

## 平成 2 8 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 1 5 条第 1 号イ

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。

[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（平成31年度末）

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。

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>

- ・先端複合技術型シリコン太陽電池（高効率モジュール）  
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
- ・先端複合技術型シリコン太陽電池（低コストモジュール）  
モジュール変換効率19%、モジュール出力劣化25年で20%相当
- ・高性能C I S太陽電池  
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J I S C 8 9 1 7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。）

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こと。

中間目標（平成29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>

- ・先端複合技術型シリコン太陽電池（高効率モジュール）  
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
- ・先端複合技術型シリコン太陽電池（低コストモジュール）  
モジュール変換効率18%、モジュール出力劣化20年で20%相当
- ・高性能C I S太陽電池  
モジュール変換効率15%、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J I S C 8 9 1 7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。）

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（平成31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認する。

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（平成29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（平成31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、ウエ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) CIS太陽電池の理想的な材料設計技術の提案

中間目標（平成29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、ウエ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) 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（平成31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 $\pm 0.5\%$ （ $1\sigma$ ）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 $\pm 1.0\%$ （ $1\sigma$ ）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 $\pm 5\%$ 、加速係数100倍以上等）を開発する。

中間目標（平成29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 $\pm 1.0\%$ （ $1\sigma$ ）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 $\pm 1.0\%$ （ $1\sigma$ ）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（平成31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。

##### 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（平成29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。平成30年度以降のPVPSへの新たな活動計画案を作成する。

#### 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 山田宏之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 平成27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CIS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、複合型太陽電池セルの光学シミュレーションを実施し、各要素セルの構造・光学特性が太陽電池特性に与える影響を明らかにした。（実施体制：株式会社カネカー再委託 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、ヘテロ接合型バックコンタクト構造の低コストパターニング技術として印刷レジスト法、エッチン

グペースト法及びマスク成膜法を開発し、セル試作を行った。(実施体制：シャープ株式会社)

「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」においては、SiNxを取り除かずに電流経路を形成できる複合酸化物の探索、電極/基板間の界面構造の解析手法の検討等を行った。(実施体制：ナミックス株式会社)

「赤外線FZ法による高品質低コストシリコン単結晶の開発」においては、赤外線集光分布制御装置を設計・導入し、育成単結晶の直径に合致する最適な集光分布状態の検討を行った。(実施体制：株式会社クリスタルシステム)

「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、固定砥粒ワイヤ芯線径60 $\mu$ mのダイヤモンド粒度や集中度の最適化評価を実施した。また、高面品位が期待されるレジ系固定砥粒ワイヤにおいて、ワイヤソーにおけるワイヤ摩耗の弱点部位を特定した。(実施体制：コマツNTC株式会社)

「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」においては、原料ポリシリコン中の炭素濃度と結晶引上げ条件を変えたCZ単結晶インゴットの各部位におけるセル特性評価、物性評価を実施した。(実施体制：株式会社トクヤマ)

「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、高効率P型PERCセルの設計指針を明らかにするために、デバイスシミュレーションによりロス内訳解析を行った。また、高信頼性シリコン太陽電池の開発として湿熱ストレス試験モジュールの分析を行い、封止材中の酢酸量と劣化率に相関があることを確認した。(実施体制：京セラ株式会社)

## 2) 高性能CIS太陽電池の開発

光吸収層表面パッシベーション技術の開発や、バッファ層品質向上による界面再結合抑制技術の開発を行った。その他、大面積モジュールの高効率化に向け、小面積セル高効率化技術の応用及び、抵抗ロス低減技術の開発を行った。また、光吸収層薄膜化技術の開発等による低コスト製造プロセスの実用化に向けた開発を実施した。(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

変換効率30%以上の薄膜III-V化合物太陽電池セルで、2030年に発電コスト7円/kWhを達成するための要素技術確立に向けて、(i)ルミネッセンス・カップリング効果を考慮した集光型III-V化合物多接合セルの解析及び効率50%達成に向けたセル構造の最適化、(ii)高スループット・高製膜速度を可能とする単結晶製造装置の設計及び組立、(iii)エピタキシャルリフトオフ法(ELO)、ウエハ接合、III-V-on-Si成長等の低コストプロセスにおける諸条件の最適化、(iv)薄膜多接合セル、薄膜量子ドットセルにおける光閉じ込めによる光吸収増大効果のシミュレーション及び実験による定量化、(v)低コスト・高許容角の低倍集光モジュールの光学設計と試作を行った。(実施体制：国立大学法人東京大学、シャープ株式会社、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、国立大学法人名古屋大学、学校法人名城大学、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人東京農

工大学一再委託 タカノ株式会社、国立大学法人埼玉大学、公立大学法人大阪市立大学、国立大学法人九州大学)

## 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」においては、 $(\text{FAPbI}_3)_{1-x}(\text{MAPbBr}_3)_x$ の混晶系で組成比を制御することでペロブスカイト膜を高品質化し、組成比  $x = 0.15$  の若干ワイドギャップ膜で変換効率  $17.5\%$  を達成した。「超軽量太陽電池モジュール技術の開発」においては、超軽量基板で変換効率  $5\%$  の条件を得た。「低コスト  $\text{R}_2\text{R}$  太陽電池製造技術の開発」においては、正孔輸送層の組成変更により耐久性が向上し、ガラス基板セルの耐熱試験 ( $85^\circ\text{C} \times 1000\text{h}$ ) において効率低下率  $10\%$  以下を確認した。「高性能・高信頼性確保製造技術の開発」においては、従来より低コストな材料の有効性を確認するとともに、モジュール応用に向けた低コスト製膜法として精密スプレー法が使える可能性を見出した。「高性能材料合成技術の開発」では、非ドープ条件で良好な  $\text{I-V}$  形状かつ、高耐湿性を有する正孔輸送材料を開発した。「基盤材料技術と性能評価技術の開発」においては、簡便・低コストな酸化重合法を適用して正孔輸送材料を合成し、変換効率  $14\%$  余を確認した。また、ペロブスカイト太陽電池として世界で初めて認証水準を満たす条件で  $15\%$  以上の変換効率を報告した。「新素材と新構造による高性能化技術の開発」においては、ペロブスカイト作製中間体の精製と作製条件の最適化により  $19\%$  以上の変換効率を得るとともに、広帯域色素増感太陽電池と組み合わせた分光タンデムセルを作製し、有機系太陽電池で世界最高となる変換効率  $21.5\%$  を得た。また、今後のデバイス改良に向けて、より安定したセル作製条件を実現するための設備の導入を進めた。(実施体制：パナソニック株式会社、株式会社東芝、積水化学工業株式会社、アイシン精機株式会社、富士フイルム株式会社、学校法人早稲田大学、国立大学法人東京大学一再委託 株式会社アイシン・コスモス研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、公益財団法人神奈川科学技術アカデミー、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、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人熊本大学)

## 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

「 $\text{Cat-CVD}$  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、複雑なテクスチャー構造上に  $\text{Cat-CVD}$  膜を堆積するための技術開発を行い、高品質パッシベーション膜を得るための新たな洗浄法を開発した。(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、イオン注入技術によるリン及びボロンの注入とその後の熱アニールによる拡散層の最適化を図った。また、モジュール化技術については、はんだに代わり導電性フィルム (CF) でタブ線とセル (バスバー) とを接続したモジュールを試作し、荷重試験を行った。(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」のセル開発においては、 $156\text{mm}$  角  $100\mu\text{m}$  厚の極薄 P 型 PERC セル、N 型基板を使った

Bifacial (両面受光)セルの開発を実施した。評価解析技術では、固定砥粒ワイヤーの加工ダメージを評価する技術を開発した。また、基板中の炭素濃度、酸素濃度及び結晶引上げ条件とセル効率の間に明確な相関関係があることを見出すとともに、今まで測定できなかった $1014\sim 1015\text{ cm}^{-3}$ 位の超低濃度炭素を検出する方法を開発した。(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)

## 2) 高性能CIS太陽電池の開発

CIS太陽電池の特性向上の鍵となるヘテロ接合界面の制御技術を開発や、CIS太陽電池の高効率化を抑制している機構の解明を行った。その他、表面・界面改質技術の開発、裏面電極層のエピタキシャル成長技術開発、バンドプロファイルの評価等の開発を行った。(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」においては、新型太陽電池の高精度評価を実施し、特に進展が著しいペロブスカイト太陽電池に適した性能評価条件の明確化に注力した。高精度屋外評価技術を幅広い温度照度範囲に適用できることを確認した。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「屋外実性能高能率測定技術の開発」においては、高速日射測定システムを建屋屋上に設置し、計測を開始した。(実施体制：一般財団法人電気安全環境研究所)

「日射変動解析技術の開発」においては、雲の移動特性と日射強度変動に関する屋外計測のための測定装置を導入し、計測を開始した。(実施体制：国立大学法人岐阜大学)

「太陽電池温度の高精度測定技術開発」においては、温度センサの種類やその取り付け手法について検討及び基礎データを取得し、温度解析シミュレータを立ち上げた。(実施体制：国立大学法人宮崎大学)

「PV日射計測によるシステム性能測定手法開発」においては、屋外評価装置としてミニモジュールを用いてアレイを構築し直並列を組み替えながら電流-電圧特性を測定可能な評価装置を導入し、計測を開始した。(実施体制：学校法人東京理科大学)

「スペクトルを考慮した屋外実性能評価技術開発」においては、スペクトル指標・太陽電池測定システムを導入し、計測を開始した。APEセンサを作製し、APEの線形性の解析を行い、線形性の高い短波長帯と長波長帯の組み合わせを明らかにした。(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」においては、結晶シリコン系及び薄膜系各種太陽電池アレイの発電量と気象データを取得した。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「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」においては、各種太陽電池モジュール単位の発電データを解析し、発電性能の推移を調査した。(実施体制：一般財団法人電力中央研究所)

「日射量データベースの高度化に関する研究」においては、全国5地点の日射スペクトル等を観測し、「ひまわり8号」のデータから推定した日射量と5地点の観測データの比較解析を実施した。(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」においては、ストリング電力等の計測の欠損区間を補間・補外するフーリエ変換法を基にしたアルゴリズムを開発した。(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」においては、ZEB適用型特有の環境負荷のうち、「温度、電流負荷」をサイクル負荷する加速試験装置仕様に関して、検討を行い、装置を作成した。(実施体制：株式会社カネカ)

「ケーシング側から見た太陽電池モジュールの寿命予測検査技術の開発」においては、加速劣化試験による試験検体のケーシングの劣化が及ぼす発電劣化への影響について検討を開始した。ラマン分光分析によるモジュール全面積の総酢酸量の見積り手法の開発を開始した。(実施体制：日清紡メカトロニクス株式会社)

「標準化を目指した寿命予測検査技術の開発」においては、PID劣化後P型結晶Si太陽電池モジュールに対してEL発光解析、電流電圧特性、発熱解析、過渡吸収分光測定を行い、ガラスに含まれているNaの拡散及びPn接合のポテンシャル的破壊が追認され、また、PID現象を検知する手法として、ELの注入電流依存性、過渡吸収分光測定が有効であることが示された。(実施体制：国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学)

「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」においては、セルの酢酸蒸気曝露による試験法を世界に先駆けて開発し、モジュールに対して実施する高温高湿試験と同等の劣化が当該試験でセル電極に生じることを見出すとともに、高温高湿試験よりも1/100程度の短時間でセル電極の信頼性をスクリーニング可能であることを実証した。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「紫外線を含んだ環境因子による複合劣化現象の解析と屋外暴露劣化との相関性検証」においては、紫外線照射の試験条件を調整し、以前よりも高い照射強度かつ湿度も安定した試験条件を見出した。(実施体制：デュポン株式会社)

「屋外暴露モジュールの分析による加速試験法の開発」においては、光照射後に、湿熱、温度サイクルを実施する複合加速試験の検証を実施した。(実施体制：東レ株式会社)

「屋外での電圧誘起劣化の実証研究」においては、太陽電池の劣化とPIDとの関係性を短期間で明らかにするため、産業技術総合研究所と共同で、1セルモジュールでDHとPIDの複合試験を実施した。(実施体制：石川県工業試験場)

「電圧誘起劣化の発生した箇所の特定方法、微視的評価手法の開発」においては、カバーガラス及び封止材(EVA)においてPID加速試験を行い、加速試験後のカバーガラス及び封止材(EVA)においてNa化合物の析出を確認した。(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」においては、P Vモジュール内に酢酸センサを封入し、モジュール内に発生した酢酸に対する応答を確認するためにDH試験を実施した。その結果、モジュール内に発生した酢酸を検出可能であることが明らかとなった。（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」においては、リアエミッター型太陽電池モジュールのPIDに関するデータの取得を開始した。（実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学）

「発電データ分析によるシステム信頼性及び劣化率評価」においては、北杜メガソーラーの発電データ取得および解析を行った。結晶シリコン系のモジュールについて屋内測定を実施し、設置当初からの劣化率を算出した。（実施体制：学校法人東京理科大学）

#### 研究開発項目⑤「動向調査等」

##### 1) 動向調査

「太陽光発電開発戦略に関する動向調査」においては、日本の太陽光発電システムの発電コストを分析するとともに太陽光発電産業、市場動向等に関するシナリオ分析実施に向けた基礎情報の検討及び太陽光発電技術に関する特許調査方法について検討した。（実施体制：みずほ情報総研株式会社）

「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」においては、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政策動向の調査を開始した。（実施体制：株式会社資源総合システム）

##### 2) I E A国際協力事業

諸外国の技術開発動向や政策動向等について、国際エネルギー機関（I E A）の太陽光発電システム研究協力実施協定（P V P S）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調査・分析を実施した。（実施体制：株式会社資源総合システム）

#### 4. 2 実績推移

	平成27年度
実績額推移（需給）（百万円）	4 6 2 5
特許出願件数（件）	6
論文発表数（報）	8 6
フォーラム等（件）	4 0 8

#### 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 山田宏之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 平成28年度事業内容

以下の研究開発を実施する。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

平成27年度に引き続き、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の開発を実施する。

「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、ヘテロ接合界面形成技術、電極形成技術等の各要素技術の深耕を図り、高性能化技術の開発を進める。また、複合型太陽電池の設計、試作検討を開始する。(実施体制：株式会社カネカー再委託 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、開発した技術を適宜大面積セル試作に適用するとともに、開発したセル構造に適した低コスト高信頼性モジュール化技術を開発し、モジュール試作を実施する。(実施体制：シャープ株式会社)

「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」においては、試作セルでのセル性能評価やリボン強度評価による密着強度の評価等により電極材料の選定を行う。(実施体制：ナミックス株式会社)

「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」においては、大型赤外線単結晶製造装置を使用して赤外線F Z法による大口径シリコン単結晶育成条件の検討を行う。(実施体制：株式会社クリスタルシステム)

「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、薄板ウェハ試作品を研究開発項目③の連携機関に供給し、太陽電池の薄板化に伴うセル性能への影響を確認する。また、汚染やスライス条件を変更したスライスウェーハを作成し、研究開発項目③の連携大学とともにスライスプロセスにおける太陽電池セル性能への影響を明確化する。(実施体制：コマツNTC株式会社)

「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」においては、セル化前の基板及びセル化時の異なる熱プロセスを経た基板の結晶欠陥の状態を詳細に構造解析することで、セル化工程における結晶欠陥の生成・成長のメカニズムを解明する。(実施体制：株式会社トクヤマ)

「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、高効率P型PERCセルを実現するための課題である、パッシベーション膜材料の選定、製膜条件の最適化、受光面拡散層の低欠陥を実現するためのリン拡散プロセスの開発及び表電極下部の低欠陥かつ低コンタクト抵抗を実現するためのAgペーストの開発を実施する。また、高信頼性モジュール開発に向けた材料や構造の検討を行う。(実施体制：京セラ株式会社)

#### 2) 高性能C I S太陽電池の開発

平成27年度に引き続き、光吸収層・バッファ層界面の高品質化に努めるとともに、透明導電膜の高性能化及び大面積モジュール内のセル集積化技術の改善により抵抗ロスの低減を図り、大面積モジュールで世界最高効率更新を目指す。また、光吸収層薄

膜化技術の開発により、低コスト製造プロセスの実用化に向けた開発を実施する。(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

平成27年度に引き続き、(i) 最適構造の多接合セルの高効率化検証、(ii) 試作した単結晶製造装置を用いて高速製膜条件下で作製した単接合セルで効率20% (GaAs, 20 $\mu$ m/h)、12% (InGaP, 10 $\mu$ m/h) を実現するための高速製膜条件検討、(iii) 2インチ基板のELOプロセス及び基板再利用に向けた表面保護層・表面清浄化手法の最適化、GaAs系2接合とInP系2接合、GaAs系2接合とSiセルのウエハ接合条件検討、またIII-V-on-Si成長における低欠陥密度のバッファ層形成、(iv) 薄膜多接合セルにおいて有効な光閉じ込め構造を開発し効率30% (非集光)、低電流・高電圧型低倍集光量子ドットセルで効率30%の実現性検討、(v) 試作した高許容角の低倍集光モジュールで効率30%の達成に向けた光学シミュレーション手法の確立による光学設計の改善及び光学部材の材料検討を行う。

(実施体制：国立大学法人東京大学、シャープ株式会社、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、国立大学法人名古屋大学、学校法人名城大学、国立大学法人宮崎大学、国立大学法人東京農工大学一再委託タカノ株式会社、国立大学法人埼玉大学、公立大学法人大阪市立大学、国立大学法人九州大学)

### 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」においては、効率の支配因子としての太陽電池各層の物性を明らかにするとともに、ペロブスカイト膜における欠陥低減を図るべく材料の高純度化や、結晶成長制御のためのプロセスの改良を進める。「超軽量太陽電池モジュール技術の開発」においては、平成27年度に導入した装置を用いて超軽量基板への塗布に関する課題と解決策を見出し、効率の再現性を向上させる。また、ロール・ツー・ロールに展開可能な塗布印刷技術の開発を行う。「低コストR2R太陽電池製造技術の開発」においては、平成27年度に行った耐熱試験に加え、耐湿性試験での目標値達成を目指す。また、新規導入したR2R塗工設備を用いて超軽量モジュールを試作する。「高性能・高信頼性確保製造技術の開発」においては、平成27年度検討結果に基づき製造設備を選定・導入し、薄膜の連続製膜技術を開発する。「高性能材料合成技術の開発」においては、平成27年度に開発した正孔輸送材料について、プロセス最適化、構造最適化を施すことにより効率向上を目指す。「基盤材料技術と性能評価技術の開発」においては、平成27年度に開発したホール輸送材料を最適化して変換効率向上を目指すとともに、量合成、ドーパントフリーとして高耐久、逆型構造での適用を検討する。「新素材と新構造による高性能化技術の開発」においては、平成27年度に導入した設備を用いて変換効率の安定化を実証する。また、NH<sub>2</sub>CHNH<sub>2</sub><sup>+</sup>の適用や、PbとSnの組み合わせなど、吸収波長及び電圧の改善をめざした材料の適用可能性を詳しく検討することにより、変換効率向上を目指す。(実施体制：パナソニック株式会社、株式会社東芝、積水化学工業株式会社、アイシン精機株式会社、富士フ

イルム株式会社、学校法人早稲田大学、国立大学法人東京大学一再委託 株式会社アイシン・コスモス研究所、国立研究開発法人物質・材料研究機構、公益財団法人神奈川県科学技術アカデミー、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、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人熊本大学)

### 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

平成27年度に引き続き、太陽電池セル・モジュールの各製造プロセスにおいて、評価解析を行い、得られた知見を基に、原料、結晶、装置、セル、モジュールメーカーの高効率化、低コスト化及び高信頼性化に資する研究開発を行う。

「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積層膜について、太陽電池製造工程で用いる化学処理への耐性を高める条件を検討する。また、研究開発項目①の実施者と連携し、ヘテロ接合バックコンタクト構造の太陽電池試作を進める。(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、研究開発項目①の実施者と連携し、厚さの異なる薄型ウェハに対して、ウェハ厚がセル特性に及ぼす影響を実験的に評価し、高効率化のための課題抽出を行う。また、イオン注入技術については、注入マスクを用いた簡易プロセスの検討を開始し、実際に注入マスクを用いてバックコンタクト型セルの試作を行う。(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、パッシベーション層の高品質化、選択エミッタの導入、表面電極の微細化及び基板品質の向上等による高効率化技術の開発を行う。評価技術においては、原子レベルでの完全性に焦点を当てた、プロセス誘起ダメージの評価を行い、高効率セルの実現に寄与する。(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

平成27年度に引き続き、発電コスト14円/kWh達成のために、CIS太陽電池モジュールの高効率化及び発電コスト低減を可能とする要素技術の研究開発を行う。

ヘテロ接合界面の高品質化を推進し、更なるCIS結晶の高品質化技術の開発を行う。また、表面・界面制御技術の開発、エピタキシャル成長技術開発、バンドプロファイルの評価等の開発を行い、実デバイスでの評価検証を行う。(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

平成27年度に引き続き、新型結晶Si、新型薄膜、多接合等の各種新型太陽電池の評価技術を開発して実施する。屋外高精度測定に不可欠な高速日射モニタに使用するPVモジュール日射センサに必要な構造、設置方法を明確化する。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所）

「屋外実性能高能率測定技術の開発」においては、高速日射測定システムと連動したIV測定系を構築する。（実施体制：一般財団法人電気安全環境研究所）

「日射変動解析技術の開発」においては、導入した屋外測定装置で得られるデータを解析して、雲を中心とした大気状態と日射強度変動特性との関係を解析する。（実施体制：国立大学法人岐阜大学）

「太陽電池温度の高精度測定技術開発」においては、有風時における太陽電池モジュール内温度分布を計測し、温度計測方法を示す。（実施体制：国立大学法人宮崎大学）

「PV日射計測によるシステム性能測定手法開発」においては、屋外評価装置を用いてデータを取得し、IV特性の重ね合わせシミュレーション解析の高精度化を図る。（実施体制：学校法人東京理科大学）

「スペクトルを考慮した屋外実性能評価技術開発」においては、APEセンサ測定を継続し、データの蓄積を行う。APEセンサとモニタした日射強度から求めた太陽光スペクトルと分光放射計で測定したスペクトルの合致度の解析を行う。（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」においては、屋外でのアレイ単位の発電量データと気象データを取り纏め、各種太陽電池の劣化特性をアレイ単位で把握する。（実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所）

「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」においては、各種太陽電池モジュールの発電性能の経年劣化率を1%程度の精度で算出することを可能にする長期信頼性評価技術を開発する。（実施体制：一般財団法人電力中央研究所）

「日射量データベースの高度化に関する研究」においては、日射量データベースの高密度化、高精度化及び更新、日射スペクトルデータベースの更新と全国整備等を行う。（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」においては、メガソーラー発電所における高速測定システムの本格運用を開始し、測定データの解析を行う。（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」においては、電流負荷サイクル試験装置を稼働、改造し、ZEB適用型特有の環境負荷（部分影、温度、電流負荷、機械荷重等）が太陽電池モジュールの発電性能及び構成部材の耐久性に及ぼす影響を定量化し、主要な劣化要素を特定する。（実施体制：株式会社カネカ）

「ケーシング側から見た太陽電池モジュールの寿命予測検査技術の開発」においては、ラマン分光技術を用いて、封止材の劣化から見た寿命予測技術の開発を行う。(実施体制：日清紡メカトロニクス株式会社)

「標準化を目指した寿命予測検査技術の開発」においては、P型Si太陽電池の寿命予測に関わるセル部の品質検査を継続して実施し、劣化メカニズムを解明する。(実施体制：国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学)

「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」においては、各種部材を用いて作製した太陽電池モジュールに対して温度サイクル試験、結露凍結試験、動的機械的負荷試験等の組合せ試験を施し、インターコネクタ、フィンガー電極等に起因する劣化を屋外曝露モジュールで観測される劣化と比較検討する。(実施体制：国立研究開発法人産業技術総合研究所)

「紫外線を含んだ環境因子による複合劣化現象の解析と屋外暴露劣化との相関性検証」においては、紫外線照射試験の継続及び恒温恒湿試験との複合各試験を行い、封止材劣化の定性的・定量的評価を行う。(実施体制：デュボン株式会社)

「屋外暴露モジュールの分析による加速試験法の開発」において、複合試験での加速性検証を進める。具体的には、前処理としてUV照射の妥当性の検証や、通電有無の影響調査等を実施する。(実施体制：東レ株式会社)

「屋外での電圧誘起劣化の実証研究」においては、産業技術総合研究所と共同で、1セルモジュールでDHとPIDの複合試験をDH4000h+PIDまで実施して、DH試験実施による太陽電池の劣化とPID誘発の関係性を明らかにする。(実施体制：石川県工業試験場)

「電圧誘起劣化の発生した箇所の特定方法、微視的評価手法の開発」においては、結晶シリコン太陽電池の表面、SiNパッシベーション膜内、PN接合部分、Ag電極部分においてNa化合物による光起電力性能への影響を調査する。(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」においては、開発した酢酸センサをモジュール内に実装するための手法及び酢酸濃度と加速試験法の関連性について定量的に評価できる試験方法を開発する。(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」においては、リアエミッター型及びヘテロ接合型太陽電池モジュールのPIDの検討を開始し、現象解明と抑止方法の調査に取り組む。(実施体制：国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学)

「発電データ分析によるシステム信頼性及び劣化率評価」においては、北杜メガソーラーの発電データ取得及び分析を継続し、屋内測定を行ったモジュールについて、分光感度測定を実施する。また、「大規模太陽光発電システム導入のための検討支援ツール」のユーザビリティ向上に向けた改修を行う。(実施体制：学校法人東京理科大学)

## 研究開発項目⑤「動向調査等」

### 1) 動向調査

「太陽光発電開発戦略に関する動向調査」においては、日本の太陽光発電コストを

分析すると共に、海外（欧米等）における発電コストの分析・評価事例を調査し、日本の発電コストとの比較・分析を年度毎に実施する。また、前年度で抽出した太陽光発電産業、市場動向等に影響する因子の調査を実施するとともに太陽光発電技術に関する特許調査を行う。（実施体制：みずほ情報総研株式会社）

「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」においては、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政策動向の調査を継続して実施する。また、調査結果を踏まえてグリッドパリティ、ジェネレーションパリティ達成後の産業・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の検討を行う。（実施体制：株式会社資源総合システム）

## 2) I E A国際協力事業

平成27年度に引き続き、国際エネルギー機関（I E A）の太陽光発電システム研究協力実施協定（P V P S）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。（実施体制：株式会社資源総合システム）

## 5. 2 平成28年度事業規模

需給勘定4, 650百万円（継続）

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) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するN E D O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、N E D Oは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。

### (2) 複数年度契約の実施

原則として、平成27～29年度の複数年度契約を締結する。

### (3) 知財マネジメントに係る運用

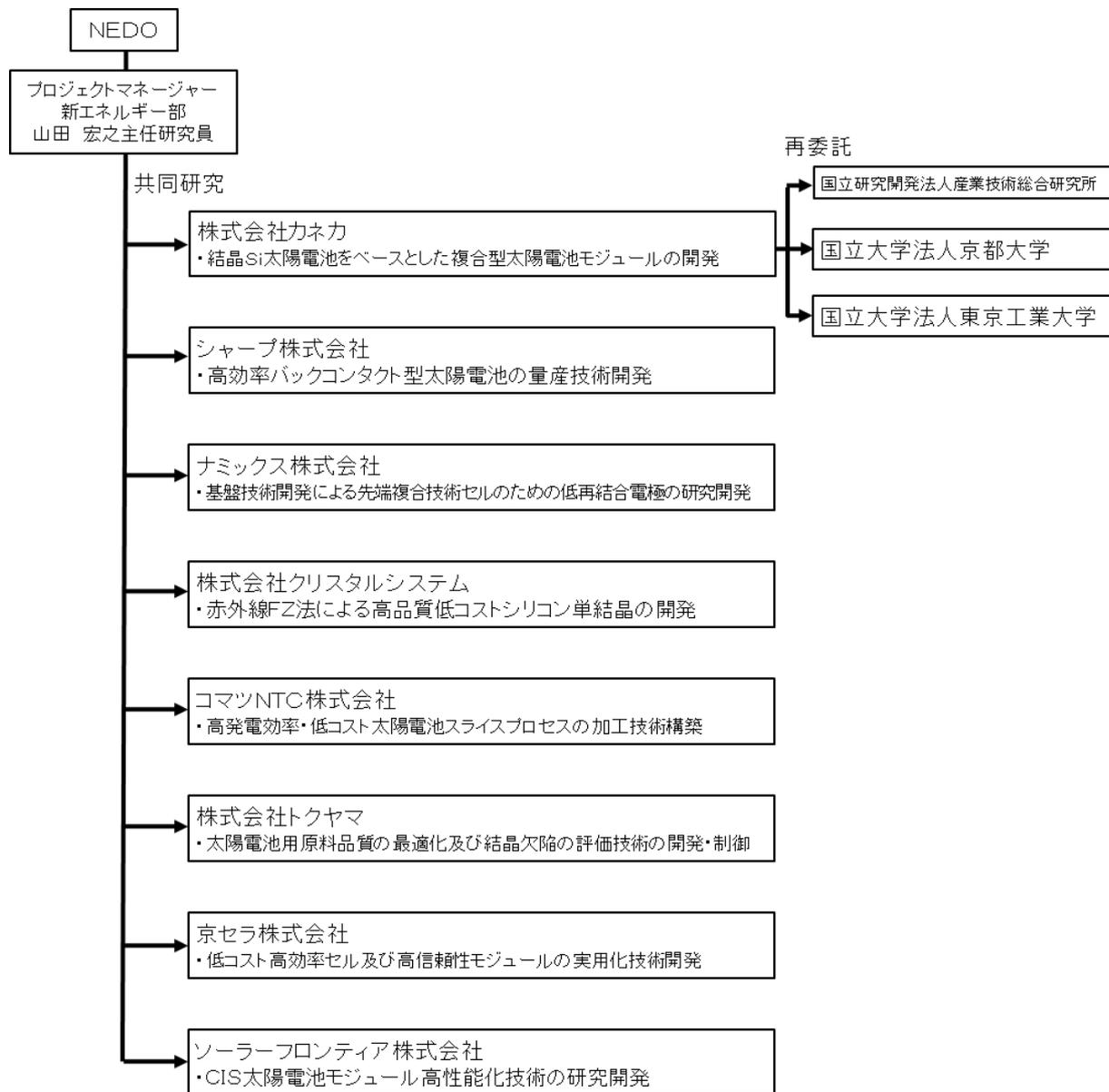
「N E D Oプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

## 6. 実施方針の改訂履歴

平成28年3月、制定。

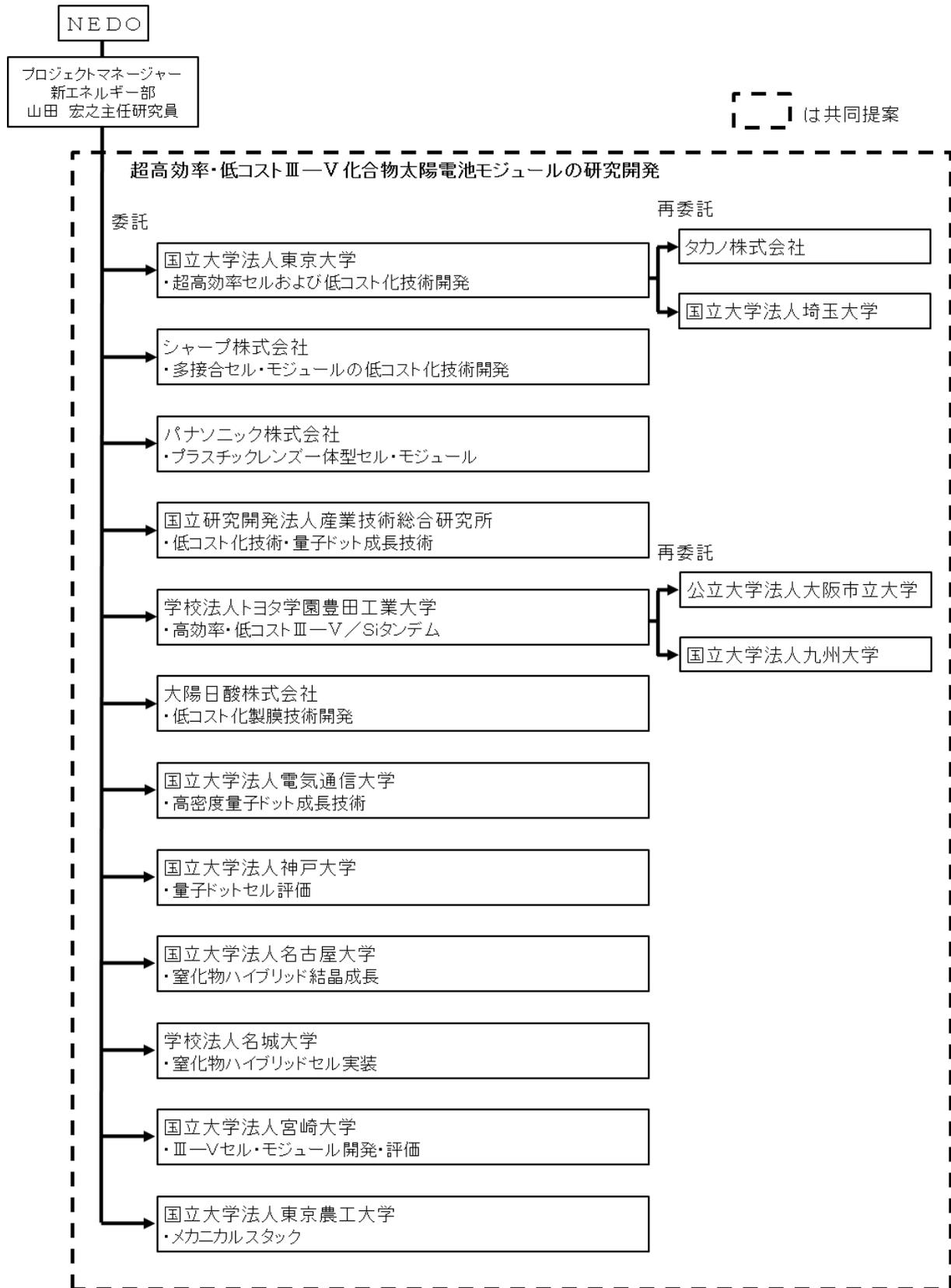
(別紙)

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」

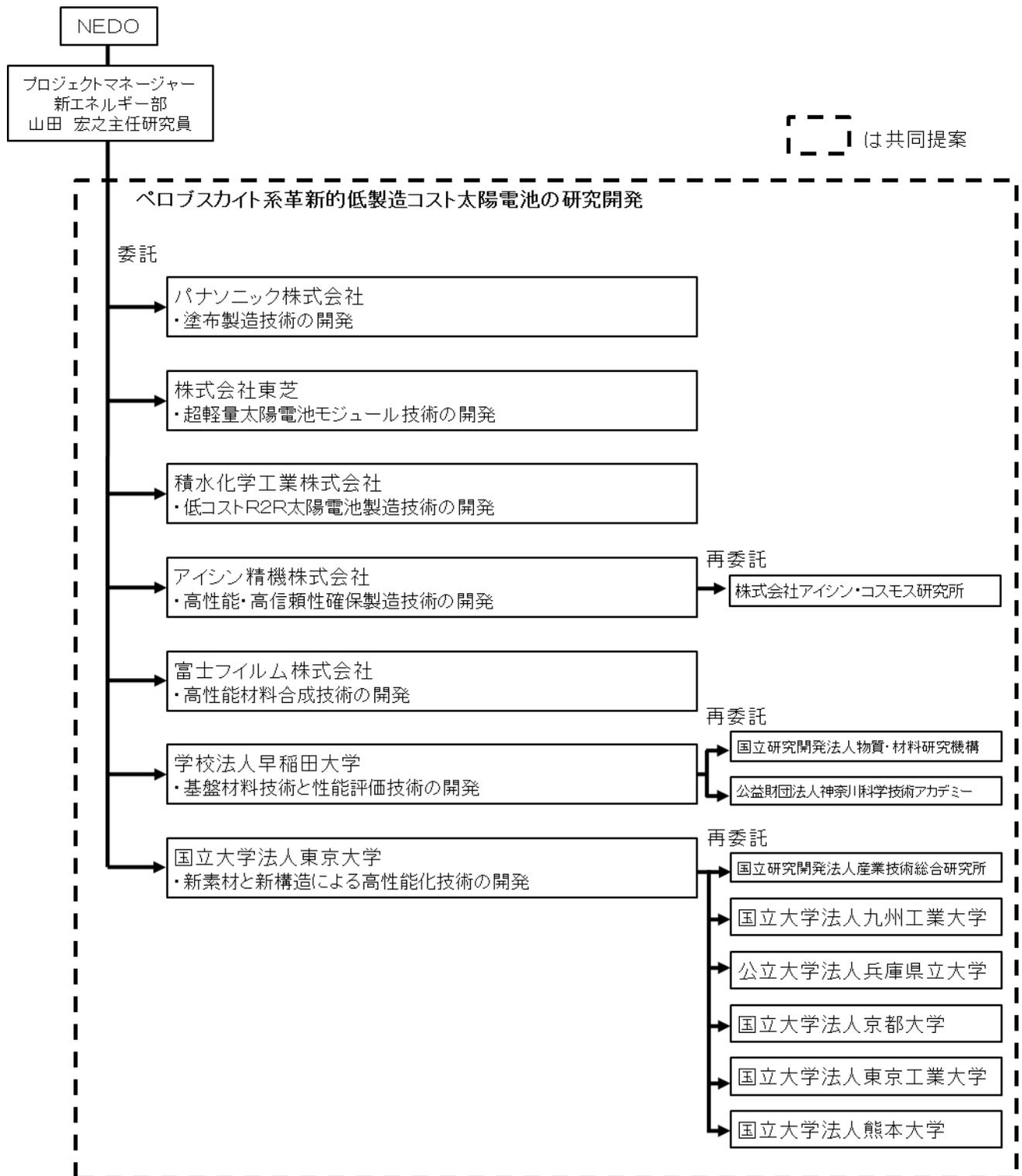


研究開発項目②「革新的新構造太陽電池の研究開発」

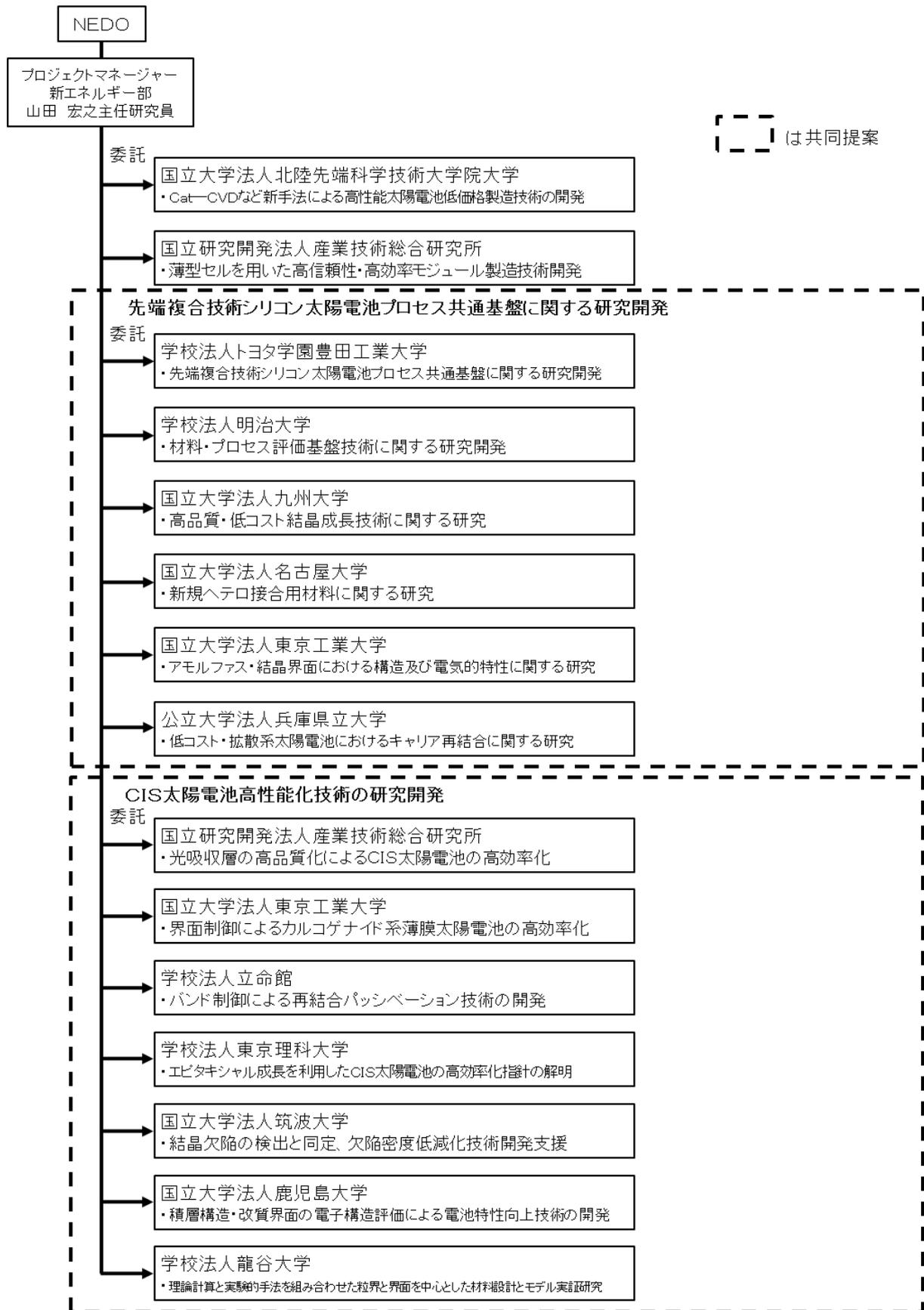
1) 革新的高効率太陽電池の研究開発



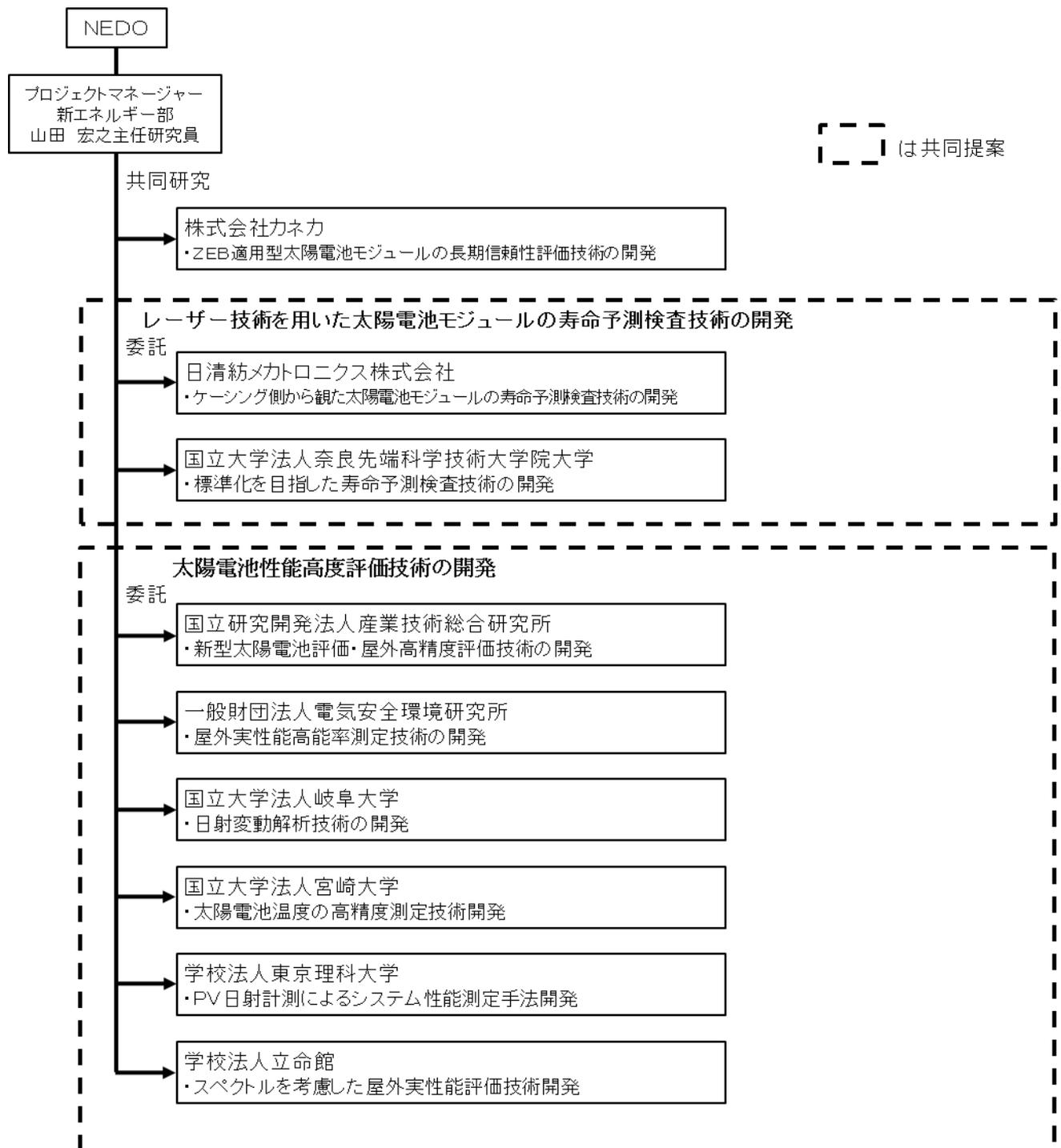
2) 革新的低製造コスト太陽電池の研究開発



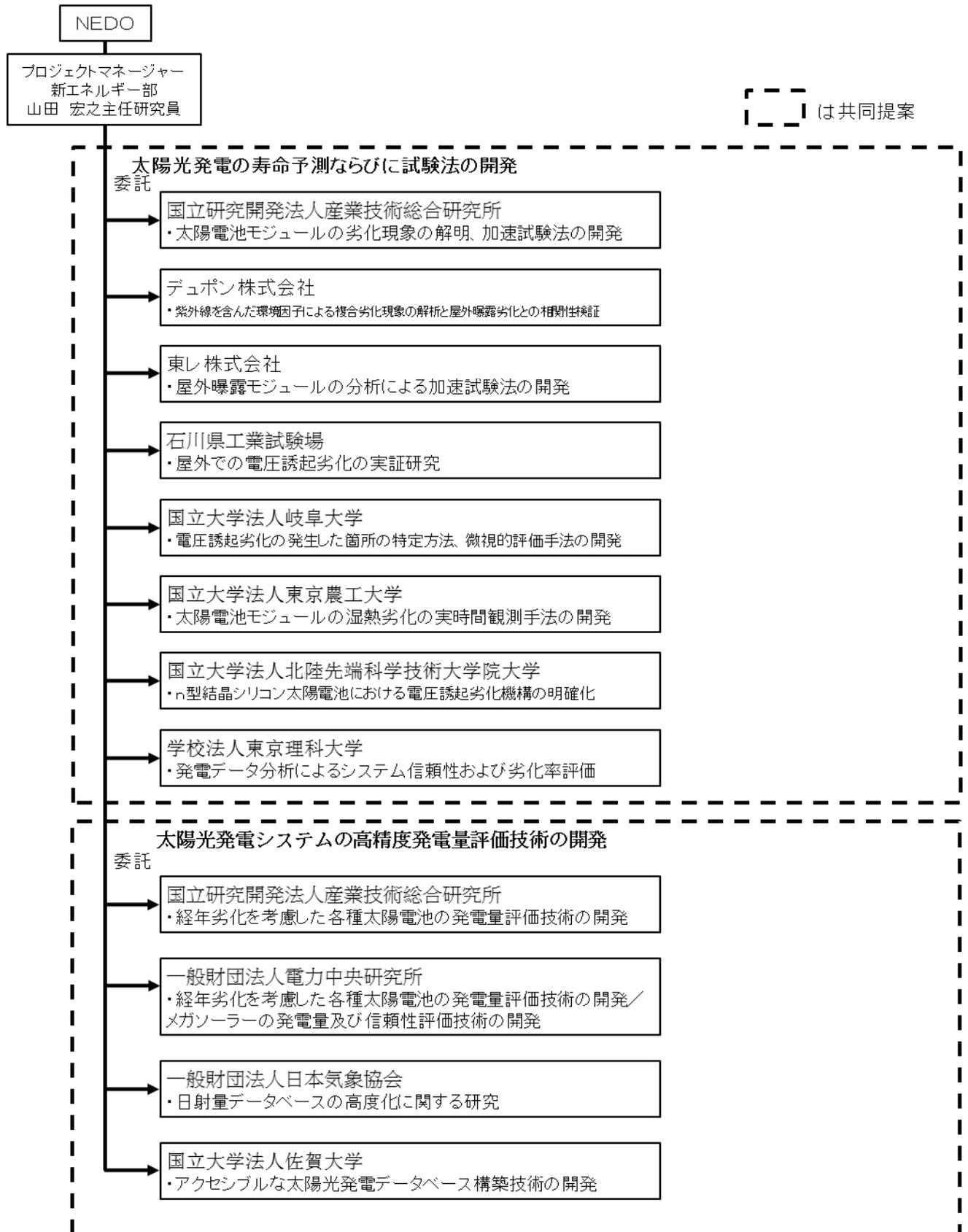
研究開発項目③「太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発」



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)



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)



研究開発項目⑤「動向調査等」

