

公開

資料 6-1

議題 6.1-(1)

# 「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」(事後評価)

(2014年度～2018年度 5年間)

研究開発の概要 (公開)

NEDO 新エネルギー部

共同研究先: みずほ情報総研株式会社

2019年11月29日

## ◆ 研究開発概要

### < 背景 >

太陽電池モジュールの使用後処理に関し、欧州をはじめとする世界各国で太陽電池モジュールリサイクルへの取組みが開始されており、様々な技術開発も実施されている。本技術開発プロジェクトの推進に際しても、それらの動向を的確に把握しておく必要がある。

太陽電池モジュールリサイクルを推進していくためには、用いられる技術の意義や効果を評価するための手法や指標を検討し、評価しておく必要がある。

### < 目的 >

本調査研究は、太陽光発電リサイクルに関する技術開発の推進、社会システムの構築に資するため、海外における技術開発や政策に関する情報収集を行うとともに、リサイクル関連技術の横断的な評価手法を検討し、本技術開発プロジェクトの推進に寄与することを目的とする。

### < 期間 >

2014年8月～2019年2月

### < 研究開発項目および目標 >

#### (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

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。

#### (2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

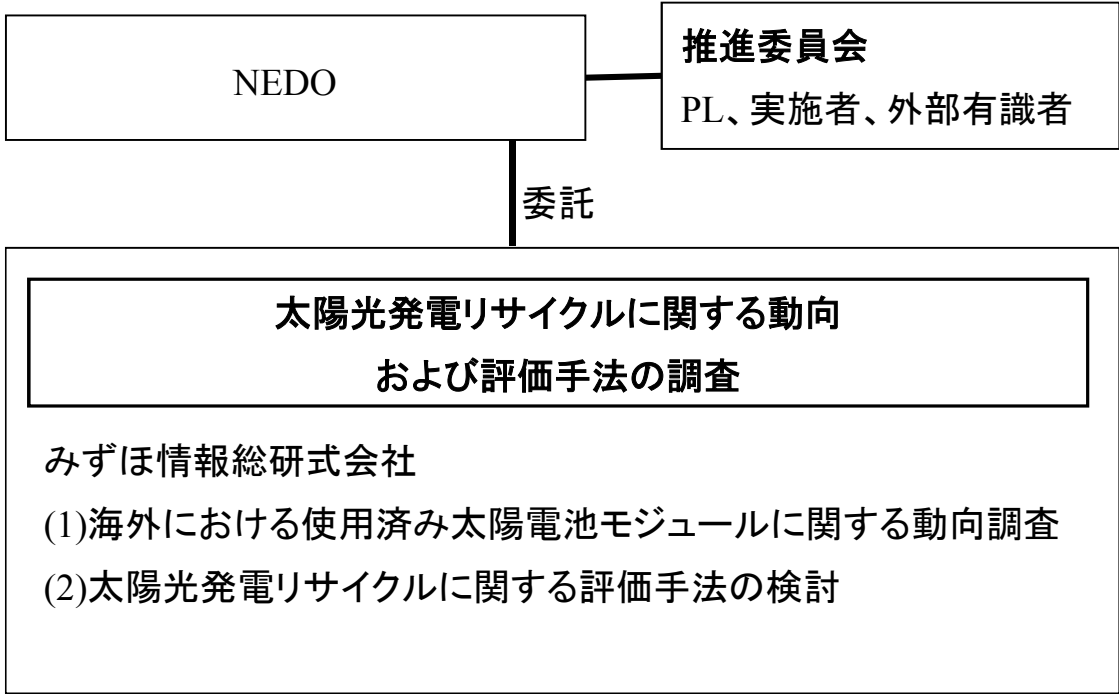
太陽光発電システムのリサイクル関連技術の評価指標・手法を確立し、研究開発テーマからの評価に必要なデータを収集・評価する。また、評価結果を各研究開発テーマへフィードバックするとともに、開発された技術を効果的に社会へ導入するための方策を検討する。

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
(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	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。	海外における技術開発や政策等の動向を継続的に把握し、適宜、最新の情報を関係者に提供することにより、本技術開発プロジェクトの推進に資することができる。
(2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討	太陽光発電システムのリサイクル関連技術の評価指標・手法を確立し、研究開発テーマからの評価に必要なデータを収集・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。	本技術開発プロジェクト(「低コスト分解処理技術実証」)による開発技術の評価を実施し、プロジェクト実施者にフィードバックすることで、開発技術の環境性の向上等に貢献することができる。 また、開発技術の導入に向けた課題や方策を検討することにより、さらなる技術開発の推進、社会システムの構築に資することができる。



◆研究開発の実施体制



◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
(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	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。	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継続的に調査し、欧州、米国、中国、韓国などの状況を把握した。	○
(2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討	太陽光発電システムのリサイクル関連技術の評価指標・手法を確立し、研究開発テーマからの評価に必要なデータを収集・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。	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」の各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。	○

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部達成、× 未達

## ◆ 研究開発項目毎の成果と意義

### (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

#### 1) 市場・政策動向(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%

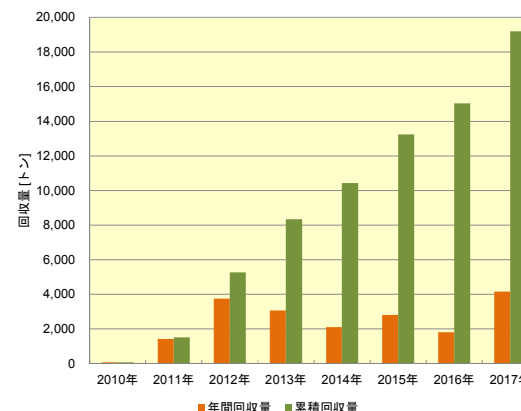
- ・回収スキーム、費用負担等の仕組みは  
各国法にて制定、事業者認定等も様々

##### ○ 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)

## ◆研究開発項目毎の成果と意義

### (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

#### 1) 市場・政策動向(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

- ・州内で太陽光発電を供給・販売する事業者に対し、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):2021年より強制力

##### ○ 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

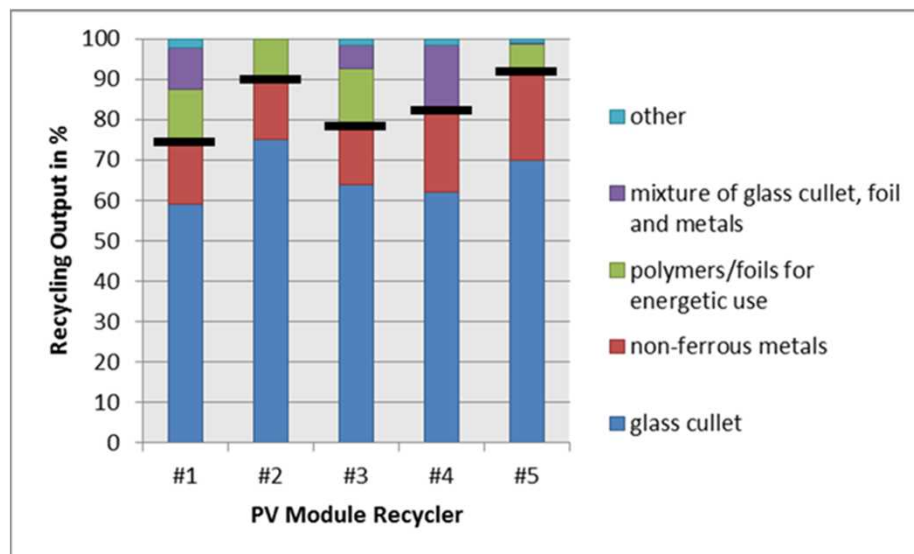
- ・環境・持続性への取組みについて情報開示を求め、達成状況によりランキング
- ・使用後処理に関するCriteria
  - Required criteria: 使用済み製品を回収するサービスを提供すること
  - Optional criteria: 資源回収・リサイクル、リユース実績を公開すること
  - Optional criteria: 回収製品からの資源回収率の達成度



◆ 研究開発項目毎の成果と意義

- (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
- 2) 技術動向(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 <sub>PV</sub> /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

◆ 研究開発項目毎の成果と意義

(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  
 2) 技術動向(欧州:EUの技術開発プロジェクトの例)

プロジェクト	概要
Cu-PV※1	結晶Si太陽電池モジュール製造におけるSi消費量、エネルギー消費量、銀消費量を低減するとともに、リサイクル性を高めるモジュール構造に関する研究開発で、フレーム除去後のモジュール分解について、「加熱(120℃)による充填材軟化」→「裏面ホイル除去」→「加熱温度上昇(200℃)」→「Wire-Sawによる充填材切断」→「セル・ガラスの分離回収、洗浄」という手順を提案。
FRELP※2	結晶Si太陽電池モジュールから高品位なガラスや金属を回収し、リサイクル率100%の実現を目指すもので、赤外線を用いる処理により、ガラスとEVAの接着界面を軟化させた後、機械的にガラスのみを粉砕・回収し、残存物の熱分解・酸処理等によって、油分、Si、他の金属等を回収。
PV Mo.Re.De※3	太陽電池モジュールの分解処理をオンサイトにおいて実施するためのモバイル装置の開発を目指し、「フレーム除去・モジュール裁断」→「ガラスの分離」→「残存物の粉砕」→「セル・プラスチックの分離」という工程から構成。
Photolife	異なる種類の使用済み太陽電池モジュールを同時にリサイクルする技術の開発を目指し、シュレッダーで破碎した混合片を粒度によって分別後、可搬型のパイロットプラントで湿式精錬法によって有価金属を回収。
RECLAIM※4	使用済みのCIGS太陽電池モジュールや液晶パネル、プリント基板等からの貴金属を回収する技術開発で、アルミフレームを除去した後、モジュールを破碎し、CIGS層の少ないガラス片(カバーガラス)を選別・回収、残存ガラスをさらに粉砕し、CIGS含有量の多いガラス片(EVA付着)を硫酸・過酸化水素を用いた薬液に浸漬し、CIGS層を溶解させ、抽出・吸着剤および塩酸を用い、モリブデン、インジウムおよびガリウムを回収
CABRISS※5	太陽電池モジュールリサイクルの循環経済を確立することを目的とし、①使用済みモジュールおよび太陽電池廃棄物の回収、②構成要素の分離・分解(→ガラスはガラス産業へ)③シリコンおよびその他回収金属の精製(高純度化)④回収・精製シリコンを利用したウエハの作製⑤同ウエハの太陽電池セルへの再生⑥再生セル、および回収・精製金属のモジュールへの適用(あるいは他の金属原料)というコンセプト。
ELSi※6	使用済み結晶Si太陽電池モジュールに含まれる全ての材料を回収し、再生・再利用する仕組みづくりを目指し、フレームとケーブル類を除去し、裁断したモジュールを、低酸素雰囲気下の反応容器内で熱分解することにより、太陽電池モジュールに含まれるEVA等のプラスチックを除去するもので、ドイツにパイロットプラントを竣工。

※1: Cradle-to-cradle sustainable PV modules

※2: Full Recovery End-of-Life Photovoltaic

※3: Photovoltaic panels Mobile Recycling Device

※4: Reclamation of Gallium, Indium and Rare-earth Elements from Photovoltaics, Solid-State Lighting and Electronics Waste

※5: Implementation of a Circular economy Based on Recycled, reused and recovered Indium, Silicon and Silver materials for photovoltaic and other applications

※6: Industrial scale recovery and reuse of all materials from End of Life Silicon-based photovoltaic modules

## ◆ 研究開発項目毎の成果と意義

### (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

#### 2) 技術動向(欧州企業等による取り組み例)

##### ○ 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碎し、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、粉碎・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)

##### = 化合物系モジュール(2枚ガラス構造) =

- ・光学的手法により構造を分解し、ガラスに蒸着している金属を薬液処理により回収

##### = 結晶Siモジュール =

- ・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

## ◆研究開発項目毎の成果と意義

### (2)太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

#### 1) 評価方法

「低コスト分解技術実証」で実施された4テーマについて、環境性・社会性の評価を実施

#### <評価項目>

##### ○環境性

- ・インベントリ : 一次エネルギー消費量およびCO<sub>2</sub>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(発がん性、慢性)、資源消費
- ・正規化 : 上記評価指標についての規格値を想定し、無次元化

##### ○社会性

- ・埋立処理費用回避効果
- ・新規資源調達費用削減効果

#### <環境性評価に用いたデータベース・評価ツール>

データベース: IDEA Ver.2.2(Inventory Database for Environmental Analysis Ver.2.2、産業技術総合研究所作成)

評価ツール: LIME2(Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling、東京都市大学伊坪教授他)

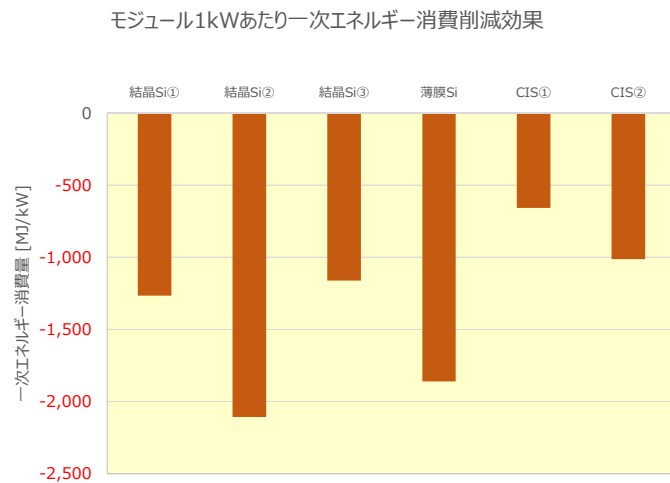
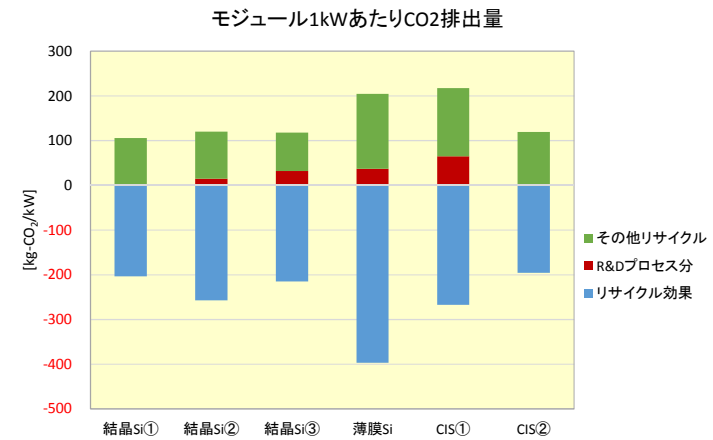
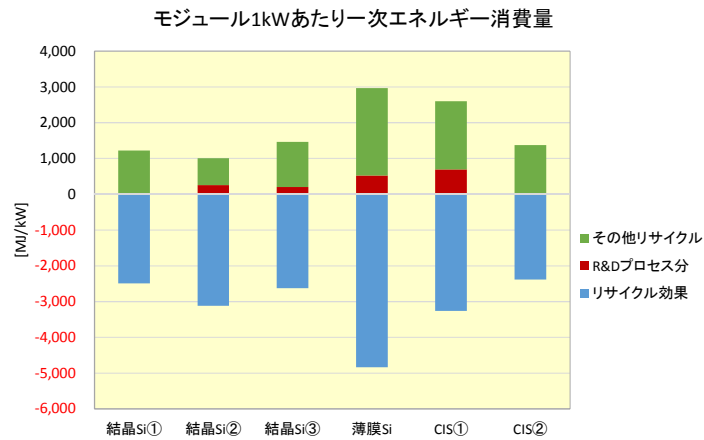
III.研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の成果と意義

(2)太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

2) 環境性評価

○ 一次エネルギー消費量(左)およびCO<sub>2</sub>排出量(右)(モジュール出力1kWあたり)



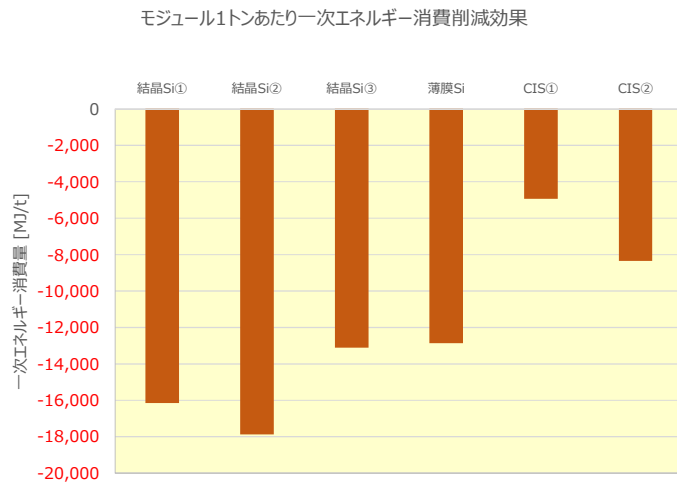
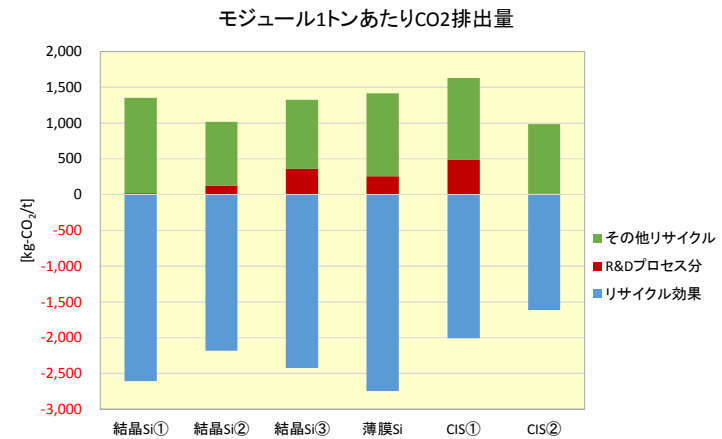
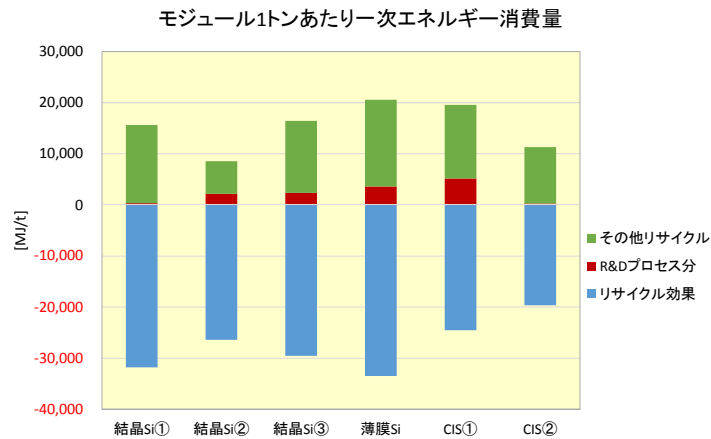
III. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆ 研究開発項目毎の成果と意義

(2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

2) 環境性評価(つづき)

○ 一次エネルギー消費量(左)およびCO<sub>2</sub>排出量(右)(モジュール重量1トンあたり)



## ◆研究開発項目毎の成果と意義

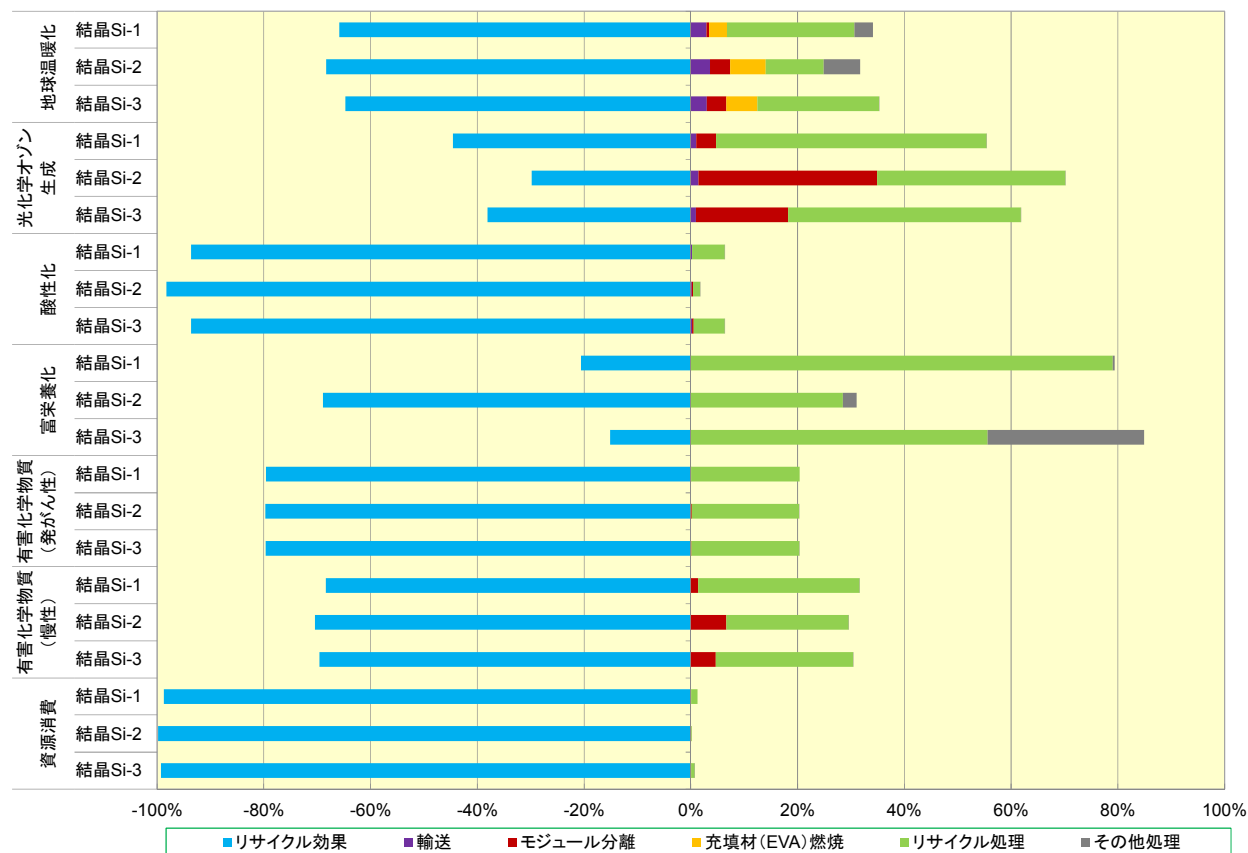
### (2)太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

#### 2) 環境性評価(つづき)

#### ○ 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、資源消費

<結晶Si>



※: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。

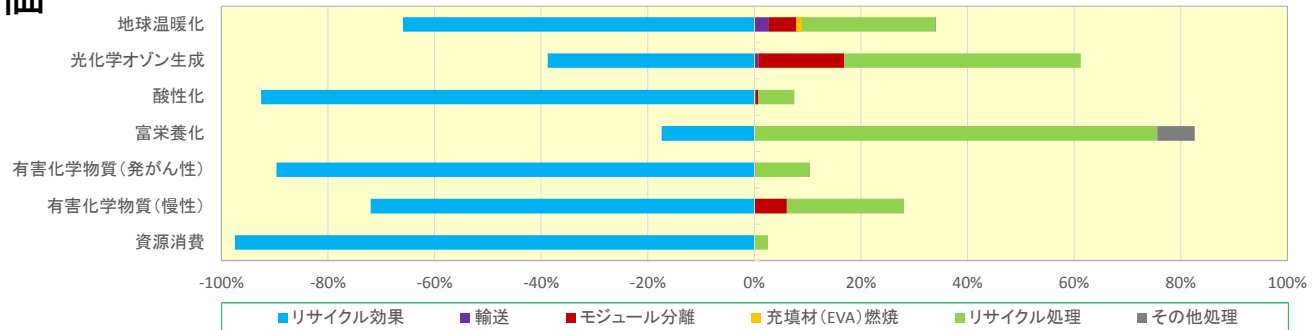
# ◆ 研究開発項目毎の成果と意義

## (2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

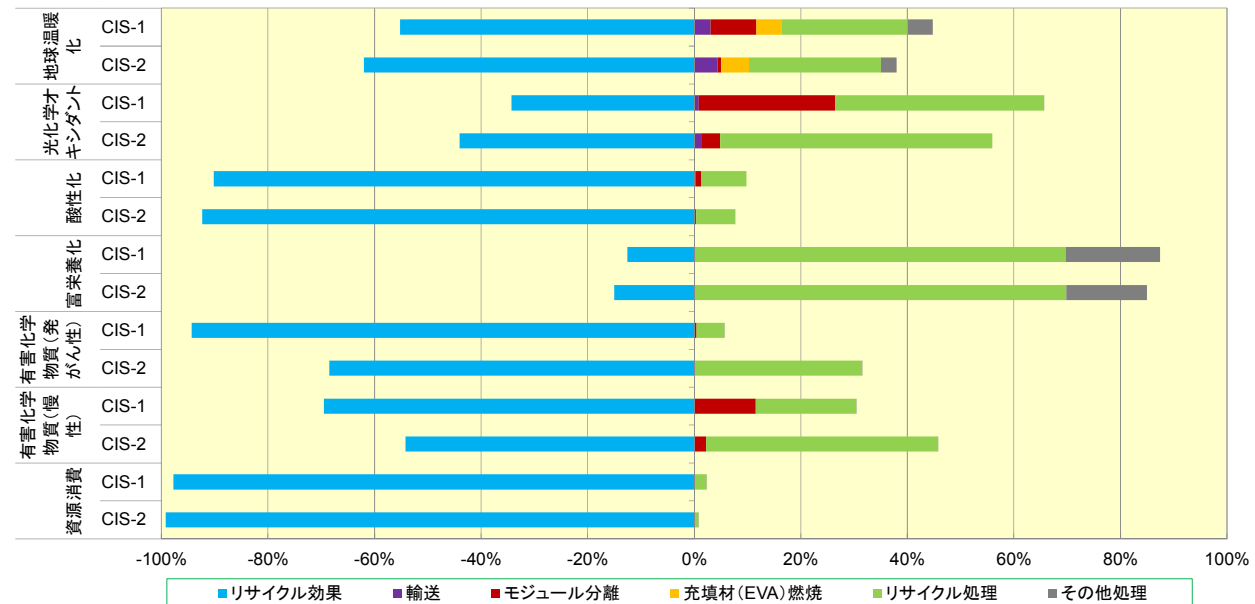
### 2) 環境性評価(つづき)

#### ○ 環境影響評価

##### < 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。



## ◆ 研究開発項目毎の成果と意義

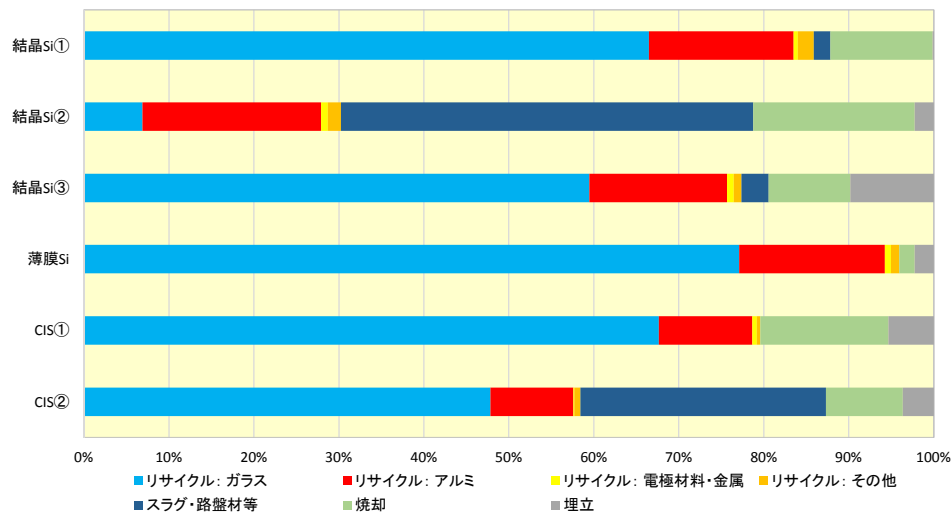
### (2) 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

#### 2) 環境性評価(つづき)

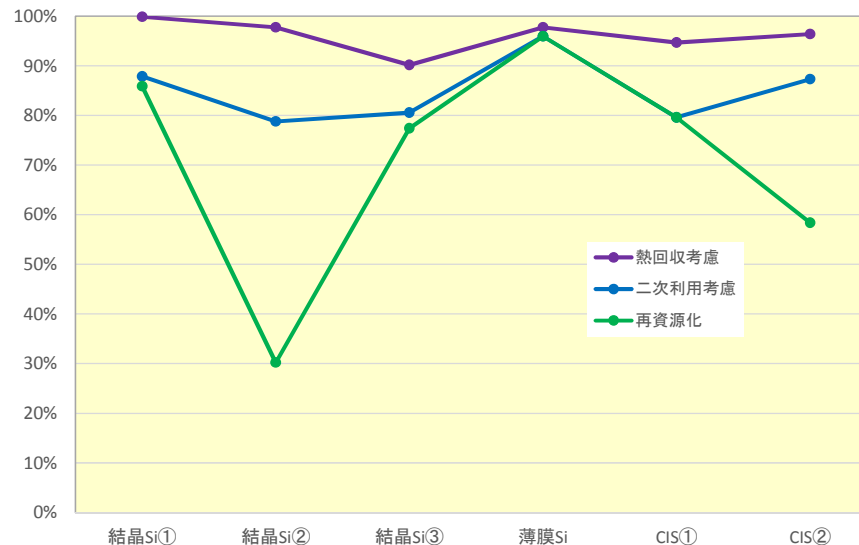
#### ○ リサイクル率

- ・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



開発技術によるリサイクル率



## ◆研究開発項目毎の成果と意義

(2)太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

3)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

◆成果の普及

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	計
研究発表・講演	0	1	0	3	3	7
新聞・雑誌等への掲載	0	0	1	1	1	3

<学会発表・講演>

- ・第25回太陽光発電国際会議(韓国:釜山、2015年11月)
- ・第33回ヨーロッパ太陽光発電国際会議(オランダ:アムステルダム、2017年9月)
- ・第27回太陽光発電国際会議ワークショップ(日本:大津、2017年11月)
- ・Japan-Thailand Distributed PV & Related Technology Workshop 2017 (東京、2017年12月)
- ・第7回太陽光発電世界会議(米国:ワイコロア、2018年6月)
- ・第7回太陽光発電世界会議ワークショップ(米国:ワイコロア、2018年6月)
- ・平成30年度NEDO成果報告会(横浜、2018年10月)

<新聞・雑誌等への掲載>

- ・「生活と環境 2016年10月号」(一般財団法人日本環境衛生センター)
- ・「生活と環境 2018年9月号」(一般財団法人日本環境衛生センター)
- ・End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies(Report IEA-PVPS T12-10:2018)

## ◆成果の波及効果

- ・海外における動向等について、NEDOを通じ、国による太陽電池モジュール適正処理に関する議論の基礎資料として提示した。
- ・「低コスト分解処理技術実証」プロジェクトによる開発技術の評価を実施し、プロジェクト実施者にフィードバックすることで、開発技術の環境性の向上等に貢献した。
- ・国際会議等での発表を積極的に行い、日本における太陽光発電リサイクルへの取り組みを発信するとともに、IEA傘下の国際協力プロジェクトであるIEA PVPS Task12(PV Sustainability)に対して貢献し、日本の存在感を示した。
- ・今後も、本調査の成果を広く発信していくことで、わが国における太陽光発電リサイクルに関する技術開発の推進、社会システムの構築に資するとともに、わが国の取り組みに関する国際的な情報発信に貢献することができる。

公開

資料 6-1

議題 6.1-(2)

**「太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、  
分布調査及び排出量予測」(事後評価)  
(2014年度～2018年度 5年間)**

**研究開発の概要 (公開)**

**NEDO 新エネルギー一部**

**共同研究先：株式会社三菱総合研究所**

**2019年11月29日**

## ◆ 研究開発概要

### ① 背景

- 太陽光発電の健全な普及拡大には、使用済みの太陽電池モジュールを適正に処分可能な手段を確保することが重要。

### ② 目的

- 太陽電池モジュールの低コスト分解処理技術を確立するとともに、撤去・回収・分別技術、リユースなどについて課題と対策を検討すること。
- その中で、プロジェクトの効果的な遂行に必要な太陽光発電リサイクル・リユースに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測を実施。

### ③ 期間: 2014年8月～2019年2月

### ④ 開発項目と目標

- 国内における太陽光発電システムの適正処分に関する技術動向、政策動向、実施事例などを継続的に調査し、最新の動向を把握。
- 太陽光発電システムの導入分布推計および排出量予測手法については必要に応じて見直しを行い、推計・予測の更新を適宜行う。

◆研究開発目標と根拠

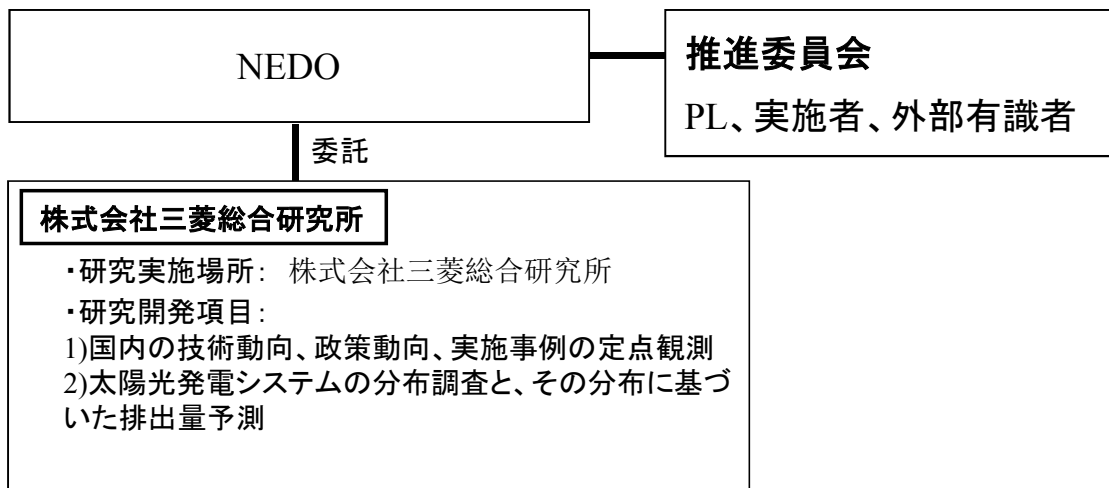
研究開発項目	研究開発目標	根拠
1)国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測	国内における太陽光発電システムの適正処分に関する技術動向、政策動向、実施事例などを継続的に調査し、最新の動向を把握する。	「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」基本計画に基づき設定
2)太陽光発電システムの分布調査と、その分布に基づいた排出量予測	太陽光発電システムの導入分布推計および排出量予測手法については必要に応じて見直しを行い、推計・予測の更新を適宜行う。	「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」基本計画に基づき設定

◆ 研究開発のスケジュール

開発項目	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
1) 国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測	<p>リサイクル技術開発・政策・事例の定点観測 (最新動向の把握、全体動向の俯瞰的整理)</p> <p>リユースに関する調査 (リユースビジネスの現状等調査)</p> <p>リユースに関する調査 (使用済パネルの排出・処分実態調査等)</p>				
2) 太陽光発電システムの分布調査と、その分布に基づいた排出量予測	<p>分布データ整備・更新</p> <p>排出量予測モデル作成</p> <p>中間目標</p> <p>分布データの更新・拡充 (改正FIT法施行に伴うデータ拡充)</p> <p>モデルの改良・試算 ケース拡充・分析</p> <p>最終目標</p>				



◆研究開発の実施体制



◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	最終目標	成果	達成度
1) 国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測	国内における太陽光発電システムの適正処分に関する技術動向、政策動向、実施事例などを継続的に調査し、最新の動向を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新の技術動向を俯瞰的に整理した「開発戦略マップ」を作成。</li> <li>・国内における主たる政策動向について整理。</li> <li>・太陽光発電システムのリユースの実態及び今後の事業化の可能性・課題等を検討。</li> </ul>	○
2) 太陽光発電システムの分布調査と、その分布に基づいた排出量予測	太陽光発電システムの導入分布推計および排出量予測手法については必要に応じて見直しを行い、推計・予測の更新を適宜行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内における太陽光発電システムの導入量データを整備。</li> <li>・初期状態、出力低下率、排出判断に至る出力低下率をパラメータとする排出量推計モデルの有効性を確認。</li> <li>・上記排出量推計モデルを用いて、複数シナリオの排出量について推計を実施。</li> </ul>	○

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 一部達成、× 未達

1)国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測 ～技術動向～

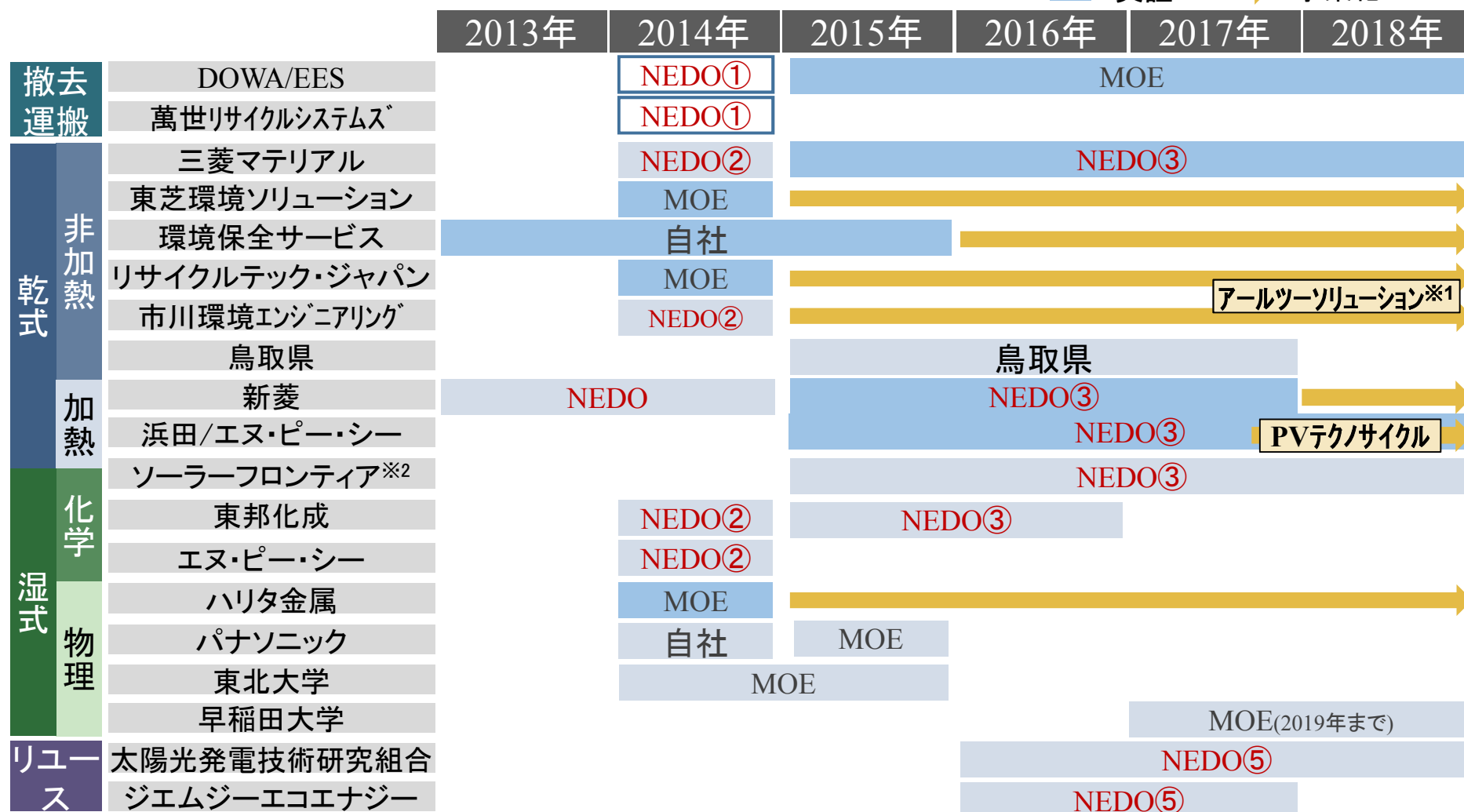
- 国内技術動向調査を踏まえてリサイクル関係技術の開発戦略の策定に活用することを目的とした開発戦略マップを検討。
- 当初は技術の比較を行うことを目指していたが、既に事業化している技術や今後事業化を目指す技術への影響を考慮し、技術間の比較ではなく、研究開発のフェーズや技術の特徴を分かりやすく示すことを主目的とすることとした。

開発戦略マップ	検討した整理の軸
①技術開発動向・実施状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 研究・事業化フェーズ</li> <li>● 技術区分</li> </ul>
②技術の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 対象パネル</li> <li>● ガラスリサイクル性</li> </ul>

### Ⅲ.研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

公開

□ : 調査      □ : ラボスケール実証  
 ■ : 実証      → : 事業化



※1 市川環境エンジニアリング、ネクストエナジー・アンド・リソース、リサイクルテック・ジャパン、近畿工業の4社出資による株式会社

※2 CISパネルに特化した技術

NEDO: 広域対象のPVシステム汎用リサイクル処理方法に関する研究開発

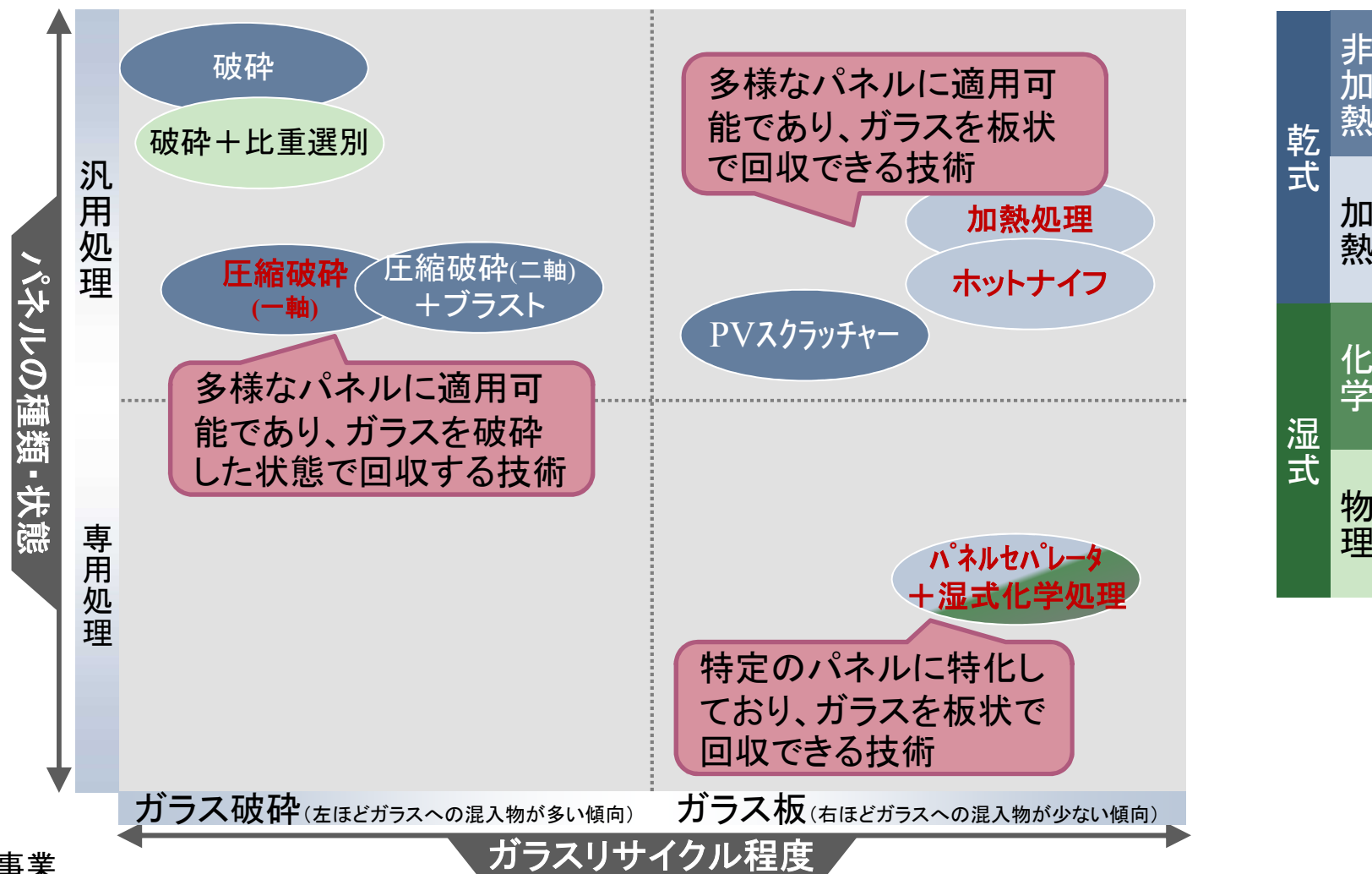
NEDO①: 研究開発項目[1]「低コスト撤去・回収・分別技術調査」      NEDO②: 研究開発項目[2]「低コスト分解処理技術FS(開発)」

NEDO③: 研究開発項目[3]「低コスト分解処理技術実証」      NEDO⑤: 研究開発項目[5]「使用済み太陽電池モジュールの低コストリユース技術の開発」

MOE: 環境省予算による研究開発・実証、鳥取県: 鳥取県予算による研究開発・実証、自社: 自社による研究開発・実証

② 技術の特徴を示すマップ

- パネルの種類・状態、ガラスリサイクルの程度に応じて、各技術の特徴を整理
- 想定される排出実態に即してバランスよく技術開発がなされているかを確認



赤: NEDO事業

出所) 事業原簿等各種文献調査、ヒアリング調査等に基づき三菱総研作成(実証試験実施、事業化済み技術のみを整理)

## 2)太陽光発電システムの分布調査と、その分布に基づいた排出量予測

- 本推計は、リユース・リサイクル技術の開発に向けた参考とするため、モジュール種別・地域別・用途別(住宅/非住宅用)等の細かい分類でのモデル構築を目指して実施している。
- 太陽電池モジュールは、社会システムの動向等によって排出量が大きく左右されると考えられること、排出状況等の情報が不足していること等から、現時点では正確な排出量推計を行うことは困難である。
- このため本検討では、まずは議論の基準となるケースを設定するため、以下に示すとおりあらかじめ排出量推計の目的を明確化し、その目的に即した上で可能な限り納得性の高い推計となるような推計方法(モデルの基本構造やパラメータの設定)の確立に向け検討を行った。

### 本排出量推計の目的

1

大量排出時代のピーク(時期、量)を予測する

2

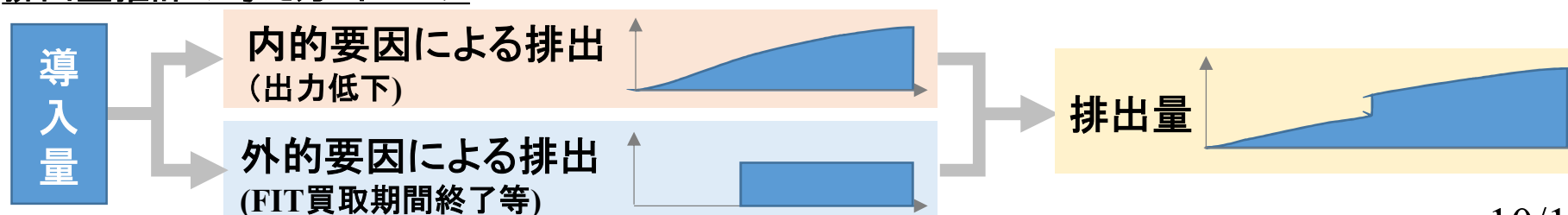
現状の再資源化能力を上回る排出がなされるようになる時期を予測する

※ 災害による廃棄等、予測不可能な突発的排出については予測の対象外とする

### Ⅲ.研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- 排出量推計の基本的な考え方として、設定した導入量(次頁)に沿い、設置区分別に内的要因(出力低下)と外的要因(FIT買取期間終了等)の2種類の要因により排出が発生すると仮定した。この他、市場戻り率として0.3%を設定した。
  - 内的要因として、出力低下等のモジュール起因の理由により排出される量を推定し、ある値より出力が低下したモジュールは排出されると仮定した。
  - 外的要因として、太陽光発電システムの性能以外の要因で排出が判断される主な場合を想定した。住宅用と非住宅用で要因が異なると考え、以下のように推定した。
    - ✓ 住宅用では、住宅の建て替え時にはモジュールが排出されると考え、木造建築の寿命分布(鎌谷、2012)に従って排出されると仮定した。なお、余剰買取制度やFIT買取期間終了に起因する排出は想定していない。
    - ✓ 非住宅用では、FIT期間中に導入されたモジュールについては、導入から20年後に固定価格買取の終了に伴う排出(「FIT買取期間終了後即排出」)が生じると仮定した。排出されるモジュールの割合(「FIT買取期間終了後即排出割合」)は、シナリオ別に設定した。FIT制度開始前に導入されたモジュールについては、全て2012年に移行認定を受けたと仮定した。
- モデルへの組み込みが難しいことから、災害に伴う排出は想定していない。
- FIT制度は2020年に終了すると仮定した。

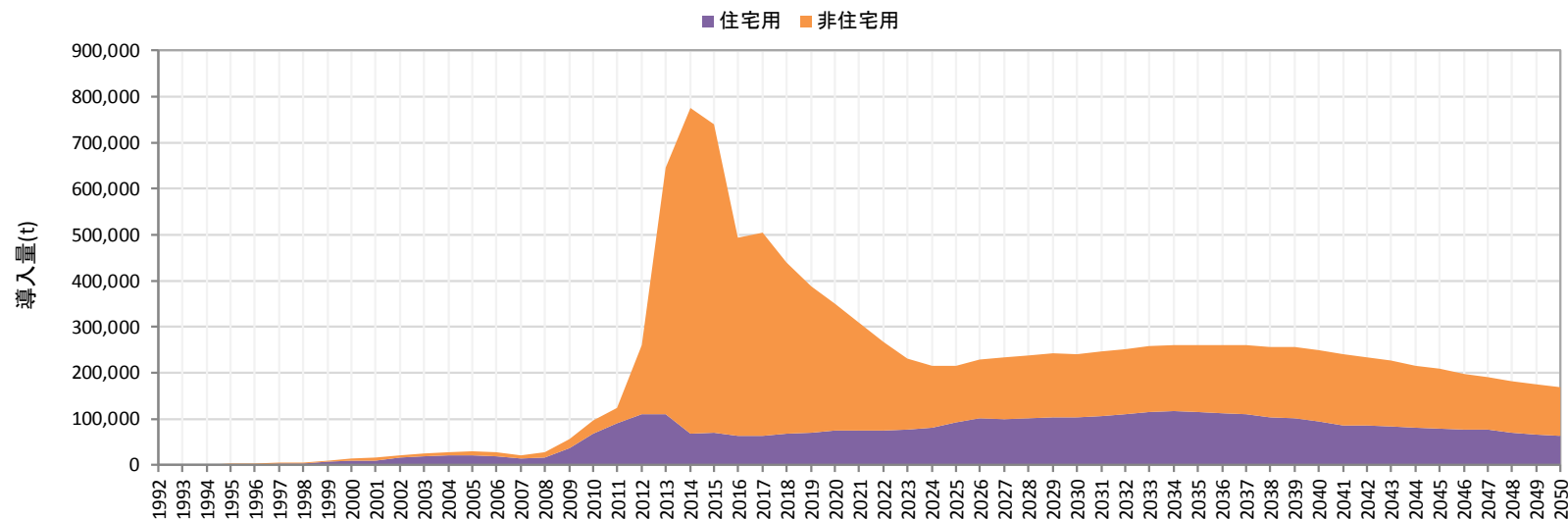
#### 排出量推計の考え方 イメージ



### Ⅲ. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- 導入量は導入量実績及び導入量予測により、全国における導入容量を仮定。また、導入年により出力重量比率が異なると設定し、導入重量に変換した。
  - 実績値については、IEA PVPS INSTALLED PV CAPACITY より日本全体の導入量を設定。
    - FIT開始前は、住宅用の導入量はNEF補助金、JPEC補助金での補助量と仮定し、差し引くことで非住宅用の導入量を設定。
    - FIT開始後は、10kW未満が住宅用、10kW以上が非住宅用の導入量と仮定。
  - 導入量予測については、JPEA「JPEA PV OUTLOOK～太陽光発電2050年の黎明～」(2017年6月)による推計値のうち、リプレースを除いた量を導入量として組み入れ。
  - 出力重量比率は、IRENA(2016)と同様のものを使用。導入年次ごとの出力重量比の実績値及び理論値をプロットし、指数近似による回帰式を算出。
    - 1990年で約140t/MW、2050年で約40t/MW

#### 導入重量 (2016年までが実績値、2017年以降が推計値)





### Ⅲ. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

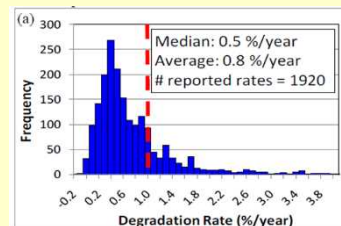
- 内的要因による排出では、出力は文献値と同様の分布で設定した出力低下率に従って低下し、初期容量比で正規分布で設定したある一定の値を下回ると排出されると仮定した。
- 排出の判断に際しては収支構造(売電収入、ランニングコスト、撤去・処分等の費用)が大きく関わると考えられる。そのため、収支構造が大きく異なる以下の3分類で排出判断値を設定した。
  - (a)住宅用:ランニングコストが低く、逆に撤去・排出時の費用負担がかかることから、相対的に排出される出力は低いと考えられるため、排出判断値の平均を0.5と設定。
  - (b)FIT買取期間中:比較的高い価格で売電可能であり、撤去・リプレースするインセンティブが低いことから、排出される出力は買取期間終了後より相対的に低くなるとして、平均0.5と設定。
  - (c)FIT買取期間終了後:買取価格が安定しないことから、(b)より排出される出力が高くなると考えられるため、平均0.8と設定。FIT制度終了後(2021年度以降)に導入されたものもここに分類。

#### 「内的要因(出力低下)による排出」の推計方法

##### 出力低下率

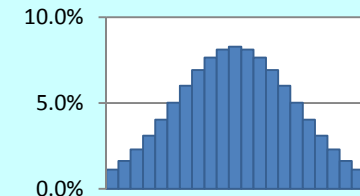
モジュール種に依らず、文献値と同様の分布をとる。

現在利用している分布の出典:  
Jordan and Kurtz (2012)



##### 排出する判断がなされる出力(排出判断値)

SD=0.05の正規分布をとる。  
排出判断値の平均は分類ごとに設定。



#### 排出出力の分類(数値は排出判断値の平均)

		FIT買取期間中	FIT買取期間終了後
住宅用		(a) 0.5	
非住宅	50kW未満	(b) 0.5	(c) 0.8
	50kW以上	(b) 0.5	(c) 0.8

### Ⅲ.研究開発成果 (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- 排出量のピークは、FIT買取期間終了後に即排出される割合によって大きく変動する。その判断は土地の所有形態によって影響を受けるとの仮説のもと、4つの排出シナリオを作成し予測を行った。
- FIT買取期間終了後のビジネス成立が難しく(安定的に売電されなくなる、メンテナンスコストが高騰する等)、FITをきっかけで導入した事業者の多くがFIT買取期間終了後に即排出を行う状況になると、(A)や(B)に近い排出量になると考えられる。
- 一方で、FIT買取期間終了後も比較的ビジネスが成立し、FIT買取期間終了をきっかけにした排出があまりなされない場合には、(C)や(D)に近い排出量になると考えられる。

#### 排出シナリオの設定

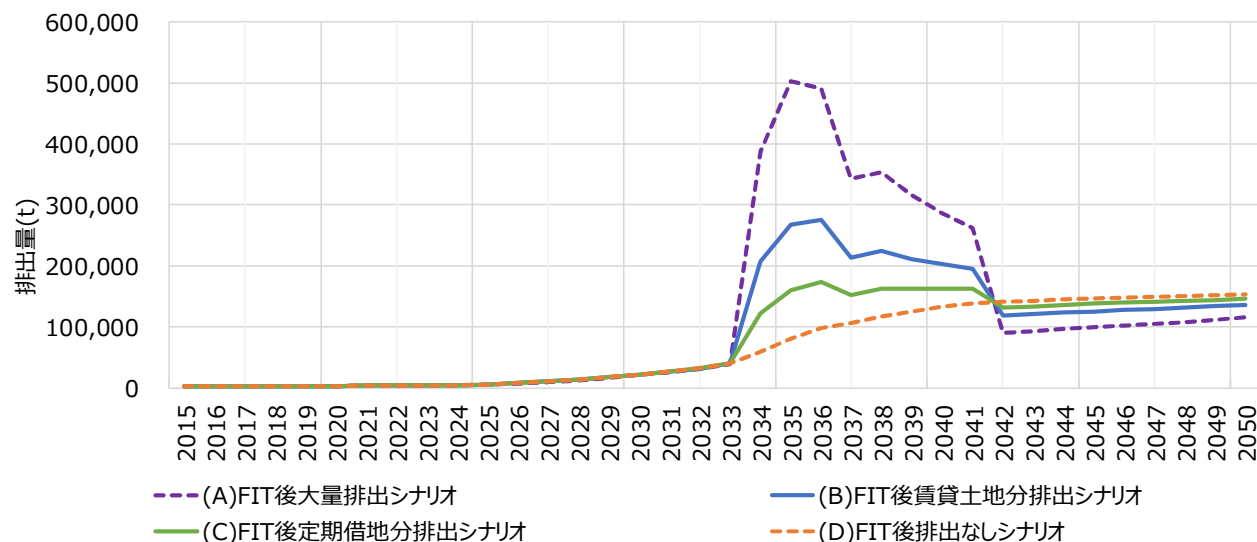
シナリオ	FIT買取期間終了後即排出割合※			シナリオの詳細
	定期借地	賃貸の土地 (定期借地以外)	自社保有地	
(A)FIT後大量排出	100%	100%	50%	賃貸の土地の全てと、自社保有地のうち半分はFIT買取期間後に即排出される。
(B)FIT後賃貸土地分排出	100%	100%	0%	賃貸の土地は全てFIT買取期間後に即排出されるが、自社保有地であれば、排出されない。
(C)FIT後定期借地分排出	100%	0%	0%	定期借地で借りている土地に設置されている場合は、FIT買取期間終了後に即排出される。その他は排出されない。
(D)FIT後排出なし	0%	0%	0%	土地の所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

早期排出

長期使用

- 4つのシナリオそれぞれに従い、排出量を推計した結果を以下に示す。
  - 排出量のピークは、FIT制度開始当初に導入された太陽光発電システムがFIT買取期間終了を迎える2034～6年頃である。その量はFIT買取期間終了後即排出割合に大きく左右され、(B)、(C)シナリオでは2036年に約17～28万トンが排出される。
  - その後、本モデルにおいてFIT買取期間が全て終了する2042年頃までにピークは落ち着くと考えられる。
- 今後FIT買取期間終了後に事業者が行う判断について予測可能性が高まることで、シナリオの蓋然性が高まり、予測精度が上がってくると考えられる。
- なお、本推計は議論の基準となるケースを設定するものであり、データの限界から、災害排出量は含めない等の様々な仮定をもとにしている。このため、必ずしも事業性の判断に足るものではないことに留意する必要がある。

### 排出量推計結果

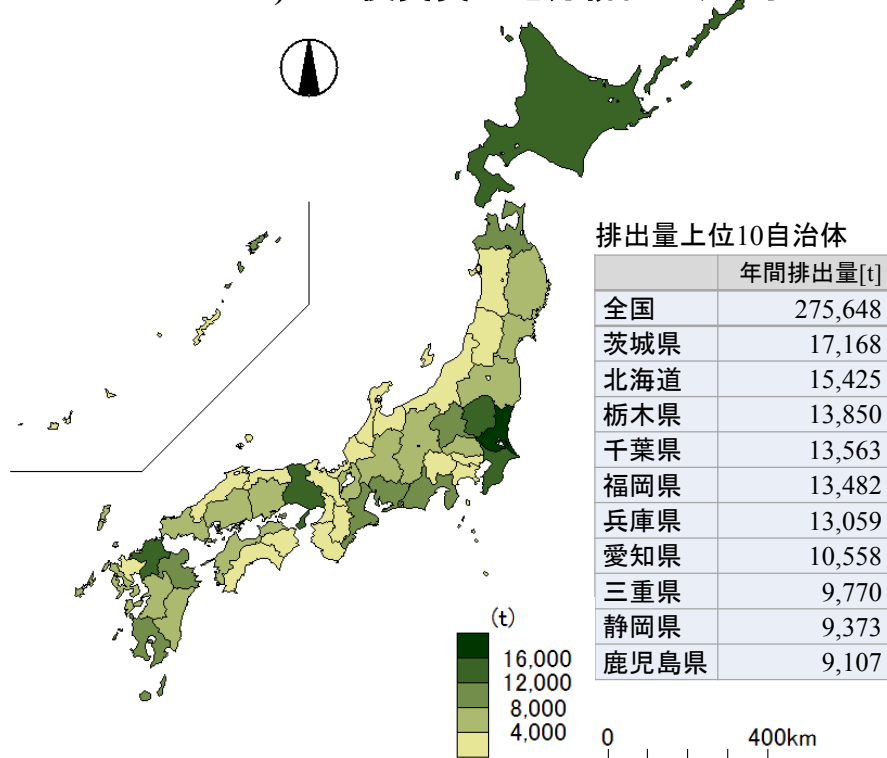


	排出見込量 (B)、(C)	2015年度の産 業廃棄物の最 終処分量に占め る割合
2020	約0.3万トン	0.03%
2025	約0.6万トン	0.06%
2030	約2.2トン	0.2%
2036	約17～28万トン	1.7～2.7%

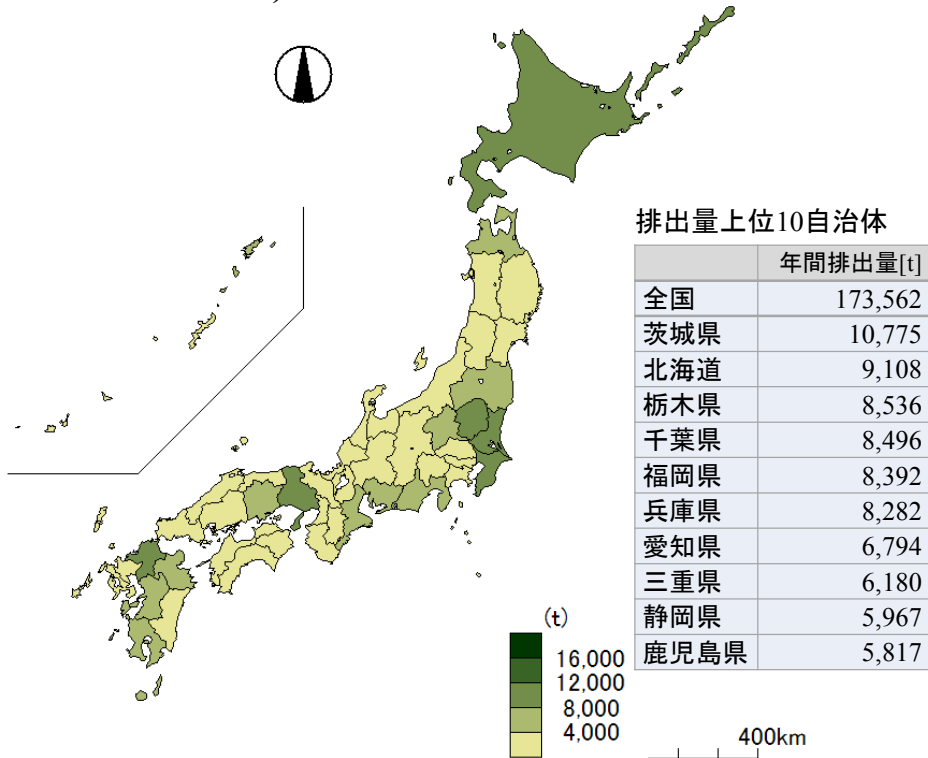
- (B)、(C)シナリオで排出量がピークを迎える2036年における都道府県ごとの排出量を以下に示す。いずれのシナリオでも都道府県によって排出量は大きく異なり、10倍以上の差がみられる。
- なお、本推計においては、FIT及び各種補助金の都道府県別導入量データ、メガソーラーの立地データ等を用いて都道府県別排出量を推計している。

2036年(排出ピーク)における都道府県別排出量

B) FIT後賃貸土地分排出シナリオ



C) FIT後定期借地分排出シナリオ



◆成果の普及

	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	計
研究発表・講演			1		1	2
新聞・雑誌等への掲載		1				1

※2019年6月28日現在

◆成果の普及

太陽光パネルリサイクルの海外動向、「INDUST」 2015年度12月号 掲載

2016年度6月30日 静岡県環境ビジネス協議会 2016年度総会 講演

2018年度10月3日 NEDO成果報告会・シンポジウム 発表

## ◆成果の実用化・事業化の見通し

- 本調査研究は、我が国における太陽光発電システムのリサイクルの技術開発を実施する上で参考となるよう、国内動向(技術開発、政策、事業化事例)及び将来的な排出見込量を調査したものである。
- 本調査研究を通じて得られた成果は、本事業内で実施されているリサイクル等の技術開発において、目指すべき技術開発の水準や方向性等の検討に資することが期待される。
- さらにNEDO 技術開発機構を通じて本調査研究の成果を一般に周知することで、我が国の太陽光発電システムのリサイクルシステムの構築に貢献することが見込まれる。

## ◆波及効果

- 固定価格買取制度の導入を契機に、太陽光発電システムの導入が急激に進んだが、太陽光発電システムを将来的に我が国の安定的な電源として位置づけていくためには、それらが使用済設備となり排出される段階までを想定したリユースやリサイクルに関する技術開発を進め、排出が本格化するまでに社会実装しておくことが重要である。
- このような環境の中で本調査研究は、国内の太陽光発電システムのリユース・リサイクルの技術開発・政策・事業化の動向について調査・分析することを通じて、我が国の今後の技術研究開発の方向性等を明確にするとともに、将来的な排出見込量を提示することで、我が国の太陽光発電システムのリユース・リサイクルの技術開発及び社会実装に貢献することが期待できる。
- なお、本調査研究の成果の一部は、経済産業省・環境省が太陽光発電システムにおけるリユース・リサイクル・適正処分に向けた対応方策を検討した「使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分の推進について 報告書」(使用済再生可能エネルギー設備のリユース・リサイクル・適正処分に関する検討会、2015年3月)、総合資源エネルギー調査会電気・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会資料(2018年11月)にも活用されている。