

太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト

／太陽光発電リサイクル動向調査

／太陽光発電リサイクルに関する 動向および評価手法の調査

河本 桂一
みずほ情報総研(株)
2019年10月17日

問い合わせ先
みずほ情報総研株式会社
グローバルイノベーション&エネルギー部
担当: 河本 桂一
E-mail: keiichi.komoto@mizuho-ir.co.jp
TEL: 03-5281-5286

事業概要

1. 期間

開始 : 2014年8月

終了 : 2019年2月

2. 最終目標

◆太陽光発電リサイクルに関する海外の技術開発や政策等を継続的に調査し、動向を把握する。

◆太陽光発電システムのリサイクル関連技術の評価指標・手法を確立、研究開発テーマからの評価に必要なデータを収集し、評価する。評価結果を各研究開発テーマへフィードバックするとともに、開発された技術を効果的に社会へ導入するための方策を検討する。

3. 成果概要

◆海外諸国における使用済み太陽電池モジュールリサイクル等に関する政策や市場の動向、リサイクル技術の開発動向を調査し、欧州、米国、中国、韓国などの状況を把握した。

◆太陽光発電リサイクルに関連する評価手法・視点に関する既存事例の概略を把握し、それらを参照のうえ、太陽電池モジュールリサイクル技術の評価手法を検討し、本プロジェクト下で実施されている「低コスト分解処理技術実証」のテーマを対象とした環境性、社会性の評価を実施した。評価に際しては各テーマからのデータ提供を受け、評価結果のフィードバックを行った。また、開発技術の導入・実用化により期待される埋立廃棄物の削減や、回収ガラスのリサイクル(再資源化用途)等について検討を行った。

海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査

① 海外におけるモジュールリサイクル関連制度・政策等の動向

【欧州】

- 2012年のWEEE指令改正により、太陽電池モジュールリサイクルが義務化
 - ・2018年8月15日より、資源回収率:85%、リサイクル・リユース率:80%
 - ・回収スキーム、費用負担等の仕組みは各国法にて制定、事業者認定等も様々
 - PV CYCLEによる使用済みモジュール回収量
 - ・2017年末までに累積19,195トン进行回収
 - CENELEC(欧州電気標準化委員会)
 - ・EN 50625-2-4: Specific Requirements for the treatment of Photovoltaic Panels
 - ・TS 50625-3-5: Depollution requirements for Photovoltaic Panels
- ・ 取り扱い・保管段階における注意の喚起(ガラス破損、感電など)
 - ・ Si系と非Si系の区別
 - ・ 鉛、その他有害廃棄物(非Si系の場合)の分離・除去
 - ・ Si系と非Si系の区別ができない場合は、非Si系のための処理技術を適用
 - ・ 有害廃棄物含有濃度を低減するための希釈、他物質との混合等の禁止
 - ・ ガラス混合物中の有害廃棄物含有濃度の上限
 - 鉛 : 100 mg/kg(乾重量)
 - カドミウム : Si系 1 mg/kg(乾重量)、非Si系 10 mg/kg(乾重量)
 - セレン : Si系 1 mg/kg(乾重量)、非Si系 10 mg/kg(乾重量)

海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査

① 海外におけるモジュールリサイクル関連制度・政策等の動向

【米国】

○ カリフォルニア州

- ・使用済みモジュールを有害廃棄物、かつ、Universal wasteとして指定

○ ワシントン州

- ・使用済みモジュールの回収・リサイクルを求める法案が成立（既存Actの改正）

○ ニューヨーク州

- ・使用済みモジュールの回収を販売者に義務付ける法案（上院可決、下院で審議中）

○ SEIA (Solar Energy Industries Association) : National PV Recycling Program

- ・太陽光発電システム起源の埋立廃棄物ゼロを目指した自主的取組み
- ・リサイクル事業者とのネットワークを構築し、太陽電池モジュール廃棄物の処理プロセスの確立を要請

○ NSF: Sustainability Leadership Standard for Photovoltaic Modules

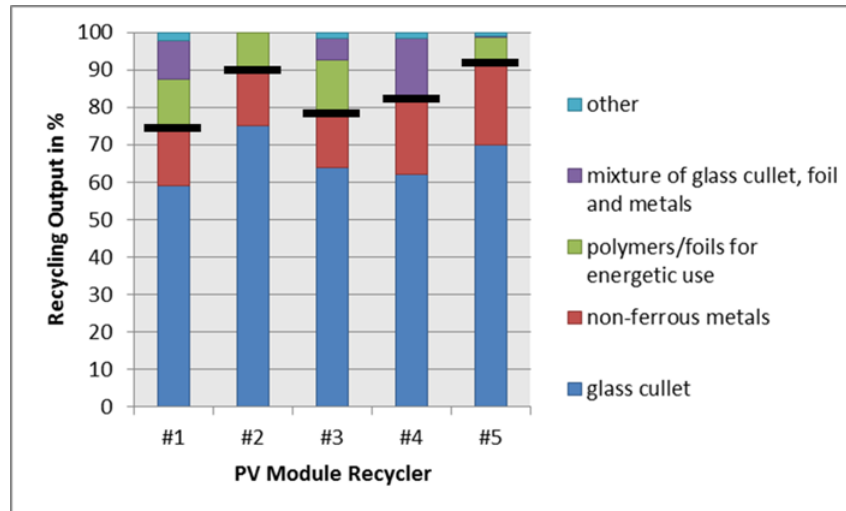
- ・環境・持続性への取り組みについて情報開示を求め、達成状況によりランキング
- ・使用後処理に関するCriteria
 - Required criteria: 使用済み製品を回収するサービスを提供すること
 - Optional criteria: 資源回収・リサイクル、リユース実績を公開すること
 - Optional criteria: 回収製品からの資源回収率の達成度

海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査

② 海外におけるモジュールリサイクル技術開発の動向

【欧州：結晶Siモジュール使用後処理によるリサイクル率の例】

	Company	Country	Process	Type of recycler	Volume (t _{PV} /yr.)
#1	Anonymous	Germany	Mechanical	Glass	1,200
#2	Exner Trenntechnik GmbH	Germany	Mechanical	Metal	100-250
#3	Maltha	Belgium	Mechanical	Glass	1,000
#4	Nike	Italy	Mechanical	Glass	600
#5	Sasil S.r.l.	Italy	Mechanical, thermal, and chemical	Prototype PV recycling system	1 (ton/hour)



Ref.) IEA PVPS Task12: Life Cycle Inventory of Current Photovoltaic Module Recycling Processes in Europe, Report IEA-PVPS T12-12, 2017

海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査

② 海外におけるモジュールリサイクル技術開発の動向

【企業や研究機関による取り組み】

○ First Solar: CdTe

- ・太陽電池モジュールをシュレッダーおよびハンマーミルにより粉砕し、薬液処理
- ・最新のVersion-3は連続処理方式で年間通じた処理が可能で、処理能力150トン/日

○ Veolia (フランス廃棄物処理事業者): 結晶Si

- ・2017年にフランス南部のRousettoに処理プラントを建設し、2018年より運転を開始
 - フレーム・端子ボックスを除去した後、モジュールを15cm角程度に裁断し、粉砕・選別工程を経て、分解した太陽電池モジュール構成材料を回収
 - 現在の処理能力は1,400トン/年程度、2021年までに4,000トン/年への拡張を想定

○ SUEZ Deutschland GmbH (フランス廃棄物処理事業者Suezの子会社): 結晶Si

- ・ELSiプロジェクトにて、熱分解処理によるパイロットプラントを建設(2018年9月)
 - フレーム・ケーブル類を除去し、裁断したモジュールを熱分解し、ポリマーを除去
 - 冷却後、ガラスとセルを取り出し、電気化学処理により、Siと貴金属類を回収

○ Loser Chemie (ドイツの化学会社)

- ・Water-JetによりEVA/セル/EVA/バックシート層の除去し、セルから各種金属を回収
- ・Siはスパッタリングターゲットとして再生

太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

【評価対象技術】

- 「低コスト分解処理技術実証」で実施された4テーマ

【評価項目・指標】

- インベントリ分析
 - 一次エネルギー消費量およびCO₂排出量
- 環境影響評価
 - 地球温暖化、酸性化、光化学オゾン生成、富栄養化、有害化学物質、および資源消費

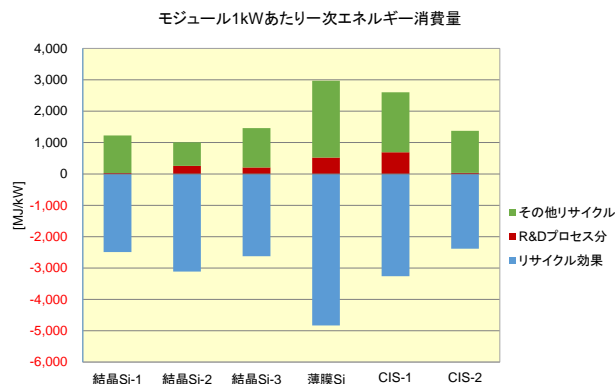
【データベース・評価ツール】

- データベース
 - LCIデータベース IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis) version 2
(国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会とLCA 研究グループ、一般社団法人 産業環境管理協会)
- 評価ツール
 - LIME (Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling) 2
(東京都市大学伊坪教授他)

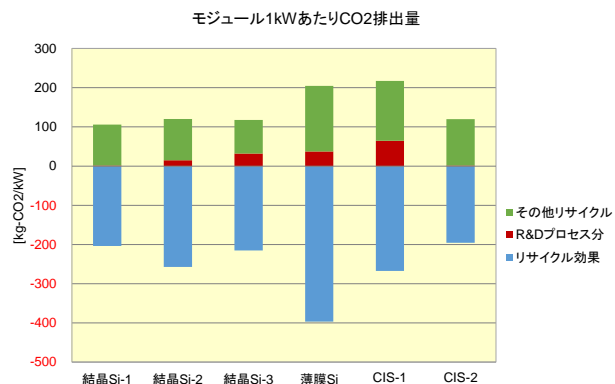
太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

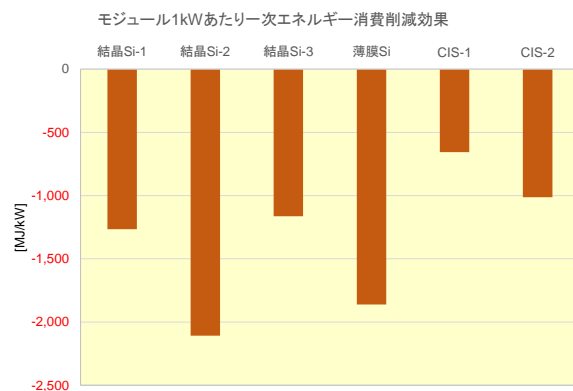
【一次エネルギー消費量(左)およびCO₂排出量(右)(モジュール出力1kWあたり)】



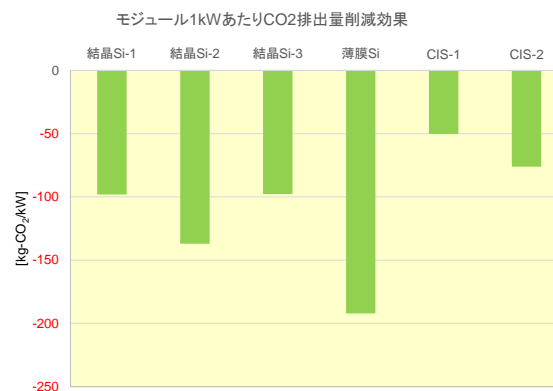
※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。



※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。



※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

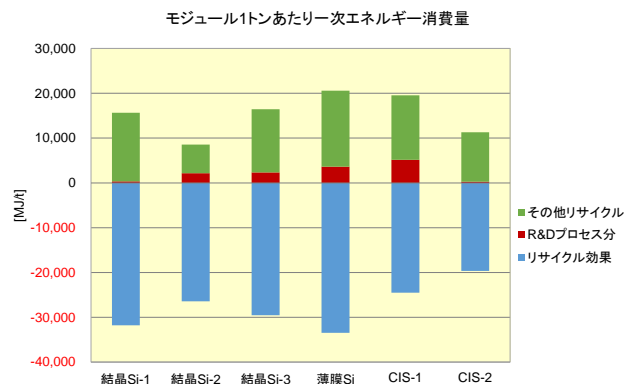


※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

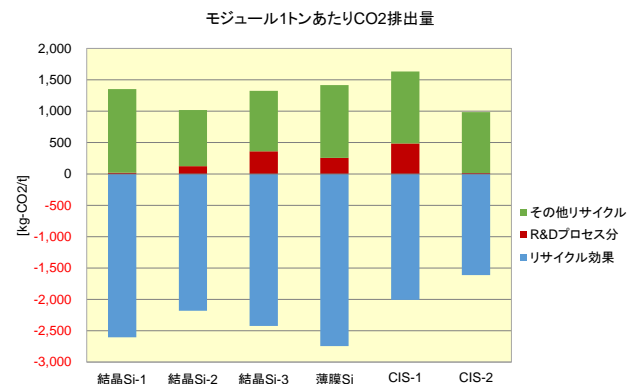
太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

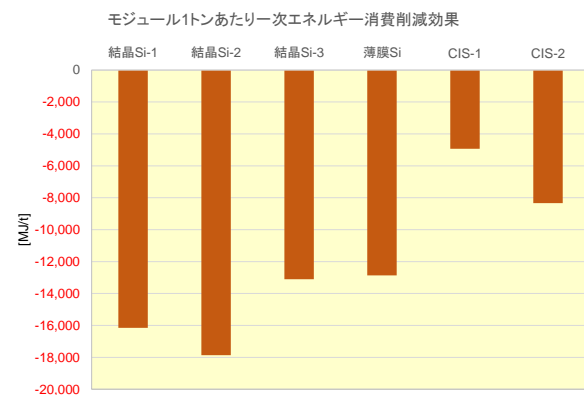
【一次エネルギー消費量(左)およびCO₂排出量(右)(モジュール重量1トンあたり)】



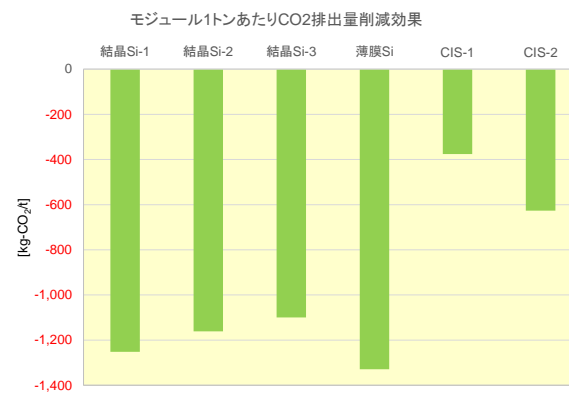
※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。



※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。



※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。



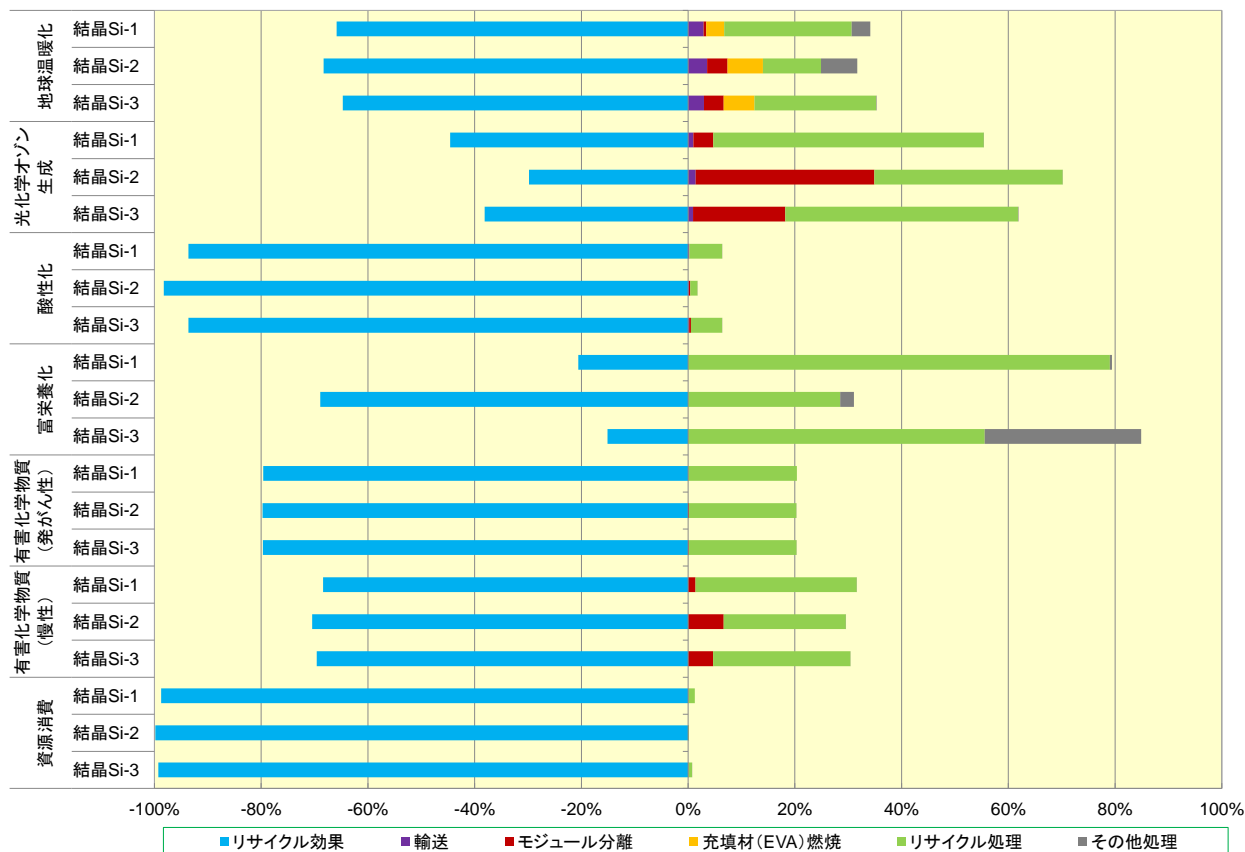
※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

【地球温暖化、酸性化、光化学オゾン生成、富栄養化、有害化学物質、資源消費】

＜結晶Si＞

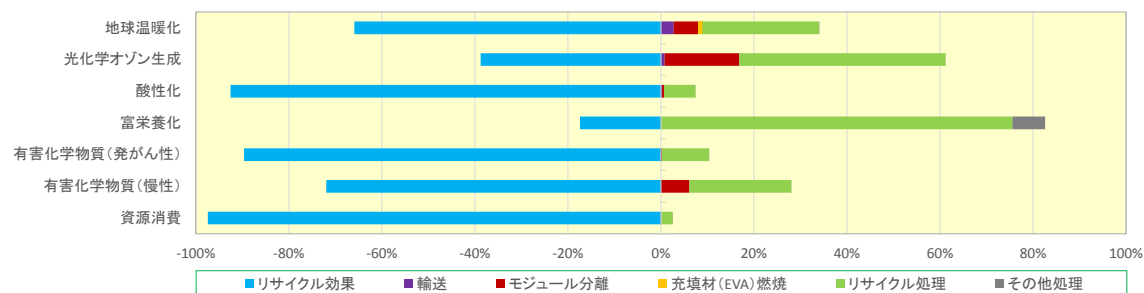


太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

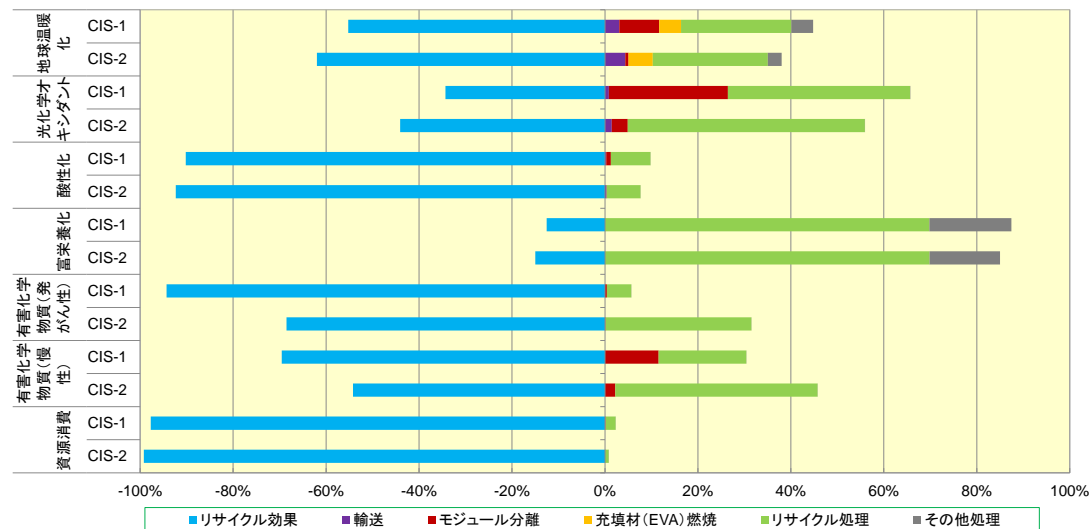
① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

【地球温暖化、酸性化、光化学オゾン生成、富栄養化、有害化学物質、資源消費】

<薄膜Si>



<CIS>



※: 処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

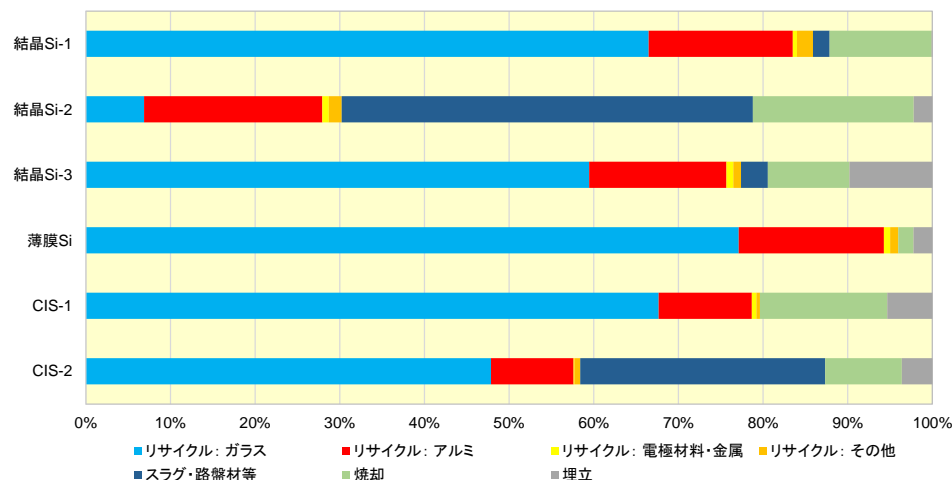
太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

① モジュールリサイクル技術の環境性の評価

【リサイクル率】

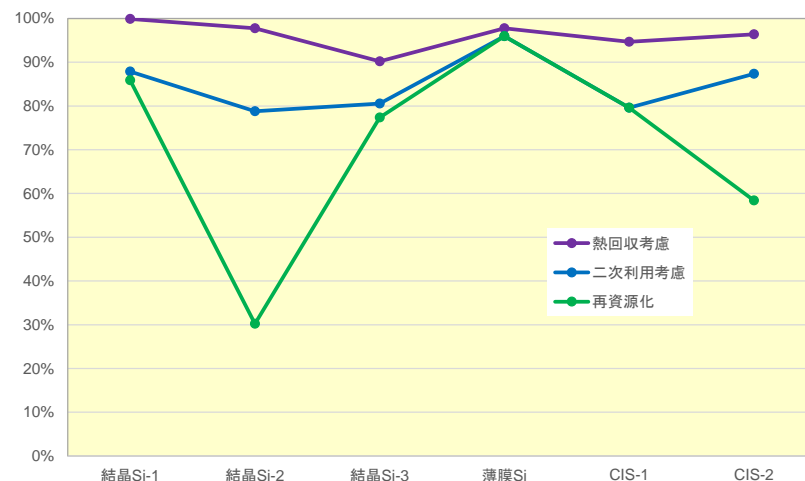
- **再資源化** : 回収された材料(ガラス、アルミ等)が再資源化される比率
- **二次利用考慮** : 上記の他、スラグ/路盤材等二次利用を考慮した比率
- **熱回収考慮** : 焼却処理も熱回収(リサイクル)として考慮した比率
→埋立廃棄物削減率に相当

開発技術による処理後の構成材料リサイクル、焼却および埋立の比率



※:処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

開発技術によるリサイクル率



※:処理対象モジュールの出力、重量構成等は、開発技術や太陽電池種類により異なっている。

太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

② 太陽電池モジュールリサイクルの導入拡大に向けた課題

- 回収資源の再資源化用途の確立・開拓
 - ・ガラスの再資源化用途の確立
 - ・プラスチックの再資源化用途の開拓
 - ・Siの再資源化の可能性の検討
- リサイクルによる価値の再評価
 - ・回収資源の再資源化用途に応じた比較・評価
 - ・リサイクルを考慮した太陽電池モジュールのライフサイクル評価
- 開発技術を活用する社会システムの構築
 - ・使用済み太陽電池モジュールの収集・運搬システムの構築
 - ・分解処理・リサイクルプラントの適正配置に向けた検討
 - ・大量発生に備えるための移行措置

まとめ

(1) 海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査

- ◆ 欧米では、使用済み太陽電池モジュールの適正処理を促すため、太陽電池モジュールを対象とした制度等が整えられてきている。
- ◆ 既に使用済み太陽電池モジュールのリサイクルが運用されている欧州において様々な技術開発が進められており、中国や韓国でも技術開発が実施されている。

(2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

- ◆ リサイクル技術の環境性として、一次エネルギー消費、CO₂排出ともにリサイクルによる削減効果があり、地球温暖化・酸性化・有害化学物質・資源消費に対しても負荷削減効果があるが、光化学オゾン生成・富栄養化はリサイクル処理の負荷が資源代替効果を上回る可能性がある。
- ◆ リサイクル技術による埋立処理費用回避効果、新規資源調達費用回避効果はモジュール構成材料の種類・量、それらの資源回収率に左右される。
- ◆ リサイクル技術を効果的に市場に導入していくためには、開発技術による効果や意義をより高めていくとともに、それらの技術を有効に活用するための社会システムの構築が必要である。