

## 2 0 1 9 年度実施方針

新エネルギー部

1. 件 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

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1号イ及び第3号

3. 背景及び目的、目標

2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、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。太陽光発電は、「個人を含めた需要家に近接したところで中小規模の発電を行うことも可能で系統負担も抑えられる上に、非常用電源としても利用可能である。」と期待されている一方で、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、再生可能エネルギーの普及が更に進めば、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。

これまで、NEDOが進めてきた発電コスト低減に資する技術の開発は、多くの成果をあげている。例えば、結晶シリコン太陽電池ではヘテロ接合バックコンタクト太陽電池で変換効率25%を超える要素技術を開発し、CIS系薄膜太陽電池でも30cm角サブモジュールで変換効率17.8%（世界最高）を達成する等の成果をあげてきた。また、III-V族の薄膜多接合型太陽電池で世界最高効率のセル変換効率を達成、量子ドット等の新概念の太陽電池で世界最高水準の技術を開発、ペロブスカイト太陽電池等の革新的な技術を開発する等、新分野の開拓でも大きな成果をあげている。

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（以下「開発戦略」という。）」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。そこで、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。ただし、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、国内外での競争力確保の観点から太陽電池のコスト低減と効率向上を急ぎ、日本国内における発電コスト7円/kWhの達成目標年を2025年に前倒しする。

[共同研究事業（NEDO負担率：2／3）]

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C I S太陽電池の技術開発」

最終目標（2019年度末）

1) 試作モジュールで、発電コスト14円/kWhを十分に下回る性能を確認する。

発電コスト算出においては、開発技術のモジュール変換効率（%）、モジュール製造コスト（円/W）、想定する使用環境におけるシステムコスト円/W、出力劣化率、設備利用率等の前提条件を客観的に説明すること。

<発電コスト14円/kWhを満たす性能の目安>

- ・モジュール変換効率 22%
- ・モジュールの出力劣化 25年で20%相当

モジュール変換効率16%、モジュール出力劣化25年で20%相当

（加速評価試験の方法については、試験条件（例えばJISC8917の温湿度サイクル試験の試験時間等）を提示するとともに、目標年数を保証する製品出荷時と同等の条件を満たすこと。）

なお、発電コスト目標を達成する使用環境（条件）によっては、上記条件と異なる目標とする場合もあり得る。

2) 2025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こと。

中間目標（2017年度末）

1) 試作モジュールで、発電コスト17円/kWh相当の性能を確認する。

発電コスト算出においては、開発技術のモジュール変換効率（%）、モジュール製造コスト（円/W）、想定する使用環境におけるシステムコスト円/W、出力劣化率、設備利用率等の前提条件を客観的に説明すること。

<発電コスト17円/kWhを満たす性能の目安>

- ・モジュール変換効率20%
- ・モジュール出力劣化20年で20%相当

（加速評価試験の方法については、試験条件（例えばJISC8917の温湿度サイクル試験の試験時間等）を提示するとともに、目標年数を保証する製品出荷時と同等の条件を満たすこと。）

なお、発電コスト目標を達成する使用環境（条件）によっては、上記条件と異なる目標とする場合もあり得る。

2) 2020年までの実用化計画を提示すること。

[委託事業]

研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

最終目標（2019年度末）

1) 革新的高効率太陽電池の研究開発

モジュール変換効率30%以上、かつ、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。

2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発

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%の達成。

中間目標（2017年度末）

1) 革新的高効率太陽電池の研究開発

モジュール変換効率30%以上、かつ、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) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発

量産時にモジュール製造コスト15円/Wを実現しうる、太陽電池セル材料・構造に関する要素技術の開発。

小面積太陽電池セルでの変換効率20%の達成。

[委託事業]

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」

最終目標（2019年度末）

1) 先端複合技術型シリコン太陽電池

a) 高効率・低コスト結晶成長、ウェハスライス技術に関する研究開発

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。

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、セルプロセスにおける技術開発指針を得る。

b) 高効率・低コストセル、モジュールプロセス技術に関する研究開発

新たに開発する先端複合技術型シリコン太陽電池において、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。

2) 高性能CIS太陽電池の開発

a) 小面積セル（1cm角程度）で変換効率23%以上

b) 欠陥密度低減化の技術開発指針の構築

c) C I S 太陽電池の理想的な材料設計技術の提案

中間目標（2017年度末）

1) 先端複合技術型シリコン太陽電池

a) 高効率・低コスト結晶成長、ウェハスライス技術に関する研究開発

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2倍以上にする。

b) 高効率・低コストセル、モジュールプロセス技術に関する研究開発

新たに開発する先端複合技術型シリコン太陽電池において、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評価し、セル、モジュールプロセスにおける技術開発課題を明らかにする。

2) 高性能C I S 太陽電池の開発

a) 小面積セル（1cm角程度）で変換効率22%以上

b) 欠陥検出のためのデバイス構造の明確化) C I S 太陽電池の電子構造の明確化

[委託事業／共同研究事業（NEDO負担：2／3）]

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）」

最終目標（2019年度末）

1) 出力測定技術の開発

a) 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。

b) 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。

2) 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。

3) 信頼性・寿命評価技術の開発

a) 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。

b) 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。

中間目標（2017年度末）

1) 出力測定技術の開発

a) 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±1.0%（1σ）以内を目指す。

b) 市販されている結晶Si系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。

2) 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する。

3) 信頼性・寿命評価技術の開発

a) PID現象など太陽電池モジュールの劣化メカニズムを解明するとともに、劣化予防のための具体的な低コスト対策技術を開発する。

b) 太陽電池モジュールの性能25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。

[委託事業]

研究開発項目⑤「動向調査等」

最終目標（2019年度末）

1) 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。

2) 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。

中間目標（2017年度末）

1) 動向調査

a) 年度毎に太陽電池モジュールの性能と発電コストの関係を客観的に分析するとともに、モジュールの産業競争力を評価する。

b) 発電コスト目標達成後の産業、市場動向について、シナリオ分析を行う。

2) IEA国際協力事業

NEDOが参画するPVPSの活動に参加し、その内容を産業界に発信する。2018年度以降のPVPSへの新たな活動計画案を作成する。

[助成事業（助成率：1/2）]

研究開発項目⑥「高性能太陽電池製造技術実証」

最終目標（2019年度末）

高効率太陽電池を低製造コストで実用化が可能なプロセスの開発を行い、2025年に発電コスト7円/kWhを達成可能な製造技術を試作レベルで実証する。

#### 4. 実施内容及び進捗（達成状況）状況

プロジェクトマネージャーにNEDO 新エネルギー部 山崎光浩 主任研究員を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

##### 4. 1 2018年度事業内容

以下の研究開発を実施した。実施体制図については、別紙を参照のこと。

#### 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C I S太陽電池の技術開発」

##### 1) 先端複合技術型シリコン太陽電池の開発

「結晶S i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」においては、ヘテロ接合バックコンタクト結晶シリコン太陽電池セルの低コストパターン形成技術開発、セル間配線技術などの実用化技術開発を進めた。開発した技術を用いて試作したヘテロ接合バックコンタクト結晶シリコン太陽電池のミニモジュールを用いて信頼性試験を実施し、温度85℃、湿度85%条件での高温高湿試験（3000時間）、85℃と-40℃条件の温度サイクル試験（1000回）において、いずれもモジュール出力保持率95%以上を確認した。（実施体制：株式会社カネカ（再委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学、国立大学法人東京工業大学））

「高効率バックコンタクト型太陽電池の量産技術開発」においては、更なる低コスト化技術開発として、新規パターンニングプロセス開発と新規界面清浄化技術開発に注力することで、セル変換効率25.0%（156ミリメートル角）を維持しながら、セル材料費を2017年度コスト試算値に対して、約1/2に低減できる要素技術を開発した。また、1セルモジュールによる信頼性技術開発を推進中。（実施体制：シャープ株式会社）

ヘテロジャンクション用電極の材料コスト30%削減を目標にAgペーストの卑金属化を検討した。金属粉末にはAg+AgコートCuを使用しAg電極と比較して変換効率-0.07%であり変換効率目標値Ag対比-0.05%以内に迫る結果となった。印刷マスクデザイン変更してフィンガー電極本数を増やすことで変換効率は今年度中に目標を達成できる見込み。また、AgコートCu粉末を使用することにより基板と電極間の接触抵抗も低く維持できており、目標値8.0mΩcm<sup>2</sup>以内に対し6.06.0mΩcm<sup>2</sup>と目標達成した。また、省銀化に加えAgコートCu粉末の価格低減化によりコスト削減率は31%となり目標達成できた。現在追加で1セルモジュールを作成しAg電極とのDUMP HEAT試験を実施中。3月までに1000時間の結果を見て実用化レベルの判断をする予定。計画目標値はすべて達成した（変換効率は見込み）。（実施体制：ナミックス株式会社）

「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」においては、スライスプロセスによるテクスチャリング後の反射率を評価し、スライス条件による反射率抑制の指針を得た。また、超薄型太陽電池基板を用いた太陽電池性能を確認するとともに、効率低下の原因を追究した。さらには、カーブロス60μmとなる固定砥粒ワイヤを使用した切断ピッチ0.15mm（ウェハ厚さ90μm）の高精度スライス技術を構築し、そのスラ

イス基板を用いた太陽電池性能を評価した。(実施体制：コマツNTC株式会社)

「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」においては、これまでに得られた成果をベースに、シードキャスト基板結晶成長中の温度制御最適化を実施し、従来ウェハ比+0.65ポイントのセル効率を確認した。またシードキャスト基板を用いた低コストPERC量産プロセスにおいて、受光面パッシベーション及びアニールの最適化により、セル効率20.99%（産総研にて測定）を確認した。PERCの光劣化抑制においては、6大学の支援を受けて、有効な対策を見出した。高信頼性モジュールの開発では、産業技術総合研究所の支援も受けて信頼性試験を遂行し、モジュール効率20%・寿命35年以上を実現する結晶シリコンセル/モジュール構造を決定する。また、製品サイズモジュールの加速試験が行える試験装置を導入し、次年度に行う実証試験の環境を整備した。(実施体制：京セラ株式会社)

「低コスト・高信頼性・高効率 Super Si Hetero-junction (SSHJ) 太陽電池の開発」においては、Super Bifacial-SHJ (SBF-SHJ), Super Back Contact-SHJ (SBCsHJ) に対する高効率化、低コスト化の要素技術として、①大面積ウェハ対応技術、②高機能テクスチャ技術、③高機能ヘテロ接合技術、④高機能電極形成技術の開発に着手した。SBCsHJでは、量産プロセスを想定したフォトリソレスパターニング技術を用いることで、従来プロセスと同等のセル変換効率を得ることに成功した。(実施体制：パナソニック株式会社)

## 2) 高性能CIS太陽電池の開発

高性能化モジュール開発においては、昨年度世界最高変換効率22.9%を達成したCdSバッファCIS小面積セルの技術をもとに、CdフリーCIS小面積セルの高性能化技術開発を行った。同記録の達成に大きく貢献した、光吸収層の品質改善技術と重アルカリ金属元素を用いた光吸収層表面パッシベーション強化技術をさらに改良することによって、再結合損失をより一層低減し、開放電圧と曲線因子を向上させた。さらに、Cdフリーバッファ層の精密な最適化を行い、CdフリーCIS小面積セルにおいてCdSバッファを用いたCIS小面積セルと同等以上の変換効率を自社測定において確認した。本試料は外部測定機関へ送付しており、公式な測定結果が得られ次第結果を公表する予定である。また、集積構造における光学および抵抗損失低減技術として開発を進めている新表面電極技術においては、製品サイズ試作モジュールにおいて行った検証の結果明らかになった各種課題への対応を進めた。装置由来の課題への対策には目途が立っており、透明導電膜における光学損失の増大への対策を行っている。さらに、光吸収層高品質化技術の量産導入を目指した試作実験を行っており、開放電圧の向上は予定通り達成したものの、直列抵抗成分の増大による曲線因子の低下が課題となっている。裏面接合の悪化が主要因であることを明らかにしており、光吸収層の成膜条件を中心に調整を行っている。軽量化モジュール開発においては、ガラス基板を金属薄板基板に変更したデバイスを、製造工程への適合性を考慮し

つつ開発、試作すると共に、表面材（ガラス）を限度まで薄くした、あるいは樹脂フィルムに替えた軽量化モジュールを試作した。その結果、既存モジュールとの重量比で1/3以下、また出力比については公式測定中ではあるものの80%程度の、それぞれ目途を得た。（実施体制：ソーラーフロンティア株式会社）

## 研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

### 1) 革新的高効率太陽電池の研究開発

- i) 低コストセル技術開発では、薄膜Ⅲ－V多接合セルの構造最適化を行い、総膜厚1/2（従来比）で従来と同等の電気特性を確認した（シャープ株式会社）。また、裏面テクスチャと合わせて膜厚1/4にできる可能性を示した（東京大学）。
- ii) 低コスト化プロセス技術開発では、シリコンセルをボトムセルとして用いたタンデム構造として、スマートスタック技術によるInGaP/GaAs/Si<sub>3</sub>接合セルで非集光におけるセル効率28.6%を達成した。さらに一括転写及び個別搬送実装技術を開発し、大面積化の可能性を示した（産業技術総合研究所）。エピ層移載技術の開発ではチップサイズ試料で50mm/hの剥離速度（4インチウエハを2時間で剥離可能）を達成した（東京大学）。基板再利用技術としては1回再生基板上で新品基板上と同等の2接合セル効率25%を確認した（シャープ）。超高速・低コスト結晶成長では、H－VPE法においてGaAsで48μm/h、InGaPで40μm/hを確認し、GaAsセル効率22.1%を達成した。また、MOCVDにおいては120μm/hの成長速度を用いてGaAsセル効率24.5%を達成した。
- iii) 低コストモジュール開発では、4端子のⅢ－V2接合+Siメカニカルスタックモジュールにおいてモジュール効率27.3%を確認し、フィールドテスト実証を展開している（シャープ、宮崎大学）。部分集光・無追尾集光モジュールは車載・ZEB等への応用の展開を行っている（豊田工業大学）。また、プラスチックレンズ一体型セル・モジュールでは基本構造・工法を決定し、屋外効率33.5%を実証した（パナソニック株式会社）。
- iv) 超高効率セル開発ではInGaP/GaAs/GaInNAs:Sb格子整合逆積み3接合セルで効率31.1%（1Sun）を達成し、4接合の開発に展開している。量子ドット中間バンドセルでは中間バンドにおける2段階吸収を確認し、効率40%超の実現に向けて原理実証・セル設計が進展した。開発した集光型低電流・高電圧型量子ドットセルにおいて、効率32.1%（225SunS）を達成した。  
（実施体制：国立大学法人東京大学（再委託：タカノ株式会社、国立大学法人埼玉大学）、シャープ株式会社（再委託：タカノ株式会社）、パナソニック株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人トヨタ学園豊田工業大学、太陽日酸株式会社、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人東京農工大学）



## 2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発

「モジュール製造技術開発」では、シリーズ抵抗損を低減する電極設計により、面積  $1\text{ cm}^2$  で世界最高効率に匹敵する認証変換効率  $20.8\%$  を達成した。また、Rb 添加によるペロブスカイト膜の高温分解の抑制を見出し、初期効率  $20\%$  で高温高湿試験  $1000$  時間後の効率維持率  $95\%$  を達成した。さらに、大面積塗布法の一つとしてインクジェットによるペロブスカイト膜塗布を検討し、 $30\text{ cm}$  角内の  $66$  個のセル（面積  $0.1\text{ cm}^2$ ）で効率  $19.4\% \pm 1.7\%$  を達成した。

「超軽量太陽電池モジュール技術の開発」では、独自の塗布技術に加え新たなプロセス開発等により、従来困難であった大面積化と高効率化の両立を実現し、面積  $703\text{ cm}^2$  のフィルムモジュールでエネルギー変換効率  $12.3\%$  を実現した。また、 $5\text{ cm}$  角フィルムモジュールの耐熱試験、光照射試験を開始した。

「低コスト R2R 太陽電池製造技術の開発」では、これまで検討してきた金属箔小面積セルでの耐久性改善技術を金属箔サブモジュールに適用し、金属箔サブモジュールでの耐熱試験、耐湿熱試験、光照射試験・温度サイクル試験・温湿度サイクル試験を実施した。サブモジュール特有の課題について、課題抽出を行い、変換効率  $10\%$  以上の  $5\text{ cm}$  角程度の金属箔サブモジュールにて JIS 規格 C8938 準拠の耐久性試験 5 項目クリアし、全層 R2R 製造により  $30\text{ cm}$  角モジュールにて変換効率  $8\%$  を達成した。

「高性能・高信頼性確保製造技術の開発」では、フタロシアニン誘導体のホール輸送材への利用では、ホール輸送材とペロブスカイト層の界面への絶縁層挿入により VOC, FF を向上し変換効率  $16.5\%$  を確認した。金電極代替のカーボン電極においては、金電極の約  $8$  割の性能を確認した。スプレー工法を用いたペロブスカイト層の製膜では、工法に適した原料液組成を見出し、貧溶媒滴下プロセスを排除した。 $100\text{ mm}$  角モジュールを作製し効率  $14\%$  以上を確認した。同一条件で  $240\text{ mm}$  角への拡張を行ったところ、 $100\text{ mm}$  角と同程度のペロブスカイト層を確認した。

「高機能材料・セル製造技術開発」では、簡便な化学酸化重合の適用により材料コスト  $120 \sim 190\text{ 円/m}^2$ （中間目標  $250\text{ 円/m}^2$ ）を満足するトリフェニルアミンポリマー HTM の合成法を確立し、これを用いて小面積で  $20\%$  以上のセル効率を達成した（歩留りは高く平均効率は  $19\%$ ）。パナソニックと共同してモジュールに適用した HTM は  $1300$  時間超でも特性低下は見られず PTA 代替として良好であった。一段塗布インキのバーコート成膜によるペロブスカイト層の形成では、効率  $15\%$  超を得た。また微量の高分子を添加することにより良質なペロブスカイト粒塊を形成することができ、それをペロブスカイト層に用いたセルで効率と耐久性が向上した。またチタニア界面制御と合わせ小面積セルで効率  $21\%$  を達成した。傾斜ヘテロ接合の新構造逆型セルでは  $1\text{ cm}^2$  セルで認証値として効率  $19.2\%$ 、また順型平面セルでも  $20\%$  超を達成した。ヒステリシス  $1\%$  以内の測定法を確立した。特性評価法の開発では、東大集中研と測定場所間のセル移動や保管、環境制御した測定設備を導入した。

「新素材と新構造による高性能化技術の開発」では、ペロブスカイト層へのカリウムイオン添加による I-V ヒステリシス低減効果が様々な組成に有効であることを示した。

劣化要因となるMAを含まないペロブスカイトで、吸収を長波長化すると共に20%超の変換効率を得た。高電流化を狙ったSn/Pb混合ペロブスカイト系はJSCが33 mA/cm<sup>2</sup>を超え、Sn系世界最高の変換効率20.4%を達成した。臭化ペロブスカイト系は、VOC1.55Vまで高電圧化した。製膜したペロブスカイト層のTEM観察により、立方晶相と正方晶相からなる超格子構造が自発的に形成されることを発見した。膜質向上および大面積化に向けて、蒸着および高精度スプレー製膜プロセスの検討に着手した。

(実施体制：パナソニック株式会社、株式会社東芝、東芝エネルギーシステムズ株式会社、積水化学工業株式会社、アイシン精機株式会社（再委託：株式会社アイシン・コスモス研究所）、学校法人早稲田大学（再委託：国立研究開発法人物質・材料研究機構、地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所）、国立大学法人東京大学（再委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人九州工業大学、公立大学法人兵庫県立大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人熊本大学、学校法人立命館）

### 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、裏面電極型Siヘテロ接合太陽電池の光入射側表面にCat-CVD窒化Si膜を堆積し、開放電圧>730mV、変換効率>24%を達成した。また、メタノール添加による表面張力制御を利用した、テクスチャSi表面の新規洗浄方法を開発した。さらに、PH<sub>3</sub>のプラズマイオン注入によるP-a-Siからn-a-Siへの反転において、PH<sub>3</sub>ドーズ量、反転前のB濃度とポストアニールによるキャリア寿命回復の関係を明確化した。(実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学)

「薄膜セルを用いた高信頼性・高効率モジュール製造技術開発」においては、厚さ50μm級のウェハに適合する表面パッシベーション技術・セル化技術の開発を進め、厚さ46μmにて発電効率22.0%(4cm<sup>2</sup>)を達成した。また、両面受光が可能なバックコンタクト型太陽電池の開発を進め、スクリーン印刷による電極形成技術や細線ワイヤーを用いた配線方法などの量産に適したプロセスを適用したセルで、変換効率21.1%(125mm角)を得た。また、ステンシルマスクとイオン注入技術を適用して選択エミッタ有するPERCセルを作製し、変換効率20.3%を得た。モジュール(封止材EVA)の高温高湿試験によるEL特性の劣化要因として、EVA中の酢酸だけでなく、ガルバニック腐食による配線材の半田成分(Sn)の析出が考えられることを初めて明らかにした。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「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、炭素濃度制御した改良CZ法によりn型基板でFZ並みの9msのバルクライフタイムを実現した。新規材料・プロセス評価・解析技術においては、独自に考案した発光活性化PLにより実現した10<sup>14</sup>cm<sup>-3</sup>以下の極低濃度炭素定量化技術を進化させ、室温測定を世界で初めて可能とし、太陽電池の高性能化制限要因の解明

に道を拓いた。セル開発においては、パッシベーション膜の高品質化や高性能電極用ペーストの開発により、従来型ヘテロ接合セルで変換効率22.3%（6インチ角）を達成し、次世代技術の開発プラットフォームとして機能する国内唯一の標準試作ラインを確立した。次世代技術の一つであるキャリア選択コンタクト技術開発においては、原子分解能先端計測技術を活用し、その高性能化メカニズムを解明するとともに、LIAスパッタ、ミスTCVD、対向ターゲットスパッタ等の低ダメージ製膜技術の開発を進め、TiO<sub>2</sub>:Nb膜等による少数キャリアの極低再結合損失と多数キャリアの高効率伝導の両立など、セル構造での実証に資する多くの成果を得た。（実施体制：学校法人トヨタ学園豊田工業大学、学校法人明治大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人名古屋大学、国立大学法人東京工業大学、公立大学法人兵庫県立大学）

「高性能キャリア選択性パッシベーションコンタクトの開発」においては、シリコンヘテロ接合太陽電池の高性能化を目指した新規パッシベーションコンタクト材料としてナノ結晶シリコン薄膜の開発を実施し、成長条件や成長界面を適切に制御することで優れたパッシベーション性を維持したままナノ結晶の成長が可能な条件を見出した。これを適用した太陽電池にてナノ結晶を用いないベンチマークセルに比べ短絡電流密度の0.5%向上を確認し、変換効率22.5%を達成した。TiO<sub>x</sub>はこれまで結晶シリコンの電子コンタクトとして働くことが知られているが、本研究では製膜方法やポスト処理により電子コンタクトしてのみならず、正孔コンタクトとして機能することを実セルで実証した。また、TiO<sub>x</sub>の優れた光学的透明性により、従来のa-Si:H(P)を正孔コンタクトに用いたセルに比べて短波長感度が改善し、約4%の電流改善を得た。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所）

## 2) 高性能CIS太陽電池の開発

CIS太陽電池のアルカリ金属元素添加による効率向上効果はアルカリ金属種類ごとに異なることを見出した。カリウム(K)添加による効果はヘテロp-n接合界面の再結合抑制効果であり、セシウム(Cs)添加による効果はCIS薄膜のバルク内部の再結合を抑制していると考えられ、カリウム添加の効果とセシウム添加の効果は独立であり、相加的に効率向上効果が得られることを見出した。ルビジウム添加ではCIS薄膜のⅢ族元素組成比In/Gaにその効果が大きく左右されることがわかり、特にInが高濃度含有されるCIS膜でより顕著にアルカリ金属添加効果が得られることを明らかにした。また、CIS薄膜の表面を硫化させることでポテンシャル揺らぎが減少することを明らかにした。また、CIS中の準安定アクセプタを活性化させる熱光照射効果は可逆な現象であることを見出した。さらにタングステン添加酸化インジウム系透明導電膜の開発により、これを表面透明導電膜に用いることでミニモジュールにおいて20.93%の第三者機関測定変換効率を達成した。

セシウムのポストデポジショントリートメント(CsF-PDT)を行わないものはCIS薄膜表面付近に強い電子線誘起電流(EBIC)信号が観察されたが、CsF-PDTを行ったものではCIS膜全体のEBIC信号が増加し、CsF-PDTにより

C I S光吸収層そのものの高品質化を示唆する結果が得られた。

バンド構造制御による再結合パッシベーション技術の開発においては、バンド制御した透明導電膜Z nMg O : A lで従来よりも2 1 mV高い開放電圧を達成し、開放電圧×短絡電流密度の値において2 7. 4 8 mW / c m<sup>2</sup>を達成した。Z nMg O : A l / Z nMg O / C d Z n S窓層を用いたC I Sセルに熱光照射および光照射を組み合わせたプロセス処理を行うことで初期効率1 9. 4 %を2 1. 2 %へ上昇させることに成功した。また、C dフリーオールドライブプロセスによるZ nMg O系窓層をカリウム添加処理したC I S光吸収層に適用することで効率2 0. 2 %を得た。

結晶欠陥の検出と同定、欠陥密度低減化技術の開発において、セシウム処理C I Sセルの再結合過程についての解析を進め、(1) 欠陥準位スペクトルはカリウム処理と同様であり、類似した界面改質効果がある可能性を確認するとともに、(2) 波長依存電流-電圧解析により特に硫黄が含まれる層の改質並びに再結合抑制が今後重要課題となることを予見した。

C I S光吸収層表面電子構造の評価、バンド接続の評価、およびバンドプロファイルの評価と粒界電動活性度の評価においては、アルカリ金属添加処理によって、界面バンド湾曲の増大(フェルミレベルピン止め効果の減少)、やフラット化(適正なバンド接続の実現)などを確認した。特にセシウム添加効果においては、界面領域のビルトインポテンシャル、界面バンド湾曲の両方が同期して増大することや、界面バンド接続のフラット化(T y P E - I)、C d Sバッファのバンド端上昇(C d S層へのC sの拡散)、電子構造の分散の確認(ワイドギャップ相の混在)、同相混在の界面でもバンド接続は良好なことなどが確認できた。

理論計算と実験的手法を組み合わせた粒界と界面を中心とした材料設計とモデル実証研究においては、C I S光吸収層/M o裏面電極界面の電子構造を評価し、C I SとM o界面の安定性を明らかにした。さらに、S Eが共存する雰囲気でのC I S光吸収層とM o界面の安定性を明らかにした。

(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京工業大学、学校法人立命館、学校法人東京理科大学、国立大学法人筑波大学、国立大学法人鹿児島大学、学校法人龍谷大学)

#### 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)」

##### 1) 出力等測定技術の開発

「新型太陽電池評価・屋外高精度評価技術の開発」において、各種ペロブスカイト太陽電池、新型結晶S i太陽電池、多接合等新型太陽電池に対応した高精度測定技術を開発し、性能評価測定を実施した。国際比較等による国際整合性の検証を行った。従来型各種結晶シリコンモジュールで屋外測定再現性±1%以内を達成すると共に、ストリング、薄膜モジュールについても検討を行った。屋外測定I V測定に適用できる高精度S T C補正技術を開発した。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

市販の薄膜系(C I G S)モジュールの測定を行い、結晶系モジュール同様、測定再

現性精度±2%以内で測定できることを実証するとともに、本屋外高精度評価技術の有効性実証のため、屋外実フィールド1カ所で、稼働中モジュールの測定を実施、実フィールドでの測定再現性確認を開始した。さらに、これらの結果で得られた情報を元に、本技術の既存O&Mガイドラインへの適用に当たっての課題を明確にするるとともに、JET O&M認証ガイドラインへの追加案の作成を開始した。(実施体制：一般財団法人電気安全環境研究所)

日射強度の高速測定を実施し、日射強度の短周期変動を継続して観測・解析した。また同時に上空カメラによる雲の様子も継続して観測した。これらの結果から屋外太陽光発電性能試験(高速IV計測)に影響を及ぼす短周期(ミリ秒オーダー)の日射の時間変動と空間ムラとに関係があることを示し、試験実施者が簡便に影響の有無を判断できる手法を提案するとともに、目標精度(高速IV計測で±1.0%以内)を保証しうる定量的条件を具体的に示した。またPVモジュールセンサーと上空カメラによる観測結果から、屋外太陽光発電性能試験が実施可能な大気・雲の状態を判別した。(実施体制：国立大学法人岐阜大学)

風洞および屋外実験、COMSOLを用いた熱解析シミュレーション、温度センサーを内挿したSi太陽電池モジュール製作による屋外モジュール内セル温度実測、フォームの温度センサー上への貼り付けによる温度測定誤差低減等によって、太陽電池モジュール内セルの実温度測定精度を±2℃以内から±0.5℃程度へと改善した。更に実動作時PVシステム温度分布を明確化した。一年間のシステム内温度分布データを計測・蓄積し、解析を完了した。システムの出力を再現する等価回路を構築し、システム内温度分布を考慮したストリングデザインを検討した。(実施体制：国立大学法人宮崎大学)

屋外でのシステム発電性能評価時に基準として用いる電流-電圧特性の作成方法として、銘板に記載されている情報のみを用いて1ダイオードモデルにより標準試験条件下での電流-電圧特性を作成し照度補正・温度補正を行うことで、屋外測定時の照度、温度条件下で期待される電流-電圧特性を算出する手法の開発を継続して行い、産総研との連携により複数の測定データに対して誤差±3.0%以内の算出精度を再現性よく得た。また、JETとの連携により、PVモジュール日射センサーを用いた太陽電池モジュール発電性能の屋外測定において日射変動の影響を考慮したデータ取得に対する要求事項を検討した。(実施体制：学校法人東京理科大学)

太陽電池モジュールと同様な角度依存性を有し、かつ、高速な繰り返し測定が可能なAPEセンサーを開発した。具体的には、長波長感度を制限したPVモジュール日射センサーを作製した。APEセンサーと通常のPVモジュール日射センサーの出力電流を測定することでスペクトルミスマッチ補正係数を求め、他のPVモジュールのスペクトル補正を行った。比較的短期間(半年)のデータを用いて出力電流の補正を行ったところ、従来の分光放射計測定から得られたAPEを用いた補正方法と同等の補正精度が得られた。また、近赤外領域測定用の分光放射計の導入を開始し、既設の分光放射計と合わせることで300~1,700nmの広範囲の太陽光スペクトル測定を開始した。(実施体制：学校法人立命館)

## 2) 発電量評価技術

「経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発」において、産業技術総合研究所九州センター（佐賀県鳥栖市）の屋外サイトで長期曝露試験を実施している太陽電池モジュールの劣化傾向を把握するとともに、屋内での標準試験条件で得られた屋外曝露にともなうモジュール性能変化と、これらのモジュールで構成されるアレイの屋外発電量データを用いて、発電量を推定した。その結果、結晶シリコン系太陽電池では比較的良好な推定結果が得られた。特に、ヘテロ接合シリコン太陽電池では、実発電量と推定発電量の差異が1%以内となった。また、この推定法を広く普及させるために、モジュール裏面温度に変えて、気温を用いることを考案し、その妥当性について検証した。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所）

「発電データ分析によるシステム信頼性および劣化率評価」において、北杜メガソーラーの発電データ取得および分析を継続するとともに、これまでに得られた知見を「発電事業者向け大規模太陽光発電システム運用のための発電量評価支援ツール」（仮称：発電量評価支援ツール）で利用可能とするために必要なデータの整備ならびに劣化率を考慮したシステム発電電力量の算出方法の検討を行った。評価対象システムの運用開始から10年以上が経過した2018年7月までのデータ解析において、シリコン結晶系では安定的に発電しているシステムが大半であるものの、一部のシステムでコネクタ断線などの経年劣化と思われる不具合が発生していることを確認した。発電量評価支援ツールの開発においては、リリースに向けベータ版を限定公開し、ユーザーからのフィードバックに基づき改良を行った。（実施体制：学校法人理科大学）

「日射量データベースの高度化に関する研究」において、全国5地点で日射スペクトル等の観測を実施し、2018年6月1日に日射スペクトルデータベースVER-3をNEDOホームページに公開した。また、日射スペクトルの観測データを用いて、日射スペクトルが発電量に与える影響を検討した。さらに、日射量データベースの高精度化のために、ひまわり8号データを用いて日射量を推定する手法の高度化を行った。（実施体制：一般財団法人日本気象協会）

「アクセシブルな太陽光発電データベース構築技術の開発」において、①高速測定システムについては、開発項目③の解析ソフトウェアで高速測定データを用いる中で、最適な測定時間間隔を明らかにし、高速測定システムを完成した。3年にわたって、高速測定システムによる測定データを蓄積した。②補間アルゴリズムソフトウェアについては、ウェブレット補間の改良を行った後、試験データに対する補間誤差の評価を行い、誤差10%以内を達成した。③解析ソフトウェアについては、日射量の変動の激しい晴天日以外に対して発電量を推定するアルゴリズムを開発して、試験データ・推定データ間の誤差10%以内を達成した。（実施体制：国立大学法人佐賀大学）

## 3) 信頼性・寿命評価技術の開発

「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」において、新規に開発した高加速モジュール部材寿命評価により、インターコネクタケーブルの断線や接

続部の剥がれ等の製品安全に関わる電気接続の耐久性を加速評価し、ZEB適用型太陽電池モジュールの建材としての耐用年数（寿命）を推定した。本開発により、耐用年数30年を約30日で評価可能となった。また、太陽電池モジュールの寿命評価を実施し、モジュールコスト低減と運転期間期待総発電量向上を実現する上での主要劣化要因を明確にした。さらに、ガラス封止構造の適用により3倍以上の耐久性の向上を確認した。発電コストとして、9円/kWhの低減が見込まれる。（実施体制：株式会社カネカ）

「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」において、紫外線照射と湿熱負荷による酢酸生成過程を、陽電子消滅法により明確化した。また、電極ペースト中の添加物であるリチウムとボロンがセル表面を汚染し、PIDを誘発する可能性を見出した。さらに、奈良先端科学技術大学院大学への再委託により、紫外線照射がPIDを遅延させる原因に関して、マイクロ波光伝導率減衰（ $\mu$ -PCd）法を用いて調査し、キャリアの挙動が影響を受けるためではなく、反射防止膜の光伝導に起因することを見出した。さらに、 $\mu$ -PCd法の屋外計測を実施し、n型結晶Si太陽電池モジュールのPID現象を検知できた。第3回「PVモジュール信頼性国際ワークショップ（SAYURI-PV）」を2018年10月に開催した。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、一部を国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学に再委託）

「屋外での電圧誘起劣化の実証研究」において、セルに対する遮光面積の割合を増やすことでPIDが加速することを屋外で実証した。これは、光照射条件がPIDに影響を与えることを意味しており、産業技術総合研究所の屋内試験と同傾向であった。また、モジュール内部の電界／電流分布を解析して、PIDの影響を受けやすい箇所を推定した。具体的には、セル表面の反射防止膜内部の電界が周囲と比較して強くなる解析結果を得た。そして、反射防止膜の抵抗率が封止材と同等または小さくなる条件において、反射防止膜内部の電界が弱まる解析結果を得ており、PID対策の検討に活用できることを確認した。（実施体制：石川県工業試験場）

「電圧誘起劣化が発生した箇所の特定方法、微視的評価手法の開発」において、多様な太陽電池モジュール構造においてPID試験および評価を行った。さらに、実際の太陽電池モジュールに近い環境として、PIDを起こした単セル太陽電池モジュールとPIDを起こしていない単セル太陽電池モジュールを直列に接続し、PID回復試験を行った。より高電圧を印加することにより、太陽電池モジュールの特性が回復することを見出した。また、PIDを起こした太陽電池モジュールの直列接続内の配置にかかわらず特性が回復することも確認した。PID抑止技術の開発に関しては、液体ガラスを用いてカバーガラスにガラス層を形成することにより、PID抑止効果を確認した。また、石川県工業試験場のシミュレーションをもとに、ガラス層形成によるモジュール内電界分布の変化等を検証した。（実施体制：国立大学法人岐阜大学）

「太陽電池モジュールの湿熱劣化の実時間観測手法の開発」において、錫酢酸センサーの計測再現性の向上のために、回転蒸着法を導入することで錫薄膜の膜厚を均質化し、膜厚70 nmおよび160 nmの複数のセンサーによって湿熱試験6000時間まで対応できるセンサー性能を実現した。また、屋外曝露環境を再現するための紫外線照射

と湿熱負荷の複合試験を実施し、それぞれの段階における酢酸発生状態および経路を明確化した。これにより、紫外線の影響がモジュール中央部で顕著に見られることを明らかにした。(実施体制：国立大学法人東京農工大学)

「n型結晶シリコン太陽電池における電圧誘起劣化機構の明確化」において、フロントエミッター型太陽電池モジュールのPIDにおける光照射の影響について調査し、窒化シリコン膜への正電荷蓄積に起因する劣化は光照射の効果が無く、一方、Na侵入に起因すると考えられるPIDについては、光照射による遅延効果が存在する可能性を確認した。また、フロントエミッター型太陽電池モジュールへの100時間超の長時間PID試験後に発現する開放電圧の低減が、セル表面へのNa含有ドーム状突起構造の形成によることを見出した。さらに、フロントエミッター型太陽電池モジュールのPIDにおけるSiO<sub>2</sub>膜の影響について調査し、SiO<sub>2</sub>膜が窒化シリコン膜とシリコンセルとの間の電荷輸送を妨げるため、電荷蓄積による劣化を引き起こす一方、Na侵入に由来するPIDを遅延、抑制する効果があることも明らかにした。(実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学)

「経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発／メガソーラーの発電量及び信頼性評価技術の開発」において、日本気象協会が5つの日射気候区で計測している気象データを解析し、太陽電池モジュールの生涯発電量を算出するための気象データセットを作成した。また、メガソーラーの発電量診断技術を改良し、日射抽出条件等の精緻化により、メガソーラーの発電性能の年劣化率を算出する精度を向上させた。さらに、日本の気候データが世界の6気候データの一つに採用されたIEC 61853-3, -4投票用委員会原案(CdV)の成立後に、最終国際規格案(FDIS)作成のための審議に参加し、IEC 61853-3, -4の国際規格(IS)化に貢献した。(実施体制：一般財団法人電力中央研究所)

## 研究開発項目⑤「動向調査等」

### 1) 動向調査

第5次基本計画で再生可能エネルギーの「主力電源化」が掲げられたことにより、太陽光発電技術開発に対して厳しい課題があると認識している。そのような環境の中でNEDOの太陽光発電開発戦略の改訂を緊急の課題であるとの認識から、有識者による「太陽光発電技術戦略委員会」を立ち上げた。

「太陽光発電技術戦略委員会」の事務局を務めると共に本委員会の議論に資する太陽光発電の価値・付加価値、太陽光発電の市場創出の可能性等の情報収集・分析を行うと共に、「太陽光発電開発戦略」の方向性を検討した。

併せて太陽光発電システム搭載自動車検討委員会の事務局を務めると共に、同テーマの国際的な展開のため、関連分野の動向等の収集をするとともに、IEA PVPS執行委員会に参加、日本が運責任者としてリードするIEA PVPSタスク17「PV and Transport」の専門家会議を開催し、新たな太陽光発電の国際協力プログラムの推進に努めた。(実施体制：みずほ情報総研株式会社)



主要な太陽電池モジュールを中心とした性能レベル、製造技術、製造コスト等の各種動向及び各国の太陽電池研究開発政策動向また太陽電池モジュールの利用動向と今後の産業と市場の可能性に関する調査を継続実施した。また、市場環境や利用環境の変化に対応して「太陽光発電開発戦略」の改訂に対応すべく太陽電池モジュールの市場環境の実態と今後の見通しをより俯瞰的に見るための各種情報収集・分析と太陽光発電システムの利用環境の変化に対応した新用途（水上設置及び農業用途）における海外における導入動向と技術課題検討を行った。（実施体制：株式会社資源総合システム）

## 2) IEA国際協力事業

国際エネルギー機関（IEA）の太陽光発電システム研究協力実施協定（PVPS）に参画し、太陽光発電の普及・促進に向けた国際協力活動を通じた諸外国の技術開発動向や政策動向、市場動向等に関する調査・分析を実施した。具体的には、タスク1 専門家会議への参加、タスク1 が開催する特別情報活動への参加、Trends Reportをはじめとした各種報告書の作成を実施した。特別情報活動では、第7回世界太陽光発電国際会議（WCPEC-7）においてタスク1 OA（運営責任者）、日本およびEUの専門家が中心となり会議に参加したステークホルダーに対し、太陽光発電の市場、価格、産業界の総括的な概要報告と将来のビジネス展望に関するワークショップを開催した。また、第35回欧州太陽光発電国際会議（EUPVSEC-35）においても、新しい市場開拓、ビジネスモデルに関するワークショップを実施すると共にIEA PVPSタスク17「PV and Transport」に係る各種情報収集およびタスク1 専門家発掘等の支援をした。2018年度以降のPVPSの新たなテーマ発掘に向け、ワークショップや専門家会議等を通じた情報収集を実施し、PVPS 専門家を中心とした関係機関との議論を深めた。（実施体制：株式会社資源総合システム）

## 研究開発項目⑥「高効率太陽電池製造技術実証」

「低コストヘテロジャンクションバックコンタクト太陽電池の小規模量産実証」においては、ヘテロジャンクションバックコンタクト太陽電池の小規模量産実証に用いる主要な設備を導入し、各工程の立ち上げを実施した。また、ヘテロジャンクションバックコンタクト太陽電池の試作を開始し、プロセス条件や評価技術等の検討を実施した。（実施体制：株式会社カネカ）

## 4. 2 外部委員による評価結果

2017年10月に実施した外部有識者を委員とする中間評価では、「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。」「太陽電池セルの開発からモジュール技術、モジュールの信頼性評価等広い範囲で技術開発を展開しており、必要な研究課題は十分にカバーされている。これらの技術開発の結果、わが国の太陽電池技術は世界一のレベルを保っている。」等のコメントがあり、優良評価を得た。

#### 4. 3 実績推移

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度
実績額推移（需給）(百万円)	4,571	4,851	4,345	4,513
特許出願件数（件）	6	39	56	69
論文発表数（報）	86	127	191	175
フォーラム等（件）	408	696	755	565

#### 5. 事業内容

プロジェクトマネージャーにNEDO 新エネルギー部 山崎光浩 主任研究員を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

##### 5. 1 2019年度事業内容

NEDOは、2019年度事業開始までに実施した将来（2025年、2030年時点を想定）の事業化の見通し（市場セグメントの設定、想定する市場規模等）や成果の見通し（導入量、費用対効果等）の確認に基づき、産業界は市場獲得や新市場創出につながる効果の高い事業、大学・研究機関については市場獲得や新市場創出につながる事業化計画を有する企業の活動を支援する効果の高い事業に重点化し、以下の研究開発を行う。

実施体制については、別紙を参照のこと。

##### 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C I S太陽電池の技術開発」

###### 1) 先端複合技術型シリコン太陽電池の開発

「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」においては、これまでの取り組みにより開発した技術をもとに、新たに、光学的・電氣的ロスを極限まで低減させるセル・モジュール構造の設計を行う。また、実用化を見越して課題の解決を図り、低コストと高スループット、高出力、高信頼性のいずれも満たすセル、モジュール構造と、これらを実現する材料・プロセスを開発する。これらを踏まえ発電量、システムコスト、劣化率などの発電コストの試算に要するパラメータを精査し、発電コストを明確にする。（実施体制：株式会社カネカ（再委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人京都大学））

「高効率バックコンタクト型太陽電池の量産技術開発」においては、2018年度に開発した新規パターンニングプロセスをベースに、更なる低コスト化技術開発と信頼性技術開発を推進し、目標達成が可能なモジュール製造技術を開発する。（実施体制：シャープ株式会社）

「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」においては、引き続き2018年度にて加工技術を構築したウェハ厚さ90 $\mu$ mのスライス基板を使って、太陽電池セル製造プロセスとの最適化および薄板太陽電池評価を進める。また、更なる極細固定砥粒ワイヤでの加工技術開発を行うと同時に、切断ピッチ0.15mm以下

(ウェハ厚さ90～75 $\mu$ m) における発電効率、スライス製造コストの最適解を求める。(実施体制：コマツNTC株式会社)

「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」においては、これまでに得られた成果をベースに、シードキャスト基板の低コスト製造技術の開発、受光面パッシベーション形成技術、選択エミッタ形成技術、モジュールでの光閉じ込め構造等の開発を行い、モジュール変換効率20%を実証する。モジュール効率20%の実証においては、6大学の支援も受けて進める。高信頼性モジュールの開発では、前年度までに導入した試験装置を用いて、前年度に決定した結晶シリコンセル／モジュール構造で信頼性試験を実施し、寿命35年以上を実証する。信頼性試験にあたっては、産業技術総合研究所の支援も受けて進める。(実施体制：京セラ株式会社)

「低コスト・高信頼性・高効率 Super Si Hetero-junction (SSHJ) 太陽電池の開発」においては、前年度に引き続いてSBF-SHJ, SBC-SHJに対する、①大面積ウェハ対応技術、②高機能テクスチャ技術、③高機能ヘテロ接合技術、④高機能電極形成技術の開発を行なう。R&Dレベルのセル変換効率を維持した低コスト量産プロセスの要素技術を開発し、2025年に発電コスト7円/kWhを実現できるモジュール性能を確認するとともに、このコストを実現するための開発計画を提示する。(実施体制：パナソニック株式会社)

2) 高性能CIS太陽電池の開発高性能化モジュール開発においては、前年度までにCdフリーCIS小面積セルにおいて開発した技術をサブモジュールへ移転し、最終目標であるサブモジュール変換効率20%の達成を目指す。新表面電極技術、光吸収層高品質化技術をはじめとした各種要素技術の工場導入を進めつつ量産プロセスの最適化を継続し、最終目標である製品サイズ試作モジュール変換効率16%の達成とそれを通じた発電コスト目標の達成を目指す。軽量化モジュール開発においては、基板および表面材の軽量化に加え、封止材、バックシート、フレーム、マウント部材などの軽量化も合わせて検討し、モジュールのコスト、重量、発電性能のバランスが市場ニーズに最大限マッチする部材組合せに基づいたモジュールを開発する。また、これらを通じ2025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立案する。(実施体制：ソーラーフロンティア株式会社)

#### 研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

- 1) 革新的高効率太陽電池の研究開発以下の取り組みにより最終目標であるシステムコスト125円/W、発電コスト7円/kWhに資する技術を開発する。
  - i) 低コストセル技術開発では、薄膜化、LC効果、光閉じ込め構造を最適化し、非集光でセル変換効率33%達成を目指す。
  - ii) 低コストプロセス技術開発ではスマートスタック技術等の接合技術を使ってGaAs/Si系、GaAs/CIGS系でセル変換効率30%達成を目指す。また、エピ層移載技術、及び基板の再利用技術の開発では実用サイズ(4インチウェハ)の

ELO（エピタキシャルリフトオフ）技術、及び装置を開発し、基板の再利用可能回数10回以上を実現する。また、超高速・低コスト結晶成長ではH-VPE及びMOCVDの更なる高速化、高効率化の検討を行い、低コスト化に寄与する高速成膜条件でInGaP/GaAsセルで開放電圧2.4V以上の達成を目指す。

iii) 低コストモジュール開発では低コストセル技術開発、低コスト化プロセス技術開発における非集光下で変換効率33%のセルを使って30%以上のモジュール変換効率を達成するとともに、フィールドテストを実施し、発電量や設備利用率の試算と併せて発電コスト7円/kWh達成に向けた見通しを得る。またプラスチックレンズ一体型セル・モジュールは、最終決定した構造/工法にて約1m角のパネルを製作するとともに、モジュール変換効率38%、モジュール製造コスト80円/W以下を実証する。

iv) 超高効率セル開発ではエピタキシャル積層技術とメカニカルスタック技術を確立し、4接合セルによりセル変換効率50%達成を目指す。また、量子ドットセルでは積層成長による高密度化、キャリアの長寿命化を達成し、集光型量子ドットセルで効率45%達成を目指す。

（実施体制：国立大学法人東京大学（再委託：タカノ株式会社、国立大学法人埼玉大学）、シャープ株式会社（再委託：タカノ株式会社）、パナソニック株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、学校法人トヨタ学園豊田工業大学、大陽日酸株式会社、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人神戸大学、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人東京農工大学）

2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発「塗布製造技術の開発」では、30cm角サイズのモジュール製造に必要となる電子輸送層、ペロブスカイト光吸収層、ホール輸送層の大面积均一塗布技術を確立し、効率20%の目標達成を図る。また、モジュール封止技術や光劣化を抑制する太陽電池構造を開発し、JIS規格の品質要求事項の達成を図る。上記技術の確立に加え、高速塗布技術の確立や材料低コスト化の見通しを得ることで、製造コスト15円/Wの指針となる技術仕様を確定する。

「超軽量太陽電池モジュール技術の開発」では、30cm角程度の超軽量モジュールで変換効率15%、あるいは15cm角程度の超軽量モジュールで変換効率17%を達成し、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を選択し、構造・生産プロセスに関する要素技術を開発する。耐久性に関しては、JIS規格C8938準拠の耐久性試験の耐熱試験、光照射試験で、変換効率17%の5cm角程度の超軽量モジュールの相対低下率10%以下を達成する。

「低コストR2R太陽電池製造技術の開発」では、これまで検討してきた金属箔小面積セルでの耐久性改善技術を金属箔サブモジュールに適用し、JIS規格C8938準拠の耐久性試験5項目について、変換効率17%の5cm角程度の超軽量モジュールの相対低下率10%以下を達成する。

サブモジュール特有の課題について、早期に課題抽出を行い、JIS規格C8938

準抛の耐久性試験5項目について、変換効率17%の5cm角程度の超軽量モジュールの相対低下率10%以下を達成する。超軽量基板を用いた小面積セルで変換効率18.8%（2mm角）を達成する。また東芝/積水にて連携し、30cm角程度の超軽量モジュールで15%、あるいは15cm角程度の超軽量モジュールで17%を達成する。量産時に封止部材のコストを5円/W以下が達成可能な要素技術を構築し、モジュール製造コスト15円/Wを実現し得る、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を開発する。

「高性能・高信頼性確保製造技術の開発」では、新規ホール輸送材料や金電極代替材料を用いたセルの更なる性能向上とモジュールのスケールアップを行っていく。30cm角程度の中型モジュールでの性能確保に向けて、電池材料の組成や均一性の確保が重要になる。電池を構成する各層でのスケールアップに向け、実現性や経済性などを考慮して課題出しを行っていく。

「基盤材料技術と性能評価技術の開発」では、2018年度にパナソニックと共同でモジュールに適用し評価した低コストHTM材料を、より安価な出発原料から合成・精製工程を最適化するとともに、高効率の歩留り高いHTM材料として確定する。また、二段塗布法、一段塗布用インキの調製を確立し、ダイコーターを適用した大面積でのペロブスカイト層形成条件を最適化しHTL製造コスト低減（最終目標150円/m<sup>2</sup>）へ繋げる。無溶媒方式の利点を整理するとともに、ペロブスカイト層自身の欠陥およびHTM層、電子輸送層との界面での欠陥を削減しうる可能性が、セル効率および歩留り向上に寄与する点を明らかにする。新たに見出した高分子補強ペロブスカイト層による機械的強度、耐水性、耐久性の向上に加え、界面での電荷輸送を改善し、小面積セル効率25%への道筋を提示する。また、傾斜ヘテロ接合逆型セルおよび順型平面セルでは連続光照射下での安定動作を確立するとともに、変換効率25%を目指した開発を継続する。特性評価法の開発では、グループ内のセル評価の対象機関やセル・モジュール形状などの幅を一層広げ、セル性能評価法の確立を継続する。

「新素材と新構造による高性能化技術の開発」セル変換効率25%目標に向けて、デバイス解析で示された抵抗や欠陥生成要因を解消すべくデバイス構造を改良する。ペロブスカイト組成最適化による吸収端長波長化や、電子・正孔輸送層の低抵抗化のため、材料の開発を進め、モジュール開発への展開を図る。理論計算を駆使し、より幅広い材料を探索する。蒸着、スプレー製膜などの条件検討をさらに進め、膜質向上および大面積化に向けた最適化の指針を得る。

（実施体制：パナソニック株式会社、株式会社東芝、東芝エネルギーシステムズ株式会社、積水化学工業株式会社、アイシン精機株式会社（再委託：株式会社アイシン・コスモス研究所）、学校法人早稲田大学（再委託：国立研究開発法人物質・材料研究機構、地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所）、国立大学法人東京大学（再委託：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人九州工業大学、公立大学法人兵庫県立大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人熊本大学、学校法人立命館）

### 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、Cat-CVDで形成する高性能パッシベーション膜の他、新規開発したテクスチャ形成および洗浄法やプラズマイオン注入でのa-Siへのカウンタードープなども裏面電極型Siヘテロ接合太陽電池作製に適用する。また、両面型Siヘテロ接合太陽電池において、Cat-CVDでの薄膜形成およびCatドーピングを駆使し、750 mVを超える開放電圧を達成する。(実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学)

「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」においては、連携先から提供されるものを含めた極薄ウェハ（最小厚み50  $\mu$ m）のセル化を通して課題抽出を図り、薄型ウェハの品質指針及び高効率セルプロセス技術開発指針を明らかにする。また、両面受光バックコンタクト型セルおよび選択エミッタを有するPERC型セルの作製プロセスにステンシルマスクを用いたイオン注入技術を適用し、簡略化プロセスの構築と変換効率の向上を図る。さらに、最終目標に向けた両面受光バックコンタクト型セルのモジュール化を進める。モジュールの信頼性に関しては、これまでの知見をふまえた複合試験での検討を進め、モジュールの長寿命化への指針を得る。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「高性能キャリア選択性パッシベーションコンタクトの開発」においては、2018年度に得られたシリコン系ナノ結晶材料を水素化アモルファスシリコン/結晶シリコンヘテロ接合型太陽電池に適用し、標準的なa-Si:Hのみで構成されるベンチマーク構造（発電効率>22%）に対して、VOCやFFを維持しつつ、JSCの2%以上の向上を達成する。また、今回の開発成果を連携先であるパナソニック（株）が開発する太陽電池に適用し、その有用性を実証する。また、TiOXを含む金属酸化物系パッシベーションコンタクトとして用いた結晶シリコン太陽電池において、a-Si:Hのみでヘテロ接合を形成するヘテロ接合型太陽電池に比べ、短絡電流密度を4%以上改善する。さらに、ライフタイム評価による開放電圧（iVOC）で700 mV以上を達成する。以上により、シリコン系ヘテロ接合太陽電池の性能を超え得るポテンシャルを実証する。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「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」のセル開発においては、従来型ヘテロ接合太陽電池標準試作ラインをさらに高度化させ、これとデバイス・シミュレーション技術、新規プロセス評価・解析技術を組み合わせて、連携企業の技術開発を総合的にサポートする。変換効率25%相当の試作ラインを共通基盤として他大学・研究機関との連携を進め、LID（光劣化）、PID（電圧誘起劣化）等太陽光発電の品質信頼性上のグローバルな課題についてそのメカニズムを解明し、課題解決への道筋を示すことで、長期安定運用技術における国内企業の世界的競争力の向上に貢献する。また、次世代キャリア選択コンタクト技術開発を深化させ、TMD（2次元層状物質）等の新機材料や独自考案した積層構造を低コスト・低ダメージプロセスにより

セル構造に実装することで、この技術領域を牽引する。さらに、本研究で開発した先端技術を、次世代タンデムセルや軽量・フレキシブルモジュール等、電気自動車への電力供給や発電機能付きのBIPV建材等の社会変化に対応して求められる多様な技術・サービス領域に適用する方策を探索し、未来社会における太陽光発電の技術開発領域を提示する。(実施体制：学校法人トヨタ学園豊田工業大学、学校法人明治大学、国立大学法人九州大学、国立大学法人名古屋大学、国立大学法人東京工業大学、公立大学法人兵庫県立大学)

## 2) 高性能CIS太陽電池の開発

アルカリ金属種類に応じた添加条件の最適化を行うとともに、原子層堆積法(ALD)技術によるZnMgOバッファ層の開発を行いCISセル効率向上に取り組み最終目標達成を目指す。また、準安定アクセプタ活性化技術(熱光照射効果および熱バイアス電圧印可効果)による効率向上メカニズムを解明し、条件最適化を行う。さらに、多結晶の酸化インジウム系透明導電膜材料の高性能化技術の開発を行い、最終目標達成に向けたCISセル高効率化技術開発を実施する。

表面・界面制御および傾斜-BSF複合構造の開発に関しては、三段階蒸着製膜における二段階目から三段階工程終了まで(薄膜の表面近傍)の製膜制御により高効率化を図る。さらに、表面n型化に取り組み、アルカリ金属効果と共に表面及びバルクの高品質化を実施する。また、再結合解析などのデバイス解析を行うことで、課題の明確化とその対応を行う。

表面透明導電膜層に関しては、MOCVB法製膜によるZnMgO:Bの成長条件の確立を行い、アルカリ処理したCIS光吸収層への最適なバッファ層、透明導電膜層の組み合わせを検討する。

ソーラーフロンティアおよび産総研により系統的製膜条件で製膜されたCIS試料を用いた欠陥形成メカニズムやその効果を定量的に検証する。また、ワイドギャップ化したCIS系太陽電池の高効率化に必要な知見をラマン分光、PL、陽電子消滅法などによる欠陥評価の観点から構築する。さらにCIS表面に対して各種アルカリ金属添加処理を行った試料の*in-situ*評価により光吸収層、バッファ層界面の電子構造に対する効果をセレン化・硫化法製膜CIS、蒸着製膜CIS両試料間差を系統的に明らかにする。さらに、それぞれの試料でバンド端、キャリア密度が適合するCdフリー系高CBMバッファ(ZnMgOなど)の界面でバンドオフセットが適正かつ伝導障壁のないバンド接続が実現する条件を明らかにする。光吸収層内バンドプロファイルの可視化、ギャップ極小値、ギャップ内状態と製膜条件の関連を評価することによりバンドギャップ傾斜の最適化に必要な知見を構築する。

理論計算と実験的手法を組み合わせた粒界と界面を中心とした材料設計およびモデル実証研究においては、30年度に明らかにしたCu<sub>2</sub>Se-In<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>-Ga<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>、Cu<sub>2</sub>S-In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-Ga<sub>2</sub>S<sub>3</sub>等の4元系の電子構造の結果を進展させ、5元系Cu<sub>2</sub>(S, Se)-In<sub>2</sub>(S, Se)<sub>3</sub>-Ga<sub>2</sub>(S, Se)<sub>3</sub>について電子構造を明らかに

する。CuInSe<sub>2</sub>とともに、CuGaSe<sub>2</sub>やCuInS<sub>2</sub>に材料を広げて、Li, Na, K, Rb, Csの添加効果について明らかにする。またMoとの反応性について明らかにするとともに、CIS/Mo界面の改良について指針を出す。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京工業大学、学校法人立命館、国立大学法人筑波大学、国立大学法人鹿児島大学、学校法人龍谷大学)

#### 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）」

##### 1) 出力等測定技術の開発

NEDO開発品をはじめとした新型結晶Si、新型薄膜、多接合等の等の各種新型太陽電池の評価技術を開発して実施する。開発した性能評価技術をより広く普及するために、民間試験所を含めた太陽電池セル測定、モジュール測定の国際比較等を実施すると共に開発技術の標準化等に技術的に貢献する。トレーサビリティを確実に維持し、国際比較で定量的な一致度を明らかにして国際整合改善に資する。各種太陽電池の屋外測定を実施して薄膜太陽電池も考慮した屋外性能評価技術の精度を実証するとともに高精度化を図り、精度目標を達成する。共同機関の成果を総合してPVアレイ性能評価の高効率化、高精度化の基本技術を検討する。

(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

2018年度に引き続き屋外実性能高能率測定装置を複数の実フィールドに持ち込み、種々モジュールに対する測定を実施し、最終目標に対する達成状況を評価するとともにガイドライン化に当たっての課題抽出を行う。これら課題の解決策を盛り込むとともに、共同機関との協議結果から、装置仕様、手順を明らかにし、屋外高精度評価技術に関する手法のガイドラインをAISTと共同で策定する。(実施体制：一般財団法人電気安全環境研究所)

2018年度に開発したPVMSによる屋外太陽光発電性能試験（高速IV計測）手法をもとに、様々な気象条件で目標精度（高速IV計測で±1.0%以内）を保証しうる定量的条件を検討し、試験実施者が活用できるように整理する。また現在実施しているPVモジュールセンサーによる観測を継続して行い、計測条件の補強・高精度化する。また、日射強度の急変時の日射スペクトル強度変化を数値モデルにて推定し、高速IV計測に及ぼす影響を定量的に評価するとともに、異なる感度特性を有する太陽光パネルでも適用するための情報を提供する。(実施体制：国立大学法人岐阜大学)

これまでに得られた有風時における太陽電池モジュール温度の高精度計測技術および、太陽電池モジュール内温度分布の定義により、有風時においても実温度測定精度±1℃以内を達成し、太陽電池モジュール出力特性の屋外測定において高精度温度測定結果を出力の温度補正に用いることにより±1.0%（1σ）以内の測定精度を達成することに寄与する。さらに、本手法をシステム評価にも拡張し、システム内における温度計測位置を定義し、システム内における温度分布も考慮した高精度温度計測手法について確立する。(実施体制：国立大学法人宮崎大学)

これまでの開発内容を基に共同機関と連携し、PVモジュール日射センサーを用いた



高速な日射測定、高精度な太陽電池モジュール温度測定、屋外における日射変動およびスペクトル変動の考慮、銘板に記載されている情報のみを用いた参照基準となる電流－電圧特性の算出手法を組み合わせ、オンサイトでのシステム発電性能評価の高効率化、高精度化の基本技術を実証する。(実施体制：学校法人東京理科大学)

300～1700nmの広範囲の太陽光スペクトル測定を継続し、蓄積されたデータを用いてスペクトルミスマッチ補正係数の高精度化を行う。さらに、1年以上蓄積されたAPEセンサーの測定データと合わせることで、高速に測定されたAPEを用いたスペクトルミスマッチ補正を実施する。最終的に、屋外測定スペクトルミスマッチによる出力電流測定誤差を補正無しの場合の3分の1に高精度化する技術を検証して、その技術を確立する。その結果を産総研と共有し、産総研におけるスペクトル補正と屋外IV特性高精度化に貢献する。(実施体制：学校法人立命館)

## 2) 発電量評価技術

「経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発」において、産業技術総合研究所九州センター（佐賀県鳥栖市）の屋外サイトで長期曝露試験を実施している太陽電池モジュールに関し、裏面パッシベーション型や薄膜系等も含めた各種新型太陽電池における屋内測定により明確化したモジュール性能変化と、屋外でのアレイの発電量データを用いることにより、実発電量との差異が±5%以内となる発電量推定技術を構築する。さらに、WEBサイトに掲載可能な発電量データベースを開発する。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「発電データ分析によるシステム信頼性および劣化率評価」において、2018年度に引き続き北杜メガソーラーの発電データ分析、ならびに現地調査による不具合確認を継続するとともに、これまでに得られた知見を発電量評価支援ツールにて利用可能とし、最終目標を達成する。(実施体制：学校法人東京理科大学)

「日射量データベースの高度化に関する研究」において、日射スペクトルデータベースと日射量データベースを整備する。日射スペクトルデータベースには、2018年までの日射スペクトルの観測データに加えて、日射スペクトル推定モデルで推定したデータを収録する。日射量データベースには、2018年度までに開発した高精度・高密度な日射量推定モデル等を用いて推定した最新のデータを収録する。(実施体制：一般財団法人日本気象協会)

## 3) 信頼性・寿命評価技術の開発

ZEB適用型太陽電池モジュールとして、ガラス封止構造を適用した太陽電池モジュールを主対象とし、デラミネーション等の製品安全と建材性能に関わる封止構造の長期耐久性を加速評価する。特に、紫外線照射試験を組み合わせたシーケンス試験を重点化し、加速評価法の完成を目指す。これまで明らかにした電気接続の劣化要因に加え、封止構造の劣化に影響する因子についても、建材としての寿命（40年間の運転期間）相当の耐久性を検証し、発電コスト7円/kWhを達成する。また、ZEBへの普及拡大を

促進のためには「保証期間の設定」が必要となることから、JISQ8901に規定される機能耐用年数（保証期間）の根拠として有効な耐久性指標を決定する。（実施体制：株式会社カネカ）

「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」において、湿熱負荷、紫外線照射、PIDが相互に及ぼす影響をも考慮した劣化メカニズムを総合的に整理し、得られた知見の体系化を図る。マイクロ波光伝導率減衰（ $\mu$ -PCd）法を用いた劣化メカニズムの明確化は、奈良先端科学技術大学院大学に再委託する。屋内外の評価結果をもとに、開発した加速試験の屋外曝露に対する加速係数を算出し、太陽電池モジュールの性能30年を予測できるとともに、屋外曝露に対して100倍以上の加速係数を実現する。さらに、得られた劣化メカニズムと加速試験に基づき、信頼性の高いモジュールを設計し、寿命30年以上（出力劣化率20%以内）を実証する。また、 $\mu$ -PCd法の屋外計測への適用に向け、モジュール温度が計測に与える影響を検討し、本計測技術の有用性を検証する。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所、一部を国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学に再委託）

「屋外での電圧誘起劣化の実証研究」において、光照射がPIDに及ぼす影響を明確化するために、光照射によって反射防止膜の抵抗率が低下する場合における反射防止膜内部の電界の緩和や、モジュール内部の電流分布への影響を解析する。また、PIDの抑止技術として、高抵抗材料を用いることによる電界／電流の分布を解析して、高抵抗材料の抵抗値や挿入場所としてPIDに対する効果が高い条件を導出する。（実施体制：石川県工業試験場）

「電圧誘起劣化が発生した箇所の特定方法、微視的評価手法の開発」において、多様な太陽電池構造におけるPID評価を行い、PID回復技術、抑止技術の開発にフィードバックする。PID回復技術においては、電圧印加条件の探索により効果的なPID回復方法および、長期間の効率維持に必要なPID回復条件を検討する。PID抑止技術の開発に関しては、液体ガラスにより形成したガラス層の物性評価を行い、より効果的なPID抑止方法を検討するとともに、PID抑止技術の適用による劣化率の改善効果の評価する。また、液体ガラスと他材料の組み合わせによる抑止効果の向上を目指す。

（実施体制：国立大学法人岐阜大学）

「太陽電池モジュールの湿熱劣化の実時間観測手法の開発」において、モジュール内のEVAの剥離試験を行い、紫外線照射時の剥離強度の劣化を検証する。さらに、紫外線照射と湿熱負荷の複合試験における紫外線照射時の湿度の影響について調査し、反応拡散方程式による解析を行い、比較検討する。これらの試験を通じて最適な紫外線照射条件を抽出し、加速試験の加速係数100倍の定量化・精密化を図る。（実施体制：国立大学法人東京農工大学）

「n型結晶シリコン太陽電池における電圧誘起劣化機構の明確化」において、フロントエミッター型、リアエミッター型、ヘテロ接合型、裏面電極型の四種の太陽電池モジュールに関し、光照射のPIDへの影響を明らかにする。また、これまで明らかにしたPID機構に関する知見に基づき、四種の太陽電池モジュールにおいて、PIDによる

劣化率を30年で20%以内に抑える条件を明確化する。(実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学)

「経年劣化を考慮した各種太陽電池の発電量評価技術の開発／メガソーラーの発電量及び信頼性評価技術の開発」において、産業技術総合研究所が開発する各種太陽電池モジュールの経年劣化を考慮した発電量評価技術と2018年度に作成した気象データセットから、5つの日射気候区における各種太陽電池の生涯発電量(25年)を算出する。また、メガソーラーの発電性能の経年劣化を1%程度の精度で算出可能な発電量診断技術を開発する。さらに、2018年8月に成立したIEC 61853-3, -4に対応する発電量評価技術を開発し、日本の5日射気候区に対応した発電量定格を確立する。

(実施体制：一般財団法人電力中央研究所)

## 研究開発項目⑤「動向調査等」

### 1) 動向調査

昨年度立ち上げた「太陽光発電技術戦略委員会」を継続し、「太陽光発電開発戦略」の具体的な推進に係る各種情報収集・分析、および将来太陽光発電の成長市場の創出に係る分析を継続して実施する。また、「太陽光発電技術戦略委員会」からの提言を踏まえて、「太陽光発電開発戦略」の見直し案の作成を支援する。

また高効率太陽電池の新たな利用方法の可能性を検討するとして立ち上げた「太陽光発電システム搭載自動車検討委員会」およびIEA PVPSタスク17「PV and Transport」の国際プログラム運営を継続して実施すると共に各種資料作成の支援、および太陽光発電搭載自動車の実現に向けた課題や、導入拡大により期待される効果等について、有識者を通じた情報収集を行う。(実施体制：みずほ情報総研株式会社)

2018年度に引き続き、主要な太陽電池モジュールを中心とした性能レベル、製造技術、製造コスト等の各種動向及び各国の太陽電池研究開発政策動向の調査を継続して実施する。また、市場や産業、技術の変化に合わせ調査を重点化する。具体的には、我が国での2020年度以降の技術開発の方向性として、ハイエンド高効率太陽電池技術の研究開発・商業化動向及び新たな利用環境や用途に対応したモジュール技術、産業による研究開発動向の調査を重点的に行う。(実施体制：株式会社資源総合システム)

### 2) IEA国際協力事業

2018年度に引き続き、国際エネルギー機関(IEA)の太陽光発電システム研究協力実施協定(PVPS)に参画し、太陽光発電の普及・促進に向けた国際協力活動を通じ、諸外国の技術開発動向や政策動向等について調査・分析する。また2018年度以降のPVPSの新たなテーマ発掘に向け、ワークショップ等を通じた情報収集を実施し、今後の方向性を関係機関と議論、活動計画案を作成する。(実施体制：株式会社資源総合システム)

## 研究開発項目⑥「高効率太陽電池製造技術実証」

「低コストヘテロジャンクションバックコンタクト太陽電池の小規模量産実証」においては、2018年度に導入した設備を用いて、ヘテロジャンクションバックコンタクト太陽電池セルの製造条件などの改善に取り組み太陽電池出力の向上を図る。また、製造の際に用いる材料の利用効率やスループットの確認とその改善、並びに新たな技術の導入に取り組み、製造コストの低減を図る。(実施体制：株式会社カネカ)

### 5. 2 2019年度事業規模

需給勘定3,020百万円(継続・追加)

※事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### 1) 評価の方法

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、技術評価実施規程に基づき、事後評価を2020年度に実施する。

### 2) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。

また、外部有識者で構成する技術検討委員会等を組織し、知財管理や標準化等の重要事項について検討する他、事業価値や政策効果を踏まえた事業の進捗管理のために必要な指標や事業中止基準を設定し、定期的に評価を受ける。これにより、目標達成の見通しを常に把握するとともに、事業の中止や抜本見直しの判断を行う。

さらに、プロジェクトで取り組む分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から、委託事業として実施する。

### 3) 複数年度契約の実施

研究開発項目①～⑤は、2015～2019年度(最長で5年間)の複数年度契約とする。  
研究開発項目⑥は、2018～2019年度(最長で2年間)の複数年度契約とする。

### 4) 知財マネジメントに係る運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。(研究開発項目①から④のみ)

### 5) 標準化施策との連携

研究開発項目④の3)「信頼性・寿命評価技術」において、新しい信頼性評価試験方法を開発し、国際標準化提案を行う。

#### 7. 実施方針の改訂履歴

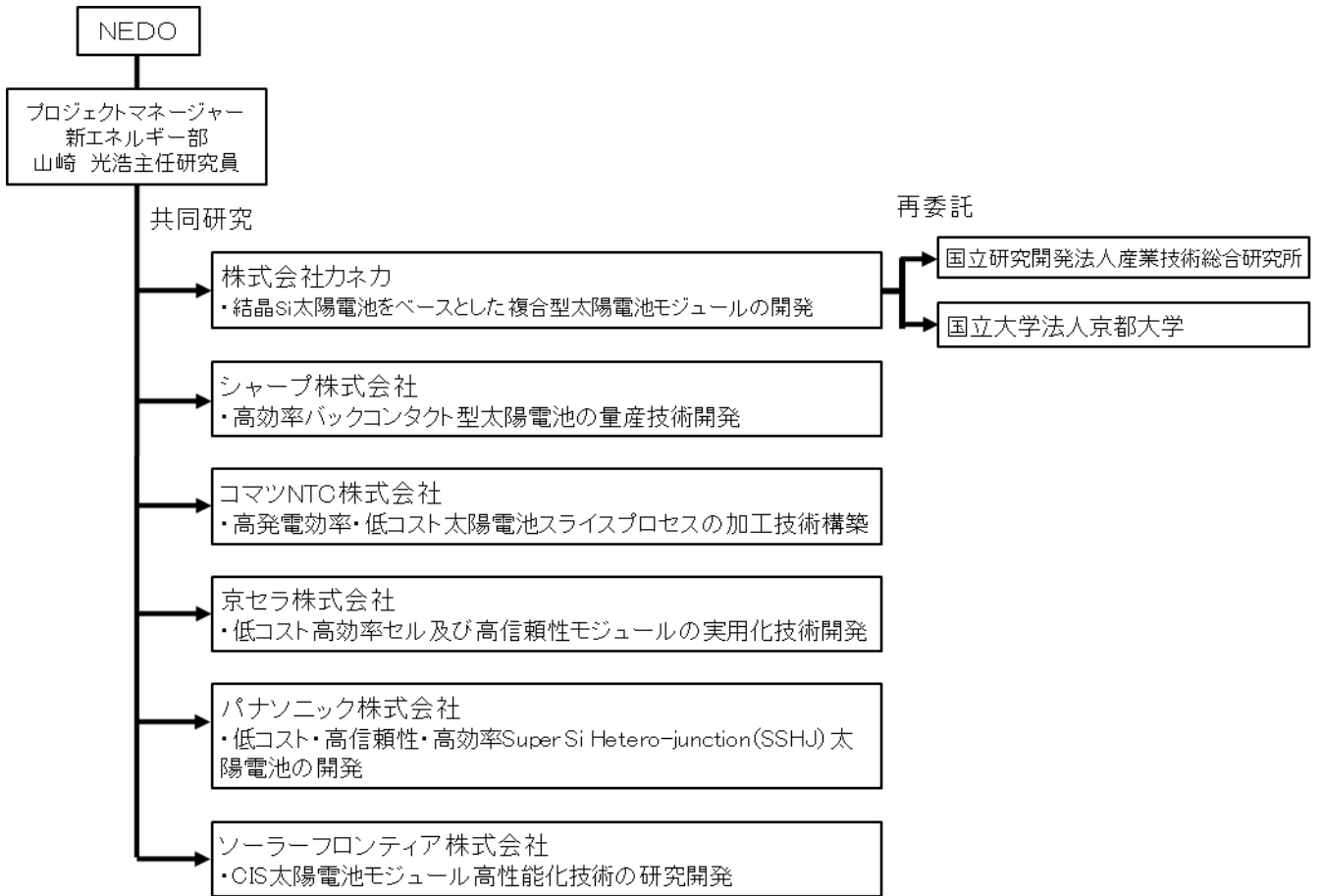
2019年2月18日、制定。

2019年4月23日、プロジェクトマネージャー変更のため、改定。

2019年7月31日、プロジェクトマネージャー役職変更のため、改定。

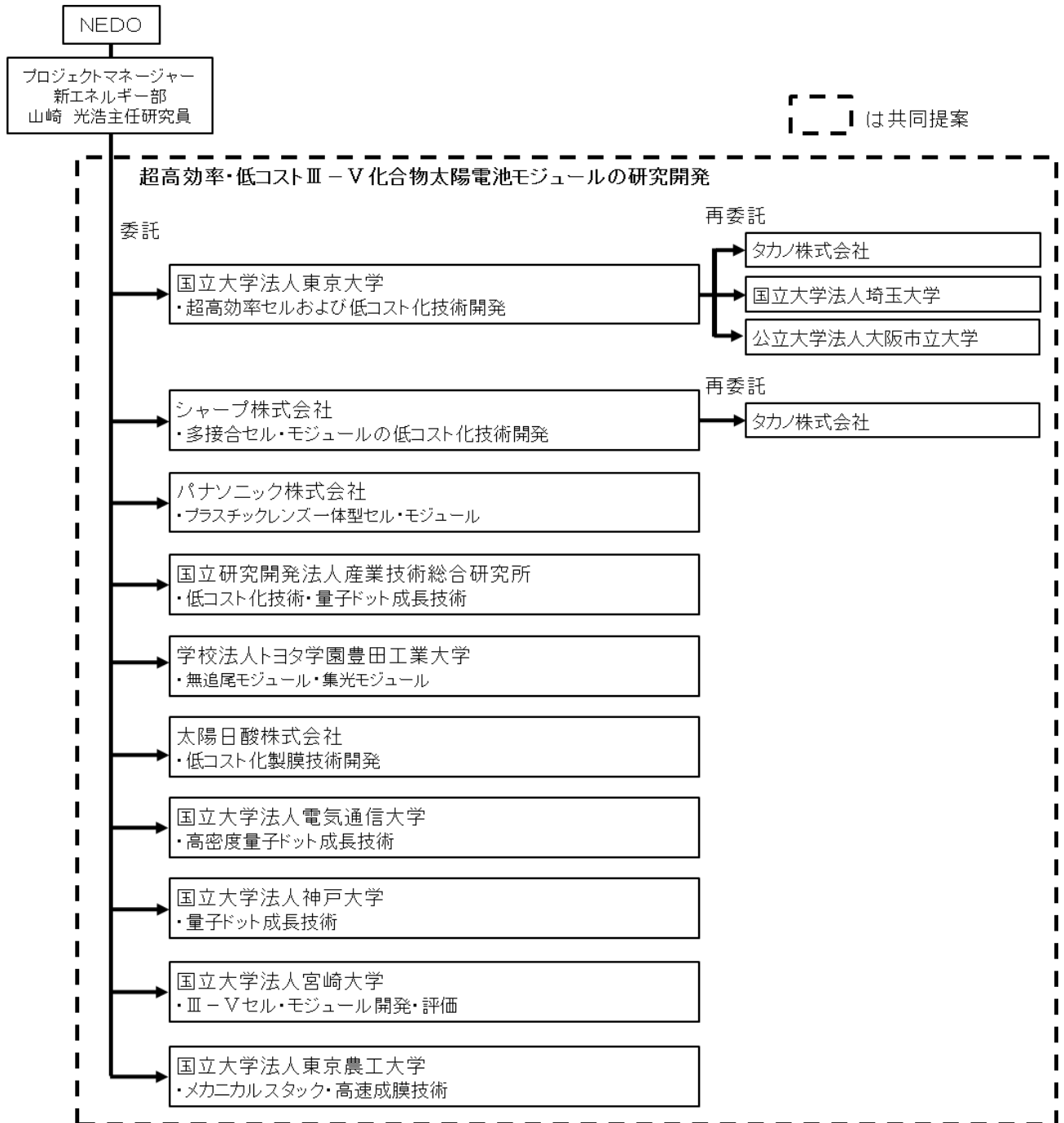
(別紙)

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C I S太陽電池の技術開発」



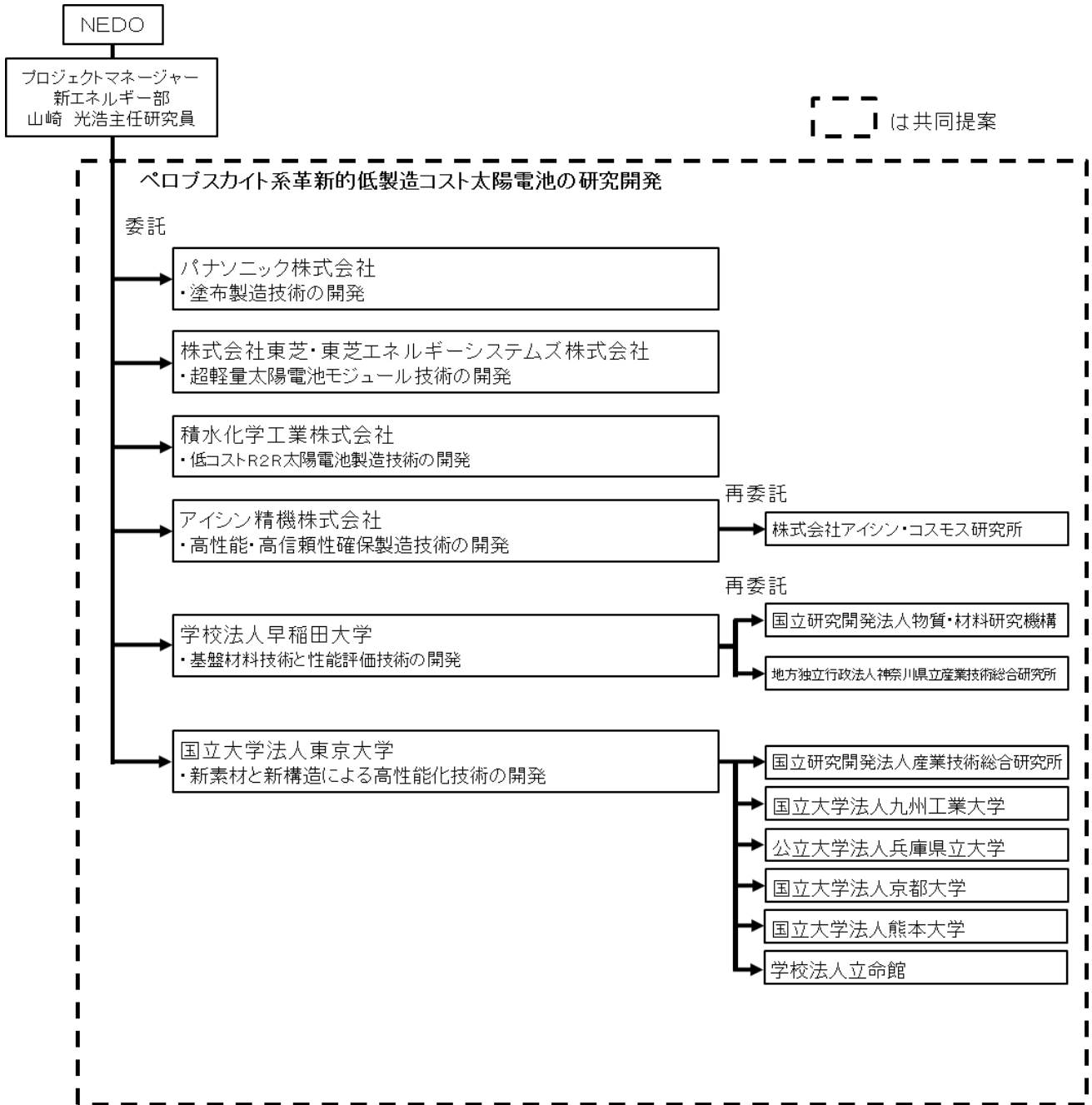
研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

1) 革新的高効率太陽電池の研究開発



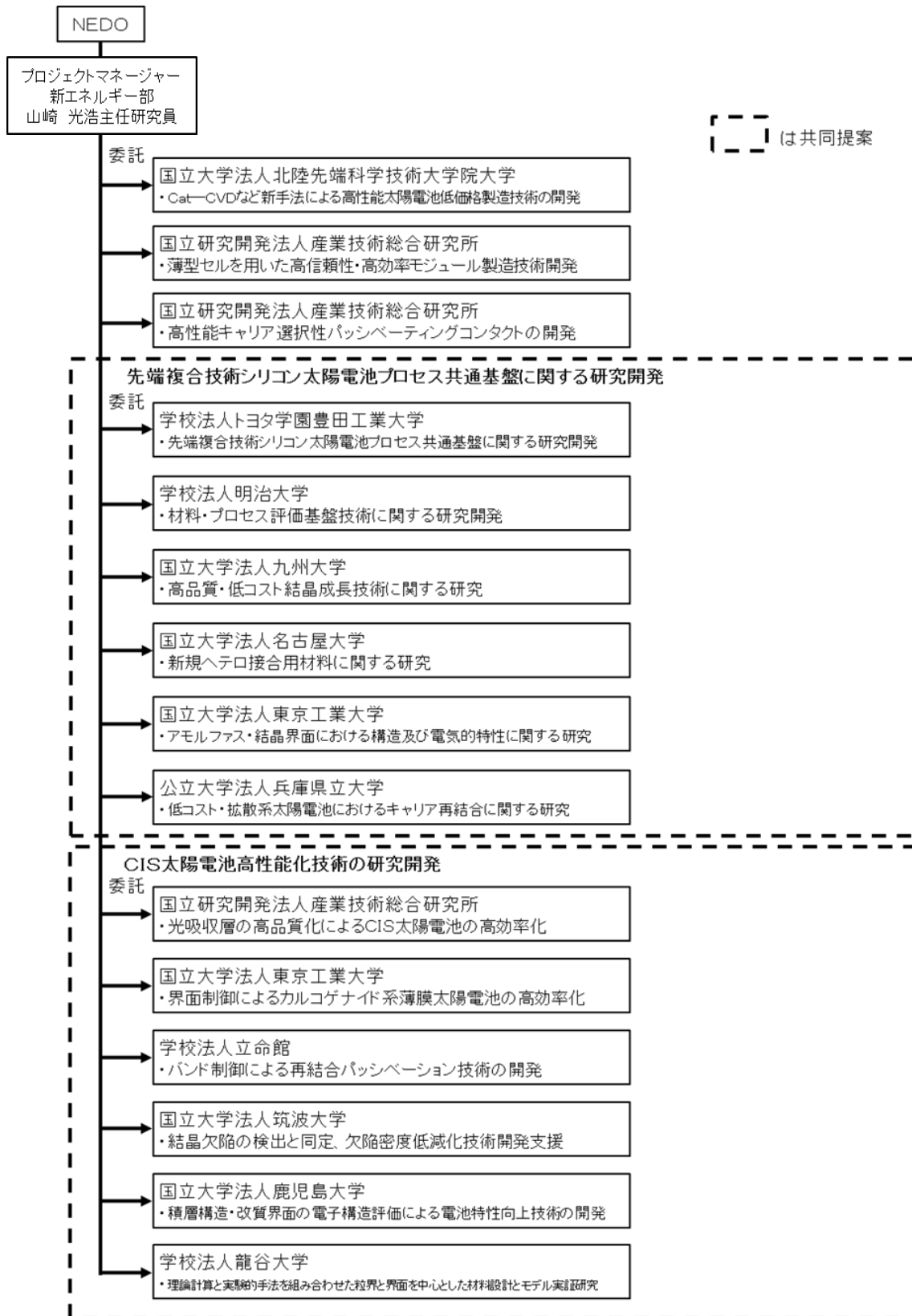
研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発



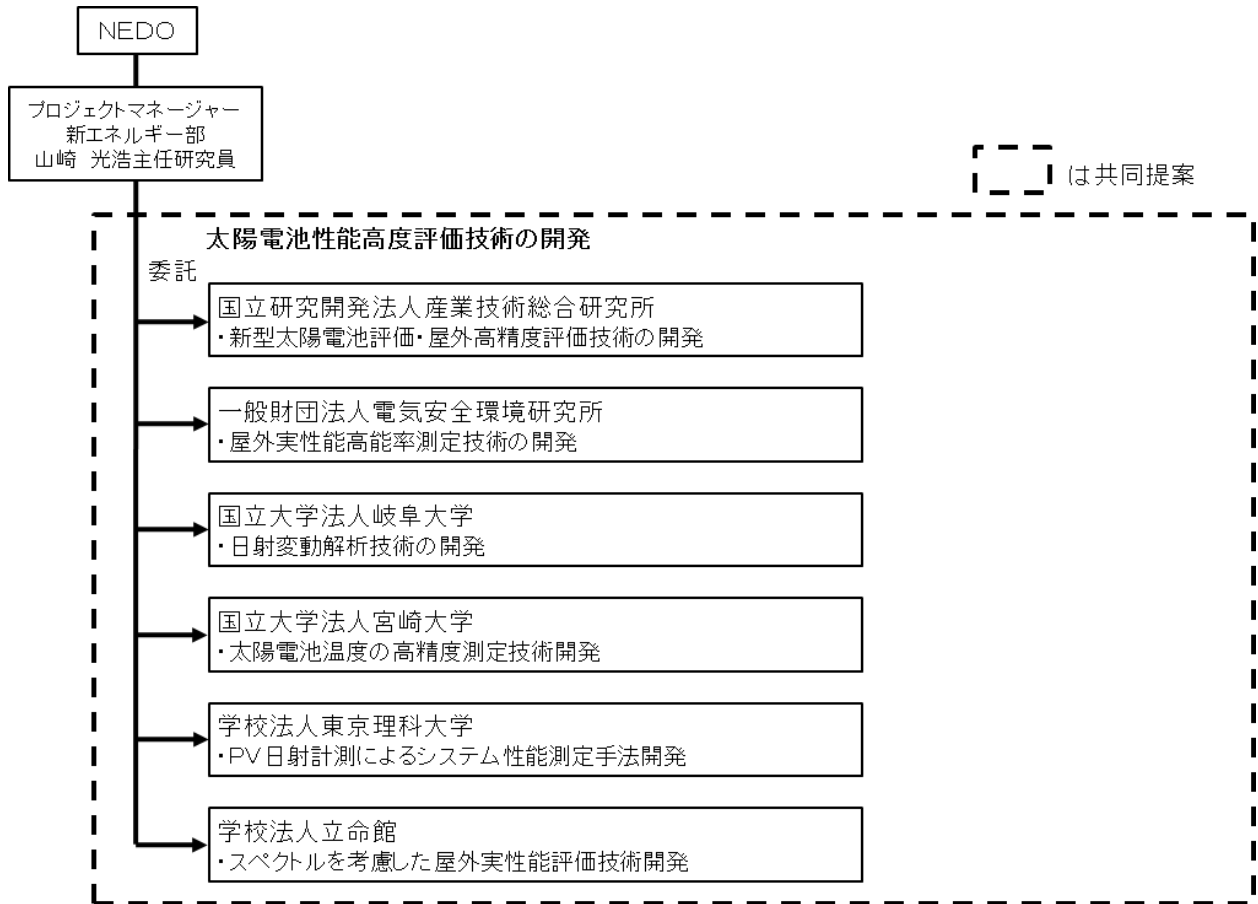


研究開発項目③「太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発」



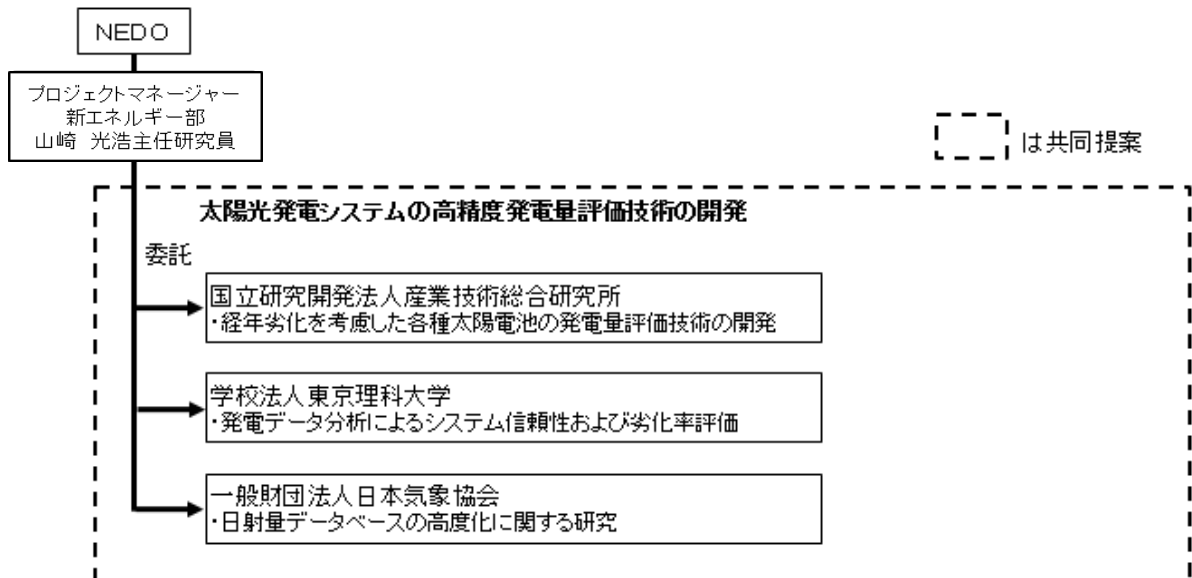
研究開発項目④「共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）」

1) 出力等測定技術の開発



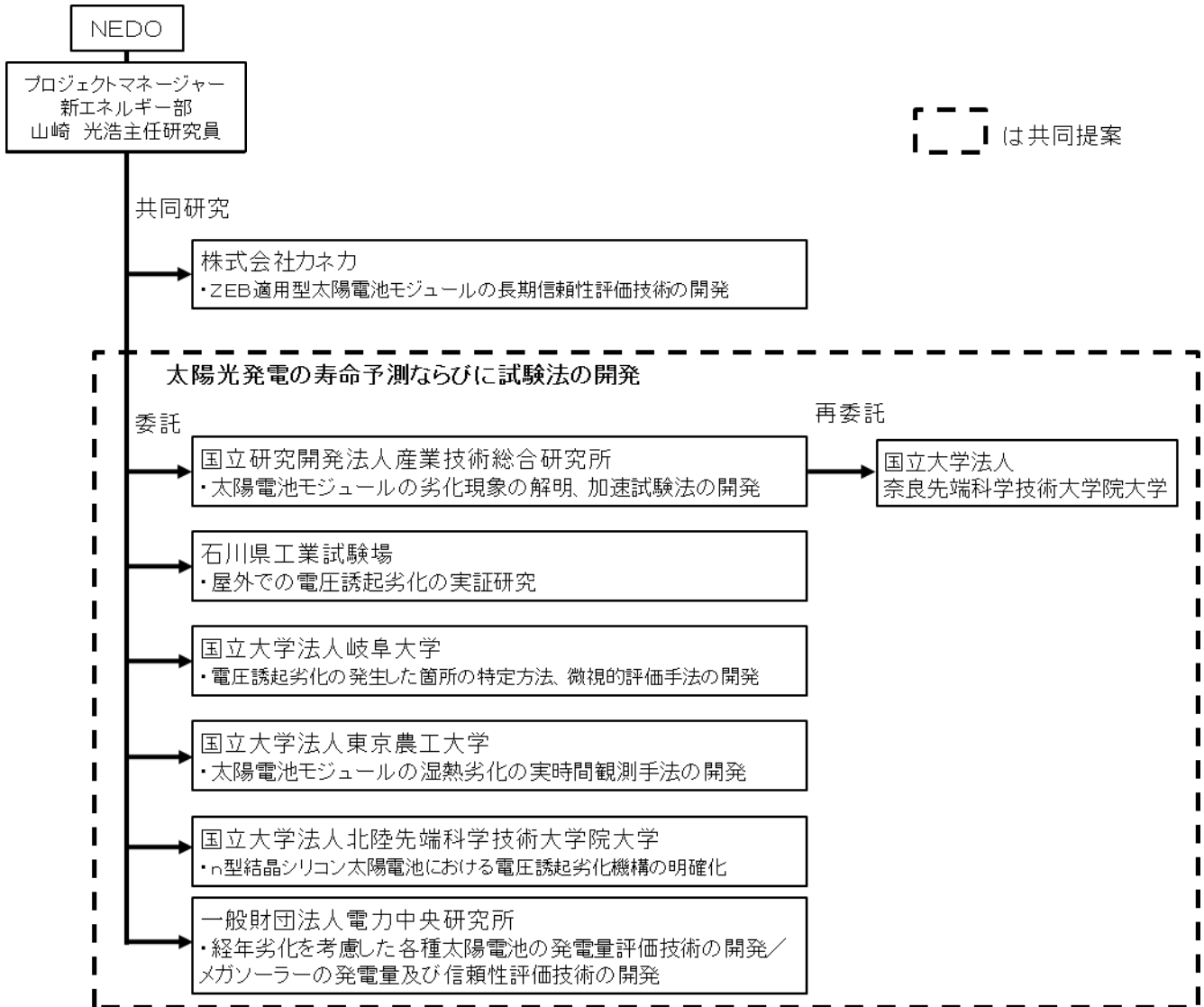
研究開発項目④「共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）」

2) 発電量評価技術

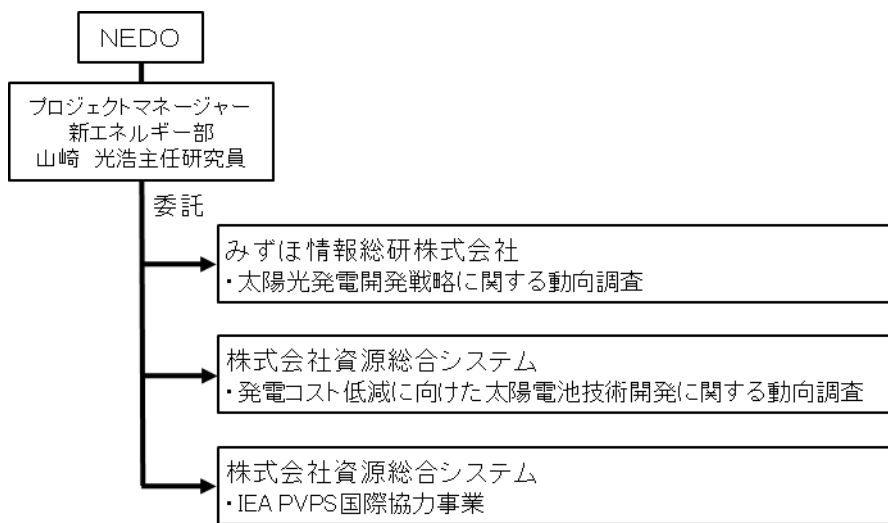


研究開発項目④「共通基盤技術の開発（太陽光発電システムの信頼性評価技術等）」

3) 信頼性・寿命評価技術の開発



研究開発項目⑤「動向調査等」



研究開発項目⑥「高効率太陽電池製造技術実証」

