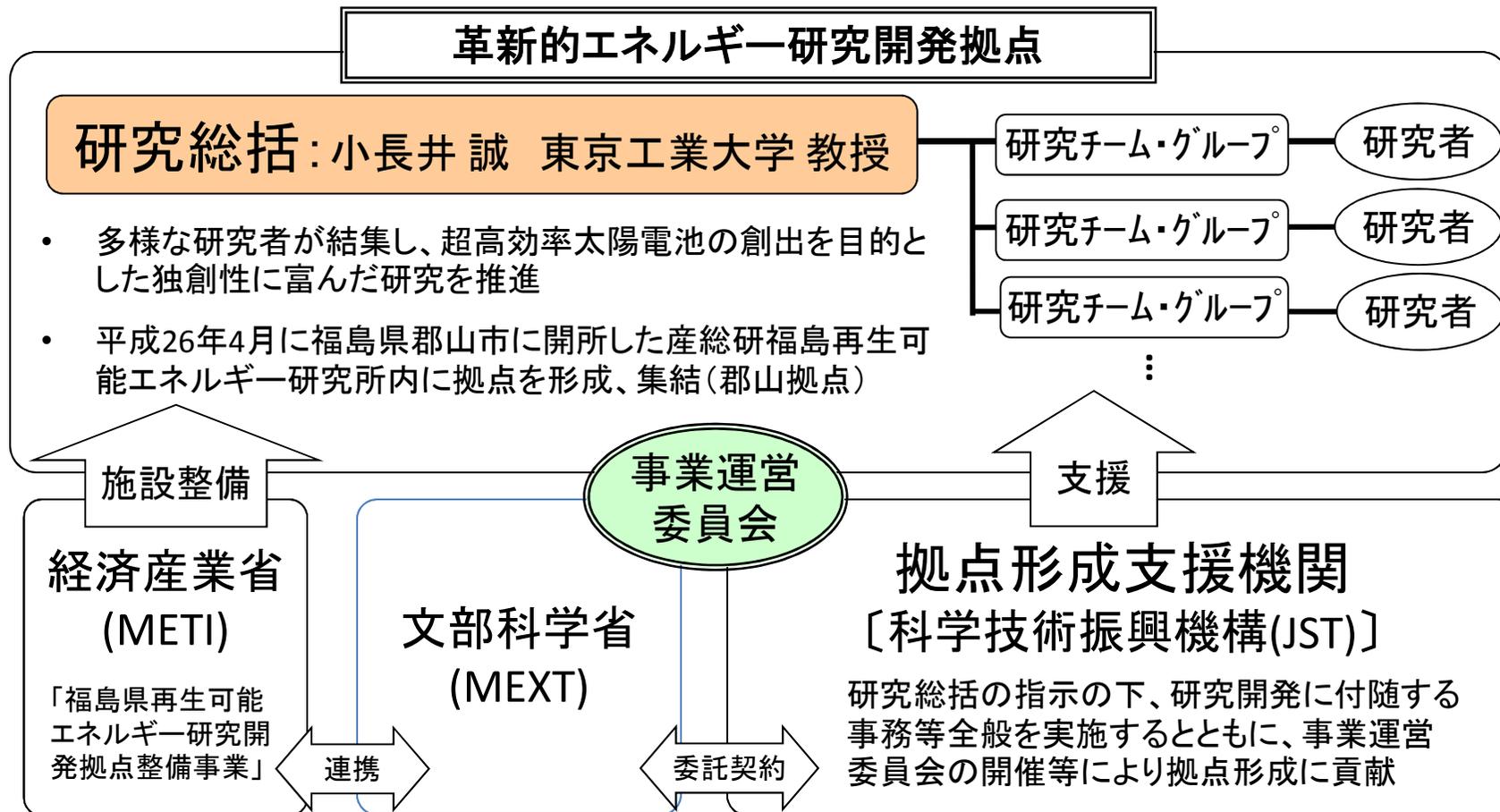


「革新的エネルギー研究開発拠点形成」の 中間評価における指摘事項への対応について

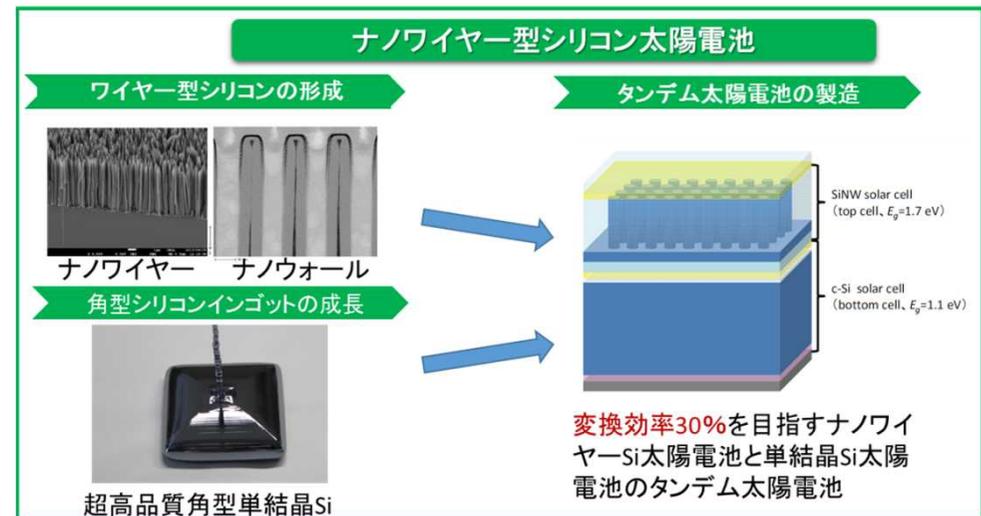
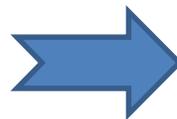
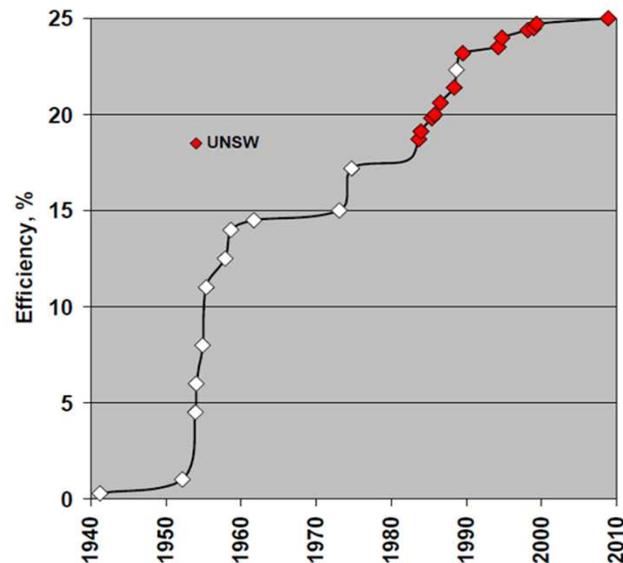
事業概要

- 実施期間：平成24年度～平成28年度（5カ年度）
- 研究テーマ：ナノワイヤー太陽電池
- 予算：1,185百万円（平成24年度）、1,285百万円（平成25年度）
1,282百万円（平成26年度）



研究概要

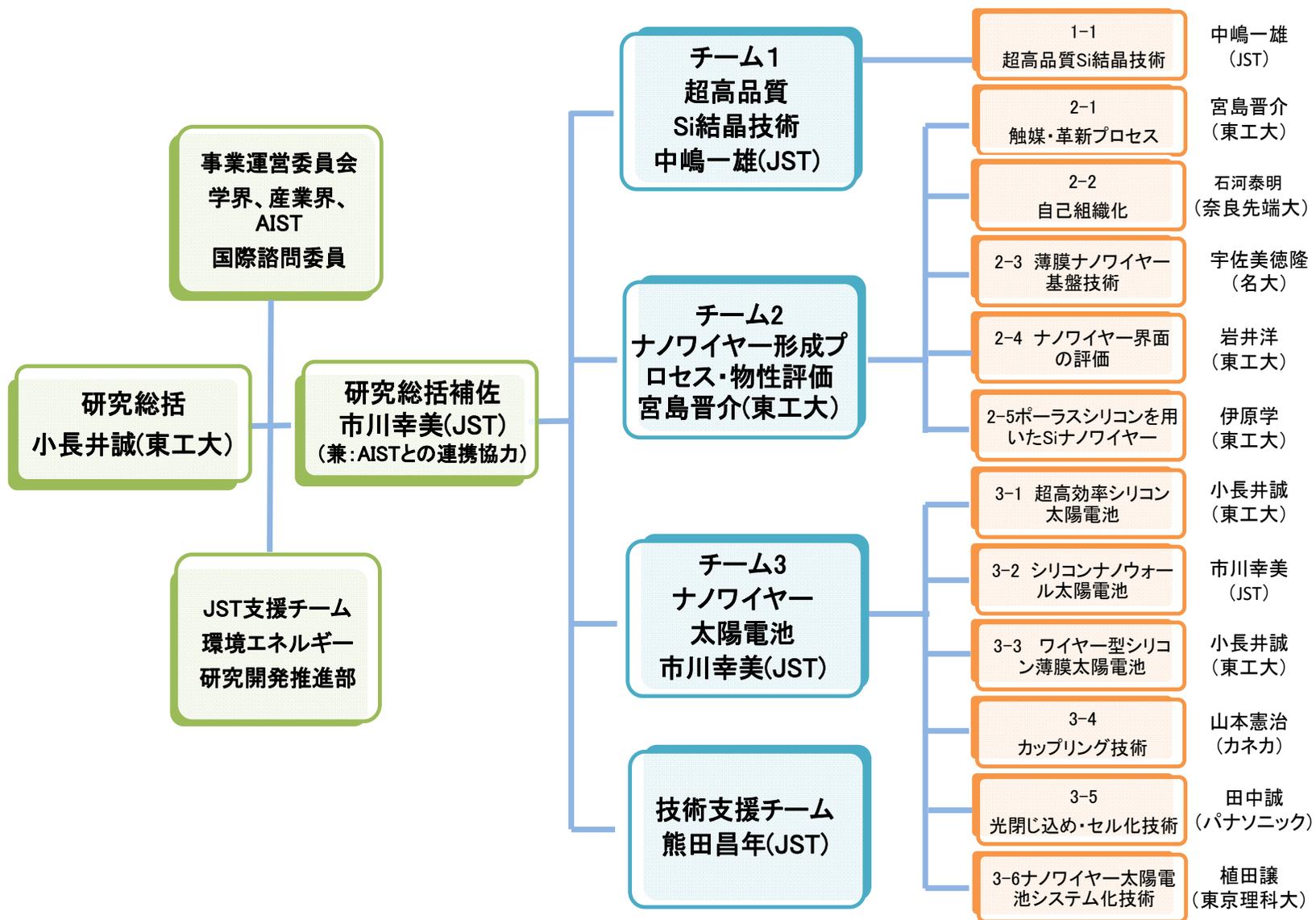
1. 従来型Si太陽電池のエネルギー変換効率は25-26%で飽和傾向
2. Si太陽電池の変換効率の飛躍的向上を目指す革新技術開発
 - ・ナノワイヤーSi太陽電池とヘテロ接合Si太陽電池のタンデム化で**変換効率目標~30%**
 - ・超薄型ワイヤー型Si太陽電池で開放電圧の大幅アップ(**目標:0.75-0.80V 現状:0.5V**)
3. 量子効果の現れるナノワイヤー(ウォール)は、未踏領域
 - ☀️バルク結晶の超高品質化(目標:既存法(CZ法)同等以上のキャリアライフタイム10ms以上)
 - ☀️ナノワイヤー(ウォール)の形成プロセス確立・物性評価(新物性の出現)
 - ☀️ナノワイヤーデバイス技術開発と超高効率の実証(従来の概念を覆すブレイクスルー)



従来型Siシングル接合太陽電池の変換効率推移。変換効率25-26%で飽和傾向。材料物性で決まる理論限界に迫っている。

本研究開発拠点で狙う変換効率30%以上の超高効率タンデム型Si太陽電池。ナノワイヤー型ワイドギャップSi太陽電池

事業実施体制(平成26年度)



中間評価結果について

H26.8.20 研究計画・評価分科会(第51回)で評価結果が決定

評価結果(指摘事項の抜粋)

(1) 課題の進捗状況(抜粋)

外部有識者も含めた事業運営委員会や国際諮問委員を設け、研究活動の自己点検の実施や助言・協力を受けており、各チーム間の協力・連携を図るマネジメント体制も構築されているが、①課題間連携や進捗評価をしっかりと実施していることを対外的にも明確化することも必要である。

中間評価結果について

(2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

引き続き、事前評価における「必要性」「有効性」「効率性」を踏まえ、全体としては本プロジェクトを継続すべきであるが、事業終了後の事業化・実用化も見据え、特に以下の事項について早急に対応すべきである。

今後、目標達成や被災地の復興に貢献するため、事業終了後の実用化に向けた取組を強化すべきである。具体的には、経済的に競争力のある技術を創出することが必須であることから、現在までの研究開発状況を精査し、費用対効果の観点も踏まえて実現すべき目標を明確化しつつ、②有望と考えられるナノワイヤー(ナノウォール)形成技術を特定し、絞り込みを行うとともに、③集光等も含めた太陽光発電のシステム化による経済性の向上や量産化によるコストダウン方策等についても検討すべきである。加えて、④本事業終了後の産業技術総合研究所や企業等への橋渡しの具体策について検討すべきである。

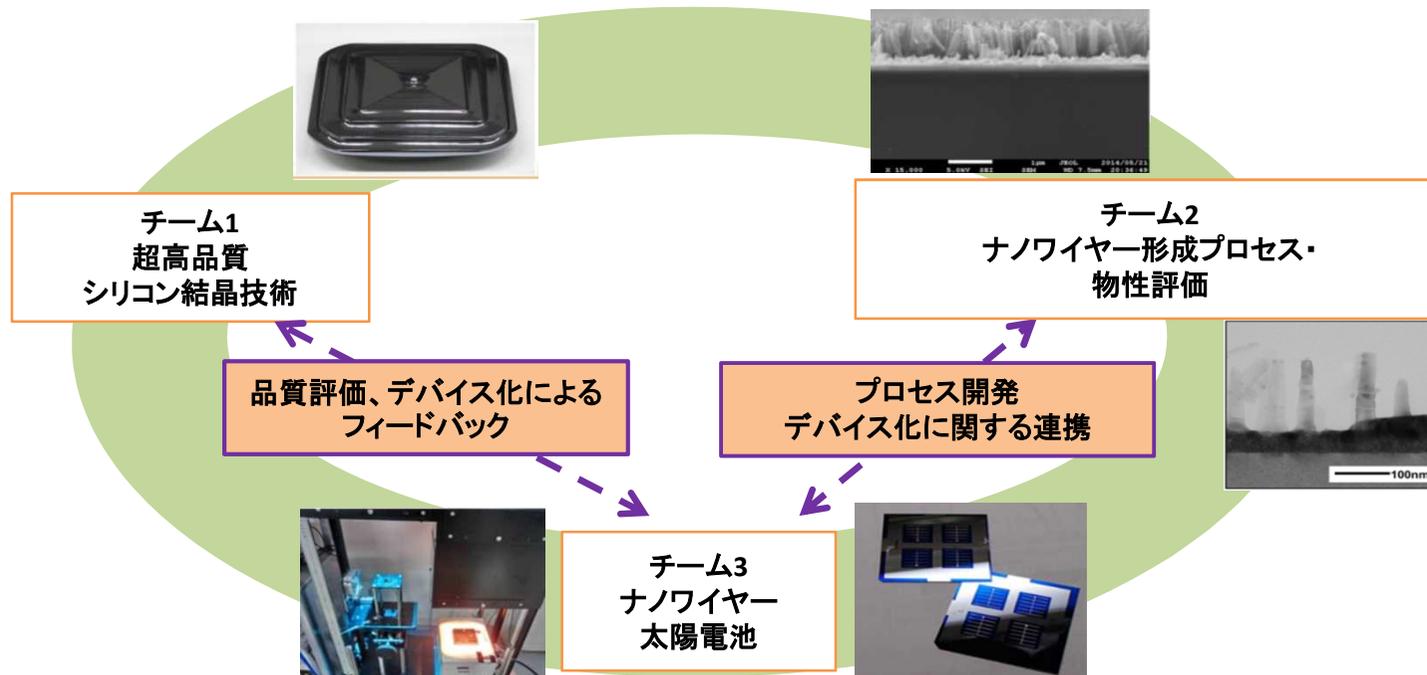
①課題間連携、進捗評価

中間評価指摘事項①

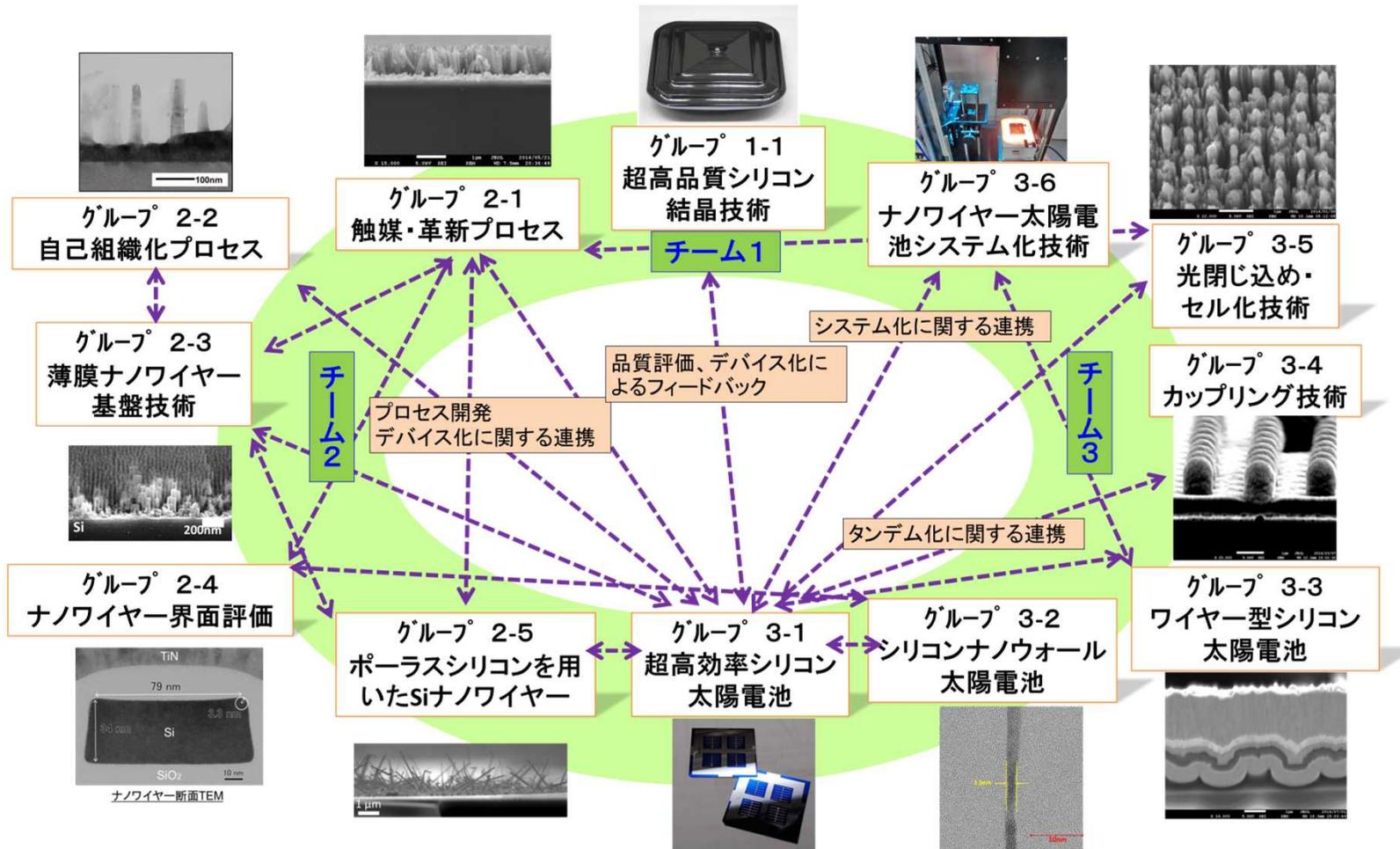
課題間連携や進捗評価をしっかりと実施していることを対外的にも明確化することも必要である。

■ 課題間連携については、太陽電池基板材料となるシリコン結晶成長の超高品質化に取り組むチーム1と、太陽電池基板上へのナノワイヤー（ウォール）の形成技術に取り組むチーム2が、それぞれ単なる要素技術として研究するのではなく、太陽電池のデバイス化を見据えた構造や性能を発揮するよう、最終的な太陽電池として融合させるための技術を開発するチーム3と深く連携し、フィードバック等を行いながら研究開発を実施。連携体制を以下及び次ページの図に示す。

■ 進捗評価については平成26年度より、研究総括出席のもと研究メンバー全員が参加し、月1回のペースで進捗状況報告会を開催している。これにより、全員が進捗状況を把握するとともに、チーム間の連携が密になり、課題間連携が加速している。また、定期的にグループリーダー会議を開催。



①課題間連携、進捗評価



←-----> : 具体的に実施されている課題間連携

②テーマの絞り込みと加速案件

中間評価指摘事項②

有望と考えられるナノワイヤー(ナノウォール)形成技術を特定し、絞り込みを行う。

- これまでの事業前半期間は、量子効果の発現により発電効率を向上させるためのナノワイヤーをいかに形成させるかについて、複数の要素技術を探索的に平行した研究を行ってきた。今後の事業後半期間は、要素技術を太陽電池として融合し、デバイス化を図り実際の発電効率評価とフィードバックを繰り返す統合化が中心となる。
- これを踏まえ、事業運営委員会有識者会合(H26年度12月5日)を開催し、外部有識者に意見を求めながら具体的方針を検討・審議した。
- 今後、上記審議結果を踏まえて、全体計画調整のためのグループリーダー会議(H27年1月22日)、研究進捗状況も踏まえた今後の計画の妥当性を審議する事業運営委員会(H27年1月31日)の開催を経て、**一部要素技術の終了や研究グループの統合等により、有望なナノワイヤー形成技術に絞り込むと共に、デバイス統合化研究の加速を図る。**
- 平成27年度より、新たな体制で研究を加速する。

③経済性向上の検討 ー前提条件

中間評価指摘事項③

集光等も含めた太陽光発電のシステム化による経済性の向上や量産化によるコストダウン方策等についても検討すべき。

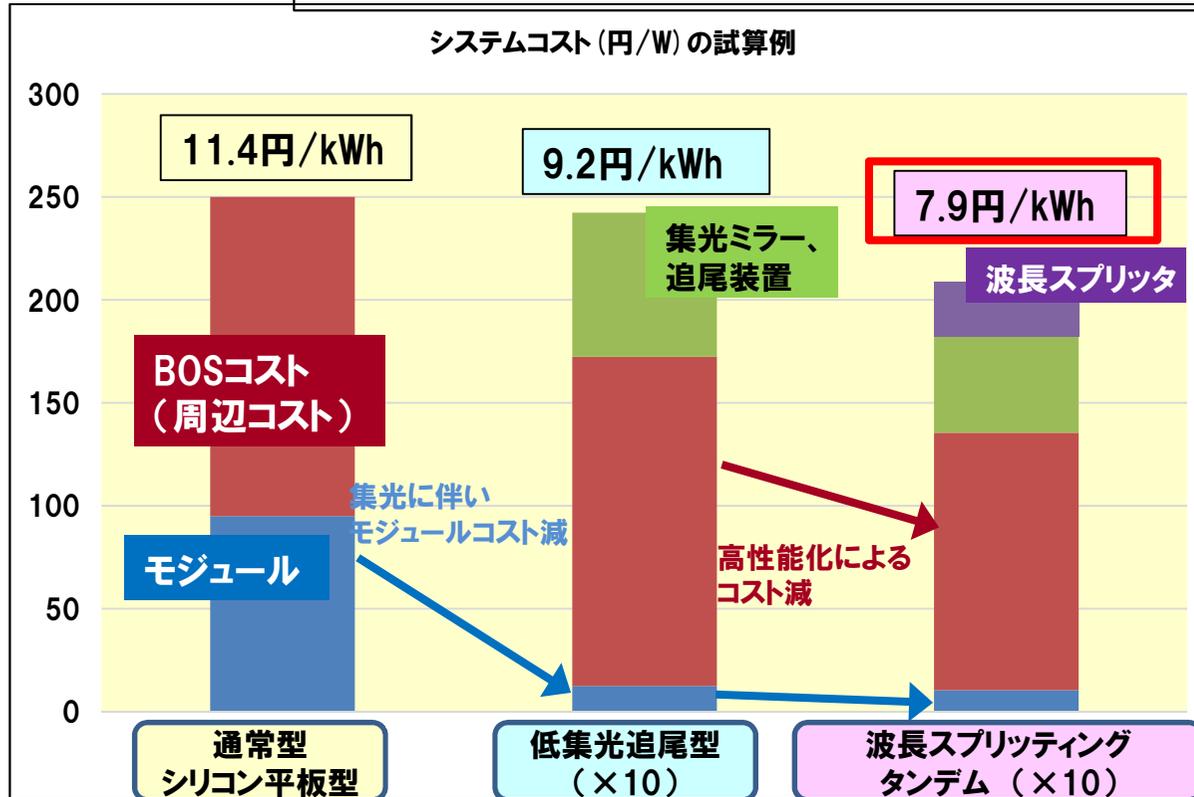
- 太陽電池の超高効率化と集光を考慮したシステムとしてのトータルコストの計算、またコストダウン方策を検討していくための、ワーキンググループをプロジェクト内に設置。
- 想定するシステム(超高効率化、低倍率集光、波長スプリッティング)の発電コストについての第1次試算結果からは、通常の平板型よりも優位であるばかりでなく、実用化されはじめている低集光追尾型と比較しても優位であり、ナノワイヤー太陽電池は産業応用的に十分にペイすると考えられる。
- 今後、ナノワイヤー形成プロセスが絞り込まれる時点で、ナノワイヤー太陽電池部分の製造コストについて、当該プロセスに準じて随時試算を繰り返し行うことで、コストダウン検討をプロセス開発にフィードバックさせながら研究開発を行う。

第1次試算の条件:

- ナノワイヤー(ウォール)/c-Siタンデムモジュールの製造コストは、一般的な平板型Siモジュールに比べてコスト高になるので、開発当初は安価な低倍率集光系により発電コストの低減を図る。
- 集光倍率は10倍と仮定。また追尾により年間発電量は2割増と仮定。
- ミラー型集光器に太陽電池を設置する場合は、幅10cm、長さ数mといった細長いモジュールを製造。細長いモジュールを製造するコストは、平板型の3割増と仮定。
- タンデム太陽電池では、ナノワイヤー(ナノウォール)とc-Si太陽電池を別々に製造すると考え、それぞれの製造コストを加算。ただし、現状では、ナノワイヤートップセルは、量産時のアモルファスSiの製造コスト(9,600円/m²)、変換効率12%、ボトムセルは、製造コスト(14,400円/m²)、変換効率18%と仮定。
- 波長スプリッターのコスト等は、薄膜製造技術を参考に試算。

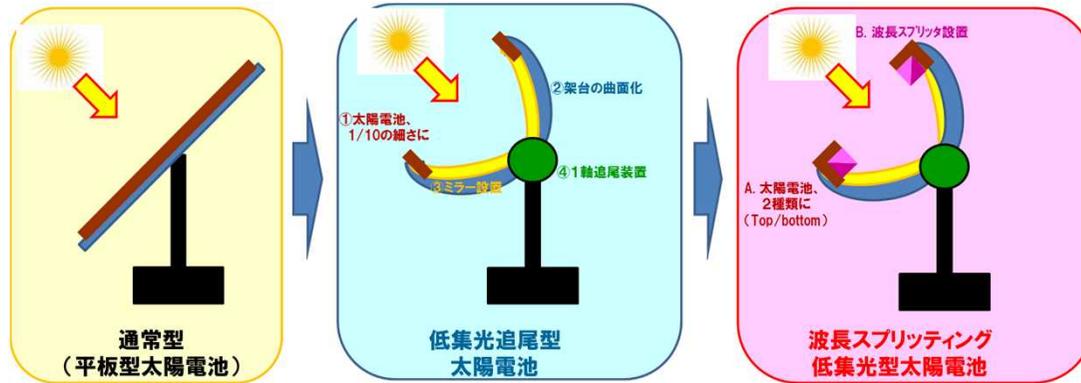
③経済性向上の検討 — 第1次試算結果

高性能化 & 低集光により、システムのトータルコスト低減



1. 集光関連設備や波長スプリッタ等の追加コストを高性能化によるコストダウンが上回る。
2. 発電量コスト (円/kWh) では、さらに優位性を発揮 (年間発電量が平板式の1.2倍)
3. 波長スプリッタ等のコストダウンにより、さらなる低コスト化が期待できる。

今後、コスト精度向上には、波長スプリッタ等のコスト精査が必要



変換効率: 20%

20% (10倍集光)

30% (10倍集光)

	通常型 (シリコン平板)	低集光追尾型 (×10)	波長スプリットティング タンデム (×10)
モジュール (円/W)	95	12	10
BOS (円/W)	155	160	125
集光ミラー、追尾装置 (円/W)		70	47
波長スプリッター (円/W)			27
システムコスト (円/W)	250	242	209
発電電力コスト (円/kWh)	11.4	9.2	7.9

kWhコストは、金利等ゼロ、運転20年等を仮定した単純計算

③経済性向上の検討 - PVシステムコスト内訳(第1次試算)

	平板モジュール	低集光追尾型(×10)		波長スプリッティングタンデム(×10)	
	円/W	円/W		円/W	
モジュール	95	12	①太陽電池を1/10に細長く コストは1.3/10。集光効果10倍と細長化1.3倍	10.4	A. トップ/ボトム太陽電池モジュール コストは1.3/10。集光効果10倍と細長化1.3倍 top 12% 80円/W bottom 18% 80円/W
パワコン、受変電設備、 接続箱	42.5	42.5		42.5	
架台	25	30	②架台の曲面化(コストアップは無視可) 2割のコストアップと仮定	20.0	
集光ミラー		30	③架台面に集光ミラー 強化ガラス10円/Wの3倍と仮定	20.0	
一軸追尾		40	④一軸追尾装置設置 Greentech によると\$0.4/W@20% ⇒ 40円/W@18%と仮定	26.7	
波長スプリッター				26.7	B. 波長スプリッタ設置 スプリッタ(フィルタ)はガラス上への多層膜製膜なので、アモルファス太陽電池の80円/W @10% の10倍かかると仮定 ⇒ ¥80,000/m2 ⇒ 変換効率30%の10倍集光なので、27円/W
土地、工事	75	75		50.0	
設計、管理費等	12.5	12.5		12.5	
合計	250	242		209	

1. 平板モジュールによるシステムコストは、最近の統計では200~300円/W ⇒ 250円/Wと仮定
2. 平板モジュールによるシステムコストの内訳は、JPEA資料(エネ庁新エネ小委員会 2014.8.8)

1. Greentech によると\$0.4/W@20%⇒ 40円/W@18%と仮定
2. 別の調査会社資料では、S社の追尾+架台で\$40-70/W@18%
追尾40円/W、架台30円/Wと、ほぼ整合

NEDO「再生可能エネルギー技術白書」によると、トラフ式の太陽熱発電の最安値は、\$4/W程度。
集光、集熱装置のコストはこの内の35%なので、140円/W(架台+集光ミラー+追尾に相当)。今後のさらなるコストダウンを見込むと100円/Wも視野

④FREAや企業等への橋渡しの具体策

中間評価指摘事項④

本事業終了後の産業技術総合研究所や企業等への橋渡しの具体策について検討すべき。

企業等とのネットワークの構築・橋渡し:

■ 次の方法により、平成27年度までに企業等とのネットワーク構築を加速。

- ① 複数の産学連携コーディネーターを有するJST復興促進センターや、福島県内の企業とのネットワークを手厚くするべく、福島県ハイテクプラザや郡山市産業創出課との更なる連携を図り、関連会議への参加や関連企業・団体へ出向いての、研究テーマ紹介、連携・技術移転可能性の説明等を実施。
- ② 産業技術総合研究所が太陽電池関連企業を集めて形成する「次世代結晶シリコンPVコンソーシアム」へのH27年度からの参加に向け、引き続き調整を進める。
- ③ 例年出展している福島復興再生可能エネルギー産業フェア(例年11月ころに郡山市で開催。会期2日間で約6千人が来場。)において、シリコンインゴットやセル試作性能評価データ等、より具体的な成果を展示し関係企業へのコンタクトを加速。
- ④ 以上により獲得した具体的な企業とのネットワークを活用し、以後、随時、**成果内容に応じてセミナー開催によるファーストデータ等の発信、個別の技術指導、必要な協定等の締結を行い橋渡しを実施。**

④FREAや企業等への橋渡しの具体策

要素技術の展開:

■研究開発の過程で生成される要素技術の成果を都度、活用可能な企業等に対して、ノウハウ展開やプロセス普及を進めるためのセミナーや技術指導等を実施し、事業実施期間中から積極的に橋渡しを行い成果展開を図る。下記は展開可能技術例(事業期間中)。

- ①シリコン結晶成長技術(Noncontact Crucible Method)
量産化に適したコストメリットが高い、超高品質Si結晶成長技術。
- ②超薄型セルの高効率化(光閉じ込め技術)
Si結晶少量化に伴う製造コスト削減や太陽電池のフレキシブル化に活用可能な、光閉じ込め技術(特に超薄型ヘテロジャンクション技術)。

ナノワイヤー(ウォール)太陽電池の研究本体の展開:

■ナノワイヤー(ウォール)太陽電池の研究本体は、事業終了時までには基盤的研究を着実に完結させ、切れ目無く応用研究に引き継がれるよう、事業期間中に以下を実施。

- ①産総研と締結している共同研究契約の枠組みの基で、平成27年度より成果物の太陽電池材料を産総研に引き渡し、産総研にて太陽電池セルの試作や性能評価を実施。
- ②平成28年度までに、ナノワイヤー(ウォール)太陽電池に必要なデバイス化、タンデム化、システム化技術の成果を確実に獲得。事業終了後に応用研究として企業等とのステージアップした共同研究を実施するべく、参加形態に応じた必要な協定等を締結。
- ③ステージアップした共同研究体制の構築にあたり、JST産学連携部門と連携し、投資銀行やベンチャーキャピタル等の活用も視野に入れた働きかけを行う。

④FREAや企業等への橋渡しの具体策

