

公開

資料 5

議題 5

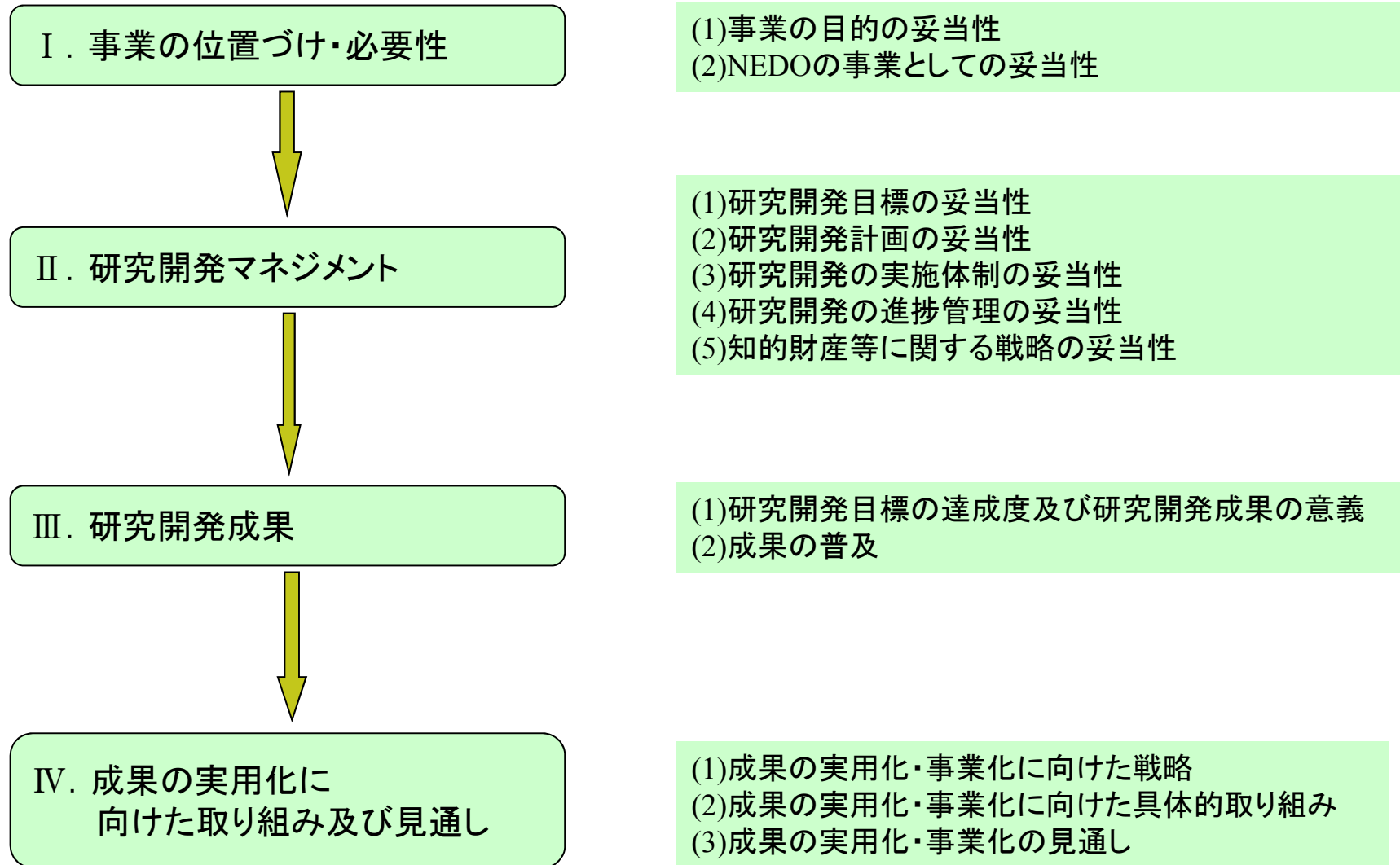
「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」

(事後評価 2014年度～2018年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO 新エネルギー一部

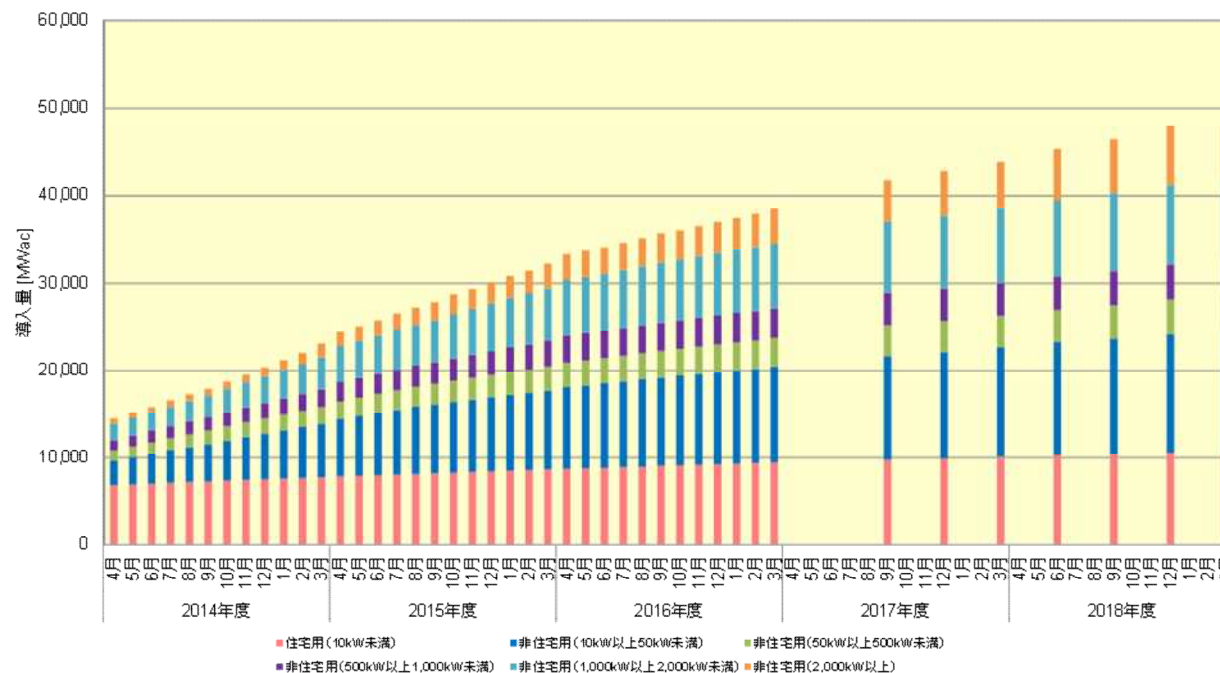
2019年11月29日



◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(1)

- 固定価格買取制度(FIT)の開始によって、我が国における太陽光発電の大量導入の実現は目前となった。
- 2019年3月末時点で49GWを超え、うち住宅(10kW未満)は11GW、非住宅(10kW以上)は38GWとなった。



固定価格買取制度による再生可能エネルギー導入量

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(2)

- 産業廃棄物の最終処分場のひっ迫を解消し、資源の有効利用を図るためには、太陽光パネルのリユース・リサイクルを促進することが必要である。他方、大量廃棄は足元で現実には発生していないこともあり、本委員会の中間整理では、リユース・リサイクル・処分の実態把握を行うため、基礎的・包括的な実態調査を実施することがアクションプランとして掲げられている。
- 当該調査の1つとして、将来の想定パネル排出量のモデルについて、①出力低下に起因して排出され、②FIT買取期間終了も一定期間発電事業が継続されてから排出されるなど、より現実に即した仮定の下で、推計の精緻化を図った。
- 本推計によると、太陽光パネルの年間排出量のピークは、2035～2037年頃であり、年間約17～27万トン程度、産業廃棄物の最終処分量の1.7～2.7%に相当する量となる。

<これまでの推計>



	2020	2025	2030	2035	2039
排出見込み量(寿命25年)	2,808トン	9,580トン	約2.9万トン	約6.1万トン	約77.5万トン
平成24年度の産業廃棄物の最終処分量に占める割合	0.02%	0.07%	0.2%	0.5%	6%

出所)環境省「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(第一版)」(2015年3月)より

<モデルの精緻化>
出力低下に起因した排出
+
FIT買取期間終了に起因した排出

<精緻化された推計>



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

出所)NEDO推計

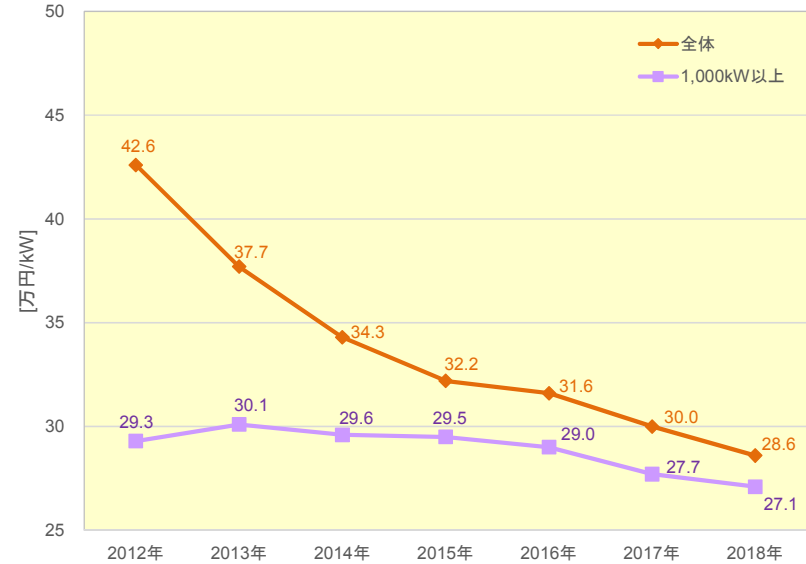
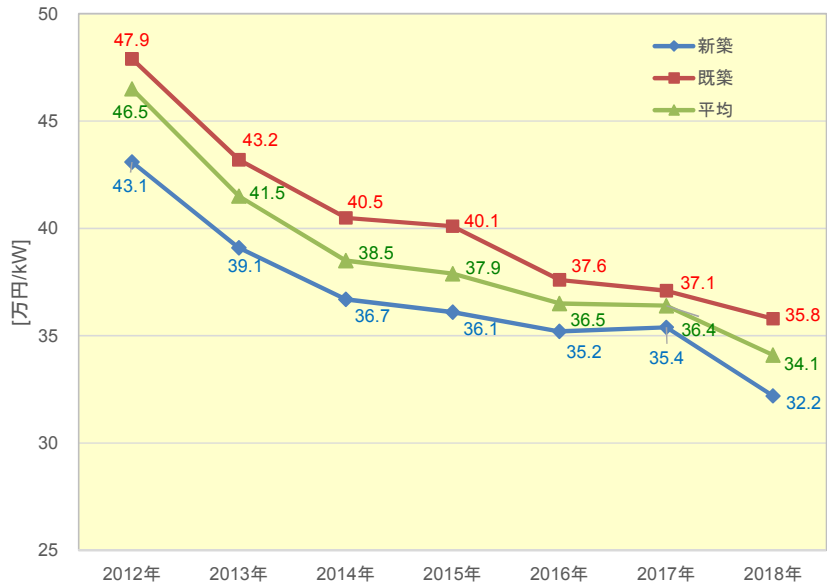
出典:「第10回_総合資源エネルギー調査会_省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会_再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会」(2018年11月)

◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(3)

- 固定価格買取制度の下で想定されている廃棄処理費用はシステム価格の5%(*).この範囲内で処理できる技術の確立が必要。
- システム価格は約30万円/kW程度で推移しているため、廃棄処理費用は1.5万円/kW(15円/W)程度に相当。

* 他に土地造成費、系統連系費も含むが、割合は小さい。



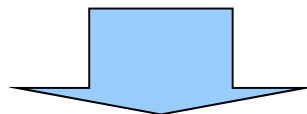
住宅用太陽光発電(10kW未満)の平均システム価格(年平均) 非住宅用太陽光発電(10kW以上)の平均システム価格(年平均)

出典: 2012~2017年:調達価格等算定委員会「平成30年度以降の調達価格等に関する意見」(平成30年2月7日)より、2018年:第40回調達価格等算定委員会(平成30年11月8日)資料1よりよりみずほ情報総研作成

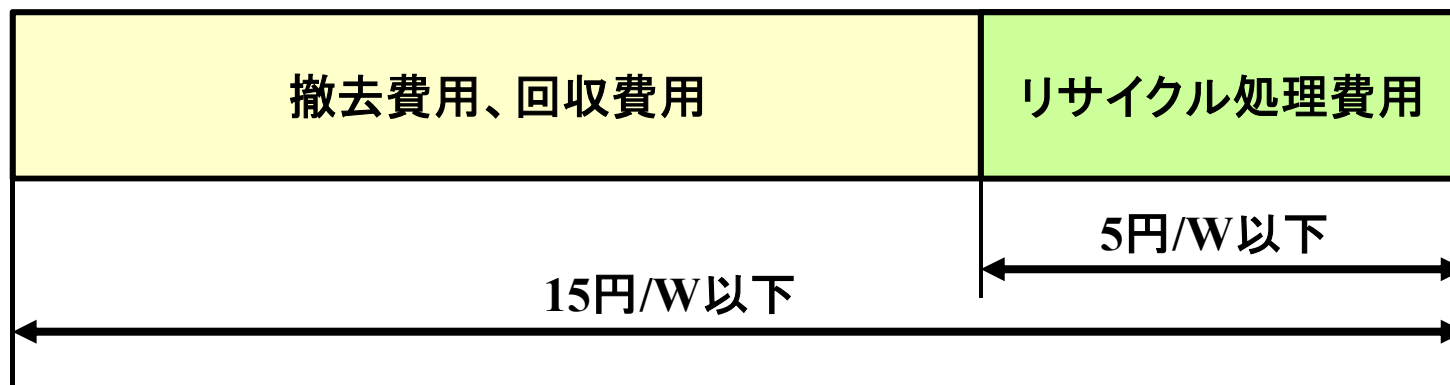
◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(4)

- 使用済み太陽光発電システムのリサイクルには、リサイクル処理費用の他に、回収費用やシステムの撤去費用などが発生。
- リサイクル処理費用、回収費用、撤去費用がそれぞれ同程度と仮定すると、リサイクルにかかる費用の総額を現在の廃棄処理費用と同レベルに保つためには、リサイクル処理費用は約5円/W以下とする必要がある。



- 低コストリサイクル処理技術の開発が必要。

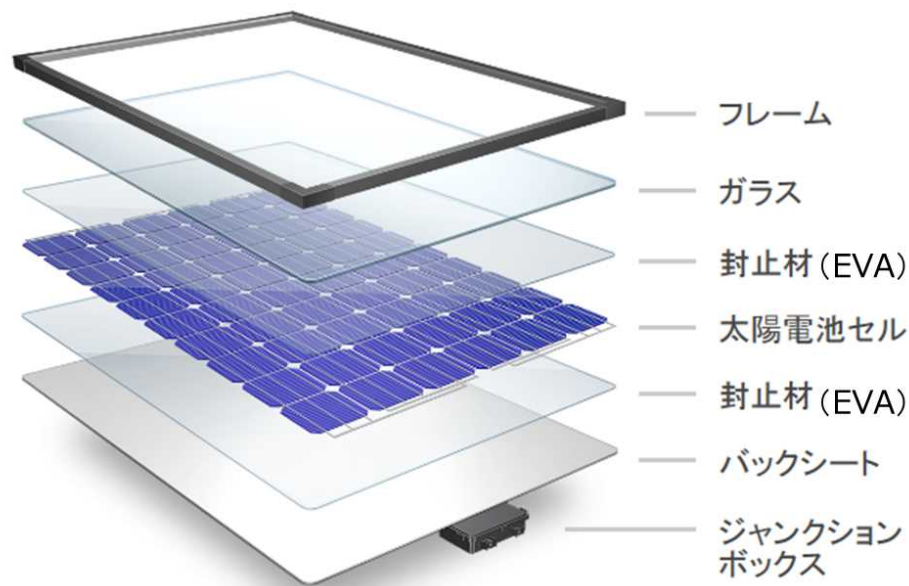


◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(5)

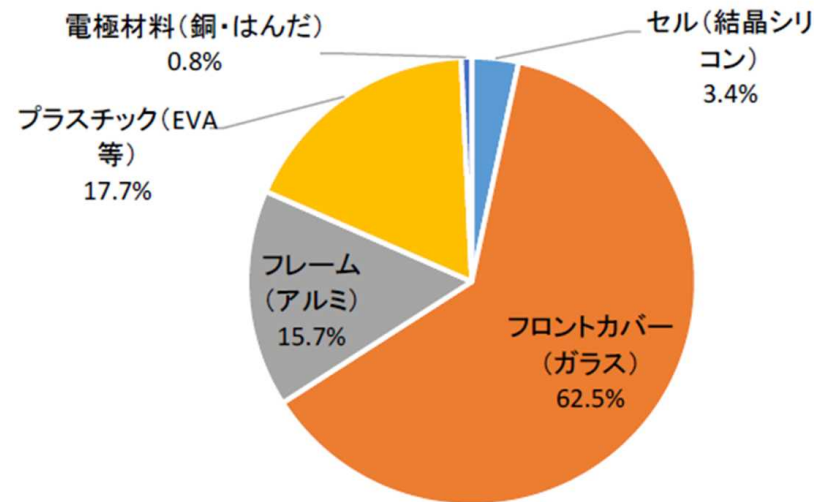
- 太陽電池モジュールは長期間の使用に耐えられるように封止剤で固めた非常に強固な構造。リサイクル時は封止材の分離・除去が最も困難。
- 今後、太陽電池モジュールの大量廃棄により、産業廃棄物の最終処分場はひっ迫され、これを解消するためには、資源の有効利用を図る必要あり。

・太陽電池モジュールの構造



出典：デュポン株式会社HPより

・太陽電池モジュールの重量比



出典：NEDO「太陽光発電システムのライフサイクル評価に関する調査研究」(2009)

◆政策的位置付け

社会的背景(6)

- FITの根拠法(電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法)の国会附帯決議でもリサイクルシステム構築が求められている。

■ 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法(平成二十三年法律第百八号) 国会附帯決議(2011.8.25)

抜粋

五 再生可能エネルギー発電設備については、これらの耐用年数経過後において大量の廃棄物の発生を防ぐ観点から、設備のリサイクルシステム構築等、早急に必要な措置を講ずること。

◆国内外の研究開発の動向と比較

【海外事例(欧州)】

- ・ 欧州における太陽電池モジュールリサイクル規制
2012年WEEE指令改正でリサイクルが義務化、2018年、資源回収率:85%
- ・ 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の回収量は2017年末で累積19,195トン。

【海外事例(米国)】

- First Solar:最新のVersion-3は連続処理方式で処理が可能で、処理能力150トン/日。
- ・カリフォルニア州で使用済みモジュールを有害廃棄物、Universal wasteとして指定。
 - ・ニューヨーク州で使用済みモジュールの回収を販売者に義務付ける法案提出
(上院可決、下院で審議中)。

【国内事例】

- ・ 総務省:太陽光発電設備の廃棄処分等に関する実態調査(2017年)
- ・ 環境省:太陽光発電のリサイクル・適正処分等に関する検討チームとりまとめ(2018年)
- ・ 環境省: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(第二版)(2018年)
- ・ 資源エネルギー庁: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
中間整理(第三次)(2019年)

◆技術戦略上の位置付け

- 2014年に策定・公表した「太陽光発電開発戦略“NEDO PV Challenges”」では、固定価格買取制度の効果で大量導入社会の実現は目前となったとの考えから、従来の「普及させるための戦略」から、「普及後の社会を支える戦略」に転換。
- リサイクルシステムの構築を柱の一つに位置付け。

国民負担の増大

発電コストの低減

システムメンテナンスコストや
廃棄処理コストの低減も重要

廃棄物大量発生への対応

大量導入は、将来の大量廃棄を招く。
リサイクルシステムの構築が必要。

リサイクル技術の開発

立地制約の顕在化

立地制約の解消

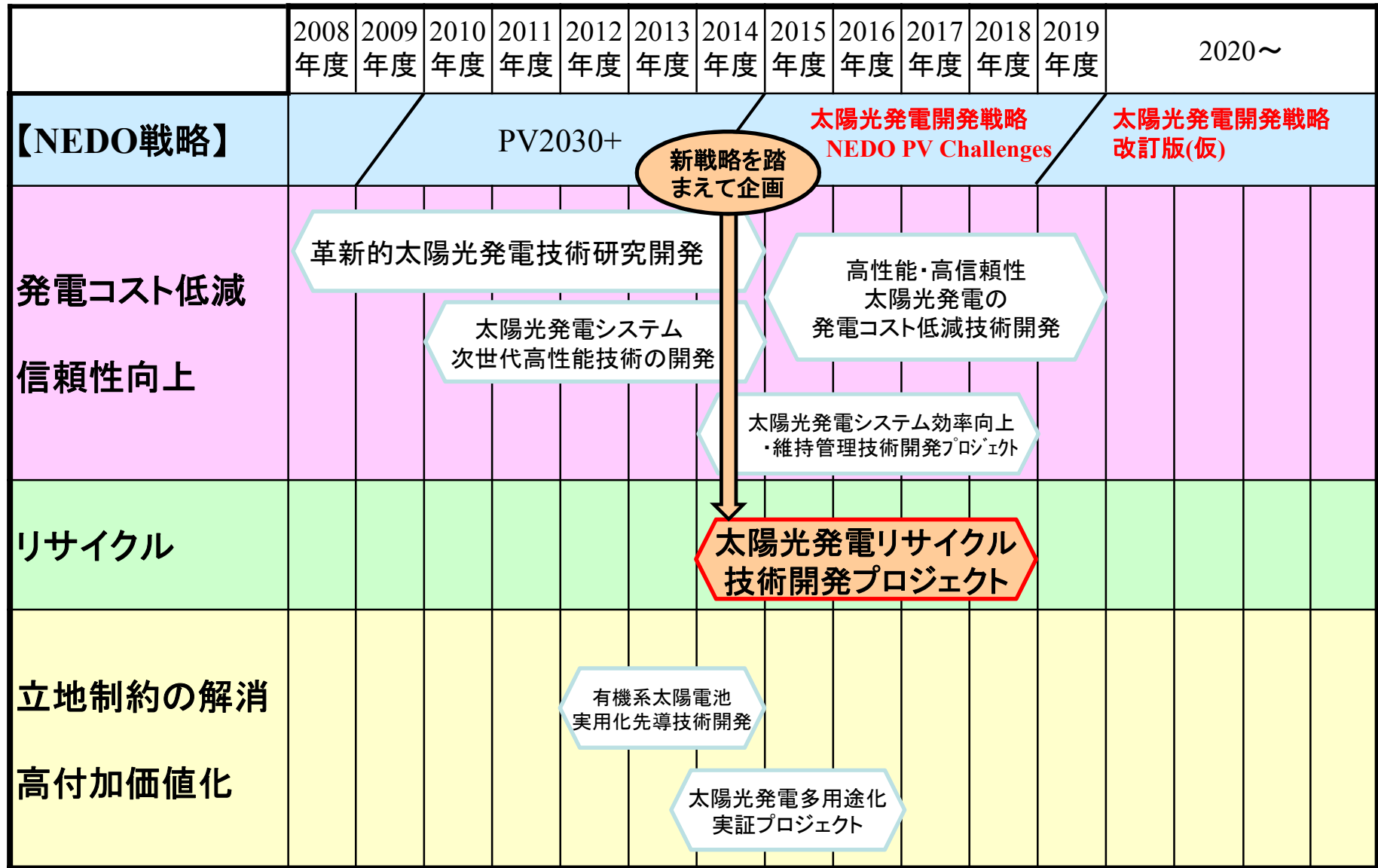
長期に安定した 発電量確保の要求

信頼性の向上

グローバル競争の激化

高付加価値事業の創出

新しい技術開発戦略を踏まえたプロジェクト設計。



◆NEDOが関与する意義

マネジメント
プロセス

企画・立案

体制構築

事業推進

NEDOの
強み

- 産学官を取り纏めてロードマップ(「太陽光発電開発戦略」)を策定
- 国策を盛り込んだ企画が可能

- 産学官を組み合わせた柔軟な体制を構築可能
- 30年以上に亘るコーディネートの経験

- 公的機関としての中立性
- 国立研究開発法人制度を最大限に活かして柔軟に推進

マネジメントの
ポイント

- 業界全体のニーズを把握するために産学官のヒアリングを実施
- 状況の変化を踏まえ、リユース関連技術の開発を追加
- 将来の排出量を推計し、リサイクル技術の必要性を訴えた。

- 複数の競合企業を、コンソーシアムに纏め上げ共通の技術目標に向けて研究開発を推進
- 国研、大学、企業等でコンソーシアムを形成

- 国研及び大学の基礎研究成果を、企業の事業化に活かせるように調整
- 必要に応じて加速資金を投入
- 事業環境の変化に即して追加公募を実施
- 技術推進委員会による進捗管理

長期的視野に立った技術開発戦略「太陽光発電開発戦略」に沿った技術開発

◆実施の効果（費用対効果）

- 投じた予算は5年間で10.2億円である。
- これに対し、2019年3月までに導入された太陽電池モジュールが廃棄されると、埋立費用は243～404億円の削減、CO₂排出量は490,000tの削減が可能となる。
- 鉛など有害物質が含まれるため埋立が不可能な廃棄物の適正処分が期待できる。

【算出根拠】

- 太陽電池モジュール：約0.1kg/W
- 廃棄太陽電池モジュール：4,900,000t
- ガラス(60～80%)：2,940,000～3,920,000t
- 埋立費用(20,000～25,000円/m³、0.0825m³/枚、1650～2060円/枚)：8250～10300円/t
- 廃棄費用：243～404億円
- CO₂排出量削減(100kg-CO₂/kW)：490,000t

◆事業の目標

■ アウトプット目標(2018年度末)

- ・ 使用済み太陽電池モジュールのリサイクル処理に係わる低コスト分解処理技術を確立し、その効果を実証する。

研究開発項目①「低コスト撤去・回収・分別技術調査」

- 【最終目標】・回収・分別、それぞれの低コスト化技術の実現可能性と有効性を見極め、有望な技術については、課題と目標コストを明確化する。

研究開発項目②「低コスト分解処理技術FS(開発)」

- 【最終目標】・低コスト汎用分解処理技術、低コスト専用分解処理技術など、年間200MW処理時の**分解処理コスト5円/W以下に資する技術を確立する**。分解処理コストを試算する。

研究開発項目③「低コスト分解処理技術実証」

【中間目標】

- ・低コスト汎用分解処理技術、低コスト専用分解処理技術を適用した試作プラントを構築する。
- ・使用済み太陽電池モジュールの供給と、リサイクル処理により得られる回収物の提供に関して、一時的ではない体制・仕組みを確保する。・様々な運転条件下における分解処理コスト低減効果を実証可能な計画を策定する。

【最終目標】

分解処理コスト : 5円/W以下(年間200MW処理時)

研究開発項目④「太陽光発電リサイクル動向調査」

【中間目標】

- ・国内の太陽光発電システム導入分布を考慮した排出量予測をまとめる。
- ・撤去、回収から分解処理に至るまで、各技術の効果の横断的な評価方法を確立する。

【最終目標】

- ・国内外の各種動向を調査し、本プロジェクトへのフィードバック情報をまとめる。

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」

【最終目標】

- ・使用済み太陽電池モジュールの回収・運搬、**分別、修復コスト180円/枚を達成する技術を開発する**。

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
<p>研究開発項目③ 「低コスト分解処理技術実証」</p>	<p>【最終目標】 ・低コスト汎用分解処理技術、低コスト専用分解処理技術を適用した試作プラントを構築し、分解処理コスト5円/W以下(年間200MW処理時)を実証する。</p>	<p>研究開発項目②の処理技術FSによって目標処理コストの達成目途や十分なコスト低減効果が確認された技術に絞り込み、実証を行う。最終目標は年間200MW処理時の分解処理コスト5円/W以下とする。</p>
<p>研究開発項目④ 「太陽光発電リサイクル動向調査」</p>	<p>【最終目標】 ・国内の太陽光発電システム導入分布を考慮した排出量予測をまとめる。国内外の各種動向を調査し、本プロジェクトへのフィードバック情報をまとめる。</p>	<p>プロジェクト期間が5年間にわたるため、その方向性や最終目標の妥当性、社会情勢や業界動向の変化に対応するため、排出量予測、各種動向調査、開発技術の評価方法の検討を実施。</p>
<p>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</p>	<p>【最終目標】 ・使用済み太陽電池モジュールの回収・運搬、分別、修復コスト180円/枚を達成する技術を開発する(使用済み太陽電池モジュールの大量発生が見込まれる2030年)。</p>	<p>社会負担の少ないリサイクルシステムを構築する上で非常に重要な要素である。使用済みの太陽電池モジュールを有効活用するための可能性検討事業であり、国民経済的に大きな便益を出すためには、2030年に180円/枚以下を達成する必要がある。</p>

◆研究開発のスケジュール

本日の発表プロジェクト

	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度
低コスト撤去・回収・分別技術 (調査)	①調査					
低コスト分解処理技術 (FS/開発)	②FS	③技術実証				
リサイクル動向調査	④調査					
リユース技術開発			⑤技術検討			
評価時期			★ 中間評価			★ 事後評価

◆プロジェクト費用

NEDO負担額

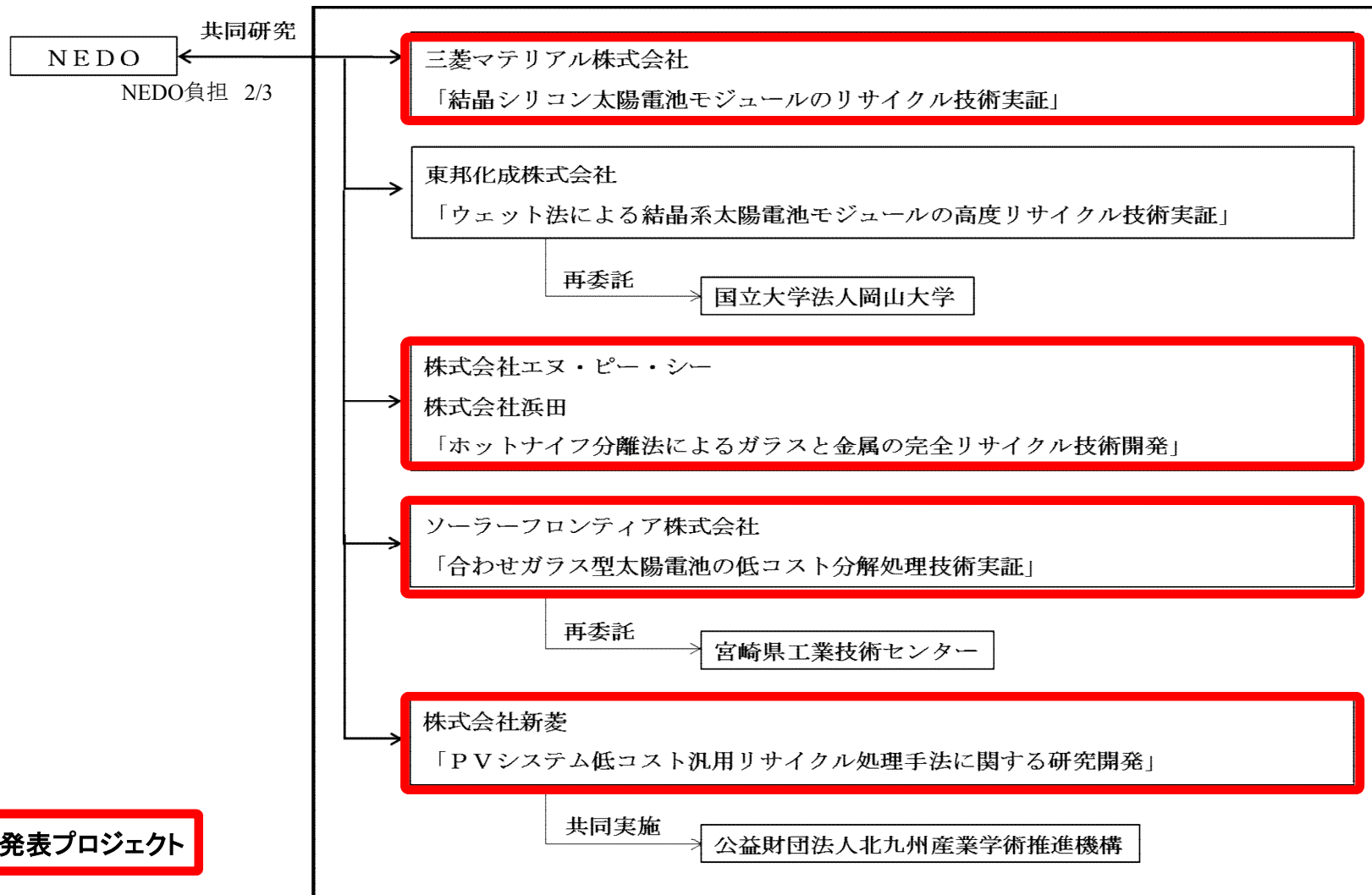
(単位:百万円)

	中項目		小項目		2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	合計
項目① 1/1	低コスト撤去・回収・分別技術調査	テーマ1	使用済み太陽光発電システムのリサイクル処理を安定的に実施するための課題調査	イー・アンド・イーソリューションズ(株) /DOWAエコシステム(株) /(一財)秋田県資源技術開発機構	15	--	--	--	--	15
		テーマ2	太陽電池モジュール撤去における実作業調査	萬世リサイクルシステムズ(株)	5	--	--	--	--	5
項目② 1/1	低コスト分解処理技術FS(開発)	テーマ1	結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術開発	三菱マテリアル(株)	17	--	--	--	--	17
		テーマ2	ウェット法による結晶系太陽電池モジュールの高度リサイクル実用化技術開発	東邦化成(株)	147	--	--	--	--	147
		テーマ3	結晶シリコン太陽電池の低コスト分解処理技術の調査/開発	(株)市川環境エンジニアリング /(株)ホンジョー/鹿島建設(株)	99	--	--	--	--	99
		テーマ4	可溶化法を用いた使用済み太陽電池からの資源回収技術の開発	(株)エヌ・ピー・シー /(株)日本スペリア社 /(独法)産業総合研究所	22	--	--	--	--	22
項目③ 2/3	低コスト分解処理技術実証	テーマ1	結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術実証	三菱マテリアル(株)	--	67	36	61	20	184
		テーマ2	ウェット法による結晶系太陽電池モジュールの高度リサイクル技術実証	東邦化成(株)	--	13	58	--	--	71
		テーマ3	ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発	(株)浜田/(株)エヌ・ピー・シー	--	42	37	32	21	132
		テーマ4	合わせガラス型太陽電池の低コスト分解処理技術実証	ソーラーフロンティア(株)	--	10	29	18	9	65
		テーマ5	PVシステム低コスト汎用リサイクル処理手法に関する研究開発	(株)新菱	--	27	16	27	--	70
項目④ 1/1	太陽光発電リサイクル動向調査	テーマ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	みずほ情報総研(株)	11	13	12	14	24	74
		テーマ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	(株)三菱総合研究所	15	7	8	10	7	47
項目⑤ 1/1	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	テーマ1	使用済み太陽電池モジュールの低コスト修復技術の開発	ジー・エム・ジーエコエナジー(株)	--	--	13	16	--	29
		テーマ2	On-Siteでのリユースモジュール分別技術の開発	太陽光発電技術研究組合	--	--	9	23	9	41
合計					331	178	218	201	89	1,018

本日の発表プロジェクト

◆ 研究開発の実施体制

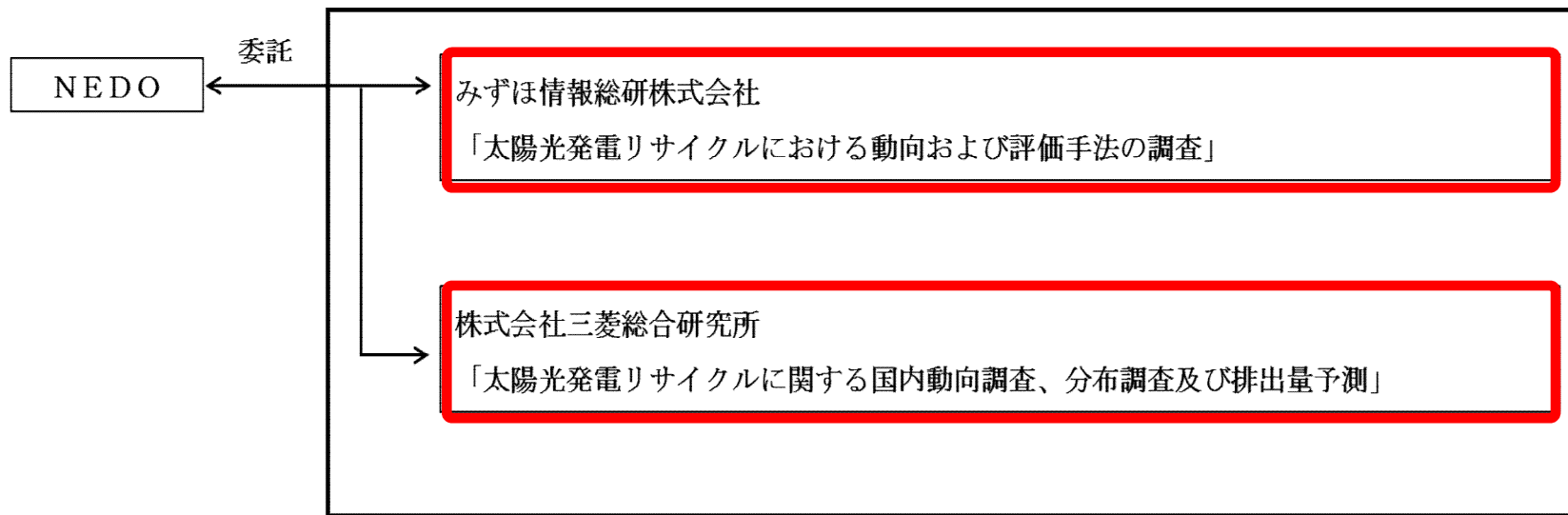
研究開発項目③ 「低コスト分解処理技術実証」



本日の発表プロジェクト

◆研究開発の実施体制

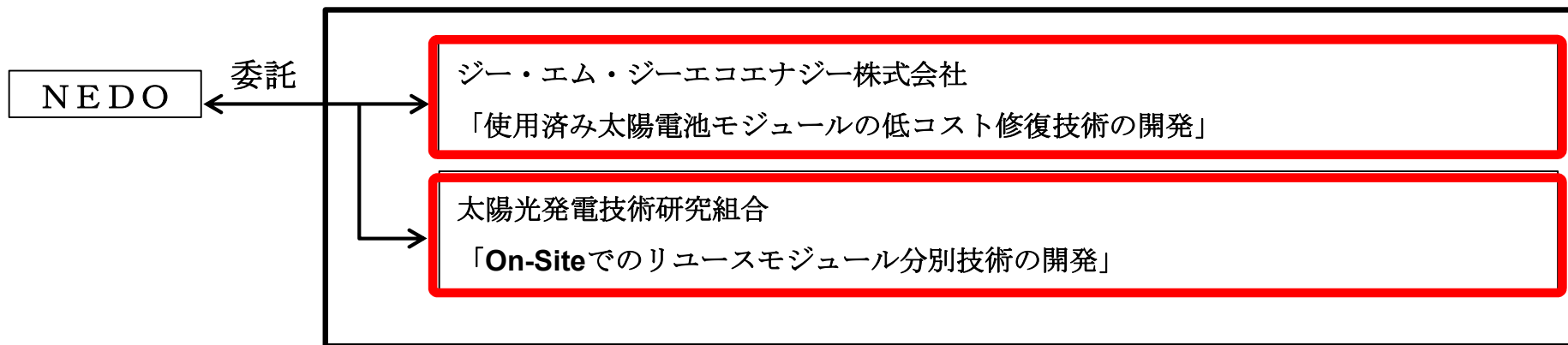
研究開発項目④「太陽光発電リサイクル動向調査」



本日の発表プロジェクト

◆研究開発の実施体制

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」



本日の発表プロジェクト

◆研究開発の進捗管理

- 研究開発全体の管理・執行に責任と決定権をもつNEDOは、経済産業省と密接な関係を維持しつつ、研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施した。
- 外部有識者による推進委員会を定期的を開催し、委託先から報告を受け、開発の方向性などを審議し、必要に応じて開発内容の修正を実施した。
- 委員は技術的視点での進捗状況を確認するとともに、各テーマ、或いは委託事業者の成果を評価し、対応策について助言・提言を行った。

【推進委員会メンバー(敬称略)】

委員長	大和田 秀二	(早稲田大学 教授)
委員	松野 泰也	(千葉大学 教授)
委員	加藤 聡	(ガラス再資源化協議会 代表幹事)
委員	大木 達也	(産業技術総合研究所 総括研究主幹)
委員	藤崎 克己	(三菱電機株式会社 環境推進本部 企画GM) 第1回～第7回
委員	亀田 正明	(太陽光発電協会 技術部長) 第8回～第9回

◆研究開発の進捗管理

推進委員会の実施結果

実施項目	開催時期	主な検討項目
推進委員会	第1回 (2015年4月17日)	排出量予測について、排出分布を用いて検討すること
推進委員会	第2回 (2016年2月29日)	リフトオフプロセスの安定性を考慮すること。
推進委員会	第3回 (2017年2月22日)	粗粒分の増加による銀の分布状況を把握すること。
推進委員会	第4回 (2017年7月26日)	ガラス品質とリサイクル先について検討すること。
推進委員会	第5回 (2017年12月11日)	ホットナイフの耐久性について検討すること。
現地調査会(推進委員会)	第1回 (2018年2月14日)	粉碎+色彩選別法の現地調査。
推進委員会	第6回 (2018年4月20日)	ガラスのリサイクル用途についてさらに調べること。
推進委員会	第7回 (2018年8月3日)	実サイズのセパレータ処理が可能である確証を得るよう調査すること。
推進委員会	第8回 (2018年11月8日)	LCAは非常に重要。バックグラウンドをそろえて、公開すること。
現地調査会(推進委員会)	第2回 (2018年11月22日)	ホットナイフ法の現地調査。
推進委員会	第9回 (2019年2月13日)	事業化への見通しについて。

◆研究開発の進捗管理

【その他】

■ 採択審査委員会

- 2014年度 (2014年6月12日)
 - ①低コスト撤去・回収・分別技術調査、②低コスト分解処理技術FS(開発)、④太陽光発電リサイクル動向調査について公募、審査により8件/10件の採択候補を選定
- 2015年度 (2015年8月10日)
 - ③低コスト分解処理技術実証について公募、審査により5件/8件の採択候補を選定
- 2016年度 (2016年5月30日)
 - 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について、公募、審査により2件/5件の採択候補を選定
 - ⑥使用済み太陽電池モジュールの用途開拓検討について、公募、審査により0件/1件となり、開発を中止した。

不採択理由: 調査計画が具体性に乏しく、事業化に対する検討が不十分。

■ 中間評価

- 2016年10月5日 対象となる7件の状況を報告

■ 成果報告会(太陽光のセッションの出席者数)

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| • 2014年度 (2015年10月28日～29日) | パシフィコ横浜 (参加者数:486名) |
| • 2015年度 (2016年10月31日～11月1日) | ワークピア横浜 (参加者数:344名) |
| • 2016年度 (2017年9月21日～22日) | パシフィコ横浜 (参加者数:427名) |
| • 2017年度 (2018年10月3日～4日) | パシフィコ横浜 (参加者数:363名) |
| • 2018年度 (2019年10月17日～18日) | パシフィコ横浜 (参加者数:403名) |

◆ 動向・情勢の把握と対応

【2015年度】

- ・2014年度FSの結果を踏まえ、実用化実証を行うため、「低コスト分解処理技術実証」について公募を実施。
- ・確立した低コスト分解処理技術の早期実用化を実現するために、実用化時に近い規模、対象に対する実証を通して、処理コストやコスト削減効果、安全性など実運用に重要なデータを蓄積・提供。

【2016年度】

- ・社会負担の少ないリサイクルシステムを構築する上で非常に重要な要素として、「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」について追加公募を実施。
- ・使用済みの太陽電池モジュールをリユースするための技術開発であり、国民経済的には大きな便益がありながらも、研究開発成果が直接的に市場性と結び付かない公共性の高い事業であり、委託事業として実施。

◆中間評価結果への対応

下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘		対応
1	共通のボトルネック課題に対して共通基盤技術開発を行うなど、同じ努力を別々にしない工夫が必要。	共通のボトルネック課題に対して、 実施者間の共同検討会などを開催 し、技術開発の重複回避と効率向上を図った。
2	知的財産権については、研究開発期間内に提出することが時間的に難しいケースも想定されるが、出願件数も少なく全体的に知的財産に対する意識が低い。	リサイクル技術の場合、既存の要素技術の組合せが多く、特許出願が限定的になる面は否めないが、 戦略的にノウハウのオープン、クローズを判断 して推進するよう推進委員会で助言した。
3	現段階では中間評価であるので、对外発表が少ないことは認めるが、最終報告では、知的財産権まで含めて、技術的優位性を世界に示して欲しい。	優位性の高い技術について、 国際会議(PVPS_Task12)で積極的に発表 を行い、世界にアピールでした。
4	今後、資源価格や有価物の使用率など、取り巻く環境がより厳しくなることが予想されるが、その時の経済性で開発技術が投げ出されないような仕組みも、同時並行的に検討しておく必要がある。	現在の分解処理コスト目標(分解処理費用から有価物売却益を差し引いたもの)はFITで想定した廃棄費用を十分下回る値としているが、将来の資源価格や有価物の使用率の不確定要素を排除するため、 分解処理費用(有価物売却益を差し引かないもの)も管理指標に取り入れた 。また評価指標の整理を行い、実施者間での差異が生じないように 指標を統一 した。
5	実施者間でコスト試算方法に差異があるが、コスト評価などは統一的な方法や指標で評価すべきではないのか。	

◆ 知的財産権等に関する戦略および知的財産管理

- 委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。
- また、実証フェーズなどでは、必要に応じて実施者間のNDA締結や、プロジェクトマネージャーを通じた実施者との緊密な連携の実現により、実施者間で情報共有を図る。また、「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」のリサイクル処理技術の研究開発で得られた知見やデータについても、適宜情報共有を図る。

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

【2015～2018年度】

③低コスト分解処理技術実証

最終目標

低コスト汎用分解処理技術、低コスト専用分解処理技術を適用した試作プラントを構築し、分解処理コスト5円/W以下(年間200MW処理時)を実証する。

成果

分解処理方法として、粉碎+色彩選別法、ホットナイフ法、パネルセパレータ法、熱分解法を開発した。すべての処理方法で、年間200MW処理時の分解処理コスト5円/W以下を実証した。

【2014～2018年度】

④太陽光発電リサイクル動向調査

最終目標

国内の太陽光発電システム導入分布を考慮した排出量予測をまとめる。国内外の各種動向を調査し、本プロジェクトへのフィードバック情報をまとめる。

成果

最新の技術動向を俯瞰的に整理した「開発戦略マップ」を作成した。排出量推計モデルを構築すると共に排出量推計の精緻化を実施し、経済産業省から公表した。海外諸国におけるリサイクル技術の開発動向を継続的に調査し、状況を把握した。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。

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

【2016～2018年度】

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

最終目標

使用済み太陽電池モジュールの回収・運搬、分別、修復コスト180円/枚を達成する技術を開発する(使用済み太陽電池モジュールの大量発生が見込まれる2030年)。

成果

太陽電池モジュールの低コスト修復技術を開発し2030年に180円/枚以下の達成の可能性を見出した。太陽電池モジュールのリユースの評価方法を確立し、2030年に180円/枚以下を達成できる低コスト化を見通せることができた。

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

③低コスト分解処理技術実証

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(1)結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術実証(2015～2018年度)			
①実証剥離機の開発。	パネル1枚を60秒以内で処理できる実証剥離機を製作を行う。	パネル1枚を60秒以内で剥離可能な実証剥離機を製作した。	○
②ガラス中ヒ素成分の同定機器選定と測定評価。	ガラス中のヒ素成分を定量的に測定する機器を選定する。	可搬型蛍光X線分析装置により、60秒/枚以下で測定可能。	○
③試作プラントによる事業化検討。	試作プラントを製作し、実証試験に必要なデータを取得する。	試作プラントを製作し、処理試験(120枚程度)を行い、分解処理コストを試算した。	○
④実証プラントの構築。	連続運転が実施可能な実証プラント設備を製作する。	実証プラントの据付工事完了。安全に実証試験を行うために安全対策を実施。	○
⑤事業化実証。	分解処理コスト(ネット)5円/W以下を確認。	2018年度情勢:分解処理コスト3.9円/W。	◎
		2014年度情勢:分解処理コスト1.6円/W。	◎

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

③低コスト分解処理技術実証

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(3)ホットナイフ分離法によるガラスと金属の完全リサイクル技術開発(2015～2018年度)			
①フレーム除去装置の開発実証。	パネル割れ率0.1%以下。	パネル割れ率0.03%以下を達成。	◎
②ホットナイフ分離装置の改良及び実証。	EVA残膜厚0.1mm以下。ホットナイフ耐久性、2,400枚/交換。	EVA残膜厚0.1mmを達成。ホットナイフ耐久性、2,500枚/交換。	○
③割れガラス分離装置の開発。	EVA残膜厚0.1mm以下。ホットナイフ耐久性、1,000枚/交換。	EVA残膜厚0.1mmを達成。ホットナイフ耐久性、1,100枚/交換。	○
④ガラス再資源化に関する調査。	ガラス原料売却単価3円/kg以上。	ガラス原料売却単価5円/kg以上を確保。	○
⑤回収金属の売却単価の調査。	EVA/セル層を45円/kg以上で売却する。	売却評価57～100円/kgを得た。	○
⑥実験・試験プラント建設及び実証試験による処理コスト評価。	処理コスト、5円/W以下。	割れなしモジュールの処理コスト2.23円/Wを達成。割れモジュールの処理コスト3.82円/Wを達成。	◎

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

③低コスト分解処理技術実証

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(4)合わせガラス型太陽電池の低コスト分解処理技術実証(2015~2018年度)			
①ガラスの解体技術開発。	<ul style="list-style-type: none"> ・カバーガラス割れ率$\leq 5\%$。 ・処理時間≤ 100秒/枚。 	パネルセパレータ(300mm角基板)にて、 <ul style="list-style-type: none"> ・カバーガラス割れ率$< 1\%$。 ・処理時間:80秒/枚を確認。 	◎
②カバーガラスEVAの剥離技術開発。			◎
③基板ガラスEVAの剥離技術開発。	<ul style="list-style-type: none"> ・処理時間≤ 1.2h/バッチ。 ・材料費≤ 1.12円/W。 	300mm角基板を破砕したワークにて、 <ul style="list-style-type: none"> ・処理時間:1.0h/バッチ。 ・材料費:1.12円/Wを達成。 	○
④CIS膜分離技術の開発。			◎
⑤試作プラント構築、実証。	割れガラスに対応したプロセスの確立、データ収集。処理コスト、5円/W以下。	上記結果に基づいた量産工場仕様を元にコスト試算し、3.38円/Wを達成。	◎

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

③低コスト分解処理技術実証

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(5)PVシステム低コスト汎用サイクル処理手法に関する研究開発(2015～2017年度)			
①システム整備と装置立上げ。	システムの整備及び立上げ完了。	システムの整備及び立上げを完了。	○
②EVA熱処理装置の長期信頼性・安定性・経済性の向上。	EVA熱処理装置の改造及び性能評価が完了していること。	EVA熱処理装置の改造及び性能評価を完了。	○
③処理システム全体の実用性及び処理コスト評価。	<ul style="list-style-type: none"> ・試験用モジュール供給契約の締結。 ・有価物の売却契約締結。 ・CISモジュールで5円/W以下を実証する(有価物売却益なし:7円/W以下)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・試験用モジュール供給契約完了。 ・回収物の有価売却先、及び産廃物の処理先との契約を完了。 ・24時間体制の連続処理試験で、CISモジュールを約15千枚、分解処理を行い、分解処理コスト3.7円/Wを実証(有価物売却益なし:6.1円/W)。 	◎

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

④太陽光発電リサイクル動向調査

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(1) 太陽光発電リサイクルにおける国内外動向および評価手法に関する調査(2014～2018年度)			
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。	欧州、米国、中国、韓国の政策や市場の動向、リサイクル技術の開発動向を継続的に調査を実施した。	○
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、確立した手法をガイドラインとして取り纏めるための構成案を検討した。また、既存プロジェクトを対象とした予備的な環境影響評価を実施した。	○

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

④太陽光発電リサイクル動向調査

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(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(2014～2018年度)			
①国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測。	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"> 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。 国内における主たる政策動向について整理。 	○
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。	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。国内の太陽光発電システム導入分布を考慮した排出量予測をまとめる。	<ul style="list-style-type: none"> 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。 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ーとする排出量推計モデルの有効性を確認。 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。 	○

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

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

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(1)使用済み太陽電池モジュールの低コスト修復技術の開発(2016～2017年度)			
①修復技術Ⅰ (故障BPDの交換)。	・ BPD交換後モジュールの Pmax低下率: < 5%。 ・ コスト: < 1.41円/W。	物理的なポッティング材除去 法を開発し、最終目標を達成 した。	○
②修復技術Ⅱ (バックシート損傷部位の 交換)。	・補修後モジュールが DH1000、 TC50 に合格。 ・コスト: < 1.43円/W。	物理的なバックシート除去方 法を開発し、最終目標を達成 した。	○
③修復技術Ⅲ (故障セルの交換)。	・補修後モジュールがDH1000、 TC50 に合格。 ・コスト: < 11.25円/W。	RTV法による補修方法を開発 し、最終目標を達成した。	○
④分別ラインの自動化の 検討。	低コスト自動分別ラインの設計 仕様の提案。	モジュール洗浄、EL検査にオ ンサイト装置を導入すること により、コストを60%低減した。	◎

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

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

テーマ名	最終目標	成果	達成度
(2) On-Siteでのリユースモジュール分別技術の開発(2016～2018年度)			
①簡便な電気安全性判定方法の開発。	実際のリユースモジュール健全性判定試験方法として、時間短縮された気中絶縁抵抗試験を採用する。	気中試験は断念。湿潤試験での効率化を行い、電圧印加時間を10秒まで短縮できた。	○
②外観判定マニュアルの作成。	現場での作業を基に外観判定のための教育にも使用出来る体裁に仕上げる。	外観判定レベルを3段階に整理し、マニュアルを作成した。	○
③太陽電池モジュールの温度係数のデータベース化。	温度係数データベースをまとめるとともに、出荷品質ランクの判定マニュアルを作成する。	温度係数非公開品について補正方法を決定。	○
④移動式PVラボを活用したリユースモジュール分別技術の開発。	使用済み太陽電池モジュールの分別を一枚あたり7分以内で行う。	分別時間6分10秒を実証し、目標の7分/枚以内を達成した。	◎

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆成果の普及

下記に各研究開発項目の成果発表件数を示す。

研究開発項目	特許登録		論文 (査読付)	学会発表 ・講演	新聞・雑 誌等掲載	受賞 実績	展示会 への出展
	国内	外国					
①低コスト撤去・回収・分別技術調査	0	0	0	0	0	0	0
②低コスト分解処理技術FS (開発)	3	0	0	5	1	0	0
③低コスト分解処理技術実証	4	0	2	19	12	1	3
④太陽光発電リサイクル動向調査	0	0	0	9	4	0	0
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	0	0	0	7	1	0	1
合計	7	0	2	40	18	1	4

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

研究開発した分解処理法(粉碎＋色彩選別法、ホットナイフ法、パネルセパレータ法、熱分解法)を用いた、廃棄太陽電池モジュールのリサイクル活動を開始可能にする(例えば災害による廃棄物発生時)ことが、実用化である。

研究開発した分解処理法を用いた、廃棄太陽電池モジュールのリサイクル事業(製品販売、処理サービス)を開始し、利益を得ることを可能にすることが、事業化である。

◆実用化・事業化に向けた戦略

・「低コスト分解処理技術実証」については、分解処理法として、粉碎+色彩選別法、ホットナイフ法、パネルセパレータ法、熱分解法を開発し、実証プラントを構築して分解処理コストを試算したところ、年間200MW処理時で**NEDO目標の5円/W以下**を達成。

プロジェクト終了後、使用済み太陽電池モジュールの発生量に応じて、**本リサイクル処理システムで事業を実現**が可能。排出量予測では、200MWを超える排出量は2030年ごろと推計。NEDOとしては今後の事業において、**実プラントスケールの実証や再生ガラスの用途開拓等**を通じて支援する予定。

・「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」については、低コスト修復技術を確立し、2030年頃に修復をリユース事業者に委託するというケースでコスト試算を行い、**NEDO目標である180円/枚の達成の可能性**を見出した。

また、リユース技術を確立すると共に低コスト化を実現するための高速測定を開発。2030年に向けて、分別処理時間の更なる短縮、光熱水費の削減、労務費の削減を進めて行くことで、**NEDO目標である180円/枚の達成**を見通せた。

以上の通り、成果の**実用化・事業化の道筋は明確**である。

◆成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

各テーマごとに別途説明

◆波及効果

- 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトを推進したことにより、従来普及が進まなかつたリサイクル分野に対して、低コスト分解処理技術の可能性を示したことで、事業化が促され、多くの産業廃棄物処理業者の参入により、市場を活性化させ、**資源の有効活用を促進させる**効果があると見込まれる。
- また、太陽電池モジュールの排出は2030年代半ば以降、大量に発生するが、リサイクル技術の実用化により、**最終処分となる埋立廃棄物量を最小限にとどめることやガラスを中心とした再生品の活用**が見込まれる。
- 本プロジェクトで報告された太陽電池モジュールの排出量見通しによれば、排出量のピークは2035～2037年頃で、年間約17～28トン程度となる。ここで、ピーク排出量が約17万トンとなるシナリオに対し、リサイクルによる埋立廃棄物削減率(再資源化、二次利用、熱回収含む)を90%とすると、排出量のピーク時には約16万トンの埋立廃棄物が削減され、その後も12万トン/年以上の埋立廃棄物が削減される。そして、2030年から2050年にかけて**削減される埋立廃棄物の合計(累積量)は約380万トン**と見込まれる。