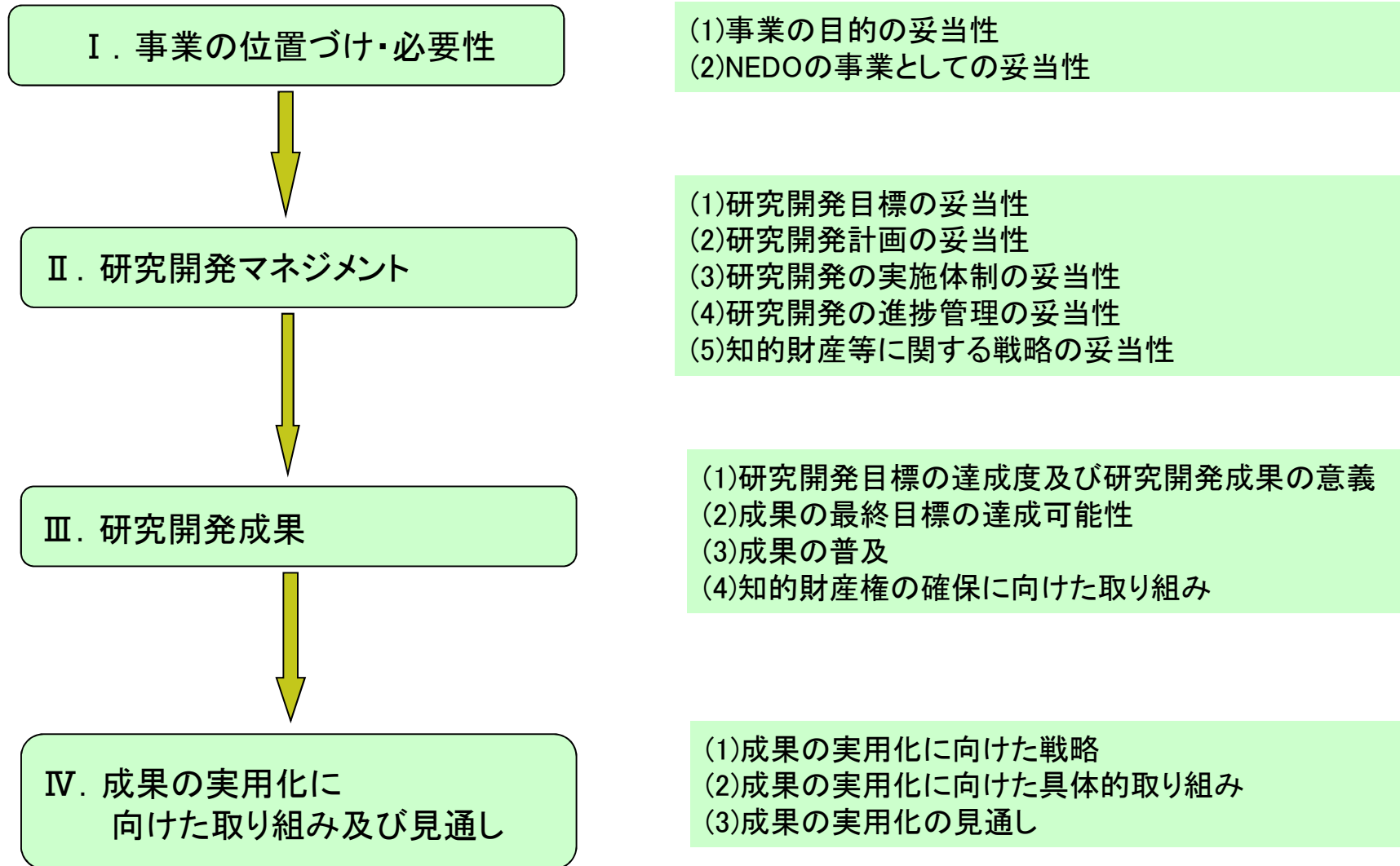


「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」 (中間評価 平成26年度～平成30年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO 新エネルギー一部
平成28年10月5日



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

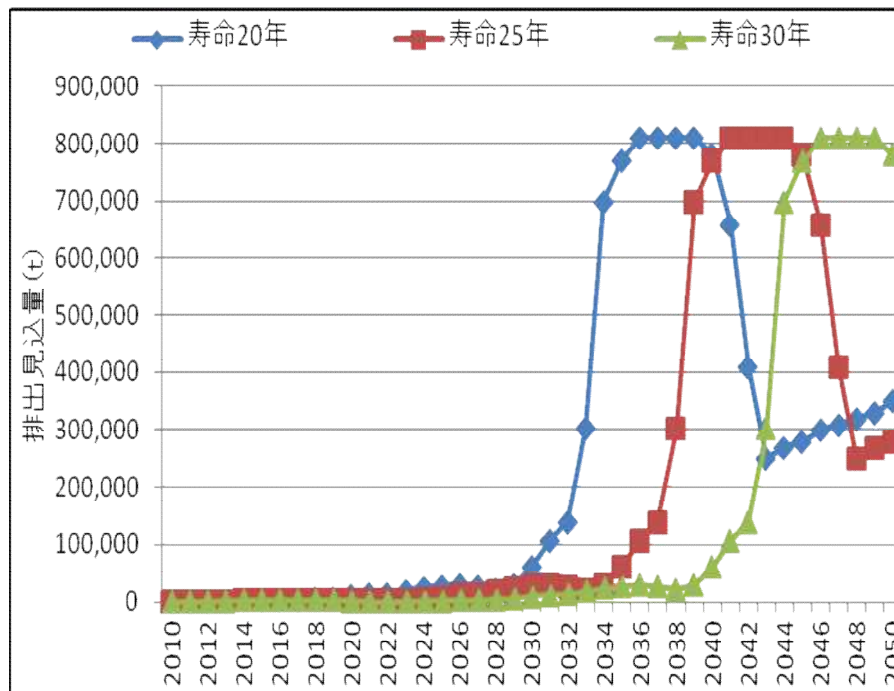
◆事業実施の背景と事業の目的

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。これは、使用済み発電設備が将来大量に発生することも意味する。

(単位:GW)

	制度導入前(移行前) (2012年6月まで)		制度導入45ヶ月後 (2016年3月末まで)		設備認定容量 2012年7月～ 2016年3月末	
	住宅	非住宅	住宅	非住宅	住宅	非住宅
太陽光	5.6		32.87(+27.27)		79.93	
	4.7	0.9	8.65 (+ 3.95)	24.22 (+ 23.32)	4.64	75.29
風力	2.6		3.08 (+0.48)		2.84	
中小水力	9.6		9.76 (+0.16)		0.78	
バイオマス	2.3		2.82 (+0.52)		3.70	
地熱	0.5		0.51 (+0.01)		0.08	
合計	20.6		49.04 (+28.43)		87.32	



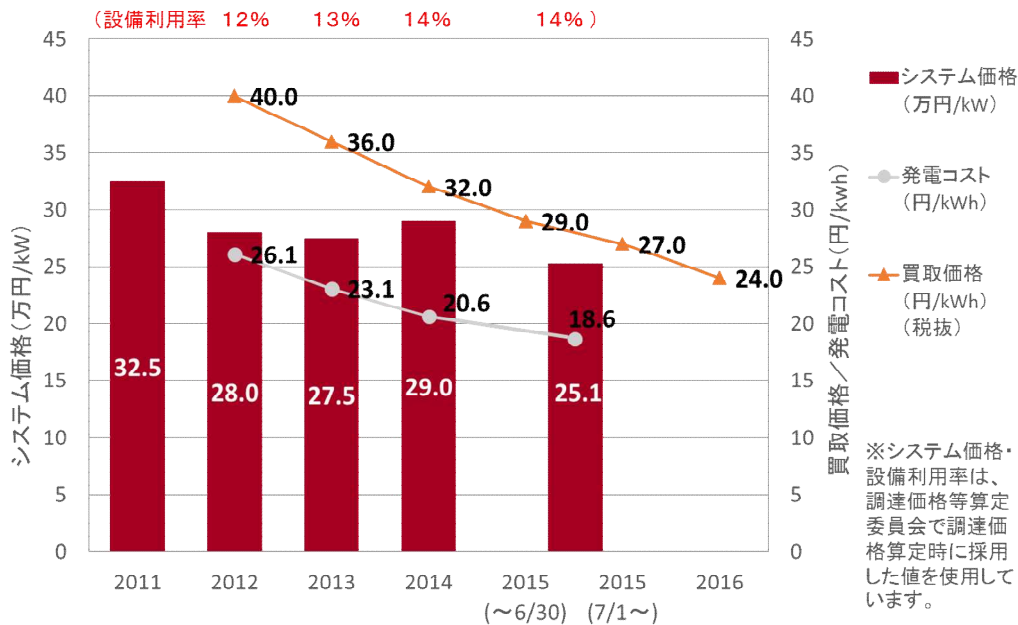
固定価格買取制度による再生可能エネルギー導入量

太陽電池モジュール排出見込量(寿命20、25、30年)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景と事業の目的

- 社会的背景(2)
- 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。
 - 買取制度初期にあたるこの数年、システム価格は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。



太陽光発電(10kW以上)の日本における発電コストとシステム価格等の推移

調達価格算定時に考慮する項目		非住宅 (10kW以上)	住宅 (10kW未満)
前提	運転年数	●	
	割引率(金利)		
	IRR		●
	法定耐用年数		●
建設費	固定資産税	●	
	法人事業税	●	
	システム単価		●
年間経費	系統接続費	●	
	土地造成費	●	
	修繕費・諸費等		●
収益 (発電能力)	人件費	●	
	土地賃借料	●	
撤去費用	年間発電量	● (設備利用率)	
	出力劣化率		
	廃棄処理費	●	

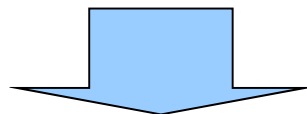
調達価格等算定委員会で調達価格算定時に考慮する費目

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

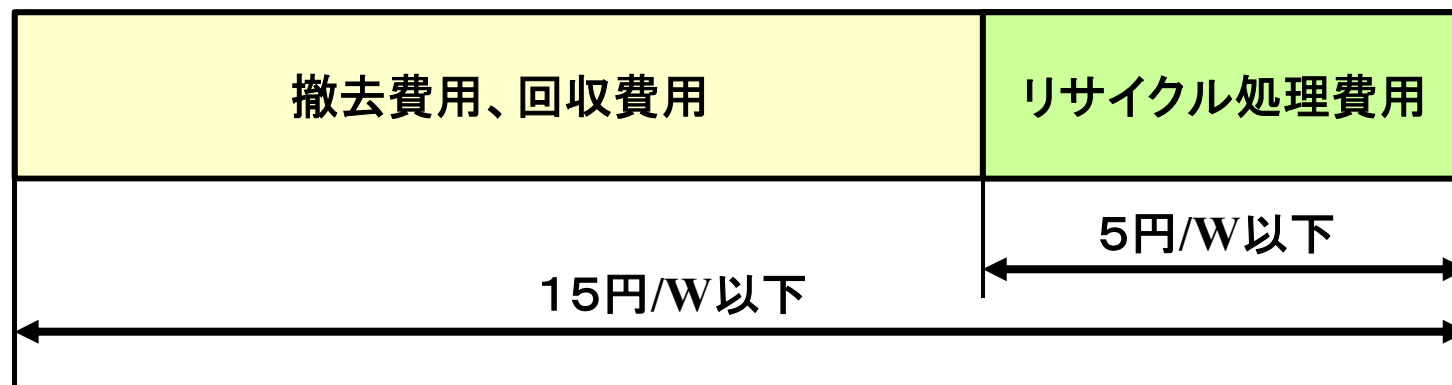
◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景(3)

- 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。



◆政策的位置付け**社会的背景(2)**

- 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、2015年末までに各国国内法施行済
- 2010年より使用済み太陽電池モジュールの回収・処理スキームが存在
年間回収量: 2,800t (2015年) (PV-CYCLE)

【海外事例(米国)】

- 米FirstSolar社は、使用済み自社製品の回収システムを構築。世界3カ所(米国、ドイツ、マレーシア)にリサイクル処理拠点を構築
- カリフォルニア州でUniversal Wasteとしての指定を議論

【国内事例】

- 結晶シリコン太陽電池向けの破碎処理技術は存在(環境保全サービス等)
- NEDOプロジェクトとして、5件のリサイクル技術開発を実証中
- 2017年4月 改正FIT法により設備のEOL計画提出を義務化見込

◆ 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

- 固定価格買取制度の再エネ賦課金の増加を抑制し、国民負担を軽減する必要。

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。

立地制約の顕在化

- 導入ポテンシャルの限界
- 土地コストの上昇。
- 系統制約の顕在化

長期に安定した発電量確保

- 事業性追求の結果、信頼性確保の要求も高まる。
- 発電コスト低減にも信頼性の高いシステムが必要。

グローバル競争の激化

- 太陽電池モジュールの価格競争が激化。
国内市場でも海外企業のシェアが増。

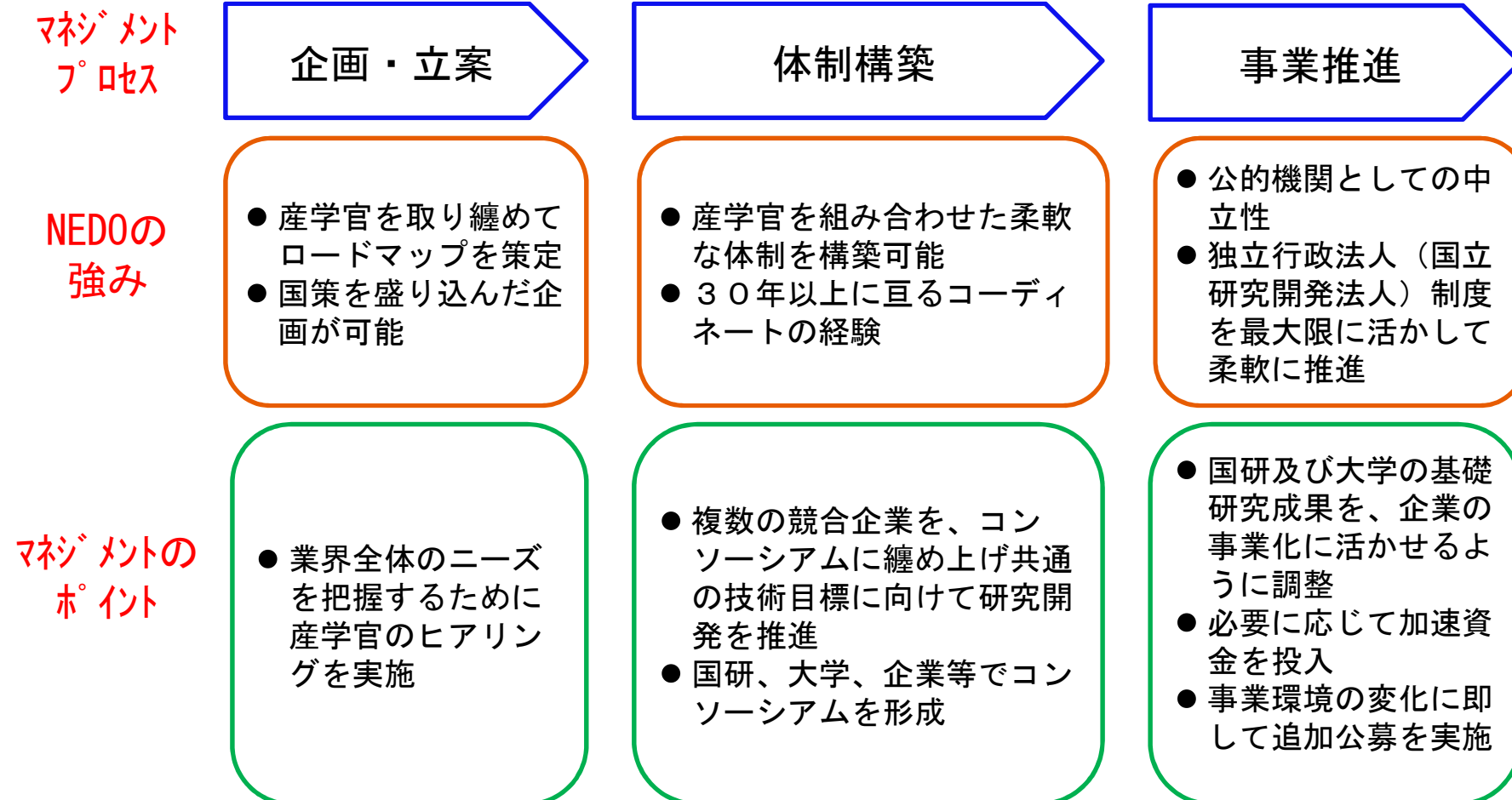
1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

新しい技術開発戦略を踏まえたプロジェクト設計。

	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度	平成 31 年度	平成 32 年度	...	平成 42 年度	...
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		2030	
【NEDO戦略】	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> PV2030+ 太陽光発電開発戦略 NEDO PV Challenges </div>															
発電コスト低減 信頼性向上	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">革新的太陽光発電技術研究開発</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">高性能・高信頼性 太陽光発電の 発電コスト低減技術開発</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">太陽光発電システム 次世代高性能技術の開発</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">太陽光発電システム効率向上 維持管理技術開発プロジェクト</div> </div>															
リサイクル	<div style="border: 2px solid red; padding: 10px; display: inline-block;">太陽光発電リサイクル 技術開発プロジェクト</div>															
立地制約の解消 高付加価値化	<div style="display: flex; justify-content: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">有機系太陽電池 実用化先導技術開発</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;">太陽光発電多用途化 実証プロジェクト</div> </div>															

1. 事業の位置付け・必要性 (2)NEDOの事業としての妥当性

◆NEDOが関与する意義



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）

- 投じる予算は5年間で13.5億円である。
- これに対し、2012年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79～132億円の削減、CO2排出量は66,000tの削減が可能となる。さらに、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1枚はおおよそ20kgであり、1枚あたりの定格出力を200Wと仮定すると0.1kg/Wとなるが、2012年の太陽光発電の国内年間導入量は6.6GWであるため、それらが使用済み太陽電池モジュールとなる際には、年間660,000tの廃棄物が排出されることになる。
- これに加え、工場で発生する製造スクラップや、輸送中・施工中の破損品、初期不良品などを考慮すると、さらに大量の廃棄物が発生することとなる。
- このうち、60～80%を占めるガラスは、396,000～528,000tとなる。ガラスの埋立費用は、20,000～25,000円/tであるため、79～132億円となるが、本プロジェクトの成果を活用することで、この埋立費用を削減可能である。
- また、CO2排出量の削減は100kg-CO2/kW以上との調査結果から、6.6GWでは、66,000tとなる。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 事業の目標

■ アウトプット目標(平成30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】(平成28年度末)

- ・ 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実験計画を策定する。

【最終目標】

- ・ **分解処理コスト : 5円/W以下(年間200MW処理時)を実証する**

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】(平成28年度末)

- ・ 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。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
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】 <ul style="list-style-type: none"> 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。 	処理コストについては現時点では設定が難しく、FSIにより技術開発の最終目標について妥当性確認が必要。
研究開発項目②「低コスト分解処理技術FS(開発)」	【最終目標】 <ul style="list-style-type: none"> 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。 	調達価格等算定委員会で想定された廃棄処理費用は建設費の5%。2012年時点の建設費は280千円/kWであることから廃棄処理費用は14円/W。回収費用、撤去費用を除くリサイクル処理費用は5円/W。
研究開発項目③「低コスト分解処理技術実証」	【中間目標】 <ul style="list-style-type: none"> 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実験計画を策定する。 【最終目標】 <ul style="list-style-type: none"> 分解処理コスト : 5円/W以下(年間200MW処理時) 	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。年間200MW処理時の分解処理コスト5円/Wを最終目標とし、中間目標として、プラントの試作、回収物の提供の仕組み確保、実証実験計画の策定等を設定。
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】 <ul style="list-style-type: none"> 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】 <ul style="list-style-type: none"> 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。 	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。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

	2014年度 (H26)	2015年度 (H27)	2016年度 (H28)	2017年度 (H29)	2018年度 (H30)	2019年度 (H31)
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					
評価時期			★ 中間評価			★ 事後評価

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用

NEDO負担額

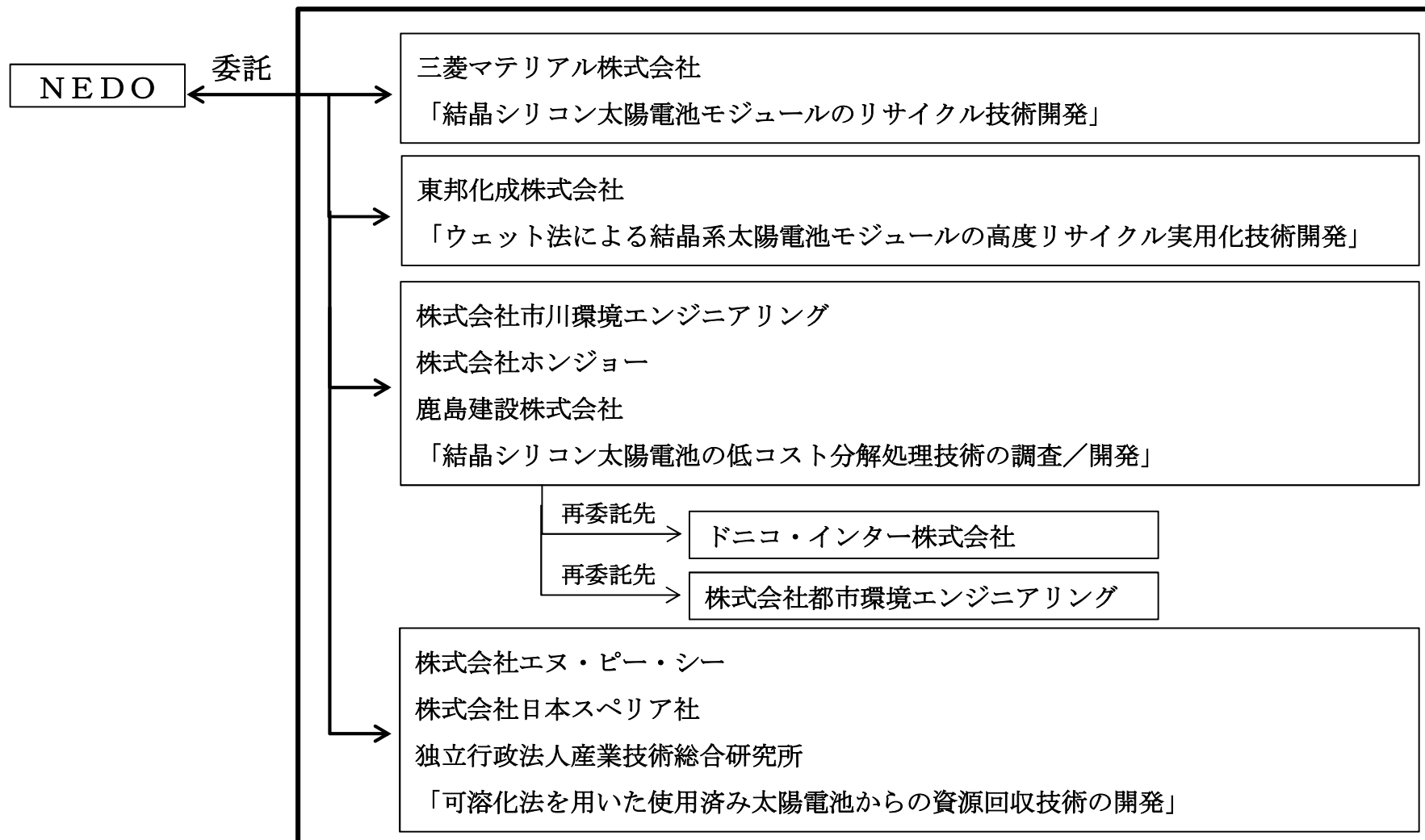
(単位:百万円)

	中項目	小項目	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	合計
項目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	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	5	--	--	--	--	5
項目②	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	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	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	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	22	--	--	--	--	22
項目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	--	67	36	--	--	102
		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	--	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	--	42	64	--	--	106
		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	--	10	29	--	--	39
		テーマ5 PVシステム低コストリ汎用サイクル処理手法に関する研究開発	--	27	24	--	--	51
項目④	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おける国内外動向および評価手法を確立する	11	13	12	--	--	36
		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	15	7	7	--	--	29
合計			331	178	230	0	0	739

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

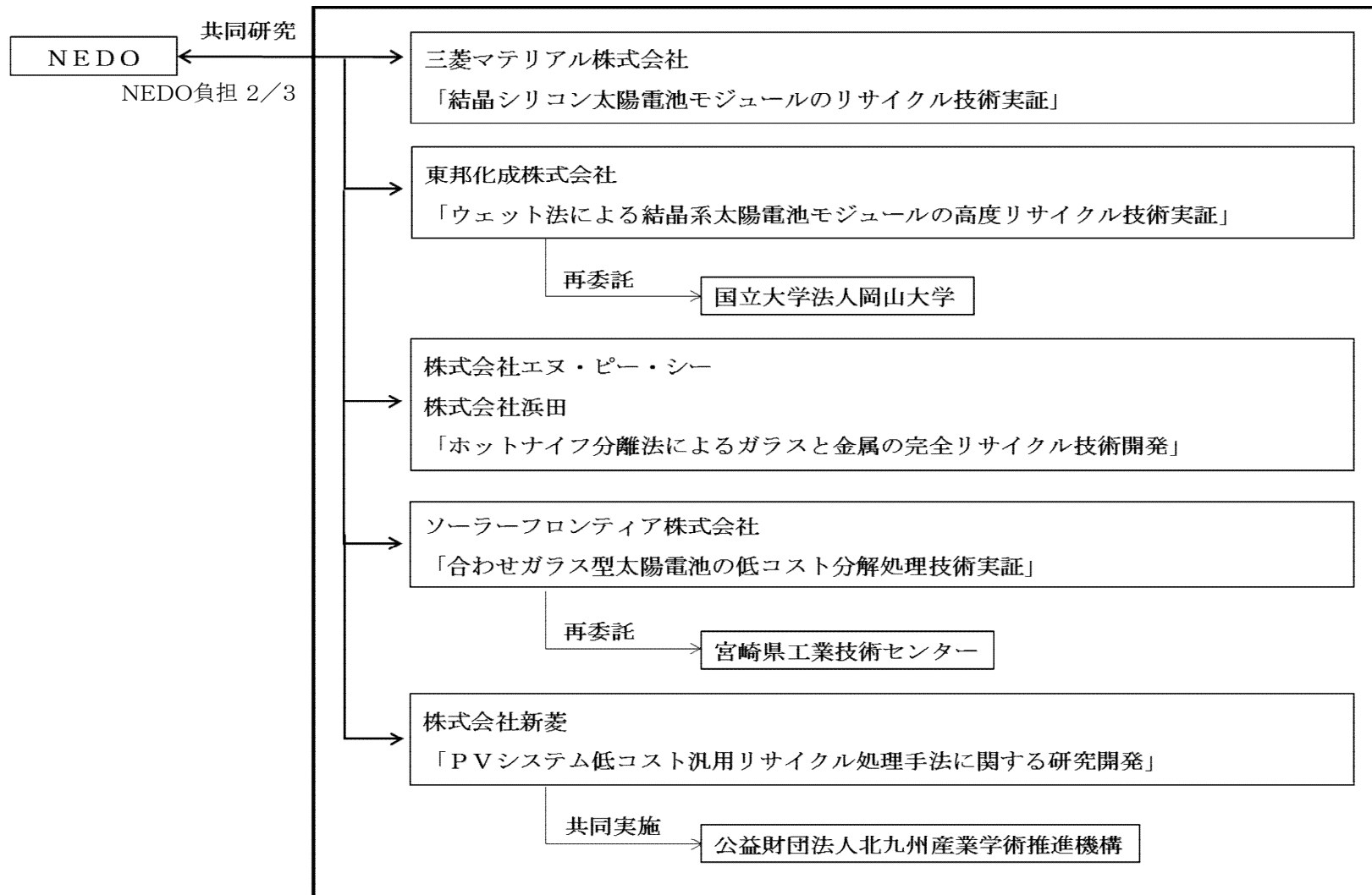
研究開発項目② 「低コスト分解処理技術FS(開発)」



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

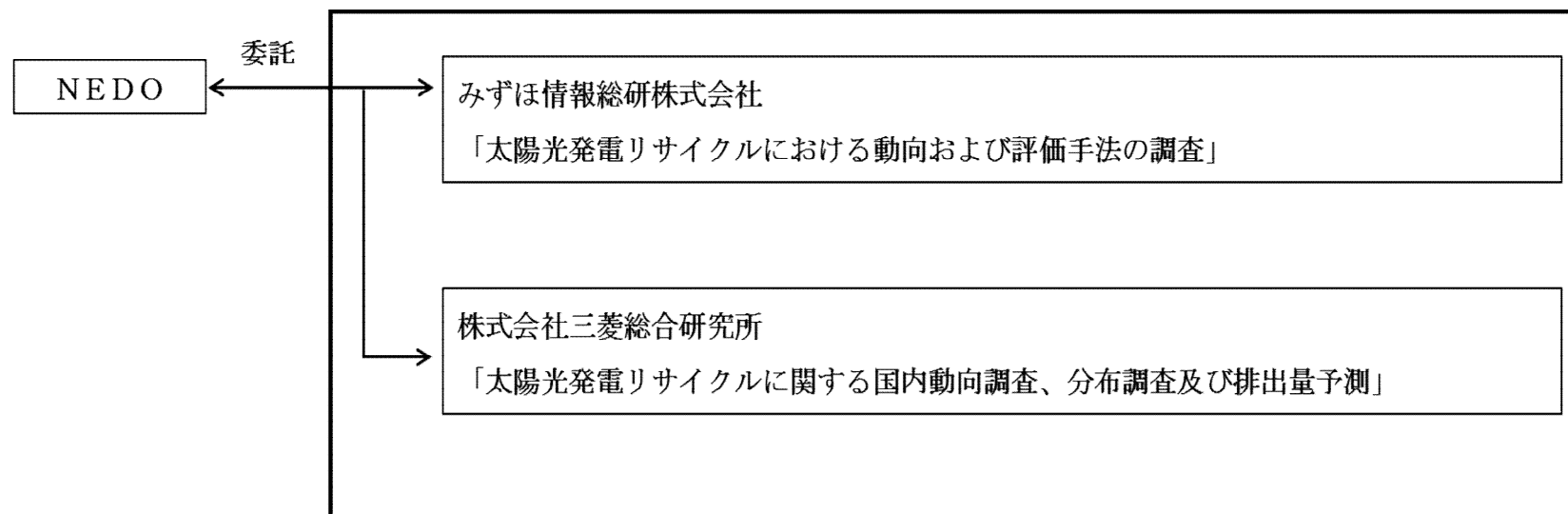
研究開発項目③ 「低コスト分解処理技術実証」



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 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」



2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 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。
- また、外部有識者による推進委員会を定期的に開催し、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。

【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	(東京大学 准教授)
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	(太陽光発電協会 サブリーダー)

実施項目	開催時期
推進委員会	第一回 平成27年4月17日
推進委員会	第二回 平成28年2月29日

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 研究開発の進捗管理

【その他】

■ 採択審査委員会

- 平成26年度 (平成26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
- 平成27年度 (平成27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
- (平成28年度 平成28年5月30日)

■ 成果報告会

- 平成26年度 (平成27年10月28日～29日)

◆ 動向・情勢の把握と対応

【平成27年度】

- ・平成26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

【平成28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

2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

◆ 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。

3. 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

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

【平成26～28年度】

①低コスト撤去・回収・分別技術調査

最終目標

撤去・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。

成果

アンケート、ヒアリング調査、模擬屋根や試作した回収用通箱を使った運搬実験等によりリサイクルのコスト目標である5円/Wの可能性を確認するとともに撤去、回収、分別それぞれの工程における課題の抽出を行い解決策の検討を実施。

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。

成果

分解処理の要素技術は大きく分けてガラスの剥離技術及び回収金属と固着しているEVAの処理技術がある。ガラス剥離技術として粉碎やホットナイフ法、EVA処理技術として薬液処理及び熱分解処理等異なったアプローチで各々の技術の可能性を検証し、5円/W実現の可能性を確認した。

3. 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

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

【平成26～28年度】

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実験計画を策定する。

成果

連続運転が可能な実証試験用プラントを製作、コストダウンに向けた装置の改造を実施中。また実証試験の試験計画を計画中。

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。国内及び海外における技術、政策などを継続的に把握する。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。

成果

公表データに基づき導入量データを整備し排出量予測モデルを作成。日本及び海外諸国のリサイクル関連技術、政策の動向調査を実施。評価方法についてはガイドライン作成のための構成案の検討および予備的な環境影響評価を実施。

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

① 低コスト撤去・回収・分別技術調査

テーマ名	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 撤去の調査	処理コスト5円/W達成に向けた各処理の目標設定と課題抽出	建設費に織り込み済みであることを確認	○	
② 回収の調査		1. 62円/Wを確認 (トラック輸送) 集荷場所、保管費用、積載効率などが課題	○	
③ 分別の調査		0. 28円/Wを確認 作業の効率化が課題	○	
(2) 太陽電池モジュール撤去における実作業調査				
撤去作業の現場調査及び撤去の実作業	撤去の技術課題の抽出	模擬屋根試験により、撤去費用に影響する6項目の課題を抽出	○	
	課題の解決策	6項目の課題それぞれの解決策を提示	○	
	撤去コスト削減の可能性の明確化	課題2項目が撤去側でコスト削減可能	○	
	目標コストの策定	費用198千円(住宅用)の40%削減可能	○	

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

② 低コスト分解処理技術FS(開発)

テーマ名	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① ロール式破碎機によるガラスの剥離	ガラス回収率50wt%以上あること	ロール間隔の最適値は6mmであったがガラス回収率は平均44wt%であった。	△	ロール間隔制御よりロール間の圧力制御ができる機構により達成可能。
② ハンマー型破碎剥離機と遠心風力破碎機によるガラス剥離率の比較	ハンマー型破碎剥離機と遠心風力破碎機の選定すること	ハンマー型破碎剥離機が優れ、ロール式との組合せでは60wt%	○	
③ 効率的な分級法の検討	回収したガラスとその他が有価性のある状態で分離できること	ガラスとその他を分級でき、それらはすべて有価性あることを確認	○	
④ 低コスト処理の実現	200MW/年処理時に処理コスト2円/W以下を達成すること	建設費用、運転費用、有価物売却益等を考慮して0.38円/W処理の見通しを得た	○	

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

◆実用化に向けた具体的取り組み (合同会社の設立)



合同会社アールツーンソリューション

平成28年3月1日設立

新聞掲載

日本経済新聞 : 平成28年2月29日

環境新聞 : 平成28年3月 9日

日刊工業新聞 : 平成28年3月15日

【出資会社(4社)】

- ①株式会社市川環境エンジニアリング
- ②ネクストエネルギー・アンド・リソース株式会社
- ③近畿工業株式会社
- ④リサイクルテック・ジャパン株式会社



◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

② 低コスト分解処理技術FS(開発)

テーマ名	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 太陽電池モジュールのガラスとEVA/セルの分離	サイクルタイム:50秒/枚	サイクルタイム:50秒/枚	○	様々な使用済みモジュールでの実験、刃の耐久性の検証
② 可溶化法によるEVA/セルからの資源回収	80%以上の資源回収率	90%以上の資源回収率	○	ビーカーレベルでの実験では達成したが、スケールアップし確認する必要
③ PVモジュールより分離する金属回収技術の開発	金属・シリコン500gから銀の回収率90%以上	可溶化で回収した金属・シリコン482gから銀回収率51%を確認	△	モジュールに構成しなかった太陽電池セルからは銀の回収率89%であった。条件を詰めれば回収率向上は可能

◎ 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

② 低コスト分解処理技術FS(開発)

テーマ名	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 小型試験機的设计・製作	ローラー式ガラス剥離機的设计・製作	小型試験機の製作完了	○	処理速度を勘案した実証機の製作
② 前処理方法の検討	ガラス分離の有効手段の検討	ハロゲンヒータによる剥離性向上法開発	○	温度条件の適正化
③ 最適な運転条件の検討	試作機による最適運転条件の検討	パネル種による最適条件の差異を確認	○	パネル別条件の最適化
④ 選別方法の検討	ガラス分と金属分の選別方法の検討	色彩選別機による分別の有効性を確認	○	選別プロセス確立に向けた量的試験
⑤ 回収物の評価	ガラス分、金属分の再資源化可能性の評価	金属含有量少のガラス粒再資源化に目途	○	パネル毎の組成差の確認必要
⑥ 剥離・選別ラインの設計	5円/W以下の目標とし処理コストを試算する	試算の結果2.9円/Wの見通しを得た	○	実用規模の自称試験機による検証

◎ 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(平成27～28年度)

テーマ名	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 実証剥離機の開発	パネル1枚を60秒以内で処理し、より粗粒な剥離後ガラス粒として剥離可能な実証剥離機を製作を行う	目標の速度で小型剥離試験機よりも粗粒な剥離後ガラス粒として剥離可能な実証剥離機を製作	○	多種のパネルについて評価試験を実施し、最適稼働条件を見出し、汎用性を高める。
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	○	同上
③ 試作プラントによる事業化検討	実証剥離機、振動篩、色彩選別機を設置した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。	試作プラントによる実証試験を開始	○	搬送等の付帯設備を含めた実証プラントの設計を進める。

◎ 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

② 低コスト分解処理技術FS(開発)

テーマ名	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 剥離液Aの消費 量低減策の検討	消費量1/10	EVA研削により達成 剥離可能時間測定	○	
② 剥離液Bの消費 量低減策の検討	消費量1/10	新しい溶媒Cにより目 標コストを達成	○	
③ 剥離液Aによる 処理速度向上の ためのシステムの 基本構成検討	剥離時間目標2時間 コスト検証	飽和前に浸漬終了後、 物理剥離で時間短縮	○	
④ 剥離したEVA・ 金属複合体から金 属類を分離するた めのB液処理の基 本システム構成の 検討	剥離液Bによる処理の 基本システム構成確 立。	攪拌機による剥離促 進、安価な新溶媒Cへ の変更とプロセスの改 善により回収率80%、 処理時間5分のシステ ム構成を確立	○	

◎ 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(平成27～28年度)

テーマ名	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① 実機パネルでの実証	分解処理コスト目標;5円/W	EVA剥離力 改良中 現状2.4円/Wで達成	○	分離行程改良 剥離剤の改良
② 試作パイロットラインによる実証	分解処理コスト目標;5円/W	研削、分離工程に関する実証機仕様確定。剥離工程の実証機仕様検討中。パイロットライン稼動によるコスト検証は本年度中に完了予定。	△	分離行程改良 剥離剤の改良
③ 回収シリコンの純化研究	シリコン純化の低コストプロセスの確立	分離工程で回収EVA積層体のEVA除去、エッチングにより純度98.5%以上の金属シリコン粒子を回収	○	① 処理時間の短縮 ② シリコンの付加価値調査と処理コストの検証
④ 有価物評価検証	有価物の価値確定(分解処理含むトータル処理コスト0.1円/W)と売却ルート確立	付加価値調査によりトータル処理コストは現状2.35円/W。リサイクル率;90%達成	△	プラント実証機での分解回収物の付加価値向上のための処理条件最適化

◎ 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(平成27～28年度)

テーマ名	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① フレーム除去装置の開発実証	処理能力: 50秒/モジュール	処理能力: 50秒/モジュール達成	○	各種モジュールで確認
② バックシート除去装置の開発	処理能力: 50秒/モジュール	処理能力: 50秒/モジュール達成	○	各種モジュールで確認
③ ガラス分離装置の改良及び実証	処理能力: 50秒/モジュール	現在実験中	△	・ホットナイフの耐久性改善 ・能力目標の達成
④ ガラス表面EVA除去装置の開発	処理能力: 50秒/モジュール	処理能力: 70秒/モジュール	△	・回収ガラス品質改善 ・能力目標の達成
⑤ ガラス再資源化に関する調査	受入条件の明確化	混入NG成分 受入荷姿の把握	△	・残留EVA条件確認
⑥ ガラス破砕機・選別機の開発	処理コスト40円/kg以下	⑤の結果から破砕機・選別機の導入見送り	—	
⑦ 回収金属の売却単価の調査	回収金属の明確化	各処理方法による回収金属評価	△	複数製錬所による評価入手
⑧ EVA/セル層処理装置の開発	処理コスト30円/kg以下	熱分解・油化処理コスト57円/kg以上	△	・回収金属の評価 ・ランニングコスト比較
⑨ 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	半自動化100枚以上処理5円/W以下	100枚以上処理のためのモジュール確保	△	

◆ 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(平成27～28年度)

テーマ名	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(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				
① ガラスの解体技術開発	割れ率50%以下 分解120秒/枚以下	割れ率35.5% 分解400秒/枚	△	・ホットナイフ耐久性 ・処理時間の短縮
② 封止剤EVAの剥離技術開発	EVA剥離方法(薬液、方法)の確立と仕様決定用データ収集	仕様決定のためにトルエンを選定してデータ収集を実施	○	・試作プラント仕様決定 ・トルエン代替液探索
③ 薬液処理技術の検討	薬液処理技術の調査による最善処理選定	廃液処理コストを考慮し、H ₂ O ₂ を検討	○	
④ CIS膜、Mo膜分離技術の開発	薬液の仕様確立、プラント作製用データ収集	薬液検討中	△	・処理時間の短縮 ・廃液処理
⑤ 割れガラスのCIS膜、Mo膜の分離技術開発	割れガラスに対応したプロセスの確立、データ収集	湿式攪拌剥離方式の試作プラントの仕様を検討中	△	・有価物回収法
⑥ 試作プラント構築、実証	開発結果に基づいて試作プラントを構築	試作プラント構築用データを収集	△	実施計画に沿った試作プラントの構築

◎ 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(平成27～28年度)

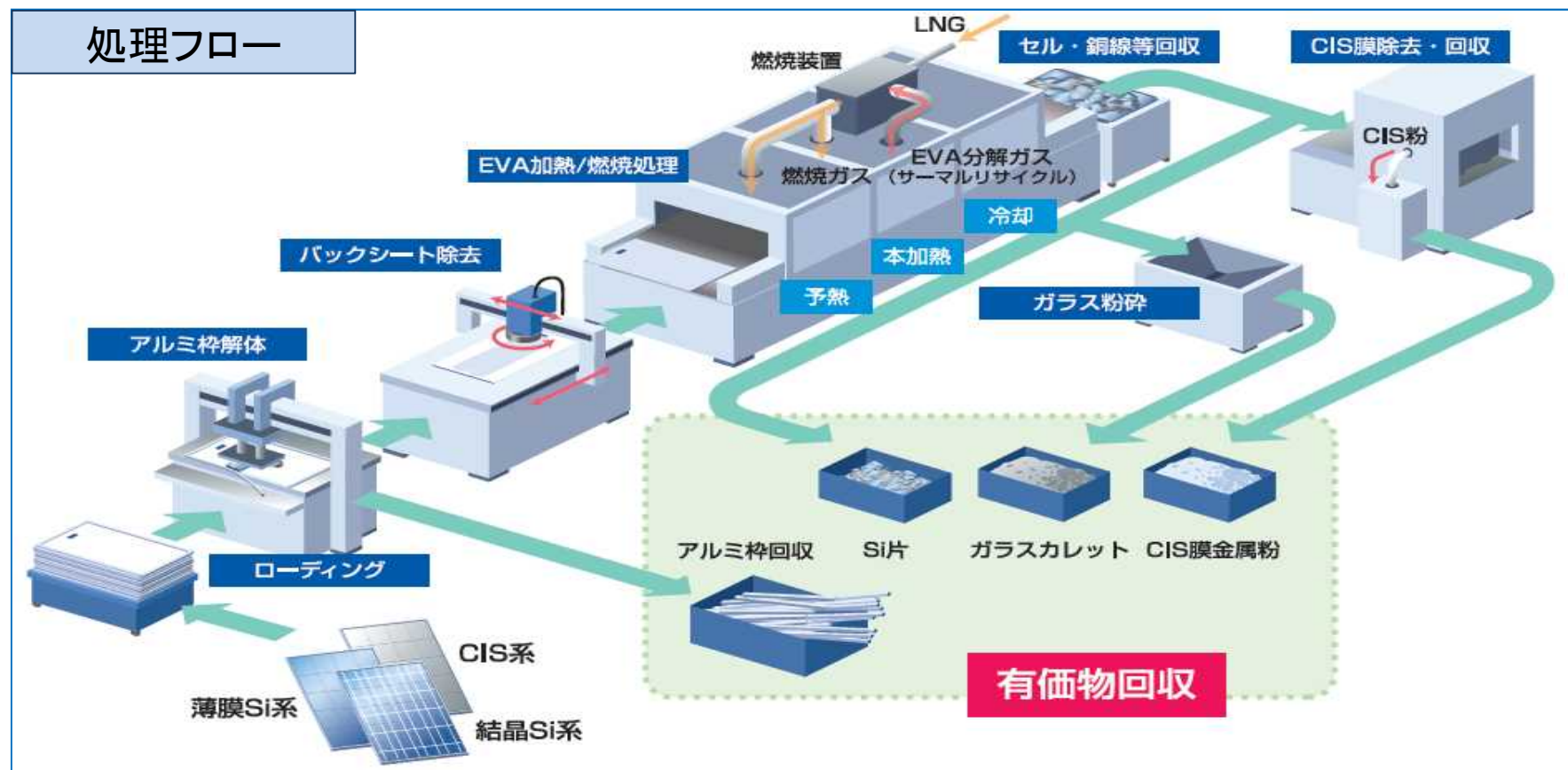
テーマ名	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(5) PVシステム低コスト汎用サイクル処理手法に関する研究開発				
①システム整備と装置立上げ	システムの整備及び立上げ完了	システムの整備及び立上げを完了	○	
②EVA熱処理装置の長期信頼性・安定性・経済性の向上	EVA熱処理装置の改造及び性能評価が完了していること	EVA熱処理装置の改造及び性能評価を完了	○	
③処理システム全体の実用性及び処理コスト評価	<ul style="list-style-type: none"> ・試験用モジュール供給契約の締結 ・有価物の売却契約締結 ・連続処理試験計画の策定完了 	<ul style="list-style-type: none"> ・試験用モジュール供給契約完了 ・アルミ枠、カバーガラス売却先、バックシート処理先との契約完了 ・CIS粉売却先、基板ガラス処理先との契約完了 	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆各個別テーマの成果と意義

低コスト汎用リサイクル処理技術システムの構築

主要プロセス装置である①アルミ枠解体装置、②バックシート切削装置、③EVA加熱・処理装置、④CIS膜除去装置を、システム制御装置によりPVモジュールの移動に同期して作動させる。



◆ 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(平成26～28年度)

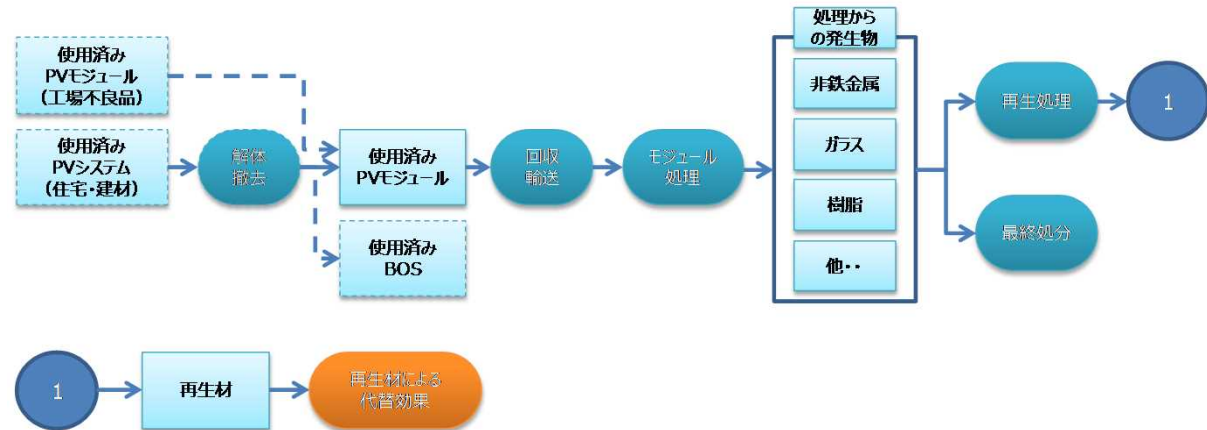
テーマ名	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(1) 太陽光発電リサイクルにおける国内外動向および評価手法に関する調査				
① 海外における使用済み太陽電池モジュールに関する動向調査	太陽光システムの適正処分に関する技術、政策、実施事例などを継続的に把握する	欧州、米国に加え中国や韓国などの動向も把握。リユースに関する調査も実施	○	
② 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討	リサイクル関連技術の横断的評価のための指標を検討し、評価手法を確立する	既存事例を参照のうえ、評価手法を検討し、ガイドラインの構成案を検討	○	
(2) 太陽光発電リサイクルに関する国内動向調査、分布調査及び排出量予測				
① 国内の技術動向、政策動向、実施事例の定点観測	太陽光システムの適正処分に関する技術、政策、実施事例などを継続的に把握する。	国内の技術、政策動向を把握。リユースの実態及び事業化の可能性についても調査	○	
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	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	導入量データを整備し、複数の排出量見込について検討・試算を行った	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

■ 太陽光発電リサイクルに関する評価手法の検討

評価手法・指標の検討／評価ガイドライン作成

<評価範囲の案>



<評価項目の案>

環境性: 地球温暖化への影響、資源枯渇への影響、人間毒性への影響
(土壌汚染、水質汚染)、廃棄物処理量、エネルギー消費量

社会性: 雇用創出効果、地域貢献の効果、技術の波及効果

<評価単位の案>

モジュール出力1kWあたり、およびモジュール重量1tあたり

<評価に用いるデータベース・評価ツールの案>

データベース: IDEA Ver.2 (Inventory Database for Environmental Analysis Ver.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)

(参考) 太陽光発電動向調査例

(1) 太陽光発電システムの都道府県別・モジュール種類別「導入量」の推計

- 住宅用はJPEA出荷統計のモジュール別導入比率により、全国規模でモジュール別導入量を推計。
- 非住宅用は、事例データで都道府県別のモジュール種別がある程度判明するため、都道府県別のモジュール別導入量が推計できた。

モジュール種別導入量推移(全国・住宅)

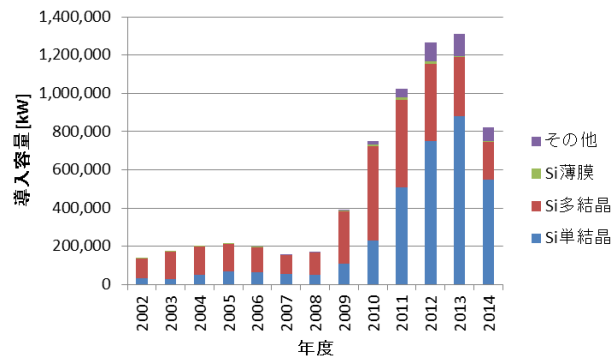


図1 全国モジュール別導入量の推移(住宅用)

モジュール種別導入量(都道府県別・非住宅)

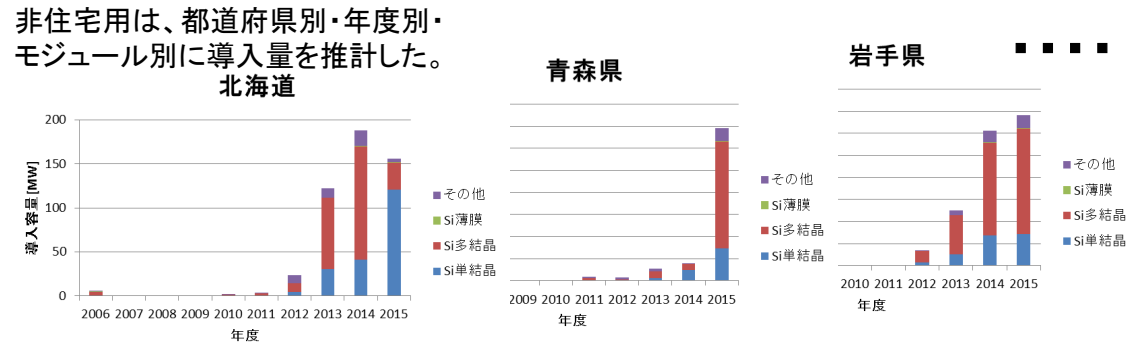


図3 都道府県別 モジュール別導入量の推移(例)

モジュール種別導入量推移(全国・非住宅)

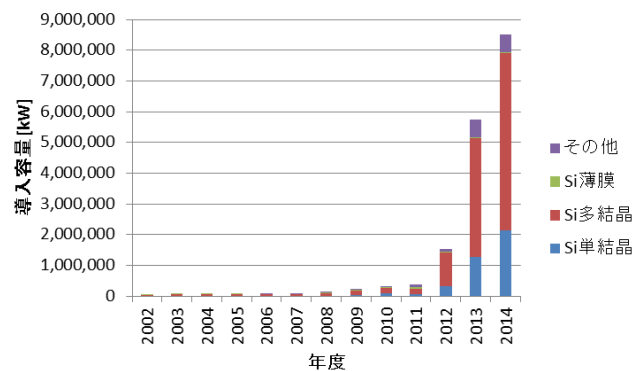


図2 全国モジュール別導入比率の推移(非住宅用)

モジュール種別導入量(地域別・非住宅)

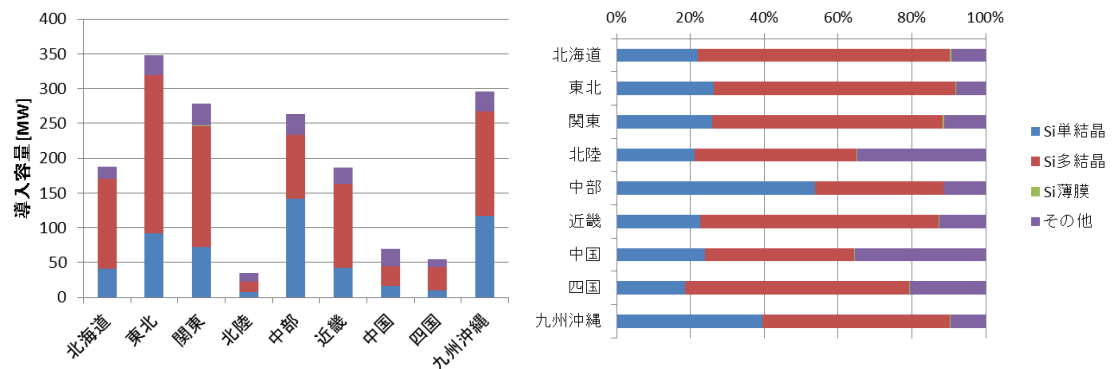


図4 地域別 モジュール別導入量 (2014年度)

図5 地域別 モジュール別導入比率 (2014年度)

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

③ 低コスト分解処理技術実証

テーマ名	現状	最終目標	達成見通し
(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	FSにおいて分解処理コストの試算において2.9円/Wを確認	分解処理コスト: 5円/W以下 (年間200MW処理時)	FSで2.9円/Wの試算結果を得ており、最終目標は達成の見込み
(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	現状分解処理コストは2.35円/W		設備立上後の現状処理コストは2.35円/Wであり、実証により達成の見込み
(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	中間目標についてはすべて達成見込み		現時点での試算では4.88円/Wであり達成見込み。100枚/5日以上の実証試験により確認予定。
(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	最終目標に向けた中間目標についてはすべて達成または達成見込み		最終目標5円/Wに相当する、3600枚/日、40円/kgは達成見込み。
(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	連続運転試験に向けた中間目標はすべて達成見込み		結晶系大型モジュールで3.5円/Wの試算結果を得ており、最終目標は達成見込み。連続処理試験で確認予定。

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆ 成果の普及

研究開発項目	特許出願		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	1	0	0	2	2	0	2
④太陽光発電リサイクル動 向調査	0	0	0	1	0	0	0
合計	4	0	0	8	3	0	2

◆ 知的財産権の確保に向けた取り組み

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。

4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

◆実用化に向けた戦略

- 撤去・回収・分別技術については、調査によりユーザーニーズを明確にしつつ、課題や実現可能性、目標値などを明確にする。
 - 分解処理技術については、FS(開発)ではユーザーニーズであるリサイクルに係る負担の最小化のため、低コスト化を目指した技術開発を行うとともに、その処理コストの明確化を行う。
 - 実証では、目標処理コストの達成目処や、十分なコスト低減効果が見込まれる技術に絞ってコスト低減効果を実証することで、リサイクルに係る負担の最小化を実現し、社会受容性の向上を図る。
 - 実用化・事業化の大きな課題としては、ロジスティックスや法規制など社会システムの構築が挙げられるが、これらについては、「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」などを通して、METIや環境省主導で検討、策定されると想定している。
- そこで、策定される社会システムに関する情報を、プロジェクトマネージャーなどを通じて的確にキャッチアップし、本プロジェクトにフィードバックしていくことで、構築された社会システムに最適な技術の確立を可能とし、早期実用化を実現する。

4. 成果の実用化に向けての取り組み及び見通し (3) 成果の実用化・事業化の見通し

◆波及効果

- 研究開発の成果は、工程内リサイクルにも展開可能であり、太陽電池モジュールの製造コスト低減に寄与できる。
- 関連産業への波及効果として、新たに太陽電池モジュールのガラスが対象となることから、市場規模拡大や、処理量の増加による低コスト化など、ガラスリサイクル事業者に対する経済波及効果が見込まれる。