

「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発
(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	6

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第31条に基づき研究評価委員会において設置された「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）」（事後評価）の研究評価委員会分科会（平成27年11月13日）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32条の規定に基づき、第47回研究評価委員会（平成28年3月15日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成28年3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「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発
（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）」分科会
（事後評価）

分科会長 松村 道雄

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
「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発
(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成27年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	まつむら みちお 松村 道雄	大阪大学 太陽エネルギー化学研究センター 名誉教授
分科 会長 代理	たかくら ひでゆき 高倉 秀行	立命館大学 理工学部 特別任用教授
委員	うじはら とおる 宇治原 徹	名古屋大学 グリーンモビリティ連携研究センター 教授
	こばやし まさかず 小林 正和	早稲田大学 理工学術院／各務記念材料技術研究所 教授
	すぎもと かんぞう 杉本 完蔵	一般社団法人 太陽光発電協会 幹事会 幹事
	の だ すすむ 野田 進	京都大学大学院 工学研究科 電子工学専攻 教授
	やすたけ きよし 安武 潔	大阪大学大学院 工学研究科 精密科学・応用物理学専攻 教授

敬称略、五十音順

「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発

（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）」（事後評価）

評価概要（案）

1. 総合評価

本プロジェクトは将来のエネルギー問題を解決することを目指した、未来志向的のプロジェクトであり NEDO 事業として異例の長期的将来の目標設定がされているなど、画期的なものである。開発対象は将来の革新的技術であり技術的難易度が高く、公共性の高い事業であるといえる。2050 年の発電コスト 7 円/kWh 未満の達成を目標にして企画され、大学・国研・企業の研究機関の研究者が、オールジャパンに近い形で関わった研究体制で進められた。平成 20 年以降、7 年間にわたり実施された研究開発については、2 段階の中間評価を経てテーマを実現性の高いものに絞り込むと共に、類似テーマを整理してより効率的なものに再編し、体制を進化させつつ推進したことを高く評価できる。その結果、多接合型太陽電池による世界最高の効率の実現のほか、波長スプリッティング型太陽電池などにおいて世界トップレベルの成果を得ることが出来た。中間評価の段階では曖昧であったコスト試算の客観的信頼性が、最終的には無理のないコスト見通しとして示されたことにより、実用化イメージ・出口イメージが明確になり、要素技術を開発していく道筋がかなり具体的になった。

一方、太陽光発電のコストの低減のためには、太陽電池の効率だけでなく、長寿命化とライフサイクルコスト低減も必須要素である。本プロジェクトにおいては、寿命やライフサイクルコストが、どれだけ意識して進められたか疑問が残る。未来志向的な研究を行うときには、フィージビリティスタディに近い内容のものも取り入れることが必要であるが、テーマの選考基準がわかりにくかった。また、2050 年までの長期最終目標に対する中期的目標や短期的目標の設定が曖昧になっている感がある。

革新的太陽光発電技術を世界に先駆けて実用化し、知財権も含めて圧倒的な優位性を確保するためには、基礎研究の段階から多くの企業に関わることが重要であり、より緊密な連携が望まれる。さらに、実用化を目指し革新的太陽光発電技術開発を推進するためには、多くの企業を巻き込み、材料開発、構造開発を同時に進める必要がある。そのためには、基礎研究段階からの NEDO の支援が重要と考えられる。日本企業が基礎研究にほとんど投資をしなくなった現在、基礎研究を含めた開発に対するコストパフォーマンスの高い NEDO のサポートのあり方を検討・整備して行く必要があるのではないかと。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

エネルギーおよび環境問題の解決に向けた国の政策方針に則り、太陽光発電を重要な電源

の一つとして利用するための技術開発である。本事業は、太陽電池の発電効率向上を目標とするとともに、発電コスト 7 円未満/kWh という非常に高い目標を掲げて推進された。現状の太陽電池はシリコン系が主流であるが、発電コスト、効率の劇的な改善にはシリコン以外の材料による技術が必要であることは明らかである。しかしながら、シリコン系以外の太陽電池技術開発を民間だけで行うことには、相当の費用・時間がかかり、また開発の難易度も高いことから、NEDO 事業として実施するのが適切である。また、太陽電池材料に係わる研究開発等は、長期にわたって継続・実現させる必要があり、NEDO が基礎的研究から実用化まで関与することが最も適切であったと評価できる。

一方、長期目標は明確に示されているものの、中期・短期目標があまり明白とは感じられなかった。個別テーマによっては目標の変換効率を達成しているのにもかかわらず、低コスト化へのアプローチを進めていないことには疑問が残った。NEDO としても状況に応じて逐次戦略を明白に示すべきではないか。集光型多接合型太陽電池は、すでに諸外国ではかなりの規模で実用化されているものの、その限界を追求し世界最高の効率を実現したことは評価される。一方で、現時点で効率を数%向上させたことが、将来の革新技術に繋がるかという点では疑問が残る。目標として数値的には評価しにくい新概念、新構造、新材料といったものも広く取り上げ、それらの問題点も示した上で、将来の太陽光発電に予想される姿を積極的に提示してもよかったのではないか。コンソーシアムとしての具体的シナジー効果も見えにくかった。産官学連携では、民間事業者の活性化を促すインセンティブがあってもよいのではないか。

非常に良い技術でも、事業化がうまく行くためには、開発のフェーズが政治・経済情勢等にうまくマッチする必要がある、常にテーマごとの短期・中期・長期的目標を見極めて、それに応じて予算を調整し、バランスよく投資することが引続き重要と考えられる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

変換効率に対する 40%超という目標は挑戦的ではあるが適切な範囲であり、かつ発電コスト 7 円/kWh 未満という目標も大変挑戦的であるが、将来必ずや達成すべき目標として適切であった。実施体制として、3つの研究開発テーマを大学・国研が中心機関となる3グループのコンソーシアムに纏め、国際共同研究が補完する姿は、多岐・多分野にわたる研究開発のマネジメントがうまく機能したといえる。中間評価等を踏まえて、多岐にわたる個別テーマを実現性の高いものに絞り込むと共に、類似テーマを整理してより効率的な体制に再編して、各グループリーダーがリーダーシップを発揮して最終目標に到達していることなど、研究開発のマネジメントが機能していると思われる。

今回は、性能に対する達成目標しか設定されなかったが、本事業のように未来志向的なプロジェクトの場合は、目標設定の考え方に工夫が必要だったと思われる。また、7 円/kWh 未満の発電コスト目標の達成は、既存・既知の方式の延長による達成はかなり困難であることが予想され、目標達成のためには新たな概念・構造・材料の探索は不可欠であろう。単にテーマを絞り込むだけでなく、さらに多くのチャレンジングなテーマを順次取り上げて、それらの可能性の評価を行うことも必要ではなかったか。実用化に対して、中期的・短期的な

目標設定を明確に行い、産業界への技術移転が行われる道筋を示すべき時期であろう。国際共同研究に関しては、意見交換等による研究シナジーが具体的にどのように反映されたかを示すことでより成果が明確になると思われる。

目標設定と一部関連するが、未来志向的なプロジェクトの場合は、現時点では性能評価の難しいチャレンジングな方式、材料等の可能性を探索することも重要であり、さらに性能目標の達成以上に、原理確認やメカニズム解明がより一層重要となる。今後、限られた分野の専門家だけではなく、評価や理論計算などの研究者等の参加による、より広範な視点からの推進が必要であろう。

2. 3 研究開発成果について

変換効率の目標はほぼ達成されたと評価できる。一部成果は市場に投入され、実用化に向けた評価が行われる段階に達している。集光型多接合太陽電池、波長スプリッティング型太陽電池などにおいては、世界最高の効率、世界トップクラスの性能が得られており、比較的近い将来に実用化される可能性がある。量子構造太陽電池が、多接合の一部として有効に働くことを示した成果は、これまで組成の制御がメインであった化合物半導体のバンド制御法に、新たな切り口をあたえて、圧倒的に設計の自由度を高めたところに、大きな可能性を示した。メカニカルスタックデバイス化技術により、III-V属化合物セル等の直接接合セルで最終目標 30%を超えた 31.6%（非集光）を達成したことにより、今後の量産性や低コストに向かう実用化技術の展開が期待できる。全体的には軌道修正しながら計画に沿って進捗し、2050 年における変換効率および発電コストへのアプローチの探索と可能性の実証という目標は、相当のレベルで達成したと考えられる。

一方、絞り込みにより中止されたテーマには、何らかの問題や継続しない理由があったと思われるが、本プロジェクトのような探索的基礎研究では、将来における太陽光発電技術の飛躍のために、研究の成功例を示すだけでなく、一見失敗例と見られる結果についても、その問題点を積極的に情報発信することも必要ではなかったか。材料開発はもともと非常に時間がかかることは理解しているが、材料開発に関係するフィージビリティスタディの研究成果について、あまり大きな成果が得られていなかったことが残念であった。今回のプロジェクトは多接合もしくはそれに類する方法の追求となり、マルチバンド・ホットキャリア・アップコンバージョン等については、ほとんど検討されていなかったが、これらの検討を行なうことも重要であったかもしれないと思われる。

高品質サンプル作製技術を駆使して技術開発を行い、変換効率の改善を達成したことは大変有意義であったが、それは高コスト化を示すことに他ならない。どのような方法で作製技術を低コスト化させることが可能かを示すことが実用化の上で重要な指針になると考えられるが、その点に対する具体的成果が希薄であった。

探索的基礎研究については、今回の目標設定に基づくと、その成果があまり評価できないものが多く出てくる。新原理太陽電池の実用化を加速するためには、新材料の開発指針、デバイス設計原理、新概念の実証や理解度、およびその内容を簡明に説明できるかどうか、といった観点の目標設定ができないか、今後、目標設定と成果の評価のあり方も検討する必要

がある。

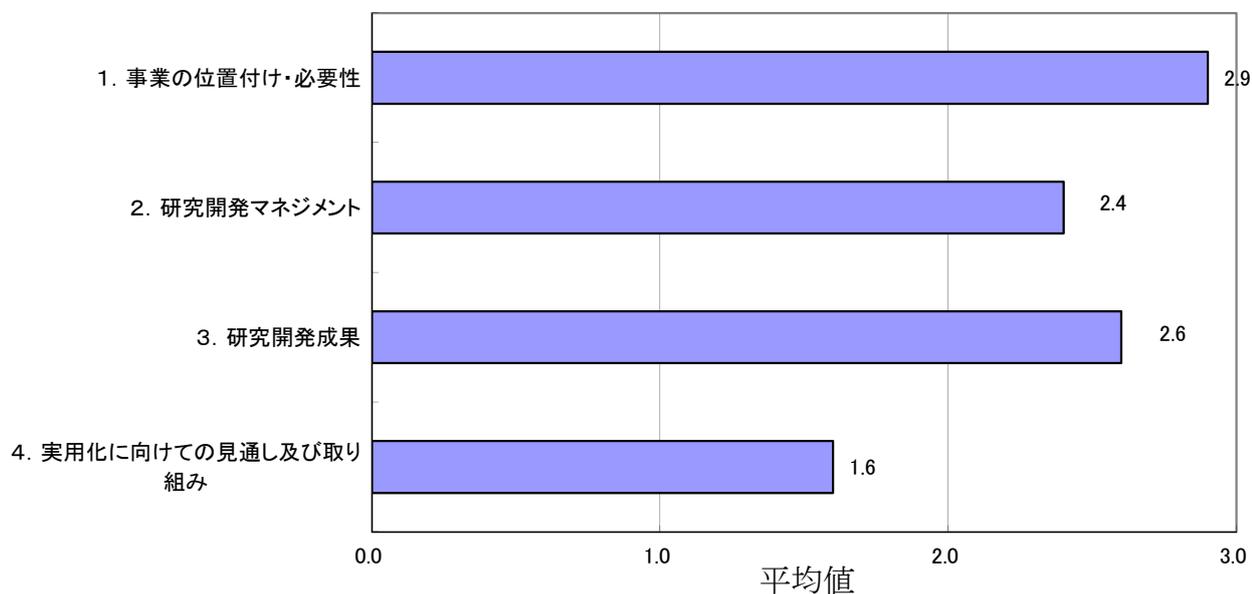
2. 4 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

集光型多接合太陽電池、波長スプリッティング型太陽電池や電極材料など、多くの要素技術について進展が見られており、比較的近い将来に実用につながる可能性が示された。特にシャープの格子不整合系3接合太陽電池は、中東産油国での集光型システム導入に向けた取り組みが既になされつつあり、実用化に近いイメージである。産総研グループのメカニカルスタック技術、東工大グループの低倍率集光システムは、実用化イメージがクリアであり、課題及びマイルストーン、引き継ぐ研究開発体制も明確にされており高く評価できる。他の多くのテーマについても、概ね成果の関連分野への波及効果が期待でき、プロジェクトの実施自体も、当該分野の研究開発や人材育成等を促進する効果が十分にあった。

一方、本研究の目的は、2050年までの変換効率向上と、発電コスト低減の可能性を追求し実証することであるが、実用化を目指してプロジェクトを進める上では、長期的展望に立ったコスト評価、および社会のエネルギーシステム全般に関する知見をもった専門家の意見を取り入れて、得られた研究成果が将来の太陽光発電にどのように生かされるかの検討が必要であり、その上で実用化のためにはどのような課題があるかについても提示する必要があった。

実用化の面で優先されるのは発電コストであり、本プロジェクトの成果を実用化するため「発電コストが汎用電源未満」を達成するには、「変換効率40%」を絶対条件とするのではなく、「発電コスト低減」を優先した上で、将来的には設置可能面積の制約が拡大することを踏まえて、太陽光発電システムの面積効率を含めた評価があつてよいのではないかと考える。また、低コスト化においては、材料探索か、プロセスの大きな革新が必要となることから、探索的研究テーマでは太陽電池の性能だけではなく、これらを評価する目標設定を今後は考慮することが望ましい。

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	B	A	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	A	C	B	A	A	A	
3. 研究開発成果について	2.6	B	B	A	A	B	A	A	
4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	1.6	B	B	C	C	C	B	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. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて
・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
「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発
(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」
(事後評価) 分科会

日 時 : 平成27年11月13日(金) 9:45～17:30

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3F

議事次第

【公開セッション】

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| 1. 開会、資料の確認 | 9:45～ 9:50 (5分) |
| 2. 分科会の設置について | 9:50～ 9:55 (5分) |
| 3. 分科会の公開について | 9:55～10:00 (5分) |
| 4. 評価の実施方法 | 10:00～10:15 (15分) |
| 5. プロジェクトの概要説明 | |
| 5.1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発マネジメント」 | |
| 5.2 「研究開発成果」及び「実用化に向けての見通し
及び取り組み」 | 10:15～10:50 (35分) |
| 5.3 質疑 | 10:50～11:10 (20分) |

【非公開セッション】

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| 6. プロジェクトの詳細説明 | |
| 6.1 ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発 | 11:10～12:20 (70分)
(説明40分、質疑30分) |

(昼食・休憩 50分)

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 6.2 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発 | 13:10～14:20 (70分)
(説明40分、質疑30分) |
|------------------------------|------------------------------------|

(休憩 15分)

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 6.3 高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステム
の研究開発 | 14:35～15:25 (50分)
(説明30分、質疑20分) |
|---------------------------------------|------------------------------------|

(休憩 10分)

6.4 低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発 15:35～16:45 (70分)
(説明 40分、質疑 30分)

7. 全体を通しての質疑 16:45～17:00 (15分)

(入替・休憩 10分)

【公開セッション】

8. まとめ・講評 17:10～17:25 (15分)

9. 今後の予定、その他 17:25～17:30 (5分)

10. 閉会 17:30

概要

最終更新日 平成 27 年 11 月 6 日

プログラム (又は施策) 名	H22FY：エネルギーイノベーションプログラム H20-21FY：新エネルギー技術開発プログラム								
プロジェクト名	太陽エネルギー技術研究開発 革新的太陽光発電技術研究開発 (革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)					プロジェクト番号	07015		
担当推進部	新エネルギー部								
0. 事業の概要	本プロジェクトでは太陽光発電技術に関連し、新材料・新規構造等を利用して飛躍的な高性能化へのアプローチを探索し、可能性を実証することを目標にした研究開発を行う。そのために研究開発の中心となる研究拠点を設置し、他研究機関と協力関係を構築しながら、ブレイクスルーを探る。研究拠点はリーダーシップを発揮しながら研究開発を実施・推進するのみならず、海外との研究協力（人材交流等）、及び、成果と情報の集積・交換の場としての役目を果たす。								
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>①太陽光発電は、総合科学技術会議の「第 3 期科学技術基本計画」（平成 18 年 3 月閣議決定）において戦略重点科学技術に、また、平成 19 年 4 月資源エネルギー庁公表の「エネルギー技術戦略（技術戦略マップ 2007）」において新エネルギーの開発・導入促進に寄与する技術の中でも特に政策目標への寄与が大きいと思われる技術に、それぞれ位置付けられている。更に、平成 19 年 3 月に改定された「エネルギー基本計画」において、自立した環境適合的なエネルギー需給構造を実現するため、太陽光発電をはじめとする新エネルギーの着実な導入拡大を図ることが挙げられている。</p> <p>②また、新・国家エネルギー戦略（平成 18 年 5 月公表）において、新エネルギーの中長期的な成長支援として太陽電池の技術開発支援を進めることが謳われている。本研究開発は太陽光発電システムの技術開発により、経済性・性能を飛躍的に改善することを目標に行うものであり、まさにそういった背景と合致する。</p> <p>③近年、米国のソーラー・アメリカ計画（SAI）や欧州の戦略的研究計画（SRA）が太陽電池に関する技術開発計画として策定された。特筆すべきことに、その双方で新材料・新規構造等による革新的な太陽電池の開発についても述べられており、革新的な太陽電池に関するいくつかの開発プロジェクトが立ち上がっている。これに対し、日本の技術的優位性を超長期に渡って維持するためには、本研究開発を立ち上げ、積極的かつ継続的な研究開発を実施する必要がある。</p> <p>④本研究開発は新材料・新規構造等を用いた革新的な技術開発であることから、開発の推進には斬新な発想も必要になると考えられる。このような斬新な発想を得るためには国内は元より、広く海外からも知的資源を集める必要があり、海外研究機関との研究協力はその有効な手法の一つだと考えられる。</p> <p>本研究開発は研究拠点を中心とした強固な体制で、海外の研究機関との研究協力をを行いながら、従来技術の延長上にはない革新的な技術の開発を推進するものであり、民間のみでは実施しえない技術開発である。更に本研究開発は太陽光発電の技術開発を通じ、温室効果ガスの排出量削減への寄与が期待できるものであり、非常に公共性が高い事業でもあるため NEDO が推進することがふさわしい。</p>								
II. 研究開発マネジメントについて									
事業の目標	2050 年までに「変換効率が 40%」かつ「発電コストが汎用電源未満（7 円/kWh 未満）」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、本研究開発は変換効率 40%の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。								
事業の計画内容	主な実施事項	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	
	ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発	←							→
	高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発	←							→
	低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発	←							→
	革新的太陽電池評価技術の研究開発（日米共同開発）		←	→					
	高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発（日 EU 共同開発）					←	→		
開発予算	会計・勘定	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY	H25FY	H26FY	総額

(単位：億円) 契約種類：委託	一般会計	0	0	0	0	0	0	0	0
	特別会計（需給）	27.2	17.9	27.2	20.2	21.2	16.8	12.7	143.2
	総予算額	27.2	17.9	27.2	20.2	21.2	16.8	12.7	143.2
開発体制	経済産業省担当原課	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	設置せず。ただし、下記の各グループはグループリーダーとして NEDO が指名 東大 G：中野 義昭 教授 産総研 G：近藤 道雄 センター長（平成 20 年度～平成 24 年度） 仁木 栄 センター長（平成 25 年度～平成 26 年度） 東工大 G：小長井 誠 教授 日 EU 共同開発：山口 真史 教授							
	委託先	『Ⅱ．研究開発マネジメントについて』の図 1～11（実施体制）参照							
情勢変化への対応	<p>【平成 20 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> より強固な体制での研究開発実施の為、当初示達額 18.7 億円に対し、4.7 億円の予算増額を行った。 補正予算 5.0 億円で、後年度購入予定装置の一部を前倒し購入し、研究開発を加速した。 <p>【平成 21 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 革新的太陽電池のモジュール評価技術を確立する為に、追加公募を行った。 「ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発」を加速する為に、2.1 億円の予算増額を行った。 <p>【平成 22 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 集光型太陽電池のモジュール設計、評価技術を確立する為に、追加公募を行った。 『量子ドット』太陽電池等の開発を加速する為に、4.1 億円の予算増額を行った。 <p>【平成 23 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 中間評価の結果を踏まえ、サブテーマ数を 71 から 56 に絞り込んで本事業を継続した。 <p>【平成 24 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 『3 接合化合物』太陽電池の実用化を加速する為に、2.5 億円の予算増額を行った。 <p>【平成 25 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 中間評価の結果を踏まえ、サブテーマ数を 56 から 45 に絞り込んで本事業を継続した。 <p>【平成 26 年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> 実用化に向けた性能向上技術および低コスト化技術の開発指針策定を目指し、1.7 億円の予算増額を行った。 								
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施（担当部：新エネルギー技術開発部）							
	中間評価	平成 22 年度実施、平成 24 年度実施							
	事後評価	平成 27 年度実施							
Ⅲ．研究開発成果について	<p>【平成 22 年度中間目標及び成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⅲ-V 族系材料による高集光多接合太陽電池で非集光時の変換効率 33%と集光時の変換効率 42%を達成する。また、新概念太陽電池については動作原理を検証する。高度光利用技術についてはデバイスプロセスと組み合わせて量子収率を 10%高めることに資する。→非集光時変換効率 35.8%、集光時変換効率 42.1%を達成。量子ドットを利用した 2 段階の光学遷移を実証。GaAs セルで 10%程度の光吸収効率向上を達成。 シリコンおよび化合物多接合太陽電池について要素セル材料の開発並びにデバイス化により多接合太陽電池で変換効率 20%を達成する。新概念太陽電池については動作原理を検証する。高度光利用技術についてはデバイスプロセスと組み合わせて変換効率 20%に資する。→新概念太陽電池の動作原理を実証。その他は未達。 バンドエンジニアリング、薄膜フルスペクトル太陽電池、光のマネジメント・TCO 等の研究開発により、低倍率集光時、真性変換効率 20%（有効受光面積：1cm²）を達成する。→20.3%達成。 集光型太陽電池の屋内における高精度評価技術の開発を完了すると共に、日本と米国内での屋内外性能測定との比較検証を行う。従来開発した単接合および従来型 2 接合太陽電池の評価技術をベースに、従来より広いスペクトル領域で感度特性を有する Si 系以外および 3 接合以上を含めた革新的材料および構造を持つ薄膜多接合太陽電池の評価技術の開発を完了する。→目標達成。 <p>【平成 24 年度中間目標及び成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⅲ-V 族系材料による高集光多接合太陽電池で非集光時の変換効率 36%と集光時の変換効率 45%を達成する。また、新概念太陽電池については動作原理を検証し、窒化物セルにおいて非集光時変換効率 10%（単接合）および 20%（多接合）、量子ドットマルチバンドセルにおいて集光時変換効率 25%を達成する。光マネジメント技術についてはデバイスプロセスと組み合わせて量子ナノ構造層の光吸収を 3 倍に高め、上記目標の達成に資する。→非集光時変換効率 37.5%を達成、世界記録更新。集光時変換効率 43.5%を達成、世界タイ記録。量子ナノ構造層の光吸収 3 倍達成。 ボトムセルおよびトップセルの要素材料の開発並びにデバイス化を行う。また高度光利用技術、スマートスタック技術を開発し、多接合太陽電池で変換効率 20%を達成する。→21.9%を達成。 薄膜フルスペクトル太陽電池の光吸収層、ならびに周辺技術等の研究開発により、低倍率集光時、真 								

	<p>性変換効率 25% (有効受光面積: 1cm²) を達成する。→21.8%を達成、世界記録更新。</p> <ul style="list-style-type: none"> セル変換効率 42%以上、モジュール変換効率 33%以上を達成し、集光型太陽電池の高精度測定の問題を明確にする。→セル変換効率 43.5%達成。その他は達成予定。 <p>【平成 26 年度最終目標及び成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> Ⅲ－Ⅴ族系材料による高集光多接合太陽電池で、3 接合セルでは非集光時の変換効率 36%と集光時の変換効率 45%を、4 接合セルでは非集光時の変換効率 39%と集光時の変換効率 48%を達成する。また、新概念太陽電池については変換効率 40%を達成する。→3 接合非集光時変換効率 37.9%を達成、世界記録更新。集光時変換効率 44.4%を達成、世界最高記録。 ボトムセルおよびトップセルについて要素セルの高度化ならびに高度光利用技術の組み合わせにより多接合太陽電池で変換効率 30%を達成する。→変換効率 31.6%を達成。 薄膜フルスペクトルセルにより、真性変換効率 40% (低倍率集光、有効受光面積: 1cm²) を達成する。→波長スプリッティングにより変換効率 38%を達成。 セル変換効率: 45%以上、モジュール変換効率: 35%以上を達成する。また、集光型太陽電池の標準測定技術を確立する。(測定再現性±0.5%以内) →集光時変換効率 44.4%を達成。集光型標準測定技術を確立した。 	
	投稿論文	「査読付き」832 件、「その他」73 件 (H27 年 2 月末現在)
	特許	「出願済」150(37)件 (うち国際出願件) (H27 年 2 月末現在)
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」3,337 件、「新聞・雑誌等への掲載」219 件、「受賞実績」111 件 「展示会への出展」45 件 (H27 年 2 月末現在)
IV. 実用化の見通しについて	<p>太陽光発電ロードマップ PV2030+によれば 2050 年には国内市場向けだけでも太陽光発電産業は約 4 兆円産業に成長すると推定される。</p> <p>本事業は超長期的な技術開発を進め、革新的な技術により太陽光発電の変換効率の向上及び発電コストの低減を目指すものであるが、それらの技術開発は、短期的にも現状の太陽電池の特性向上に役立つ技術への波及効果が期待でき、我が国の太陽光発電産業の国際競争力の維持向上が期待される。</p>	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 20 年 3 月 策定
	変更履歴	<p>平成 20 年 8 月 内容の明確化の為、『拠点』を『中心研究機関』あるいは『グループ』に変更</p> <p>平成 20 年 10 月 達成目標について、委託先と協議の上、詳細な数値を決定し追記</p> <p>平成 21 年 8 月 「革新的太陽電池評価技術の研究開発」を追記</p> <p>平成 22 年 3 月 「新エネルギー技術研究開発」基本計画の研究開発項目⑦「革新的太陽光発電技術研究開発 (革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」及び新規研究開発項目「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」を統合し新たに「太陽エネルギー技術研究開発」基本計画を制定し、同時に「日・EU エネルギー技術協力 太陽光分野」を追記</p> <p>平成 23 年 3 月 中間評価の結果を踏まえ、達成目標について、平成 24 年度中間目標の追記及び平成 26 年度最終目標の修正</p> <p>平成 24 年 3 月 「日・EU エネルギー技術協力 太陽光分野」を「高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発 (日 EU 共同開発)」に変更し、同時に達成目標について、詳細な数値を追記</p> <p>平成 25 年 3 月 研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発 (革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」の 4. 達成目標の最終目標 (平成 26 年度末) を修正</p> <p>平成 25 年 6 月 研究開発項目①「革新的太陽光発電技術研究開発 (革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)」の 4. 達成目標の (2) 高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発のグループリーダーの変更に伴う修正</p>

1. 事業の位置付け・必要性について (1)事業の目的の妥当性

— 上位施策の概要 —

Cool Earth—エネルギー革新技術計画 (2008年3月)

— 計画の狙い —

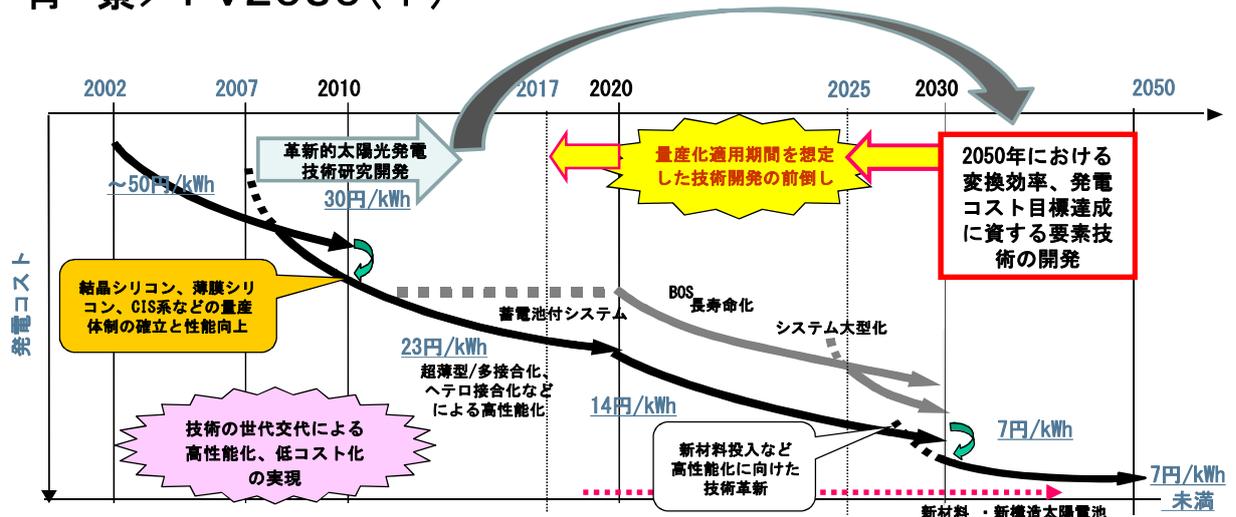
- 「世界全体の温室効果ガス排出量を2050年までに半減」という長期目標達成に向け、
 - ・従来の延長線上にない革新的なエネルギー技術開発が不可欠。
 - ・我が国が誇る世界トップ水準のエネルギー技術によって、世界をリード。
- このため、重点的に取り組むべき技術を特定、ロードマップを作成するとともに、国際連携のあり方を検討。

— 重点的に取り組むべき「21」のエネルギー革新技術 —



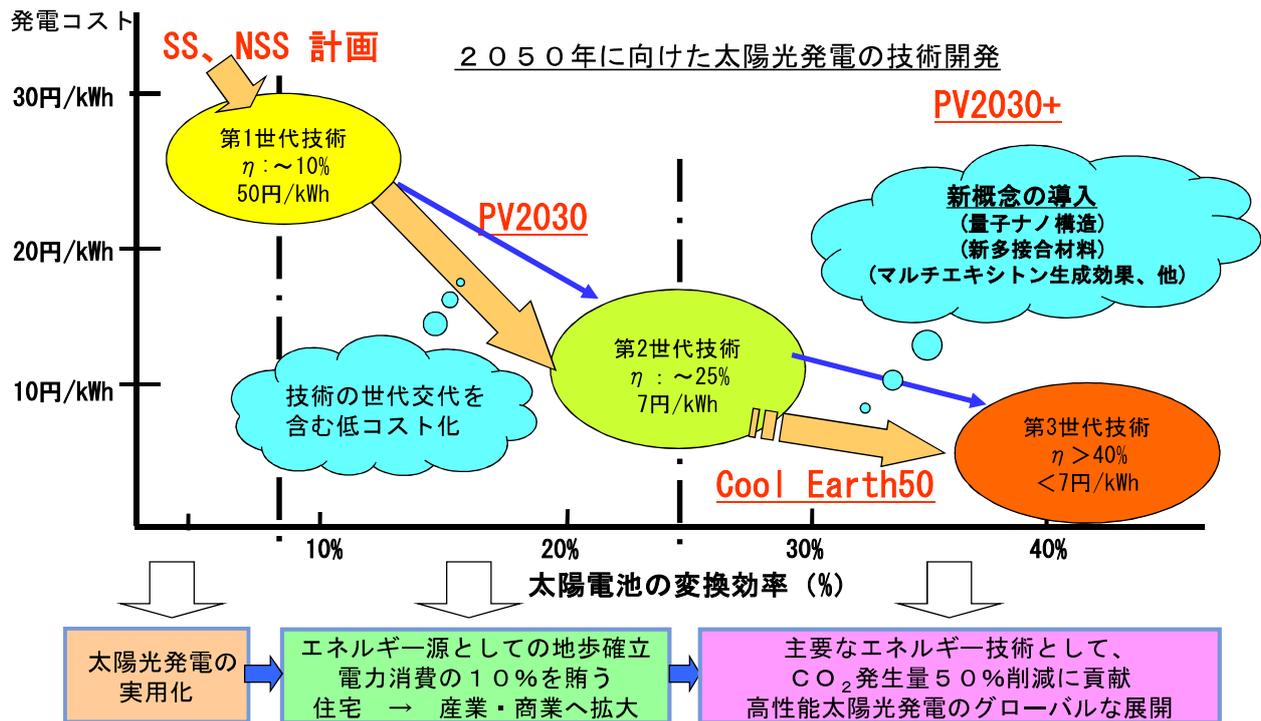
2. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

— 背景/PV2030(+)—



実現時期(開発完了)	2010~2020年	2020年(2017年)	2030年(2025年)	2050年
発電コスト	家庭用電力並 23円/kWh程度	業務用電力並 14円/kWh程度	汎用電源並み 7円/kWh程度	汎用電源未滿 7円/kWh未滿
モジュール変換効率 (研究レベル)	実用モジュール16% (研究セル20%)	実用モジュール20% (研究セル25%)	実用モジュール25% (研究セル30%)	超高効率モジュール 40%
国内向生産量(GW/年)	0.5~1	2~3	6~12	25~35
国外向生産量(GW/年)	~1	~3	30~35	~300

－背景／PV2030(+)－



10/42

－背景／PV2030(+)－

2050年に向けた太陽電池セル・モジュール変換効率目標 (%)

	太陽電池 ¹⁾	現状※		2017年		2025年		2050年
		モジュール (%)	セル ⁵⁾ (%)	モジュール (%)	セル ⁵⁾ (%)	モジュール (%)	セル ⁵⁾ (%)	モジュール (%)
個別技術の開発目標	結晶Si ²⁾	~16	25	20	25	25	(30)	40%の 超高効率 太陽電池 (追加開発)
	薄膜Si	~11	15	14	18	18	20	
	CIS系	~11	20	18	25	25	30	
	化合物系 ³⁾	~25	41	35	45	40	50	
	色素増感	—	11	10	15	15	18	
	有機系 ⁴⁾		5	10	12	15	15	

1)セルは技術の到達水準を示す指標で、研究室での小面積セル。モジュールは実用化技術段階。
 2)結晶シリコンは単結晶、多結晶などを区別せず、シリコン基板を用いた太陽電池として設定。
 3)集光時の変換効率。
 4)新しい太陽電池として有機系太陽電池にも開発目標を設定した。
 5)モジュール目標を達成するために最低限必要なセルの変換効率。
 ※PV2030+策定時(2009年6月時点)

11/42

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－

2050年までに「変換効率が40%」かつ「発電コストが汎用電源未満（7円/kWh未満）」の太陽電池を実用化することを目指した研究開発の中で、本研究開発は変換効率40%の実現に向けた技術の基礎・探索研究段階と位置づけて研究開発を実施する。

12 / 42

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

－全体スケジュール・予算－

研究開発テーマ名	中間評価		中間評価		事後評価			
	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度
①ポストシリコン 超高効率太陽電池の研究開発	8件		7件		6件			
②高度秩序構造を有する 薄膜多接合太陽電池の研究開発	14件		13件		9件			
③低倍率集光型 薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発	12件		11件		9件			
④革新的太陽電池評価技術の研究開発 (日米共同開発)	1件							
⑤高効率集光型太陽電池セル、モジュール 及びシステムの開発(日EU共同開発)			5件		5件			
委託先数合計	34	35	35	36	36	29	29	

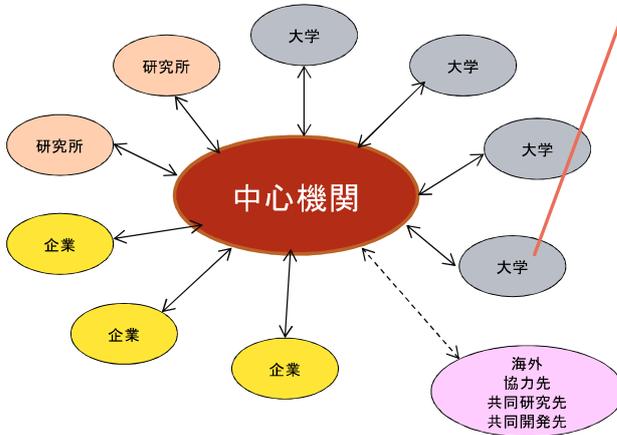
研究開発予算（実績）の推移 [単位：億円]

研究開発テーマ名	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	総額
①ポストシリコン 超高効率太陽電池の研究開発	14.2	7.3	6.8	6.4	7.9	6.3	5.8	54.7
②高度秩序構造を有する 薄膜多接合太陽電池の研究開発	6.6	4.8	6.3	6.0	5.5	4.5	3.0	36.7
③低倍率集光型 薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発	6.4	5.5	5.4	6.2	5.8	4.4	2.8	36.5
④革新的太陽電池評価技術の研究開発 (日米共同開発)	—	0.3	8.7	—	—	—	—	9.0
⑤高効率集光型太陽電池セル、モジュール 及びシステムの開発(日EU共同開発)	—	—	—	1.6	2.0	1.6	1.1	6.3
合計 特別会計(需給勘定)	27.2	17.9	27.2	20.2	21.2	16.8	12.7	143.2

13 / 42

一実施体制一

東大、産総研、東工大が中心機関となり3グループで研究開発を実施
更に、米国・EUとの共同開発も追加実施



国際協力・共同開発

世界の最先端技術を持つ研究機関等と協力し研究開発を進める
(意見交換、サンプル評価等の協力を実施)

(東大G)
マドリッド工科大学 (スペイン)
フラウンホーファー研究所 (独) 等

(産総研G)
ユーリッヒ研究所 (独)
ヘルムホルツベルリン研究所 (独) 等

(東工大G)
ペンシルベニア州立大学 (米)
ステュットガルト大学 (独) 等

(日米共同開発)
NREL (米)

(日EU共同開発)
マドリッド工科大学 (スペイン)
フラウンホーファー研究所 (独) 等

これらの機関は協力先かつコンペティター
該当機関他の動向について国際学会等で情報
収集し本研究開発へ反映

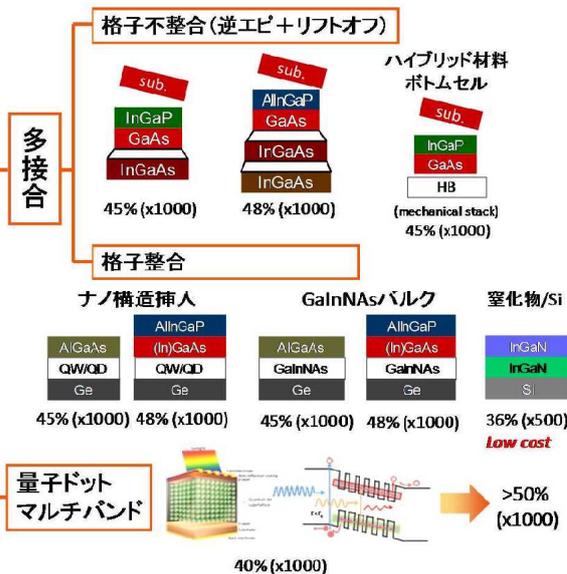
一ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発一

<最終目標>

- III-V 族系材料による高集光多接合太陽電池で変換効率45%以上 (3接合・1,000倍集光時)、変換効率48% (4接合・1,000倍集光時) を達成する。
- 新概念太陽電池については、窒化物セルにおいて非集光時変換効率20% (単接合) および30% (多接合)、量子ドットマルチバンドセルにおいて27% (非集光時)、40% (集光時) を達成する。
- 高度光利用技術についてはデバイスプロセスと組み合わせて量子ナノ構造層の光吸収を10倍に高め、上記目標の達成に資する。

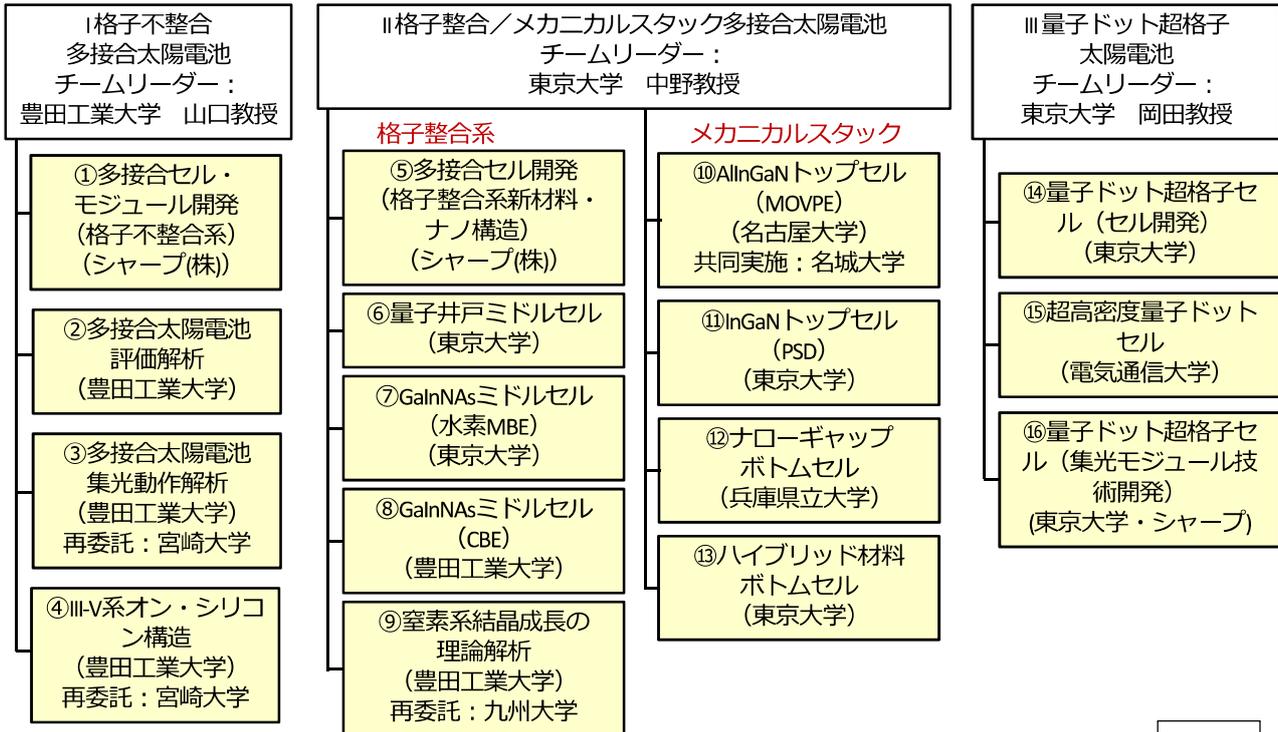


1000倍集光下で
変換効率48%を得る
III-V半導体セル



一ポストシリコン超高効率太陽電池（東大グループ）実施体制 一

プロジェクトリーダー：東京大学大学院工学系研究科・先端科学技術研究センター 教授 中野 義昭

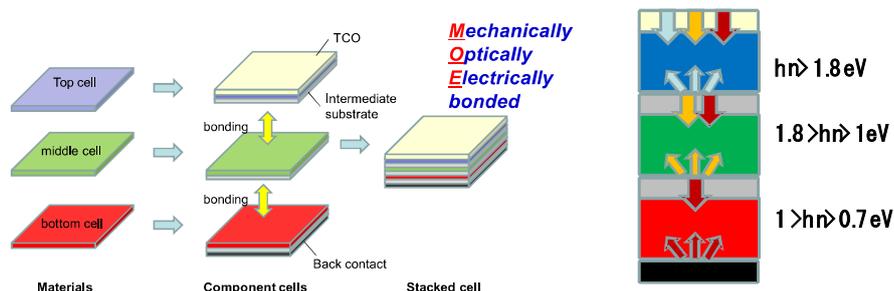


一高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発一

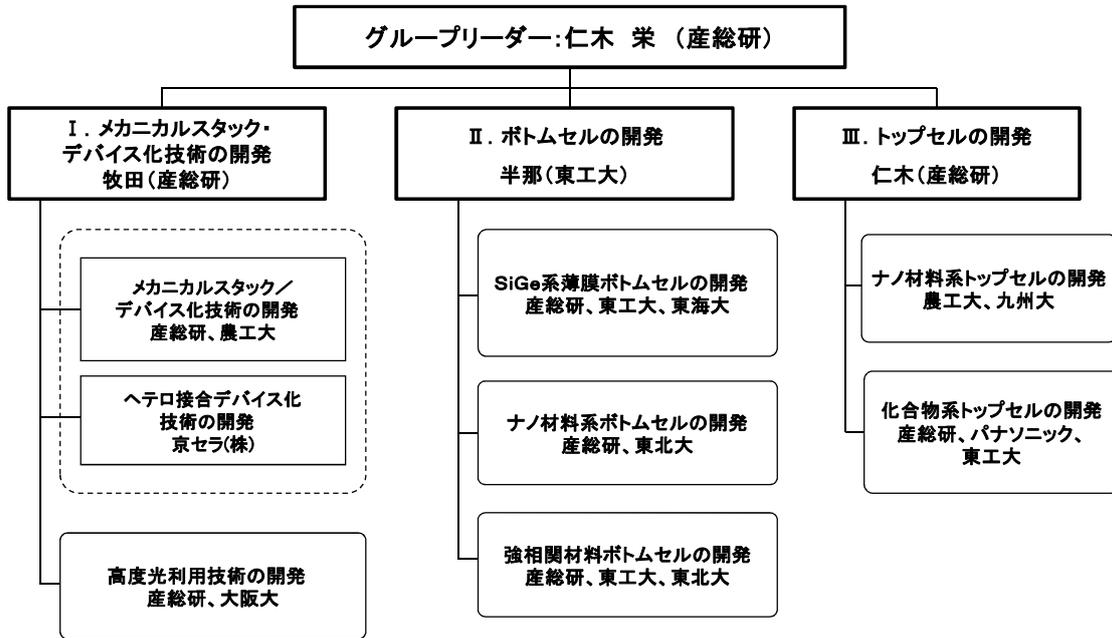
<最終目標>

ボトムセルおよびトップセルについて要素セルの高度化ならびに高度光利用技術の組み合わせにより多接合太陽電池（非集光）で変換効率30%を達成する。またこれをコスト50円/Wで可能とする技術を開発する。

- ◆非集光、低コスト → 薄膜、シリコンやCIS技術も活用
- ◆高効率 → 多接合、秩序構造 (単結晶、多結晶薄膜) 3~4接合 (実用性考慮)
- ◆新概念 (量子ドット、プラズモン、多重励起子)
- ◆柔軟性 → メカニカルスタック (2端子モノリシック)
- ◆高度光利用 → フォトニック構造、高性能TCO



一高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池（産総研グループ）実施体制一

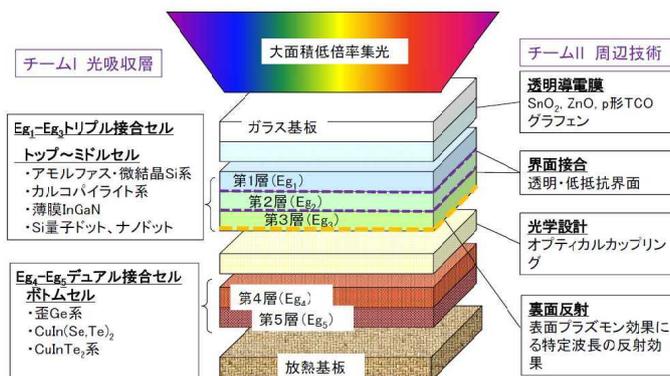


一低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発一

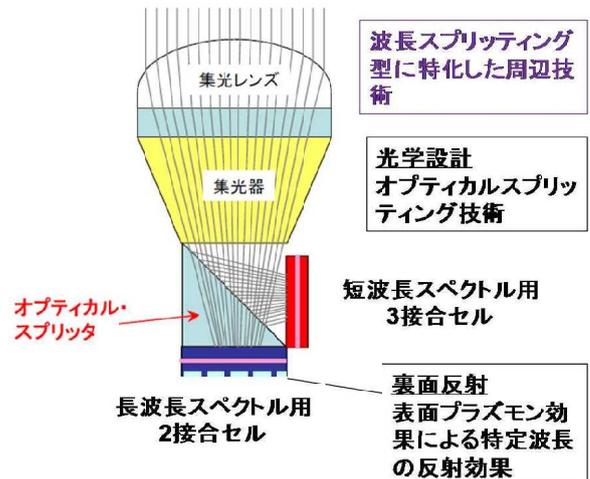
<最終目標>

小面積の5~6接合薄膜フルスペクトルセルにより、真性変換効率40%（低倍率集光、有効受光面積：1cm²）を達成する。

①メカニカルスタック型5接合

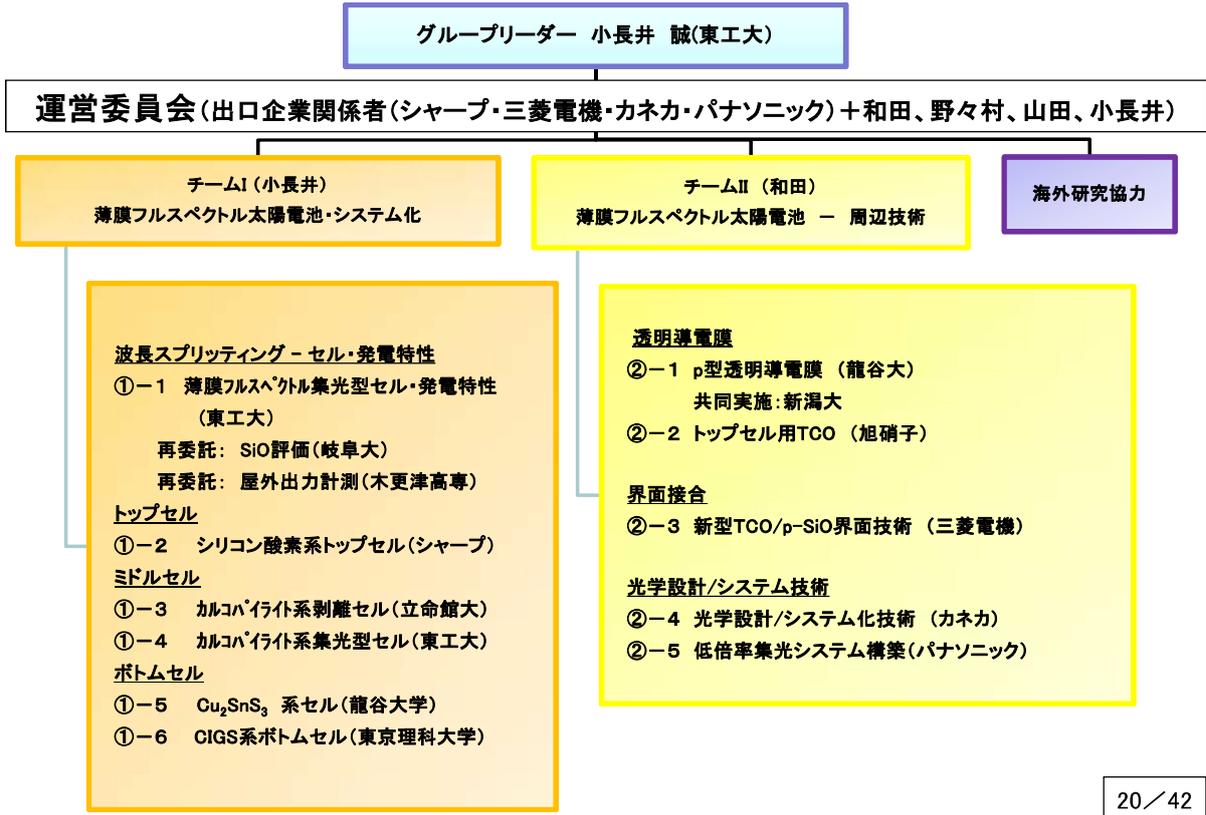


②波長スプリッティング型5接合



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

—低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池（東工大グループ）実施体制—

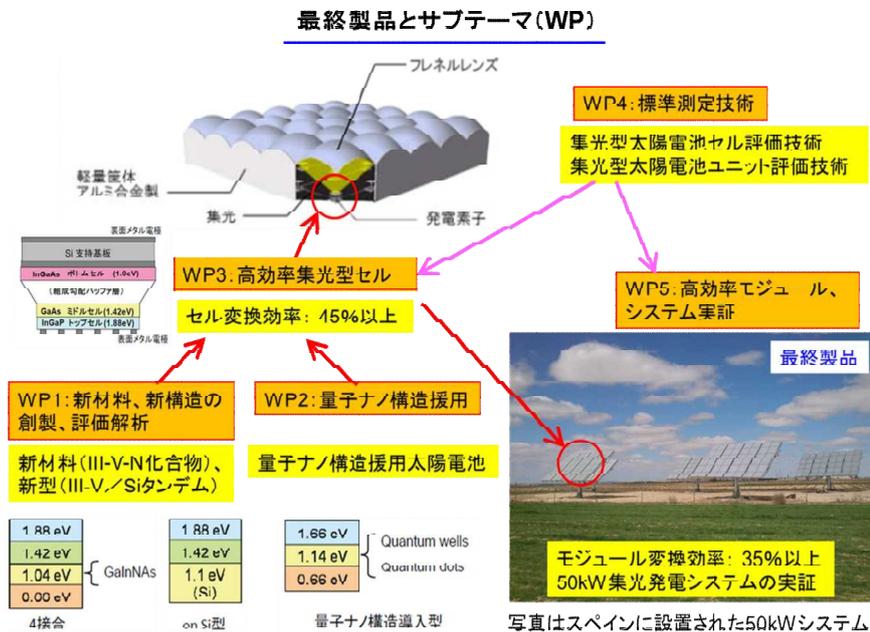


2. 研究開発マネジメント (3)研究開発の実施体制の妥当性

—超高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発(日EU共同開発)—

<最終目標>

- セル変換効率45%以上を達成する。
- モジュール変換効率35%以上を達成する。
- 集光型太陽電池の標準測定技術を確立する。(測定再現性±0.5%以内)



— 超高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発
(日EU共同開発) 実施体制 —

New Generation CPV

次代を担う超高効率集光型太陽光発電の共同研究開発
A new generation of concentrator photovoltaic cells, modules and systems (NGCPV)
リーダー: 山口真史(豊田工大)、A. Luque (UPM)
サブリーダー: 岡田至崇(東大)、A. Bett (Fraunhofer ISE)

WP1: 新材料、新構造の創製、評価解析

豊田工大、UPM、東大、宮崎大、旭化成、神戸大、タカノ、FhG-ISE、IC-STM

WP2: 量子ナノ構造援用

東大、UPM、豊田工大、宮崎大、神戸大、FhG-ISE、IC-STM

WP3: 高効率集光型セル

FhG-ISE、シャープ、豊田工大、宮崎大、UPM

WP4: 標準測定技術

産総研、FhG-ISE、大同特殊鋼、UPM、IC-STM、ENEA、BSQ、CEA-INES

WP5: 高効率モジュール、システム実証

UPM、大同特殊鋼、宮崎大、BSQ、CEA-INES

UPM: マドリッド工科大<スペイン> FhG-ISE: フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所<ドイツ>
IC-STM: インペリアル・カレッジ・ロンドン<イギリス> ENEA: イタリア・新技術・エネルギー・環境庁<イタリア>
BSQ: BSQソーラー<スペイン> CEA-INES: CEA国家太陽エネルギー研究所<フランス>