

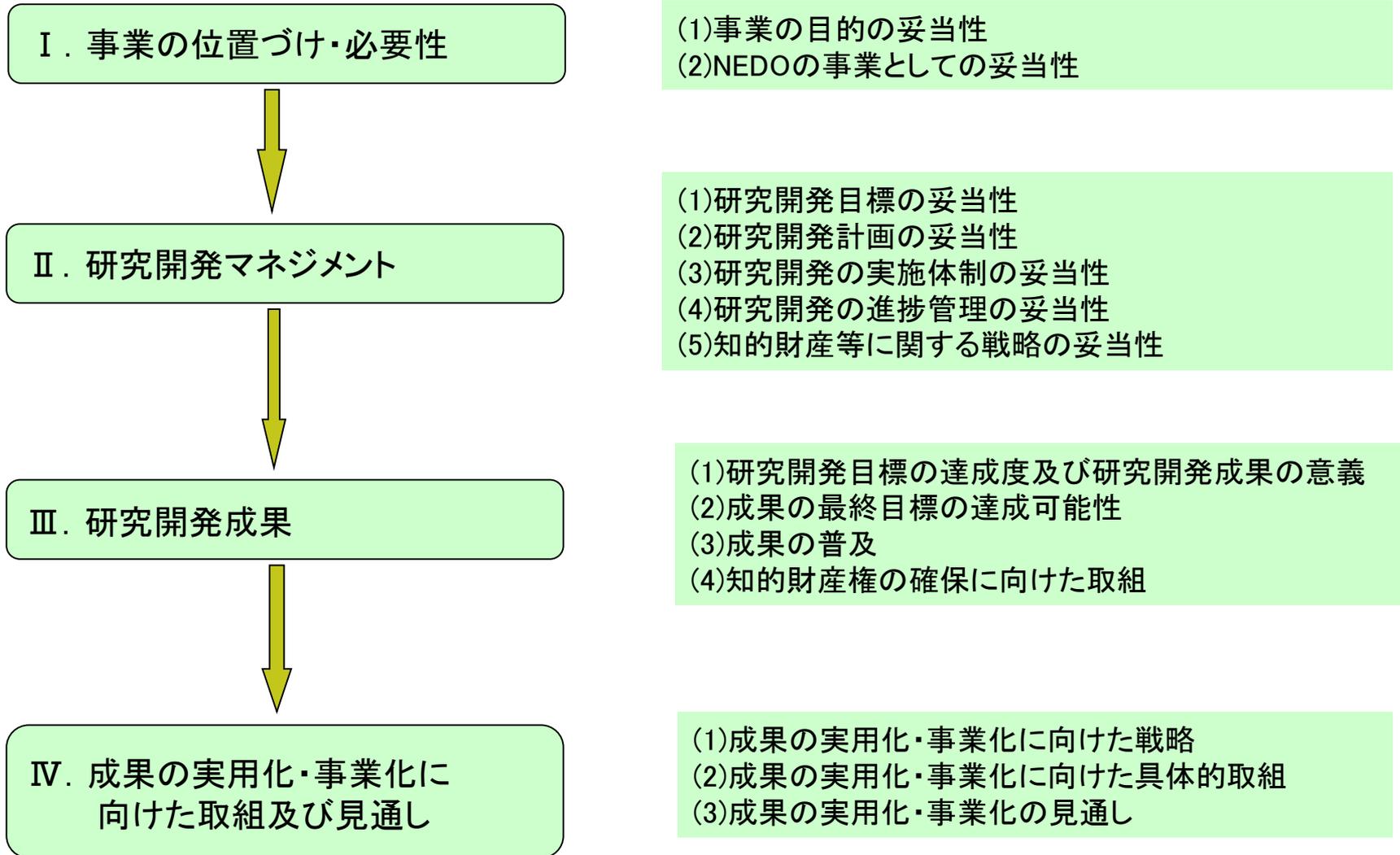
「高性能・高信頼性太陽光発電の
発電コスト低減技術開発」(中間評価)
(平成27年度～平成31年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

新エネルギー部

2017年10月5日～10月6日



◆事業実施の背景と事業の目的

【社会的背景】

- 2009年の太陽光発電ロードマップ(PV2030+)策定から5年が経過。この間、太陽光発電をめぐる環境も大きく変化した。
- 国内においては、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り、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**」の検討が必要となってきた。
- 世界に目を向ければ、「太陽電池」の価格競争は激化し、産業構造も変化しつつあった。



- 太陽光発電の大量導入社会における、1)太陽光発電の安定的拡大、2)産業基盤の強化、3)新たな価値創造の実現の3つの視点から、現状分析、課題抽出を包括的に行い、その課題解決の方策を検討。そこから今後の技術開発の指針を得ることを目的として、「太陽光発電開発戦略」を策定。この開発戦略を実現するための新しいプロジェクトが必要となった。

◆事業実施の背景と事業の目的

【事業の目的】

2030年までに公的支援に頼らず自立して普及する「普通のエネルギー」にするための発電コスト目標を設定。

(1)2020年には、すでに拡大した住宅用、メガソーラーだけでなく、ポテンシャルの大きい業務部門、産業部門で自家消費向けに、系統電力に代わって選択される発電コストを実現し、エネルギー消費を支える。

業務用電力価格並の発電コスト14円/kWh を目指す。(グリッドパリティ)

(2)2030年までには、発電事業あるいは自家発電向け電源として、選択される発電コストを実現し、エネルギー供給を支える。

従来型火力発電並の発電コスト 7円/kWh を目指す。

(ジェネレーションパリティ)

(3)これらを実現する「信頼性」も確保。



目標を達成するため、高性能・高信頼性・低コストをあわせもつ太陽電池及び共通基盤技術を開発

◆政策的位置付け

■エネルギー基本計画(平成26年4月)

再生可能エネルギーを「現時点では、安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源である。」と位置付け、これまでのエネルギー基本計画で示した水準を更に上回る水準の導入を目指すこととしている。

■「平成29年度以降の調達価格等に関する意見(平成28年12月、調達価格等算定委員会)」において、非住宅用太陽光発電の価格目標を(発電コストで)2020年に14円/kWh、2030年に7円/kWhとの方向で設定すべきとされており、また、「科学技術イノベーション総合戦略2016(平成28年5月閣議決定)」においても、2020年までを目途に太陽光発電の発電コスト14円/kWhを達成、2030年に発電コスト7円/kWhを達成、とされている。

◆国内外の研究開発の動向と比較

太陽電池の分野では国内においては1974年のサンシャイン計画開始以降、NEDOが主導して技術開発を推進してきた。日本以外の主要地域における開発状況をみると、現在では世界各国で国を挙げた研究開発が行われている。

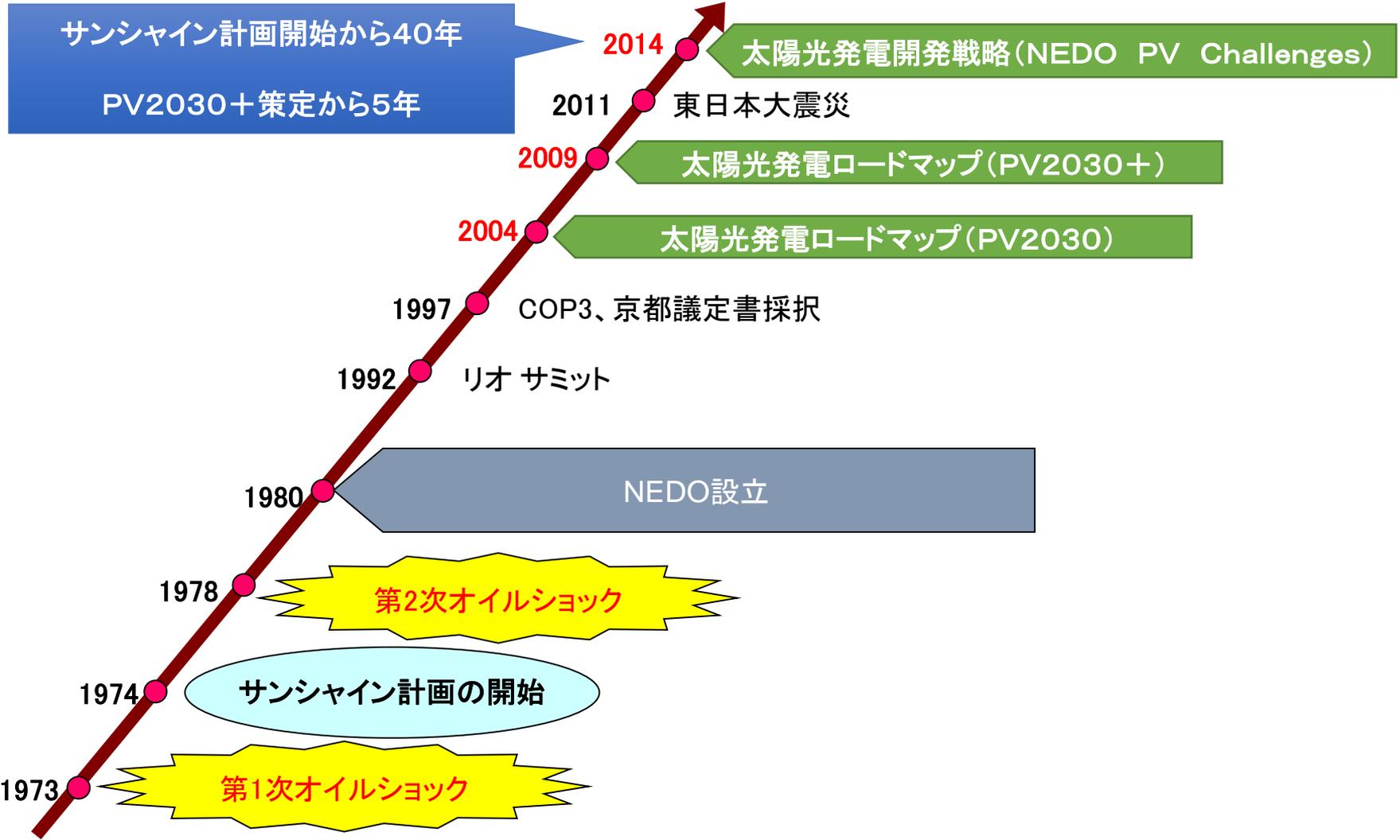
欧州では、戦略的研究計画(Strategic Research Agenda: SRA)を策定し、発電コスト低減に取り組んでいた。欧州フレームワーク計画FP7(2007～2013)では、製造装置プロセス、集光型太陽電池、次世代太陽電池、薄膜系太陽電池、結晶シリコン太陽電池等、国家横断的な技術開発を行っており、その後はFP7の後継プログラムHorizon 2020(2014～2020)を策定し、更なる研究開発に取り組んでいる。

また、米国では、2011年2月に新たな技術開発戦略として「Sunshot イニシアティブ」を策定し、太陽光発電技術に係るコスト削減、太陽光発電の系統連系に係るコスト削減、太陽光発電の設置・運用に係るコスト削減等の開発を行っている。

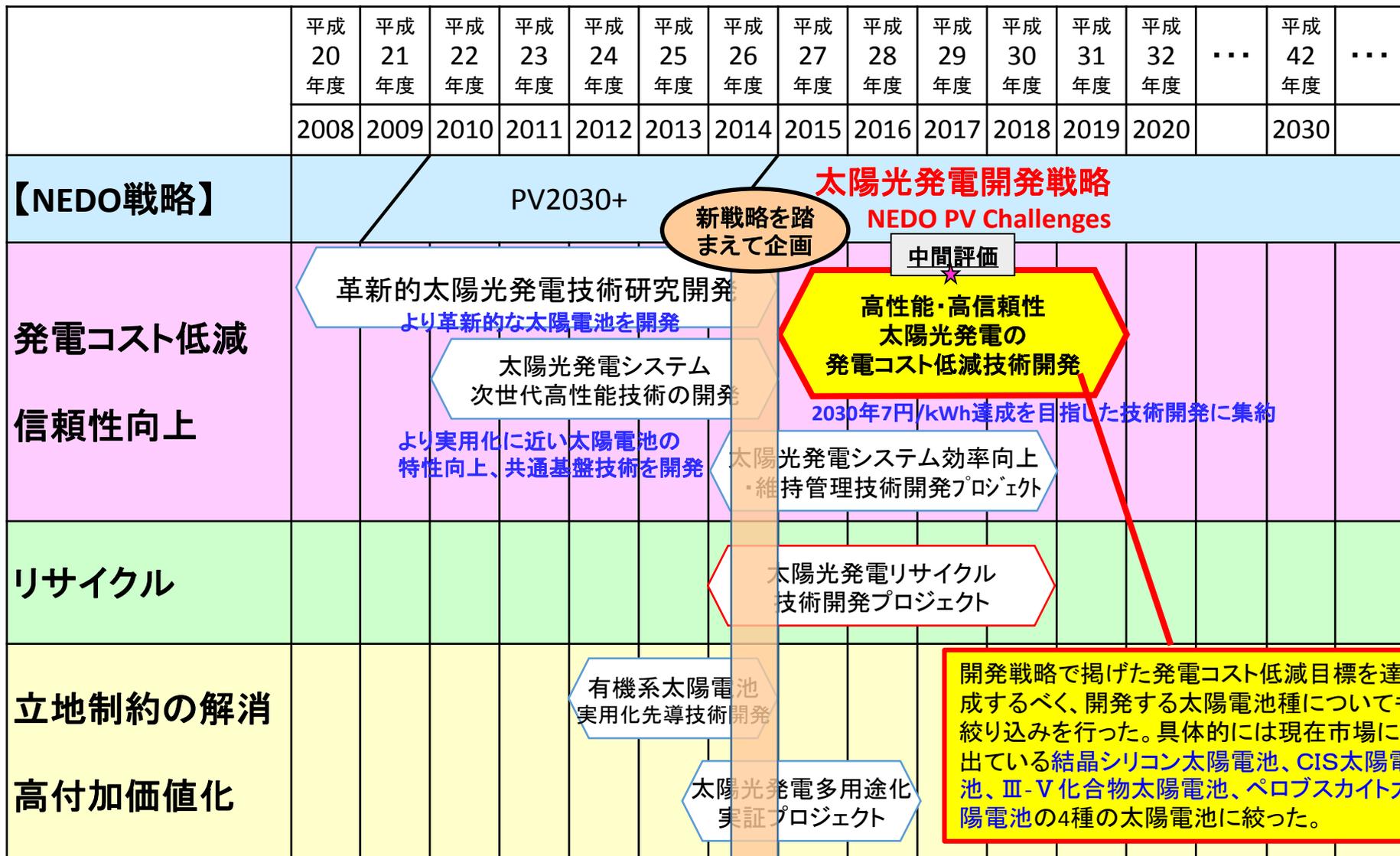
一方、中国では、第12次5カ年計画(2011～2015年)で、変換効率単結晶シリコン太陽電池で21%、多結晶シリコン太陽電池19%、太陽電池のモジュール製造コスト2020年7元/W等の目標を設定し、研究開発を推進していた。

2013年時点で、中国メーカーが太陽電池の販売量として出力ベースで6割のシェアを占めるに至ったが、研究開発推進の結果、中国製モジュールの効率、品質とも大きく改善し、さらなるシェアの拡大を実現している。

◆技術戦略上の位置付け



◆技術戦略上の位置付け



—NEDO関与の意義—

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を策定（事業環境の変化に即して改訂）
- ✓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
- ✓運営費交付金制度を最大限に活かして柔軟に推進

長期間に亘る太陽電池の技術開発を牽引しているNEDOが関与するのが適切

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
- ✓開発戦略を踏まえた目標設定

- ✓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
- ✓企業、大学、公的研究機関でコンソーシアムを形成

- ✓大学及び公的研究機関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

◆実施の効果（費用対効果）

●インプット

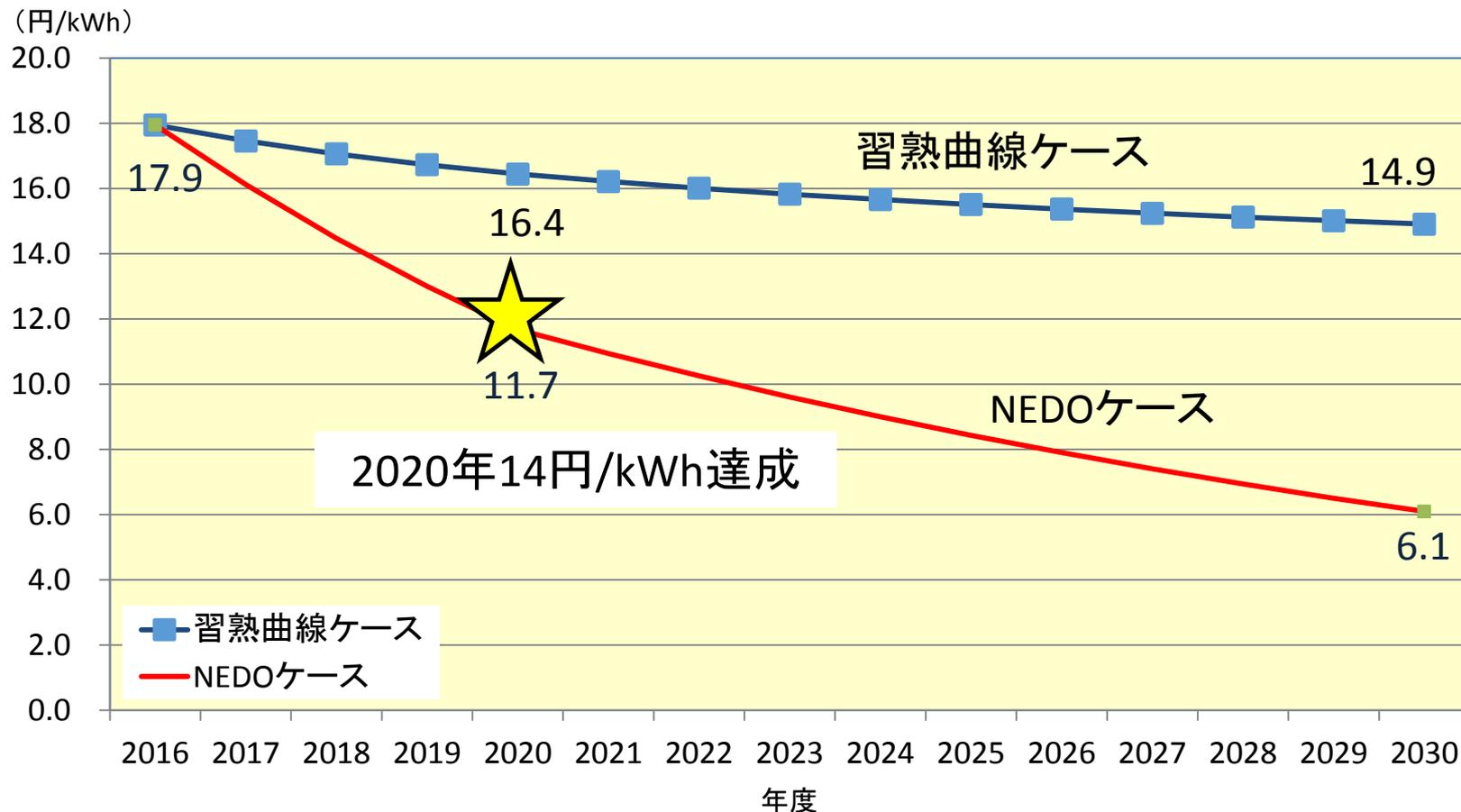
➤プロジェクト費用の総額 133.5億円(2015～2017年)

●効果

本プロジェクトで開発した太陽電池モジュールが実用化、販売され、当該モジュールが採用される2030年には発電コスト7円/kWhを実現する。

また、本研究開発は2020年14円/kWhの達成も目標としているが、仮に本プロジェクトの研究開発成果が2020年の14円/kWhの発電コスト低減に反映されないと仮定すると(次頁参照)、**固定価格買取制度の「卒業」は2030年以降と10年遅れ、その間の賦課金の負担額は毎年2兆円を超える。**

○将来の発電コスト試算



習熟曲線ケース：技術開発の進展がなく、機器類の価格低下は導入量見通しと習熟率（80%）で算出。工事費等は人件費の低下も見込めないことから一定。（所謂BAUケース）

NEDOケース：NEDOの2020年、2030年目標を達成した場合の発電コスト。間は内挿値。

◆事業の目標

- ・本プロジェクトでは、開発戦略で掲げる発電コスト低減目標達成のため、2030年までに7円/kWhの実現に資する高性能と高信頼性を両立した太陽電池の開発を目指す。
- ・具体的には、実用化が進んでいる結晶シリコン太陽電池とCIS太陽電池については、14円/kWhを実現する太陽電池モジュールを2020年までに実用化するとともに、2030年までに7円/kWhを実現する要素技術の確立を目指す。
- ・また、結晶シリコン太陽電池やCIS太陽電池とは異なり、圧倒的な高効率や低コストで発電コスト7円/kWhを目指す革新的太陽電池については、2030年までに7円/kWhを実現する要素技術の確立を目指す。
- ・上記開発と並行して、太陽光発電の信頼性を高め、着実に社会に定着するための評価技術等の共通基盤技術の開発と、国内外の開発動向等を把握するための動向調査を行う。

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

開発項目	ねらい	主な目標									
結晶Si / CIS 太陽電池	<ul style="list-style-type: none"> ・発電コスト低減を着実に実現 ・日本で7円/kWh実現の性能で競争力を確保 ・実用化が進んでいる結晶Si/CIS太陽電池で、高性能化、低コスト化を追求 	2030年7円/kWh 2020年14円/kWh									
高効率太陽電池 低コスト太陽電池	<ul style="list-style-type: none"> ・結晶Si/CISと異なるアプローチで7円/kWh実現 ・圧倒的な特性の違いで差別化 ・特性を生かして新市場を創出 ・30%超 III V 族太陽電池を低コスト化 ・低製造コストのペロブスカイト太陽電池を開発 	2030年7円/kWh 【差別化の指標】 <table border="1" data-bbox="1304 721 1883 1006"> <thead> <tr> <th></th> <th>モジュール効率</th> <th>モジュール製造コスト</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高効率</td> <td>30%</td> <td>システム価格125円/Wを実現するコスト</td> </tr> <tr> <td>低コスト</td> <td>20%</td> <td>15円/W</td> </tr> </tbody> </table>		モジュール効率	モジュール製造コスト	高効率	30%	システム価格125円/Wを実現するコスト	低コスト	20%	15円/W
	モジュール効率	モジュール製造コスト									
高効率	30%	システム価格125円/Wを実現するコスト									
低コスト	20%	15円/W									
高信頼性評価技術等	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電の信頼性を高め、確実に社会定着を実現 ・「長期信頼性」を実現、評価する技術を開発 	劣化機構解明、新たな加速試験方法の開発等									
調査	<ul style="list-style-type: none"> ・情勢変化を把握し、マネジメントに反映 	開発戦略の見直しの要否検討 必要に応じ見直し案作成									

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(最終目標)	根拠
<p>研究開発項目① 「先端複合技術型シリコン太陽電池、高性能CIS太陽電池の技術開発」</p>	<p>(1) 試作モジュールで、発電コスト14円/kWh相当の性能を確認する。 (2) 2030年までに発電コスト7円/kWhを実現するための開発計画を提示する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・発電コスト低減を着実に実現。 ・日本で7円/kWh実現の性能で競争力を確保。 ・実用化が進んでいる結晶Si/CIS太陽電池で、高性能化、低コスト化を追求。
<p>研究開発項目② 「革新的新構造太陽電池の研究開発」</p>	<p>(1) 30%超Ⅲ-V族太陽電池を低コスト化。モジュール変換効率30%以上、且つ、想定する使用環境で、システム価格125円/Wを実現するセルモジュール構造と達成手段を明確化する。 (2) 低製造コストのペロブスカイト太陽電池を開発。量産時にモジュール製造コスト15円/Wを実現しうる、太陽電池モジュール材料・構造・生産プロセスに関する要素技術の開発。実験室レベルの小型太陽電池モジュールでの変換効率20%達成。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・結晶Si/CISと異なるアプローチで7円/kWh実現。 ・圧倒的な特性の違いで差別化。 ・特性を生かして新市場を創出。
<p>研究開発項目③ 「太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発」</p>	<p>a) 先端複合技術型シリコン太陽電池 (1) p型、n型それぞれの基板のキャリアライフタイムを現状の3倍以上にする。 (2)、各要素技術(成膜、電極、パッシベーション等)がセル性能に与える影響を明らかにし、セル、モジュールプロセスにおける技術開発指針を得る。 b) 高性能CIS太陽電池の開発 ① 小面積セル(1cm角程度)で変換効率23%以上。 ② 欠陥密度の低減化技術の開発。 ③ CIS太陽電池の理想的な材料設計技術の提案。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・結晶シリコン太陽電池セルにおけるキャリアライフタイム及び各要素技術、CIS太陽電池におけるセル高効率化のための共通基盤技術を開発することで14円/kWh達成に貢献。 ・研究開発項目①に対し、大学、研究機関において基盤技術を開発(①の2/3NEDO負担に対し負担率100%)。

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(最終目標)	根拠
<p>研究開発項目④ 「共通基盤技術の開発」</p>	<p>a) 出力測定技術の開発 ・新型の太陽電池等については、海外における主要研究機関による測定技術との整合性も考慮しつつ、室内測定においては精度±0.5%(1σ)以内を目指す。 ・薄膜系を含む市販されている太陽電池モジュールの屋外での測定においては精度±1.0%(1σ)以内を目指す。</p> <p>b) 発電量評価技術 ・気候区による気象データやスペクトルデータ等を整理し、ユーザーにとって利便性の高い日射量データベースを構築し、NEDOホームページ等のWebサイトに掲載する。</p> <p>c) 信頼性・寿命評価技術の開発 ・低コストで劣化対策を施した太陽電池モジュールの有効性について実証する。 ・太陽電池モジュールの性能30年を予測できる加速試験方法を開発する。</p>	<p>・太陽電池の高効率化、信頼性向上のためには精度の高い評価方法や、劣化機構等の解明が必要。</p>
<p>研究開発項目⑤ 「動向調査等」</p>	<p>a) 動向調査 ・発電コスト7円/kWh実現に向け、開発戦略の見直しの要否を検討するとともに、必要に応じ、見直し案を作成する。</p> <p>b) IEA国際協力事業 PVPSの動向及び展開を踏まえた、定期的な情報発信を行う。</p>	<p>・情勢変化に対応するためには動向調査が不可欠。</p>

◆ 研究開発のスケジュール

	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
研究開発項目① 「先端複合技術型シリコン太陽電池、高性能CIS太陽電池の技術開発」	結晶シリコン、CISモジュール製造技術		中間評価で開発内容絞り込み	14円、7円/kWh達成技術	7円/kWh 開発計画提示 最終目標
研究開発項目③ 「太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発」	結晶シリコン、CISセル、モジュール高性能化技術		中間目標 ▲	開発継続、高効率低コスト化技術	
	結晶シリコン、CIS基盤技術開発		▲	7円/kWh達成技術 開発継続、高効率低コスト化技術	
研究開発項目② 「革新的新構造太陽電池の研究開発」	Ⅲ-V化合物太陽電池低コスト化技術開発		▲	開発継続、車載への適用検討	
	ペロブスカイト太陽電池基礎技術開発		▲	開発継続、大型モジュール実証	
研究開発項目④ 「共通基盤技術の開発」	評価方法、発電量評価、寿命評価技術開発		▲	開発継続、標準化への展開	
研究開発項目⑤ 「動向調査等」	調査		▲	調査継続	
	プロジェクトの運営、開発戦略等へ反映			次期開発戦略へ反映	

◆プロジェクト費用

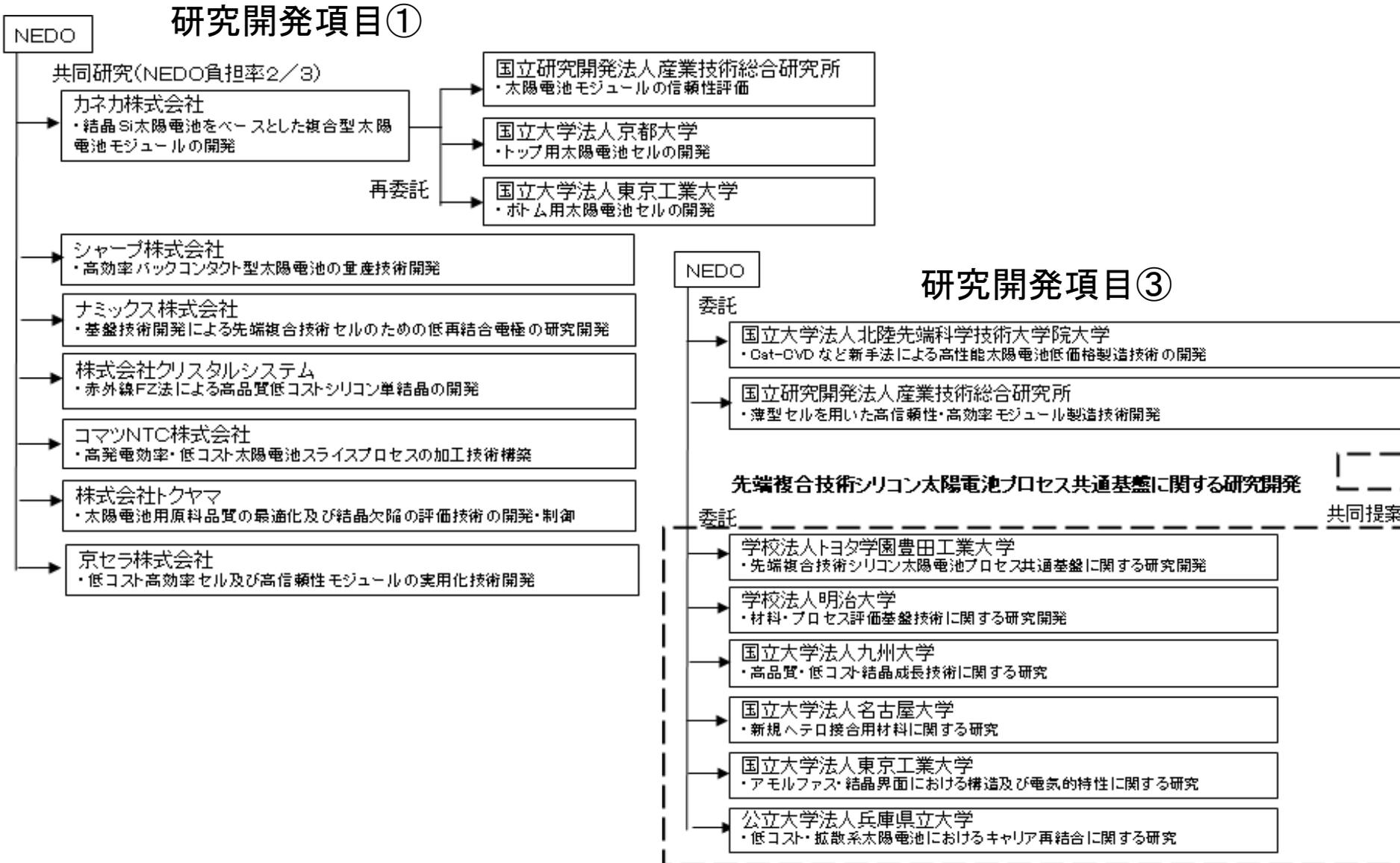
- 当初公募(平成27年度)
 - ✓ 30件の応募に対し、22件のテーマを採択。
- 追加公募(平成27～29年度)
 - ✓ 現在までに追加公募は無し。

—研究開発予算の推移(H27. 28は実績、H29は計画)(単位:億円)—

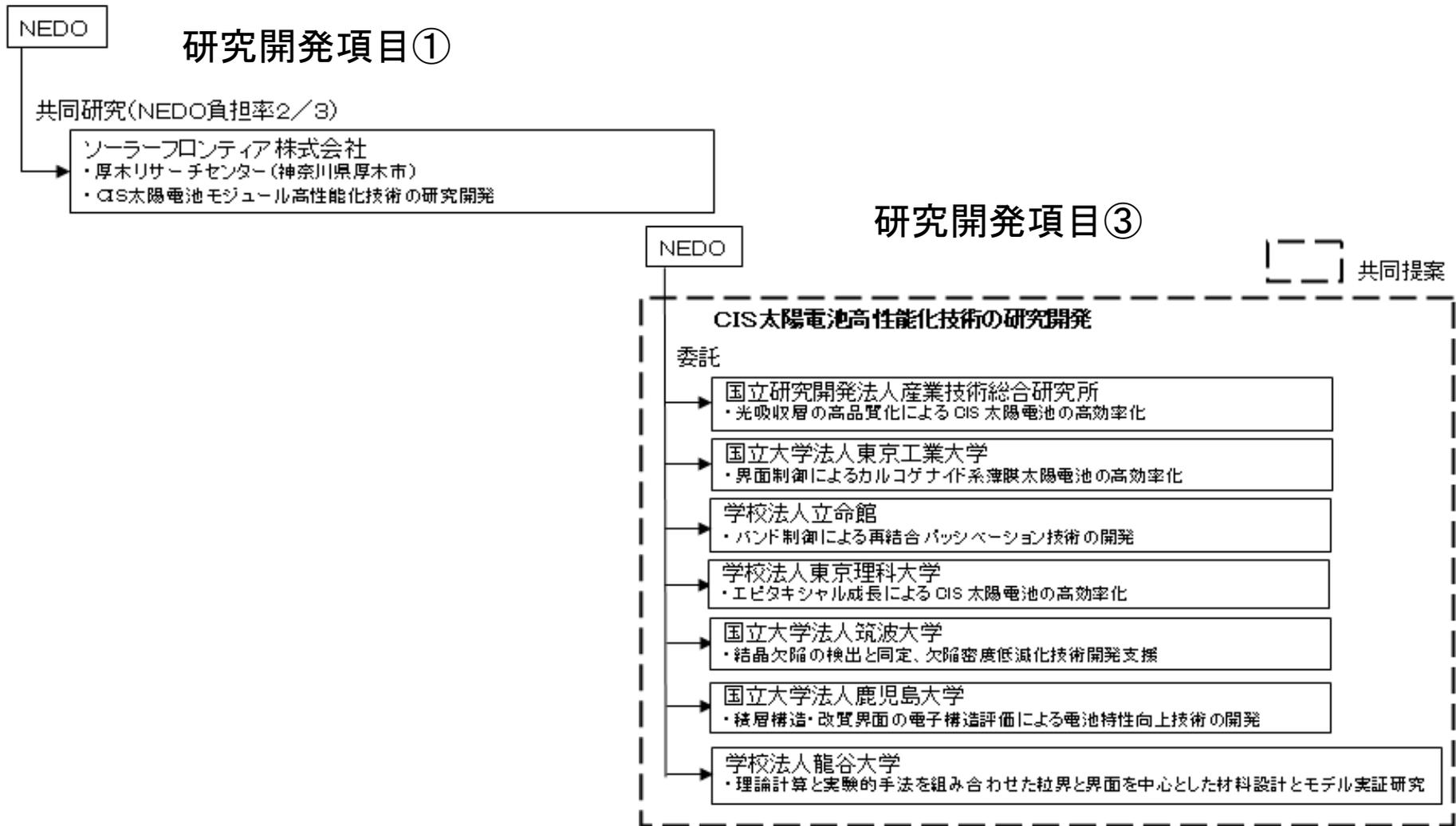
年度	H27	H28	H29	総額
研究開発項目①(結晶Si)	7.5	8.7	5.7	21.8
〃 (CIS)	2.0	2.4	2.7	7.2
研究開発項目②(Ⅲ-V)	9.7	11.4	9.6	30.6
〃 (ペロブスカイト)	9.0	8.4	8.9	26.2
研究開発項目③(結晶Si)	8.9	8.7	5.3	22.9
〃 (CIS)	3.3	2.4	1.8	7.6
研究開発項目④	4.8	6.1	4.8	15.7
研究開発項目⑤	0.4	0.5	0.6	1.5
計 特別会計(需給勘定)	45.7	48.5	39.3	133.5

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

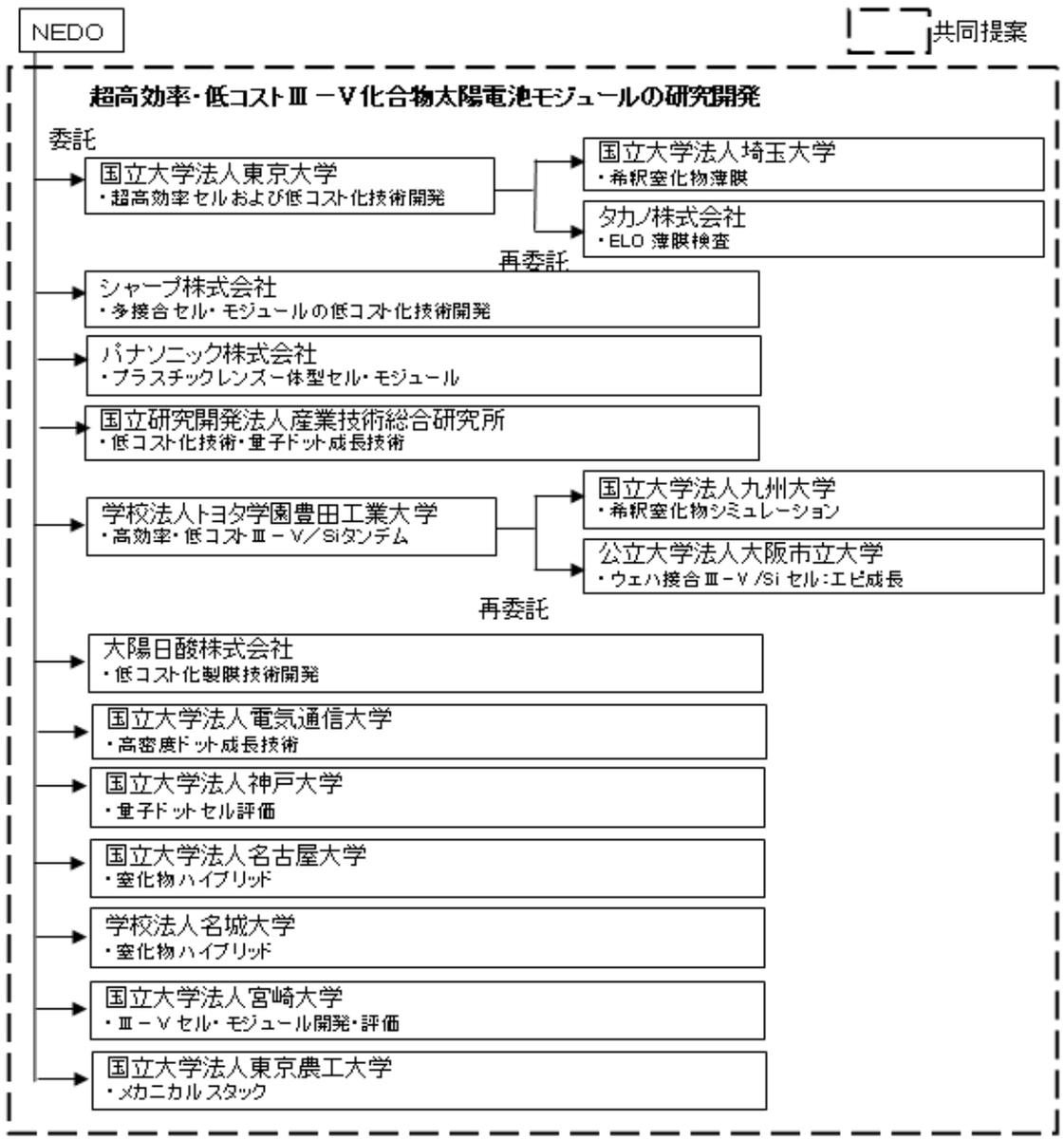
実施体制 先端複合技術型シリコン太陽電池(研究開発項目①、③)



実施体制 高性能CIS太陽電池の技術開発(研究開発項目①、③)

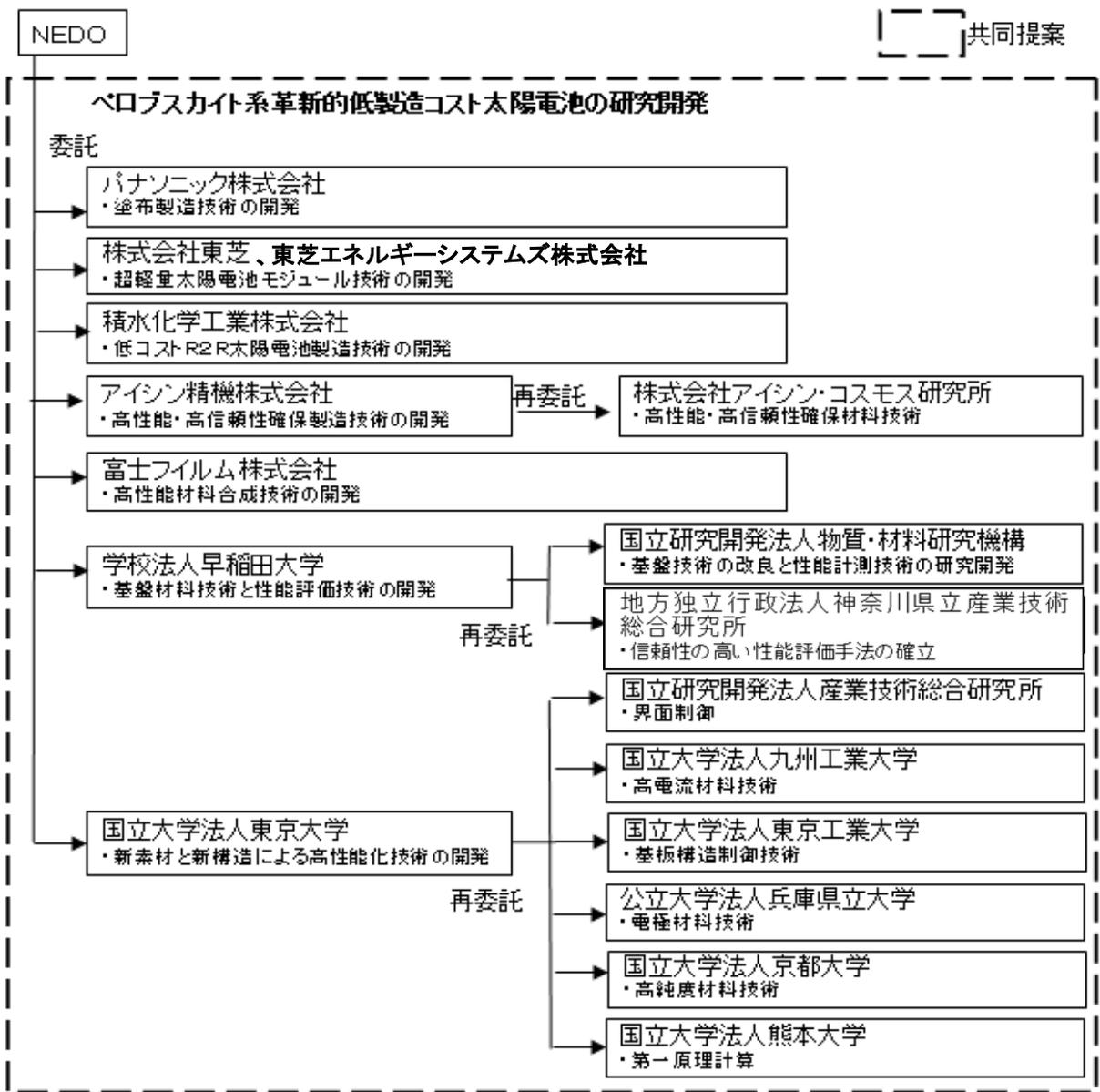


実施体制 Ⅲ－Ⅴ族化合物太陽電池(研究開発項目②:革新的高効率太陽電池)

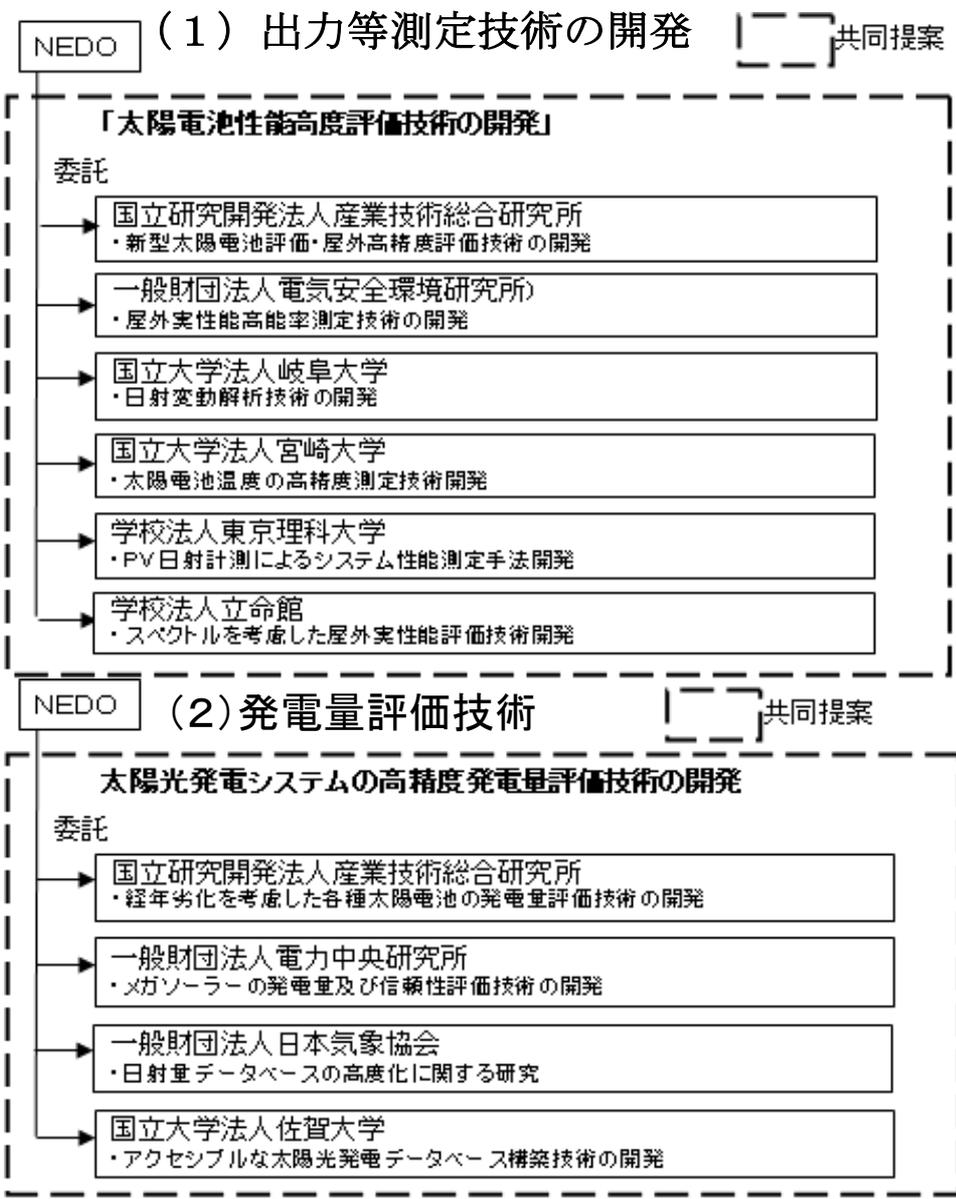


2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

実施体制 ペロブスカイト太陽電池(研究開発項目②:革新的低コスト太陽電池)

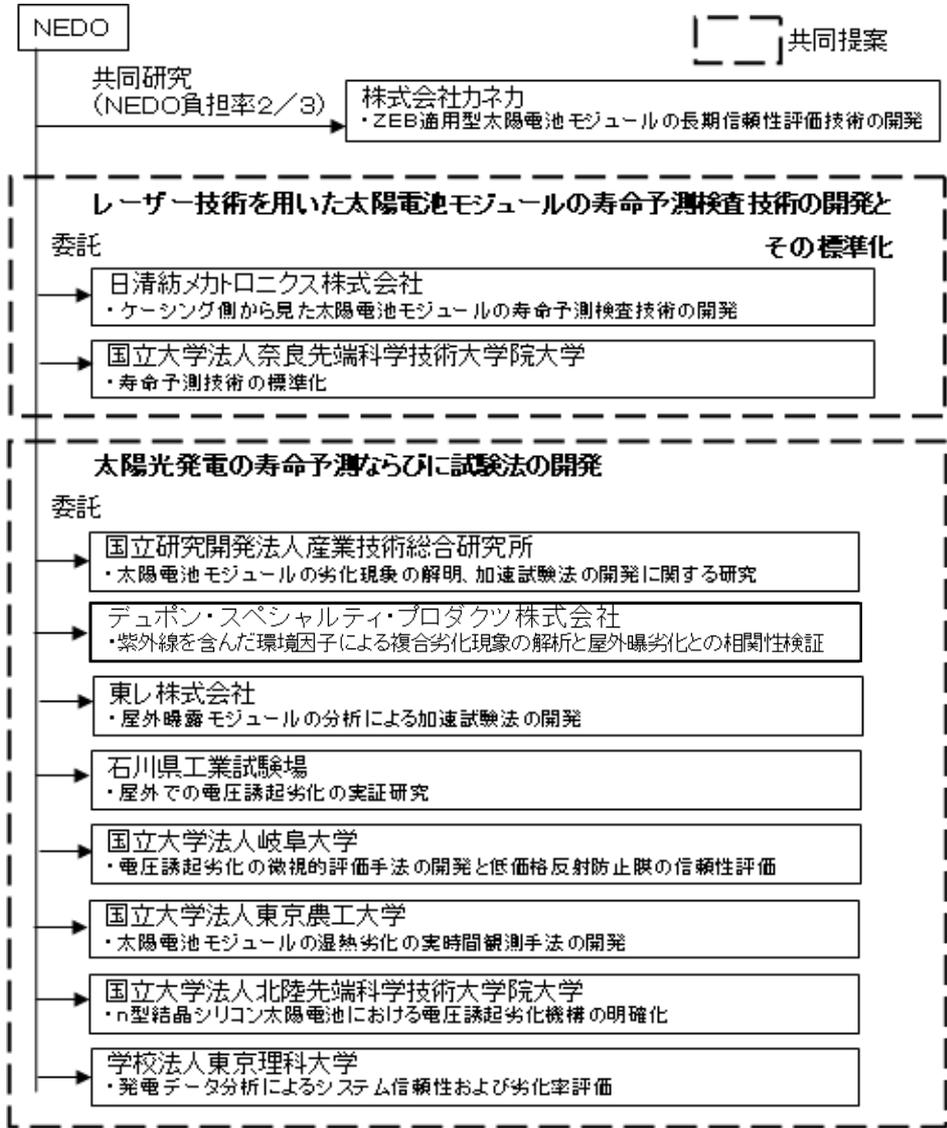


実施体制 共通基盤技術の開発(研究開発項目④)



実施体制 共通基盤技術の開発(研究開発項目④)

(3) 信頼性・寿命評価技術の開発



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

外部有識者で構成する**技術検討委員会**を組織し、知財管理や標準化等の重要事項について検討する他、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努めた。

年度	2015 (H27FY)	2016 (H28FY)	2017 (H29FY)	2018 (H30FY)	2019 (H31FY)
技術検討委員会 (5テーマそれぞれ開催)	0※	2	2 (予定) <small>(中間評価実施年)</small>	3 (予定)	3 (予定)
成果報告会	1	1	1	1 (予定)	1 (予定)

進捗報告会	主な指導内容
結晶シリコン太陽電池 (研究開発項目①、③)	<p>(平成28年 8月) 大学、産総研はオリジナリティーのある研究開発を行うとともに、チーム間の役割分担をクリアにするべき。</p> <p>(平成29年 1月) 研究開発が進んでいる研究テーマと探索段階のテーマとのギャップがある。研究開発が進んでいるテーマはそのまま開発を進めて頂き、探索段階のものは中間評価に向けてテーマを絞るべき。</p> <p>(平成29年 5月) 2020年目標、2030年目標のどちらに対する開発テーマなのか区別して、見極めを急ぐべき。</p>
CIS太陽電池 (研究開発項目①、③)	<p>(平成28年 7月) 評価指標の考え方など基本的な部分については、共通の認識で連携を進めるべき。</p> <p>(平成28年12月) どのような欠陥がバルクライフタイムやFFに影響しているのかを解明し、効率向上につなげるべき。</p> <p>(平成29年 4月) 次の開発テーマとして、ワイドギャップ化に向けた具体的なアプローチを提案するべき。</p>
Ⅲ-V族 (研究開発項目②)	<p>(平成28年 7月) 7 円/kWhの実現に向けてそれぞれの技術開発の効果が見えるよう、全体シナリオを作成するべき。</p> <p>(平成28年12月) トップセルはInGaPに重点化に特化。GaNは見極めが必要。オンシリコンはテーマが多いので集約するべき。</p> <p>(平成29年 5月) 最終目標に向けてリソース集中に取り組むべき。超高効率セルは量産化につなげるという観点で評価するべき。</p>
ペロブスカイト (研究開発項目②)	<p>(平成28年11月) 面積が小さいので1cm²以上のセルで特性が得られるよう検討するべき。コスト試算については各技術がコスト低減にどう貢献するか、最終的なビジョンを描いて進めるべき。</p> <p>(平成29年 1月) デバイス物理の観点から評価、解析を進めるとともに、デバイス化して目標を達成する道筋を立てるべき。</p> <p>(平成29年 5月) 目標達成に向けてどのような貢献ができるか検討の上、絞り込むテーマの選別を進めるべき。</p>
共通基盤 (研究開発項目④)	<p>(平成28年 8月) 産業界のニーズも踏まえて積極的に知財の創出に努めること。出口イメージを持って開発を進めるべき。</p> <p>(平成28年12月) 特許などの知財獲得の取り組みが弱い。各グループとも知財獲得の具体的な戦略を示すべき。</p> <p>(平成29年 5月) 寿命予測、試験法の開発では劣化モードのマッピング図を作り、既解明点、非解明点を明確にするべき。</p>

◆ 動向・情勢の把握と対応

研究開発項目⑤の動向調査を通して研究開発動向、市場動向における情勢変化を把握し、マネージメントに反映させた。

情勢	対応
<p>世界で予想以上に発電コスト低減が実現。</p>	<p>7円/kWhの早期達成のため、高効率セルの小規模設備製造実証など、量産への架け橋となる技術開発を計画。</p>
<p>発電コスト14円/kWh、7円/kWhは調達価格等算定委員会でも価格目標として設定され、太陽光発電の固定価格買取制度からの早期自立が明確に求められるようになった。</p>	
<p>系統接続へのビジネスモデルが成り立たなくなりつつある。</p>	<p>系統接続に頼らないアプリケーションの創出のため、導入ポテンシャルの議論を開始。BIPV(ZEB)や、車載太陽電池などのFSを開始。プロジェクトへの発展を計画。</p>

◆ 開発促進財源投入実績

事業の進捗(計画の具体化に伴う予算精査、開発成果等)に応じて、予算の再配分を実施。そのうち主な拡充は以下の通り。

研究開発項目	年度	金額 (百万円)	目的、内容	効果
研究開発項目① (結晶シリコン)	平成29年	286	パターニング層形成装置等を導入し、低コストパターニングの実用化技術開発を加速。	モジュール変換効率の最終目標値向上、達成の前倒し、運転年数延長が期待できる。
研究開発項目② (超高効率: Ⅲ-V族化合物)	平成29年	36	H-VPE、MOCVD装置の製膜高速化要素技術の設計及び改造。	量産化装置の設計指針を早期に取得することができる。
	平成29年	120	車載用太陽電池の開発及び化合物太陽電池量産化検討。	化合物の低コスト化目標達成に向けた見通しを明確にすることができる。
研究開発項目② (超低コスト: ペロブスカイト)	平成27年	18	ペロブスカイト塗工機へのドライエア発生装置の追加。	ペロブスカイトセルの性能ばらつきを低減でき、小型モジュール装置実現が可能となる。
	平成29年	24	バリア膜、電極膜用スパッタ装置のR2R化。	R2Rプロセス全体の開発を加速できるとともにR2R太陽電池の早期実証が可能となる。
	平成29年	12	被覆性の向上のための塗布液循環機構と塗布液供給制御機構を追加。	最終目標として30cm角サイズのモジュールの大面積での効率20%実証の可能性を期待。
研究開発項目③ (結晶シリコン 共通基盤技術)	平成28年	141	高品位な接合界面の形成を加速するため「クラスター型高性能ヘテロ接合研究開発システム」を導入。	先端複合技術型結晶シリコン太陽電池のセル変換効率の向上が期待できる。
研究開発項目⑤ (調査)	平成27～ 29年度	22	「太陽光発電システム搭載自動車」に関する調査。	「高効率太陽電池」の特長を生かした「面積制約」を受ける環境での活用例に関する情報収集、課題の抽出等を行った。

◆ 知的財産権等に関する戦略

連携体制に基づき、研究開発項目、或いは連携チーム内で知財合意書を締結させ、各々の研究開発に即した知財戦略、及び発明委員会の設置など管理方法について規定した。

◆ 知的財産管理

知財合意書

- ・ 知的財産管理指針の策定
- ・ 特許を受ける権利の帰属
- ・ 大学等と企業の共有特許
- ・ プロジェクト内での実施許諾
- ・ 発明委員会の運用、メンバー

等について規定

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

- ・ 変換効率向上については各太陽電池で世界最高効率を達成するなど、大きな成果をあげた。
- ・ 低コスト化についても、高い変換効率を維持しながらコストを低減させる技術を開発しており、各太陽電池において発電コスト目標を達成できるコスト試算を行いながら低コスト化の基礎技術開発を行っている。
- ・ 耐久性向上については材料、製造プロセスなど太陽電池セル／モジュール開発のアプローチに加え、共通基盤技術として太陽電池特性評価、発電量評価や劣化要因解析、寿命試験方法の開発など、耐久性向上につながる技術を併せた開発を行っており、これらの技術についても大きな進展があった。
- ・ 動向調査としては調達価格等算定委員会の議論から、発電コスト算定方法を最新のものに見直すとともに、最新の発電コストの分析を行った。

※ 各テーマ毎の取り組みは個別テーマの詳細説明および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みにて説明する。

一 研究開発項目①、③複合先端型結晶シリコン、高性能CISの目標と主な達成状況一

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
高効率バックコンタクトヘテロ接合結晶Si太陽電池の開発 (カネカ)	セル変換効率:26% モジュール変換効率: 23% 発電コスト:17円/kWh	・バックコンタクトヘテロ接合結晶Si太陽電池セルにおいて変換効率26.7%を達成。 ・バックコンタクトヘテロ接合結晶Si太陽電池モジュールにおいて変換効率24.4%を達成。 ・発電特性や長期信頼性の検討結果並びに製造コスト試算等を踏まえた試算により発電コスト17円/kWh以下が実現可能であることを確認。	◎	セル、モジュールとも世界最高効率を達成。
高効率バックコンタクト型太陽電池の高効率化技術開発 (シャープ)	フォトリソグラフィ技術を使用しないプロセスで高効率化技術を開発する。 試作モジュールで変換効率21%を確認する。	・フォトリソグラフィ技術を使用しない安価プロセスでセル変換効率24.5%を実証(フルサイズ(156mm角基板))。 ・ミニモジュールを作製し、変換効率23.1%を得た。	◎	安価なプロセスで高効率化技術を構築。
低コスト高効率セル及び高信頼性モジュールの実用化技術開発 (京セラ)	発電コスト17円/kWh以下 (セル効率21%、モジュール効率19%) 市場寿命35年以上を実現するための試験評価技術の確立	・発電コスト14.9円/kWhを実現。セル効率は20.49%であるが、プロセスコスト低減化により発電コスト目標を達成。 ・3劣化モードの劣化メカニズム解析に基づいて寿命予測シミュレーション技術を構築。寿命35年以上を実現するための複合試験条件と製品設計指針の見通しを得た。	○	発電コストを着実に低減。
CIS太陽電池モジュール高性能化技術の研究開発 (ソーラーフロンティア)	30cm角サブモジュール変換効率19%	カドミウムフリー30cm角CISサブモジュールにおいて変換効率19.2%を達成した。 0.5cm ² 小面積セルではカドミウム含有セルで22.3%、カドミウムフリーセルで22.0%、1cm ² 小面積セルではカドミウム含有セルで21.7%を達成した。 (1.0cm ² CIS小面積セルで世界最高効率達成)	◎	薄膜系太陽電池技術全体のサブモジュール、1.0cm ² 小面積セルで世界最高記録を達成。

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

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

— 研究開発項目①、③複合先端型結晶シリコン、高性能CISの目標と主な達成状況 —

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
高発電効率・低コスト太陽電池スライスプロセスの加工技術構築 (コマツNTC)	・厚さ75μmスライス技術構築 ・カーフロス75μmスライス技術構築 スライスコスト19円/枚	・カーフロス75μmの加工技術開発を行い、市場量産と同等以上の生産性を確保する加工技術を構築。シリコン結晶材料費を除いたスライスコスト18.8円/枚を達成した。(自社試算) ・最終目標であるカーフロス60μmの加工を先行評価し、加工可能であることを確認した。	◎	カーフロス60μmは注目すべき成果。
太陽電池用原料品質の最適化及び結晶欠陥の評価技術の開発・制御 (トクヤマ)	不純物および欠陥の影響把握と制御化 ライフタイム目標値は1000μsec	・熱プロセスで成長する酸素析出物の形態と数密度が、ライフタイムに影響を及ぼすことを解明。 ・炭素濃度を低減したポリシリコン原料を使用して得られたインゴットのライフタイムは、全長にわたって2000μsec以上を達成。	○	平成28年度で目標を達成し、事業終了。
先端複合技術シリコン太陽電池プロセス共通基盤に関する研究開発 (豊田工業大学他)	・23%のセル変換効率が見られる試作ラインを構築する。 ・各プロセス技術を23%太陽電池の量産に適用する際の課題を明らかにし、参画企業の開発を支援する。	・極薄p型単結晶PERCセル19.3%、n型単結晶Bifacial PERTセル最高20.8%。 ・株式会社トクヤマと共同でn型Bifacial Cellの試作とライフタイム評価を実施し、シリコン原料に含まれる不純物や結晶成長条件が結晶シリコンの品質に与える影響を検討 ・コマツNTC、ナミックス、および豊田工業大学・明治大学で、極薄・極狭カーフ・スライス・ウエハによるBifacialセル試作評価検討を推進。	△ ○	試作ラインのセル効率は中間目標達成には至っていないが、結晶シリコン開発プラットフォームとして機能しており、研究開発項目①と良好な連携、推進体制を構築。
薄型セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発(産業技術総合研究所)	薄型ウエハの極薄ウエハ(厚み75μm)のセル評価プロセスを確立する。	・薄型ウエハに適合するSHJセルプロセスならびに評価プロセスを開発した。薄型セル(75 μm厚以下)を作製し、参照基板(244μm厚)と遜色ない効率21.0%(da)を確認。75 μm以下の薄型セル評価プロセスを確立した。	○	薄型スライスに対応できるよう、75μm薄型ウエハのセルプロセスを構築。

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

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

一研究開発項目②革新的新構造太陽電池の研究開発（Ⅲ-V族）の目標と主な達成状況一

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
高効率Ⅲ-V 薄膜セル開発 (光閉じ込め) (東京大学 他)	化合物太陽電池層の膜厚を従来 の1/4に低減した構造で、変換 効率30%を達成する。	・ミドルセルーボトムセル間のバッファ層厚さ低減検討を実施。従来の膜厚の1/2までは従来と同等の特性が維持できる構造を得た。 ・裏面反射構造、サブセルベース厚さ短絡電流依存性、バッファ層薄型化を組み合わせ3接合型セルの薄層化検討試作を実施。総厚約50%減で従来と同等の電気特性を得た。	△	膜厚1/4には至っていないが、効率低下のない低膜厚化はコスト低減に大きく寄与する。
低コスト化プロセス技術開発 (産業技術総合研究所他)	・エピ薄膜を再現性よく剥離するためのELOプロセスの最適化を行う。 ・高速製膜MOCVDで単セル効率20%(GaAs 40μm/h)、12%(InGaP 10μm/h)を得る。 ・HVPEで高速成膜技術を開発し、単セル効率15(GaAs 40μm/h)、8%(InGaP 10μm/h)を得る。	・支持材、保護層、選択エッチング層構造、エッチャントの検討を進め、再現性良くELO薄膜層を分離する技術を確認。ELO自動機を用いて剥離時間の短縮に成功(従来条件の1/8)。 ・高速MOCVD装置により、90μm/hの成長速度でGaAs単セル効率25%を達成。 ・H-VPE装置によるGaAs製膜を開始。正常に製膜できることを確認した。GaAs製膜速度約30μm/h、InGaP製膜速度約16μm/hを確認。	◎	低コスト化に大きく貢献する発電層の移載プロセスと、製膜速度向上の技術構築進展。
低コストモジュール開発 (シャープ他)	スペクトルや太陽光入射角度がモジュール出力におよぼす影響を実測・解析する。また、化合物太陽電池セルの試作を実施し、量産性の検証およびコスト低減効果の検討を行う。	・実用セルサイズでの逆積み3接合型モジュール(非集光)の試作を実施し、31.2%の効率を得た。 ・非集光モジュールは、結晶Siモジュールと比較して、定格出力あたりの発電量(Wh/W)で96.1%、モジュール単位面積当たり(枠部を除く)の発電量で、156.2%の結果を得た。	△	非集光モジュールで世界最高効率。収集中の屋外データの解析を本年度に実施、稼働率の算出を行う。
超高効率セル開発 (東京大学 他)	第3セルを想定した単セルにおいて、短絡電流9.5mA/cm ² /sun、開放電圧0.75 V、曲線因子77%	70層の量子井戸により、800 nmのフィルタ下で開放電圧0.77V、短絡電流10 mA/cm ² 、曲線因子0.69を得た(世界初)。	◎	量子ドット構造形成技術についても着実に進展。

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

一 研究開発項目②革新的新構造太陽電池の開発(ペロブスカイト)の目標と主な達成状況一

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
塗布製造技術の開発 (パナソニック)	・0.5 cm ² セルにおいて変換効率20% ・高温高湿試験で効率維持率95%以上 ・集積モジュールセル単位で開放電圧1V)	・Cs置換ペロブスカイト膜を用いてセル変換効率20.0%(面積:0.04cm ²)を達成。 ・劣化要因を解明し、高温曝露試験1000時間で効率維持率100%(変換効率11.0%)を達成。 ・世界最大サイズの20cm角基板に35直列の集積型モジュールを作製し、変換効率12.6%Vを達成。	◎	20cm角35直列モジュールでVoc低下がほとんどなく、自社測定ではあるが効率12.6%達成は実用化に向けて大きく進展。
超軽量太陽電池モジュール技術の開発 (東芝)	5cm角程度の超軽量モジュールの変換効率10%の達成。	・超軽量基板としてPENを用いた8直列の5cm□ミニモジュールで変換効率13.7%を達成。	◎	自社測定ではあるが、フィルム基板モジュールで効率13.7%は世界最高。
低コストR2R太陽電池製造技術の開発(積水化学工業)	・変換効率10%の1cm角程度の超軽量セルの相対低下率10%以下	・1cm角金属箔基板での変換効率12%達成し、JIS規格C8938準拠の耐久性試験5項目達成。	◎	低コスト化が可能な金属箔セルで効率12%達成。ダイレクトバリア膜の耐久性向上効果を実証した。
基盤材料技術と性能評価技術の開発(早稲田大学他)	光照射200時間を目指すデバイス要素技術の開発	・新規な傾斜接合した逆型セル構造を開発し効率18.2%(平成28年当時世界最高)。さらに欠陥を低減した同1cm ² セルで19.2%(AIST認証)を達成。85°C, 500時間の耐熱、1 Sun下1000時間連続照射試験も満足。	◎	1cm ² で世界最高19.7%に次ぐ成果。耐熱性、耐光性も確保。
新素材と新構造による高性能化技術の開発(東京大学他)	ガラス基板小面積セルで変換効率20%を達成する	小面積では新規組成のペロブスカイト(含5%カリウム(K))で、希少金属を用いずにヒステリシスの無い高効率(セル効率20.5%)ペロブスカイト太陽電池を実現。さらに、新規前駆体を用いて21.2%の高効率ペロブスカイト太陽電池を実現。	◎	ヒステリシスの無いセル効率20.5%や21.2%は世界トップレベル。

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

一 研究開発項目④ 共通基盤技術の開発の目標と主な達成状況一

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
太陽電池性能高度評価技術の開発 (産業技術総合研究所他)	・新型太陽電池の性能評価再現性 $\pm 0.5\%$ (1σ) 以内を達成する。 ・結晶Si太陽電池モジュールの屋外測定再現性 $\pm 1.0\%$ (1σ) 以内を実証する。	・ペロブスカイト、新型CIGS時定数、新型結晶Siを含む各種新型太陽電池で高精度性能測定技術の開発・実施・実証。標準化、測定デモ等含めた普及促進。 ・屋外測定再現性 $\pm 1\%$ 以内の目処を得て各種モジュールで連続検証中。istring評価への応用検討開始。	○	ペロブスカイトセルやバックコンタクト型シリコンセルなど新型太陽電池の測定方法を確立しつつある。
太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発(産業技術総合研究所他)	長期屋外曝露されたモジュール内酢酸量と発電量低下の関係を定量的に評価する。	長期屋外曝露モジュールでの酢酸による劣化機構が、加速試験同様、電極腐食にともなう電極直下のギャップ形成と、電極直下に残留した銀ピラーの整流性への特性変化の二段階で進行することを見出した。	○	PIDを含めてモジュールの劣化機構を解明した。
太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発 (産業技術総合研究所他)	結晶シリコン系太陽電池アレイにおいて、劣化特性を考慮した定量的な発電量評価手法を開発し、 $\pm 5\%$ の精度で発電量を推定する技術を開発する。	結晶シリコン太陽電池の経年劣化を、屋外データと室内データを用いて検証した。劣化の主要因は、ヘテロ接合系では開放電圧の減少、バックコンタクト系では高電位のモジュールにおける電圧誘起劣化であることを見出した。	○	屋外データと屋内データを併せて劣化要因を特定した。
ZEB適用型太陽電池モジュールの長期信頼性評価技術の開発(カネカ)	設置形態における環境負荷を考慮した長期信頼性試験を開発する。	新規に開発した温度サイクルに関する加速負荷試験(ATC試験)によって半田接続部の剥がれやタブ配線断線といった長期信頼性上リスクのある劣化モードも加速され、試験時間として8分の1以下に短縮可能である事を見出した。	○	長寿命化に対応し、短時間化が可能な長期信頼性試験方法を開発した。

一研究開発項目⑤動向調査等の開発の目標と主な達成状況一

テーマ	中間目標	達成状況	達成度	備考
<p>太陽光発電開発戦略に関する動向調査 (みずほ情報総研)</p>	<p>・「太陽光発電開発戦略」の推進に係る各種情報収集・分析 ・太陽光発電産業、市場動向等に関するシナリオ分析 ・「太陽光発電システム搭載自動車」に関する情報収集、課題の抽出</p>	<p>・市場動向や発電コストに関連する各種情報を収集し、最新の発電コストの分析を行った。 ・現状の発電コストを把握するため、太陽光発電システム設置価格とその内訳について調査・分析を行った。 ・制度動向、技術動向、経済性評価(グリッドパリティ等)の情報を調査するとともにシナリオ分析の実施方法を検討し、太陽光発電の将来導入量に関する定量的な分析を行った。 ・太陽光発電システム搭載自動車の付加価値を定量的に分析し、今後の課題を検討した。</p>	<p>○</p>	<p>・経済産業省の太陽光発電競争力強化研究会に情報を提供。 ・太陽光発電の車載技術に関して新たな国際協力事業を提案。</p>
<p>発電コスト低減に向けた太陽電池技術開発に関する動向調査 (資源総合システム)</p>	<p>・太陽電池モジュール性能と発電コストの関係分析、長期信頼性に関する動向調査 ・太陽電池研究開発動向について、国家間の開発方針や各技術分野への取り組みの状況などについて比較・分析を行う</p>	<p>・太陽光発電システム設置価格とその内訳について調査・分析を行うとともに、世界における太陽電池モジュール技術および産業の現状を調査し、代表的な太陽電池製造企業の事業内容の整理および比較を行った。 ・海外主要国における太陽電池の研究開発動向を調査し、各国の太陽電池技術開発戦略を体系的かつ明確に比較・分析できるよう、その枠組み、予算配分、目標等の比較を行った。</p>	<p>○</p>	<p>・経済産業省の太陽光発電競争力強化研究会に情報を提供。</p>
<p>IEA PVPS国際協力事業 (資源総合システム)</p>	<p>IEA PVPSタスク1の国際協力活動に日本の代表として参加し、国際協力に貢献すると共に情報交換を実施する。</p>	<p>各種ワークショップにおいて日本の動向について講演を行い、加盟国間の情報交換に貢献した。また、日本のタスク1に関わる調査を実施し、報告書をIEA PVPSに提出するとともに、IEA PVPS Trends Report及び主要国の国内調査報告書等の日本語版を作製した。</p>	<p>○</p>	

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成31年度末)	達成見通し
研究開発項目① 先端複合技術型シリコン太陽電池の開発	変換効率向上については結晶シリコン太陽電池セルとして世界最高のセル変換効率26.33%を実用サイズ(セル面積180cm ²)で達成。また、モジュールにおいても、結晶シリコン太陽電池モジュールで世界最高の変換効率24.37%を達成など、大きな成果をあげた。	試作モジュールで、発電コスト14円/kWh相当の性能を確認する。 2030年までに発電コスト7円/kWhを実現するための開発計画を提示する	達成見込み
研究開発項目③ 先端複合技術型シリコン太陽電池の開発	低コスト化についても、高い変換効率を維持しながらコストを低減させる技術を開発しており、各太陽電池において発電コスト目標を達成できるコスト試算を行いながら低コスト化の基礎技術開発を行っている。	①結晶成長、ウエハスライス技術に関してp型、n型各基板のキャリアライフタイムを現状の3倍以上にする。また、材料品質、スライスプロセスがセル性能に与える影響を明らかにし、技術開発指針を得る。 ②先端複合技術型シリコン太陽電池において、成膜、電極、パッシベーション等がセル性能に与える影響を明らかにし、プロセス開発指針を得る。	達成見込み
研究開発項目①、③ 高性能CIS太陽電池の開発	1cm ² でセル変換効率22.3%を達成した。また、薄膜系太陽電池の30cm角サブモジュールでは世界最高となる変換効率19.2%を達成した。 光吸収層表面および光吸収層・バッファ層界面のパッシベーションとバッファ層最適化による再結合抑制技術の開発を行い効率向上指針を検討中。	①小面積セル(1cm角程度)で変換効率23%以上 ②欠陥密度低減化の技術開発指針の構築 ③CIS太陽電池の理想的な材料設計技術の提案	達成見込み

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成31年度末)	達成見通し
研究開発項目② 超高効率： III-V族化合物	<p> 実用セルサイズでフレキシブル基板への逆積み3接合型モジュール(非集光、31cm角)の試作を実施し、31.2%の効率を得た。低コスト化のため、発電層の低膜厚化や、高価なGaAs系基板の使いまわしのための薄膜セルの基板からの剥離プロセス、安価な基板或いは安価な太陽電池との接合技術、及びタンデム化、光発電層の高速成膜化などにより低コスト化を検討中。併せて量子ドットセルなど、更なる高効率化を目指す技術開発も行っている。 </p>	<p> モジュール変換効率30%以上、且つ、想定する使用環境で、システム価格125円/Wを実現する要素技術を確立する。 </p>	達成見込み
研究開発項目② 超低コスト： ペロブスカイト	<p> 30cm角ガラス基板上35直列の集積型モジュールで変換効率12.6%、樹脂基板(PEN)を用いた8直列の5cm角モジュールで変換効率13.7%、ダイレクトバリアによる高耐久化を検討し、1cm角金属箔基板で変換効率12%を達成するとともにJIS規格C8938準拠の耐久性試験5項目を達成した。さらに高効率化、高耐久化を目指すとともに、低コスト化を実現するために低コストのキャリア輸送材料や、スプレー工法による低コストプロセスの検討を行っている。 </p>	<p> 量産時にモジュール製造コスト15円/Wを実現しうる、太陽電池モジュール材料・構造・生産プロセスに関する要素技術の開発。実験室レベルの小型太陽電池モジュールでの変換効率20%の達成。 </p>	達成見込み

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発 項目	現状	最終目標 (平成31年度末)	達成 見通し
研究開発項目④ 「共通基盤技術 の開発 (1) 出力測定技 術の開発	新型結晶Siを含む各種新型太陽電池で高精度性能測定技術の開発・実施・実証を行った。また、屋外測定再現性±1%以内の目処を得た。	<ul style="list-style-type: none"> ・新型の太陽電池等については、海外における主要研究機関による測定技術との整合性も考慮しつつ、室内測定においては精度±0.5%(1σ)以内を目指す。 ・薄膜系を含む市販されている太陽電池モジュールの屋外での測定においては精度±1.0%(1σ)以内を目指す。 	達成 見込み
研究開発項目④ (2) 信頼性・寿命 評価技術の開発	長期屋外曝露モジュールでの酢酸による劣化機構が、加速試験同様、電極腐食にともなう電極直下のギャップ形成と、電極直下に残留した銀ピラーの整流性への特性変化の二段階で進行することを見出した。	<ul style="list-style-type: none"> ① 低コストで劣化対策を施した太陽電池モジュールの有効性について実証する。 ② 太陽電池モジュールの性能30年を予測できる加速試験方法(劣化率の予測精度±5%、加速係数100倍以上等)を開発する。 	達成 見込み
研究開発項目④ (3) 発電量評価 技術	結晶シリコン太陽電池の経年劣化を、屋外データと室内データを用いて検証した。劣化の主要因は、ヘテロ接合系では開放電圧の減少、バックコンタクト系では高電位のモジュールにおける電圧誘起劣化であることを見出した。	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘテロ接合系等の新型結晶シリコン系太陽電池アレイならびに薄膜系太陽電池アレイにおいて、劣化特性を考慮した定量的な発電量評価手法を開発し、±5%の精度で発電量を推定する技術を開発する。 ・気候区による気象データやスペクトルデータ等を整理し、ユーザーにとって利便性の高い日射量データベースを構築する。 	達成 見込み

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (平成31年度末)	達成見通し
研究開発項目⑤ (1) 太陽光発電開発戦略に関する動向調査	<ul style="list-style-type: none"> ・市場動向や発電コストに関連する各種情報を収集し、最新の発電コストの分析を行った。 ・制度動向、技術動向、経済性評価(グリッドパリティ等)の情報を調査するとともにシナリオ分析の実施方法を検討し、太陽光発電の将来導入量に関する定量的な分析を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電コスト7円/kWh実現に向け、開発戦略の見直しの可否を検討するとともに、必要に応じ、見直し案を作成する。 	達成見込み
研究開発項目⑤ (2) 発電コスト低減に向けた太陽電池技術開発に関する動向調査	<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電システム設置価格とその内訳について調査・分析を行うとともに、世界における太陽電池モジュール技術および産業の現状を調査し、代表的な太陽電池製造企業の事業内容の整理および比較を行った。 ・海外主要国における太陽電池の研究開発動向を調査し、各国の太陽電池技術開発戦略を体系的かつ明確に比較・分析できるよう、その枠組み、予算配分、目標等の比較を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電コスト7円/kWhの達成後の産業・市場の動向について、太陽電池モジュールの新たな利用方法の想定や、産業競争力向上による国内産業発展のためのシナリオ検討。 	達成見込み
研究開発項目⑤ (3) IEA PVPS国際協力事業	<ul style="list-style-type: none"> 各種ワークショップにおいて日本の動向について講演を行い、加盟国間の情報交換に貢献した。また、日本のタスク1に関わる調査を実施し、報告書をIEA PVPSに提出するとともに、IEA PVPS Trends Report及び主要国の国内調査報告書等の日本語版を作製した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PVPSの動向及び展開を踏まえた、定期的な情報発信を行う。 	達成見込み

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

ー本プロジェクトにおける主な成果ー

種別	委託者	成果
ヘテロ接合 バックコンタクト 太陽電池	カネカ	<ul style="list-style-type: none"> ・実用面積セル(180cm²) で変換効率26.6% 結晶シリコン太陽電池で世界最高(2017年2月) (面積79.0cm²では変換効率26.7%も実証) ・実用面積モジュール(1.3m²)で変換効率24.4% 結晶シリコン太陽電池で世界最高(2016年10月)
CIS系薄膜 太陽電池	ソーラー フロンティア	<ul style="list-style-type: none"> ・小面積セル(約0.7cm角)で変換効率22.3% 薄膜系太陽電池では世界最高(2015年12月当時) ・30cm角サブモジュールで変換効率19.2% 薄膜系太陽電池では世界最高(2017年2月)
Ⅲ-V化合物 太陽電池	シャープ	<ul style="list-style-type: none"> ・31cm角モジュールで変換効率31.17% 太陽電池モジュールの中で世界最高(2016年5月)
ペロブスカイト 太陽電池	物質・材料研 究機構	<ul style="list-style-type: none"> ・ペロブスカイト太陽電池評価の標準サイズ(1cm角) で変換効率18.2%(2016年3月当時世界最高。 現在は19.2%に更新)。

Top 10 Innovations



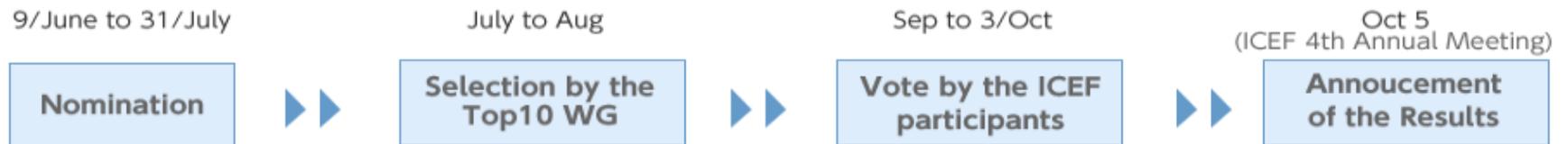
Selection

All completed nominations will be reviewed by the members of the Top10 Working Group (WG) consisting of international professionals in ICEF Steering Committee. The selection criteria are:

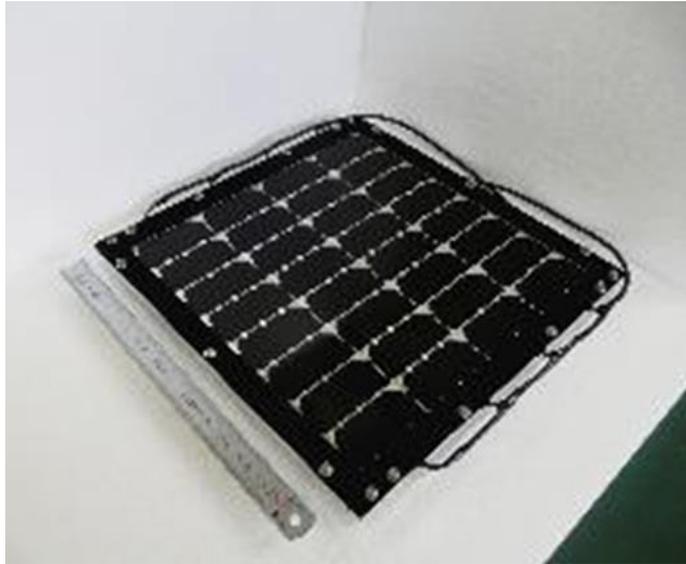
GHG emissions reduction potential	<ul style="list-style-type: none">• Expected contribution to realize “the global Net Zero Anthropogenic Emission of CO₂” in the long term
Innovativeness	<ul style="list-style-type: none">• In case of technology, the innovativeness of the technology or business model• In case of policy, the innovativeness of technologies or businesses that are developed as a result of policy implementation
Feasibility	<ul style="list-style-type: none">• The feasibility of realizing GHG reduction potential resulting from the dissemination of developed technologies and successful commercialization

The Top10 WG selects around **25 candidates**, which then will be posted on the ICEF website for voting by ICEF participants. The votes will be tabulated by the Secretariat to select the **Top 10 Innovations**.

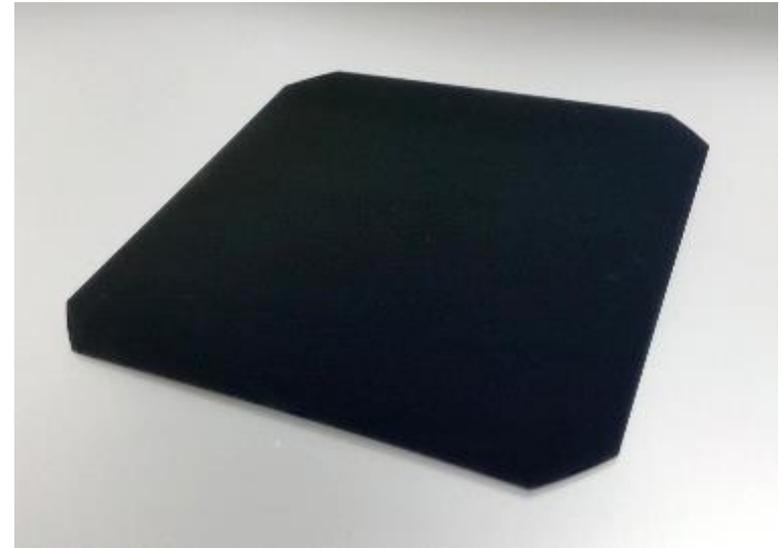
Timeline



Top 10 Innovations



【1】 3接合型化合物太陽電池モジュールで変換効率31.17%を達成
(シャープ株式会社)



【2】 結晶シリコン太陽電池で世界最高の変換効率26.33%を達成
(株式会社カネカ)

先端複合技術型シリコン太陽電池(研究開発項目①、③)

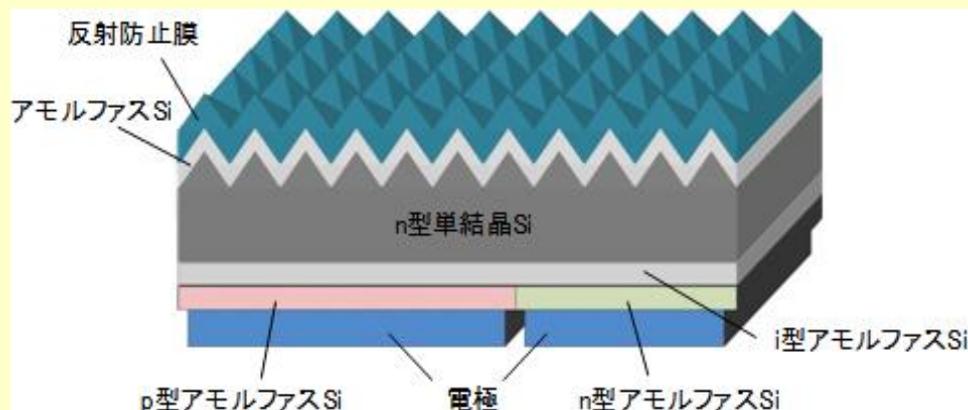
2019年度最終目標

(1) 試作モジュールで、発電コスト14円/kWh相当の性能を確認する。

14円/kWhの目安(モジュール変換効率22%、モジュール出力劣化25年で20%相当)

(2) 2030年までに発電コスト7円/KWhを実現するための開発計画を提示する。

結晶シリコン太陽電池の原料メーカー、装置メーカー、セル・モジュールメーカーが大学等と連携し、ヘテロ接合バックコンタクト等、先端技術を複合した、高効率かつ高信頼性を両立したシリコン太陽電池とその低コスト製造技術を開発する。



開発するヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池の一例

- ① 太陽電池用ポリシリコンおよび単結晶の開発
トクヤマ NEDO負担2/3
- ② 高品質低コストシリコン単結晶の開発
クリスタルシステム
- ③ 薄型ウエハ用低ダメージスライス技術開発
コマツNTC
- ④ 結晶Si太陽電池用新規電極の開発
ナミックス
- ⑤ 高効率長寿命結晶Si太陽電池セル・モジュール開発
シャープ、京セラ、カネカ(産総研、京大、東工大)

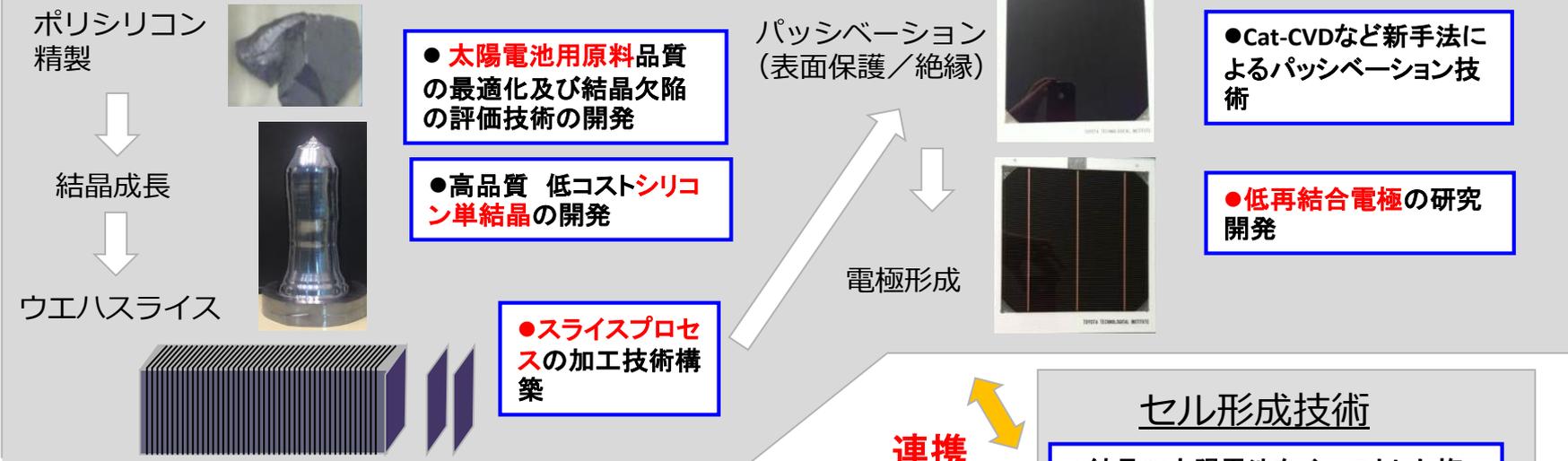


- ① 低ダメージ成膜技術開発
北陸先端科学技術大学院大学
- ② 薄型セルおよび高効率・高信頼性モジュール開発
産業技術総合研究所
- ③ 先端複合技術型シリコン太陽電池の共通基盤技術開発
豊田工業大学、明治大学、九州大学、名古屋大学
東京工業大学、兵庫県立大学

開発内容 先端複合技術型シリコン太陽電池(研究開発項目①、③)

バックコンタクトヘテロ構造や積層型太陽電池など、新型の結晶シリコン太陽電池について、原料、ウエハ、パッシベーション、電極までのセル形成プロセスを産学連携のもとで総合的に開発。

シリコンプロセス技術



セル形成共通基盤技術

- 薄型セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発 (Development of module manufacturing technology using thin cells for high reliability and high efficiency)
- 先端複合技術シリコン太陽電池プロセス共通基盤に関する研究開発 (Research and development related to common base for advanced composite technology silicon solar cell processes)

セル形成技術

- 結晶Si太陽電池をベースとした複合型太陽電池モジュールの開発 (Development of composite solar cell modules based on crystalline Si solar cells)
- 高効率バックコンタクト型太陽電池の量産技術開発 (Development of mass production technology for high efficiency back contact type solar cells)
- 低コスト高効率セル及び高信頼性モジュールの実用化技術開発 (Development of practical application technology for low cost high efficiency cells and high reliability modules)

連携 (Cooperation)

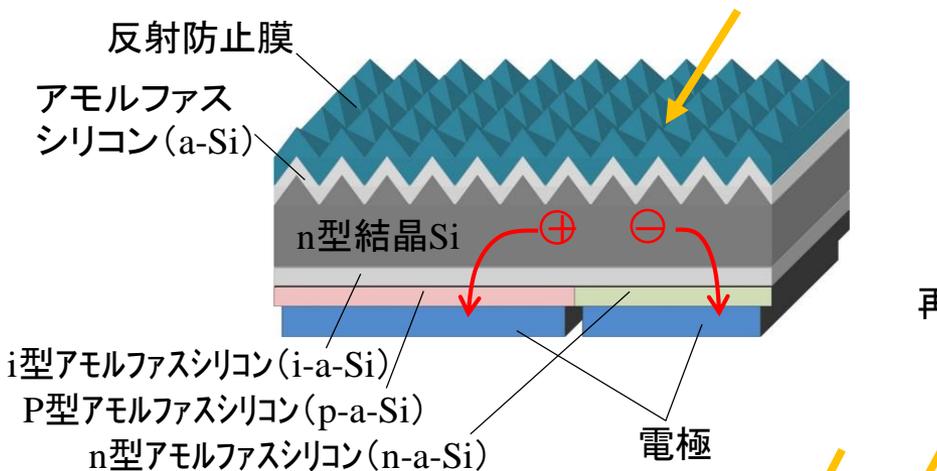
連携 (Cooperation)

連携 (Cooperation)

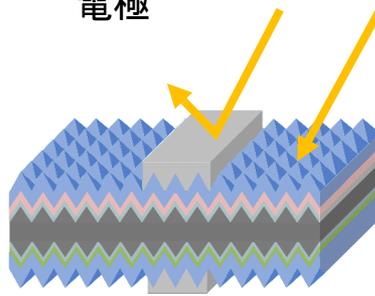
開発内容 先端複合技術型シリコン太陽電池(研究開発項目①、③)

開発セルの一例

ヘテロ接合バックコンタクト型太陽電池
 “ヘテロ接合”と“バックコンタクト”を複合化。



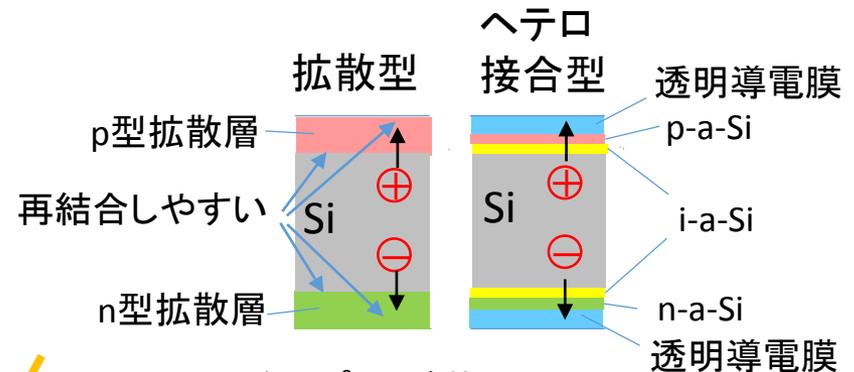
「バックコンタクト技術」
 表面の電極をなくす(=全ての電極を裏面にもってくる)ことで、受光面積を広くし、変換効率を向上。



両面電極型太陽電池

「ヘテロ接合技術」

結晶シリコン(基板)とa-Si(アモルファスシリコン)のヘテロ接合による欠陥低減効果によりキャリア再結合を抑制し、変換効率を向上。



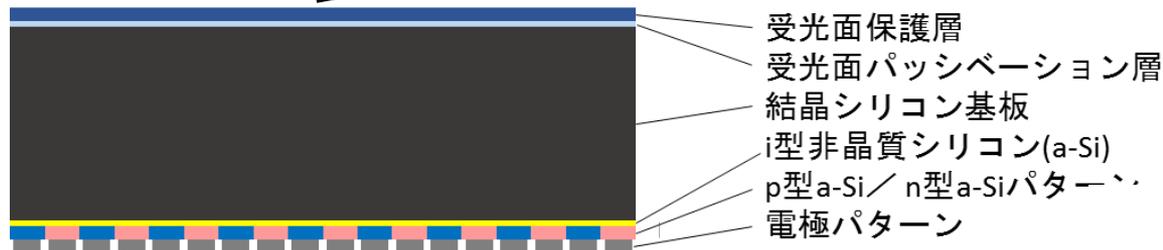
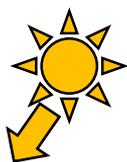
- ・ドーパ層が薄い
- ・水素を含むi-a-Siで基板表面の欠陥を補修。

→ キャリア再結合を抑制。
 高特性が得られる。

開発成果 先端複合技術型シリコン太陽電池(研究開発項目①、③)

ヘテロ接合技術とバックコンタクト技術を組み合わせた新構造の結晶シリコン太陽電池で**世界最高となる変換効率26.6%(180cm²)**を達成(2017年2月)。

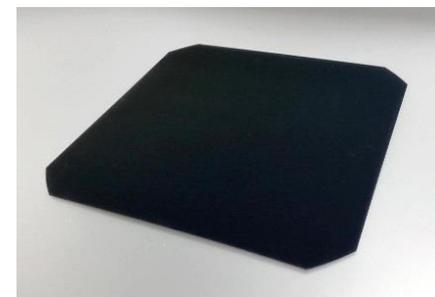
(株式会社カネカ)



ヘテロ接合

バックコンタクト

結晶シリコン太陽電池モジュールでも、**世界最高となる変換効率24.37%**を達成(モジュール面積※13,177cm²)



ヘテロ接合バックコンタクト太陽電池セル



ヘテロ接合バックコンタクト太陽電池モジュール

高性能CIS太陽電池の技術開発(研究開発項目①、③)

2019年度最終目標

- (1) 試作モジュールで、発電コスト14円/kWh相当の性能を確認する。
14円/kWhの目安(モジュール変換効率16%)
- (2) 2030年までに発電コスト7円/KWhを実現するための開発計画を提示する。

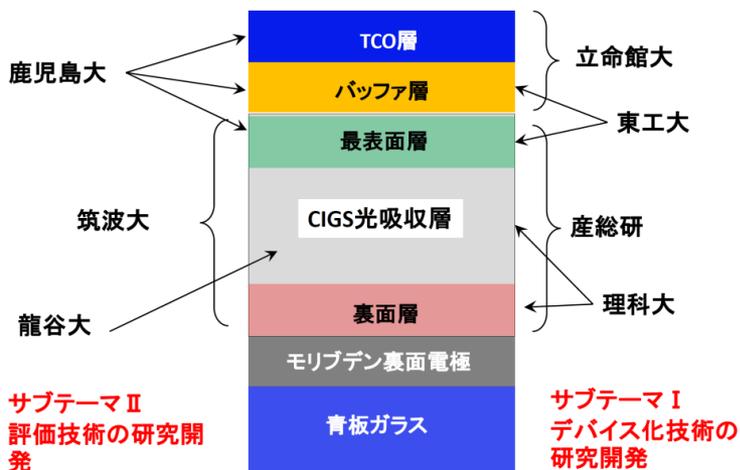
CIS太陽電池モジュール高性能化技術の研究開発

ソーラーフロンティア NEDO負担2/3

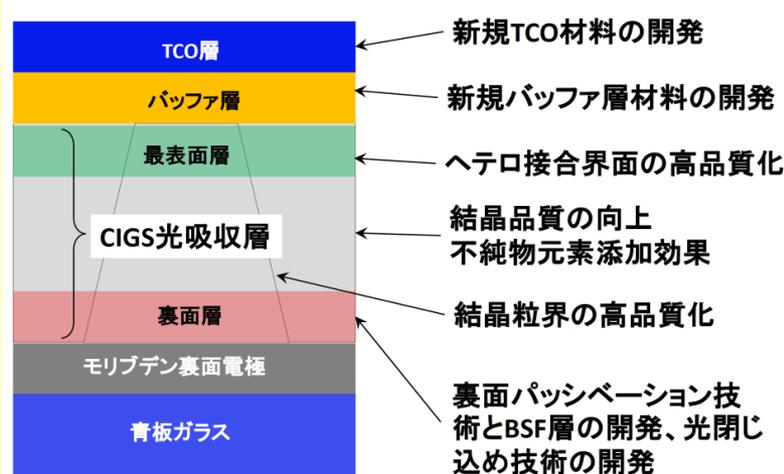


CIS太陽電池高性能化技術の研究開発

共同提案者の主な研究役割分担

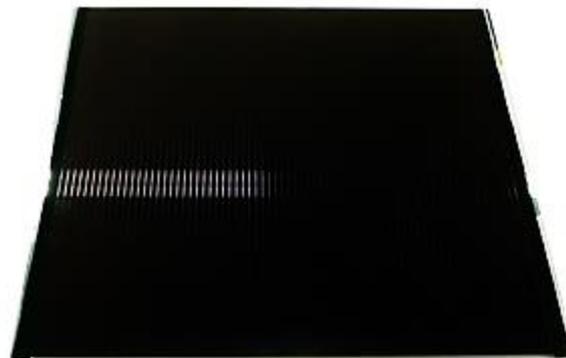


CIGS太陽電池の研究課題



開発成果 高性能CIS太陽電池の技術開発(研究開発項目①、③)

セル変換効率22.3%の技術を使い、薄膜系太陽電池の30cm角サブモジュールでは世界最高となる変換効率19.2%を達成
(2017年2月)
(ソーラーフロンティア株式会社)



【効率向上のポイント】

- ① CIS光吸収層における製膜プロセスの改良による品質改善
- ② 太陽電池内部の境界面の形成技術の改良
(バッファ層の変更等)

展示中の世界最高変換効率19.2%を達成したCIS系薄膜太陽電池サブモジュール(30cm角)

市販製品(90cm×120cm)への早期の応用が期待できる

Ⅲ－Ⅴ族化合物太陽電池(研究開発項目②: 革新的高効率太陽電池)

2019年度最終目標

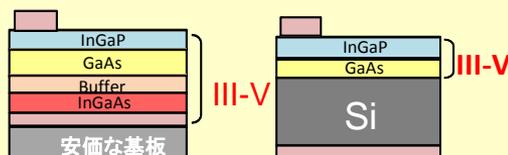
(1) モジュール変換効率30%以上、且つ、想定する使用環境で、システム価格125円/Wを実現するセルモジュール構造と達成手段を明確化する。

超高効率・低コストⅢ－Ⅴ化合物太陽電池モジュールの研究開発

超高効率化技術、成膜速度の高速化技術、安価基板上への成膜や接着技術、高価な基板の再利用技術等、従来の延長線上にない革新的高効率太陽電池をセル・モジュールメーカー、成膜装置メーカー、大学等が連携し開発を進める。

I. 低コスト化技術開発

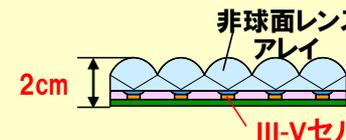
■ 薄膜Ⅲ-Vセル, on-Siセル



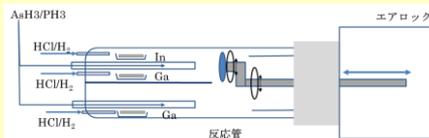
■ エピタキシャルリフトオフ(ELO)



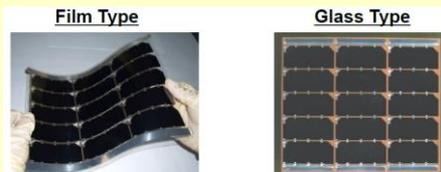
■ プラスチックレンズ一体型セル



■ 超高速Ⅲ-Vエピタキシャル成長



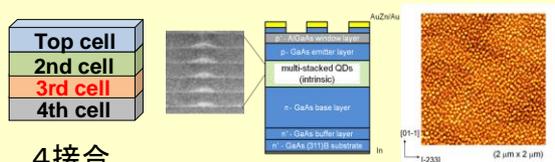
II. 低コストモジュール開発



2030年
LCOE
7円/kWh

※ 括弧内は再委託先

III. 超高効率セル開発



量子ドット・マルチバンド

- ① 超高効率セルおよび低コスト化技術開発
- ② 多接合セル・モジュールの低コスト化技術開発
- ③ プラスチックレンズ一体型セル・モジュール
- ④ 低コスト化技術・量子ドット成長技術
- ⑤ 高効率・低コストⅢ-V/Siタンデム
- ⑥ 低コスト化製膜技術開発
- ⑦ 高密度ドット成長技術
- ⑧ 量子ドットセル評価
- ⑨ 窒化物ハイブリッド
- ⑩ Ⅲ-Vセル・モジュール開発・評価
- ⑪ メカニカルスタック

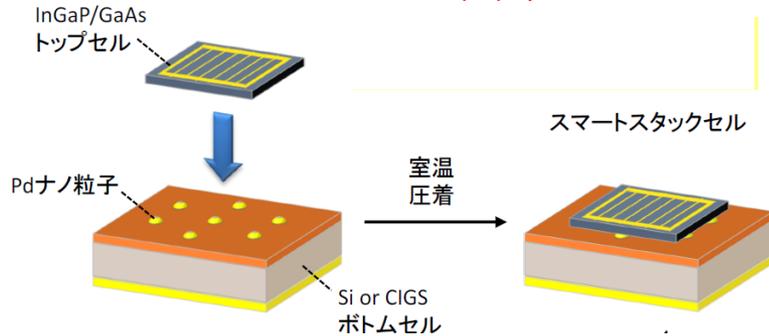
- 東京大学(埼玉大、タカノ)
シャープ(株)
パナソニック(株)
産総研
豊田工大(九州大、大阪市大)
大陽日酸(株)
電気通信大学
神戸大学
名古屋大学/名城大学
宮崎大学
東京農工大学

開発内容 **Ⅲ-V族化合物太陽電池(研究開発項目②:革新的高効率太陽電池)**

高速で太陽電池を製造する技術や高コストな基板を用いない技術の開発により高効率なⅢ-V化合物太陽電池を低コストで製造できる技術を開発する。

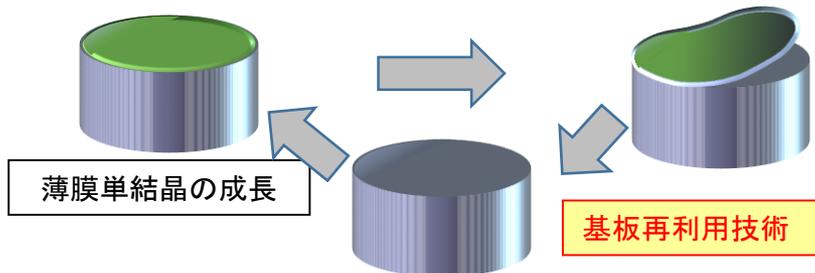
- ・発電層成膜速度の高速化技術(ハイドライド気相成長法など)
高価な有機金属を用いない、原料の使用量が少ないことで原料費低減
- ・シリコンや樹脂基板など、安価な基板上への成膜や接着技術

メカニカルスタック

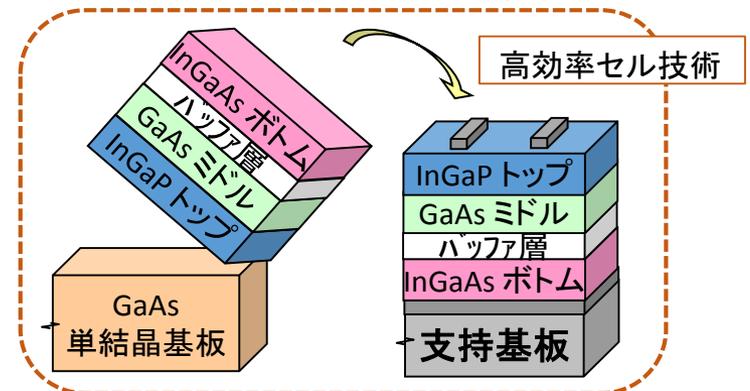


- ・高価なGaAs基板を再利用する技術

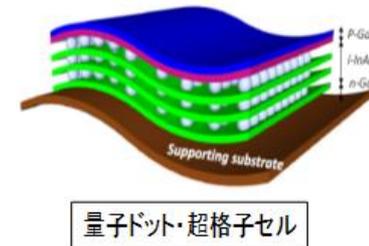
エピタキシャルリフトオフ(薄膜太陽電池層の剥離)



エピタキシャル層移載



- ・量子ドットや超格子構造を用いた超高効率化技術



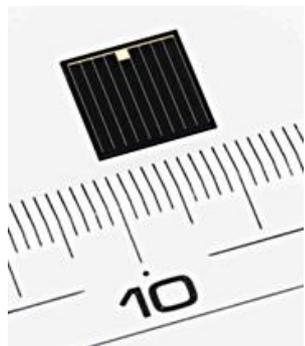
ドット状の中間バンドを形成することで、より広い波長の光を吸収する

開発成果 III-V族化合物太陽電池(研究開発項目②:革新的高効率太陽電池)

太陽電池モジュールで**世界最高変換効率31.17%**を達成。軽量・フレキシブルも実現でき、自動車等への展開も期待。
(シャープ株式会社)

①世界最高効率III-V化合物太陽電池モジュール

2013年4月リリース



セル大型化
モジュール化

変換効率**37.9%**
セル面積1.05cm²

2016年5月リリース



世界最高

変換効率**31.17%**
セル面積27.86cm²
モジュール面積968cm²

【セルサイズの大型化への技術開発のポイント】

- ①太陽電池製造基板サイズの大径化
- ②製造条件最適化による基板面内の均一性の向上
- ③基板サイズの大径化に適したセル製造プロセスの開発

ペロブスカイト太陽電池(研究開発項目②): 革新的低コスト太陽電池)

2019年度最終目標

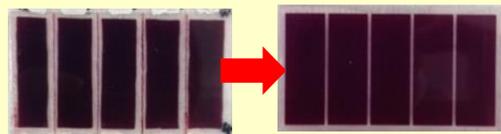
(1) 量産時にモジュール製造コスト15円/Wを実現しうる、太陽電池モジュール材料・構造・生産プロセスに関する要素技術の開発。実験室レベルの小型太陽電池モジュールでの変換効率20%達成。

ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発

新コンセプトの製造装置、信頼性確保技術、発電原理の検証と信頼性の高い性能評価技術の確立、さらなる性能向上を目指す新構造、新材料の基礎研究を産官学連携による集中研体制で進める。

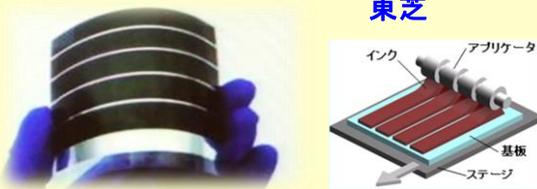
A. 塗布製造技術の開発

パナソニック



B. 超軽量太陽電池モジュール技術の開発

東芝



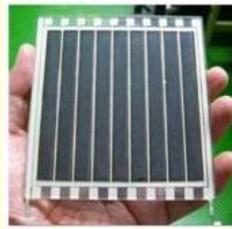
C. 低コストR2R太陽電池製造技術の開発

RtoRプロセス TiO₂低温成膜 積水化学工業



D. 高性能・高信頼性 確保製造技術の開発

アイシン精機 (アイシンコスモス研究所)



E. 高性能材料 合成技術の開発

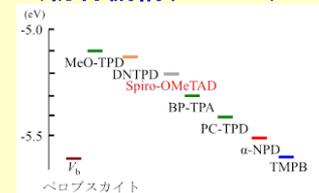
富士フイルム

- (1) ペロブスカイト材料
- (2) 正孔輸送材料



F. 基盤材料技術と 性能評価技術の開発

早稲田大学 (物材機構、KAST)



エネルギーレベルの自在調整

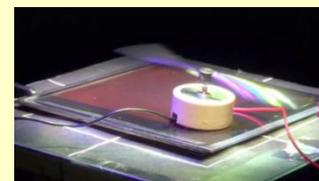
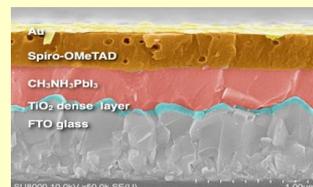
構造に依存するヒステリシス問題の解決で性能評価方法の確立

G. 新素材と新構造による高性能化技術の開発

東京大学(産総研、九州工業大、東工大、兵庫県立大、京大、熊本大)

ペロブスカイト太陽電池構造制御

大型ペロブスカイト太陽電池セル



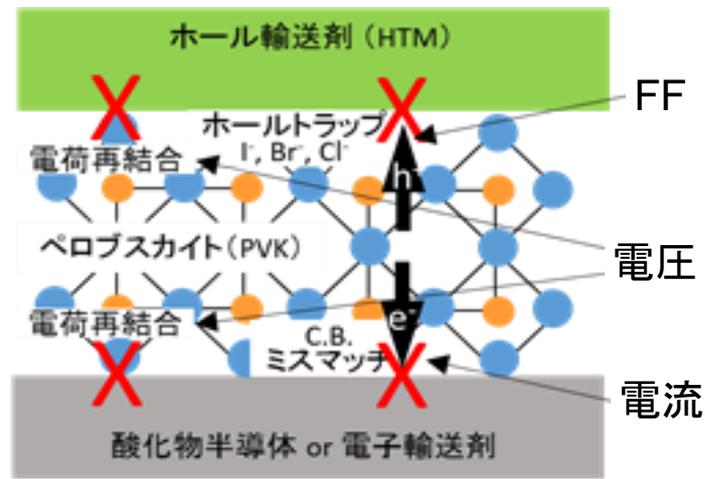
※ 括弧内は再委託先

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

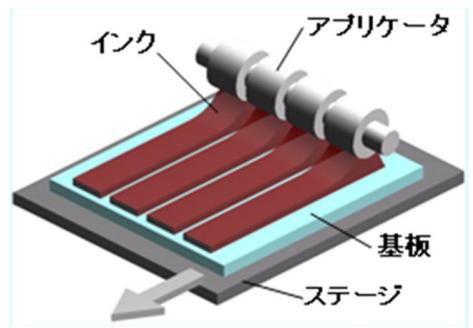
開発内容 **ペロブスカイト太陽電池 (研究開発項目②: 革新的低コスト太陽電池)**

発電機構の解明、新構造、新材料による特性向上、低コストな材料と製造技術の研究開発を進める。

- ・発電機構の解明、特性低下要因を改善する材料や製造プロセスの開発
- ・低コスト、高耐久性ホール輸送材料の開発
- ・スプレー、ダイコーター、メニスカス塗布などの低コスト塗布方法、低コスト製造方法



メニスカス塗布

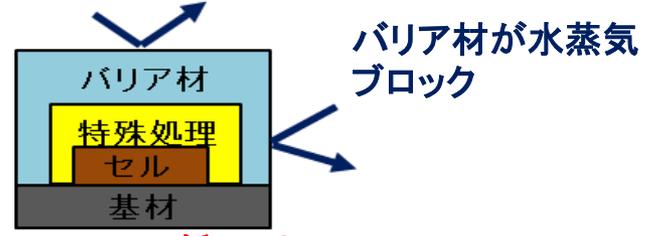


R2Rプロセス



・バリア構造による信頼性確保技術

セル上に直接バリア膜を製膜 (ダイレクトバリア)



超バリア+低コスト

水蒸気バリア構造

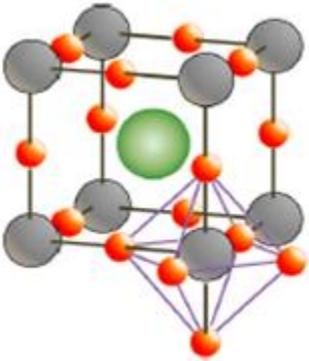
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

開発成果 ペロブスカイト太陽電池 (研究開発項目②: 革新的低コスト太陽電池)

ペロブスカイト層の高品質化や太陽電池構造の最適化を行い、1cm角のセルにおいてエネルギー変換効率18.2%を達成(平成28年3月)。その後19.2%に効率を更新(1cm²では世界最高19.7%に次ぐ成果)。

(国立研究開発法人 物質・材料研究機構(NIMS))

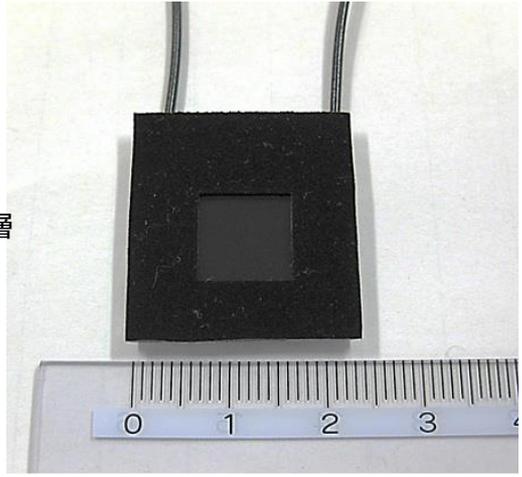
- 2種類のカチオン*の混合比を最適化 ⇒ 光吸収率の向上
- ペロブスカイト層のヨウ素の一部を臭素に置き換え ⇒ 欠陥抑制
- ペロブスカイト層、電子輸送層、電子抽出層の材料と膜厚の最適化



- 有機カチオン (CH₃NH₃など)
- 金属カチオン (Pb など)
- アニオン (I, Br など)



* カチオン : 正の電荷をもつイオン(陽イオン)。ここではペロブスカイト構造を構成している原子や分子の一つをさす。



共通基盤技術の開発(研究開発項目④)

PVの出力等を正しく評価するための測定技術開発

太陽電池性能高度評価技術の開発

産業技術総合研究所、電気安全環境研究所、岐阜大学、宮崎大学、東京理科大学、立命館大学

PVの発電量を推定するための技術開発

太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発

産業技術総合研究所、電力中央研究所、日本気象協会、佐賀大学

PVの寿命を予測する試験方法の開発

ZEB適用型太陽電池モジュールの長期信頼性評価技術の開発

カネカ NEDO負担2/3

レーザー技術を用いた太陽電池モジュールの寿命予測検査技術の開発とその標準化

日清紡メカトロニクス、奈良先端科学技術大学院大学

太陽光発電の寿命予測ならびに試験法の開発

産業技術総合研究所、デュポン、東レ、石川県工業試験場、岐阜大学、東京農工大学、北陸先端科学技術大学院大学、東京理科大学

動向調査等(研究開発項目⑤)

PVに係る情報の収集と発信

①動向調査

みずほ情報総研、資源総合システム

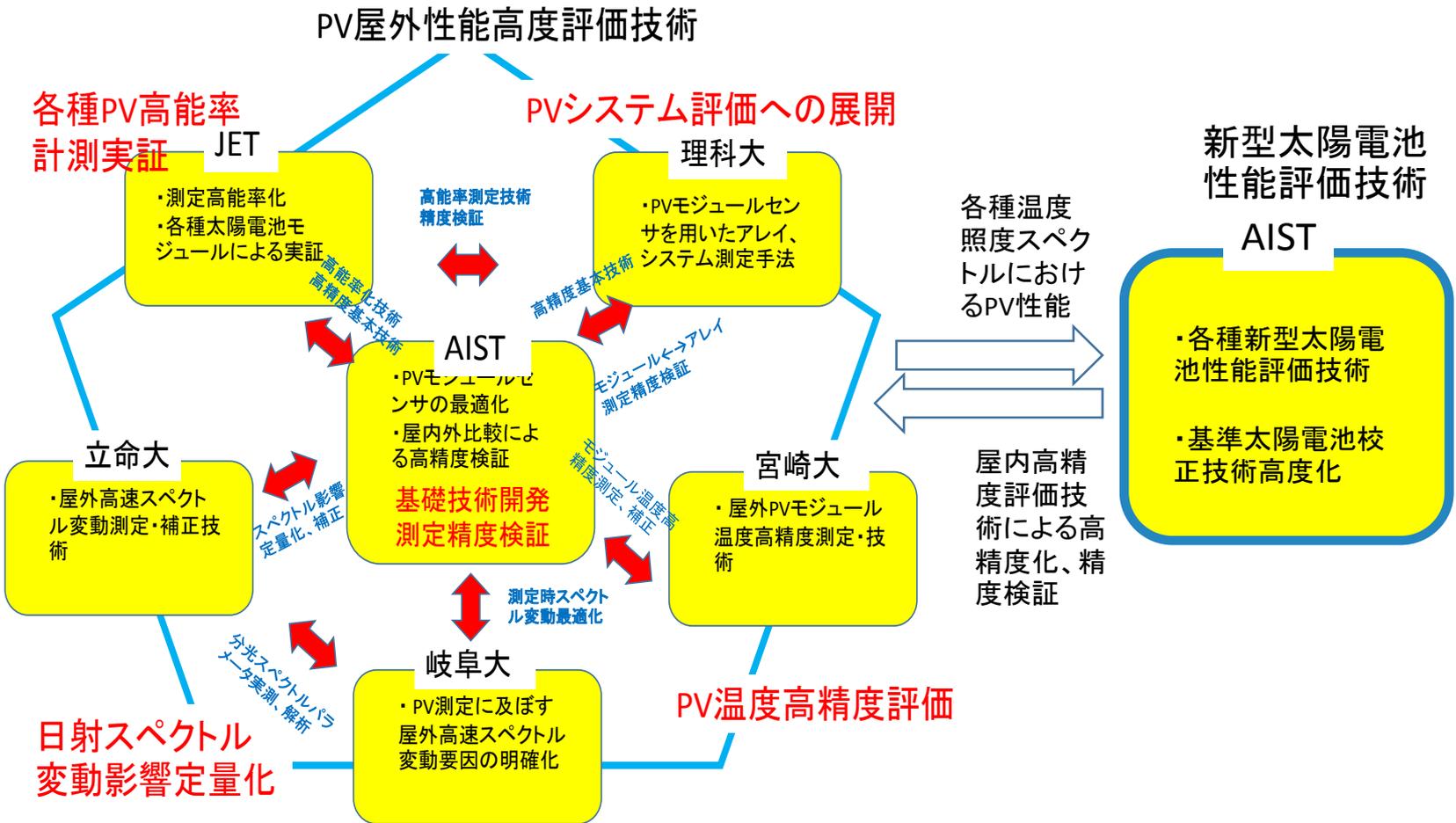
②IEA国際協力事業

資源総合システム

開発内容 共通基盤技術の開発(研究開発項目④)

PVの出力等を正しく評価するための測定技術開発

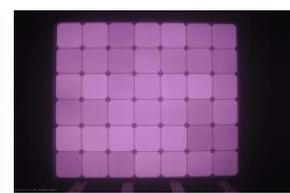
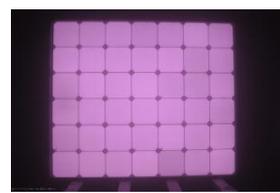
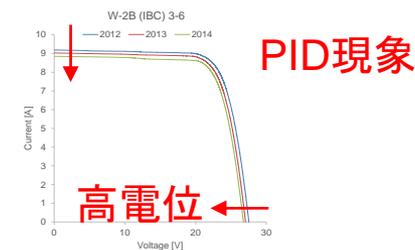
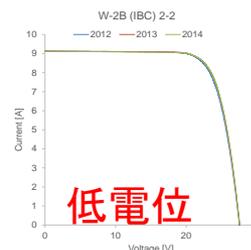
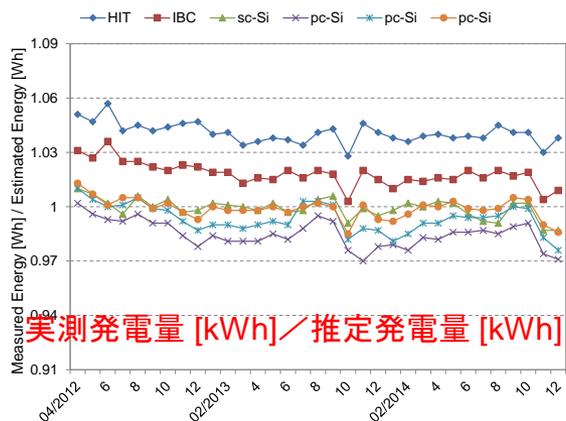
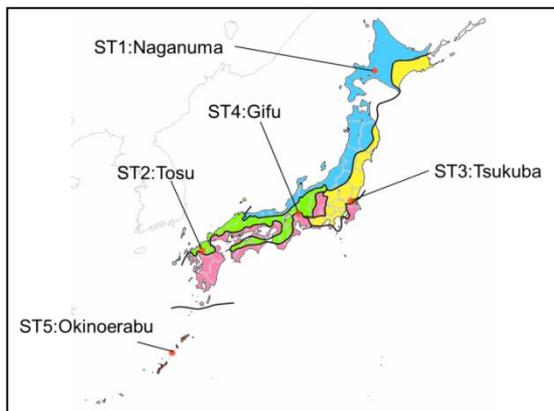
屋内の高精度測定技術及び屋外の高精度、高速、低コスト評価技術を開発する。



開発内容 共通基盤技術の開発 (研究開発項目④)

PVの発電量を推定するための技術開発

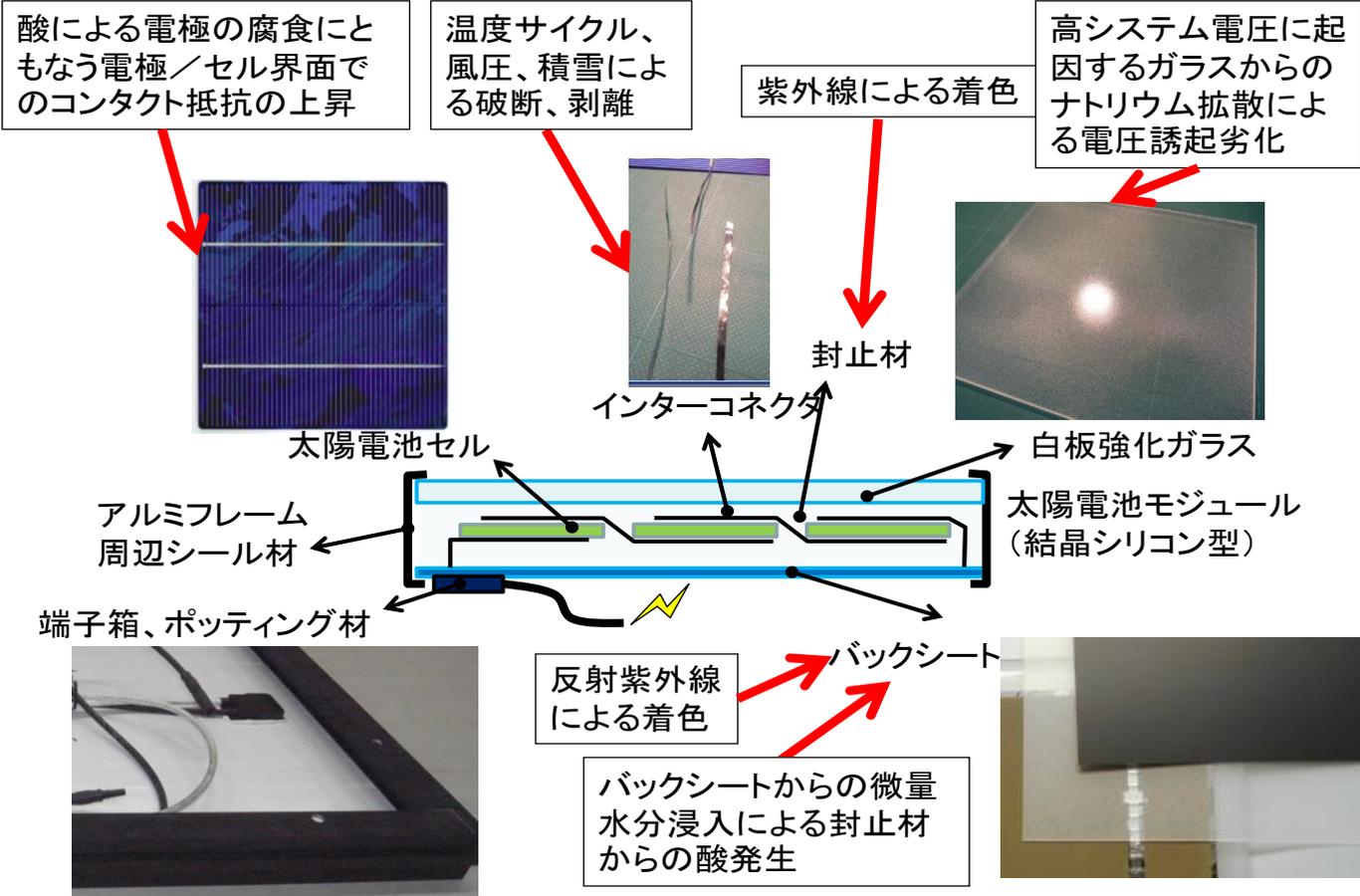
日射量データベースを構築し、メガソーラーの発電データからメガソーラーの発電量及び信頼性評価技術を開発する。



開発内容 共通基盤技術の開発 (研究開発項目④)

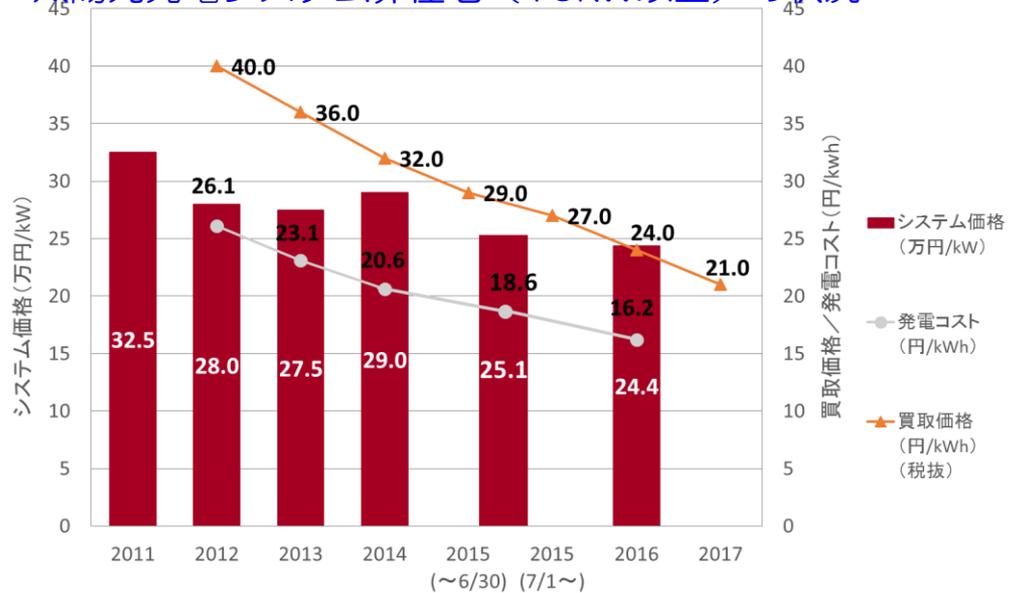
PVの寿命を予測する試験方法の開発

太陽電池モジュールの劣化要因を究明し、屋外での劣化を再現可能な加速試験の開発する。

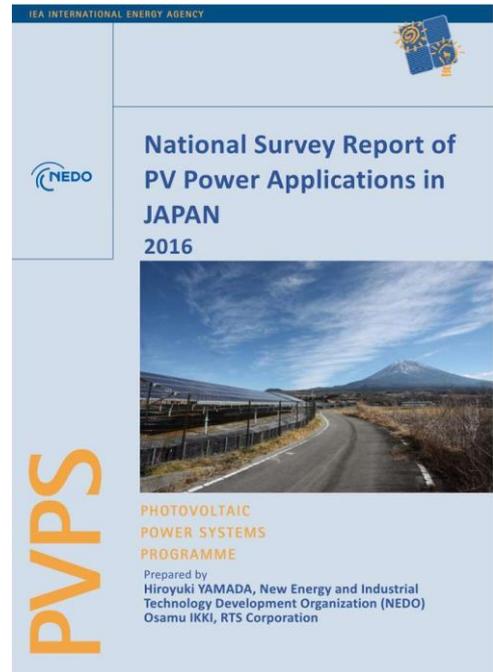
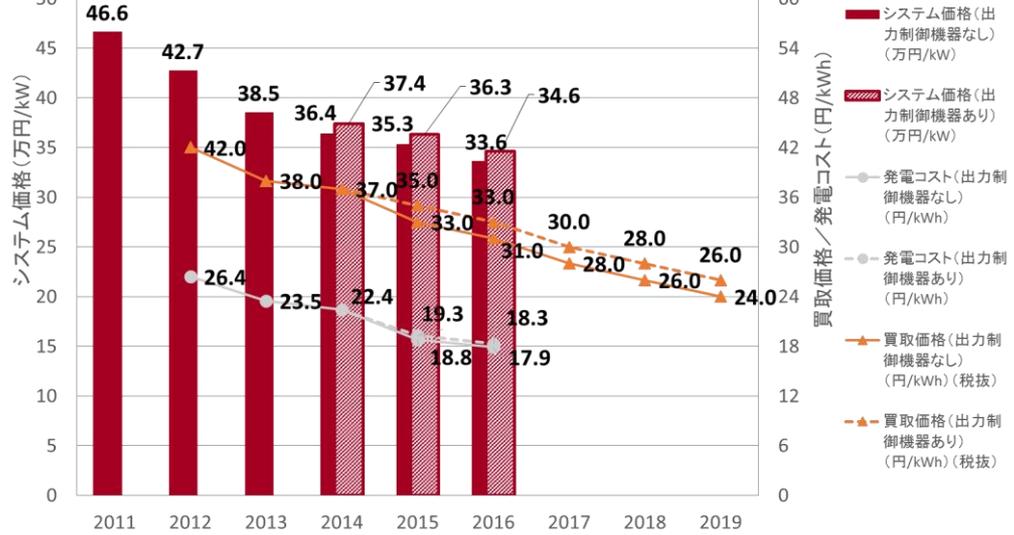


成果 動向調査等 (研究開発項目⑤)

太陽光発電システム非住宅 (10kW以上) の状況



太陽光発電システム住宅 (10kW未満) の状況



PVPS報告書の一例

Summary of the new task "PV for Transport"



車載の新たな国際事業提案



IEA PVPS Members



Australia



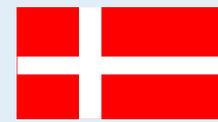
Austria



Canada



China



Denmark



France



Germany



Israel



Italy



Japan



Korea



Malaysia



Mexico



The Netherlands



Norway



Portugal



Spain



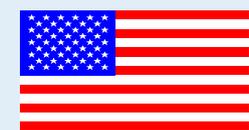
Switzerland



Sweden



Turkey



USA



Belgium



Thailand



Finland



EC



South Africa



Chile

◆ 成果の普及

◆ 特許出願件数と学会発表等

(2017年6月末時点)

項 目	特許出願		論文 (査読 付)	研究発表・ 講演		新聞・ 雑誌等 への掲載	受賞 実績	展示会 への出 展
	国内	外国		国内	国外			
研究開発項目①(結晶Si)	47	12	7	16	26	22	0	8
〃 (CIS)	5	1	1	5	15	326	1	7
研究開発項目②(Ⅲ-V)	5	1	102	266	229	25	15	11
〃 (ペロブスカイト)	30	6	61	232	110	15	16	3
研究開発項目③(結晶Si)	4	0	64	155	148	7	10	6
〃 (CIS)	2	0	33	50	49	0	1	2
研究開発項目④	5	0	33	179	78	7	6	1
研究開発項目⑤	0	0	0	0	10	0	0	0
計	98	20	301	903	665	402	49	38

◆ 成果の普及

◆ 開発成果の普及については、NEDO自らも毎年「成果報告会」を開催したほか、国際会議、展示会やプレスリリース等で広報に努めた。



2016年度新エネルギー成果報告会

◆ 成果の普及

	平成27 年度	平成28 年度	平成29 年度	計
論文	96 <3>	142 <5>	71	309 <8>
研究発表・講演(うち国際学 会)	548 (228) <10>	838 (358) <10>	205 (79) <3>	1591 (903) <23>
受賞実績	17	23	9	49
新聞・雑誌等への掲載	258 <18>	101 <28>	89	448 <46>
展示会への出展	16 <1>	17 <2>	9 <1>	42 <4>

※ <>は、NEDO関連件数(内数)

※平成29年度6月30日現在

◆ 成果の普及

個別のプロジェクトの詳細説明および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みにて説明。

以下はNEDOが行ったプレスリリースの実績。

掲載日	件名	機関
平成29年2月27日	CIS系薄膜太陽電池サブモジュールで世界最高変換効率19.2%を達成	ソーラーフロンティア株式会社
平成28年10月27日	結晶シリコン太陽電池モジュールで世界最高変換効率24.37%を達成	株式会社カネカ
平成28年9月14日	結晶シリコン太陽電池で世界最高変換効率26.33%	株式会社カネカ
平成28年5月19日	太陽電池モジュールで世界最高変換効率31.17%を達成	シャープ株式会社
平成28年3月28日	ペロブスカイト太陽電池で変換効率18%超を達成	物質・材料研究機構(NIMS)
平成27年10月23日	実用サイズの太陽電池セルで変換効率25.1%を達成	株式会社カネカ
平成27年6月4日	太陽光発電の発電コスト低減に向けた新たなプロジェクトを始動	NEDO

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

各テーマ毎の取り組みは個別のプロジェクトの詳細説明および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みにて説明。

特許出願(うち外国出願)	平成27 年度	平成28 年度	平成29 年度	計
研究開発項目①(結晶Si)	17(0)	33(8)	9(4)	59(12)
〃 (CIS)	1(0)	5(1)	0(0)	6(1)
研究開発項目②(Ⅲ-V)	1(1)	1(0)	4(0)	6(1)
〃 (ペロブスカイト)	7(0)	26(6)	3(0)	36(6)
研究開発項目③(結晶Si)	0(0)	3(0)	1(0)	4(0)
〃 (CIS)	0(0)	1(0)	1(0)	2(0)
研究開発項目④	1(0)	2(0)	2(0)	5(0)
研究開発項目⑤	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
計	27(1)	71(15)	20(4)	118(20)

※平成27年度6月30日現在

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」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)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

◆実用化・事業化に向けた具体的取組及び見通し

NEDOは研究開発項目⑤の動向調査を通して研究開発動向、市場動向を随時把握し、マネジメントに反映させた。また、50機関以上ある各事業者を訪問し、幹部や研究開発のキーパーソンとディスカッションを行うことにより各機関の戦略について議論するとともに、プロジェクト成果の実用化、事業化に向けたマネジメントを行った。

「実用化・事業化に向けての取り組み及び見通し」は「個別テーマの詳細説明および実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」にて説明。