

「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	4

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「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）の研究評価委員会分科会（第1回 平成29年10月5日、第2回 平成29年10月6日）及び現地調査会（平成29年8月29日 於 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第54回研究評価委員会（平成29年12月13日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成29年12月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」
分科会
（中間評価）

分科会長 庭野 道夫

「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）

分科会委員名簿

(平成29年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	にわの 庭野 道夫	東北福祉大学 感性福祉研究所 特任教授
分科 会長 代理	ひらもと 平本 昌宏	自然科学研究機構 分子科学研究所 物質分子科学研究領域 分子機能研究部門 教授
委員	いしばし 石橋 晃	北海道大学 電子科学研究所 物質科学研究部門 ナノ構造物性研究分野 教授
	こながい 小長井 誠	東京都市大学 総合研究所 教授
	そが 曾我 哲夫	名古屋工業大学 電気・機械工学専攻 教授
	のざき 野崎 洋介	株式会社NTTファシリティーズ 取締役 スマートエネルギービジネス本部長
	ひろせ 廣瀬 文彦	山形大学大学院 理工学研究科 教授

敬称略、五十音順

「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）

評価概要（案）

1. 総合評価

再生可能エネルギーに対する期待が大きい中、産学官連携で太陽光発電の研究開発を進めていることは、日本のエネルギー問題の解決と産業力強化の観点から極めて意義が大きい。大規模な太陽光発電の導入に向けて、太陽電池セルの開発からモジュール、信頼性評価、さらには特性評価に至る広範囲な技術開発を展開しており、国内外の技術動向を考慮して、必要な研究課題は十分カバーされている。中間目標は概ね達成しており、中には世界をリードする大きな成果も得られている点は評価できる。

一方、目標の一つであるコストについては、技術の進展・普及度や社会情勢によって大きく変動するため、算定根拠をより明確化し、また、今後の開発を推進するにあたり、最終目標達成に向けた道筋を再検討すべきである。

今後、多種多様な要素技術開発の中で、萌芽期にある研究も温めつつ、キーテクノロジーになると思われる技術を選別し、特許出願や標準化の推進をさらに加速し、太陽電池を社会インフラとして有効に位置づける検討も望まれる。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

本事業によって進めている太陽光発電コスト低減に向けた開発研究は、日本の長期的エネルギー戦略の中で極めて重要な役割を果たすものと期待され、エネルギーという社会インフラを整備するためにも、日本の産業の国際競争力を高めるためにも、その意義は極めて高い。本事業は、固定価格買取制度の枠組みを離れても太陽光発電システム関連産業が発展し自立していけるよう、セル開発からモジュール技術、信頼性評価技術開発、新しい応用分野の開拓に至る広い範囲で研究開発を展開し、産官学の密接な連携と大規模な投資が必要である。公共性が極めて高いことから国の支援は必要で、NEDO の事業として実施することは極めて妥当である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

国内外の技術動向、市場動向等を踏まえ、2030年目標に向けた明確なロードマップを作成し、その目標を達成するための5年間の研究開発目標が設定されている。数値化された具体的な目標を掲げることで、プロジェクトに技術的な一貫性を与え、産学官連携の下で研究を行っていることは評価できる。実施者間の連携についても概ね良好であり、大学や国立研究機関のシーズ研究を効率よく民間の実用化につなげていく体制が機能している。急速に進展する太陽電池分野の社会情勢、技術動向を常に把握し、リーダーの優れたマネジメントにより定期的に進捗が管理され、開発の遅延等が生じた場合にも適切に対応していると判断で

きる。知財戦略は概ね妥当であるが、ペロブスカイトのような革新的太陽電池は今後の知財創出が極めて重要である。

一方、コスト算定の根拠や個々の要素技術開発がどのように発電コスト低減に結びつくのかについて明瞭でない点は改善を望む。

太陽光発電の低コスト化は世界的に急速に進んでいるので、必要に応じて、目標を見直し、コスト低減に向け、引き続き取り組むことを期待したい。

2. 3 研究開発成果について

中間目標は全体的に概ね達成されており、中には目標を大きく上回って達成しているテーマもある点は高く評価できる。太陽電池の開発では様々な課題解決に高度な評価技術が必要不可欠であり、大学や国研のフィールドテストで得られた耐久性等のデータには説得力があった。また、論文、学会発表、新聞発表等の対外発信が積極的に行われているとともに、知的財産権も概ね出願がなされており、今後のキーテクノロジーとなりうる知財も得られつつある。

一方、最終目標達成に向けた道筋が不明確な、あるいは達成の見通しが低いテーマがあるため、現状を正確に把握し、今後の道筋を具体的に提示することが望まれる。

今後は知的財産権の中身についての議論が必要で、プロジェクト全体を見渡したポートフォリオ分析の導入も望まれる。また、オンサイトでのパネルの性能評価についても積極的標準化に取り組むことを期待する。

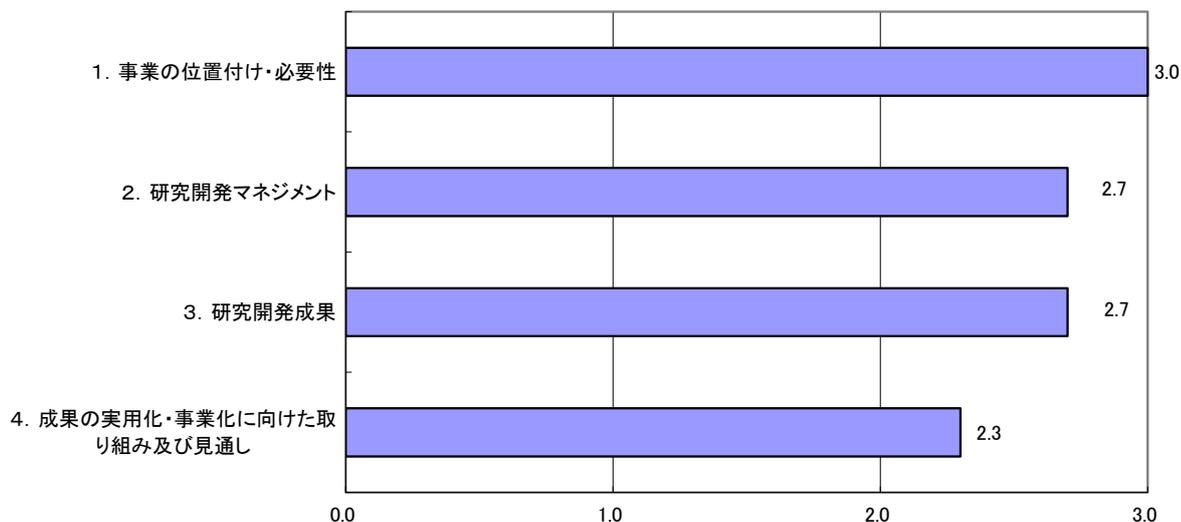
2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

成果の実用化・事業化に向けた具体的取組については、明確な導入計画が示されているとともに、それを実現するためのマイルストーンも明示されている。また、Si 及び CIS 系太陽電池開発では、企業との連携のもとに研究開発が実施され、要素技術開発が完了すれば、直ちに生産ラインへの導入が可能な体制となっているなど、実用化・事業化に向けた取り組みは評価できる。

一方、経済効果の見通しについては、状況把握をより強化する必要がある。大学中心の研究開発については、成果を学術論文として発表するだけでなく、連携する企業の実用化・事業化へさらに貢献させていくことが望まれる。

今後、太陽光発電をどのように進めるか、また社会インフラの中に如何に組み込むかについて議論を重ねてほしい。また、コンソーシアムを活かして若手の育成を是非進めて頂きたい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.7	A	B	A	A	B	A	A	
3. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	B	B	A	
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	2.3	B	B	A	B	B	A	B	

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

研究評価委員会

第1回「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)分科会

日時：平成29年10月5日(木) 9:40～17:10 (1日目)

平成29年10月6日(金) 9:40～17:10 (2日目)

場所：WTCコンファレンスセンターRoom A

〒105-6103 東京都港区浜松町2-4-1世界貿易センタービル 3階

議事次第

【分科会1日目】

【公開セッション】

1. 開会、資料の確認 (説明 5分) 9:40～9:45
2. 分科会の設置について (説明 5分) 9:45～9:50
3. 分科会の公開について (説明 5分) 9:50～9:55
4. 評価の実施方法について (説明 15分) 9:55～10:10
5. プロジェクトの概要説明
- 5.1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」、
「研究開発成果」、「実用化・事業化に向けた取組及び見通し」について
<NEDO> (説明 30分) 10:10～10:40
- 5.2 質疑応答 (質疑 20分) 10:40～11:00

————— 一般傍聴者退出・休憩 (8分) —————

【非公開セッション】

6. プロジェクトの詳細説明及び実用化・事業化に向けた取組及び見通し
- 6.1 実用化・事業化に向けた見通しに関する補足説明 (NEDO)
(説明 5分、入替 2分) 11:08～11:15
- 6.2 先端複合技術型シリコン太陽電池
- 6.2.1 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 (株式会社カネカ)
(説明 9分、質疑 8分、評価 5分) 11:15～11:37
- 6.2.2 高効率バックコンタクト型太陽電池の量産技術開発 (シャープ株式会社)
(説明 9分、質疑 8分、評価 5分) 11:37～11:59
- 6.2.3 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 (京セラ株式会社)
(説明 9分、質疑 8分、評価 5分) 11:59～12:21

————— 昼食・休憩 (49分) —————

- 6.2.4 基盤技術開発による先端複合技術セルのための低再結合電極の研究開発

- (ナミックス株式会社) (説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 13:10~13:32
- 6.2.5 赤外線 F Z 法による高品質低コストシリコン単結晶の開発 (株式会社クリスタルシステム)
(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 13:32~13:54
- 6.2.6 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株式会社)
(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 13:54~14:16
- 6.2.7 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 (株式会社トクヤマ)
(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 14:16~14:38

————— 休憩 (10 分) —————

- 6.2.8 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)
(説明 15 分、質疑 10 分、評価 5 分) 14:48~15:18
- 6.2.9 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) (説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 15:18~15:40
- 6.2.10 Cat-CVD など新手法による高性能太陽電池低価格製造技術の開発
(北陸先端科学技術大学院大学) (説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 15:40~16:02

————— 休憩 (10 分) —————

- 6.3 高性能 CIS 太陽電池の技術開発
- 6.3.1 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株式会社)
(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 16:12~16:34
- 6.3.2 CIS 太陽電池高性能化技術の研究開発 (産業技術総合研究所他)
(説明 15 分、質疑 10 分、評価 5 分) 16:34~17:04

————— 一般傍聴者入室 (2 分) —————

【公開セッション】

7. 明日の予定、その他 (説明 4 分) 17:06~17:10
8. 閉会 17:10

【分科会 2 日目】

【公開セッション】

1. 開会、事務連絡 (説明 5 分) 9:40~9:45

————— 一般傍聴者退室 (5 分) —————

【非公開セッション】

〈実施者入替〉

- 6.4 革新的新構造太陽電池の研究開発／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

- 6.4.1 新素材と新構造による高性能化技術の開発／基盤材料技術と性能評価技術の開発

(東京大学他) (説明 15 分、質疑 10 分、評価 5 分) 9:50~10:20

- 6.4.2 超軽量太陽電池モジュール技術の開発 (株式会社東芝)

低コスト R 2 R 太陽電池製造技術の開発 (積水化学株式会社)

(説明 18 分、質疑 15 分、評価 8 分) 10:20~11:01

————— 休憩 (10 分) —————

- 6.4.3 塗布製造技術の開発 (パナソニック株式会社)

(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 11:11~11:33

- 6.4.4 高性能・高信頼性確保製造技術の開発 (アイシン精機株式会社)

(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 11:33~11:55

- 6.4.5 高性能材料合成技術の開発 (富士フイルム株式会社)

(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 11:55~12:17

————— 昼食・休憩 (53 分) —————

- 6.5 革新的新構造太陽電池の研究開発／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 (東京大学他) (説明 35 分、質疑 20 分、評価 5 分) 13:10~14:10

————— 休憩 (10 分) —————

- 6.6 共通基盤技術の開発 (太陽光発電システムの信頼性評価技術等)

- 6.6.1 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)

(説明 12 分、質疑 8 分、評価 5 分) 14:20~14:45

- 6.6.2 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)

(説明 12 分、質疑 8 分、評価 5 分) 14:45~15:10

- 6.6.3 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)

(説明 9 分、質疑 8 分、評価 5 分) 15:10~15:32

————— 休憩 (10 分) —————

6.6.4 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（株式会社カネカ）
（説明9分、質疑8分、評価5分） 15:42～16:04

6.6.5 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
（日清紡メカトロニクス株式会社他）（説明9分、質疑8分、評価5分） 16:04～16:26

————— 入退室（2分） —————

9. 全体を通しての質疑（質疑15分） 16:28～16:43

————— 一般傍聴者入室（2分） —————

【公開セッション】

10. まとめ・講評	16:45～17:05
11. 今後の予定、その他	17:05～17:10
12. 閉会	17:10

概要

		最終更新日	平成 29 年 10 月 13 日				
プロジェクト名	高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発	プロジェクト番号	P15003				
担当推進部	PM 新エネルギー部 山田 宏之(2017年9月現在) SPM 新エネルギー部 佐藤 剛彦(2017年9月現在) PT 新エネルギー部 三宅 良英(2017年9月現在) PT 新エネルギー部 加藤 研一(2017年9月現在) PT 新エネルギー部 保田 淑晴(2017年9月現在) PT 新エネルギー部 竿本 仁志(2015年4月～2017年3月) PT 新エネルギー部 小田 和彦(2015年4月～2016年6月) PT 新エネルギー部 豊田 富美穂(2015年4月～2017年3月) PT 新エネルギー部 佐々木 崇水(2015年4月～2017年6月)						
O. 事業の概要	本プロジェクトでは、太陽光発電開発戦略(以下「開発戦略」と言う)で掲げる発電コスト低減目標達成(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行う。具体的には結晶シリコン太陽電池、CIS太陽電池、Ⅲ-V化合物太陽電池、ペロブスカイト太陽電池などの開発に加え、太陽電池の共通基盤技術や開発動向調査を行う。						
I. 事業の位置付け・必要性について	我が国のエネルギー安定供給の確保や、低炭素社会実現の観点から、再生可能エネルギーの導入拡大を進めることは非常に重要である。その一翼を担う太陽光発電に関しては、その特性を十分に理解し、また、その特長を活かした導入形態を模索していくことで、太陽光発電システムの適正な導入を実現し、エネルギー供給量を着実に拡大していく事が求められる。そのためには引き続き発電コストの低減を進め、太陽光発電産業の発展につなげる必要がある。一方で、発電コストが高い等の課題も指摘され、更なる技術革新が必要とされている。また、固定価格買取制度の効果で国内市場は急拡大しているが、今後、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの普及がさらに進めば、賦課金が増加し、国民負担の増大が見込まれるとの指摘もある。将来の国民負担を軽減するためには、発電コストの低減は重要な課題である。こうした状況を踏まえ、NEDOは2014年9月に「太陽光発電開発戦略」を策定し、発電コスト低減目標として、2020年に業務用電力価格並となる14円/kWh(グリッドパリティ)、2030年に従来型火力発電の発電コスト並みあるいはそれ以下に相当する7円/kWh(ジェネレーションパリティ)を掲げた。また、開発戦略では、その目標達成のための方策として、発電コストに関する要素を分析し、モジュール変換効率の向上、システム価格の低減及び長期信頼性を同時に満たす太陽光発電が必要であり、そのためには新たな技術の開発が必要であるとしている。NEDOは開発戦略の柱とな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し、2015年から5年間のプロジェクトとして本プロジェクトをスタートさせた。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	本プロジェクトでは、太陽光発電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。						
事業の計画内容	研究開発項目	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	
	①、③結晶シリコン、CIS	←					→
	②革新的高効率(Ⅲ-V)	←					→
	②革新的低コスト(ペロブスカイト)	←					→
	④共通基盤技術	←					→
⑤調査	←						→
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円)	会計・勘定	H27fy	H28fy	H29fy	H30fy	H31fy	総額
	一般会計	—	—	—	—	—	—
	特別会計(需給勘定)	4,567	4,850	3,929	—	—	13,346
	増額予算	—	—	—	—	—	—
	総予算額	4,567	4,850	3,929	—	—	13,346
	(委託)	3,575	3,663	3,030	—	—	10,268
契約種類: 委託(100%)、共同研究(2/3)							

	(共同研究):負担率 2/3	992	1,187	899	—	—	3,077
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課					
	プロジェクトリーダー	プロジェクトリーダーは設置せず、技術検討委員会におけるコメントをもとに NEDO がマネージメントを行った。					
	プロジェクトマネージャー	新エネルギー部 山田 宏之					
	委託先・共同研究先	(株)カネカ、シャープ(株)、ナミックス(株)、(株)クリスタルシステム、コマツ NTC(株)、(株)トクヤマ、京セラ(株)、ソーラーフロンティア(株)、東京大学、パナソニック(株)、(国研)産業技術総合研究所、豊田工業大学、太陽日酸(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、(株)東芝、積水化学工業(株)、アイシン精機(株)、富士フイルム(株)、早稲田大学、北陸先端科学技術大学院大学、明治大学、九州大学、東京工業大学、兵庫県立大学、立命館、東京理科大学、筑波大学、鹿児島大学、龍谷大学、(一財)電気安全環境研究所、岐阜大学、宮崎大学、(一財)電力中央研究所、(一財)日本気象協会、佐賀大学、日清紡メカトロニクス(株)、奈良先端科学技術大学院大学、デュボン・スペシャルティ・プロダクツ(株)、東レ(株)、石川県工業試験場、東京農工大学、みずほ情報総研(株)、(株)資源総合システム					
情勢変化への対応	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自立が明確に求められるようになった。これまで開発してきた高効率セルの小規模設備製造実証や、実用化を加速するための新たな市場の創出に向けて、BIPV(ZEB)や、車載などの FS を開始。プロジェクトへの発展を計画中。						
評価に関する事項	事前評価	事前評価 平成 26 年度 担当部 新エネルギー部					
	中間評価	中間評価 平成 29 年度 担当部 新エネルギー部					
Ⅲ. 研究開発成果について	<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 太陽電池の開発</p> <p>1)先端複合技術型シリコン太陽電池の開発 「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」では高品質アモルファスシリコンを用いたヘテロ接合技術や、電極の直列抵抗を低減させる技術、太陽光をより効率的に利用できるバックコンタクト技術を組み合わせたヘテロ接合バックコンタクト結晶シリコン太陽電池を開発し、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 26.6%を実用サイズ(セル面積 180cm²)で達成した。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%を達成した。「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」では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%を実証した。「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」において、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 14.9 円/kWh を実現し、コスト目標を達成した。</p> <p>2)高性能 CIS 太陽電池の開発 「CIS 太陽電池モジュール高性能化技術の研究開発」では、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、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。</p> <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)革新的高効率太陽電池の研究開発(Ⅲ-V化合物) 高効率Ⅲ-V薄膜セル開発(光閉じ込め)では、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。また、裏面テクスチャをウエットエッチングのみで形成する手法を確立。光路長増大5倍を実証した(世界初)。低コスト化プロセス技術開発ではH-VPE装置を設計、導入し、約40μm/hの高速成長下でGaAsホモエピ、約16μm/hの高速成長下で格子整合系InGaPヘテロエピを実証し、InGaPを窓層としたGaAs太陽電池において変換効率20.29%を達成した。MOCVDでは90 μm/hの高速成膜でGaAs単セルを形成し、効率25%を達成した(世界初)。低コストモジュール開発としては実用セルサイズでの逆積み3接合型モジュール(非集光、31cm角)の試作を実施。産業技術総合研究所で変換効率測定を実施し、31.2%の効率を得た。超高効率セル開発では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/cm²、曲線因子0.69を得た(世界初)。</p>						

2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発(ペロブスカイト)

「塗布製造技術の開発」では、20cm角ガラス基板上35直列の集積型モジュールを試作し、モジュール変換効率12.6%を達成した。「超軽量太陽電池モジュール技術の開発」では、超軽量基板としてPENを用いた8直列の5cm角モジュールで変換効率13.7%を達成した。「低コストR2R太陽電池製造技術の開発」では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%のセルについてJIS規格C8938準拠の耐久性試験5項目を達成した。また、「高性能・高信頼性確保製造技術の開発」では、新規な傾斜接合した逆型セル構造を開発し1cm角で効率18.2%。さらに欠陥を低減した同1cm²セルで世界最高効率19.2%(AIST認証)を達成した。また、85° C、500時間の耐熱、1 Sun下1000時間連続照射試験も満足した。「新素材と新構造の開発」ではアモルファスTiO_x緻密層、ブルッカイトTiO₂高結晶多孔膜を用いたMAPbI₃ペロブスカイト太陽電池でVoc 1.16~1.18 V、効率21.6%を得た。

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」

1) 先端複合技術型シリコン太陽電池の開発

「Cat—CVDなど新手法による高性能太陽電池低価格製造技術の開発」においては、ヘテロ接合バックコンタクト太陽電池の作製プロセスとして、結晶シリコンウエハのキャリアライフタイムを数msと良好な値を維持しながら、p型アモルファスシリコンをn型アモルファスシリコンに変換できるプラズマイオン注入技術を開発した。「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」では、従来の熱拡散に代わり、イオン注入を用いて表面側ボロン、裏面側リンを注入、熱処理をしたn型両面受光セルを作製し、変換効率20.0%を達成した。「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」の結晶育成技術においては、従来CZ育成技術に比べ、抵抗率が一桁高い極低濃度不純物のCZ結晶育成技術の開発に成功した。

2) 高性能CIS太陽電池の開発

「界面制御によるカルコゲナイド系薄膜太陽電池の高効率化」では、3段階法における2段階目にSeインターバルを設けることにより同構造が作製することを新たに見出しVoc × Jsc積0.672 × 38.6 = 25.9 (mA/cm² × V)を達成した。「バンド制御による再結合パッシベーション技術の開発」では、バンド制御した透明電極である (Zn,Mg)O:Al[Mg/(Zn+Mg)=0.12]をスパッタ法で成膜し、ソーラーフロンティア社製のCIS基板を用いて太陽電池を作製することで、従来よりも21mV高いVoc、Voc × Jsc値で27.48mW/cm²を達成した。

研究開発項目④「共通基盤技術の開発(太陽光発電システムの信頼性評価技術等)」

「新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発」ではペロブスカイト、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・実証を行った。また、屋外測定再現性±1%以内の目処を得た。各種モジュールで連続検証中。ストリング評価への応用検討を開始した。「新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発」では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。「太陽電池モジュールの劣化現象の解明、加速試験法の開発」では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。

「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」では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。

研究開発項目⑤「動向調査等」

「太陽光発電開発戦略に関する動向調査」では「太陽光発電開発戦略」を推進するべく、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。また、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。その他、今後市場の発展が見込めるアプリケーションとして検討を開始した「太陽光発電システム搭載自動車」に関する情報収集、課題の抽出を行った。

「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」では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。また、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の枠組み、予算配分、目標等の比較を行った。

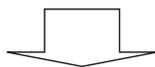
「IEA PVPS国際協力事業」ではタスク1専門家会議、ワークショップ等への参画を通じて、各国の国家プログラム、研究開発、実証試験、導入促進、市場動向等の情報を調査した。また、各種ワークショップにおいて日本の動向について講演を行い、加盟国間の情報交換に貢献した。また、日本のタスク1に関わる調査を実施し、報告書をIEA PVPSに提出するとともに、IEA PVPS Trends Report及び主要国の国内調査報告書等の日本語版を作製した。

	投稿論文	309 件
	特許	「出願済」118 件(うち海外出願 20 件)
	研究発表・講演	1591 件
IV. 実用化の見通しについて	<p>本事業で確立した要素技術は、漸次担当企業で実用化されていく。結晶シリコン太陽電池、CIS 太陽電池など、2020 年における発電コスト 14 円/kWh を目標とする技術は小規模設備でのプロセス実証を行い、量産プロセスに展開する。また、2030 年における発電コスト 7 円/kWh の目標達成を目指した技術についてもテーマごとにプロジェクト終了までに量産化に向けたストーリーを構築し、実用化を目指す。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 27 年 3 月制定
	変更履歴	現在のところ変更なし

◆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

◆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。

◆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	<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 	2030年7円/kWh 【差別化の指標】									
低コスト太陽電池	<ul style="list-style-type: none"> ・30%超ⅢV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 	<table border="1"> <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
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」	(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。	<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。
研究開発項目② 「革新的新構造太陽電池の研究開発」	(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。	<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。
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>a) 先端複合技術型シリコン太陽電池</p> <p>(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。</p> <p>(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。</p> <p>b) 高性能CIS太陽電池の開発</p> <p>① 小面積セル(1cm角程度)で変換効率23%以上。</p> <p>② 欠陥密度の低減化技術の開発。</p> <p>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
研究開発項目④ 「共通基盤技術の開発」	<p>a) 出力測定技術の開発</p> <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$\pm 0.5\%$(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$\pm 1.0\%$(1σ)以内を目指す。 <p>b) 発電量評価技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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>c) 信頼性・寿命評価技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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。
研究開発項目⑤ 「動向調査等」	<p>a) 動向調査</p> <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>b) IEA国際協力事業</p> <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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・情勢変化に対応するためには動向調査が不可欠。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

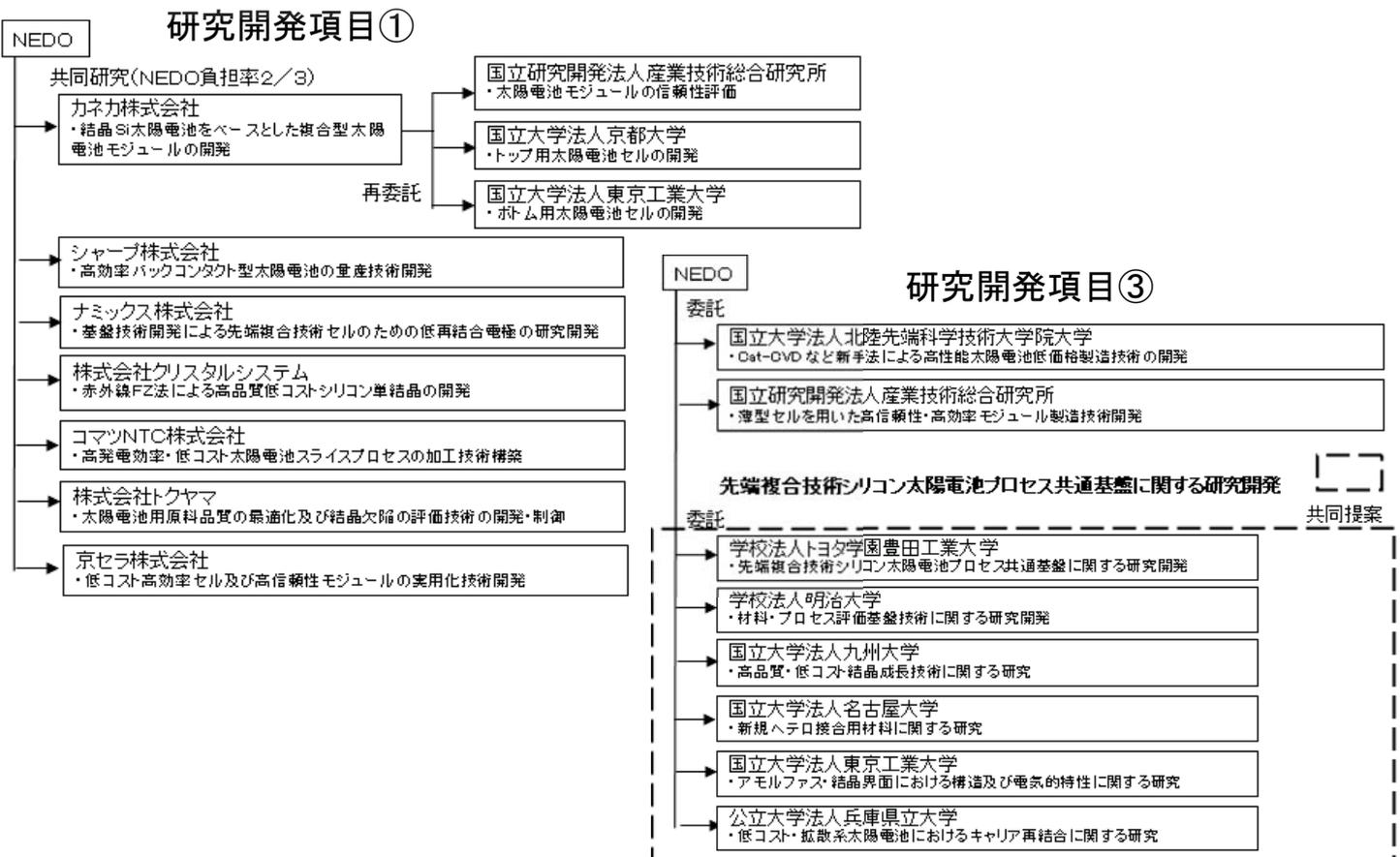
◆ 研究開発のスケジュール

	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 中間目標	14円、7円/kWh達成技術	
	結晶シリコン、CISセル、モジュール高性能化技術			開発継続、高効率低コスト化技術	
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	

7円/kWh開発計画提示
最終目標

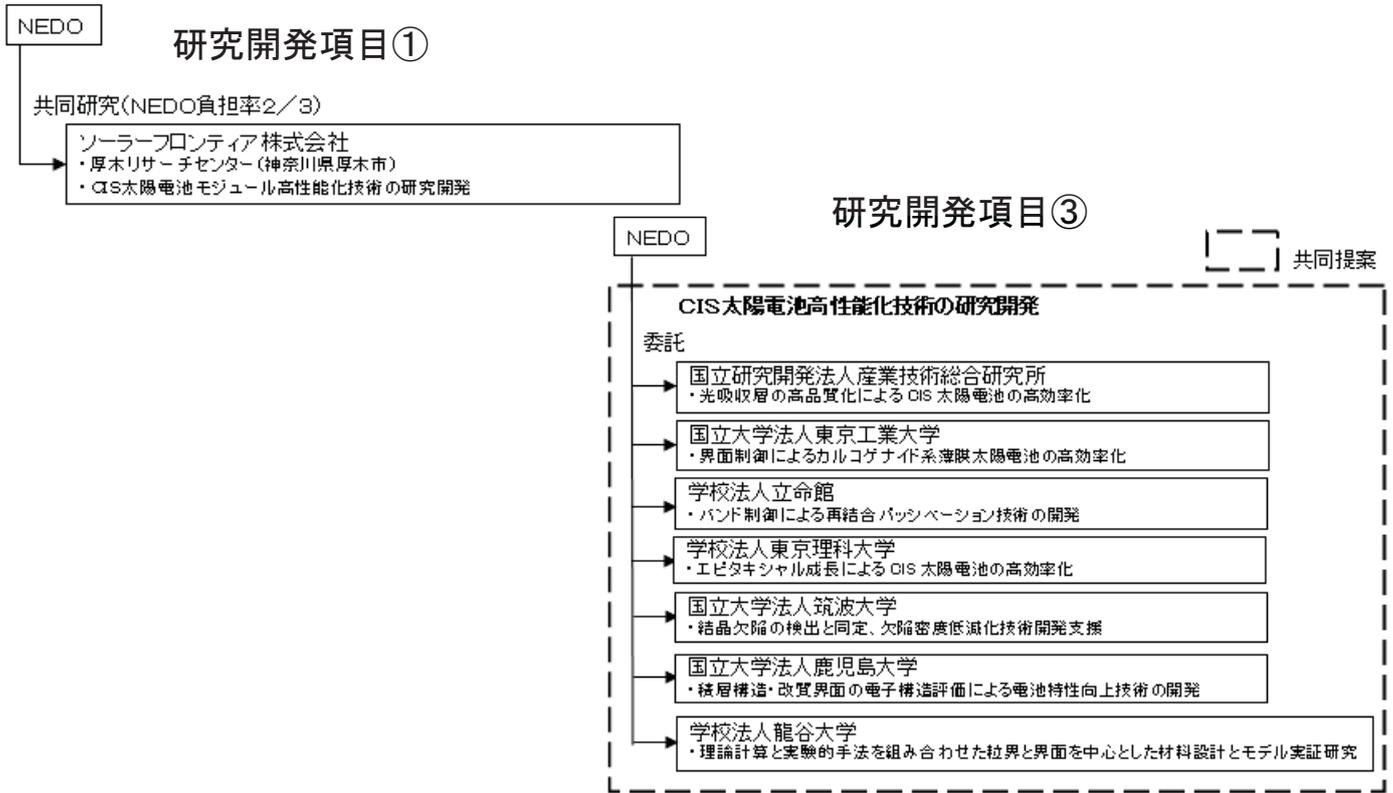
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

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)



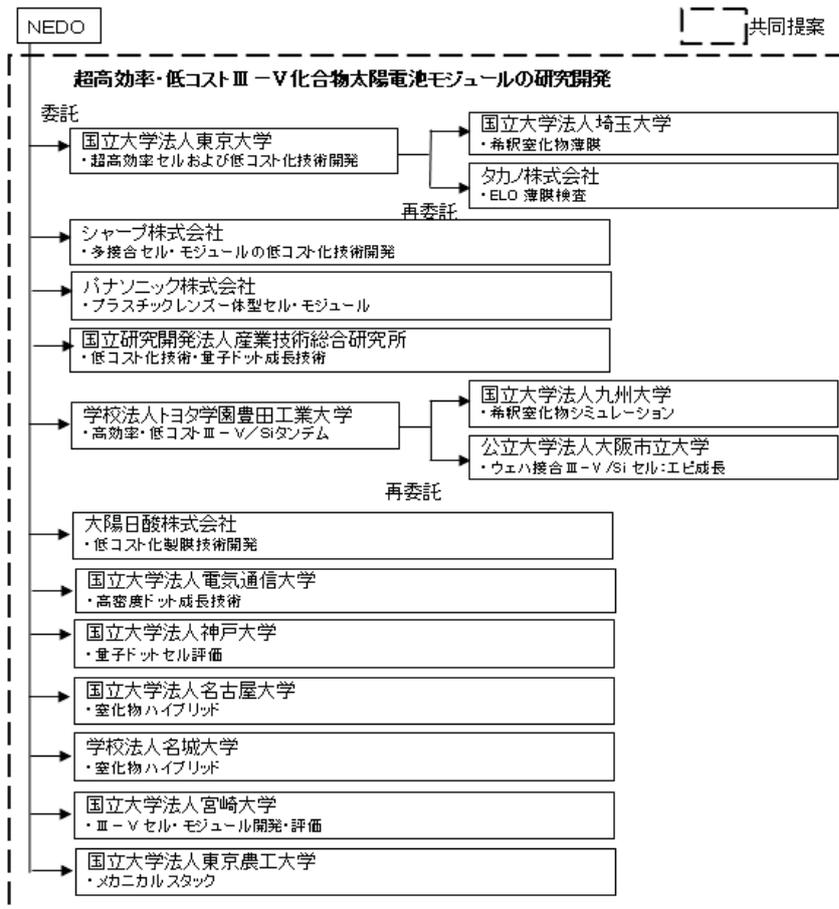
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

実施体制 高性能CIS太陽電池の技術開発(研究開発項目①、③)



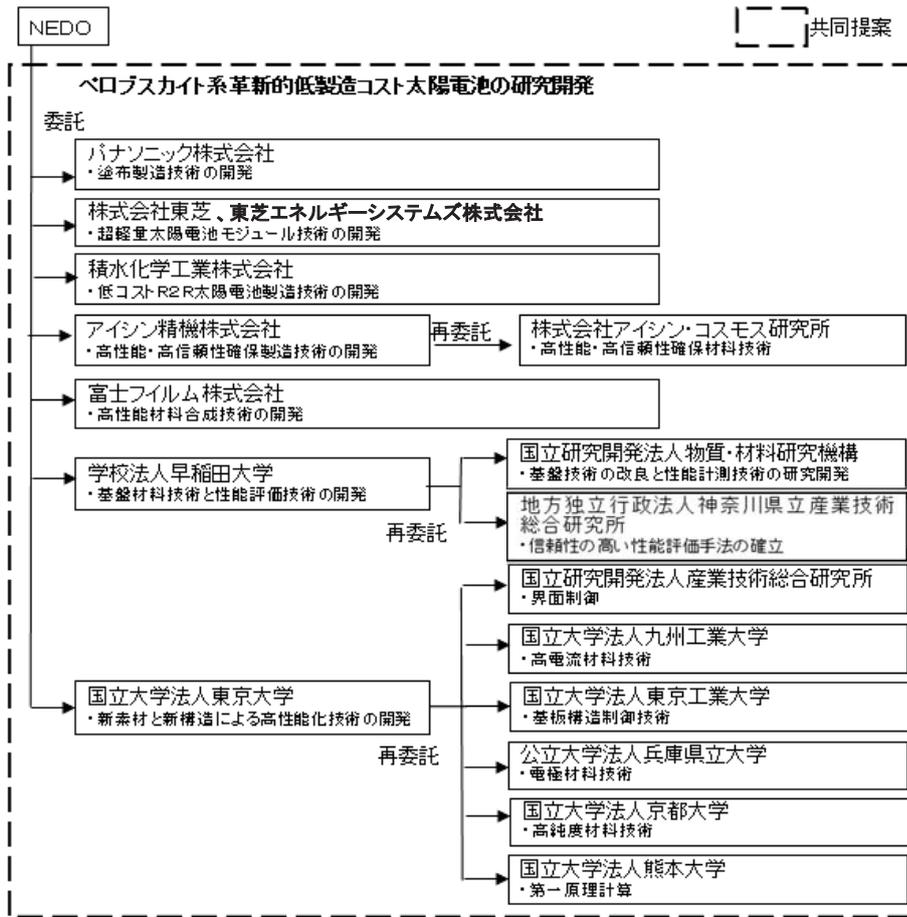
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

実施体制 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)



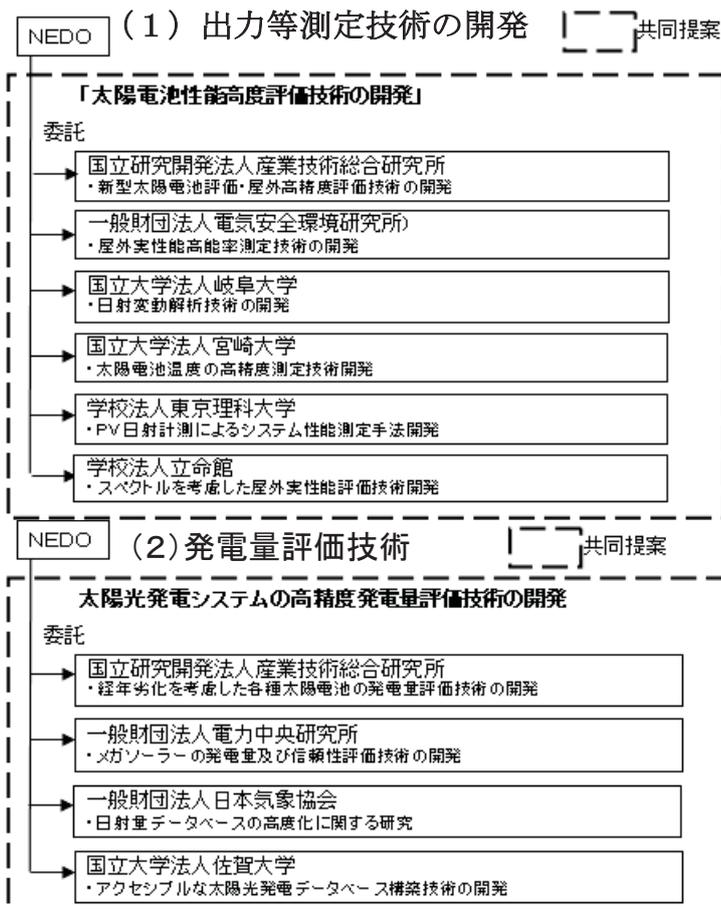
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

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)



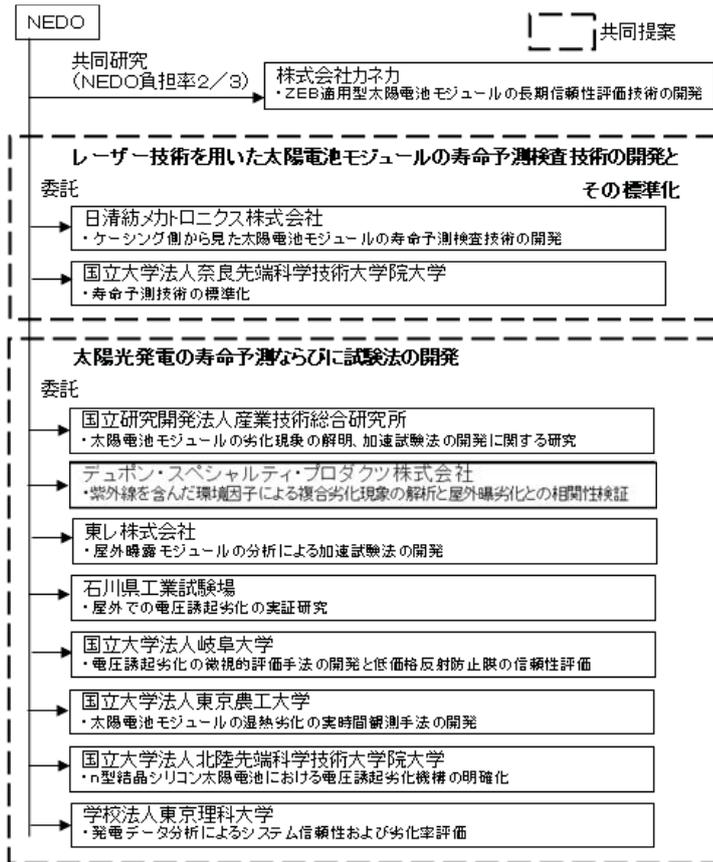
2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

実施体制 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



◆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