17 | 石川県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電で11億kWh程度</b> を目指している                                       | 石川県再生可能エネルギー推進計画               | 2022年2月 |
| 18 | 福井県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電で361千kW導入</b> を目指している                                       | 福井県環境基本計画                      | 2023年3月 |
| 19 | 山梨県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電で1,228MW導入</b> を目指している                                      | 山梨県地球温暖化対策実行計画（改定版）            | 2023年3月 |
| 20 | 長野県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電のエネルギー生産量11,486TJ</b> を目指している                               | 長野県ゼロカーボン戦略（改定版）               | 2022年5月 |

図 37 太陽光発電等の導入量目標（埼玉県-長野県）

出所）NRI 作成（調査時期：2025年9月中旬）

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）  | 出典資料                              | 公表日      |
|----|------|---|-----------------------------------|----------|
| 21 | 岐阜県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電のエネルギー創出量16.05PJ</b> を目指している                                   | 岐阜県エネルギービジョン                      | 2022年3月  |
| 22 | 静岡県  | 2030年度目標（活動指標）として、 <b>太陽光発電導入量334.3万kW</b> と設定している                                  | ふじのくにエネルギー総合戦略                    | 2022年3月  |
| 23 | 愛知県  | 2030年度までに県内で導入される再エネとして、 <b>太陽光発電460万kW</b> を目指している                                 | あいち地球温暖化防止戦略2030（改定版）             | 2022年12月 |
| 24 | 三重県  | 2030年度までの長期目標として、 <b>太陽光発電285.3万kW</b> （83.6万kL）を目指している                             | 三重県新エネルギービジョン（改定版）                | 2023年3月  |
| 25 | 滋賀県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電163.2万kW</b> を目指している   | 滋賀県CO <sub>2</sub> ネットゼロ社会づくり推進計画 | 2022年3月  |
| 26 | 京都府  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電で1,740百万kWh</b> を目指している  | 京都府再生可能エネルギーの導入等促進プラン（第2期）        | 2023年3月  |
| 27 | 大阪府  | 2030年度の自律分散型エネルギー目標として、 <b>太陽光発電で141万kW以上</b> を目指している                               | おおさかスマートエネルギープラン                  | 2021年3月  |
| 28 | 兵庫県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電の設備容量5,141千kW</b> （発電量：6,291百万kWh）を目安として掲げている                  | 兵庫県地球温暖化対策推進計画（改定版）               | 2022年3月  |
| 29 | 奈良県  | 2030年度目標として、 <b>再エネ設備容量1,075,000kW</b> を目指している（ <b>太陽光に限らない点に留意が必要</b> ）            | 奈良県脱炭素戦略                          | 2025年3月  |
| 30 | 和歌山県 | 2030年度目標として、 <b>県内消費電力量に対する再エネ発電量の割合が33%</b> になることを目指している（ <b>太陽光に限らない点に留意が必要</b> ） | 第5次和歌山県環境基本計画（一部改訂版）              | 2025年3月  |

図 38 太陽光発電等の導入量目標（岐阜県-和歌山県）

出所）NRI 作成（調査時期：2025年9月中旬）

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）   | 出典資料                             | 公表日      |
|----|------|--|----------------------------------|----------|
| 31 | 鳥取県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電381,687kW</b> を目指している                               | 令和新時代とっとり環境イニシアティブプラン            | 2022年3月  |
| 32 | 島根県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電597,960kW程度</b> を目指している                             | 島根県環境総合計画（一部改訂版）                 | 2025年3月  |
| 33 | 岡山県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電による発電量3,841,783千kWh</b> を目指している                     | 岡山県地球温暖化対策実行計画（改定版）              | 2023年3月  |
| 34 | 広島県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電2,212千kW</b> を見込んでいる                                | 第3次広島県地球温暖化防止地域計画（改定版）           | 2023年3月  |
| 35 | 山口県  | 2030年度目標として、 <b>再エネ発電出力で300万kW導入</b> を目指している（ <b>太陽光に限らない点に留意が必要</b> ）   | 山口県地球温暖化対策実行計画（第2次計画改定版）         | 2023年3月  |
| 36 | 徳島県  | 2030年度目標として、 <b>クリーンエネルギー電力自給率を、太陽光発電で27%程度</b> と設定している                  | 徳島県GX推進計画                        | 2024年3月  |
| 37 | 香川県  | 太陽光発電システムの導入を促進することで、 <b>2025年度に1,240,000kW</b> を目指している                  | 第4次香川県地球温暖化対策推進計画                | 2021年10月 |
| 38 | 愛媛県  | 再エネ目標として、 <b>太陽光発電を2030年度に1,060,296kW</b> を目指す                           | 愛媛県地球温暖化対策実行計画（改定版）              | 2024年1月  |
| 39 | 高知県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電566,118kW</b> を設定している                               | 第Ⅱ期高知県脱炭素社会推進アクションプラン ver.2（改定版） | 2025年3月  |
| 40 | 福岡県  | 2026年度目標として、 <b>再エネ発電設備の導入容量405万kW</b> を目指している（ <b>太陽光に限らない点に留意が必要</b> ） | 福岡県地球温暖化対策実行計画（第2次）              | 2022年3月  |

図 39 太陽光発電等の導入量目標（鳥取県-福岡県）

出所）NRI 作成（調査時期：2025年9月中旬）

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）   | 出典資料                         | 公表日      |
|----|------|--|------------------------------|----------|
| 41 | 佐賀県  | 2030年度までに、設置可能な県保有建築物（敷地を含む）の100%に太陽光発電設備が導入されていることを目指している     | 地球温暖化対策に関する佐賀県率先行動計画（改定版）    | 2024年3月  |
| 42 | 長崎県  | 2030年度目標として、太陽光発電931MWを目指している                                  | 第2次長崎県地球温暖化（気候変動）対策実行計画（第3章） | 2021年3月  |
| 43 | 熊本県  | 2030年度目標として、太陽光発電2,116MWを目指している                                | 第2次熊本県総合エネルギー計画              | 2020年12月 |
| 44 | 大分県  | 2030年度目標として、太陽光発電1,887,882kWを目指している                            | 大分県新エネルギービジョン3次改訂版           | 2025年3月  |
| 45 | 宮崎県  | 2030年度目標として、太陽光発電2,198MWを目指している                                | 第四次宮崎県環境基本計画（一部改定版）          | 2023年3月  |
| 46 | 鹿児島県 | 2030年度目標として、太陽光発電2,980,000kWを目指している                            | 鹿児島県地球温暖化対策実行計画（改定版）         | 2023年3月  |
| 47 | 沖縄県  | 2030年度再エネ電源比率18%（意欲的な目標）として、2020年度の発電量（520GWh）に148GWh追加を目指している | 沖縄県クリーンエネルギー・イニシアティブ（改定版）    | 2022年3月  |

図 40 太陽光発電等の導入量目標（佐賀県-沖縄県）

出所）NRI 作成（調査時期：2025年9月中旬）

### 3.3.1.2. Step2. 2030年導入量目標（都道府県別）の設定・推計

Step1で整理した都道府県別導入量目標を基に、2030年時点での都道府県別導入量目標(kW)を設定・推計した。なお導入量目標は各都道府県によって異なり、発電量で目標を掲げる自治体や、容量で目標を掲げる自治体が存在している。そのため、図 41 の置換・推計方針に基づき、すべての都道府県における「2030年度導入量目標(kW)」に揃えることを目指した。例えば、パターン②のkWhからkWへの変換では、一般的に用いられる設備利用率の考え方を援用して単位を統一した。

| パターン | 置換・推計方針  | 該当する都道府県  |
|------|--|-----------|
| ①    | ・ 単位換算のみ（万kW・MW⇒kW）  | 東京都、大阪府、等 |
| ②    | ・ 発電量から、容量へ変換（kWh⇒kW）  | 北海道、千葉県、等 |
| ③    | ・ 熱量・エネルギー量から、容量へ変換（J⇒kW）  | 長野県、岐阜県   |
| ④    | ・ 計画に記載されているデータを組合せて2030年発電量見通しを推計した後、容量へ変換  | 徳島県       |
| ⑤    | ・ 導入量実績（2024年度）が、既に2030年度目標を超えているため、直近5ヶ年の導入トレンドが継続するというシナリオで、目標導入量を設定・推計                | 福島県、三重県、等 |
| ⑥    | ・ 太陽光発電単体ではなく“再エネとしての目標設定”であるが、太陽光発電で按分すると実績を超えるため、直近5ヶ年の導入トレンドが継続するというシナリオで、目標導入量を設定・推計 | 埼玉県、福岡県、等 |
| ⑦    | ・ 2030年度目標ではなく2025年度目標のみ設定されていたが、導入量実績から鑑みると、その達成が極めて難しいことから、当該導入量を2030年度目標に設定（5ヶ年スライド）  | 茨城県、香川県   |
| ⑧    | ・ 太陽光発電に関する明確な目標設定がないため、直近5ヶ年の導入トレンドが継続するというシナリオで、目標導入量を設定・推計                            | 佐賀県       |

図 41 都道府県別導入量目標を横比較するための置換・推計内容

出所）NRI 作成

上記の置換・推計方針の下で、各都道府県の設定している目標から試算した 2030 年時点での導入量目標 (kW) は図 42～46 の通りである。

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）  | 置換・推計<br>パターン | 太陽光発電導入量（MW）※ |            |
|----|------|---|---------------|---------------|------------|
|    |      |   |               | 2030目標        | 【参考】2024実績 |
| 1  | 北海道  | 2030年度におけるCO <sub>2</sub> 削減目標（▲48%）の補助指標として、2030年度の太陽光発電量を <b>3,540kWh</b> と設定している | ②             | 3,038         | 2,267      |
| 2  | 青森県  | 2030年度に、現行再エネ導入量（33.41億kWh）に対して、 <b>1.34億kWh（うち太陽光0.67億kWh）</b> を追加導入する目標を設定している    | ⑤             | 1,067         | 961        |
| 3  | 岩手県  | 2030年度目標として、太陽光発電による電力量で <b>1,398百万kWh</b> を目指している                                  | ②             | 1,200         | 1,155      |
| 4  | 宮城県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電設備3,355,601kW</b> を目指している                                      | ①             | 3,356         | 2,464      |
| 5  | 秋田県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電設備255,000kW</b> を目指している  | ⑤             | 335           | 319        |
| 6  | 山形県  | 2030年の開発目標として、 <b>太陽光41.7万kW導入</b> を目指している  | ①             | 417           | 356        |
| 7  | 福島県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電3,300MW</b> を目指している  | ⑤             | 3,815         | 3,519      |
| 8  | 茨城県  | 2025年度目標として、 <b>発電量の再エネ比率34.1%</b> を設定している<br>(容量ならびに発電量に係る記載はなし)                   | ⑦             | 6,451         | 4,600      |
| 9  | 栃木県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光発電376万kW</b> を目指している   | ①             | 3,760         | 3,182      |
| 10 | 群馬県  | 2030年度目標として、 <b>太陽光で3,813,589kW導入</b> を目指している                                       | ①             | 3,814         | 2,745      |

図 42 2030 年時点導入量(kW)目標 推計結果（北海道-群馬県）

出所) NRI 作成(調査時期:2025 年9月中旬)

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）  | 置換・推計パターン | 太陽光発電導入量（MW）※ |            |
|----|------|---|-----------|---------------|------------|
|    |      |   |           | 2030目標        | 【参考】2024実績 |
| 11 | 埼玉県  | 2030年度目標値として、電気使用量に対する再エネ比率14.3%にする目標のみ設定している（太陽光に限らない点に留意が必要）  | ⑥         | 2,075         | 1,903      |
| 12 | 千葉県  | 2030年度目標として、太陽光発電量を6,639GWhを目指している（導入比率として18.8%想定）              | ②         | 5,698         | 3,392      |
| 13 | 東京都  | 2030年度目標として、都内の太陽光発電設備導入量を200万kW以上にすることを目標している（2035年度目標：350万kW） | ①         | 2,000         | 661        |
| 14 | 神奈川県 | 2030年度目標として、太陽光発電導入量200万kW以上を目指している                             | ①         | 2,000         | 845        |
| 15 | 新潟県  | 2030年までに想定する導入設備容量として、太陽光発電で990MW（2019年度から650MW追加）を設定している       | ①         | 990           | 484        |
| 16 | 富山県  | 2030年度目標として、太陽光発電による発電量799GWhを目指している                            | ②         | 686           | 335        |
| 17 | 石川県  | 2030年度目標として、太陽光発電で11億kWh程度を目指している                               | ②         | 944           | 660        |
| 18 | 福井県  | 2030年度目標として、太陽光発電で361千kW導入を目指している                               | ①         | 361           | 264        |
| 19 | 山梨県  | 2030年度目標として、太陽光発電で1,228MW導入を目指している                              | ①         | 1,228         | 724        |
| 20 | 長野県  | 2030年度目標として、太陽光発電のエネルギー生産量11,486TJを目指している                       | ③         | 2,739         | 1,671      |

図 43 2030年時点導入量(kW)目標 推計結果（埼玉県-長野県）  
出所）NRI 作成(調査時期:2025年9月中旬)

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）  | 置換・推計パターン | 太陽光発電導入量（MW）※ |            |
|----|------|---|-----------|---------------|------------|
|    |      |   |           | 2030目標        | 【参考】2024実績 |
| 21 | 岐阜県  | 2030年度目標として、太陽光発電のエネルギー創出量16.05PJを目指している                          | ③         | 3,827         | 1,617      |
| 22 | 静岡県  | 2030年度目標（活動指標）として、太陽光発電導入量334.3万kWと設定している                         | ①         | 3,343         | 2,395      |
| 23 | 愛知県  | 2030年度までに県内で導入される再エネとして、太陽光発電460万kWを目指している                        | ①         | 4,600         | 2,937      |
| 24 | 三重県  | 2030年度までの長期目標として、太陽光発電285.3万kW（83.6万kL）を目指している                    | ⑤         | 3,090         | 2,887      |
| 25 | 滋賀県  | 2030年度目標として、太陽光発電163.2万kWを目指している                                  | ①         | 1,632         | 964        |
| 26 | 京都府  | 2030年度目標として、太陽光発電で1,740百万kWhを目指している                               | ②         | 1,493         | 616        |
| 27 | 大阪府  | 2030年度の自律分散型エネルギー目標として、太陽光発電で141万kW以上を目指している                      | ①         | 1,410         | 1,108      |
| 28 | 兵庫県  | 2030年度目標として、太陽光発電の設備容量5,141千kW（発電量：6,291百万kWh）を目安として掲げている         | ①         | 5,141         | 2,975      |
| 29 | 奈良県  | 2030年度目標として、再エネ設備容量1,075,000kWを目指している（太陽光に限らない点に留意が必要）            | ⑥         | 656           | 613        |
| 30 | 和歌山県 | 2030年度目標として、県内消費電力量に対する再エネ発電量の割合が33%になることを目指している（太陽光に限らない点に留意が必要） | ⑥         | 939           | 843        |

図 44 2030年時点導入量(kW)目標 推計結果（岐阜県-和歌山県）  
出所）NRI 作成(調査時期:2025年9月中旬)

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）   | 置換・推計パターン | 太陽光発電導入量（MW）※ |            |
|----|------|--|-----------|---------------|------------|
|    |      |  |           | 2030目標        | 【参考】2024実績 |
| 31 | 鳥取県  | 2030年度目標として、太陽光発電381,687kWを目指している                      | ⑤         | 466           | 423        |
| 32 | 島根県  | 2030年度目標として、太陽光発電597,960kW程度を目指している                    | ①         | 598           | 381        |
| 33 | 岡山県  | 2030年度目標として、太陽光発電による発電量3,841,783kWhを目指している             | ②         | 3,297         | 2,367      |
| 34 | 広島県  | 2030年度目標として、太陽光発電2,212kWを見込んでいる                        | ①         | 2,212         | 1,751      |
| 35 | 山口県  | 2030年度目標として、再エネ発電出力で300万kW導入を目指している（太陽光に限らない点に留意が必要）   | ⑥         | 1,730         | 1,557      |
| 36 | 徳島県  | 2030年度目標として、クリーンエネルギー電力自給率を、太陽光発電で27%程度と設定している         | ④         | 1,200         | 817        |
| 37 | 香川県  | 太陽光発電システムの導入を促進することで、2025年度に1,240,000kWを目指している         | ⑦         | 1,240         | 908        |
| 38 | 愛媛県  | 再エネ目標として、太陽光発電を2030年度に1,060,296kWを目指す                  | ①         | 1,060         | 929        |
| 39 | 高知県  | 2030年度目標として、太陽光発電566,118kWを設定している                      | ①         | 566           | 489        |
| 40 | 福岡県  | 2026年度目標として、再エネ発電設備の導入容量405万kWを目指している（太陽光に限らない点に留意が必要） | ⑥         | 2,532         | 2,414      |

図 45 2030 年時点導入量(kW) 目標 推計結果（鳥取県-福岡県）

出所) NRI 作成(調査時期:2025 年9月中旬)

| #  | 都道府県 | 目標設定（記載内容）   | 置換・推計パターン | 太陽光発電導入量（MW）※ |            |
|----|------|--|-----------|---------------|------------|
|    |      |  |           | 2030目標        | 【参考】2024実績 |
| 41 | 佐賀県  | 2030年度までに、設置可能な県保有建築物（敷地を含む）の100%に太陽光発電設備が導入されていることを目指している     | ⑧         | 717           | 682        |
| 42 | 長崎県  | 2030年度目標として、太陽光発電931MWを目指している                                  | ⑤         | 1,009         | 962        |
| 43 | 熊本県  | 2030年度目標として、太陽光発電2,116MWを目指している                                | ①         | 2,116         | 1,905      |
| 44 | 大分県  | 2030年度目標として、太陽光発電1,887,882kWを目指している                            | ①         | 1,888         | 1,507      |
| 45 | 宮崎県  | 2030年度目標として、太陽光発電2,198MWを目指している                                | ①         | 2,198         | 1,623      |
| 46 | 鹿児島県 | 2030年度目標として、太陽光発電2,980,000kWを目指している                            | ①         | 2,980         | 2,473      |
| 47 | 沖縄県  | 2030年度再エネ電源比率18%（意欲的な目標）として、2020年度の発電量（520GWh）に148GWh追加を目指している | ②         | 573           | 390        |

図 46 2030 年時点導入量(kW) 目標 推計結果（佐賀県-沖縄県）

出所) NRI 作成(調査時期:2025 年9月中旬)

### 3.3.1.3. Step3. 都道府県別「太陽光発電等の導入量目標」の調査・整理

#### Step4. 導入量フロー(2025年 ⇒ 2050年)の計算

Step2までで実施した、2030年時点での都道府県別の導入量目標と、現時点(推計実施時点)の導入量の実績値をもとに、2050年までの都道府県別の導入量推移を算出した。現時点から2030年までは、実績値と2030年目標値が直線的に繋がるように同一規模の導入が行われると仮定するとともに、その導入量(導入傾向)が2050年まで継続すると仮定して、試算を行なった。

### 3.3.1.4. Step5. 導入量フロー全体に占める“都道府県比率”の計算

Step3・4で算出した各都道府県の単年度の導入量(フロー)が、同年度の全国の導入量(フロー)に占める割合を算出した。Step4の値を、全国の導入量フローに占める割合(%)へと変換したものであるため、Step5でも、同一の都道府県において2025年～2050年は一定の値をとることとなる。

### 3.3.1.5. Step6. 都道府県別の導入量フロー計算(全国導入量フロー×“都道府県比率”)

各年度の全国の導入量フロー合計に、Step5で算出した“都道府県比率”を乗じて、都道府県ごとの導入量フローを年度別に算出した。2025年～2050年で、同一の都道府県のStep5は一定の値をとるが、全国の導入量フローが各年で異なるため、Step6は同一都道府県内でも一致しない。

以上のStep6までのフローを経ることで、推計初年度となる2025年から2050年時点までの、47都道府県別の導入量フローの推計値を算出することができた。この推計値をもとに、全国版の排出量推計と同様の考え方に則り、導入量フローに基づいて都道府県別の排出量を算出することができる。

なお、都道府県別の排出量推計の際にも、全国版の推計時と同様のロジックで算出を行なっている。関数となる排出係数には、ケース⑩(故障率考慮・FIT満了考慮・損益分岐考慮(基準劣化率15%・標準偏差0.05))を採用した。

## 3.3.2. 地域ブロック別の排出トレンド予測

前項で推計した都道府県別の排出量推計値を積み上げることで、地域ブロック別の排出量の推計を行った。

まず、排出ピークの時期については、7ブロックすべてで2043年度と推計された。これは全国版の排出量推計においてピークと予測されるタイミングと同時期であり、ブロック単位で見てもピーク年度が大幅にずれることはないという予測結果となった。

排出量に関して、7ブロックの中で最も多いと推計されたのは関東ブロックであった。以下に掲載している年度別排出量のグラフの通り、ピークの2043年では直近年度の6倍以上となる約12万tが排出されると推計されている。

関東ブロックの排出量推計値が高い要因としては、現時点での導入量実績が他ブロックと比べて多いことに加え、都県別に設定されている導入量目標が高いことがあげられる。具体的には、東京都と神奈川県の内いずれでも 2030 年時点で 2,000MW の導入量が目標とされており、2024 年時点の導入量実績(それぞれ 661MW、845MW)も踏まえると、他の道府県よりも太陽光発電導入が加速することが見込まれる。地域別排出量推計では、導入量目標やそれを踏まえた導入量の推計値をベースに計算しているため、導入量目標が高い都道府県では排出量も多く推計されやすい点には留意が必要である。

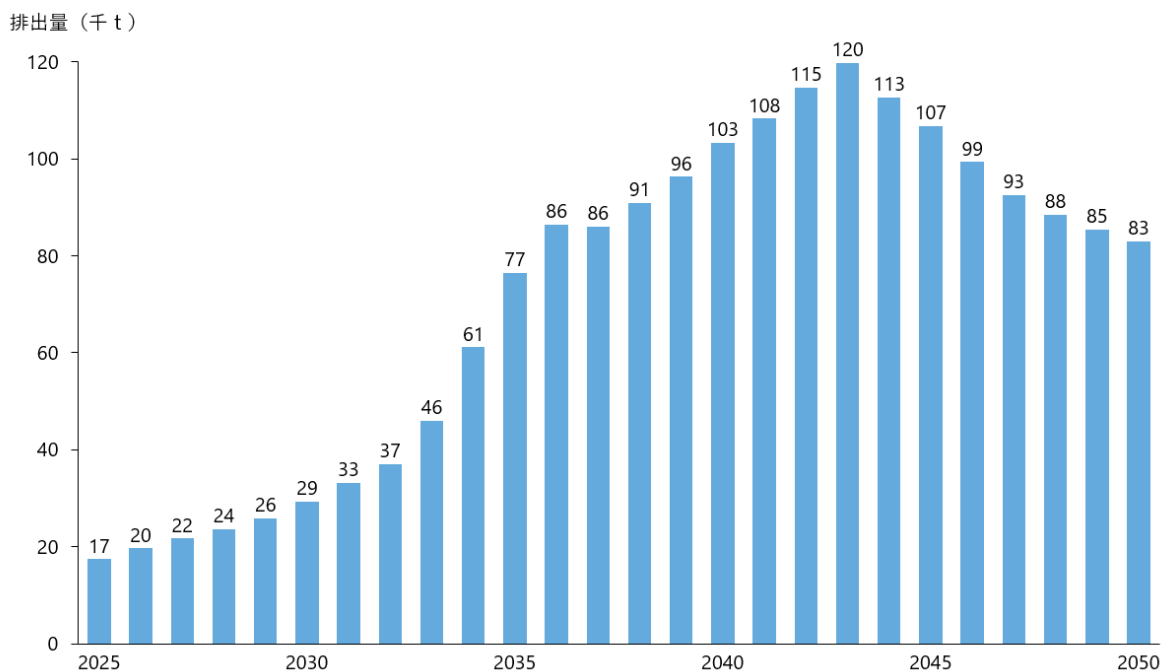


図 47 関東ブロックの排出量推計

出所) NRI 作成

その上で、全国の排出量に占める当該ブロックの排出量の割合について、年度別の推移を確認した。その結果は表 19 の通りであり、排出量割合の推移によって各ブロックを大きく3つのグループに分類できる。①に該当する「北海道・東北」「関東」ブロックは、時間経過による排出量増加のペースが全国平均以上であり、反対に②に該当する「四国」「九州・沖縄」ブロックは同ペースが全国平均を下回る結果となった。③の「中部」「近畿」「中国」ブロックは、おおむね全国平均と変わらないペースで排出量が増加すると見込まれる。

表19 最終処分業者が各プレイヤーに求める事項

| グループ | 該当ブロック         | グループのトレンド                                 |
|------|----------------|---|
| ①    | 北海道・東北<br>関東   | 年度が経過するほど、「当該ブロックの排出量が全国の排出量に占める割合」が増加する  |
| ②    | 四国<br>九州・沖縄    | 年度が経過するほど、「当該ブロックの排出量が全国の排出量に占める割合」が減少する  |
| ③    | 中部<br>近畿<br>中国 | 年度に依らず、「当該ブロックの排出量が全国の排出量に占める割合」はあまり変わらない |

出所) NRI 作成

ここで注意が必要なのは、全国平均よりも排出量増加のペースが緩やかであると推計されるグループ②についても、排出量自体は確実に増加していくということである。排出のピークに向けて、全国のいずれの地域・ブロックでも適正処理体制の拡大に向けた施策を推進する必要がある点は前提とした上で、特にグループ①やその周辺地域では、受け皿整備等の重要度が高いといえるだろう。

### 3.3.3. 代表的な地域ブロックにおける排出量推計値

前項で述べた各ブロックの排出トレンド予測を踏まえ、代表的なブロックを抜粋して実際の推計値を掲載する。

以下に示した2つのグラフのうち、上部が北海道・東北ブロックの年度別排出量推計値である。前項で述べたグループ①に属する本ブロックは、排出のピークとして見込まれる 2040 年代前半にかけての年度別排出量増加率が全国平均を上回るブロックであり、適正処理体制拡充のための各種施策を特に重点的に推し進める必要がある。

下部に示したグラフは九州・沖縄ブロックにおける年度別排出量推計値である。推計期間全体の排出ピークが 2043 年である点は他のブロックと変わらないものの、2035 年前後から高い水準の排出量が継続すると考えられており、適正処理体制の整備が早期から必要となる。

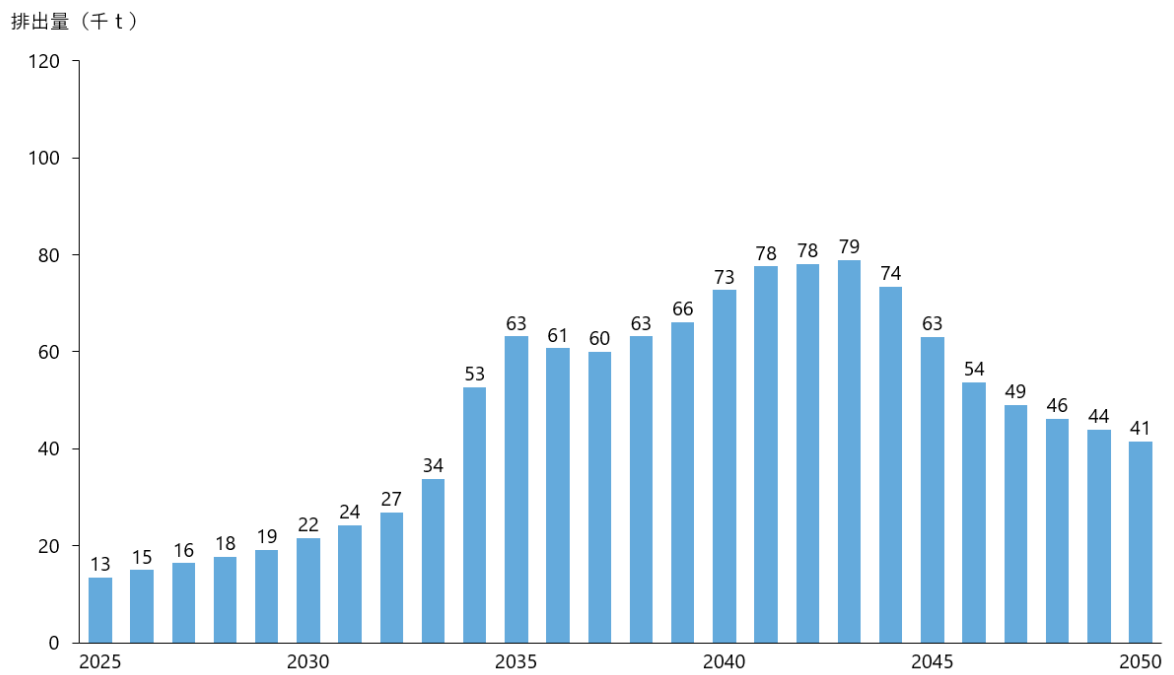
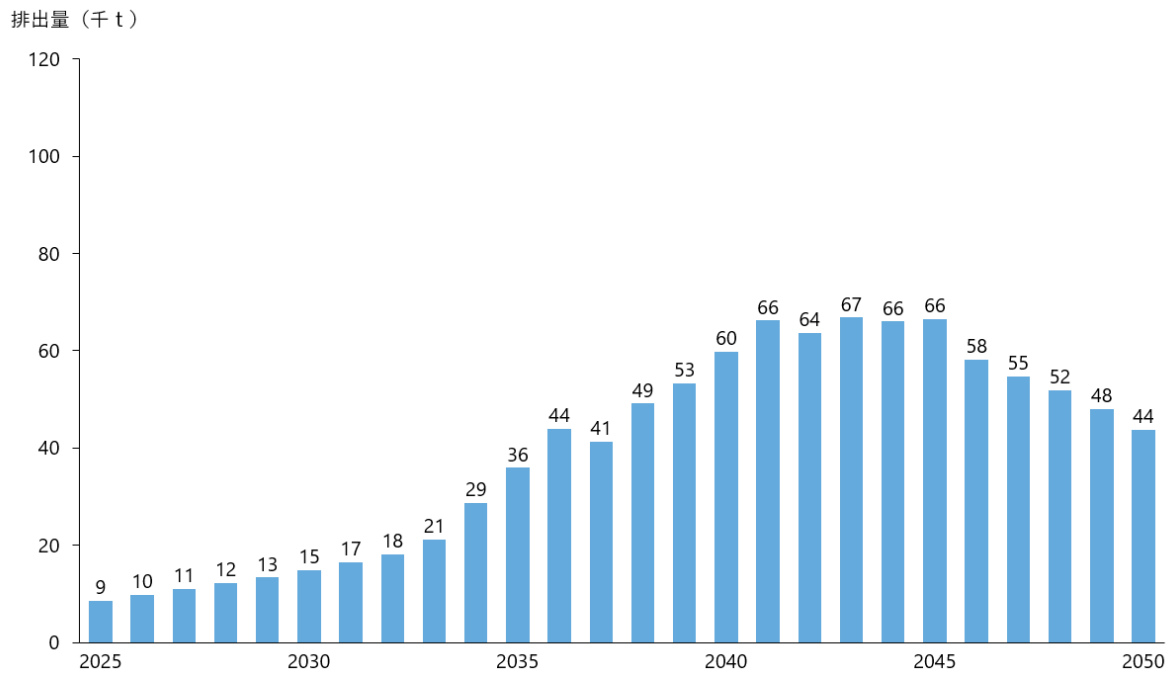


図 48 北海道・東北ブロック(上)、九州・沖縄ブロック(下)の排出量推計  
出所) NRI 作成

# 第4章. 太陽電池モジュールの国内リユース・リサイクルの普及促進に関する調査・検討

## 4.1. 太陽電池モジュールの種別、設置形態

### 4.1.1. 太陽電池モジュールの種別

太陽電池モジュールは、使用される素材に応じて分類される。現在、最も広く普及しているのはシリコン系太陽電池モジュールであり、そのシェアは、国際市場における年間生産量ベースで 95%に及ぶ。多くの太陽電池モジュールメーカーが製造しているシリコン系に対して、一部メーカーでは複数元素による化合物を用いた太陽電池モジュールを製造・販売しており、それらは化合物系太陽電池モジュールと呼称される。また次世代太陽電池として、研究開発や実証が進められている有機系太陽電池モジュールも存在し、ペロブスカイト太陽電池や色素増感太陽電池、有機薄膜太陽電池等の社会実装が期待されているところである。

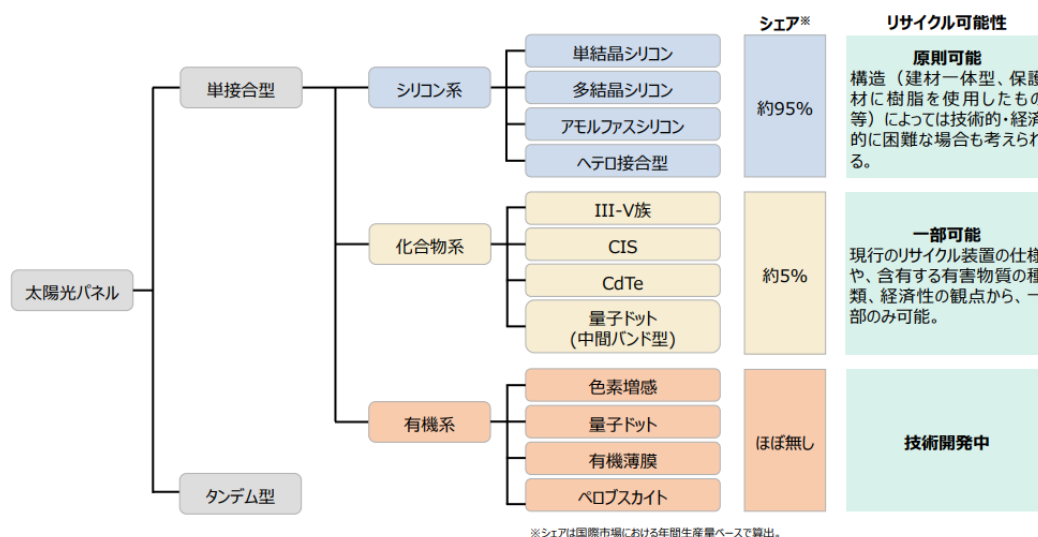


図 49 太陽電池モジュール(太陽光パネル)の種類

出所) 中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議(第10回)

2012年の固定価格買取制度(FIT制度)開始以降、一般家庭の屋根からメガソーラーまで幅広く、普及してきたシリコン系太陽電池モジュールは、技術開発に伴って使用されている物質・材料が変化しただけでなく、大型化や両面発電型(両面太陽光)といった構造変化も起きている。いずれも出力増加を目的とした構造変化であり、特に両面太陽光では、太陽光に加えて地面や屋根からの反射光も受光・発電することで、従来型(片面太陽光)と比較して最大で30%の出力増加が見込めるとされている。国際エネルギー機関(International Energy Agency; IEA)が公表した「Trends in PV Applications 2025」では、2024年に製造された太陽電池モジュールの

75%以上が両面太陽光であった(2023年は約50%)との予測を示しており、設置コストが高くなるにも関わらず、その競争優位性は高まっているようである。

また太陽光発電設備の種別として、建材と太陽電池モジュールが一体化している、建材一体型太陽光発電(Building Integrated Photovoltaics;BIPV)も存在する。「壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン 2024年度版」において、BIPV(広義、狭義)と建物据付型太陽光発電(Building Attached Photovoltaics;BAPV)が定義され、建物屋根等に追加設置するBAPVに対し、狭義のBIPVとは、屋根材や外壁材、窓ガラス等の建材が、本来の機能と太陽光発電の機能を併せ持つものを指す。

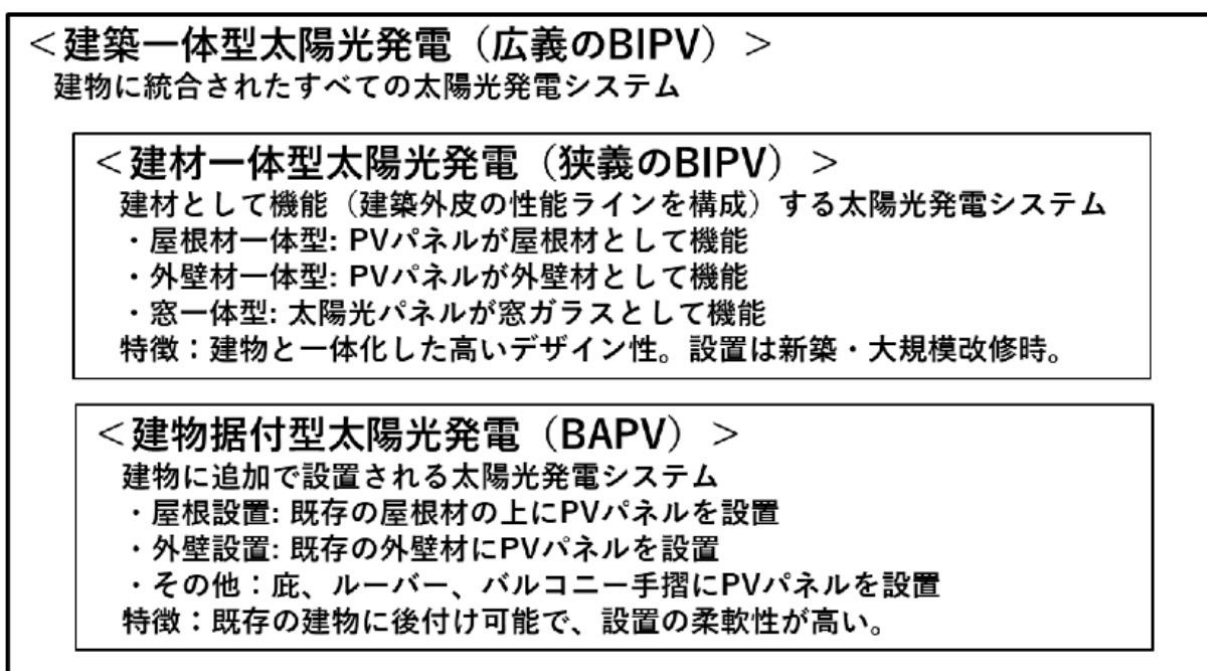


図 50 BIPV(広義、狭義)、並びにBAPVの定義

出所) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

「壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン 2024年度版」

狭義のBIPVである、壁材一体型太陽電池や窓材一体型太陽電池は、これまで製造・販売されてきた実績もある。窓ガラスの下半分に太陽電池を配置することで、窓と太陽光発電の機能を両立させた製品や、透光性の必要がない壁材として太陽光発電の機能を持たせた製品等が存在する。また最近では、軽量で柔軟な特性を有するペロブスカイト太陽電池を採用するBIPV技術開発も進められており、意匠性と発電機能の両方を備えた建材として、窓やバルコニー等への設置が期待されている。

なお公益財団法人日本環境協会では、太陽光をエネルギー源として駆動する製品として、エコマーク商品類型 No.135「太陽電池を使用した製品」を定めている。6区分別の製品範囲は、次ページに示す通りであった。

| 区分                     | 対象とする製品範囲  |   | 【参考】対象商品例※   |
|------------------------|--|---|--|
| A. 住宅用太陽光発電システム        | 住宅用発電システム（出力20kW未満）<br>※ システムとして認定を受ける場合の構成機器は以下とする。<br>全てにおいて、それぞれ該当する認定基準を満たすこと。         |   | 30 212 太陽光発電装置   |
|                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 太陽電池モジュール</li> <li>➢ 接続箱</li> <li>➢ 架台</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ パワーコンディショナ</li> <li>➢ ケーブル</li> <li>➢ 二次電池（鉛蓄電池等）</li> </ul> |  |
| B. 小型発電装置・充電装置         | 小型発電装置   |   | 30 212 太陽光発電装置   |
|                        | 小型発電装置（携帯型）  |   | 30 212 太陽光発電装置   |
| C. 設置型製品               | 住宅設置用製品  | 住宅用屋外照明装置（庭園灯・車庫灯・門灯等）、換気ファン、等  | 62 214 屋外用白熱灯器具<br>62 223 屋外用蛍光灯器具<br>62 233 屋外用 HID 照明器具<br>60 62 換気扇 |
|                        | 産業用製品  | 養殖用給餌装置、ポンプ、等   | 40 131 漁業養殖器材<br>31 1 ポンプ  |
| D. 携帯型製品・車載用品          | レジャー用品、日用品   | ライト・ランタン、ラジオ  | 62 24 携帯電燈<br>60 24 ラジオ受信機   |
|                        | 文具・事務機器、教材・がん具   | 電子式卓上計算機、教材・がん具、等   | 59 41 電子式卓上計算機<br>89 5 がん具及び人形   |
|                        | 車載用品   | 車用アクセサリ各種   | 57 59 その他の自動車用サービス機器・装置  |
| E. 太陽電池モジュール           | 太陽電池モジュール（出力10W以上の平板型モジュール）  |   | JIS C8918 1998、または C8939 1995 に準拠した太陽電池モジュール                           |
| F. 小出力太陽光発電用パワーコンディショナ | 小出力太陽光発電用パワーコンディショナ  |   | JIS C8980 1997 に準拠した小電力太陽光発電用パワーコンディショナ                                |

※ 対象商品例に記載の番号は、日本標準商品分類を示す。

図 51 太陽電池を使用した製品範囲

出所) 公益財団法人日本環境協会「太陽電池を使用した製品 Version1.9」に基づき NRI 作成

#### 4.1.2. 太陽電池モジュールの設置形態

太陽電池モジュールの設置形態は多岐にわたり、NEDO が公表する構造設備ごとの「設計・施工ガイドライン」に基づいて整理すると、以下の表の通り、合計6つに分類される。それぞれの構造設備、並びに NEDO ガイドラインの公表時期は、次ページの通りである。

表20 構造設備ごとの設計・施工ガイドライン

| 設置形態<br>(構造設備)   | NEDO 公表 設計・施工ガイドライン名称                              | 最新版 公表時期      |
|------------------|--|---------------|
| 構築物・建物設置         | 建物設置型太陽光発電システムの<br>設計・施工ガイドライン (2025 年版)           | 2025 年4月 11 日 |
| 壁面設置             | 壁面設置太陽光発電システム<br>設計・施工ガイドライン (2024 年度版)            | 2025 年3月 31 日 |
| 地上設置             | 地上設置型太陽光発電システムの<br>設計・施工ガイドライン (2025 年版)           | 2025 年4月 11 日 |
| 傾斜地設置            | 傾斜地設置型太陽光発電システムの<br>設計・施工ガイドライン (2025 年版)          | 2025 年4月 11 日 |
| 営農型              | 営農型太陽光発電システムの<br>設計・施工ガイドライン (2025 年版)             | 2025 年4月 11 日 |
| 水上設置             | 水上設置型太陽光発電システムの<br>設計・施工ガイドライン (2025 年版)           | 2025 年4月 11 日 |
| フレキシブル<br>太陽電池利用 | フレキシブル太陽電池を利用した<br>太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン (2026 年版) | 2026 年3月 18 日 |

出所) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)ホームページに基づき NRI 作成

(壁面設置太陽光発電システムは、広義の BIPV に含まれるため、建物設置型と並べている)

建物設置型は、さらに5分類(陸屋根型、折板屋根型、勾配屋根型、壁面設置型、建材一体型)に整理される。上記で整理した「建物設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」では、現在主流の結晶シリコン型を中心に、建物屋根や壁面への設置を対象としており、架台の設置形態として5分類別に構造が説明されている。

地上設置型は野立て設置とも呼ばれ、メガソーラー等に多い設置形態である。その設置においては、基礎や架台等の構造設計が重要であり、地盤調査や造成・排水計画を踏まえて、架台設計並びに基礎を選定することが施工計画フローとして示されている。地上設置型において、架台を支える基礎は7つに分類され、ガイドラインでは各基礎の構造形式に触れられている。

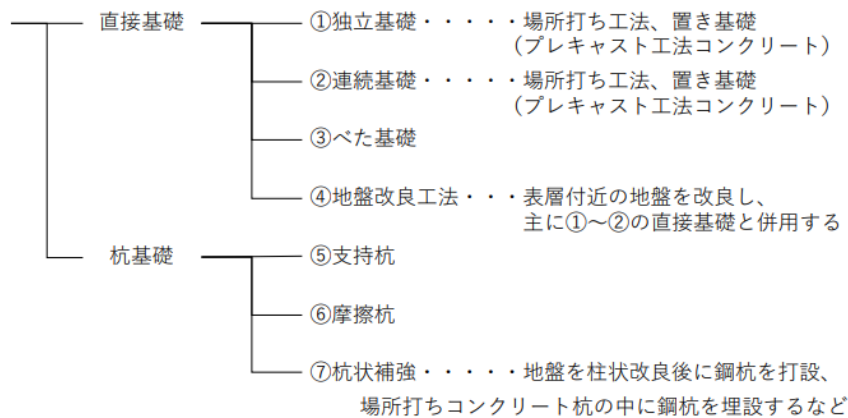


図 52 地上設置型太陽光発電システムの基礎種類

出所) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

「地上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2025 年版」

傾斜地設置型は、地上設置型の1つではあるが、斜面特有の地盤や排水、そして施工条件があるため、特有の構造設計が求められる。「傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」では、傾斜角 30 度以上かつ斜面高5m以上の急傾斜地に設置する場合、ガイドラインの要求に加えて、表面侵食や斜面崩壊、土砂流出、基礎・架台の構造安全性と施工方法についても特別な配慮を求めている。

傾斜地設置型とともに、特殊な設置形態としてガイドライン策定されたものが、営農型と水上設置型である。営農型太陽光発電は、農地の上部空間を利用しつつ、下部で営農を継続する方式である。農林水産省は、営農型を、一時転用許可を受け、農地に簡易な構造でかつ容易に撤去できる支柱を立てて、営農を継続しながら発電を行う取組と位置づけている。また現行制度では、営農継続の確保を重視しており、撤去費用負担に係る誓約書や発電事業の廃止に係る報告等、終了時を見据えた様式も整備されている。水上設置型は、ため池や調整池等の水面上にフロートを用いて太陽光発電設備を設置する方式である。水上設置型においては、令和元年(2019 年)9月に発生した破損事故(千葉県市原市)を踏まえて、積雪荷重による浮力変化や強風時の風圧・波力、また豪雨時の水位・水流、凍結圧力等を付加的に考慮すべきとの指示が、経済産業省 産業保安グループ 電力安全課から出ている。そうした経緯もあり、「水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」では、外力・荷重がかかる部位として、架台・フロート・係留部(係留索、係留アンカー)、接合部の設計を重要論点としている。

フレキシブル太陽電池を利用した設置形態とは、従来型の太陽電池モジュールでは設置が難しかった耐荷重の低い屋根や壁面等への導入を想定したものである。「フレキシブル太陽電池を利用した太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン」では、ペロブスカイト太陽電池を含むフレキシブル太陽電池の設計荷重や固定方法、また建物接合部の設計等が整理された。

4.1.1.で整理した太陽電池モジュールの種別(一部)が設置可能な場所を整理すると、以下の通りである。

| 種類(※)  | ガラス基板                  | 軽量フレキシブル  | BIPV  | ペロブスカイト              |   |
|--|------------------------|---|---|----------------------|---|
| 重量   | 11~14kg/m <sup>2</sup> | 架台なし<br>3.5~5 kg/m <sup>2</sup><br>架台あり<br>5.5~7kg/m <sup>2</sup> | ガラス<br>20~30kg/m <sup>2</sup><br>壁材<br>30~40kg/m <sup>2</sup> | 1~2kg/m <sup>2</sup> |   |
| 主な設置用途   | 地上設置<br>屋根/屋上          | 耐荷重の低い<br>屋根/曲面   | 壁面/窓/ベランダ<br>屋根/その他建材   | 耐荷重の低い屋根/<br>壁面/曲面   |   |
| <b>設置可能な場所</b><br>(○=設置可能 △=設置可能だが主要な用途として想定されていない ×=設置不可) |                        |   |   |                      |   |
| 屋外   | 地上/平面                  | ○   | ○   | △                    | △ |
|  | 地上/斜面                  | ○   | ○   | △                    | △ |
|  | 水上                     | ○   | △   | △                    | ○ |
|  | 営農型                    | ○   | △   | △                    | ○ |
| 建築物  | 屋根                     | ○   | ○   | ○                    | ○ |
|  | 耐荷重の低い屋根               | ×   | ○   | ×                    | ○ |
|  | 外壁                     | ×   | ○   | ○                    | ○ |
|  | ベランダ/手すり               | ×   | ×   | ○                    | ○ |
|  | 窓                      | ×   | ×   | ○                    | ○ |
|  | 空港・駅                   | ○   | ○   | ○                    | ○ |
|  | 建築物の曲面                 | ×   | ○   | △                    | ○ |
|  | カーポート                  | ○   | ○   | ○                    | ○ |
|  | 円柱の建築物                 | ×   | ×   | ×                    | ○ |
| その他  | 車両                     | ×   | ○   | ×                    | ○ |
|  | 室内 IOT                 | ×   | ×   | ×                    | ○ |

※ ガラス基板にはシリコンパネルだけでなく、タンデム型とペロブスカイト単独のガラス基板型を含む。BIPV はシリコンとペロブスカイトの両方を含む。軽量フレキシブルはシリコン系のみ、ペロブスカイトの項目はフィルム型のみを想定している。

図 53 太陽電池モジュールの設置場所

出所) 自然エネルギー財団「ペロブスカイト太陽電池に高まる期待(2024年9月)」

#### 4.1.3. 太陽電池モジュールの適切な取り外しに係る課題

使用済太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの観点に立つと、適切な取り外しとは「モジュール表面等を破損させず、かつ発電機能を維持した状態で取り外せること」であり、また同時に「解体・撤去作業の安全が確保されること」と考えられる。

4.1.2.で整理した設置形態(構造設備)ごとに、取り外しに係る課題並びに対応策(案)を整理した結果が、以下の通りである。なおすべてに共通する事項として、太陽電池モジュールの解体・撤去作業における安全管理は必要であり、これは「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン(第三版)」で整理されている①転落の防止、②感電の防止、③破損等による怪我の防止、④水濡れ防止に加えて、取り外した太陽電池モジュールの受光面を下にする、または遮光用シートで覆う等の対応が求められる。

表21 適正な取り外しに係る課題と対応策(案)

| 設置形態<br>(構造設備) | 適切な取り外しに係る課題   | 対応策(案)   |
|----------------|--|--|
| 構築物<br>建物設置    | <ul style="list-style-type: none"> <li>建物等の解体工事や修繕工事とあわせて実施されることが多いため、モジュールが単体管理されず、他建材や解体廃材と混合し破損する等のリスクが想定される。</li> <li>また他設置形態と比較して、屋根上・外壁面等の高所作業になるため、転落リスクが相対的に高くなる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体・撤去工事の発注にあたり、リユース・リサイクルを前提とした(破損させない)取り外しや、分別保管(混合保管・廃棄の禁止)等を組み込み、写真・マニフェスト等で検収する。</li> <li>十分な作業スペースを確保し、適切な足場や養生シートを設置する等して、転落防止策を講じる。</li> </ul>                                     |
| 地上設置           | <ul style="list-style-type: none"> <li>メガソーラー等は大量のモジュールが排出されるため、取り外しはもちろん、保管・搬出計画(工程)が適当にひかれていない場合は、解体・撤去現場で破損等を招きかねない。</li> <li>事業終了後の放置や撤去遅延が発生した場合、火災等に波及しかねない。</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>現場における保管にあたって、パレットへ積込を徹底する(立て掛け等は禁止する)等、荷姿規定をルール化する。</li> <li>搬出時の段差・振動に基づく破損を防止するために、現場からの搬出ルート(道路)を整備する。</li> </ul>   |
| 傾斜地設置          | <ul style="list-style-type: none"> <li>斜面上での運搬・仮置きが不安定で、滑落や落下等でモジュール破損が生じるリスクがある。</li> <li>足場確保が難しく転落リスクが高いことに加えて、斜面崩壊・土砂流出等の地盤リスクが撤去時にも顕在化する。</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガイドラインに基づき、資料調査や地盤調査等を参考に、解体・撤去工事の計画(取り外し後の仮置場または保管のあり方、搬出経路の確保、等)を立案する。</li> <li>パレットやラック等を用いたユニット化やモノレール等を用いた仮設搬送を含む搬出計画を組み込む。</li> <li>降雨時の作業回避・法面崩壊リスクがある場合の作業停止基準を設定しておく。</li> </ul> |

| 設置形態<br>(構造設備) | 適切な取り外しに係る課題   | 対応策(案)   |
|----------------|--|--|
| 営農型            | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体・撤去工事の空間に、農業機械の動線が存在しうる等、他設置形態にはない破損リスクがある。</li> <li>また営農地で日常的に人が作業する場合、漏電や配線損傷等による感電リスクが作業委員以外にも存在する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガイドラインに基づき、「遮断→検電→遮光→取り外し」を徹底し、農地利用者への立入管理・表示・作業区画を設定する。</li> </ul>   |
| 水上設置           | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体・撤去工事においても、積雪や強風、豪雨等の外圧がかかった場合には設備破損が起こる可能性があり、感電・火災のリスクがある。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>経済産業省電力安全課からの指示やガイドライン等に基づき、解体・撤去工事でも「破損覚知→系統遮断→立入禁止→安全確保→回収」を手順化する。</li> <li>ガイドライン技術資料に参照し、解体・撤去前に絶縁・防水状態を確認し、遮断・検電後に回収する。</li> </ul> |

出所) NRI 作成

なおフレキシブル太陽電池利用については、取り付け・取り外し件数が多くないことから、想定される課題や対応策を今後調査・検討する必要がある。例えばフィルム型太陽電池の場合、ガラス型に多かった破損リスクは小さいが、粘着・ラミネート等の剥離時に発電層が損傷しないような取り外しが求められるかもしれない。その一方で、フィルム型太陽電池のリユース・リサイクル性が明確にならないことには、その前段階に位置づく取り外し(解体・撤去)に求められる事項も整理できないため、取り外しに限定するのではなく、使用済フレキシブル太陽電池のあり方全体から調査・整理する必要があるだろう。

## 4.2. 太陽電池モジュールの環境配慮設計

### 4.2.1. 国内外の検討状況、及び評価手法の動向

2024年7月、欧州では、持続可能な製品のためのエコデザイン規制(Ecodesign for Sustainable Products Regulation; ESPR)が施行された。これは2009年から運用されていたエコデザイン指令(Energy-related Products; ErP 指令)を抜本的に改正した位置づけであり、対象製品や要件が拡大されている。EU加盟国に対して国内法の整備を要求する指令に対して、規則は国内法と同等の効力を発揮する法規制であり、ESPRの対象製品群には、太陽電池モジュールや周辺設備を含む“photovoltaic products”が含まれている。ただし、欧州太陽光発電産業連盟(ESIA)の「EUROPEAN SOLAR INDUSTRY ALLIANCE ECOMMENDATION PAPER SERIES IX」によると、ESPR対象は現在の技術のみに適用され、ペロブスカイト等の次世代太陽電池や革新的な薄膜、またペロブスカイトとシリコンを組み合わせたタンデム型等は含まれないようである。

太陽電池モジュール等“photovoltaic products”は経過措置対象製品として整理されており、2026年12月31日までにErP指令の既存規定を適用し、レビュー・改訂される製品となっている。今後、ESPR対象製品に追加された場合、製品グループごとに委任法令が発行され、具体的な要件が規定・導入されることになる。想定される要件としては、リサイクル配慮設計・容易性(Design for Recycling)や耐久性・長寿命、分解性(Design for Disassembly)、また情報開示(デジタル製品パスポート)等が含まれる予定である。

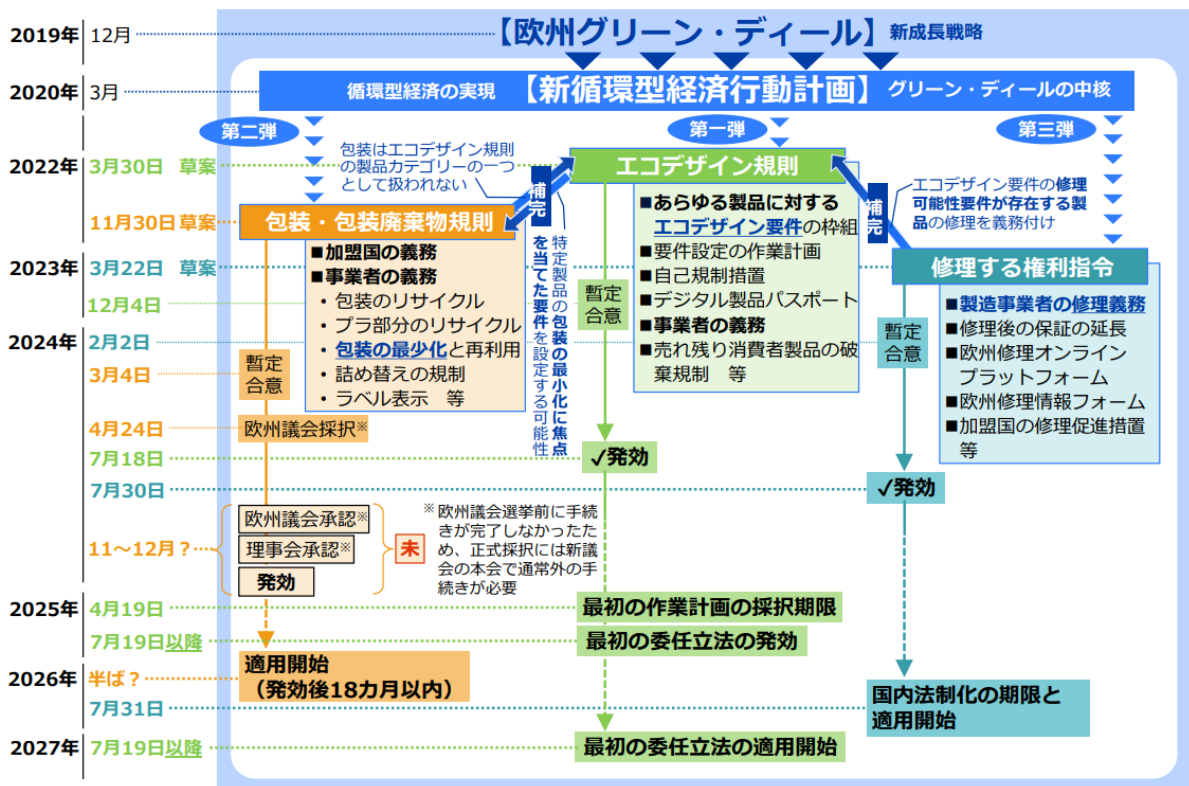


図 54 欧州グリーンディールの経緯、ならびに各法令の補完関係

出所) JETRO「EU 循環型経済関連法の最新概要」

なお「欧州標準化に向けた 2024 年作業計画(The 2024 annual Union work programme for European standardisation)」を確認してみると、太陽電池モジュール等への措置を見据えたパラメーター測定や計算に関する基準作りを 2024 年度に実施していたことが伺える。

|   | 原文  | 和訳   |
|---|---|--|
| タイトル<br>(Title)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ecodesign and energy labelling of photovoltaic products (modules, inverters and systems)</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• モジュールを含む、<b>太陽光発電製品のエコデザイン</b>とエネルギーラベリング</li> </ul>  |
| 参照先<br>(Reference)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Commission Regulation PLAN/2020/7002 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for photovoltaic products (modules, inverters and systems)</i></li> <li>• <i>Commission Delegated Regulation PLAN/2020/7007 supplementing Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of photovoltaic products (modules, inverters and systems)</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• エコデザイン指令 (ErP、2009/125/EC) を実施する委員会規則 PLAN/2020/7002</li> <li>• エネルギーラベリング規則 (Regulation (EU) 2017/1369) を補足する委員会委任規則 PLAN/2020/7007</li> </ul> |
| 欧州規格 / 標準化成果物<br>(European standards / European standardisation deliverables) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Develop new standards for photovoltaic products (modules, inverters, and systems), to support the measurement and calculation of the relevant product parameters – through reliable, accurate and reproducible measurement methods that take into account the recognised state-of-the-art measurement methods.</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 太陽光発電製品の<b>パラメーター測定や計算に向けて</b>、信頼性・正確性・再現性を有する測定方法を考慮した<b>新たな基準を開発</b>。</li> </ul>  |
| 欧州規格 / 標準化成果物の具体的な目的ならびに方針  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reducing the environmental impacts associated with photovoltaic products (modules, inverters, and systems).</i></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 太陽光発電製品がもたらす<b>環境負荷の低減</b>。</li> </ul>  |

図 55 環境配慮設計(エコデザイン)に向けた、2024 年の取組概要

出所) EUR-Lex

「Commission Notice -The 2024 annual Union work programme for European standardisation」

また欧州では、欧州気候・インフラ・環境行政機関(CINEA)が、太陽光発電製品のリサイクル可能性指標の開発に関する研究を委託しており、ムルシア大学、スペイン国立再生可能エネルギーセンター(CENER)、Viegand Maagøe によって共同実施されている。当該研究では、太陽電池モジュールとインバーターを対象に、マテリアルの関連性とリサイクル性に基づく優先部品の特定、リサイクルに係る主要パラメーターの決定、スコアリング基準の設定、そして実製品を用いた較正と検証が行われていた。なお最終報告書では、この研究結果が、ESPR の「リサイクル可能性指標の導入」に向けて、国家市場監視当局が最終的に適用する検証許容範囲の提案を含む、採点基準/区分最終案の策定に貢献すると記載されていた。

CINEA が委託した研究では、リサイクル可能性指標の算出・集計に向けて、太陽電池モジュール製品に対して、まず3つのパラメーター(計9項目)で採点を実施し、重み付けされたスコアが使用される手順となっていた。

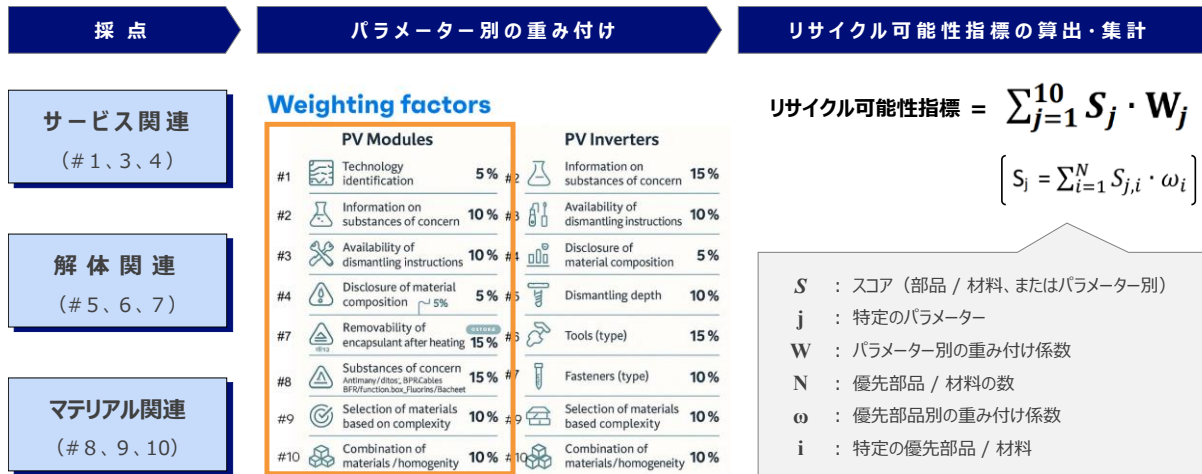


図 56 環境配慮設計(エコデザイン)に向けた、2024 年の取組概要

出所) 「Technical support for the development of a recyclability index for photovoltaic products」  
Final Report に基づき NRI 作成

以下に3つのパラメーター(サービス関連、解体関連、マテリアル関連)ごとの基準とポイントを整理する。サービス関連パラメーターとしては、技術識別、解体指示書の入手可能性、そしてモジュール組成に関する情報が存在する。中間報告等では、懸念物質の有無に関する情報(#2)が存在していたが、2025 年 11 月に公表された最終報告書では、取り消し線が入っていたため、下記からも除外している。

| # | パラメーター               | #   | 製品固有パラメーター                        | 適用性 (対象)     | 基準   | ポイント |
|---|----------------------|-----|-----------------------------------|--------------|--|------|
| 1 | 技術識別                 |     |                                   | モジュール        | 製品自体に技術識別情報がない、またはアクセスできない。                  | 1    |
|   |                      |     |                                   |              | 製品自体に技術識別情報が存在する、またはアクセスできる。                 | 5    |
| 3 | 解体指示書の入手可能性          |     |                                   | モジュール、インバーター | 解体手順書が、サードパーティのHPやDBから簡単に入手できない。             | 1    |
|   |                      |     |                                   |              | 解体手順書が、サードパーティのHPやDBから簡単に入手できる。              | 5    |
| 4 | モジュール組成に関する情報 (原材料等) | 4.1 | 組成物質等の開示                          | モジュール、インバーター | 材料組成 (製品質量70%以下) が、サードパーティのHPやDBで簡単に閲覧できる。   | 1    |
|   |                      |     |                                   |              | 材料組成 (製品質量70%~90%) が、サードパーティのHPやDBで簡単に閲覧できる。 | 2    |
|   |                      |     |                                   |              | 材料組成 (製品質量90%~95%) が、サードパーティのHPやDBで簡単に閲覧できる。 | 3    |
|   |                      |     |                                   |              | 材料組成 (製品質量95%~99%) が、サードパーティのHPやDBで簡単に閲覧できる。 | 4    |
|   |                      |     |                                   |              | 材料組成 (製品質量99%以上) が、サードパーティのHPやDBで簡単に閲覧できる。   | 5    |
|   |                      | 4.2 | 重要原材料 (CRM等) 関連情報の開示              | モジュール、インバーター | 重要原材料 (CRM) 等の有無や含有位置が、開示されていない。             | 1    |
|   |                      |     |                                   |              | 重要原材料 (CRM) 等の有無や含有位置は、部分的にのみ開示されている。        | 3    |
|   |                      |     | 完全開示されており、サードパーティのHPやDBで簡単に入手できる。 | 5            |  |      |

図 57 サービス関連パラメーターの基準、ポイント

出所) 「Technical support for the development of a recyclability index for photovoltaic products」  
Final Report に基づき NRI 作成

続いて、解体関連パラメーターとしては、優先部品の解体手順数(解体深度スコア)、解体等に必要となる工具の種類、そしてファスナーや可逆シーラント、封止材の取り外し可能性が存在する。片面太陽光(#7.2)では、加熱プロセス後の封止材の取り外しやすさが基準の1つとされていた。またアルミフレームの取り外しに必要となる力(#7.4)についても、基準・スコアが整備されていた。

| #                                  | パラメーター                    | #   | 製品固有パラメーター                 | 適用性<br>(対象) | 基準                                     | ポイント |
|------------------------------------|---------------------------|-----|----------------------------|-------------|--|------|
| 5                                  | 優先部品の解体手順数 (解体深度スコア)※     |     |                            | インバーター      | 60より多くの工程が必要                           | 1    |
|                                    |                           |     |                            |             | 45より多く、60以下の工程が必要                      | 2    |
|                                    |                           |     |                            |             | 30より多く、45以下の工程が必要                      | 3    |
|                                    |                           |     |                            |             | 15より多く、30以下の工程が必要                      | 4    |
|                                    |                           |     |                            |             | 15以下の工程に留まる                            | 5    |
| 6                                  | 解体等に必要となる工具の種類※           |     |                            | インバーター      | 専用工具が必要                                | 1    |
|                                    |                           |     |                            |             | 市販工具が必要                                | 2    |
|                                    |                           |     |                            |             | 基本工具で解体可能                              | 4    |
|                                    |                           |     |                            |             | 工具不要                                   | 5    |
|                                    |                           |     |                            |             |  |      |
| 7                                  | ファスナーや可逆シーラント、封止材の取り外し可能性 | 7.1 | 優先部品の解体に要する締結部品の種類         | インバーター      | 締結部品の取外しができない                          | 1    |
|                                    |                           |     |                            |             | 取外し可能であり、また再利用が可能                      | 5    |
|                                    |                           | 7.2 | 剥離テスト：<br>加熱プロセス後の封止材の取り外し | 片面太陽光       | 剥離困難な封止材 (70~150℃までで、接着力の低下は30%未満に留まる) | 1    |
|                                    |                           |     |                            |             | 70℃から150℃までで、接着力は30%以上60%以下の幅で低下する     | 3    |
|                                    |                           | 7.3 | 160℃加熱後における、ガラスからの封止材取り外し  | 両面太陽光       | 15ニュートン/mm2より大きな力が必要                   | 1    |
|                                    |                           |     |                            |             | 5~15ニュートン/mm2の力が必要                     | 3    |
|                                    |                           | 7.4 | フレーム取り外し可能性：<br>取外しに必要な力   | フレームつき太陽光   | 容易に封止材を取外せる (5ニュートン/mm2以下)             | 5    |
|                                    |                           |     |                            |             | フレームの取外しプロセスでガラスが破損する                  | 1    |
| 14,710ニュートンより大きな力が必要               | 3                         |     |                            |             |  |      |
| 9,870ニュートンより大きく、14,710ニュートン以下の力が必要 | 4                         |     |                            |             |  |      |
|                                    |                           |     |                            |             | 9,870ニュートン以下の力で取外せる                    | 5    |

※ # 5・6はインバーターを対象としたパラメーターであり、太陽電池モジュールは対象外となっている点に留意が必要。

図 58 解体関連パラメーターの基準、ポイント

出所) 「Technical support for the development of a recyclability index for photovoltaic products」  
Final Report に基づき NRI 作成

マテリアル関連パラメーターも3つであり、リサイクルプロセスに影響を及ぼす物質・懸念物質の濃度、リサイクル可能性の複雑さに基づく材料選択、そして優先部品使用材料の組み合わせ/均質性である。リサイクルにおける懸念物質(#8)には、ガラス内のアンチモン、ケーブル内の臭素系難燃剤、バックシート中のフッ素といった3物質が取り上げられていた。一方で、リサイクル可能性の複雑さに基づく材料選択(#9)には、グリーンリスト・オレンジリスト・レッドリストが設けられており、このアプローチは電気・電子機器(EEE)リサイクル可能性でも使用されている概念であるとのことであった。

| #                                 | パラメーター                     | #            | 製品固有パラメーター                  | 適用性<br>(対象)  | 基準  | ポイント |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|---|------|
| 8                                 | リサイクルプロセスに影響を及ぼす物質・懸念物質の濃度 | 8.1          | ガラス内アンチモン                   | モジュール        | ガラス内における、アンチモンの有無に関する記載がない                | 1    |
|                                   |                            |              |                             |              | アンチモン有無の記載があり、かつ重量あたり0.5%超のアンチモンが存在       | 2    |
|                                   |                            |              |                             |              | アンチモン有無の記載があり、かつ重量あたり0.1%超0.5%未満のアンチモンが存在 | 3    |
|                                   |                            |              |                             |              | アンチモン有無の記載があり、かつアンチモンは重量あたり0.1%未満         | 5    |
|                                   |                            | 8.2          | ケーブルや電子筐体内の臭素系難燃剤           | モジュール、インバーター | ケーブルや電子筐体内における、臭素系難燃剤の有無に関する記載がない         | 1    |
|                                   |                            |              |                             |              | 臭素系難燃剤の記載があり、かつ重量あたり0.5%超の臭素系難燃剤が存在       | 2    |
|                                   |                            |              |                             |              | 臭素系難燃剤の記載があり、かつ重量あたり0.1%超0.5%未満で存在        | 3    |
|                                   |                            |              |                             |              | 臭素系難燃剤の記載があり、かつ臭素系難燃剤は重量あたり0.1%未満         | 5    |
|                                   |                            | 8.3          | バックシート中のフッ素                 | 片面太陽光        | バックシートにおける、フッ素の有無に関する記載がない                | 1    |
|                                   |                            |              |                             |              | フッ素の記載があり、かつ重量あたり10%超のフッ素が含有              | 2    |
| フッ素の記載があり、かつ重量あたり1%超10%未満のフッ素が含有  | 3                          |              |                             |              |   |      |
| フッ素の記載があり、かつ重量あたり0.1%超1%未満のフッ素が含有 | 4                          |              |                             |              |   |      |
| フッ素の記載があり、かつフッ素は重量あたり0.1%未満       | 5                          |              |                             |              |   |      |
| 9                                 | リサイクル可能性の複雑さに基づく材料選択       | モジュール、インバーター | リサイクル性が低い材料（レッドリスト）を使用      | 1            |   |      |
|                                   |                            |              | 条件付きでリサイクル可能な材料（オレンジリスト）を使用 | 3            |   |      |
|                                   |                            |              | リサイクル性の高い材料（グリーンリスト）を使用     | 5            |   |      |
| 10                                | 優先部品使用材料の組み合わせ/均質性         | モジュール、インバーター | 分離できない複合材料を使用               | 1            |   |      |
|                                   |                            |              | 分離可能な複合材料を使用しており、容易に分離可能    | 3            |   |      |
|                                   |                            |              | 特定部分に均質材料を使用                | 5            |   |      |

図 59 マテリアル関連パラメーターの基準、ポイント

出所) 「Technical support for the development of a recyclability index for photovoltaic products」  
Final Report に基づき NRI 作成

国内でも、環境配慮設計・エコデザインへの注目は高まっている。2026 年1月に開催された、中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議(第 10 回)では、新たな法制度案として、「環境配慮設計の実施等の責務」が示されたほか、資源有効利用促進法の判断基準に基づく環境配慮設計の推進についても触れられていた。

NEDO 先導研究プログラムでは「易分解・軽量高剛性・低環境負荷サステナブル PV モジュール開発」が進められており、早稲田大学等が鉛フリー・ハニカム構造モジュールを開発し、LCA・カーボンフットプリント評価も実施している。また 2025 年度から、環境研究総合推進費でペロブスカイト太陽電池のリサイクル・環境配慮設計の技術開発が進められる等、方向性が定まり、取組や支援が開始したところである。大量排出に備えて、これまで多様なリサイクル技術開発が進められてきた中、環境配慮設計に資する動きも制度・仕組みづくり、研究開発の両面から取組が進められている。

なお太陽電池モジュールの中には、環境配慮設計・エコデザインを取り入れている製品も存在する。ただし、その多くは、省資源や耐久性・長寿命化等の設計・製造プロセスにおける評価であり、製品のリサイクル性に直接的に配慮・評価している製品は見つからなかった。

| # | 製品名                              | メーカー             | 環境配慮設計・エコデザインのポイント   |
|---|----------------------------------|------------------|--|
| 1 | Sunpower E-series/X-series       | Sunpower 社       | <ul style="list-style-type: none"> <li>鉛フリーはんだを採用しており、環境負荷を低減した設計。リサイクル段階でも、鉛は忌避物質の1とされているため、リサイクルにおける環境配慮設計に相当するか。</li> <li>Cradle to Cradle認証を、初めて取得（シルバー）した製品としても有名。</li> </ul>                     |
| 2 | Maxeon M-series                  | Maxeon 社         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cradle to Cradle認証はシルバー取得。材料等の再利用性を示す項目「product circularity」ではゴールド評価を受けており、製品そのものがリサイクルしやすい設計になっている。</li> </ul>   |
| 3 | SoliTek SOLID Pro series         | SoliTek 社        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cradle to Cradle認証でゴールド取得しており、太陽電池モジュールとしては世界でも唯一のこと。</li> <li>ガラスとセル・バックシート以外の樹脂を極力減らしており、高いリサイクル率を達成しているとのこと。（樹脂量が少ないことが、直接的にリサイクル性が高いと評価すべきかは要議論）</li> </ul> |
| 4 | Meyer Burger HJT series          | Meyer Burger 社   | <ul style="list-style-type: none"> <li>製造工程で鉛を使用しないほか、バックシートにフッ素系樹脂（PFAS）を用いない設計を導入する等、有害物質の使用量を大幅に抑制している製品。</li> </ul>  |
| 5 | SOLYCO TECC-Connect HJT module   | SOLYCO 社         | <ul style="list-style-type: none"> <li>独自開発した接着技術（TECC-Connect）を用いることで、鉛ほか、銀や鉛、ビスマスを含むしないモジュールを製造。</li> <li>銅線に樹脂をコーティングした接合は、130～180℃で融解するため、他製品と比べてガラス分離・剥離がしやすい可能性有。</li> </ul>                     |
| 6 | AVANICS PowerMax / Skala series  | Avanics 社        | <ul style="list-style-type: none"> <li>CIGS系モジュールだが、カドミウムと鉛を使用しないため、“有害物質フリー”モジュールを謳っている製品。</li> <li>Cds層の代わりに亜鉛系の無毒膜を採用することで、カドミウムフリーを実現しているとのこと。</li> </ul>  |
| 7 | Canadian Solar Low-Carbon module | Canadian Solar 社 | <ul style="list-style-type: none"> <li>製造段階となるが、低炭素フットプリントを達成しており、シリコン系としては世界最低水準（285kg-CO<sub>2</sub>）である模様。<br/>⇒ 同社の環境製品宣言や欧州ECS認証も取得している模様</li> </ul>  |
| 8 | REC Alpha Pure series            | REC 社            | <ul style="list-style-type: none"> <li>量産型の鉛フリー太陽電池モジュールであり、欧州RoHS指令にも適合。</li> <li>はんだに鉛を一切使用しない設計が評価され、2022年にIntersolar Awardも受賞済。</li> </ul>   |

図 60 環境配慮設計を取り入れている太陽電池モジュールの一部

出所) 各種公開情報に基づき作成

#### 4.2.2. 環境配慮設計の指標(案)

わが国の環境配慮設計は、JIS Q 62430「環境配慮設計」が共通フレームになる。日本電機工業会(JEMA)資料によると、「製品ライフサイクル環境負荷軽減」には、省資源、省エネ、長寿命化、アップグレード性、耐久性、有害物質削減、リサイクル性、分解容易性、再生材利用、LCA等の項目が含まれていることが分かる。

### 2. 資源循環に係る業界の主な取組み(俯瞰)

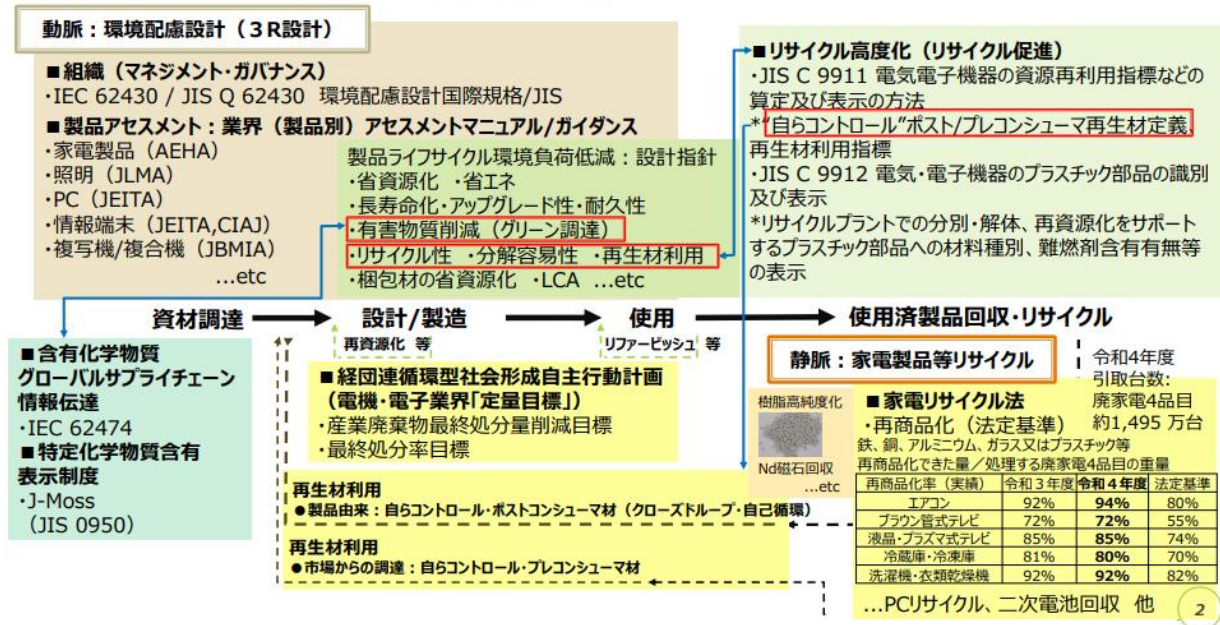


図 61 環境配慮設計の項目

出所) 資源循環経済小委員会(第3回)

日本電機工業会(JEMA)「電機業界における環境配慮設計(エコデザイン)の取組み」

太陽電池モジュールの環境配慮設計指標(案)を検討するにあたっては、JIS Q 62430を踏まえながら、製品ならではの基準等を詳細化・整理する必要がある。検討が先行している欧州動向を踏まえながら、6つの指標(案)検討を試みた。

表22 太陽電池モジュールの環境配慮設計指標(案)

| 項目     | 指標(案)  | 太陽電池モジュール<br>ならでの基準・観点  |
|--------|--|---|
| 省資源性   | 総質量原単位 (kg/kW)                                     | 発電能力・性能を、どれだけ少ない材料で達成できるかといった観点。ただし、耐久性悪化とのトレードオフを招いていないか等に留意する必要有。                             |
|        | 主要材料原単位 (ガラス : kg/kW)<br>(アルミ : g/W)<br>(銀 : mg/W) |   |
| 長寿命化   | 性能保証カーブ ※ 条件は必要                                    | 劣化率がどれだけ緩やかであるかに加えて、環境負荷に伴う製品としての耐久性を考慮。<br>ただし、耐久性の強化は、リサイクル性・分解容易性とトレードオフの関係になることがある点には留意が必要。 |
|        | 年劣化率 (PLR) ※ 条件は必要                                 |   |
|        | バックシートや接続部の対候性                                     |   |
|        | ホットスポット耐性  |   |
| 有害物質削減 | 鉛含有率 (g/module、mg/W、等)                             | 有害物質の含有率や含有率とあわせてリサイクルする際に、その回収・処理がどの程度容易なのかといった観点を組みあわせることを想定。                                 |
|        | フッ素含有率 (g/m <sup>2</sup> )                         |   |
|        | 有害物質の回収可能率   |   |
| リサイクル性 | 主要材料・資源回収率 (純度を含)                                  | リサイクル技術に応じて、ガラスや銀等の材料・資源がどの程度のクオリティで回収可能かを指標として設定。  |
| 分解容易性  | 分解に必要な工程数  | アルミフレームやジャンクションボックス、ケーブル等の分解、取り外しがどの程度容易なのかを測る指標として設定。  |
|        | 分解に必要な工具数  |   |
|        | 無破壊で取り外せる部品数 or 比率                                 |   |
| 再生材利用  | 部位別の再生材利用率 (含有率)                                   | —   |

出所) 各種調査結果に基づき NRI 作成

### 4.3. 国内リユースの実態把握

#### 4.3.1. リユース事業者の事業領域、並びに事前確認している情報

処理実態調査でリユースに関する事業領域・業務範囲を尋ねたところ、大きく2つに大別される結果となった。受付・相談対応から検査、販売まで一気通貫で手掛ける事業者には、すべてを自社で手掛けるケースもあれば、例えば現地検査は協力事業者に任せているケースも存在した。またリサイクル事業はもちろんのこと、リパワリング事業と組み合わせて、リユース事業を手掛けている事業者も存在していた。受付・相談のみを手掛けている事業者も一定存在しており、いずれも協力関係にあるリユース事業者を紹介・連携していた。

|                       | リユース<br>受付・相談 | 検査実施 |     | リユース品販売 |       | 輸送 |
|-----------------------|---------------|------|-----|---------|-------|----|
|                       |               | 現地   | 施設内 | ユーザー直売  | 商社等向け |    |
| リユース事業<br>一気通貫型       | 事業者 A         | ○    | ○   | ○       | ○     | ○  |
|                       | 事業者 B         | ○    | ○   | ○       | ○     | △  |
|                       | 事業者 C         | ○    | ○   | △       | ○     |    |
|                       | 事業者 D         | ○    | ○   | △       | △     | ○  |
|                       | 事業者 E         | ○    | △   | ○       | ○     |    |
|                       | 事業者 F         | ○    | ○   | ○       | ○     |    |
|                       | 事業者 G         | ○    | △   |         |       | ○  |
|                       | 事業者 H         | △    |     | ○       | ○     | ○  |
|                       | 事業者 I         | △    |     | △       | △     | △  |
|                       | 事業者 J         | △    |     | △       |       | △  |
| 受付・対応のみ<br>(協力事業者へ連携) | 事業者 K         | ○    |     |         | ○     | ○  |
|                       | 事業者 L         | ○    |     |         |       |    |
|                       | 事業者 M         | ○    |     |         |       |    |
|                       | 事業者 N         | ○    |     |         |       |    |
|                       | 事業者 O         | ○    |     |         |       |    |
|                       | 事業者 P         | ○    |     |         |       |    |

※ 図内「○」は事業者が必ず実施すると回答した業務を示し、「△」は購入者との契約内容等によっては手掛けない業務領域を示す。

図 62 リユースに関する事業領域・業務範囲

出所) NRI 作成

なお令和6年度調査において「リユース検査・診断のみを手掛けている」と回答した事業者が存在したが、検査装置の故障等に伴い、性能検査事業から撤退していることが分かった。現在、当該事業者は受付・相談対応のみを手掛けており、排出者側から相談があった場合にリユース向けモジュール査定会社を紹介しているようである。

使用済太陽電池モジュールのリユースにあたり、リユース事業者側から排出者(発電事業者、所有者等)に連携を求めている情報は、以下の通りであった。ほぼすべての事業者が製品情報や運転状況等を確認しており、同時にモジュール表面や裏面(銘板部分)写真の提供も依頼していることが分かった。また劣化率の観点から、運転年数 10 年以内をリユース基準として設定している事業者が多い中、78.6%のリユース事業者が「運転年数(使用年数)」を受付・相談のタイミングで発電事業者から取得していることが分かった。また発電実績データやPR 値、絶縁抵抗検査結果等の情報連携を求めるリユース事業者は約半数に及び、当該情報から使用済モジュールの発電効率や劣化率等を予測しているものと推察される。なお、その他の回答としては、引渡し条件や積込・梱包等の搬出作業に関わる協力可否、また搬出する際のスペース有無(トラックの搬入可否)等があげられた。

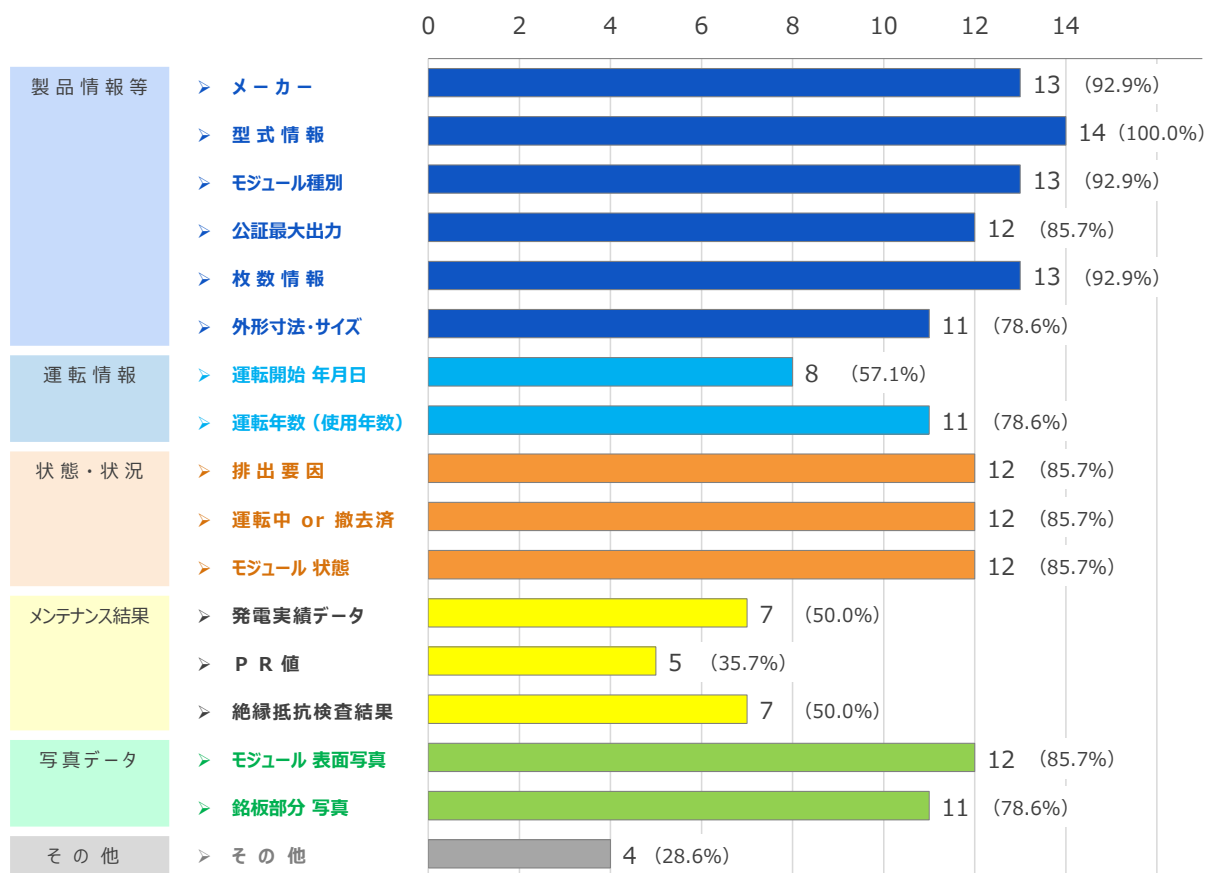


図 63 使用済太陽電池モジュールのリユースにあたり、確認している情報 (n=14)

出所) NRI 作成

確認している情報とあわせて、リユース品として取り扱うモジュールの条件等を独自に設定しているか聴取したところ、運転年数や太陽電池モジュール種別ごとの出力に、閾値を設定しているとの声が複数聞かれた。運転年数は共通して 10 年を基準としている一方、出力閾値はリユース事業者によって異なっていた。その他、排出量ボリューム(例:100 枚以上)を取扱条件として定めている事業者や、太陽電池モジュールの銘板部分に認

証マーク(JET 認証や VDE 認証、ドイツ TÜV 認証、アメリカ UL 認証、等)が記載されていることを条件としている事業者、またモジュールの形状や外形寸法・サイズ(例:短辺 800mm 以上)等で取扱可否を判断している事業者も存在した。

一方、新古品や過剰在庫等、未使用状態の太陽電池モジュールをリユース品として取り扱う際、所有者に確認している情報は、以下の通りであった。新古品・未使用品のリユースでは、回答があった7事業者すべてで確認・取得している情報は共通している傾向にある。なお、その他の回答としては、荷姿やパレット梱包の有無・サイズ(太陽電池モジュールとパレットを合わせたサイズ)、また引渡し条件や搬出する際のスペース有無(トラックの搬入可否)等があげられた。

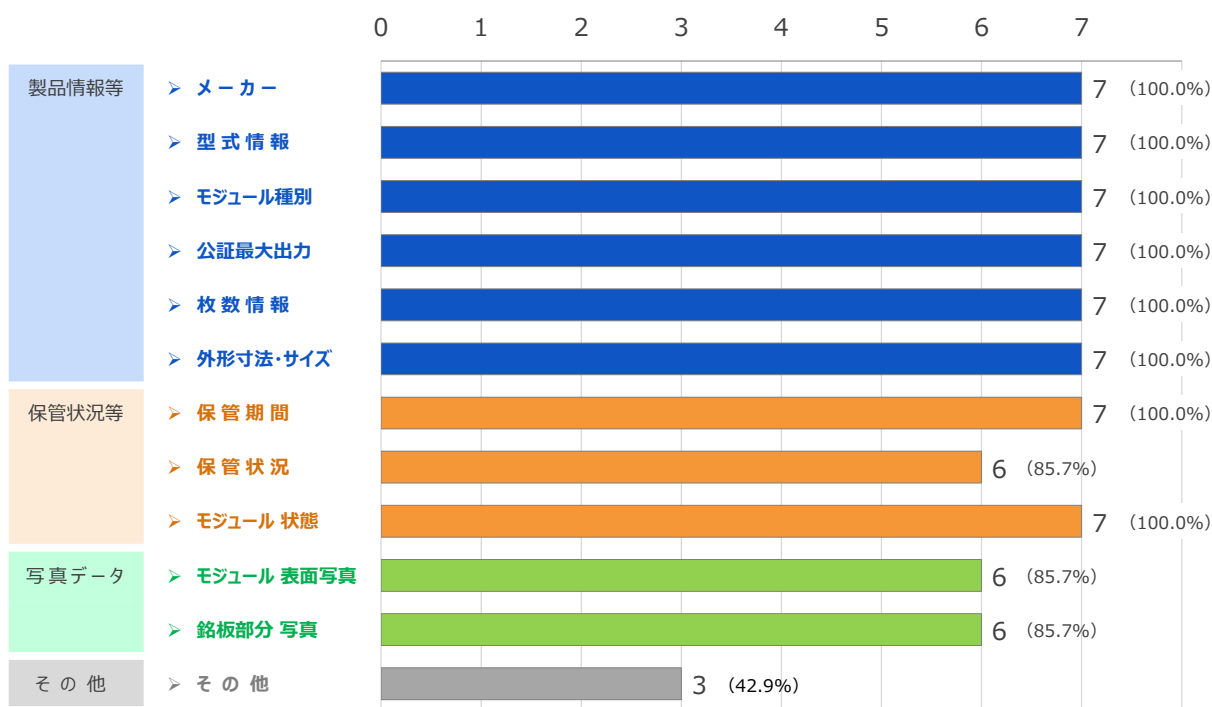


図 64 未使用品・新古品のリユースにあたり、確認している情報 (n=7)

出所) NRI 作成

### 4.3.2. リユース診断方法(検査項目)

使用済太陽電池モジュールのリユース診断として、回答があった7事業者すべてが、現地検査において外観検査(目視検査)を実施していた。先述の通り、リユース事業者は製品情報や運転情報、また写真等を入手しているが、リユース品として取り扱うにあたり、申告通りであるか、また汚れや破損がないかを確認しているようである。その一方で現地検査において、その他診断まで必ず実施しているリユース事業者は少なく、これは後述する施設内検査で実施するためであると推察される。ただし、リユースチェッカーを用いて○×自動判定を行い、正常作動性が確認できたものをリユース品として取り扱っている事業者や、取り外し前(運用中)太陽電池モジュールのリユース診断にあたり、発電状態でも絶縁抵抗測定が可能な総合試験器を使用しているリユース事業者も存在した。

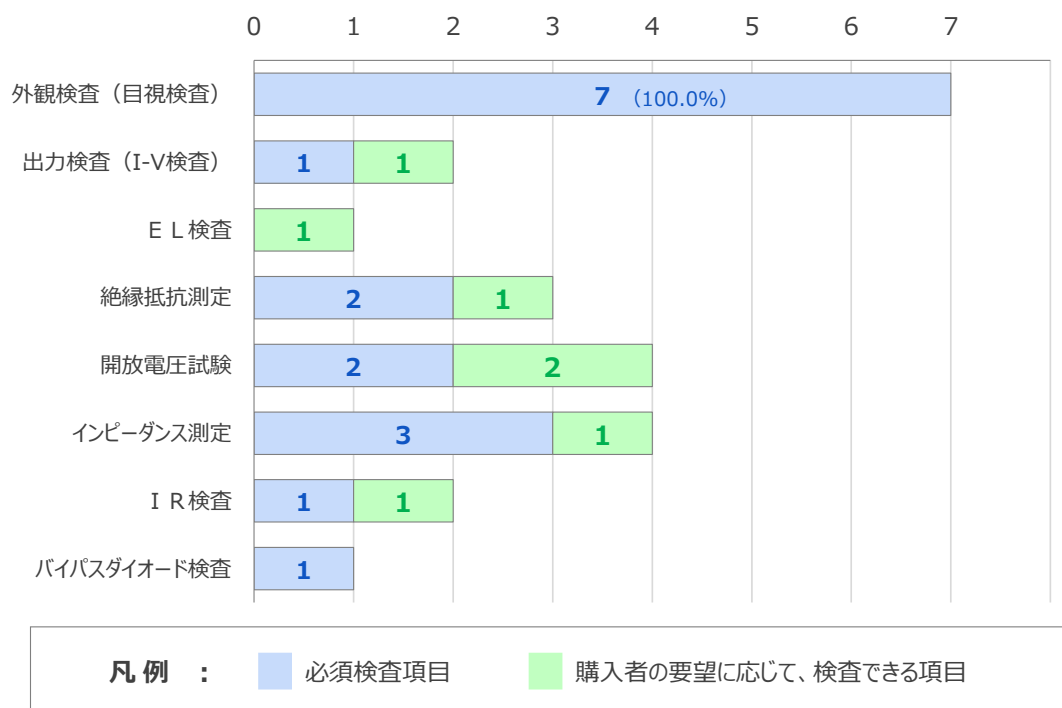


図 65 現地検査で実施している項目 (n=7)

出所) NRI 作成

なお、未使用品・新古品の太陽電池モジュールをリユース品として取り扱う場合、破損有無を確認するために外観検査のみ実施すると回答した事業者もいたが、リユース事業者の多くは「(未使用品・新古品の場合は)必ずしも現地検査を実施するものではない」と回答していた。

使用済太陽電池モジュールの施設内検査では、外観検査(目視検査)はもちろんのこと、性能を測定できる出力検査や、安全性や正常作動性を確認するための絶縁抵抗測定・開放電圧試験・インピーダンス測定等を実施しているリユース事業者が多い傾向にあった。ただし、リユースチェッカーを使用していると回答した事業者多いことから、あくまで「太陽電池モジュールの適正なリユース促進ガイドライン」に基づいたリユース可否判断を

目的に簡易検査しているものであり、専用機器や装置等で詳細検査を行っているものではなかった。過年度調査でも伺えた傾向だが、検査項目の増加や詳細検査の実施による追加コストはリユース品価格に転嫁されるため、リユース事業者が問題なくリユースできると判断した後の詳細検査は、購入者に実施可否を委ねていた。

施設内検査にあたっては、I-V 検査装置やシミュレーター、EL 検査装置、総合検査機・測定器を使用するリユース事業者もいる中、リユースチェッカーでのみ判定している事業者も存在した。

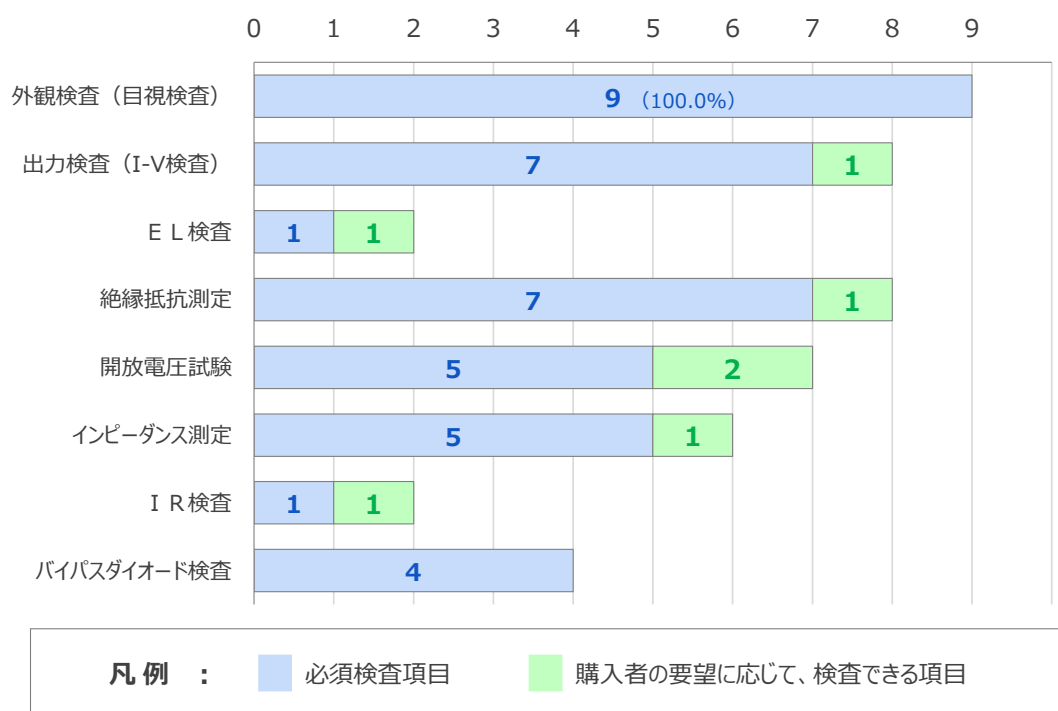


図 66 施設内検査として実施している項目 (n=9)

出所) NRI 作成

これら結果の通り、リユース診断方法は事業者によって異なる。その安全性・正常作動性を確認するための検査項目が複数存在する中、どの項目で検査しているか、簡易検査なのか詳細検査なのかは、リユース事業者としての戦略、また購入者側の要望次第であった。また前述したリユース品として取り扱うモジュールの条件・閾値等の観点でも、運転年数 10 年を基準としている事業者が多いが、すべての事業者が同じ基準を設定している訳ではない。過年度調査でアンケート・ヒアリングにより聴取したところ、運用中の発電施設で数枚が故障・破損した場合、同一メーカー・同一型式の使用済太陽電池モジュールを求める発電事業者がいるため、その要望に応えるために 10 年以上運用された太陽電池モジュールをリユース品として取り扱っている事業者も存在していることが分かっている。

リユース品の品質実態や価格でも同じ傾向が見られ、リユース品として問題なく運用できることの担保は共通しつつも、性能評価やランク付与、また瑕疵保証等の付加価値を乗せて販売するかは、リユース事業者の戦略次第である。太陽電池モジュールとしての価格が値付けされた新品モジュールと異なり、リユース品は、購入者の要望によって価値(品質保証)・価格が変動する。リユース品価格と詳細検査はトレードオフの関係にある中、

以前と比べて新品モジュールの価格が低下してきたことで、これまでリユース品の強みであった価格優位性も小さくなっている。そのため、リユース事業者の戦略は「簡易検査による正常作動性のみを判定して低価格で販売する方針」と「詳細検査も踏まえて、品質評価や瑕疵保証等をつけた高付加価値方針」に分かれている。

そのような事業特性があるため、リユース品価格は様々である。各リユース事業者は、それぞれ性能等に応じた価格基準を設定しており、追加する検査内容等によって価格が上昇する構造であると推察されるが、一般公開されている情報はなく、ヒアリング調査等でも非公開と回答する事業者が多かった。なお一部事業者では、使用済太陽電池モジュールの販売価格をホームページ等で公開しているが、リユース品価格幅を約1～6万円/kWと表現している事業者も存在しており、性能・品質によって価格が大きく変動することが伺える。また海外に関して、EnergyBin が公表する「2025 PV Module Price Index Secondary Solar Market」を参照すると、使用済太陽電池モジュールの平均価格(2025年第4四半期)は0.058USD/Wであり、2024年1月から約30%急落したと報告されていた。

| 観 点                      | 新 品 モ ジ ュ ー ル                                  | リ ュ ー ス 品   |
|--------------------------|--|---|
| <b>1. 費用対効果</b>          |  |   |
| 発電性能                     | 高い   | 相 対 的 に <b>中～低</b> (製品に依存)                          |
| 導入コスト (製品価格)             | 相 対 的 に 高 い 傾 向                                | 相 対 的 に <b>安い傾向</b><br>(詳細検査する場合には高くなるケースもあり)       |
| 導入コスト (設置コスト)            | 同 等 ※  | 同 等 ※   |
| 導入コストに対する補助等             | あり   | なし  |
| <b>2. 製品保証</b>           |  |   |
| メーカー保証                   | あり   | なし  |
| 損害保険等                    | <b>保険メニューが豊富</b><br>(火災保険・地震保険、第三者賠償保険、利益保険、等) | 原則なし<br>(一部事業者のみで瑕疵保証がある状況)                         |
| <b>3. モジュール供給性</b>       | 同一製品を <b>安定供給</b>                              | バラつきが発生   |
| <b>4. 環境価値 (GHG削減効果)</b> | 相 対 的 に <b>低い</b>                              | 相 対 的 に <b>高い</b><br>(製造段階のCO <sub>2</sub> 発生がない、等) |

※ 設置コストは、設置枚数や場所に依存するため“同等”と表記。

図 67 新品モジュールとリユース品の比較

出所) NRI 作成

### 4.3.3. リユース促進に向けた打ち手の検討

太陽電池モジュールのリユース促進並びにリユース市場の拡大に向けて、事業者からは、リユース品の使用によるインセンティブ制度等を求める意見が複数聞かれた。

表23 インセンティブ制度を求めるリユース事業者意見（処理実態調査より）

|      |  |
|------|--|
| 事業者A | <ul style="list-style-type: none"> <li>リユース品を採用した太陽光発電設備（発電所）や、リユース品で発電した電気・電力に対するインセンティブ設計がない。</li> </ul>   |
| 事業者B | <ul style="list-style-type: none"> <li>新品モジュールの低価格化によって、リユース品の価格優位性が小さくなる中、製品価格以外で、リユース品を使用するメリットが生まれる仕組みが必要だろう。</li> </ul>  |
| 事業者C | <ul style="list-style-type: none"> <li>まず現在の太陽電池導入補助金の中には、リユース品が対象となっていないことがある。補助金の二重取り等が課題になるのかもしれないが、リユース促進に向けて見直しをお願いしたい。</li> <li>その上で、リユース促進に向けては、環境価値に重点を置いたインセンティブの整備や法制度化が必要になるだろう。例えば、CO<sub>2</sub>削減量に応じた補助金制度や自治体のリユース活用義務化、補助金適用等が考えられる。</li> </ul> |
| 事業者D | <ul style="list-style-type: none"> <li>リユース品使用による、税制優遇等を検討いただきたい。</li> </ul>   |

出所) NRI 作成

リユース品の強みであった価格優位性が小さくなる中、その使用に伴う金銭的優遇（インセンティブ制度、税制優遇、等）を望む声が多くなっている。また政府や自治体等の公的機関が、率先してリユース品の導入を進めることで、リユース品は使えるものといったメッセージを国策として発信してほしいとの意見もあった。そうした中、リユース事業者ヒアリングでは、その導入先として、電力以外の形態で再生可能エネルギーを活用する Power to X (P2X) 等、オフグリッドシステムとして活用してはどうかとの意見も伺えた。当該事業者によると、オンサイト PPA へのリユース導入は、屋根構造上の制約や発電量・発電効率の観点から見送られるケースが多く、リユース品であっても発電価値を見出せる領域としてオフグリッドシステム等が有望だろうとの意見であった。P2X は、カーボンニュートラル達成に向けたアプローチの1つとして、欧州を中心に取組が進んでいる中、排出量の抑制並びにリユース促進（リユース品の受け皿）として、その有用性や効果を検討する価値はあるかもしれない。

またリユース促進の観点から、引き続き不適正リユースの防止策を望む声も、複数事業者からあがっていた。不適正リユースとは、再利用できない使用済太陽電池モジュールがリユース品として流通することであり、特にリユース品として海外輸出されるモジュールの中には、廃棄物相当のモジュールが含まれている可能性を指摘する声も聞こえている。

表24 不適正リユースを懸念する事業者意見（処理実態調査より）

|      |   |
|------|---|
| 事業者A | <ul style="list-style-type: none"> <li>不良モジュールや破損したモジュールを買い取る事業者を監視してほしい。そうした事業者の中には、数円で使用済モジュールを購入し、アルミ等有価物のみ回収し、残りを不法投棄する事業者もいると聞いている。</li> </ul>   |
| 事業者B | <ul style="list-style-type: none"> <li>破損しているモジュールを買い取る事業者も存在しており、バーゼル条約に違反する形で海外に輸出されているのではないかと考える。</li> <li>例えば海外輸出においては、リユース品として認められる基準を明確に設定し、必要検査並びに基準を満たした製品のみを輸出可能とするといったルール整備が必要ではないか。</li> </ul> |
| 事業者C | <ul style="list-style-type: none"> <li>海外輸出に関しては、検査を実施していないリユース品が大半であり、せめて梱包し、性能確認をしたうえでの輸出をルール化する必要があるだろう。</li> </ul>  |
| 事業者D | <ul style="list-style-type: none"> <li>リユース品の海外輸出について、一部の輸出業者に問題があると考えられる。</li> </ul>   |
| 事業者E | <ul style="list-style-type: none"> <li>リユース品として適当でないモジュールも、海外輸出されていると聞いている。</li> </ul>  |

出所) NRI 作成

不適正リユースの防止に向けた検討は急務である。リユース促進及び市場健全化を見据えると、再利用できること、すなわち正常作動性を証明できる「必要最低限の診断項目・基準」を整備し、リユース品販売の条件にすることが、不適正リユース防止に向けた1つの方法であると考えられる。こうした診断項目・基準整備は、国内リユースはもちろん、不適正な海外リユースを防止する観点でも重要である。

リユース事業者にヒアリングを行ったところ、複数の事業者から、海外に輸出されるリユース品の中に、再利用できない太陽電池モジュールが含まれかねない可能性を問題視しているとの声もあがっている。海外ユーザーの多くは、使用歴やロット数(枚数)等の情報から購入判断を行っており、安価に仕入れるために性能検査を求めない傾向にある。顧客側の要望ではあるが、簡易検査すら行われていない場合、リユース品として取り扱われた使用済太陽電池モジュールは、再利用できない可能性がある。そうした廃棄物に相当するモジュールの海外輸出は、バーゼル条約に抵触しかねないことから、必要最低限のリユース診断項目・評価基準を整備することは望ましい。

一方で、診断項目・基準を整備する際のポイントは、正常作動性を証明するための必要最低限の項目に絞ること、及び簡易検査が可能であることが求められるだろう。新品モジュールの価格低下によってリユース品の価格優位性が小さくなっている状況下、むやみに診断項目や基準を設けることは、リユース促進と逆行しかねない。そのため、あくまで必要最低限の診断項目のみを整備し、性能検査や品質基準等の要否は、リユース事業者の競争領域とすることが最も適当であると考えられる。

#### 4.3.4. 「リユース促進ガイドライン」の修正方針案

「太陽電池モジュールの適切なリユース促進ガイドライン(以下、「リユース促進ガイドライン」という。)」は令和3年(2021年)5月に公表されており、約5年が経過している状況である。そのため、今後の改訂の可能性を見据え、追記・更新の方針をまとめた。

前提として、リユース促進ガイドラインでは、その策定目的を「関係する事業者がリユース品として必要な状態とそれを確認、証明する方法を示すことにより、太陽電池モジュールの不適正なリユースを防止するとともに適切なリユースを促進すること」としている。また基本的な立て付けを確認すると、日本国内でリユースされる太陽電池モジュールについて、「リユース品として扱うことが適当な機能や条件を最低限有することを示す」ものであり、「具体的な状態や条件は取引者間の合意によって決められることを前提」としている。こうしたガイドラインの役割を踏襲する場合、改訂で求められる事項は品質基準等の整備・提示ではなく、最低限の機能・条件の明確化、関係主体ごとの役割・情報連携すべき事項の具体化、そしてリユース促進に寄与する情報整備にあると考える。

##### 4.3.4.1. 方針1 「協調領域と競争領域の明文化」

リユース促進ガイドラインの目的である、適正なリユース促進・不適正リユース防止に資する「リユース事業者が必ず確認すべき最低限の機能・条件」は協調領域と位置付け、追加的な性能検査や品質基準の整備、製品保証の付与等は、各社が独自判断する競争領域とする等、その境界を明らかにすることが望ましいと考える。協調領域については、正常作動性の証明方法や必須記録項目、また梱包・引渡し条件までを、リユース事業者が遵守すべき共通ルールとして示し、品質基準や製品保証、またそれらに基づく価格設定は事業者が各々に判断すべき事項と明記すべきだろう。

正常作動性に係る検査項目は、現在のリユース促進ガイドラインを踏襲しつつも、発熱・火災リスク防止の観点からバイパス回路の点検必要性を追記する等、リユース事業者からの意見を踏まえて更新することが望ましい。協調領域・共通ルールを目指す中、正常作動性の証明・担保と検査コストの抑制のバランスを踏まえることが重要である。

##### 4.3.4.2. 方針2 「構成の見直し、並びに想定仕様者別コンテンツの整備」

リユース促進ガイドラインの構成として、排出者(所有者、発電事業者)向けコンテンツ、及び解体・撤去業者向けコンテンツを独立して記載することが望ましいと考える。現行ガイドラインでは、これら主体も想定使用者に含めているが、実務上の情報整理や解体・撤去手順まで詳細には踏み込んでおらず、それぞれが、どこを参照すればよいか分かりづらい構成となっている。

所有者や発電事業者向けには、排出時に、まずリユース事業者に連絡することを推奨すると同時に、リユース可否判断に活用できる情報(メーカー、型式、運用開始日(運用年数)、ストリング構成、点検履歴、故障・修理履歴、災害・罹災履歴、保証状況、等)を整理・提示しておくことが望ましい。そのような情報をチェックリスト等で整理しておくことで、所有者や発電事業者の情報管理を促し、リユースの促進・円滑化へと繋げられるのではないかと考える。

また、解体・撤去業者向けには、ラベル保全、ガラス割れ・フレーム変形・ケーブル損傷を避ける取り外し方法、リユース候補品と破損品の現場分別、写真記録、ロット混在防止、仮置き・保管・梱包方法、引渡し記録の作成方法等を明記すべきである。

#### 4.3.4.3. 方針3 「リユース事業者による、情報管理フォーマットの標準化・整備」

使用済太陽電池モジュールのリユースに限ったことではないが、発電事業者(所有者)から解体・撤去業者、リユース業者、リサイクル・最終処分業者まで引き継がれる標準管理フォーマットを整備し、モジュール情報(メーカー、型式、等)や運用履歴・事故歴、また撤去理由等の情報連携を可能にすることは、リユース・リサイクル推進の観点で望ましい。

太陽電池モジュールにおいてもデジタルプロダクトパスポート(Digital Product Passport; DPP)整備に向けた実証等が行われている中、リユース事業者が管理・連携すべき情報整備も存在する。具体的には、撤去前の確認結果(現地検査結果)や、施設内検査の結果、リユース可否判断、また搬出先・販売先(商社、発電事業者、最終処分業者、等)といった事項が想定され、DPP 実装までの間は、リユース促進ガイドラインの付録等で、情報管理フォーマットを準備することが望まれるだろう。

#### 4.3.4.4. 方針4 「リユース品利用による効果・メリット等の情報発信・普及啓発」

リユース促進に向けて、リユース品の需要形成に資する情報発信をガイドラインに具備する意義は大きい。適切な検査を経たリユース品の利用は、排出ピーク平準化や廃棄物発生抑制、また資源の有効利用に資するものである。また条件によっては、設備導入時の温室効果ガス排出量の低減も期待される場所、そうした効果・メリットをリユース促進ガイドラインに整理することは一案である。これまで環境省調査で実施されてきたリユース品利用によるCO<sub>2</sub>排出量削減効果や、令和4年度調査で作成した「リユース品導入事例集」、またリユース事業者等が公表しているリユース品導入事例・効果等が掲載情報の候補となるだろう。

それら効果・メリット等とあわせて、リユース品利用における留意点に触れることも重要である。絶縁不良等の安全管理はもちろん、既設設備にリユース品を混在させる場合の確認事項(適合確認、施工条件、等)まで整理することで、一方的な利用推奨に留めず、適正利用に向けた普及啓発を目指す。

## 4.4. リユース品利用による環境負荷の削減効果

### 4.4.1. リユース品利用による二酸化炭素排出量の削減効果

#### 4.4.1.1. 分析の目的・概要

本検討では、太陽光発電においてリユース品を使用することによる温室効果ガス排出量等の環境負荷の削減効果を評価するための分析を実施した。具体的には、発電におけるリユース品利用のパターンを整理した上で、新品の太陽電池モジュールを選択した場合とリユース品を選択した場合とで、ライフサイクル全体でどの程度の二酸化炭素削減効果が見られるか比較を行った。

#### 4.4.1.2. 太陽光発電におけるモジュール利用・選択の想定パターン

太陽光発電において新品モジュール・リユース品がどのように使われるかを整理するべく、選択されるモジュールとその稼働年数、またそれらの組み合わせ方の整理を行った。実際には稼働年数やリパワリングの回数等を変えることで無数の組み合わせ方を検討することが可能だが、シミュレーションとして単純化する目的でも、ここでは現実的に起こり得ると想定しやすいパターンに絞って整理を行った。

想定パターン整理の結果は、図 68 に記載した通りである。本検討で対象とする太陽光発電所の稼働期間は基本的には全体で 30 年間とし、その中で新品モジュールやリユース品を組み合わせながら適宜リパワリングやリプレースを実施するものとした。

#1は、新品モジュールを20年間運用し、そこで発電所全体の稼働を終了するパターンとした。運用期間が30年間に満たないパターンは、この#1のみである。#2は、#1と同様に新品モジュールを発電所の運転開始から使い、それを30年間稼働し続けるパターンとした。#3は2つに分かれており、#3-Aは、新品モジュールを15年間運用した後にリパワリングを行い、別の新品モジュールで残りの15年間を稼働させるパターンである。#3-Bは、モジュールの運用期間を10年間とし合計2回リパワリングを行うパターンとして設定した。#4-Aは、新品モジュールを15年間運用した後に、5年間運用済のリユース品へとリプレースを行い残りの15年間を運用するパターンである。#4-Bは#4-A同様に、新品モジュールを運用した後に5年間運用済のリユース品へとリプレースを行うパターンであるが、リプレースのタイミングが運用開始10年後と5年分早くなっている。#4-Cならびに4-Dは、それぞれ#4-A、4-B同様、15年目・10年目でリユース品へのリプレースを行うパターンであるが、リユース先のモジュールが10年間運用済のものとしている。#5は、導入時からリユース品を用いるパターンであり、#5-Aは5年運用済のモジュールを導入して15年間運用した後に、別の5年間運用済のモジュールへとリプレースを行い残りの15年間を運用する。#5-Bは、#5-Aと同様のタイミングでリプレースを行うが、導入するモジュールが運転開始時・リプレース時とも10年間運用済のモジュールである。

| # | ケース概要   | モジュール運用イメージ                       |                                |    |    |    |    | 工程別 評価回数 |   |       |    |
|---|---|-----------------------------------|--------------------------------|----|----|----|----|----------|---|-------|----|
|   |   | 0                                 | 5                              | 10 | 15 | 20 | 25 | 30       | 年 | 調達・製造 | 輸送 |
| 1 | 新品モジュールを20年間運用                                | 新品                                |                                |    |    |    |    | 1        | 1 | 0     |    |
| 2 | 新品モジュールを30年間運用                                | 新品                                |                                |    |    |    |    | 1        | 1 | 0     |    |
| 3 | 新品モジュールをX年間運用した後、リパワリング                       | X = 15                            | 新品 → リパワリング → 新品               |    |    |    |    |          | 2 | 2     | 0  |
|   |   | X = 10                            | 新品 → リパワリング → 新品 → リパワリング → 新品 |    |    |    |    |          | 3 | 3     | 0  |
| 4 | 新品モジュールをY年間運用した後、5年運用済のリユース品にリプレース            | Y = 15                            | 新品 → リプレース → リユース品 (5年)        |    |    |    |    |          | 1 | 3     | 1  |
|   |   | Y = 10                            | 新品 → リプレース → リユース品 (5年)        |    |    |    |    |          | 1 | 3     | 1  |
|   | 新品モジュールをZ年間運用した後、10年運用済のリユース品にリプレース           | Z = 15                            | 新品 → リプレース → リユース品 (10年)       |    |    |    |    |          | 1 | 3     | 1  |
|   |   | Z = 10                            | 新品 → リプレース → リユース品 (10年)       |    |    |    |    |          | 1 | 3     | 1  |
| 5 | 5年運用済のリユース品を調達して15年間運用した後、5年運用済のモジュールにリプレース   | リユース品 (5年) → リプレース → リユース品 (5年)   |                                |    |    |    |    | 0        | 4 | 2     |    |
|   | 10年運用済のリユース品を調達して15年間運用した後、10年運用済のモジュールにリプレース | リユース品 (10年) → リプレース → リユース品 (10年) |                                |    |    |    |    | 0        | 4 | 2     |    |

図 68 本シミュレーションにおけるリユース品利用の想定パターン

出所) NRI 作成

各パターンにおける環境負荷の評価方法であるが、発電所全体のライフサイクルをいくつかの工程に分割し、工程ごとの発生回数と二酸化炭素の排出量を設定して、シミュレーションを行った。工程は「調達・製造」、「輸送」、「洗浄・検査」の3つに分割しており、各パターンにおける工程ごとの発生回数は図 68 右部に記載している通りである。例えば#1では、「調達・製造」、「輸送」工程が1回ずつ発生し、「洗浄・検査」工程は1回も発生していない。これは、本パターンにおいては新品モジュールの製造や発電所までの輸送は発生する一方で、リユース品利用を伴わないため洗浄・検査は不要であることに起因するものである。同様に、例えば#4-A では、「調達・製造」工程が1回、「輸送」工程が3回、「洗浄・検査」工程が1回発生するとカウントした。「調達・製造」は、発電所の運転開始時に用いる新品モジュールの製造において発生する。「輸送」は、新品モジュールの工場から発電所までの輸送と、リプレース先であるリユース品の元々の発電所から検査工場までの輸送、同リユース品の検査工場から発電所までの輸送の3回が発生する。「洗浄・検査」は、リプレース先のリユース品の検査に伴い1回発生する。

上記のような考え方に則り、各パターンの工程別発生回数をカウントした。また、工程別の二酸化炭素発生量と、化石燃料を利用した火力発電からの発電代替による二酸化炭素削減量についても併せて試算を行い、全体の評価を行った。

#### 4.4.1.3. シミュレーション結果

各想定パターンについて、前項で述べた工程別評価回数と、ライフサイクル全体での二酸化炭素排出量、発電代替による二酸化炭素削減量は、次ページの図 69 に示す通りである。

工程別評価回数については、基本的には前図で示した考え方に基づくものであるが、#4以降で小数点以下を伴う数値となっている。これは、リユース品の候補として検査に回される利用済モジュールのうちすべてがリユース可能なわけではないことに起因するものであり、本シミュレーションにおいてはリユース可能率を 80%と設定しているために、リユース工程を含むパターンにおいて評価回数が 1.25 倍(=1/0.8)となっている。

ライフサイクル全体での二酸化炭素排出量は、パターンごとの工程別評価回数に工程別の二酸化炭素排出量を乗じることで算出している。ここでは「調達・製造」に係る二酸化炭素排出量が他工程に比べても多いため、二酸化炭素排出量は主に新品モジュールの利用回数に大きく相関する形となっている。

発電代替による二酸化炭素削減量であるが、以下のような前提の下で計算を行った。発電期間は既に述べたように 30 年間であり、本発電所の出力は 1,000kW とした。モジュールの発電効率の劣化率は年あたり 0.5 ポイントとして設定し、リユース品を導入する際にも経過済の稼働年数に応じた効率で発電が行われるものとした。太陽光発電による発電量 1kWh につき 0.72t の火力発電代替に伴う二酸化炭素削減が行えると仮定し、発電期間(20 年または 30 年)中の総発電量(kWh)に対して 0.72 を乗じることで二酸化炭素削減量(t)を算出することができた。パターン別の削減量は図 69 の最右列に記載している通りであるが、削減量は発電所の稼働年数に大きく相関するものであり、稼働年数が 30 年間である#2から#5-B の発電パターンにおいては、大きな違いは見られなかった。

なお、ライフサイクル全体での二酸化炭素排出量と、発電代替による二酸化炭素削減量は、異なる概念であるため、簡単に横比較してはならない。すなわちシミュレーション結果について、削減量と排出量の差分から、パターン間での優劣を単純に決められる性質のものではない点に留意が必要である。

| #  | 想定パターン  | 工程別評価回数 |      |       | ライフサイクル<br>CO <sub>2</sub> 排出量 (t) | 発電代替による<br>CO <sub>2</sub> 削減量 (t) |
|----|---|---------|------|-------|------------------------------------|------------------------------------|
|    |   | 調達・製造   | 輸送   | 洗浄・検査 |                                    |                                    |
| 1  | 新品モジュールを20年間運用                                    | 1       | 1    | 0     | 982.3                              | 16,058.6                           |
| 2  | 新品モジュールを30年間運用                                    | 1       | 1    | 0     | 982.3                              | 23,453.9                           |
| 3A | 新品モジュールを15年間運用した後、リパワリング                          | 2       | 2    | 0     | 1,964.6                            | 24,404.8                           |
| 3B | 新品モジュールを10年間運用した後、リパワリング                          | 3       | 3    | 0     | 2,946.9                            | 24,721.7                           |
| 4A | 新品モジュールを15年間運用した後、<br>5年運用済のリユース品にリプレース           | 1       | 3.25 | 1.25  | 1,031.9                            | 24,087.8                           |
| 4B | 新品モジュールを10年間運用した後、<br>5年運用済のリユース品にリプレース           | 1       | 3.25 | 1.25  | 1,031.9                            | 23,876.5                           |
| 4C | 新品モジュールを15年間運用した後、<br>10年運用済のリユース品にリプレース          | 1       | 3.25 | 1.25  | 1,031.9                            | 23,770.9                           |
| 4D | 新品モジュールを10年間運用した後、<br>10年運用済のリユース品にリプレース          | 1       | 3.25 | 1.25  | 1,031.9                            | 23,453.9                           |
| 5A | 5年運用済のリユース品を調達して15年間運用した後、<br>5年運用済のモジュールにリプレース   | 0       | 5    | 2.5   | 110.1                              | 23,770.9                           |
| 5B | 10年運用済のリユース品を調達して15年間運用した後、<br>10年運用済のモジュールにリプレース | 0       | 5    | 2.5   | 110.1                              | 23,137.0                           |

図 69 想定パターン別二酸化炭素排出量・削減量

出所) NRI 作成

#### 4.4.2. リユース品利用による廃棄物発生量の削減効果

##### 4.4.2.1. 分析の目的・概要

本検討では、太陽光発電においてリユース品を利用することによる廃棄物発生量の削減効果を評価するための分析を実施した。具体的には、3.1.3. 「排出量推計に用いる排出係数の考え方」の図 21 で整理したケースごとに、将来的な廃棄物発生量や発生のパーク年度に関する推計を行った。なお、本推計においては他項目で述べている「排出量」を廃棄物発生量として位置づけることとした。

ケース間の比較は、以下のような観点で実施した。まず、損益分岐判断の閾値による比較として、ケース②・④・⑥・⑧・⑩を比較した(※ケース番号の内容は図 21 の通りであり、以下同様)。次に、FIT 満了有無による比較としてケース⑦・⑧・⑨・⑩間での比較を行った。最後に劣化率の標準偏差による比較として、ケース⑨・⑩・⑪・⑫の比較を行った。以下、各比較の観点ごとに結果を概観する。

#### 4.4.2.2. 損益分岐判断の閾値の違いによる比較

損益分岐判断の閾値の違いによる比較として、以下の各ケースにおける廃棄物発生量比較を実施した。各ケースの設定条件は下記の通りである。

ケース②:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断なし

ケース④:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 30%・標準偏差 0.05)

ケース⑥:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 25%・標準偏差 0.05)

ケース⑧:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 20%・標準偏差 0.05)

ケース⑩:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.05)

標準的なケースとして想定しているケース⑩に対して、ケース②・④・⑥・⑧はいずれも損益分岐判断における劣化率の閾値が高くなっている。劣化率の閾値の値が高くなればなるほど、排出ピークは後ろ倒しとなり、かつピーク時の排出量は低くなることが推計できた。これは、閾値の値が低いことは損益分岐による排出判断が早いことを意味するため、閾値が相対的に低いケース⑩においてより早期にピークが来ることにつながっている。

ケース②や④における排出ピークは 2050 年代前半となりケース⑩に比べて 10 年ほど後ろ倒しとなったのに加え、ピーク時排出量もケース⑩より 20%ほど低い値となった。

| ケース | 排出要因の組合せ |        |           |         | 排出量推計結果 (千 t)  |             |
|-----|----------|--------|-----------|---------|----------------|-------------|
|     | 故障       | FIT 満了 | 損益分岐による判断 |         | 排出ピーク年度        | モジュール平均使用年数 |
|     |          |        | 劣化率       | 標準偏差    |                |             |
| ②   | ●        | ●      | —         | —       | 378.8 (2052年度) | 25.8 年      |
| ④   | ●        | ●      | 劣化率 30%   | SD 0.05 | 385.0 (2052年度) | 25.7 年      |
| ⑥   | ●        | ●      | 劣化率 25%   | SD 0.05 | 402.8 (2050年度) | 25.2 年      |
| ⑧   | ●        | ●      | 劣化率 20%   | SD 0.05 | 427.5 (2046年度) | 24.0 年      |
| ⑩   | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.05 | 480.0 (2043年度) | 22.7 年      |

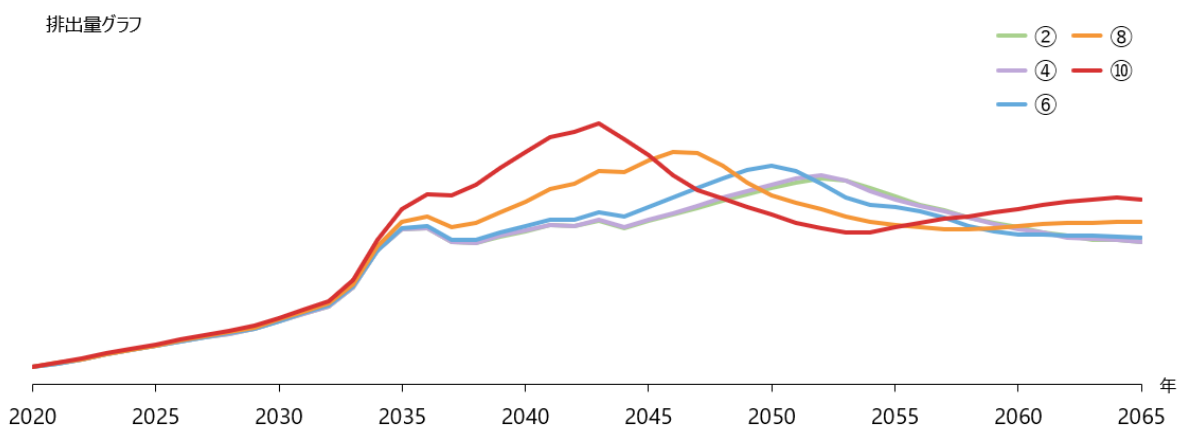


図 70 損益分岐判断の閾値による排出量推計結果比較

出所) NRI 作成

#### 4.4.2.3. 損益分岐判断の標準偏差の違いによる比較

損益分岐判断の標準偏差による比較として、以下の各ケースにおける廃棄物発生量比較を実施した。各ケースの設定条件は下記の通りである。

ケース⑨:故障率あり、FIT 満了なし、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.05)

ケース⑩:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.05)

ケース⑪:故障率あり、FIT 満了なし、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.01)

ケース⑫:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.01)

損益分岐判断の標準偏差の違いによる比較としてケース⑨⇔⑪間、ケース⑩⇔⑫間での推計結果の確認を行ったところ、標準偏差の値が小さい方が排出ピーク時の廃棄物発生量が多くなり、その差分はおよそ 15%であった。その一方で、排出ピークの年代についてはほとんど違いが見られず、いずれのケースでも 2040 年代前半にピークを迎えると推計された。

| ケース | 排出要因の組合せ |        |           |         | 排出量推計結果 (千 t)   |             |
|-----|----------|--------|-----------|---------|-----------------|-------------|
|     | 故障       | FIT 満了 | 損益分岐による判断 |         | 排出ピーク時における年間排出量 | モジュール平均使用年数 |
|     |          |        | 劣化率       | 標準偏差    |                 |             |
| ⑨   | ●        | —      | 劣化率 15%   | SD 0.05 | 471.2 (2045年度)  | 24.4 年      |
| ⑩   | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.05 | 480.0 (2043年度)  | 22.7 年      |
| ⑪   | ●        | —      | 劣化率 15%   | SD 0.01 | 582.1 (2043年度)  | 24.6 年      |
| ⑫   | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.01 | 546.6 (2043年度)  | 23.3 年      |

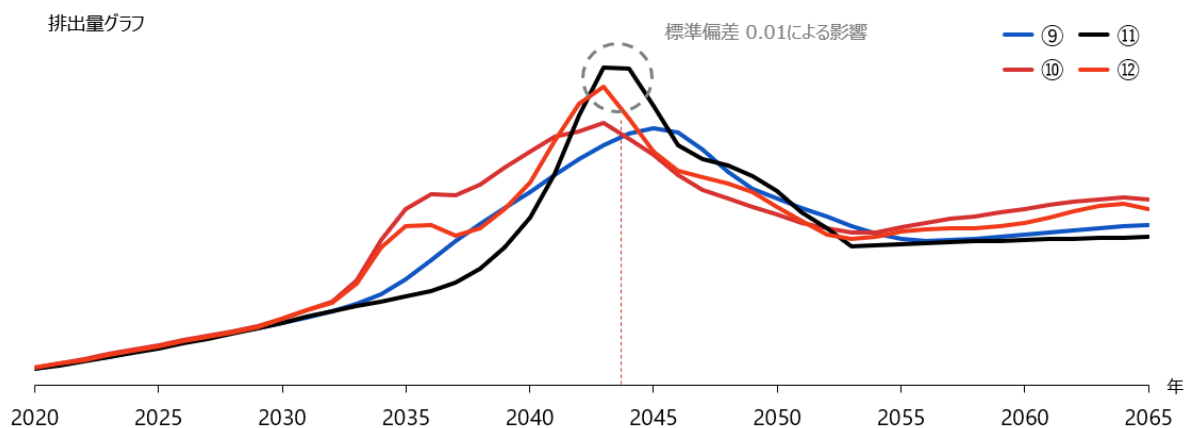


図 71 損益分岐判断の標準偏差による排出量推計結果比較

出所) NRI 作成

#### 4.4.2.4. FIT 満了有無による比較

FIT 満了有無による比較として、以下の各ケースにおける廃棄物発生量比較を実施した。各ケースの設定条件は下記の通りである。

ケース⑦:故障率あり、FIT 満了なし、損益分岐による判断あり(劣化率 20%・標準偏差 0.05)

ケース⑧:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 20%・標準偏差 0.05)

ケース⑨:故障率あり、FIT 満了なし、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.05)

ケース⑩:故障率あり、FIT 満了あり、損益分岐による判断あり(劣化率 15%・標準偏差 0.05)

FIT 満了有無の比較としてケース⑦⇔⑧間、ケース⑨⇔⑩間での推計結果の確認を行ったところ、FIT 満了が排出要因に含まれているケース⑧・⑩の方が、それぞれ⑦・⑨と比較して排出ピークが後ろ倒しとなることがわかり、その後ろ倒しの幅はいずれも2～3年程度であった。一方で、排出ピーク時の廃棄物発生量についてはFIT 満了有無間であまり大きな違いは確認できなかった。

| ケース | 排出要因の組合せ |        |           |         | 排出量推計結果 (千 t)  |             |
|-----|----------|--------|-----------|---------|----------------|-------------|
|     | 故障       | FIT 満了 | 損益分岐による判断 |         | 排出ピーク年度        | モジュール平均使用年数 |
|     |          |        | 劣化率       | 標準偏差    |                |             |
| ⑦   | ●        | —      | 劣化率 20%   | SD 0.05 | 444.5 (2049年度) | 26.1 年      |
| ⑧   | ●        | ●      | 劣化率 20%   | SD 0.05 | 427.5 (2046年度) | 24.0 年      |
| ⑨   | ●        | —      | 劣化率 15%   | SD 0.05 | 471.2 (2045年度) | 24.4 年      |
| ⑩   | ●        | ●      | 劣化率 15%   | SD 0.05 | 480.0 (2043年度) | 22.7 年      |

排出量グラフ

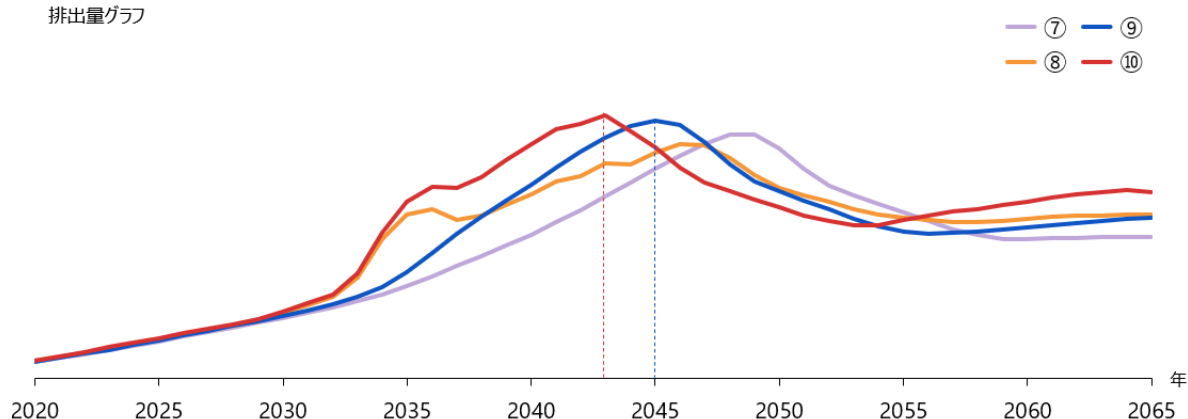


図 72 FIT 満了有無による排出量推計結果比較

出所) NRI 作成

## 4.5. ガラスの用途別リサイクル量の見通し

### 4.5.1. 調査の進め方

太陽電池モジュール由来ガラスの用途別リサイクル量の見通しを試算するにあたり、以下の6つの調査ステップを設定し、類似事業の調査結果や業界団体・事業者へのヒアリングを通じて、他製品由来ガラスと太陽電池モジュール由来ガラスの排出動向・品質を比較する形で調査を実施した。

ステップ1：再生品ごとの現在・将来需要量の把握

ステップ2：再生品ごとの原料ガラス品質基準の整理

ステップ3：他製品(自動車・建築物)からのガラス排出量見通しの推計

ステップ4：他製品由来ガラスの品質特性の把握

ステップ5：太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通しの推計

ステップ6：太陽電池モジュール由来ガラスの品質特性の把握と他製品由来との比較



図 73 「ガラスの用途別リサイクル量の見通し試算」の進め方

出所) NRI 作成

## 4.5.2. 再生品の概要と需要量の推計

### 【対象とする再生品】

太陽電池モジュール由来ガラスのリサイクル先(再生品)として、以下の6区分を対象に調査を実施した。

- 板ガラス : 原料を熔融させ板状に整形したガラス製品
- グラスウール : ガラスを高温で溶かし細い繊維に加工した断熱資材
- ガラス発泡剤 : 廃ガラスを粉砕・焼成発泡して作る多孔質な軽量発泡資材
- 路盤材 : 破砕したガラスを混入して製造した舗装材
- ガラス砂 : ガラスびんやガラスくず等を造立砂化したリサイクル材
- その他(反射材等) : 廃ガラスを破砕・加工したクリスタルストーンや太陽光パネル下に敷く反射材等

#### 1. 板ガラス



出所) AGC

- 原料を熔融させ、板状に整形したガラス製品
- ロールアウト法、フロート法という2つの整形方法が存在している
- 住宅やオフィス等で広く使用される

#### 3. ガラス発泡剤



出所) ガラス発泡資材事業協同組合

- 廃ガラスを粉砕、焼成発泡して作る多孔質な軽量発泡資材
- 軽量・透水性・保水性・耐火性・断熱性等の特徴を活かして土木・農業等に活用される

#### 5. ガラス砂



出所) ガラスリソーシング株式会社

- ガラスびんやガラスくずなどを造立砂化したリサイクル材
- 良好な透水性・凝固性を活かして地盤改良工事等で使用される

#### 2. グラスウール



出所) 丸商

- ガラスを高温で溶かし、細い繊維に加工した断熱資材
- ガラスの不燃性・耐久性、繊維の柔軟性を併せ持ち、高い断熱性を発揮する

#### 4. 路盤材



出所) 水海道産業

- 破砕したガラスを混入して製造した舗装材
- ガラスを混入することで、水はけがよくなる、路面が反射して事故防止につながるといった利点がある

#### 6. その他(反射材等)



出所) 廃ガラスリサイクル事業協同組合

- 廃ガラスやあきびんなどを破砕し、鋭利な角を全て削り取ったクリスタルストーンや、太陽光パネルの下に敷き詰める反射材等が代表的

図 74 太陽電池モジュール由来ガラスの主なリサイクル先(再生品)の特徴

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

### 【再生品の生産量推移】

ここでは、経済産業省「生産動態統計」に基づき、各再生品の生産量推移を確認した。板ガラスの生産量は年 0.7%、グラスウール(その他のガラス短繊維製品)は年 4.3%、その他4区分の再生品(「その他のガラス製品」として集計)は年 10.7%の減少傾向にあった。

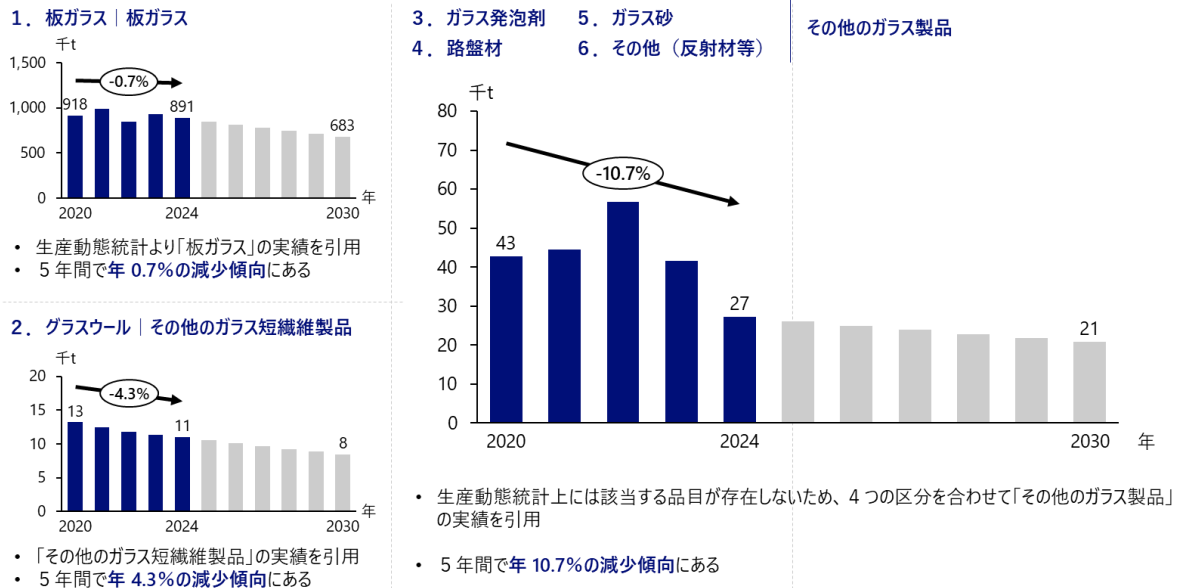


図 75 ガラス再生品の生産量推移

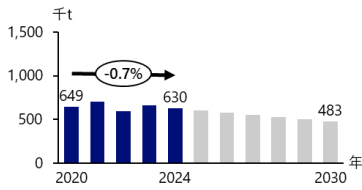
出所) 経済産業省「生産動態統計 2020-2024」に基づき NRI 作成

### 【原料ガラス需要量の算出】

各再生品の組成や製造工程からガラス成分比率及び製造工程での歩留まり率を仮定し、生産に必要な原料ガラスの量を算出した。具体的な仮定は以下の通りである。

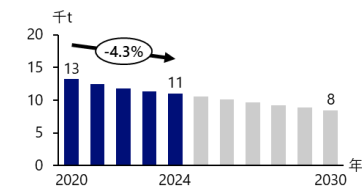
- 板ガラス : ガラス成分比率 70%、歩留まり率1% (AGC 等の HP を参照)
- グラスウール : ガラス成分比率 95%、歩留まり率5% (海外製品の EPD を参照)
- ガラス発泡剤 : ガラス成分比率 80%、歩留まり率1%
- 路盤材 : ガラス成分比率 20%、歩留まり率1%
- ガラス砂 : ガラス成分比率 100%、歩留まり率1%
- その他(反射材等) : ガラス成分比率 100%、歩留まり率1%

1. 板ガラス | 板ガラス



- AGC等のHPより、ガラス成分比率70%、製造工程での歩留まり率1%と仮定

2. グラスウール | その他のガラス短繊維製品

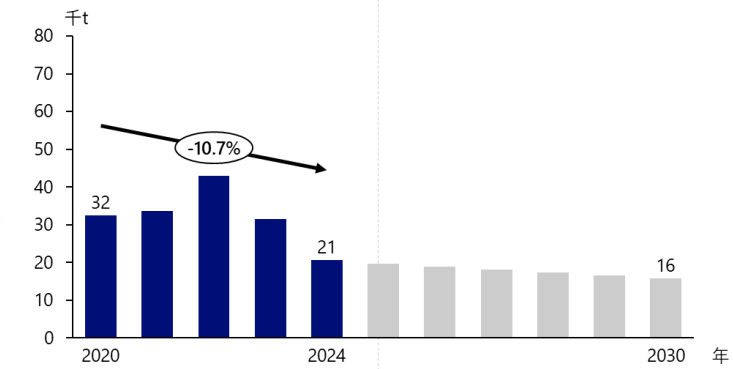


- 海外製品のEPDより、ガラス成分比率95%、製造工程での歩留まり率5%と仮定

3. ガラス発泡剤  
4. 路盤材

5. ガラス砂  
6. その他 (反射材等)

その他のガラス製品



- ガラス成分比率については、ガラス発泡剤80%、路盤材20%、ガラス砂・その他100%から75%と仮定
- 歩留まり率については、いずれも1%と仮定

図 76 ガラス再生品の生産に必要な原料ガラス

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

1. 板ガラス | 板ガラス

**原材料**  
板ガラスの製造に使用される基本的な原材料は次のとおりです。

- ガラス原料：融砂、ガラスカレット
- 炭酸ナトリウム、ドロマイト、石灰石、炭酸ナトリウム、炭酸、重曹スラグなどの中間および調整材料
- 酸化鉄等の金属化合物等の着色・コーティング剤

組成

| 成分 | SiO <sub>2</sub> |
|----|------------------|
| %  | 70~74            |

出所) AGC

図2. 2024年 板ガラスカレットの回収・廃棄状況 (板硝子協会概算) 単位:千ton  
 \* 1:工場内のカレット再利用率は99% (は板ガラスメーカー内を示す)。  
 \* 2:流通段階における一次製品からのカレット発生率は20% (推定)  
 \* 3:上記からのカレット回収率は80% (推定)

- AGC等のHPより、ガラス成分比率70%、製造工程での歩留まり率1%と仮定

3. ガラス発泡剤

出所) ガラス発泡資材事業協同組合

- 石灰等と混焼されるが、その大部分はガラスで構成されるため、ガラス成分比率80%と仮定
- 歩留まり要因は混焼時のロスのみで、1%と仮定

5. ガラス砂

出所) ガラスリソーシング株式会社

- ガラスびんやガラスくずなどをそのまま造立砂化した製品のため、ガラス成分比率100%と仮定
- 歩留まり要因はサイズのみで、1%と仮定

2. グラスウール | その他のガラス短繊維製品

**PRODUCT DESCRIPTION**  
Glass mineral wool is approximately 95% glass, this comprises recycled glass (external cullet, up to 50% of the composition) with other mineral raw materials - mainly sand and dolomite. The remaining 5% comprises a bio-based resin binder, and small quantities of additives that aid performance.

| PARAMETER   | VALUE                                   |
|---|---|
| AVERAGE TRANSPORT DISTANCE                                  | 600 KM                                  |
| TYPE OF FUEL AND VEHICLE CONSUMPTION                        | Truck, Euro 6, 16 - 32 T / 16 T PAYLOAD |
| OR TYPE OF VEHICLE USED FOR TRANSPORT                       | 21L / 100 KM                            |
| TRUCK CAPACITY UTILISATION (INCLUDING 30% OF EMPTY RETURNS) | 35 %                                    |
| LOSS OF MATERIALS ON SITE                                   | 2%                                      |

出所) KNAUF INSULATION

- 製品情報より、ガラス成分比率95%、製造工程での歩留まり率5%と仮定 (出所の2%は設置時ロスのため製造時を加えて5%とした)

4. 路盤材

出所) 水海道産業

- 大部分は舗装材のもととなるセメント等で構成されるため、ガラス成分比率20%と仮定
- 歩留まりは想定されないため、1%と仮定

6. その他 (反射材等)

出所) 廃ガラスリサイクル事業協同組合

- クリスタルストーンや、太陽光パネルの下に敷き詰める反射材等は、ガラスのみで構成されるため、ガラス成分比率100%と仮定
- 歩留まり要因はサイズのみで、1%と仮定

図 77 ガラス再生品の生産に必要な原料ガラス(歩留まり率等の設定根拠)

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

【リサイクルガラス需要量の算出】

各再生品の生産に必要な原料ガラスのうち、リサイクル材が占める割合を仮定し、各製品に利用可能なリサイクルガラスの量を試算した。製品としての価値が比較的低い路盤材・ガラス発泡剤・ガラス砂・反射材等はバージン材の利用がコスト的に見合わないためリサイクルガラス比率 100%と仮定した。一方、板ガラスは 30% (AGC 等のHP を参照)、グラスウールは 80% (製品 HP を参照) と設定した。

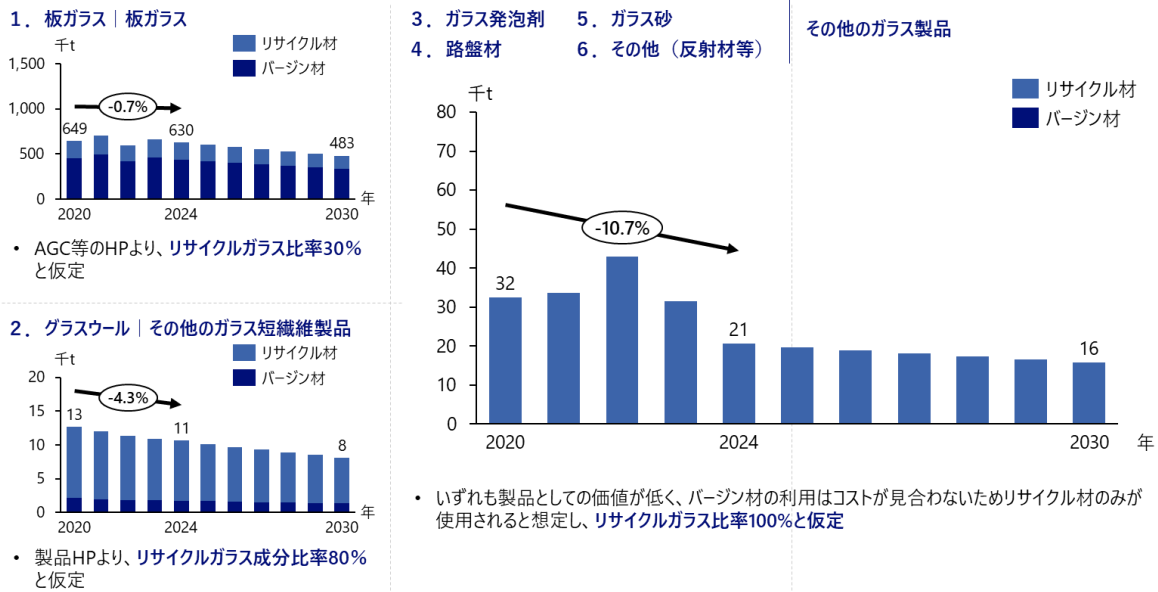


図 78 ガラス再生品の生産に必要な原料ガラス(うちリサイクル材)

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成



図 79 ガラス再生品の生産に必要な原料ガラス(リサイクルガラス率の設定根拠)

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

### 4.5.3. 再生品ごとの原料ガラス品質基準

再生品としての価値が高い板ガラスに使用されるカレットには、粒度・形状、化学組成、異物混入、色の各観点で厳しい基準が存在する。特に、異種ガラスやアンチモン等の有害物質の混入は不可であり、無色透明のみが使用可能で厳格な色選別が求められる。一方、ダウンリサイクルに該当する路盤材やガラス砂等向けのカレットは、有害物質の溶出基準を満たすことが求められるものの、色や粒度に関する基準は比較的緩い傾向にある。

表25 ガラス再生品ごとのカレット品質基準

| No. | ガラス製品     | 品質基準  |   |   |  |
|-----|-----------|---|---|---|--|
|     |           | 粒度・形状   | 化学組成  | 異物  | 色  |
| 1   | 板ガラス      | <ul style="list-style-type: none"> <li>数mm~数十mm程度</li> <li>溶解効率に影響するため、<b>粒度分布の管理が必要</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ソーダ石灰ガラス</li> <li><b>異種ガラス、アンチモン等の有害物質の混入は不可</b></li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>非常に厳格</b></li> <li>金属、石、有機物等の混入はppmオーダーで確認</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>無色透明のみ</b></li> <li>着色カレットは使用不可で、<b>厳格な色選別が必要</b></li> </ul> |
| 2   | グラスウール    | <ul style="list-style-type: none"> <li>数mm~数十mm程度</li> <li>溶解炉への投入に適したサイズ</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>主にソーダ石灰ガラス系</li> <li>アンチモン等の<b>含有物質が評価される場合も</b></li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>金属、石、有機物等の<b>混入は望ましくない</b></li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>製品の色に直接影響しにくい<b>ため混合色も使用可能</b></li> </ul>                       |
| 3   | ガラス発泡剤    | <ul style="list-style-type: none"> <li>非常に細かい粉末</li> <li><b>均一な粒子サイズ</b>が製品の特性に影響</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>主にソーダ石灰ガラス系</li> <li>JISで定められた<b>含有物質・溶出量基準を満たす</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>キャップやラベル等の遺物は高温焼成で除去される</li> <li>原料時の除去が望ましい</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>製品の色に影響する場合もあるため<b>用途次第で考慮</b></li> </ul>                       |
| 4   | 路盤材       | <ul style="list-style-type: none"> <li>角ばった形状</li> <li>粒度分布はJISや自治体の規格に準拠</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>有害物質の溶出基準を満たす</b></li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>有機物の含有量に制限</li> <li><b>泥、ごみ等の混入は不可</b></li> </ul>        | -  |
| 5   | ガラス砂      | <ul style="list-style-type: none"> <li>用途によって異なる(コンクリート用はJIS規格)</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li><b>有害物質の溶出基準を満たす</b></li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>有害な廃棄物コンテナ、合わせガラス、電球等由来のガラスは不可</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>景観用途では考慮されるが、土木資材としては問われない</li> </ul>                           |
| 6   | その他(反射材等) | <ul style="list-style-type: none"> <li>高い真球度</li> <li>粒度分布はJIS規格に準拠</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>高い屈折率を達成するための<b>特定のガラス組成</b></li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>反射性能を低下させる<b>不純物は不可</b></li> </ul>                       | -  |

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

#### 4.5.4. 他製品由来ガラスの排出・リサイクル動向

##### 【自動車由来ガラス】

過去の自動車リサイクルに係るマテリアルフローから、2030年度までの自動車由来ガラスの排出・リサイクル量を推計した。

自動車由来ガラスは、フロントガラスの合わせガラスに含まれる樹脂膜(PVB 中間膜)や黒セラミック、グリーンテイント等が異物・着色の原因となり、板ガラスへの水平リサイクルは困難であるため、主にグラスウール原料として活用されている。

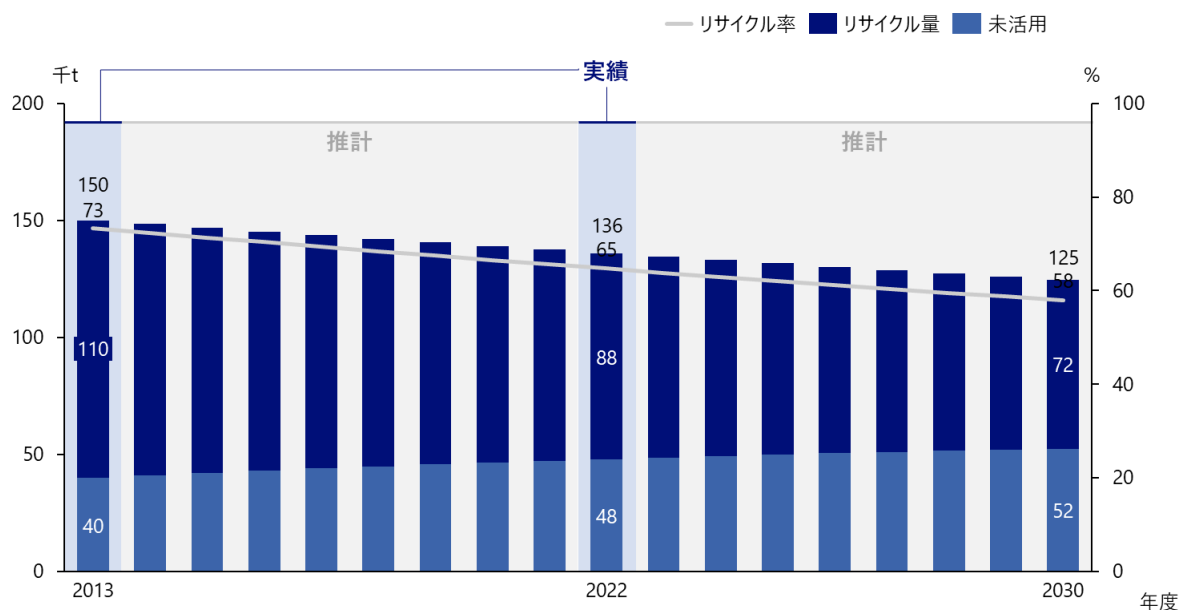


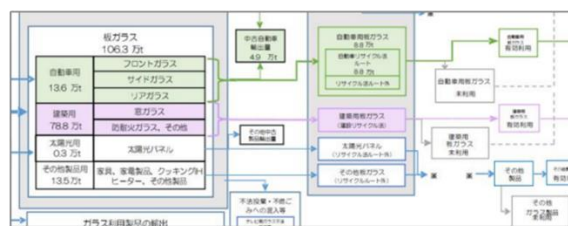
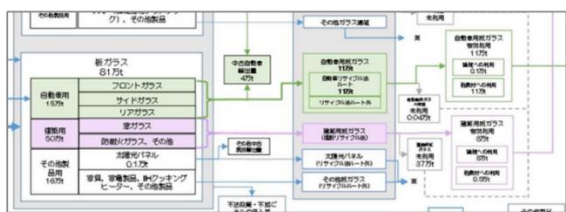
図 80 自動車由来<sup>※</sup>のガラス排出量およびリサイクル量

※ 板ガラスに限る。

出所) 環境省「令和5年度自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた調査検討等委託業務報告書」に基づき NRI 作成

2013年度

2022年度



| 項目          | 数値   |           | 項目          | 数値   |
|-------------|------|-----------|-------------|------|
| 排出量 (万t)    | 15   | 年平均 -1.1% | 排出量 (万t)    | 13.6 |
| リサイクル量 (万t) | 11   | 年平均 -2.4% | リサイクル量 (万t) | 64.7 |
| リサイクル率 (%)  | 73.3 | 年平均 -1.4% | リサイクル率 (%)  | 73.3 |

図 81 自動車由来<sup>※</sup>のガラス排出量およびリサイクル量(減少率の設定根拠)

※ 板ガラスに限る。

出所) 環境省「令和5年度自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた調査検討等委託業務報告書」に基づき NRI 作成

排出量は年平均 1.1%の減少傾向にある一方、リサイクル量は年平均 2.4%と排出量を上回るペースで減少しており、リサイクル率も低下傾向にある。2030 年度の推計では、排出量約 13.6 万t、リサイクル量約 6 万t(リサイクル率約 47%)となった。ただし、法整備等の影響でリサイクル率が増加に転じる可能性もある。

【建築物由来ガラス】

建築物由来ガラスについても同様に排出・リサイクル量を推計した。

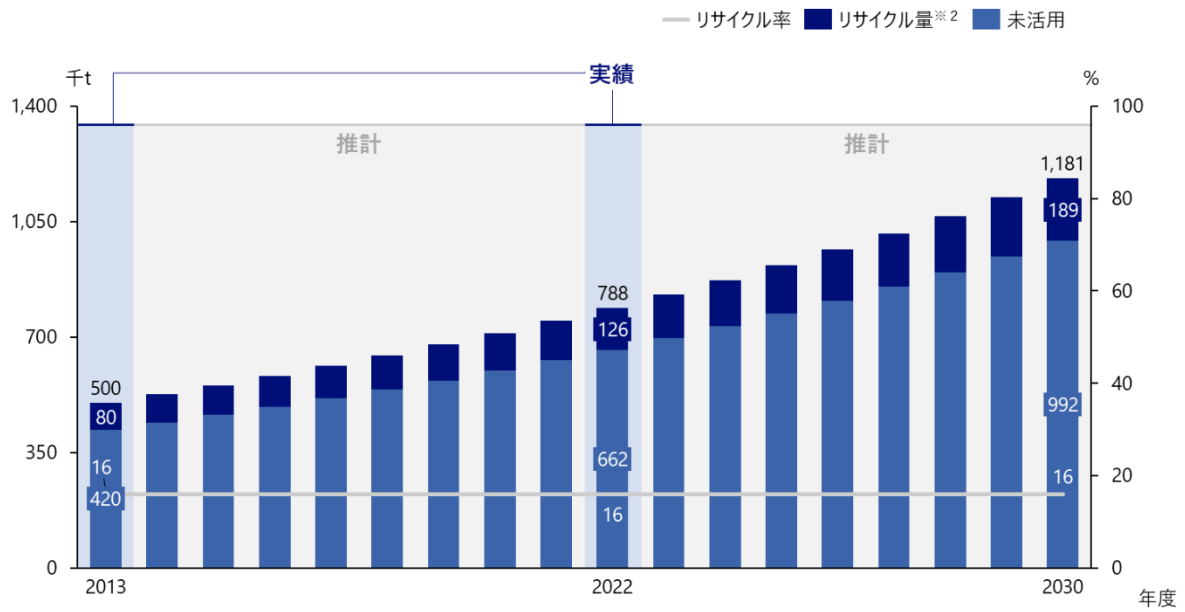


図 82 建築物由来<sup>※1</sup>のガラス排出量およびリサイクル量

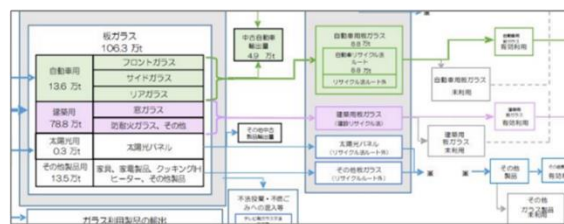
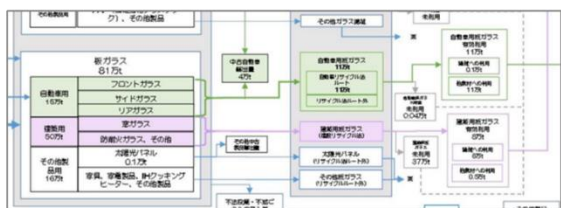
※1 板ガラスに限る。

※2 2022 年度時点のリサイクル量が不明のため、2013 年度時点のリサイクル率を採用した。

出所) 環境省「令和5年度自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた調査検討等委託業務報告書」に基づき NRI 作成

2013年度

2022年度



| 項目          | 数値 |
|-------------|----|
| 排出量 (万t)    | 50 |
| リサイクル量 (万t) | 8  |
| リサイクル率 (%)  | 16 |

| 項目          | 数値                        |
|-------------|---------------------------|
| 排出量 (万t)    | 78.8                      |
| リサイクル量 (万t) | 12.6<br>⇒ 不明のためリサイクル率から算出 |
| リサイクル率 (%)  | 16<br>⇒ 不明のため2013年度の数字を採用 |

図 83 建築物由来<sup>※</sup>のガラス排出量およびリサイクル量(減少率の設定根拠)

※ 板ガラスに限る。

出所) 環境省「令和5年度自動車リサイクルにおける再生材利用拡大に向けた調査検討等委託業務報告書」に基づき NRI 作成

排出量は年平均 5.2%の増加傾向にあり、2030 年度には約 78.8 万tに達すると見込まれる。一方、2022 年度時点のリサイクル量は不明であるため、2013 年度時点のリサイクル率(16%)が一定で保たれると仮定して算出した。

建築物由来ガラスは組成・色の面で板ガラスへの水平リサイクルに適しているものの、解体現場での分別・回収コストが最大の障壁となっており、リサイクルシステムが確立されていない状況にある。そのため、主に路盤材等のダウンリサイクル原料として定着している。

【他製品由来ガラスの品質特性】

自動車由来・建築物由来ガラスの品質特性を整理した結果、自動車由来ガラスは異物や着色が原因で水平リサイクルが難しくグラスウール原料として活用されている一方、建築物由来ガラスはコスト次第で板ガラスへの水平リサイクルが可能であることが確認された。

表26 他製品由来ガラスの品質特性とリサイクル実態

| No. | ガラス発生源 | カレット品質、傾向  |  |  |  | リサイクル実態等  |
|-----|--------|--|--|--|--|---|
|     |        | 粒度・形状  | 化学組成   | 異物混入可能性  | 色  |   |
| 1   | 自動車    | <ul style="list-style-type: none"> <li>フロントは合わせガラスで、樹脂膜で粘着しているため破砕後も膜状に残りやすい。</li> <li>サイド・リアは強化ガラスで、粉々に碎けて粒状になりやすい。</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>一般的なソーダ石灰ガラスだが、<b>紫外線・赤外線カット成分（金属酸化物）が含まれる。</b></li> <li>組成は安定しているが高純度ではない。</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>黒セラ（窓枠の黒いセラミック印刷。除去困難）</li> <li>PVB中間膜</li> <li>アンテナ線、熱線（銅/タングステン）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>グリーンティントやプライバシーガラスが主流。</li> <li>色が濃いため、<b>透明なガラスの原料には適していない。</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>異物や着色の影響で、<b>板ガラスへの水平リサイクルは困難。</b></li> <li>主にグラスウール原料として定着している。</li> </ul>  |
| 2   | 建築物    | <ul style="list-style-type: none"> <li>フロート板ガラスは鋭利で大きな破片に分解される。</li> <li>強化ガラスは粉々に碎けて粒上になりやすい。</li> <li>解体現場では粉碎され、<b>土砂混じりの不均一状態</b>で回収されることが多い。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>標準的なソーダ石灰ガラスだが、古い建物からは組成の異なるものも排出される。</li> <li>断熱機能の向上を目的とした<b>Low-E膜（金属膜）</b>付きが増加。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>シーリング材（シリコン等）、ゴム</li> <li>スパーサー（アルミ・樹脂）</li> <li>解体がれき（コンクリート、木くず、釘）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>多くは透明（断面は緑がかった通常色）。</li> <li>一部では熱線反射ガラスや着色（フロンズ・グレー）が存在する。</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>組成・色は<b>板ガラスへの水平リサイクルに最適。</b></li> <li>主に<b>路盤材等のダウンリサイクル原料</b>として定着している。</li> <li>解体現場での<b>分別・回収コストが最大の障壁</b>となっている。</li> </ul> |

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

#### 4.5.5. 太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通しと品質特性

##### 【太陽電池モジュール由来ガラスの排出見通し】

今年度実施した排出量推計の結果及び令和7年度処理実態調査における素材別マテリアルフローに基づき、2030年度までの太陽光パネル由来ガラスのリサイクル量を推計した。排出量に占めるリユース・リサイクル・最終処分・その他の割合が一定と仮定した場合、2030年時点で約33,000tのガラスがリサイクルされる見通しとなった。

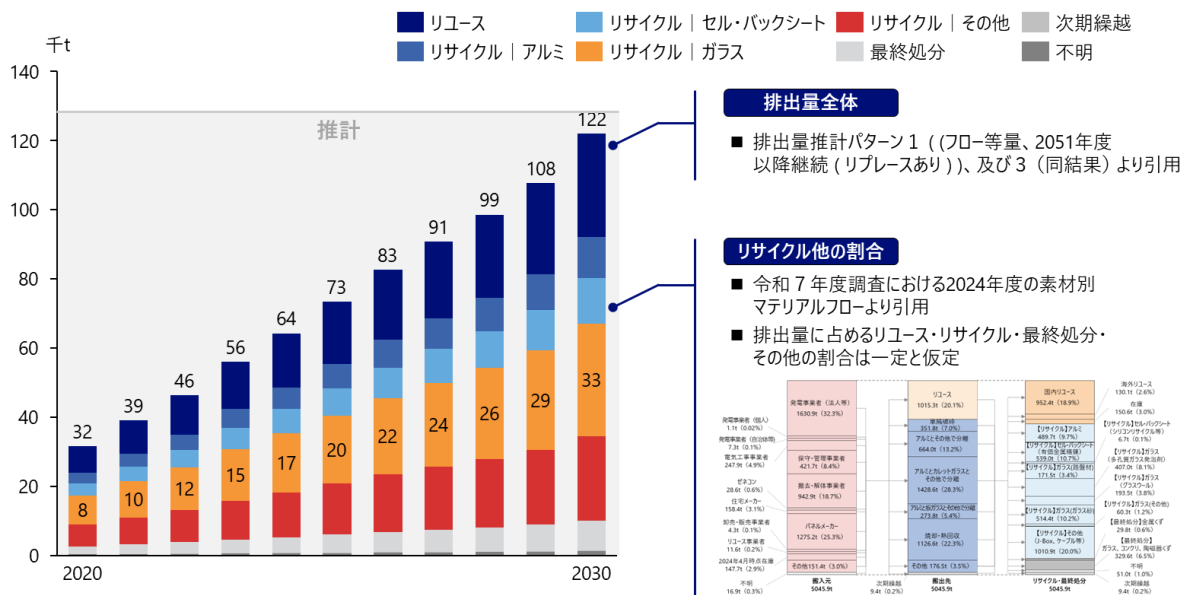


図 84 太陽電池モジュール由来のガラスリサイクル量

出所) 令和7年度排出量推計、及び令和7年度処理実態調査に基づき NRI 作成

【太陽電池モジュール由来ガラスの品質特性】

太陽電池モジュールに使用されているガラスは透過率を高めた白板ガラスであり、鉄分が少なく無色透明で透過率が極めて高いという品質面での優位性を有する。一方で、中間処理の過程で EVA 樹脂やセル・電極（シリコン、銅等）、バックシート等の異物が混入し、ヒ素・鉛・アンチモン等の忌避物質が含まれる場合がある。ガラス自体は高純度であるものの、高度選別による樹脂・金属類の除去コストが障壁となっており、現状では路盤材を中心としたダウンリサイクルが中心となっている。

表27 ガラス発生源ごとのカレット品質特性とリサイクル実態

| No. | ガラス発生源 | カレット品質、傾向   |   |  |   | リサイクル実態等   |
|-----|--------|---|---|--|---|--|
|     |        | 粒度・形状   | 化学組成  | 異物混入可能性  | 色   |  |
| 1   | 自動車    | <ul style="list-style-type: none"> <li>フロントは合わせガラスで、樹脂膜で粘着しているため破砕後も膜状に残りやすい。</li> <li>サイド・リアは強化ガラスで、粉々に碎けて粒状になりやすい。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>一般的なソーダライムガラスだが、紫外線・赤外線カット成分（金属酸化物）が含まれる。</li> <li>組成は安定しているが高純度ではない。</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>黒セラ（窓枠の黒いセラミック印刷。除去困難）</li> <li>PVB中間膜</li> <li>アンテナ線、熱線（銅/タンクステン）</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>グリーンテイントやプライバシーガラスが主流。</li> <li>色が濃いため、透明なガラスの原料には適していない。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>異物や着色の影響で、板ガラスへの水平リサイクルは困難。</li> <li>主にガラスウール原料として定着している。</li> </ul>                                |
| 2   | 建築物    | <ul style="list-style-type: none"> <li>フロート板ガラスは鋭利で大きな破片に、強化ガラスは粉々に碎けて粒状になりやすい。</li> <li>解体現場で粉碎され、土砂混じりの不均一状態で回収される。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>標準的なソーダライムガラスだが、古い建物からは組成の異なるものも排出される。</li> <li>断熱性の向上を目的にLow-E膜（金属膜）付きが増加。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>シーリング材（シリコン等）、ゴム</li> <li>スペーサー（アルミ・樹脂）</li> <li>解体がれき（コンクリート、木くず、釘）</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>多くは透明（断面は緑がかった通常色）。</li> <li>一部では熱線反射ガラスや着色（ブロンズ・グレー）が存在する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>組成・色は板ガラスへの水平リサイクルに最適。</li> <li>主に路盤材等の原料として定着している。</li> <li>解体現場での分別・回収コストが最大の障壁となっている。</li> </ul> |
| 3   | 太陽光パネル | <ul style="list-style-type: none"> <li>処理方法によって、破砕・剥離して粒状になる、もしくは板ガラスの状態での回収される。</li> <li>カレットサイズは処理方法、導入機器、選別行程に依存する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>透過率を高めた白板ガラスで鉄分が少ない。</li> <li>忌避物質として指定されるとヒ素・鉛・アンチモン等が含まれる場合がある。</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>EVA樹脂</li> <li>セル・電極（シリコン、銅等）</li> <li>バックシート</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>無色透明で、透過率が極めて高い。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ガラス自体は高純度だが、高度選別による樹脂・金属類の除去コストが高い。</li> <li>路盤材を中心としたダウンリサイクルが中心。</li> </ul>                       |

出所）各種公開情報に基づき NRI 作成

#### 4.5.6. 需給バランスの見通し

リサイクルガラスの需要量(板ガラス・グラスウール・ガラス発泡剤等の再生品向け)と、自動車・建築物・太陽光パネルからの廃ガラス供給量のバランスを整理した。2024年以降、供給量が需要量を上回る傾向が続き、リサイクルの受け皿が不足する状況が予想される。2030年度の推計では、需要量約16.8万tに対し供給量約29.4万tとなり、約12.6万tの超過が見込まれる。

表28 リサイクルガラスの需給バランス予測

単位：千t

| No. | サイド | 項目        | 2022年 | 2023年 | 2024年 | 2025年 | 2026年 | 2027年 | 2028年 | 2029年 | 2030年 |
|-----|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   | 需要  | 板ガラス      | 179.6 | 197.9 | 189.0 | 180.8 | 173.0 | 165.5 | 158.3 | 151.5 | 144.9 |
| 2   |     | グラスウール    | 9.4   | 9.1   | 8.9   | 8.5   | 8.1   | 7.8   | 7.4   | 7.1   | 6.8   |
| 3   |     | ガラス発泡剤    | 43.0  | 31.5  | 20.6  | 19.8  | 18.9  | 18.1  | 17.3  | 16.5  | 15.8  |
| 4   |     | 路盤材       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   |     | ガラス砂      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6   |     | その他(反射材等) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| -   |     | 合計        | 232.1 | 238.5 | 218.5 | 209.0 | 200.0 | 191.3 | 183.1 | 175.1 | 167.6 |
|     |     |           | ∨     | ∨     | ∧     | ∧     | ∧     | ∧     | ∧     | ∧     | ∧     |
| 7   | 供給  | 自動車由来     | 88.0  | 85.8  | 83.7  | 81.7  | 79.7  | 77.7  | 75.8  | 74.0  | 72.2  |
| 8   |     | 建築物由来     | 126.1 | 132.6 | 139.5 | 146.7 | 154.3 | 162.3 | 170.7 | 179.6 | 188.9 |
| 9   |     | 太陽光パネル由来  | 12.4  | 15.0  | 17.2  | 19.6  | 22.0  | 24.2  | 26.3  | 28.8  | 32.6  |
| -   |     | 合計        | 226.5 | 233.4 | 240.4 | 248.0 | 256.1 | 264.3 | 272.9 | 282.3 | 293.6 |

出所) NRI 作成

#### 4.5.7. 用途別リサイクル可能性の評価

各廃ガラス発生源(自動車・建築物・太陽光パネル)のカレット品質と、各再生品の品質基準を照らし合わせ、用途別のリサイクル可能性を総合的に評価した。

太陽電池モジュール由来ガラスは、品質面では板ガラスを含む多くの再生品への活用が技術的に可能であるが、高度選別コストが障壁となっている。一方、自動車由来ガラスは異物・着色の影響でグラスウール以外への活用が困難であり、建築物由来ガラスは分別・回収コストが課題となっている。廃ガラスの発生量がガラス製品の再生材需要を上回ると予想される中、受け皿の拡大並びにリサイクルの高度化が今後の重要な課題となる。

表29 ガラス再生品×発生源ごとの廃ガラス活用可能性評価

| No. | ガラス製品     | 品質基準   |   |  |  | 廃ガラス活用実態*  |  |  |
|-----|-----------|--|---|--|--|--|--|--|
|     |           | 粒度・形状  | 化学組成  | 異物   | 色  | 自動車  | 建築物  | 太陽光パネル   |
| 1   | 板ガラス      | <ul style="list-style-type: none"> <li>~数十mm程度</li> <li>溶解効率を考慮し、粒度分布の管理が必要</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>ソーダ石灰ガラス</li> <li>アンチモン等の有害物質の混入は不可</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>非常に厳格</li> <li>金属、石等の混入はppmオーダーで確認</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>無色透明のみ</li> <li>厳格な色選別が必要</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>異物多数</li> <li>コスト高</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>組成は適格</li> <li>コスト高</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>技術的には可能</li> <li>コスト高</li> </ul> |
| 2   | グラスウール    | <ul style="list-style-type: none"> <li>数mm~数十mm程度</li> <li>溶解炉への投入に適したサイズ</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>主にソーダ石灰ガラス系</li> <li>アンチモン等の含有物質が評価される場合も</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>金属、石、有機物等の混入は望ましくない</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>製品の色に直接影響しにくいいため混合色も使用可能</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>◎</li> <li>現状の主な活用先</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>その他廃棄物が混合</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>                |
| 3   | ガラス発泡剤    | <ul style="list-style-type: none"> <li>非常に細かい粉末</li> <li>均一な粒子サイズが製品の特性に影響</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>ソーダ石灰ガラス系</li> <li>JSで定められた含有物質・溶出基準を満たす</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>異物は高温焼成で除去される</li> <li>原料時の除去が望ましい</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>製品の色に影響する場合もあるため用途次第で考慮</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>着色の影響あり</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>その他廃棄物が混合</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>◎</li> <li>マテフロで最も割合が高い</li> </ul>          |
| 4   | 路盤材       | <ul style="list-style-type: none"> <li>角ばった形状</li> <li>粒度分布はJISや自治体の規格に準拠</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>有害物質の溶出基準を満たす</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>有機物の含有量に制限</li> <li>泥、こみ等の混入は不可</li> </ul>    | -  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>◎</li> <li>現状の主な活用先</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>                |
| 5   | ガラス砂      | <ul style="list-style-type: none"> <li>用途によって異なる(コンクリ用はJIS規格)</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>有害物質の溶出基準を満たす</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>有害な廃棄物コンテナ合わせガラス、電球等由来のガラスは不可</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>景観用途では考慮されるが、土木資材としては問われない</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>その他廃棄物が混合</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>                |
| 6   | その他(反射材等) | <ul style="list-style-type: none"> <li>高い真球度</li> <li>粒度分布はJIS規格に準拠</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>高い屈折率を達成するための特定のガラス組成</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>反射性能を低下させる不純物は不可</li> </ul>                   | -  | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>異物多数</li> <li>組成不一致</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>その他廃棄物が混合</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>品質問題なし</li> </ul>                |

◎：積極的に活用  
○：活用可能  
△：活用困難・不可

※ 一般的な廃ガラスの活用基準の照合によって考察しているため、製品や処理方法によっては評価が異なる場合がある点に留意が必要。

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

## 4.6. 収集・運搬の課題整理、並びに効率化検討

### 4.6.1. モジュールの収集・運搬に係る課題の整理

使用済太陽電池モジュールの収集・運搬に関しては、これまでに複数の実証事業が行われてきた。今後のさらなる実証事業の実施や効果的な政策立案に活用するため、各事業の内容や成果を取りまとめた。今回調査の対象とした実証事業の概要は下表の通りである。以降、各実証の内容について詳述する(#4は除く)。

表30 使用済太陽電池モジュールの収集・運搬に係る代表的な実証事業

| # | 事業名称(類型)                               | 実施主体           | 実施地域    | 実施時期       | 内容   |
|---|--|----------------|---------|------------|--|
| 1 | 太陽光パネルの収集・リユースおよび非鉄金属の回収に係る技術実証(収集・運搬) | 環境省            | 埼玉県     | 令和2-3年     | <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュール処理ルートの実証</li> <li>非鉄製錬原料の濃縮の実証</li> <li>セル/EVA シートの価値の評価方法の実証</li> </ul> |
| 2 | 廃太陽光発電パネルの広域収集網の構築に係るモデル事業(収集・運搬)      | 環境省            | 東北・九州各県 | 平成 27-28 年 | <ul style="list-style-type: none"> <li>東北・九州における広域収集網の導入実証</li> </ul>  |
| 3 | 太陽光パネルの高度循環に向けた実証調査(デスクトップシミュレーション)    | 東京都            | 東京都     | 令和2~3年     | <ul style="list-style-type: none"> <li>収集運搬シミュレーション</li> <li>排出手続きの検討</li> <li>リユースのための品質検討</li> </ul>                   |
| 4 | 「地域収集モデル検討委員会」による宮城実証事業(収集・運搬)         | PV CYCLE JAPAN | 宮城県     | 令和4年       | <ul style="list-style-type: none"> <li>宮城県における集約的収集・運搬ルート構築</li> </ul>   |

出所) 各種公開情報に基づき NRI 作成

環境省が主体となり実施した実証事業#1「太陽光パネルの収集・リユースおよび非鉄金属の回収に係る技術実証」は、現在の廃棄物処理法から逸脱しない範囲でのモジュールの効率的な処理ルート構築を実証し、法的課題を整理する目的で行われたものである。実証地域には住宅用太陽電池モジュールの導入量が実証時点において全国で2番目に多かった埼玉県が選定され、住宅用を中心とした低圧の発電事業者・主体から排出されるモジュールが対象となった。実証内容は「拠点回収モデル」によってモジュールの収集・運搬を行い、同モデ

ルの課題を明らかにするというものであった。この「拠点回収モデル」は、住宅用のような少量のモジュールが広範囲で不定期に排出されるケースにおいて、モジュールを一時的に回収する集約拠点を設置し、集約拠点から処理施設へと運搬することで収集・運搬全体の効率を上げることを図るモデルである。

実証の結果明らかとなった課題は、いくつかの観点で整理できる。まず制度面では、事業許可に関連する課題が挙げられた。回収拠点の役割を担う産業廃棄物運搬事業者等が、現在の収集運搬の許可の範囲内で本事業を行ってよいのか、法的に不透明であるというものである。また、回収拠点へのモジュールの搬入頻度・量が限られる現時点では、運搬効率の向上につながる分量のモジュールを集約できるまで回収拠点で保管を続けることが難しいといった、マニフェスト運用に関連する課題も挙げられた。

費用面では、排出モジュールに係る追加の積替保管費用を、誰が支払うのか不透明である点が課題とされた。事業者側では積替保管費用を支払う経済的なインセンティブが発生しないため、行政が補助を出すなど適切な制度設計を行わないことには、実現性を担保することが難しいと考えられる。

さらに制度面・費用面以外でも、収集・運搬の際の荷姿が事業者によって統一されておらず感電対策のような運搬時の安全確保が必要である点や、回収されたモジュールの中には使用期間が10年を大きく超えるものもあったことを念頭に、リユースに回すための品質確保が難しい点も、制度の一層の普及を見据えると課題となり得るとされた。

同じく環境省が主体となり東北・九州の各県で実施された実証事業#2「廃太陽光発電パネルの広域収集網の構築に係るモデル事業」は、排出モジュールの収集ポイントを広域に配置する仕組みについて検証を行い、実現可能性を評価することを目的として実施された。これは、社会的なモジュール集約のシステムや受け皿が整備されていないことを背景としたものである。

上述した埼玉県での実証#1と同様、特に住宅用を中心とする小規模な排出を対象に、平成27年度は東北と九州で、翌平成28年度は九州のみで実証が進められた。本実証事業においても「拠点回収モデル」によるモジュールの収集・運搬に関して、実現性の検証が行われた。

実証により明らかになった課題は、本事業でも制度面と費用面の観点から整理できる。まず制度面の課題としては、制度(実証事業)の認知の低さも相まって想定を下回る回収量になったことがあげられる。特に平成27年に行なわれた東北地方での実証では、拠点回収の形式で回収できたモジュールが0枚であり、もともとの排出ポテンシャルの低さや事業の認知不足等も理由として十分な検証を行うことができなかったとされた。本事業はあくまでも実証であったが、実際の制度として社会的に実装されたあとも、十分な効果を生むための周知広報のやり方は十分に検討する必要があるといえるだろう。

また、費用面では、逆有償の取引でも排出モジュールからの資源回収が促進されるような、費用負担に関する考え方やそれを下支えする適切な制度設計が必要であるとされた。上述した#1と同様、排出事業者やモジュールを保管する事業者など、各事業者が経済合理性を確保できる形での制度設計を行わないことには、制度の長期的な維持は難しいと考えられる。

令和2～3年度に東京都で行われた実証#3「太陽光パネルの高度循環に向けた実証調査」は、都が今後予定する太陽光発電モジュールの高度循環の仕組みづくりへと資することを目的に実施された事業である。他自治体と比べても圧倒的な人口を持つ東京都は、比較的長期にわたりモジュールが排出されるポテンシャルが高い。その一方で、現状では排出モジュールのリユース・リサイクルを促進するためのサプライチェーンが構築されているとは言いがたく不適切な処理やリユースが拡大することによる環境汚染が懸念されていることを、実施の背景としている。

本実証事業のうち、収集・運搬の効率化に直接的に関係する内容はデスクトップシミュレーションによって行われており、上述した環境省主導の実証事業とは性質を異にするものであった。具体的には、東京都やその近隣の自治体から排出される住宅用モジュールを主な対象に、設定した複数の収集・運搬モデルの効果やメリット・デメリットを明らかにした。収集・運搬モデルは大きく3種類に分けられ、排出場所から処理施設に直接運搬される①現状モデル、排出場所から中間集積所を経由し一括して処理施設に運搬される②集積所利用モデル(⇒環境省の実証でいうところの「拠点回収モデル」に相当)、収集・運搬を行うトラックが複数の排出場所を経由して処理施設に向かう③ミルクランモデル、が用いられることとなった。

本実証からもたらされた結果には、まず①現状モデルと②集積所利用モデルの比較がある。都内における排出件数が少ないうちは、現在も採用されている①現状モデルの運搬効率がよいが、排出件数が増加するにつれ②集積所利用モデルの方がより効率的な収集・運搬方法になるとされた。排出ピーク期に向け、都内の排出件数は今後増加の一途を辿ると推計されており、経済合理性の観点ではいずれ中間的な集積所を設置する必要性に迫られると考えられる。また③ミルクランモデルに関するシミュレーション結果であるが、現在のように排出件数が少なくタイミングも不規則な状態では、ミルクランによる費用削減幅は小さくかつ不安定であることがわかった。将来的にも、排出の比較的少ない地域ではミルクランよりも中間集積所を設ける方がトータルの経済合理性が高いと考えられており、ミルクランモデルを導入する地域は限定的になるものと思われる。

#### 4.6.2. 現行の処理能力や将来の排出量に関する地域ブロック別の状況整理

過年度業務における調査で収集した地域ブロック別の処理能力情報と、今年度はじめて推計を行った地域ブロック別の排出量推計情報を基に、現行の処理能力と将来の排出量との比較を行った。地域ブロックの区分は、3.3.同様に ①北海道・東北、②関東、③中部、④近畿、⑤中国、⑥四国、⑦九州・沖縄 の7ブロックとした。

2025年の地域ブロック別排出量推計値と2024年時点の同処理能力を比較したところ、7ブロックすべてで処理能力の方が上回る結果となった。これは、現時点ではいずれの地域でも処理能力が排出量に追いついており、排出量がオーバーフローしていないことを示す結果である。

一方で、2050年の地域ブロック別排出量推計値と2024年時点の同処理能力を比較したところ、全7ブロックのうち北海道・東北、近畿、中国、四国、九州・沖縄の5ブロックで、処理能力よりも排出量推計値の方が上回る結果となった。あくまで現在の処理能力から一切の設備増強が行われないという前提ではあるが、このままでは排出に対して処理能力が追いつかず、結果的に当該5ブロックではモジュールの適正処理を行えないことにつながるといえる。さらに、2050年時点でも排出量を上回る処理能力を持つと推計される東北、関東、中部の3ブロックについても、処理能力には高度選別だけでなく単純破碎も含んで計上しているため、自動車や家電等のその

他廃棄物の処理に充てられる能力も踏まえた場合には太陽電池モジュールの適正処理はキャパオーバーし得ると考えられる。すなわち、ブロック間で程度の差はあるものの、排出ピークと予測される 2040 年代前半に向けて処理能力の増強や排出量の削減・平準化といった対策は、全国のどの地域でも必要となることが示唆される。

#### 4.6.3. 保管上限日数シミュレーション

モジュールの中間処理施設において、受け入れたモジュールを保管することができる日数(保管上限日数)は、現状の廃掃法では 14 日間以内と規定されている。様々な受入量のパターンを設定した上で、いずれの受入パターンでも処理能力が対応することができ保管上限日数の規定に抵触しないようにするための、保管上限日数のシミュレーションを行った。このシミュレーションは、排出量(ここでは処理施設の受入量)がいまよりも増大している排出ピークの年代を念頭に、保管上限日数の規定を現在の 14 日間からどの程度延長することが実態も踏まえて妥当であるのかを検討するために行なったものである。

上述したシミュレーションの目的・考え方のほか、前提とする条件や具体的なシミュレーションの数値設定を図 85 に示す。

| シミュレーション実施の目的・考え方  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• どのような太陽電池モジュール排出であっても、<b>処理能力が常に排出量(受入量)に対応できるための保管上限日数を算出・検討</b>する。</li> <li>• 具体的には、SIMモデルとして設定するランダム排出量“すべて”において、保管上限日数として必要となる日数を求める。</li> </ul>  |
| 前提条件   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 考え方として仮想エリアを想定し、<b>当該エリアで排出されるモジュールは、当該エリアでのみ処理</b>されるものとする。</li> <li>• 排出タイミングと同時に、モジュールを全量受入・順次処理するものとする。</li> <li>• SIM対象期間は250日間(≒年間の営業日数)とする。</li> <li>• 下記SIMモデルの設定のうち、<b>処理能力や受入量の数値は具体的な単位を伴うものではなく、処理能力に対する受入量の割合</b>を示す。</li> </ul>   |
| SIMモデルの設定  |
| <p><b>【処理能力】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 仮想エリアの<b>処理能力を100/日</b>と設定。処理能力は一定であり、日によって変わらない。</li> </ul> <p><b>【受入量】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 住宅用と事業用(メガソーラー想定)の合計によって、毎日の排出量が決定される設定。以下の各パターンの組合せでSIMを実施。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 住宅用   <b>平均排出量がN/日</b>になるように、対数正規分布に従ってランダムに決定。<b>Nは80,85,90,95,100の5パターン</b>を設定。</li> <li>• 事業用   <b>1か所の排出を【200/日 × 5日間】</b>とし、<b>排出か所数は3か所、5か所、7か所</b>の3パターンを設定(重複あり)。</li> </ul> </li> </ul> |
| モデルに組み込まない考え方  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数エリア・越県移動の概念</li> <li>• 排出場所からの搬出タイミング調整や、中間処理業者の受入タイミング・量調整</li> </ul>  |

図 85 保管上限に関するシミュレーション内容

出所) NRI 作成

毎日の受入量は、住宅用を想定した定常排出と、メガソーラー等の事業用を想定した不定期・大規模排出との合計によって決定される設定としているが、そのイメージは図 86 の通りである。住宅用からの定常排出は、パターンごとに定めた平均値に基づく対数正規分布に則ってランダムに決定される。事業用を想定した大規模排出は、処理能力 100 に対して 200 の排出が5日間連続で続く形で設定し、250 日間のシミュレーション対象期間の中で5日間連続の排出が3回(合計 15 日間)、5回(合計 25 日間)、7回(合計 35 日間)発生するパターンを検討した。

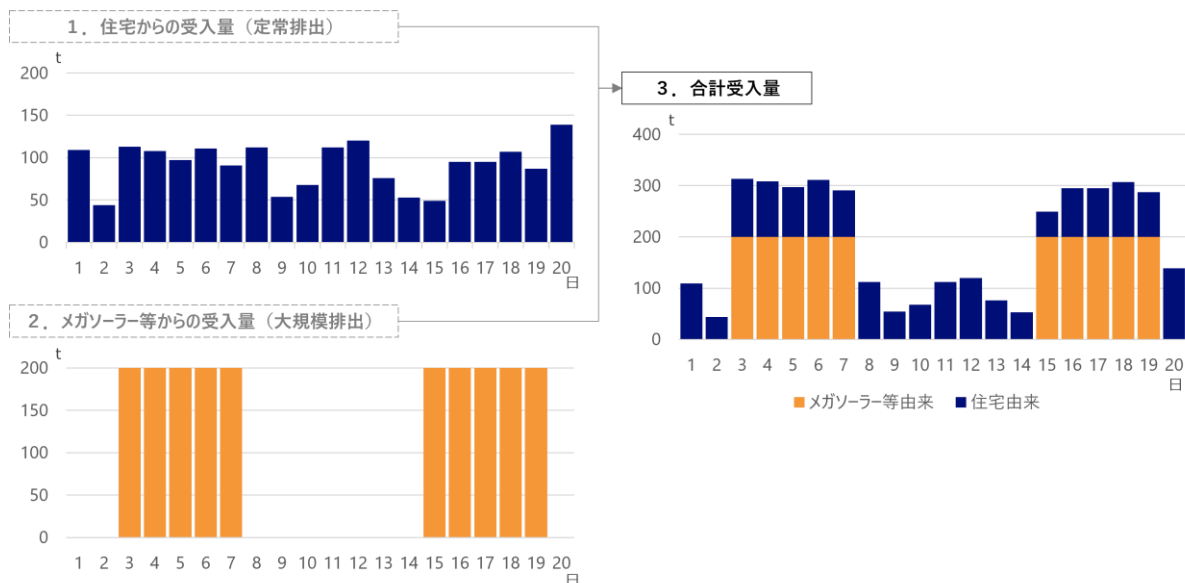


図 86 日あたり受入量の内訳イメージ

出所) NRI 作成

シミュレーションの条件設定に記載しているように、本シミュレーションにおける仮想エリアの処理能力は 100/日であり、それに対して住宅用からの定常排出の平均値は 80/日、85/日、90/日、95/日、100/日の5パターンでシミュレーションを実施した。さらに、メガソーラー等の事業用発電施設からの大規模排出は、上述の通り3パターンで条件を用意しており、それぞれ組み合わせた合計 15 パターンでシミュレーションを実施した。

シミュレーションの結果は、図 87～89 に示す通りである。

| # | 処理能力/日<br>(SIM対象日数) | 排出量/日<br>(定常排出) | 合計排出量/日<br>(定常+大規模) | n日分で処理できないモジュールが発生するシミュレーション数<br>(計100回実施) |      |      |      |      |
|---|---------------------|-----------------|---------------------|--|------|------|------|------|
|   |                     |                 |                     | 14日分                                       | 28日分 | 42日分 | 56日分 | 70日分 |
| 1 | 100<br>(250日間)      | 80              | 92                  | 67   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 2 |                     | 85              | 97                  | 77   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 3 |                     | 90              | 102                 | 90   | 13   | 0    | 0    | 0    |
| 4 |                     | 95              | 107                 | 100  | 40   | 0    | 0    | 0    |
| 5 |                     | 100             | 112                 | 100  | 90   | 1    | 0    | 0    |

図 87 保管上限日数シミュレーション（大規模排出3回）

出所) NRI 作成

| #  | 処理能力/日<br>(SIM対象日数) | 排出量/日<br>(定常排出) | 合計排出量/日<br>(定常+大規模) | n日分で処理できないモジュールが発生するシミュレーション数<br>(計100回実施) |      |      |      |      |
|----|---------------------|-----------------|---------------------|--|------|------|------|------|
|    |                     |                 |                     | 14日分                                       | 28日分 | 42日分 | 56日分 | 70日分 |
| 6  | 100<br>(250日間)      | 80              | 100                 | 99   | 29   | 0    | 0    | 0    |
| 7  |                     | 85              | 105                 | 100  | 51   | 2    | 0    | 0    |
| 8  |                     | 90              | 110                 | 100  | 94   | 14   | 0    | 0    |
| 9  |                     | 95              | 115                 | 100  | 100  | 68   | 0    | 0    |
| 10 |                     | 100             | 120                 | 100  | 100  | 100  | 29   | 0    |

図 88 保管上限日数シミュレーション（大規模排出5回）

出所) NRI 作成

| #  | 処理能力/日<br>(SIM対象日数) | 排出量/日<br>(定常排出) | 合計排出量/日<br>(定常+大規模) | n日分で処理できないモジュールが発生するシミュレーション数<br>(計100回実施) |      |      |      |      |
|----|---------------------|-----------------|---------------------|--|------|------|------|------|
|    |                     |                 |                     | 14日分                                       | 28日分 | 42日分 | 56日分 | 70日分 |
| 11 | 100<br>(250日間)      | 80              | 108                 | 100  | 91   | 24   | 0    | 0    |
| 12 |                     | 85              | 113                 | 100  | 100  | 57   | 2    | 0    |
| 13 |                     | 90              | 118                 | 100  | 100  | 96   | 26   | 0    |
| 14 |                     | 95              | 123                 | 100  | 100  | 100  | 90   | 0    |
| 15 |                     | 100             | 128                 | 100  | 100  | 100  | 100  | 77   |

図 89 保管上限日数シミュレーション（大規模排出7回）

出所) NRI 作成

図 87～89 は、それぞれ事業用の大規模排出が行われた回数が3回、5回、7回行われた設定に対応しており、各表の中で住宅用からの定常排出量の設定ごとに5つに分岐している。例えばシミュレーション#1では、処理能力が 100/日、定常排出による排出量が平均 80/日になる対数正規分布、大規模排出による排出量が 12/日 (※ $200/日 \times 5$ 日間の大規模排出が 250 日間のシミュレーション期間で3回発生する設定のため、一日あたりでは  $200 \times 5 \times 3 / 250 = 12$ )として設定されている。同様に#8では、処理能力が 100/日、定常排出による排出量が平均 90/日になる対数正規分布、大規模排出による排出量が 20/日 (※シミュレーション期間中に大規模排出が5回発生する設定のため)として設定されている。

すべてのシミュレーション(#1～15)はそれぞれの処理能力・排出量の条件の下でいずれも 100 回ずつ実施しており、その 100 回のうちで、n日の保管上限日数で処理できないモジュールが発生する(オーバーフローが発生してしまう)シミュレーションの回数を確認した。各表の右側に「n日分で処理できないモジュールが発生するシミュレーション数(計 100 回実施)」と記載しているが、例えば#1では、保管上限日数を現行と同様の 14 日間に設定した場合には、計 100 回実施したシミュレーションのうち 67 回で 14 日間以内に処理しきれない(すなわち、保管上限日数の規定に抵触することを意味する)モジュールが発生した。保管上限日数を 28 日間に設定した場合には、同期間内ですべての受入モジュールを処理することができた。

結果を概観すると、保管上限日数を 14 日間に設定した場合には、15 パターンすべての条件設定において、処理が間に合わずにオーバーフローが発生することとなった。特にシミュレーション#3～15 では、100 回のシミュレーションのうち 90%以上でオーバーフローが発生する結果となっている。シミュレーション#3～15 は、処理能力 100/日に対して合計排出量が 100 以上の設定となっているものであり、処理能力を上回る排出量が続く場合には慢性的な積み残しが増え続け処理体制が破綻することを示唆するだろう。処理能力を 20%以上上回る排出量の設定となっている#14、15 では、3ヵ月弱に相当する 56 営業日を保管上限日数に設定しても、90%以上のシミュレーションでオーバーフローが発生する結果となっており、保管上限日数の議論の前提として「処理能力>合計排出量」が必要であることが支持されるだろう。

上記を踏まえ、合計排出量を抑える条件に絞ったシミュレーションを実施し、その結果を以下に示す。

| #  | 排出モデル                  | 処理能力/日<br>(SIM対象日数) | 合計排出量<br>/日 | 定常排出<br>受入量/日 | 大規模排出<br>受入量/日 | n日分で処理できないモジュールが発生するシミュレーション数<br>(計100回実施) |      |      |      |      |
|----|------------------------|---------------------|-------------|---------------|----------------|--|------|------|------|------|
|    |                        |                     |             |               |                | 14日分                                       | 28日分 | 42日分 | 56日分 | 70日分 |
| 1  | 定常排出<br>+<br>大規模<br>排出 | 100<br>(250日間)      | 90          | 78            | 12             | 53   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 2  |                        |                     | 90          | 70            | 20             | 91   | 7    | 0    | 0    | 0    |
| 3  |                        |                     | 90          | 62            | 28             | 98   | 28   | 0    | 0    | 0    |
| 4  |                        |                     | 95          | 83            | 12             | 69   | 3    | 0    | 0    | 0    |
| 5  |                        |                     | 95          | 75            | 20             | 93   | 15   | 0    | 0    | 0    |
| 6  |                        |                     | 95          | 67            | 28             | 98   | 25   | 3    | 1    | 0    |
| 7  |                        |                     | 100         | 88            | 12             | 80   | 3    | 0    | 0    | 0    |
| 8  |                        |                     | 100         | 80            | 20             | 97   | 26   | 0    | 0    | 0    |
| 9  |                        |                     | 100         | 72            | 28             | 100  | 46   | 3    | 0    | 0    |
| 10 |                        |                     | 105         | 93            | 12             | 99   | 18   | 0    | 0    | 0    |
| 11 |                        |                     | 105         | 85            | 20             | 100  | 59   | 1    | 0    | 0    |
| 12 |                        |                     | 105         | 77            | 28             | 100  | 78   | 16   | 1    | 0    |

図 90 保管上限日数シミュレーション\_大規模排出7回

出所) NRI 作成

定常排出からの受入量と大規模排出からの受入量を合計した総受入量/日が処理能力/日 (=100) 以下であるシミュレーション#1~9については、排出量の内訳に依らず、ほぼすべてのシミュレーションで 42 日間以内に処理できることがわかった。また、現行の法制度と同様の設定である 14 日間の保管上限日数の場合、総受入量が 90/日である#1~3であっても、各 100 回のシミュレーションのうち半数以上でオーバーフローが発生する結果となった。

総受入量が同一でありその内訳が異なるシミュレーション同士で比較、すなわち#1~3・#4~6・#7~9・#10~12 の中で比較を行うと、大規模排出からの受入量の比率が高い方がよりオーバーフローが発生しやすい結果となった。これは、定常排出に比べて大規模排出の方が短期に多量のモジュールが集中して排出される設定となっており、その期間の前後で処理しきれないモジュールが発生しやすいためだと考えられる。

#### 4.6.1. 積替保管日数シミュレーション

使用済太陽電池モジュールのリサイクル浸透のボトルネックのひとつに、モジュールの収集・運搬コストが高いことがあげられる。リサイクル施設は全国どこにでも立地しているわけではなく、地域的な偏りがみられる。発電地点からの距離が遠いことも往々にしてあるため、そのようなケースでは高い輸送コストを嫌ってリサイクルが行われないことも多い。

このような背景のもと、関係省庁でも収集・運搬コストの低減に向けての検討は進められており、中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議 第10回(2026年1月開催)でも以下のような言及がなされている。

「使用済太陽光パネルが少量・散発的・散在的に排出される場合等においても、効率的に収集運搬し、排出事業者の経済的な負担を低減することが必要である。そのため、認定制度において集約拠点の設置の促進と合わせて、集約する際の保管に関する基準の特例措置を設けることを検討する。これにより、排出状況に応じて効率的かつ円滑に集約、収集運搬ができる体制を構築する。」

今年度の本業務においては、上記のような社会的潮流を念頭に、使用済太陽電池モジュールの収集・運搬を効率的に実現するための積替保管日数の検討に向けたシミュレーションを実施した。具体的には、合同会議にて言及されている集約拠点(積替保管場所)に一時的にモジュールを集約した上でまとめて処理施設へと輸送するモデルを想定して、積替保管場所にモジュールをどの程度の期間保管しておけば、効率的な輸送が実現できるかを明らかにするものである。ここでの「効率的な輸送」の基準としては、輸送に用いるトラックについて規定の積載率を設定し、その積載率以上で輸送をすることとした。

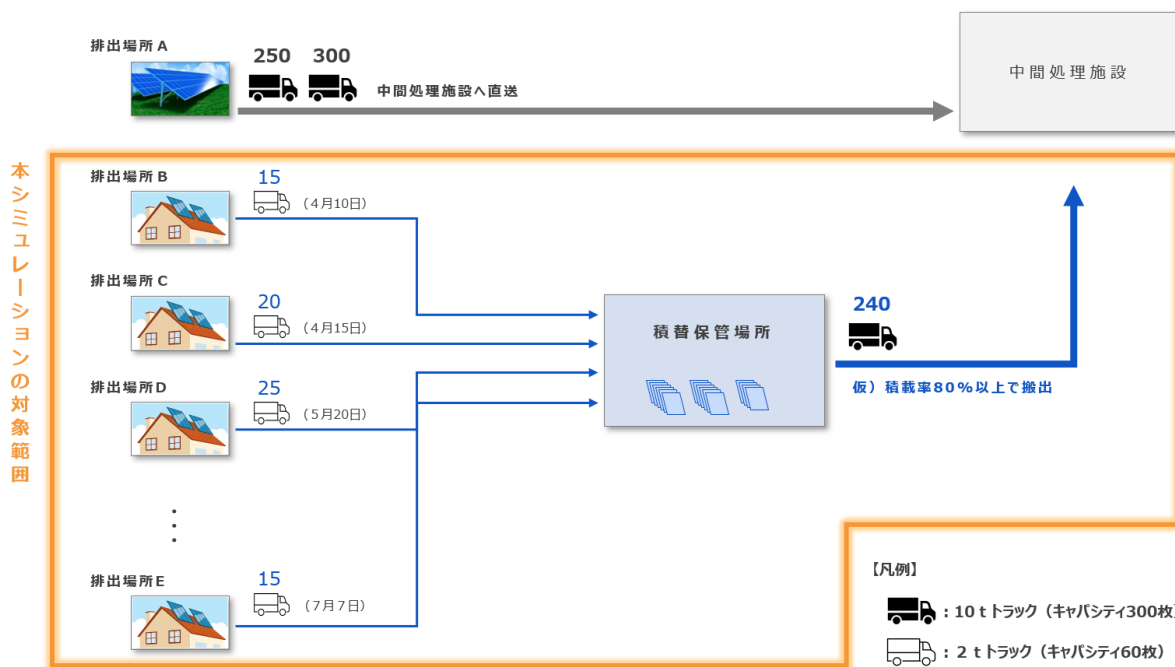


図 91 積替保管日数シミュレーションの概念図

出所) NRI 作成

シミュレーションの前提や、さらに具体的な条件についても整理する。まず、使用済太陽電池モジュールの排出は、メガソーラー等からの大量排出と、住宅等からの小規模かつ散発的な排出に大別することができるが、本

検討では図 91 の概念図に示す通り、後者の小規模な排出のみを対象とした。メガソーラー等からの大量排出は、十分な輸送量が確保できることから積替保管場所を経由する必要がなく、そもそも効率的な輸送が実現できていると考えられるためである。また、前項で述べていた保管上限シミュレーションとは異なり、1カ所の積替保管場所に対して、複数の排出場所から並行して排出が行われ得るものとした。また、基本的には規定の積載率に達するまで積替保管場所でモジュールを保管し規定に達したタイミングで輸送を行うものとするが、規定に達しない場合でも1ヵ月に1回は輸送を行う設定で検討を行った。

そして、積替保管場所への搬入量は、①排出場所(住宅)数②ひとつの住宅あたりの排出頻度③ひとつの住宅あたりの排出量、の3要素から検討を行った。

排出場所(住宅)数は、1,000カ所・2,000カ所・3,000カ所の3パターンを設定した。人口10万人につきひとつの積替保管場所が設置されると仮定すると、全国の積替保管場所は約1,200カ所となる。全国の戸建て数が約3,000万軒、住宅用太陽光発電の普及率が約9%であることを踏まえると、全1,200カ所の積替保管場所に対して全270万軒の太陽光発電導入済み戸建てが存在する計算となる。この前提では、ひとつの積替保管場所あたり約2,200軒の住宅が対応する計算となるため、2,000を基準として1,000と3,000のパターンも用意してシミュレーションを行った。

ひとつの住宅あたりの排出頻度は、排出がピークとなる年代である2040年における稼働モジュールの残寿命等から、約1/3,000と設定した。モジュール全体の平均稼働年数が約22年間であるのに対し、2040年に稼働しているモジュールのその時点での平均稼働年数が約14年間であることが排出量推計における排出係数の考え方からわかっており、その前提では当該モジュール群の残寿命は約8年間と考えることができる。8年間を日数に換算し、約1/3,000の排出確率とした。

最後にひとつの住宅あたりの排出量であるが、上述している通り住宅の一般的な設置枚数である15枚を平均値として、標準偏差5枚の対数正規分布に基づき決定することとした。

「効率的な輸送」を判断するための閾値として、輸送に用いるトラックの積載率を基準とすると述べたが、輸送するトラックの種類には5tトラックと10tトラックを、積載率の基準値としては基本的に80%を設定した。すなわち、5tトラックの実務上の上限積載量である150枚に対して、120枚以上が積替保管場所に集約されたタイミングで輸送を行うということである。

| # | 排出場所数   | トラック種類・規定積載率<br>(規定枚数) | SIM<br>実施数 | SIM結果                           |                                  |                                    |
|---|---------|------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|   |         |                        |            | 規定未滿の輸送回数<br>/ 全体の輸送回数<br>(発生率) | 最小輸送量                            | 平均輸送量                              |
| 1 | 1,000カ所 | 5 tトラック 80%<br>(120枚)  | 50         | 7.3回 / 12.0回<br>(61.1%)         | 35枚<br>(規定の29.1%/最大ｷｯﾊﾟｰの23.3%)  | 97.0枚<br>(規定の80.8%/最大ｷｯﾊﾟｰの64.5%)  |
| 2 | 1,000カ所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 11.4回 / 11.5回<br>(99.3%)        | 26枚<br>(規定の21.7%/最大ｷｯﾊﾟｰの17.3%)  | 106.2枚<br>(規定の44.2%/最大ｷｯﾊﾟｰの35.4%) |
| 3 | 2,000カ所 | 5 tトラック 80%<br>(120枚)  | 50         | 1.1回 / 18.9回<br>(5.7%)          | 66枚<br>(規定の55.0%/最大ｷｯﾊﾟｰの44.0%)  | 118.9枚<br>(規定の99.1%/最大ｷｯﾊﾟｰの79.3%) |
| 4 | 2,000カ所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 9.3回 / 12.2回<br>(76.0%)         | 66枚<br>(規定の27.5%/最大ｷｯﾊﾟｰの22.0%)  | 194.2枚<br>(規定の80.9%/最大ｷｯﾊﾟｰの64.7%) |
| 5 | 3,000カ所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 3.7回 / 15.0回<br>(24.4%)         | 159枚<br>(規定の66.3%/最大ｷｯﾊﾟｰの53.0%) | 232.1枚<br>(規定の96.7%/最大ｷｯﾊﾟｰの77.4%) |
| 6 | 3,000カ所 | 10 tトラック 95%<br>(285枚) | 50         | 6.1回 / 13.5回<br>(45.0%)         | 122枚<br>(規定の50.8%/最大ｷｯﾊﾟｰの40.7%) | 262.4枚<br>(規定の92.1%/最大ｷｯﾊﾟｰの73.6%) |

図 92 積替保管日数シミュレーション結果

出所) NRI 作成

シミュレーションの結果は、上図 92 の通りである。実施したシミュレーションは6種類であり、各種類 50 回ずつ分析を行った。種類間で変更している条件は、図 92 左側に記載している「排出場所数」と「トラック種類・積載率」である。シミュレーション#1では排出場所数 1,000 カ所・5tトラックを利用し規定積載率は 80% (枚数は 120 枚)、#2では排出場所数 1,000 カ所・10tトラックを利用し規定積載率は 80% (枚数は 240 枚)、#3では排出場所数 2,000 カ所・5tトラックを利用し規定積載率は 80% (枚数は 120 枚)、#4では排出場所数 2,000 カ所・10tトラックを利用し規定積載率は 80% (枚数は 240 枚)、#5では排出場所数 3,000 カ所・10tトラックを利用し規定積載率は 80% (枚数は 240 枚)、#6 では排出場所数 3,000 カ所・10tトラックを利用し規定積載率は 95% (枚数は 285 枚) という各条件でシミュレーションを行った。既に述べたように、各シミュレーションで規定の積載率に到達するまで積替保管場所でモジュールを保管するのを原則とするが、20 日間(1ヵ月間の営業日想定)連続で積替保管場所からの輸送が行われなかった場合には、その時点で保管されているモジュールは規定未滿の量であっても輸送を行うという条件の下で分析を実施した。これは、積替保管場所設置の趣旨も踏まえると1ヵ月以上の慢性的な保管が続く状態はあまり望ましくなく、現実的でもないためである。

続いて、図 92 右部3列に記載しているシミュレーション結果(SIM 結果)について、順に述べる。まず「規定未滿の輸送回数/全体の輸送回数(発生率)」であるが、シミュレーションの対象期間 250 日間のうちで、規定以上・未滿を問わず発生した積替保管場所から中間処理施設への輸送回数と、そのうち規定未滿で輸送された回数を分数の形で掲載している。そして、規定未滿の輸送が発生した割合をカッコ内に記載しているものである。これらは全 50 回のシミュレーションの平均を取っているため、小数点以下の値が発生している。排出場所数

を固定して考えると、トラックのキャパシティがより大きいあるいは規定積載率の値がより大きい方が、規定に満たない輸送が多く発生しやすいことがわかる。これは、規定枚数が保管されるまでより長い期間待ち続ける必要があるからであり、結果的に 20 日間が経過しても規定に達しないことが多くなるためだと考えられる。

また、図 92 の右 2 列には、「最小輸送量」と「平均輸送量」を記載している。これはそれぞれ、シミュレーション期間内に発生した輸送のうちで最も輸送枚数が少なかった際の輸送量と、全輸送における平均の輸送量を表しているものである。そして、当該枚数がそれぞれの規定枚数と最大輸送可能枚数に対して占める割合をカッコ内に記載した。同じ排出場所数のシミュレーション同士で比較すると、トラックのキャパシティが小さいあるいは規定積載率の値がより小さい方が、規定枚数・最大輸送可能枚数に対して占める各輸送量の割合は大きくなっている。閾値となる輸送枚数が少ないことが、より効率的な輸送には寄与していることが示唆される。

| # | 排出場所数   | トラック種類・規定積載率<br>(規定枚数) | SIM<br>実施数 | 必要となる最大の積替保管日数 |       |     |
|---|---------|------------------------|------------|----------------|-------|-----|
|   |         |                        |            | 最小値            | 平均値   | 最大値 |
| 1 | 1,000か所 | 5 tトラック 80%<br>(120枚)  | 50         | 28日            | 36.3日 | 54日 |
| 2 | 1,000か所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 45日            | 61.2日 | 99日 |
| 3 | 2,000か所 | 5 tトラック 80%<br>(120枚)  | 50         | 15日            | 21.0日 | 32日 |
| 4 | 2,000か所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 24日            | 33.8日 | 44日 |
| 5 | 3,000か所 | 10 tトラック 80%<br>(240枚) | 50         | 19日            | 23.3日 | 32日 |
| 6 | 3,000か所 | 10 tトラック 95%<br>(285枚) | 50         | 21日            | 26.0日 | 32日 |

図 93 積替保管日数シミュレーション結果\_積替保管日数の制限なし

出所) NRI 作成

最後に、これまで述べたシミュレーションでは設定していた 20 日間の積替保管日数の制限をなくし、規定積載率に達するまで積替保管場所での保管を続けるとした場合のシミュレーション結果を図 93 に記載する。各シミュレーション条件で 50 回分析を行った中で、必要となる最大の積替保管日数の最小値・平均値・最大値を確認したものである。

設定した 6 種類のシミュレーション条件の中でもより実態に即していると考えられる #3 の結果を見ると、輸送が行われるまでの積替保管日数は、営業日ベースで最小でも 15 日間、最大 32 日間を要することがわかった。実際には受入元となる排出場所数や閾値の条件によっても変わるが、効率的な輸送が必ず行われることを優先する場合には、1~2ヵ月ほど保管を続けられるような法制度とする必要があるといえる。

## 4.7. リユース・リサイクルに係る実証事業等

### 4.7.1. 実証事業の概要

使用済太陽電池モジュールのリユース・リサイクルの普及促進に向けた検討の一環として、国内で実施されている実証事業や先進的な取組事例を調査・整理した。公開情報(各社プレスリリース、自治体公表資料、業界情報サイト等)をもとに、リユース・リサイクルに関連する取組事例を収集し、実施主体、種別(リユース、リサイクル、リユース・リサイクル)、実施場所、事業概要を整理した。

表31 太陽電池モジュールのリユース・リサイクルに係る実証事業

| No. | 実施主体     | 種別         | 実施場所   | 概要  |
|-----|----------|------------|--------|---|
| 1   | 北九州市     | リサイクル      | 北九州市内  | <ul style="list-style-type: none"> <li>エコタウン事業の一環として、太陽電池モジュールの解体・撤去、中間処理、資源回収を実施</li> </ul>          |
| 2   | 福島県      | リサイクル      | 福島県内   | <ul style="list-style-type: none"> <li>県が認定した中間処理業者によるリサイクルに対して、費用の一部を負担することでリサイクルを促進する取組</li> </ul>  |
| 3   | 丸紅       | リユース       | 国内複数拠点 | <ul style="list-style-type: none"> <li>中間処理業者と連携し、使用済太陽電池モジュールのリユース流通スキームの構築を目指す</li> </ul>           |
| 4   | TRE HD   | リユース       | 自社拠点   | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用済太陽電池モジュールを用いた自家消費型の太陽光発電システムを導入し、リユース有効性を評価</li> </ul>      |
| 5   | DOWA HD  | リユース・リサイクル | 福島県内   | <ul style="list-style-type: none"> <li>解体・撤去からリユース可否判断、グループ内での再利用、リサイクルまでのワンストップサービス確立を目指す</li> </ul> |
| 6   | 東京都      | リユース・リサイクル | 東京都内   | <ul style="list-style-type: none"> <li>住宅用太陽電池モジュールにおけるリサイクルルートの構築、リユース促進に関する検討を実施</li> </ul>         |
| 7   | 埼玉県      | リユース・リサイクル | 埼玉県内   | <ul style="list-style-type: none"> <li>住宅用太陽電池モジュールの適正処理・リサイクル促進に向けた排出実態調査及び回収スキーム検証の実施</li> </ul>    |
| 8   | 東北電力グループ | リユース・リサイクル | —      | <ul style="list-style-type: none"> <li>製品情報の把握とデータベース化、使用可能年数の評価、リユース判定方法の確立、発電データ収集を実施</li> </ul>    |

出所) NRI 作成

#### 4.7.2. 今後の展望

これまで行われてきた実証事業は、個別技術の実用化検証(ホットナイフ技術、湿式比重選別、フロート板ガラスへのリサイクル等)や、地域単位での収集・運搬モデルの構築、リユースパネルの有効性評価など、サプライチェーンの各工程における個別課題の解決に主眼が置かれてきた。これらの取組により、技術的なフィージビリティの確認や地域モデルの構築については一定の成果が得られている。

しかしながら、中間処理業者へのアンケート調査で浮き彫りとなった課題を踏まえると、個別要素の実証にとどまらず、制度設計と連動したより踏み込んだ実証が今後不可欠である。

##### 【サプライチェーン全体を統合した経済性実証】

現在の実証事業の多くは、リユース・リサイクルの技術的可能性を示すものであるが、中間処理業者が最も強く指摘しているのは単純破碎・最終処分との価格競争力の欠如である。解体/撤去・収集運搬・中間処理・再資源化・販売に至るサプライチェーン全体のコスト構造を可視化し、各工程のコストダウン余地を定量的に検証する実証が求められる。具体的には、積替保管場の設置による収集運搬効率化の経済効果、処理施設の稼働率向上による単価低減効果、リサイクル品の販路拡大による収益改善効果等を、一体的に検証するモデル事業が必要である。

##### 【大量排出期を見据えた大規模実証】

現時点における使用済太陽電池モジュールの排出量は限定的であるが、2030年代後半以降に排出量が顕著に増加することが見込まれている。現在の実証事業は比較的小規模な排出を前提としたものが多く、大量排出時における処理能力の確保、保管スペースの確保、マニフェスト処理期限への対応等の実務的課題は未検証のままである。メガソーラー等の大規模発電所からの排出を想定し、数万枚規模のパネルを対象としたスケールアップ実証を実施することで、将来の制度設計に必要なデータを蓄積すべきである。

##### 【モジュール情報のトレーサビリティに関する実証】

中間処理業者からは、製品情報・含有物質情報の一元管理プラットフォームの構築や、WDSの開示義務化を求める声が数多く寄せられている。一部の企業が構築を進める情報管理プラットフォームや、情報管理システム等の取組を発展させ、パネルの設置から撤去・処理・リサイクルまでのトレーサビリティを一貫して確保する仕組みの実証が求められる。特に、海外製パネルや事業停止メーカーの製品など、情報入手が困難なケースへの対応方法を含めた検証が重要である。

##### 【リユース品の品質保証・長期性能評価の実証】

リユースに関しては、短期間の発電量モニタリングに留まる事例が多く、リユース品の経年劣化特性や長期的な安全性に関するデータの蓄積が不十分である。リユース品の統一的な基準を設けるためには、故障率・劣化曲線等の定量データを長期実証により取得する必要がある。また、リユース品としての役割を終えた後のリサイクルルートの確保についても、あらかじめ実証・検討しておくことが望ましい。

## 第5章. 太陽光発電設備リサイクル制度小委員会の開催

### 5.1. 小委員会の設置

太陽光発電設備のリサイクル制度及び使用済太陽光発電設備の再利用の推進のあり方について検討・審議することを目的に、環境省と資源エネルギー庁が共同事務局となり、令和6年度に「中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議」(以下、「合同会議」という。)が設置された。

### 5.2. 小委員会の委員構成

合同会議における委員・オブザーバーは、「太陽光発電設備リサイクル制度小委員会」及び「太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ」それぞれで委嘱された。

#### 5.2.1. 太陽光発電設備リサイクル制度小委員会の委員構成

中央環境審議会循環型社会部会「太陽光発電設備リサイクル制度小委員会」の委員・オブザーバーを、以下に示す(敬称略、委員 五十音順)。

##### ○委員長

高村 ゆかり 東京大学未来ビジョン研究センター 教授

##### ○委員

青木 裕佳子 公益社団法人 日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会  
環境委員会 副委員長

一ノ瀬 大輔 立教大学経済学部 准教授

大塚 直 早稲田大学法学部 教授

酒井 伸一 公益財団法人 京都高度技術研究所 副所長

中川 直美 全国知事会 (山梨県森林環境部技監)

村上 進亮 東京大学大学院工学系研究科 教授

室石 泰弘 公益社団法人 全国産業資源循環連合会 専務理事

吉田 綾 国立研究開発法人 国立環境研究所 主任研究員

○オブザーバー

一般社団法人 太陽光パネルリユース・リサイクル協会

公益社団法人 全国解体工事業団体連合会

5.2.2. 太陽光発電設備リサイクルワーキンググループの委員構成

産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会「太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ」の委員・オブザーバーを、以下に示す(敬称略、委員 五十音順)。

○座長

大和田 秀二 早稲田大学 名誉教授

○委員

飯田 誠 東京大学先端科学技術研究センター 特任准教授

池田 三知子 一般社団法人 日本経済団体連合会 環境エネルギー本部長

大関 崇 国立研究開発法人産業技術総合研究所

再生可能エネルギー研究センター太陽光システムチーム 研究チーム長

桑原 聡子 外苑法律事務所パートナー弁護士

神山 智美 富山大学学術研究部社会科学系 教授

所 千晴 早稲田大学理工術院 教授／東京大学大学院工学系研究科 教授

圓尾 雅則 SMBC 日興証券株式会社 マネージング・ディレクター

山本 雅資 神奈川大学経済学部経済学科 教授

○オブザーバー

一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会

一般社団法人 太陽光発電協会

一般社団法人 送配電網協議会

### 5.3. 審議経過と審議結果

合同会議における審議経過は、以下の通りである。

令和7年度には、第10回(令和8年1月23日(金))が開催され、共同事務局から提示された「リサイクル推進に向けた新たな法制度案」について議論が行われた。

表32 合同会議における審議経過

| 回数   | 開催日時                         | 議題  |
|------|------------------------------|---|
| 第1回  | 令和6年9月13日(金)<br>15:00～17:00  | (1) 太陽光発電設備の廃棄・リサイクルをめぐる状況<br>及び論点について<br>(2) その他 |
| 第2回  | 令和6年10月1日(火)<br>17:30～19:30  | (1) 太陽光発電設備の廃棄・リサイクル制度の論点について<br>(2) その他          |
| 第3回  | 令和6年10月15日(火)<br>16:00～18:00 | (1) 太陽光発電設備の廃棄・リサイクル制度の論点について<br>(2) その他          |
| 第4回  | 令和6年10月28日(月)<br>13:00～15:00 | (1) 関係者ヒアリング<br>(2) その他                           |
| 第5回  | 令和6年10月29日(火)<br>15:00～17:00 | (1) 関係者ヒアリング<br>(2) その他                           |
| 第6回  | 令和6年11月21日(木)<br>16:00～18:00 | (1) 太陽光発電設備の廃棄・リサイクル制度の論点について<br>(2) その他          |
| 第7回  | 令和6年12月4日(水)<br>17:00～19:00  | (1) 太陽光発電設備の廃棄・リサイクル制度構築に向けた論点整理<br>(2) その他       |
| 第8回  | 令和6年12月16日(月)<br>17:30～19:30 | (1) 太陽光発電設備のリサイクル制度のあり方について<br>(2) その他            |
| 第9回  | 令和7年3月21日(金)<br>15:00～17:00  | (1) 太陽光発電設備のリサイクル制度のあり方について<br>(2) その他            |
| 第10回 | 令和8年1月23日(金)<br>09:00～11:00  | (1) 太陽光パネルのリサイクル制度について<br>(2) その他                 |

## 太陽光パネルリサイクル推進の基本的な考え方

2030年代後半以降に大量廃棄が見込まれる太陽光パネルについて、最終処分量の減量及び資源の有効利用のため、リサイクルの推進が重要。その際、①現時点では埋立処分費用とリサイクル費用との差額が大きいこと、②全国的な処理体制が構築途上であることの二つが課題。新たな法制度により、これらの課題への対応を図りながらリサイクルの規制を段階的に強化し、太陽光パネルの幅広い排出者等へのリサイクルを義務化するために必要な環境を整備する。

### ■ 使用済太陽光パネルは、現在、廃棄物処理法に基づく適正処理を義務付け。

※再エネ特措法に基づくFIT/FIP制度における事業用太陽光発電設備（10kW以上）には、**廃棄等費用の積立制度を推進**

### ■ 現状のリサイクル費用と処理体制を踏まえ、社会全体のコストの抑制を図りつつ、リサイクルに向けた処理体制を構築する観点から、将来的な、より幅広い太陽光パネルのリサイクル義務化を目指して、まずは効率的にリサイクルが実施可能な多量の事業用太陽電池廃棄物の排出者等（多量の使用済太陽光パネルの排出等をする太陽光発電事業者等）から規制を段階的に強化することが実効的な道筋。

### ■ より多くの者が経済合理的にリサイクルを実施できる環境整備を図りつつ、将来的に、太陽光パネルの幅広い排出者等について、リサイクルを義務付ける。

高度なリサイクル技術は既に確立する一方で、コスト・処理体制が課題

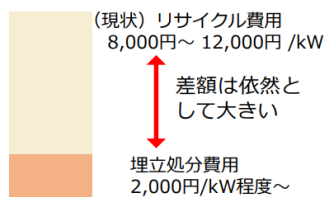
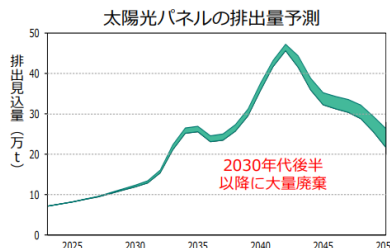
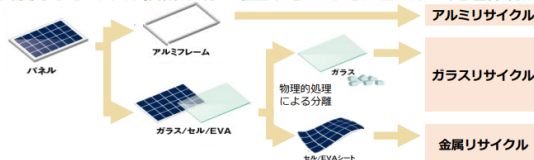


図 94 リサイクル推進の基本的な考え方

出所) 中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議 (第 10 回)

## 太陽光パネルリサイクル推進に向けて

まずは効率的にリサイクルが実施可能な多量の事業用太陽電池廃棄物の排出者等に対する、新たな法制度による規制の導入（判断基準に基づくリサイクルの取組を義務付け）と、技術開発・設備導入等の予算措置や既存制度により、リサイクル費用の低減・体制整備を図り、2030年代後半以降に見込まれる大量廃棄に備えて規制を段階的に強化した上で、太陽光パネルの幅広い排出者等へのリサイクル義務化を目指す。

### 新たな法制度案

- ① 国による基本方針の策定**
  - 各主体の役割、リサイクル目標、施設整備の促進、費用低減・技術開発等の施策の方向性の明示
- ② 多量の事業用太陽電池廃棄物の排出者等への規制**
  - 国が定める判断基準（段階的に強化）に基づくリサイクルの取組を義務付け（指導・助言、勧告・命令）
  - 排出実施計画の事前届出義務
    - ※指導・助言は全ての事業用太陽電池廃棄物の排出者等が対象
- ③ 費用効率的なリサイクルを促進するためのリサイクル事業者への措置**
  - 効率的なリサイクル事業者を認定し、都道府県ごとの廃棄物処理法の許可を不要とする特例措置、保管基準の特例措置等
  - リサイクルの技術開発・施設整備等の財政上の措置
- ④ 製造業者等に対する措置**
  - 環境配慮設計の実施等の責務
  - 含有物質に関する情報提供等の措置
- ⑤ 制度の見直しに向けた検討**
  - 埋立処分場の残余容量、リサイクル費用の状況等を勘案して、太陽光パネルの幅広い排出者等を対象とした義務付けを検討し、制度を見直し
    - ※公布から1年半以内の施行を予定

### 既存制度、財政支援等

#### リサイクル費用低減・体制整備に係る措置

- ① リサイクル費用低減に向けた技術開発支援
- ② リサイクル設備の導入支援
- ③ 再資源化事業等高度化法に基づく対象設備の認定
- ④ 再生材の売却益向上に資する技術実証
- ⑤ 収集運搬の効率化の実証、保管施設の導入支援
- ⑥ リサイクルに取り組む太陽光発電事業者からの電力調達の促進（環境配慮契約法等での検討）

#### 製造業者等の取組促進に係る措置

- 資源有効利用促進法の判断基準に基づく環境配慮設計の推進

#### 不適正処理・不法投棄対策等

- ① 不適正処理・不法投棄対策の徹底（廃棄物処理法）
- ② 再エネ特措法に基づく廃棄等費用積立制度の着実な実施
- ③ 適正なリユースの推進（ガイドラインの改訂）

4

図 95 リサイクル推進に向けた新たな法制度案

出所) 中央環境審議会循環型社会部会太陽光発電設備リサイクル制度小委員会・産業構造審議会イノベーション・環境分科会資源循環経済小委員会太陽光発電設備リサイクルワーキンググループ 合同会議 (第 10 回)

## 第6章. その他使用済再生可能エネルギー発電設備の 適正処理・リサイクル等の推進に関する調査

### 6.1. 風力発電設備

#### 6.1.1. 風力発電設備の構成

風力発電設備には、洋上風力発電と陸上風力発電が存在するが、着船用設備やプラットフォームを除けば、その部品構成に大きな差異はない。また定格出力に応じて、大型(1,000kW 以上)、中型(50kW~1,000kW 未満)、小型(1kW~50kW 未満)等と分類されるが、売電等を目的とした大型・中型では、おおまかな部品構成は共通する傾向にある。

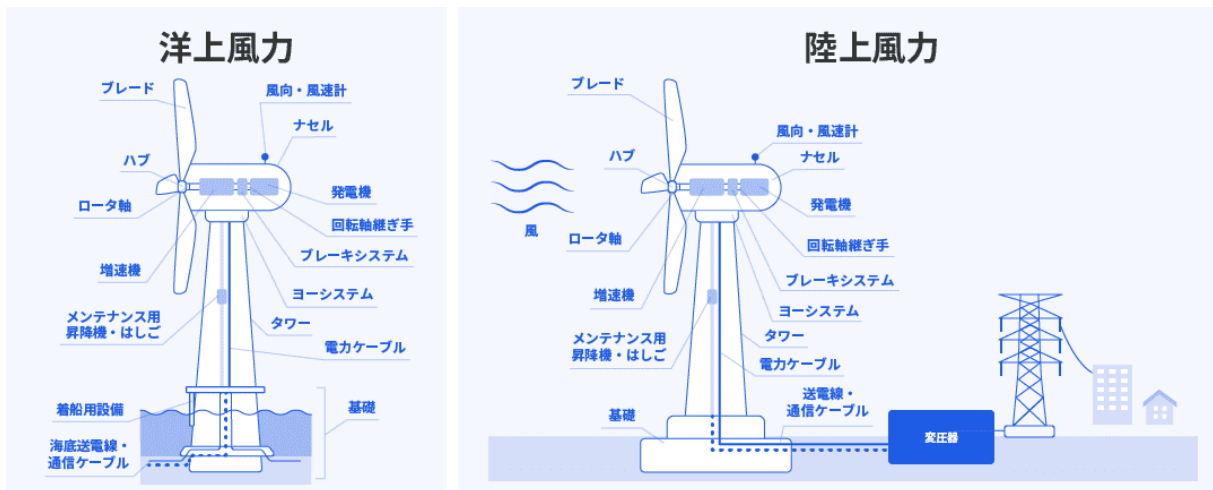


図 96 風力発電設備の構成(洋上風力、陸上風力)

出所) コスモエコパワー株式会社ホームページ

なお洋上風力発電設備の設置方法は、着床式と浮体式に大別され、さらに支持構造によって分類することが可能である。30m以下の浅海域に設置されている洋上風力発電設備は着床式であり、海底に1本の杭を打ち込むモノパイル型や、コンクリートのケーソンを基礎とする重力型が採用されている。それ以上に深くなると、強度維持や施工が難しくなるため、水深 30~50mの海域では、ジャケット型と呼ばれる立体骨組構造が採用される。

水深が 50m以上まで達すると、浮体式の洋上風力発電設備が選択される。浮体式には、係留システムやタンク、バラスト等を用いた様々な支持構造がある中、福島県沖の実証事業では、コンパクトセミサブ型とスパー型によって設置された。コンパクトセミサブ型は港湾施設で組み立てることが可能であり、所定の喫水まで沈めて半潜水状態で浮体させる構造である。またスパー式は、浮力体を垂直方向に延長する単純構造であり、浮力体の大部分を水没させる構造となっている。

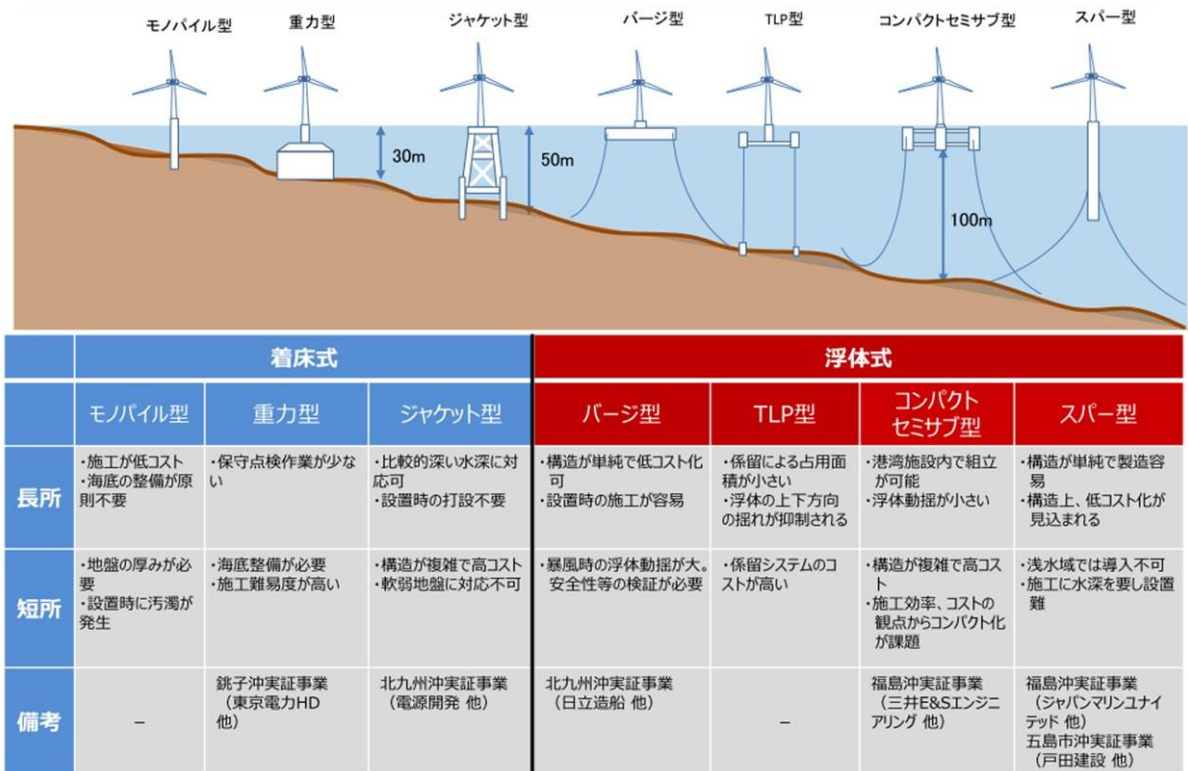


図 97 洋上風力発電設備の設置方法

出所) 資源エネルギー庁ホームページ

### 6.1.2. 構成素材ごとのリサイクル実態

令和6年度調査で整理した通り、風力発電設備は 80%強が鉄鋼素材から構成されており、次いでポリマー、ガラス・炭素複合材料等となっている。主にナセル・タワーに使用されている鉄鋼素材は資源価値が高いため、解体・撤去された後、有価で売却されてリサイクルされている。その一方で、風車ブレードやナセルカバーに使用されている複合材料の繊維強化プラスチック (FRP 素材) はリサイクルが難しく、一部でセメント原燃化やマテリアルリサイクルされているが、その多くは最終処分されているのが実態である。

なお 100 基以上の風力発電設備解体を手掛けた事業者によると、現状、排出されている風車ブレードはガラス繊維強化プラスチック (以下、「GFRP」という。) のみであり、炭素繊維強化プラスチック (以下、「CFRP」という。) の解体・リサイクル実績はないとのことであった。風車の大型化に伴い、最新型の風力発電設備では CFRP の採用も進んでいるが、当面排出される風車ブレードは GFRP 素材であると予測される。



※ 赤色ボックスは、現状リサイクル困難とされている資源を示す

図 98 風力発電設備の処理実態

出所) NRI 作成

風力発電設備の解体には、クレーンが用いられ、風車ブレード、ナセル、タワートップ、タワーミドル・ボトムの順番で下架される。その解体手順・フローは、風力発電設備の種別(陸上・洋上、また規模)問わず、共通しているようであった。下架された構成部品(風車ブレード等)は、いずれもトラック等で搬出できるサイズ・重量まで現場裁断される。風車ブレードには FRP 素材が使用されているため、そのまま現場裁断すると繊維・粉塵等が飛散し、作業環境が悪化しかねない。そのため飛散防止対策(湿式ワイヤーソー工法、飛散防止用テントの設置、等)を講じて現場裁断する必要がある。

なお風力発電設備の解体にあたり、発電事業者(設備所有者)から受領すべき必須情報は、設備寸法と重量である。特に重量は、現場で使用するクレーン選定に直結する情報であり、解体計画を引くうえで欠かせない。万が一にも重量情報が誤っていれば、クレーン転倒等の重大事故を引き起こしかねないことから、作業員の安全確保の観点からも正確な情報が求められる。その他、周辺環境や搬入路(現場へのアクセス、何トラックが入れるか、等)の情報も重要であり、解体計画の精度向上に寄与するものである。風車ブレードの材質やドライブトレイン等の設備関連情報も不可欠ではあるが、太陽光発電設備と異なり、風力発電設備はメーカー・型式がそれほど多くないため、解体・撤去業者が自ら取得することも多いようである。

### 6.1.3. 繊維強化プラスチックのリサイクル動向

風力発電設備に使用されている構成素材のうち、最終処分に回ることが多く、最もリサイクルが進んでいない素材が FRP 素材である。その理由は、有機材料である樹脂と無機材料である繊維の完全分離が技術的に難しいこと、また処理コストをかけて分離する樹脂や繊維の資源価値が小さいことにある。なお風力発電設備の定格出力・容量と風車ブレード重量は相関関係にあり、1～2MW の設備の場合、ブレードは5～10t/枚に及ぶ(1基あたり3枚のブレードがあるため、2MWの設備からは約 15tのブレードが回収される)。

様々な製品で使用されている GFRP は、FRP 船リサイクルを契機としてリサイクルに関する取組が進められてきた。ガラス繊維を分離してマテリアルリサイクルする価値が小さいことから、サーマルリサイクルも検討されたが、焼却炉で融解したガラス繊維が炉内で冷却・固化してしまうと、焼却炉自体の耐久性・寿命を損ねる可能性があるため課題視されていた。そうした背景もあり、現在ではセメント原燃化または最終処分されることが一般的である。GFRP をセメント製造設備であるロータリーキルンに投入することで、樹脂成分は熱源利用(サーマルリサイクル)され、ガラス繊維に含まれるケイ素(Silicon; Si)はセメントクリンカに必要な原料としてリサイクル(マテリアルリサイクル)される。そのため、セメント原燃化によるリサイクル率は、ほぼ 100%とされている。なおセメント製造においては、風車ブレード由来 GFRP のみを投入しているわけではなく、廃プラスチックや廃タイヤ等の他原燃料を投入している。そのため、GFRP にセメントの耐久性を損なう物質等が仮に含まれていたとしても、セメント業者側が他原燃料との投入調整をかける等の対応が図られているようである。

GFRP はセメント原燃化または最終処分されることが多い中、合成樹脂建材へのマテリアルリサイクルを進めているリサイクル業者も存在する。宏幸株式会社は、環境省の「令和4年度脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」に採択され、その実証事業を通じて、世界初の「風車 FRP ブレード高度リサイクル技術」を開発、事業化に踏み切った。同社は、80cm カットにした風車ブレード由来 FRP 等を4段階の破砕装置(粗破砕、細破砕、粉碎、微粉碎)に投入し、数十  $\mu\text{m}$  単位のパウダー状まで粉碎研磨する。その後、配電線由来のポリ塩化ビニル(polyvinyl chloride; PVC)と混練成形して、FRP 合成樹脂建材へと再生品化しており、樹脂と繊維を分離せずにリサイクルする技術的特徴を有する。FRP 合成樹脂建材である「エコ・マット」は、太陽光発電設備に敷設するマットとして既に 1,000 枚程度が社会実装済であり、より厚みを持たせた FRP 合成樹脂の鋼板敷板代替品も存在する。必要な強度や難燃性といった特徴を有しながらも、従来の建設現場で使用される鋼板敷板と比べて重量が8分の1程度であることから、建設資材輸送コストの低減に寄与することが期待されている。

CFRP は、GFRP を上回る強度・剛性を持つ素材である。以前は GFRP が主流であった中、洋上風力発電設備等で使用される 30m 超の大型風車ブレード等で、使用されるようになってきた。そのリサイクルは GFRP 以上に難しく、全世界におけるリサイクル率は約7%に留まるといった調査もある素材である。炭素繊維が使われていることで強度が高く、焼却処理でも燃え残りが発生して短絡を引き起こし、設備不良に繋がる可能性が指摘されている。早稲田大学による研究でも、CFRP を焼却炉で処理した際には、すべての施設でスラグ内あるいはダスト内に CFRP 由来の未燃炭素繊維が残留することが確認されており、振動ふるいの詰まりやクリンカの生成等の問題が発生したと報告されていた。その一方で炭素繊維には価値があり、劣化させることなく炭素繊維を回収・

再利用するための技術開発も進められているようである。ただし、風車ブレードへの CFRP 使用はまだ歴史が浅いことから、現時点では風車ブレード由来 CFRP はまだ発生していないものと推察される。

#### 6.1.4. ネオジム磁石のリサイクル動向

ネオジム磁石は、風力発電設備の基幹部品である発電機に使用されている。ナセル内部に存在する発電機は、ローター(回転子)とステーター(固定子)等から構成されており、ネオジム磁石等の永久磁石はローターに配置されている。風力発電設備のドライブトレイン(動力伝達システム)として、これまではギアチェンジ方式(増速機方式)が一般的であったが、発電効率の向上を目的として、ネオジム磁石等を使用したダイレクトドライブ方式が増えている。

ネオジム磁石は、他の磁石材料に比べて非常に強力な磁力を有する磁石であるため、解体現場において、安全なレベルまでの脱磁処理と運搬可能なサイズへの裁断が求められる。脱磁処理には、過熱水蒸気焙焼法や水素脆化等いくつかの方法がある中、解体現場での実施は、解体・撤去業者の技術的な差別化ポイントとなっている。国内では、株式会社イボキンとアチハ株式会社が、風力発電設備からダイレクトドライブ式発電機のネオジム磁石を安全に取り出し、解体現場及びイボキン龍野工場で脱磁処理を行った後、国内の大手非鉄商社を通して国内需要家に再生資源として販売した実績がある。

ネオジム磁石のリサイクル実態は供給量の1%未満(製造スクラップを除く)と限定的であった中、需要の急速な拡大、そして経済安全保障等の観点から、リサイクルが世界的に進められている。2025年8月、ドイツは「永久磁石に関するレジリエンス・ロードマップ(Von der europäischen Windindustrie erarbeiteter Resilienz-Fahrplan für Permanentmagnete)」を公開しており、風力発電に必要となる永久磁石の供給安定性の向上、調達構造の見直しを掲げた。2025年12月には、欧州委員会(EC)が「RESourceEU」を発表し、ネオジム磁石を含むレアアース等の重要原材料の確保に向けた行動計画を示した。またアメリカでは、米国エネルギー省風力エネルギー技術局(WETO)が、風力発電設備のタービンリサイクル技術開発に、最大で2,000万USDの資金提供を行う方針を掲げている。また風力発電設備やリサイクルの文脈ではないが、レアアース磁石の国内強靱化ならびに中国依存からの脱却に向けて、米国防総省が採掘・精製・製造を手掛ける事業者に4億USDを投資し、国内生産を加速化させるとの報道もある。

ネオジム磁石リサイクルに先進的に取り組む事業者として、英国HyProMag社は、水素を用いた磁石粉末化・同時脱磁技術(水素脆化)を有している。同社の技術は、純水素を使用することでネオジム磁石を水素原子で脆化させて物理的に粉碎・分離し、鉄やネオジム、ホウ素等の高純度な磁石原料(粉末)を回収できるほか、従来技術と比べて小さいエネルギー・環境負荷でリサイクル可能な特徴を持つ。HyProMag社とエンビプロ・ホールディングスはレアアース磁石のリサイクルに関するMOUを締結しており、エンビプロ・ホールディングスが回収した廃ネオジム磁石を、HyProMag社のリサイクル技術で再資源化し、リサイクル磁石として共同で国内販売する計画を立てている。またフランスMagREEsources社は、ネオジム磁石を水素雰囲気にとらさずことで、物理的な分解と脱磁、そして不純物分離を同時に行える技術を有している。回収した磁石原料(粉末)は、そのまま当社にて製造原料として再利用するため、短いループで再資源化できる。

国内企業における、ネオジム磁石リサイクル動向、プレスリリースは以下の通りである。国内外問わず、ネオジム磁石リサイクルの取組や関連制度が進展することが予想されるため、風力発電設備由来に限らず、そのリサイクル動向を確認する必要がある。

| # | 事業者名等    | リサイクルに係る取組状況  |
|---|----------|---|
| 1 | 三徳       | <ul style="list-style-type: none"> <li>ネオジム磁石の研磨粉等を湿式処理してレアアースを回収し、磁石向けに再利用を実施している。</li> <li>NEDO事業「<a href="#">部素材からのレアアース分離精製技術開発事業</a>」に参画しており、複数企業・大学と連携を通じて、分離精製技術開発に取り組んでいる（2023～2027年）。</li> </ul>                     |
| 2 | 信越化学工業   | <ul style="list-style-type: none"> <li>磁石生産時に発生する研磨粉を湿式処理にてレアアースを回収し、磁石向けに再利用している。</li> <li>またトヨタ自動車と磁石再資源化の取組を開始しており、<a href="#">プリウスELVから回収したネオジム磁石・ジスプロシウム磁石を新品磁石へと再生</a>している。</li> </ul>                                  |
| 3 | エンビプロHD  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2024年6月、HyProMag社（イギリス）とレアアース磁石のリサイクルに関してMOUを締結している。エンビプロHDが回収した廃ネオジム磁石を、<a href="#">HyProMag社のリサイクル技術（脱磁・破碎・化学的処理が不要で、コスト・環境負荷ともに小さい）</a>を再資源化し、リサイクル磁石を共同で国内販売する計画を立てている。</li> </ul> |
| 4 | 日産、早稲田大学 | <ul style="list-style-type: none"> <li>ローターを分解せずに1,400℃以上で熔融し、熔融液中のレアアースを酸化させることで、化合物を回収するリサイクル技術開発の取組んでいる。当該技術では、モーターに使用されている98%のレアアースが回収可能とのこと。</li> </ul>  |
| 5 | 豊田メタル    | <ul style="list-style-type: none"> <li>HVの普及に先駆けて、モーターからネオジム磁石を回収するリサイクル工程を構築している。</li> </ul>   |

図 99 ネオジム磁石リサイクルに係る取組状況

出所) 各種公表情報に基づき NRI 作成

## 第7章. 付録

### 7.1. 排出実態調査(解体・撤去業者向けアンケート調査) 調査票

Web アンケート調査で実施したため、非公開

### 7.2. 処理実態調査(中間処理業者向けアンケート調査) 調査票

#### 太陽電池モジュールのリユース・リサイクル 対応状況(処理実態等)に関するアンケート調査

ご担当者様のご連絡先をご記入ください。

|                   |  |          |  |
|-------------------|--|----------|--|
| 貴会社名              |  |          |  |
| 部署名               |  | 役職(自由記述) |  |
| メールアドレス<br>(自由記述) |  |          |  |
| 電話番号<br>(自由記述)    |  |          |  |

貴社における「太陽電池モジュール(太陽光パネル)のリサイクル事業やリユース事業」の状況について、以下の質問にご回答ください。

なお、貴社の事業や取組に関連しない質問は空欄で構いません。

- |        |                       |
|--------|-----------------------|
| 問1     | 処理内容・処理能力に関する質問       |
| 問2、問3  | 太陽電池モジュールの受入状況に関する質問  |
| 問4～問6  | 太陽電池モジュールのリサイクルに関する質問 |
| 問7～問11 | 太陽電池モジュールのリユースに関する質問  |

**【処理内容・処理能力に関する質問】**

**問1 貴社の太陽電池モジュールの処理施設情報についてご記入ください。**

※複数処理施設がある場合は、処理施設ごとにご記入ください。

| # | 処理施設情報          | 処理方法                         |
|---|-----------------|------------------------------|
| 1 | 施設名称            | 単純破碎(アルミ取外し後に単純破碎のみをする場合も含む) |
|   |                 | アルミとその他で分離                   |
|   |                 | アルミとカレットガラスとその他で分離           |
|   | 所在している都道府県・市区町村 | アルミと板ガラスとその他で分離              |
|   |                 | 焼却、熱回収                       |
|   | その他             |                              |
| 2 | 施設名称            | 単純破碎(アルミ取外し後に単純破碎のみをする場合も含む) |
|   |                 | アルミとその他で分離                   |
|   |                 | アルミとカレットガラスとその他で分離           |
|   | 所在している都道府県・市区町村 | アルミと板ガラスとその他で分離              |
|   |                 | 焼却、熱回収                       |
|   | その他             |                              |
| 3 | 施設名称            | 単純破碎(アルミ取外し後に単純破碎のみをする場合も含む) |
|   |                 | アルミとその他で分離                   |
|   |                 | アルミとカレットガラスとその他で分離           |
|   | 所在している都道府県・市区町村 | アルミと板ガラスとその他で分離              |
|   |                 | 焼却、熱回収                       |
|   | その他             |                              |
| 4 | 施設名称            | 単純破碎(アルミ取外し後に単純破碎のみをする場合も含む) |
|   |                 | アルミとその他で分離                   |
|   |                 | アルミとカレットガラスとその他で分離           |
|   | 所在している都道府県・市区町村 | アルミと板ガラスとその他で分離              |
|   |                 | 焼却、熱回収                       |
|   | その他             |                              |
| 5 | 施設名称            | 単純破碎(アルミ取外し後に単純破碎のみをする場合も含む) |
|   |                 | アルミとその他で分離                   |
|   |                 | アルミとカレットガラスとその他で分離           |
|   | 所在している都道府県・市区町村 | アルミと板ガラスとその他で分離              |
|   |                 | 焼却、熱回収                       |
|   | その他             |                              |

※ 調査票p.2 で記入いただいた施設と行を一致させてご記入ください。

※ 同一施設に複数の機器を導入している場合も、行を変えず同一セルにご記入ください。

| # | 処理方法の詳細  | 令和6年度処理実績 |  | 日当たり受入/保管可能量  |  | 日当たり処理可能量     |  |
|---|----------|-----------|--|---------------|--|---------------|--|
| 1 | 導入している機器 |           |  |               |  |               |  |
|   |          |           |  |               |  |               |  |
|   | 導入している技術 |           |  |               |  |               |  |
|   |          | t/年(PV)   |  | 最大<br>t/日(PV) |  | 最大<br>t/日(PV) |  |
| 2 | 導入している機器 |           |  |               |  |               |  |
|   |          |           |  |               |  |               |  |
|   | 導入している技術 |           |  |               |  |               |  |
|   |          | t/年(PV)   |  | 最大<br>t/日(PV) |  | 最大<br>t/日(PV) |  |
| 3 | 導入している機器 |           |  |               |  |               |  |
|   |          |           |  |               |  |               |  |
|   | 導入している技術 |           |  |               |  |               |  |
|   |          | t/年(PV)   |  | 最大<br>t/日(PV) |  | 最大<br>t/日(PV) |  |
| 4 | 導入している機器 |           |  |               |  |               |  |
|   |          |           |  |               |  |               |  |
|   | 導入している技術 |           |  |               |  |               |  |
|   |          | t/年(PV)   |  | 最大<br>t/日(PV) |  | 最大<br>t/日(PV) |  |
| 5 | 導入している機器 |           |  |               |  |               |  |
|   |          |           |  |               |  |               |  |
|   | 導入している技術 |           |  |               |  |               |  |
|   |          | t/年(PV)   |  | 最大<br>t/日(PV) |  | 最大<br>t/日(PV) |  |

**【受入状況に関する質問】**

**問2 貴社の太陽電池モジュールの受入条件についてご記入ください。**

※1～8は選択式、9～12は自由記述式となっております。

| A 種類  |         | 受入条件   |
|-------|---------|--|
| 1     | シリコン系   | 片面ガラス  |
|       |         | 両面ガラス  |
| 2     | 化合物系    | CIS系<br>(Solar Frontier製)                            |
|       |         | CdTe系<br>(First Solar製)                              |
| 3     | 有機系     |  |
| 4     | 建材一体型   |  |
| 5     | シースルー型  |  |
| B 状態  |         | 受入条件   |
| 6     | ガラス破損   |  |
| 7     | フレームゆがみ |  |
| C 大きさ |         | 受入条件   |
| 8     | 制限の有無   |  |
| 9     | 長さ      | (例) 装置の全長〇〇mm以下であれば問題なし                              |
|       |         |  |
| 10    | 幅       | (例) 装置の横幅〇〇mm以下であれば問題なし                              |
|       |         |  |
| 11    | 厚み      | (例) ローラーの高さ〇〇mm以下であれば問題なし                            |
|       |         |  |
| D その他 |         | 受入条件   |
| 12    | その他     | (例) 一度に最低〇〇枚を搬入するよう要求している。<br>ガラス面が汚れているものは受け入れていない。 |
|       |         |  |

問3 直近2ヵ年において、貴社が受け入れた太陽電池モジュールをお知らせください。

※ 把握されている範囲でご記入下さい。"枚"、"kg" はいずれかの記載で構いません。

※ 令和6年度調査で回答いただいた令和5年度実績値に変更がない場合、令和6年度実績のみご回答ください。

※ 回収量全体 = リユース量 + 処理量 となるようご回答いただき、不一致の場合は理由を選択してください。

集計期間①：2023年度 / 令和5年度（2023年4月～2024年3月）

| 項目       |               | 回収量   |    |         |    |       |    |
|----------|---------------|-------|----|---------|----|-------|----|
|          |               | 回収量全体 |    | うちリユース量 |    | うち処理量 |    |
| ① 新古品    |               |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
| ② 故障・廃棄品 | - 1.不良品 / 故障品 |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
|          | - 2.災害等によるもの  |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
|          | - 3.目的を終了したもの |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               | kg    |    | kg      |    | kg    |    |
|          | - 4.その他（具体的に） |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
| 合計（自動計算） |               | 0     | 枚  | 0       | 枚  | 0     | 枚  |
|          |               | 0     | kg | 0       | kg | 0     | kg |
|          |               |       |    | 不一致理由   |    |       |    |

集計期間②：2024年度 / 令和6年度（2024年4月～2025年3月）

| 項目       |               | 回収量   |    |         |    |       |    |
|----------|---------------|-------|----|---------|----|-------|----|
|          |               | 回収量全体 |    | うちリユース量 |    | うち処理量 |    |
| ① 新古品    |               |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
| ② 故障・廃棄品 | - 1.不良品 / 故障品 |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
|          | - 2.災害等によるもの  |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
|          | - 3.目的を終了したもの |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               | kg    |    | kg      |    | kg    |    |
|          | - 4.その他（具体的に） |       | 枚  |         | 枚  |       | 枚  |
|          |               |       | kg |         | kg |       | kg |
| 合計（自動計算） |               | 0     | 枚  | 0       | 枚  | 0     | 枚  |
|          |               | 0     | kg | 0       | kg | 0     | kg |
|          |               |       |    | 不一致理由   |    |       |    |

**【太陽電池モジュールのリサイクルに関する質問】**

**問4 貴社がリサイクルしたモジュールの排出場所について、都道府県別の割合分布をお知らせください。**

※ 貴社が運営されている施設の "合算値" でご回答ください。

※ 対象期間は、2024年度 / 令和6年度（2024年4月～2025年3月）としてご回答ください。

※ 割合の合計値が100%になるようにご回答ください。

割合が大きい（=排出量の多い）**上位5地域**をご回答いただき、残りは「その他」としてまとめてください。

※ 合計が100%になるよう「その他」は自動計算されます。

| 順位  | 都道府県     | 排出割合 |        |   |
|-----|----------|------|--------|---|
| 1位  |          | 約    |        | % |
| 2位  |          | 約    |        | % |
| 3位  |          | 約    |        | % |
| 4位  |          | 約    |        | % |
| 5位  |          | 約    |        | % |
| その他 | その他または不明 | 約    | 100.00 | % |
| 合計  | 自動計算     |      | 100.00 | % |

**問5 リサイクルしたモジュールの搬入元、及びリサイクル出口（搬出先）をお知らせください。**

※ 貴社が運営されている施設の "合算値" でご回答ください。

※ 対象期間は、2024年度 / 令和6年度（2024年4月～2025年3月）としてご回答ください。

|  |                      |                       |    |     |     |
|--|----------------------|-----------------------|----|-----|-----|
| <b>モジュール搬入元</b><br>※ 詳細把握されていない場合は、概算値でも構いません。 | 発電事業者（法人等）           |                       |    | kg  |     |
|  | 発電事業者（個人）            |                       |    | kg  |     |
|  | 発電事業者（自治体等）          |                       |    | kg  |     |
|  | 電気工事事業者              |                       |    | kg  |     |
|  | 保守・管理業者              |                       |    | kg  |     |
|  | 解体・撤去業者              |                       |    | kg  |     |
|  | ゼネコン                 |                       |    | kg  |     |
|  | 住宅メーカー               |                       |    | kg  |     |
|  | パネルメーカー              |                       |    | kg  |     |
|  | 卸売事業者・販売事業者（輸入事業者を含） |                       |    | kg  |     |
|  | リユース事業者              |                       |    | kg  |     |
|  | 中古品を取扱う商社            |                       |    | kg  |     |
|  | その他(具体的に)            |                       |    | kg  |     |
|  | <b>搬出先</b>           | <b>リサイクル</b>          | 形態 |     | 搬出量 |
| アルミ  |                      |                       |    | kg  |     |
| セル・バックシート（銅など）                                 |                      |                       | 0  | kg  |     |
| 有価金属精錬   |                      |                       |    | kg  |     |
| その他（シリコンリサイクル等）                                |                      |                       |    | kg  |     |
| ガラス  |                      |                       | 0  | kg  |     |
| うち「リサイクル用途：路盤材候補」                              |                      |                       |    | kg  |     |
| うち「リサイクル用途：多孔質ガラス発泡剤」                          |                      |                       |    | kg  |     |
| うち「リサイクル用途：グラスウール候補」                           |                      |                       |    | kg  |     |
| うち「リサイクル用途：ガラス砂候補」                             |                      |                       |    | kg  |     |
| うち「リサイクル用途：その他」（具体的に）                          |                      |                       |    | kg  |     |
|  |                      |                       |    | kg  |     |
| その他リサイクル（具体的に）                                 |                      |                       |    | kg  |     |
|  |                      |                       |    | kg  |     |
| <b>最終処分</b>                                    |                      | 形態                    |    | 搬出量 |     |
|  |                      | 金属くず                  |    |     | kg  |
|  |                      | ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず |    |     | kg  |
|  |                      | 廃プラスチック類              |    |     | kg  |
|  |                      | その他（具体的に）             |    |     | kg  |
|  |                      |                       | kg |     |     |

・ガラスの搬出（リサイクル等）について、当てはまるもの全てに○をご記入ください。

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | ガラスのリサイクル等は、有償取引となっている。  |
| <input type="checkbox"/> | ガラスのリサイクル等は、逆有償取引となっている。 |

有償取引・逆有償取引の両ケースが生じる場合は、その要因をご記入ください。

|  |
|--|
|  |
|--|

問6 リサイクルにあたり、貴社が感じている課題をお知らせください。

**【金銭面（費用面）】**

|                                |
|--------------------------------|
| (例) リサイクルや情報管理等に必要な費用が不足している、等 |
|                                |

**【制度面】**

|                            |
|----------------------------|
| (例) 適正リサイクルを促す仕組みが不足している、等 |
|                            |

**【情報面】**

製品情報・含有物質情報が不足していると思いますか。いずれか1つに○をご記入ください。

|                          |      |                          |                  |                          |               |                          |                    |                          |        |
|--------------------------|------|--------------------------|------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> | そう思う | <input type="checkbox"/> | どちらかと言<br>えばそう思う | <input type="checkbox"/> | どちらとも言<br>えない | <input type="checkbox"/> | どちらかと言え<br>ばそう思わない | <input type="checkbox"/> | そう思わない |
|--------------------------|------|--------------------------|------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------|

**製品情報・含有物質情報について、不足している項目をお知らせください。**

|  |                         |  |          |
|--|-------------------------|--|----------|
|  | モジュールの外形寸法・サイズ          |  | モジュールの質量 |
|  | ガラスの質量                  |  | アルミ枠の質量  |
|  | ガラス部分の構造（ガラス有無、ガラス枚数、等） |  | その他      |

**ガラス再資源化業者の受入条件・情報について、把握しておきたい項目をお知らせください。**

|  |                            |  |                |
|--|----------------------------|--|----------------|
|  | ガラスの許容含有不純物に関する品質基準（分析方法等） |  | ガラスの品質面以外の調達条件 |
|  | ガラスの粒度分布など不純物以外の品質基準       |  | ガラス需要の見込み      |
|  | その他                        |  |                |

**情報面に関して、その他のご意見がございましたらお知らせください。**

|                                 |
|---------------------------------|
| (例) 情報を一元管理するプラットフォームを構築してほしい、等 |
|                                 |

**【金銭・制度・情報に分類されない課題】**

|  |
|--|
|  |
|--|

【太陽電池モジュールのリユースに関する質問】

問7 リユース（中古品売買）において、貴社が手掛けられる事業領域をお知らせください。  
また2024年度の取扱い実績、また実施している検査等に関するお知らせください。

貴社の事業領域（担っている業務範囲）について、当てはまるもの全てにご回答ください。

| 事業領域               | 業務・役割イメージ                  |
|--------------------|----------------------------|
| リユース受付・相談          | - 太陽電池モジュールのリユース・買取に係る窓口対応 |
| 現地検査・診断            | - 発電施設や保管倉庫に赴いて行う性能検査や診断   |
| 施設内での検査            | - 自社施設に持ち込んで実施する性能検査等      |
| 発電事業者への販売          | - 発電事業者に対する直接販売            |
| 商社・代理店への販売         | - 商社や代理店への販売（エンドユーザー等は不明）  |
| リユース品の輸送           | - 自社で輸送等まで実施（輸送時の破損等は自社帰責） |
| その他 業務 1<br>（具体的に） |                            |
| その他 業務 2<br>（具体的に） |                            |

※ 選択肢 "○" は「貴社が必ず手掛けられている業務・役割」を示します。

※ 選択肢 "△" は「購入者との契約によって手掛けない場合がある業務・役割」を示します。

2024年度 / 令和6年度（2024年4月～2025年3月）の取扱い実績をご記入ください。

モジュール搬入元

使用済品 未使用品

取扱い合計 販売先（国内/海外×事業者）

|              |  |   |   |   |   |               |  |   |   |
|--------------|--|---|---|---|---|---------------|--|---|---|
| 発電事業者（法人等）   |  | 枚 | → | 0 | → | 国内法人（国内リユース）  |  | 枚 |   |
| 発電事業者（個人）    |  | 枚 |   |   |   | 発電事業者（直接）     |  |   | 枚 |
| 発電事業者（自治体）   |  | 枚 |   |   |   | 商社・販売代理店      |  |   | 枚 |
| 電気工事事業者      |  | 枚 |   |   |   | その他（具体的に）     |  |   |   |
| 保守・管理事業者     |  | 枚 |   |   |   |               |  |   | 枚 |
| 撤去・解体事業者     |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| ゼネコン         |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| 住宅メーカー       |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| パネルメーカー      |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| 新品パネル小売事業者   |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| その他（具体的に）    |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
|              |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
| 2024年4月時点 在庫 |  | 枚 |   |   |   |               |  |   |   |
|              |  |   |   |   |   | 2025年3月末時点 在庫 |  |   | 枚 |

※ 未使用品・・・新古品、過剰在庫品、等

枚

問8 使用済モジュールのリユース（中古品売買）で、確認されている各種情報、また実施している検査等について教えてください。

確認している情報（貴社側から連携を求める情報）を教えてください。

| 大分類      | 情報項目                       |                 |                    |
|----------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 製品情報等    | メーカー                       | 型式              | モジュール種別（結晶系、薄膜系、等） |
|          | 公称最大出力                     | 枚数              | 外形寸法・サイズ           |
|          | その他                        |                 |                    |
|          | 具体的に： <input type="text"/> |                 |                    |
| 運転情報     | 運転開始年月日                    | 運転年数・使用年数       |                    |
| 状態・状況    | 排出要因                       | 状態（運転中または撤去済、等） |                    |
|          | モジュールの状態（表面ガラス割れ、汚れの有無、等）  |                 |                    |
| メンテナンス結果 | 発電実績データ                    | PR値             | 絶縁抵抗検査の結果、等        |
|          | その他                        |                 |                    |
|          | 具体的に： <input type="text"/> |                 |                    |
| 写真データ連携  | モジュール表面                    | 銘板（製品情報部分）      |                    |
|          | その他                        |                 |                    |
|          | 具体的に： <input type="text"/> |                 |                    |
| その他 情報   | 求めている情報、データがある             |                 |                    |
|          | 具体的に： <input type="text"/> |                 |                    |

リユースにあたり取り扱うモジュールの条件（閾値）を設定している場合、基準を教えてください。

例：運転年数10年以内のみ取り扱う、国産メーカーのみ取り扱う、出力●W以上のみ取り扱う、等

使用済モジュールの検査に関して、現地検査・施設内検査の対応を教えてください。

|       |                      |
|-------|----------------------|
| 現地検査  | <input type="text"/> |
| 施設内検査 | <input type="text"/> |

現地検査で実施している項目、及び使用している機器について教えてください。

| 現地検査の場合 |             |                  |
|---------|-------------|------------------|
|         | 検査項目        | 必須検査としている場合、その理由 |
|         | 外観検査（目視検査）  |                  |
|         | 出力検査（I-V検査） |                  |
|         | EL検査        |                  |
|         | 絶縁抵抗測定      |                  |
|         | 開放電圧試験      |                  |
|         | インピーダンス測定   |                  |
|         | IR検査        |                  |
|         | その他検査       |                  |

※「必須検査」は"○"を、「購入者の要望に応じて検査できる項目」は"△"を選択ください。

| 現地検査で導入・使用している機器（代表的なもの） |             |      |
|--------------------------|-------------|------|
|                          | 機器名称・メーカー名称 | 導入事由 |
| 1                        |             |      |
| 2                        |             |      |

続いて、施設内検査で実施している項目、及び使用している機器・装置を教えてください。

| 施設内検査の場合 |             |                  |
|----------|-------------|------------------|
|          | 検査項目        | 必須検査としている場合、その理由 |
|          | 外観検査（目視検査）  |                  |
|          | 出力検査（I-V検査） |                  |
|          | EL検査        |                  |
|          | 絶縁抵抗測定      |                  |
|          | 開放電圧試験      |                  |
|          | インピーダンス測定   |                  |
|          | IR検査        |                  |
|          | その他検査       |                  |

※「必須検査」は"○"を、「購入者の要望に応じて検査できる項目」は"△"を選択ください。

| 施設内検査で使用している機器・装置（代表的なもの） |       |      |
|---------------------------|-------|------|
|                           | 機器・装置 | 導入事由 |
| 1                         |       |      |
| 2                         |       |      |

問9 新古品や過剰在庫等、未使用品モジュールをリユース品として取り扱う場合に、確認されている各種情報、また実施している検査等について教えてください。

確認している情報（貴社側から連携を求める情報）を教えてください。

| 大分類     | 情報項目                      |            |                    |
|---------|---------------------------|------------|--------------------|
| 製品情報等   | メーカー                      | 型式         | モジュール種別（結晶系、薄膜系、等） |
|         | 公称最大出力                    | 枚数         | 外形寸法・サイズ           |
|         | その他                       |            |                    |
|         | 具体的に：                     |            |                    |
| 保管状況等   | 保管期間                      | 保管状況       |                    |
|         | モジュールの状態（表面ガラス割れ、汚れの有無、等） |            |                    |
| 写真データ連携 | モジュール表面                   | 銘板（製品情報部分） |                    |
|         | その他                       |            |                    |
|         | 具体的に：                     |            |                    |
| その他情報   | 求めている情報、データがある            |            |                    |
|         | 具体的に：                     |            |                    |

未使用品のリユースにあたり、取り扱う条件（閾値）を設定している場合、基準を教えてください。

例：国産メーカーのみ取り扱う、出力●W以上のみ取り扱う、等

|  |
|--|
|  |
|--|

未使用品のリユースにあたり、現地検査・施設内検査の対応（または貴社方針）を教えてください。

|       |  |
|-------|--|
| 現地検査  |  |
| 施設内検査 |  |

現地検査で実施している項目、及び使用している機器について教えてください。

| 現地検査の場合 |             |                  |
|---------|-------------|------------------|
|         | 検査項目        | 必須検査としている場合、その理由 |
|         | 外観検査（目視検査）  |                  |
|         | 出力検査（I-V検査） |                  |
|         | EL検査        |                  |
|         | 絶縁抵抗測定      |                  |
|         | 開放電圧試験      |                  |
|         | インピーダンス測定   |                  |
|         | IR検査        |                  |
|         | その他検査       |                  |

※「必須検査」は"○"を、「購入者の要望に応じて検査できる項目」は"△"を選択ください。

| 現地検査で導入・使用している機器（代表的なもの） |             |      |
|--------------------------|-------------|------|
|                          | 機器名称・メーカー名称 | 導入事由 |
| 1                        |             |      |
| 2                        |             |      |

続いて、施設内検査で実施している項目、及び使用している機器・装置を教えてください。

| 施設内検査の場合 |             |                  |
|----------|-------------|------------------|
|          | 検査項目        | 必須検査としている場合、その理由 |
|          | 外観検査（目視検査）  |                  |
|          | 出力検査（I-V検査） |                  |
|          | EL検査        |                  |
|          | 絶縁抵抗測定      |                  |
|          | 開放電圧試験      |                  |
|          | インピーダンス測定   |                  |
|          | IR検査        |                  |
|          | その他検査       |                  |

※「必須検査」は"○"を、「購入者の要望に応じて検査できる項目」は"△"を選択ください。

| 施設内検査で使用している機器・装置（代表的なもの） |       |      |
|---------------------------|-------|------|
|                           | 機器・装置 | 導入事由 |
| 1                         |       |      |
| 2                         |       |      |

問10 リユース品販売後に不具合等が発生した場合、貴社の対応方針をお知らせください。

リユース品販売後の不具合事例等について、当てはまるものを1つ回答してください。

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | 発生時に連絡いただくようにしているが、これまで発生したことはない。  |
| <input type="checkbox"/> | 発生時に連絡いただくようにしており、過去に発生・対応したことがある。 |
| <input type="checkbox"/> | 販売後の不具合等は、いずれも購入者側で対応いただく契約となっている。 |
| <input type="checkbox"/> | その他                                |
| <input type="checkbox"/> | 具体的に：                              |

仮に不具合が発生した場合、貴社の対応または取扱いについて、お知らせください。

|   |  |
|---|--|
| 設置・運用開始までに、<br>不具合が発生した場合の<br>貴社対応、製品取扱い  |  |
| 運用開始後●●年以内に、<br>不具合が発生した場合の<br>貴社対応、製品取扱い |  |

問11 太陽電池モジュールのリユースにあたり、貴社が感じている業況や課題をお知らせください。

【国内リユース / 海外リユース（引受先）によるニーズの違い】

|  |
|--|
|  |
|--|

【リユース市場のルール整備（検査項目、基準作り等）に向けた貴社意見】

|  |
|--|
|  |
|--|

【リユース市場拡大に向けた課題感】

|  |
|--|
|  |
|--|

アンケートは以上です。ご協力いただき、誠にありがとうございました。

### 7.3. 埋立実態調査(最終処分業者向けアンケート調査) 調査票

Web アンケート調査で実施したため、非公開