

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

### (1) 研究開発の目的

環境と調和した健全な経済産業活動と安全・安心な国民生活の実現を図るため、クリーンエネルギーである太陽光発電の更なる普及が要望されている。太陽光発電の更なる普及を実現するためには、これまでに蓄積した技術の更なる高効率化、共通基盤技術の発展及び低コスト化を可能とする革新的技術の開発が不可欠である。本プロジェクトは、経済性・出力安定性といった課題を克服し、新エネルギー等の自律的な普及を図ることを目標とするエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施する。

太陽光発電の急速な普及を背景に、海外においても、太陽光発電技術の開発が精力的に取り組まれており、太陽光発電ロードマップ（PV2030+）で示された技術課題の解決に向け、まさに、グローバルな開発競争となっている。我が国は太陽光発電の技術開発及びその導入量・生産量において長らく世界一を誇っていたが、欧州を中心に行われている導入普及政策により、市場の中心は欧州へと移り始めており、我が国の地位確立のためには、これまで以上の技術開発が必要となっている。このため、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、産学の科学的知見を結集して太陽光発電の技術開発を行い、これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を通じて、行政、産業界、地域住民等の間で科学的知見に基づいた正確かつ適切な認識の醸成を図ることを目的に、本プロジェクトを実施する。

### (2) 研究開発の目標

太陽光発電ロードマップ（PV2030+）に示された2020年の発電コスト14円/kWh、2030年の7円/kWh、2050年の7円/kWh未満達成に資する技術の開発を目標とする。

なお、個々の研究開発項目の目標は別紙「研究開発計画」に定める。

### (3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

#### 【委託事業】

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）〔委託事業〕

②太陽光発電システム次世代高性能技術の開発〔委託事業、共同研究事業（負担率：2/3）〕

#### 【助成事業】

③有機系太陽電池実用化先導技術開発〔助成事業（負担率：2/3）〕

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、単独ないし複数の企業、大学等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない）から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

NEDOは、研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的な研究開発を図る観点から、必要に応じて研究開発責任者（プロジェクトリーダー）を指名し、その下に効果的な研究を実施する。

### (2) 研究開発の運営管理

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、プログラムの目的及び目標、並びに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。具体的には、必要に応じて外部有識者による技術検討委員会等を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる他、プロジェクトリーダーを指名しているプロジェクトは、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は研究開発項目ごとに以下のとおりとする。

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）

本研究開発の期間は、平成20年度から平成26年度までの7年間とする。

太陽光発電システム次世代高性能技術の開発

本研究開発の期間は、平成22年度から平成26年度までの5年間とする。

有機系太陽電池実用化先導技術開発

本研究開発の期間は、平成24年度から平成26年度までの3年間とする。

## 4. 評価に関する事項

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、外部有識者による研究開発の中間評価及び事後評価を実施する。なお、中間評価結果を踏まえ必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。なお、評価の実施時期や方法は、研究開発項目毎に別紙研究開発計画に記載する。

## 5. その他重要事項

### (1) 研究開発成果の取扱いについて

成果の普及

本研究開発で得られた研究成果についてはNEDO、委託先、助成先とも普及に努めるものとする。

知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るため

データベースへのデータ提供、開発した技術を搭載した太陽電池の国内外への普及を見据えた標準案の検討や提案及び規制に係る情報提供等を積極的に行う。

### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

なお、開発した太陽電池システムの事業化を支える知財戦略の構築と適切な知財管理を必要に応じて実施することとする。

## (2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

## (3) 根拠法

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）

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

太陽光発電システム次世代高性能技術の開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号イ」

有機系太陽電池実用化先導技術開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第3号」

## 6. 改訂履歴

- (1) 平成22年3月、「新エネルギー技術研究開発」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」を統合して新たに制定。
- (2) 平成23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. 達成目標の中間目標（平成24年度末）の追記及び最終目標（平成26年度末）を修正。
- (3) 平成24年3月、新規研究開発項目「有機系太陽電池実用化先導技術開発」を新たに制定したこと等による修正。
- (4) 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。
- (5) 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。

## (別紙) [研究開発計画]

研究開発項目 「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）」

### 1. 研究開発の必要性

現在、世界的にこれまでにないほど、環境に対する意識が高まっている。その中で2007年の「地球温暖化対策に関する内閣総理大臣演説」において、2050年までに温室効果ガスCO<sub>2</sub>の排出量を半減する『Cool Earth 50』が発表された。太陽光発電はこの提案に貢献し、持続可能な社会の構築に資する技術の一つとして期待されている。大規模な普及を実現し、期待に応えるためには、太陽光発電の性能の飛躍的な向上が必要である。それにより、住宅や商用施設等での導入促進や、未利用地等での大規模発電等、太陽光発電の適用可能域を抜本的に拡大し、さらに海外の砂漠など全地球的な視点での太陽光発電の利用も可能とするなど、グローバルな展開も期待される。しかしながら、求める性能レベルにまで飛躍的に向上させるためには、従来技術の延長線上にない革新的な技術の開発が必要不可欠である。

また、我が国の太陽光発電技術は世界のトップ水準にあるが、海外を見渡すと、近年、米国のSolar America Initiative (SAI:ソーラー・アメリカ計画) や欧州のStrategic Research Agenda (SRA:戦略的研究計画) など太陽電池に関する技術開発計画が策定され、その双方で新材料・新構造等による革新的な太陽電池の開発が取り上げられており、既にいくつかの開発プロジェクトが立ち上がっている。

革新的な太陽電池の開発にあたっては、多岐に亘る可能性の確認と選択を進めることが重要であり、それぞれの技術分野の専門家との協力により知見を積み上げていく必要がある。

このような観点から、温室効果ガスの半減に寄与する技術を確立し、日本の技術的優位性を超長期に亘って維持するためには、我が国においても革新的な超高効率太陽電池の開発を実施する研究グループを形成し、その中心的研究機関を中心として、優れた海外の研究者と協力をしながら積極的かつ継続的な研究開発を推進する必要がある。

### 2. 目的

地球温暖化対策として温室効果ガスの大幅削減に寄与するために、太陽光発電の性能を飛躍的に向上させることを目的とする。これにより、住宅や商業施設等での導入促進や、未利用地等での大規模発電等、太陽光発電の適用可能域を抜本的に拡大することが可能となる。

また、2050年に向けた長期的視野に立ち、国内の知見・技術を結集して、新材料・新構造等を利用した革新的な太陽光発電技術を開発することで、日本の技術的優位性を超長期に亘って維持し、産業競争力強化に資することを目的とする。

### 3. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、太陽光発電技術に関連し、新材料・新構造等を利用して「変換効率40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み（7円/kWh）」の達成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。

本研究開発では、変換効率向上のためのブレークスルーを探ることを優先的に行い、低コスト化技術については変換効率向上技術の進捗に応じて取り組むこととする。また、海外の先進的な研究機関・大学等と情報や研究人材の交流（研究員の派遣や受入れ等）を実施し、研究開発を促進させる。

本研究開発では以下の技術分野を対象とする。

- ・多接合型太陽電池
- ・量子ナノ構造太陽電池
- ・光マネジメント構造（波長変換・波長分割構造等）
- ・その他新概念太陽電池（熱光起電力技術：TPV、プラズモン太陽電池等）
- ・革新的太陽電池評価技術

本研究開発では、公募によって複数の研究グループを選定し、研究開発を委託により実施する。ただし、本研究開発にあたっては新たな研究施設等の建設は行わない。

平成23年度から実施する「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）」については、国際共同研究・実証等に係る事業であり、委託により実施する。

#### 4. 達成目標

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。

個別研究開発テーマの最終目標及び中間目標は、テーマごとに取り組む技術の現在の成熟度と、2050年に到達すべき技術レベルから、平成26年度末時点で達成すべき技術レベルを判断し、以下の通りとする。

##### (1) ポストシリコン超高効率太陽電池の研究開発

国立大学法人東京大学先端科学技術研究センター 所長 中野 義昭氏をグループリーダーとして以下の目標で研究開発を実施する。

中間目標（平成22年度末）

- ・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。
- ・新概念太陽電池については動作原理を実証する。
- ・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。

中間目標（平成24年度末）

- ・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35%と集光時の変換効率45%を達成する。
- ・新概念太陽電池については変換効率15%を達成する。
- ・高度光利用技術については量子ナノ構造層吸収を3倍に高めることに資する。

最終目標（平成26年度末）

- ・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。
- ・新概念太陽電池については変換効率40%を達成する。

(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

平成20年度～24年度の期間については、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター センター長 近藤 道雄氏を、平成25年度～26年度の期間については、独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター 研究センター長 仁木 栄氏をグループリーダーとして以下の目標で研究開発を実施する。

中間目標（平成22年度末）

- ・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実証する。
- ・高度光利用技術においてはデバイスプロセスと組み合わせて変換効率20%の達成に資する。

中間目標（平成24年度末）

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。また光マネジメント技術、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。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%の達成に資する。

最終目標（平成26年度末）

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。

(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

国立大学法人東京工業大学大学院理工学研究科 電子物理工学専攻 教授 小長井 誠氏をグループリーダーとして以下の目標で研究開発を実施する。

中間目標（平成22年度末）

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：1 cm<sup>2</sup>）を達成する。

中間目標（平成24年度末）

開発した薄膜フルスペクトルの光吸収層ならびに周辺技術等を用いた5～6接合薄膜フルスペクトルセルにより、真性変換効率25%（低倍率集光、有効受光面積：1 cm<sup>2</sup>）を達成する。

最終目標（平成26年度末）

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：1 cm<sup>2</sup>）を達成する。

(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発

独立行政法人産業技術総合研究所太陽光発電工学研究センター センター長 近藤 道雄氏をグループリーダーとして以下の目標で研究開発を実施した。

最終目標（平成22年度末）

集光型多接合太陽電池評価技術の開発  
薄膜多接合太陽電池評価技術の開発

(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）

豊田工業大学大学院工学研究科 特任教授 山口 真史氏をグループリーダーとして以下の目標で研究開発を実施する。

中間目標（平成24年度末）

- ・セル変換効率：42%以上、モジュール変換効率：33%以上
- ・集光型太陽電池の高精度測定の課題明確化

最終目標（平成26年度末）

- ・セル変換効率：45%以上、モジュール変換効率：35%以上
- ・集光型太陽電池の標準測定技術の確立（測定再現性±0.5%以内）

## 5. 評価の時期及び方法

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、成果の意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度及び平成24年度に実施し、研究開発テーマごとに進捗を判断し、技術分野及び研究開発テーマの見直し・絞り込み等を行い、必要に応じて研究グループの整理を行う。(4) 革新的太陽電池評価技術の研究開発については、事後評価を平成24年度の中間評価と同時に実施する。また、その他の事後評価を平成27年度に実施する。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

## 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」

### [研究開発の目的]

#### 1. 政策的な重要性

本事業はエネルギーに関する技術開発を目的とする「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。本プログラムに加え、太陽光発電は「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」の中でCO<sub>2</sub>大幅削減を可能とする重要技術に位置づけられ、また、新成長戦略（2009年閣議決定）等の種々の政策の中でその重要性・必要性について言及されている。

#### 2. 我が国の状況

我が国は高度成長期の負の側面である公害問題や二度にわたる石油危機を技術革新の契機として活用することで克服し、世界最高の環境技術を獲得するに至った。

ところが今日では、数年前まで世界一を誇った太陽光発電がドイツ・スペインの後塵を拝するようになり、我が国が本来持つ環境分野での強みを、必ずしも活かすことができなくなっている。

#### 3. 世界の取り組み状況

米国や欧州においても国家レベルで太陽光発電の技術開発に取り組んでおり、米国やドイツの研究開発費は日本の2倍以上である。さらに太陽光発電システムの各種普及支援施策（フィードインタリフや余剰電力購入、補助金など）が取られている。この結果、2008年における太陽光発電システムの年間導入量は、スペイン、ドイツ、イタリア、米国、韓国、そして日本という順番になっている。

#### 4. 本事業のねらい

本事業では、低炭素社会の実現のため我が国政府が打ち出した目標（2009年4月9日内閣総理大臣講演）（太陽光発電の導入規模を2020年に現状の20倍（28GW）にする）の達成に資する研究開発として、モジュール高効率化及びコスト低減の観点から、各種太陽電池の変換効率の向上、原材料・各種部材の高機能化、モジュール長寿命化、評価技術等の共通基盤技術等の開発を行うことを目的とする。

### [研究開発の目標]

#### 1. 過去の取り組みとその評価

平成18年度から21年度まで実施した「太陽光発電システム未来技術研究開発」及び「太陽光発電システム共通基盤技術研究」等により、2020年における発電コスト目標（14円/kWh）達成に必要な要素技術の開発などが行われ、目覚ましい成果が得られた。一方、平成21年度に実施した（前倒し）事後評価委員会では、太陽光発電システム普及の鍵となるグリッドパリティー実現に向けての、さらなるコスト低減や耐久性向上等に向けた技術開発を国が継続して行う必要性について提言を受けた。

#### 2. 本研究開発の目標

太陽光発電ロードマップ（PV2030+）に記載の発電コスト目標：14円/kWh（2020年）、モジュール製造コスト目標：75円/W、モジュール変換効率目標：20%（2015～2020年時点）の実現に資する各種太陽電池の高効率化、低コスト化に係る技術を確立することを目標とする（各太陽電池種別の具体的な達成目標は後述）。



### 3. 本研究開発以外に必要な取り組み

本事業とは別に、NEDOでは、平成20年度から「革新的太陽光発電技術研究開発」の取り組みを行っており、2050年にCO<sub>2</sub>排出量半減を実現するための画期的な太陽光発電技術の開発（「変換効率40%超」かつ「発電コストが汎用電力料金並み（7円/kWh）」を実現可能とする超長期的課題への取り組み）を実施している。

### 4. 全体としてのアウトカム目標

2020年における太陽光発電導入量2,800万kW（現状の20倍）の実現に寄与する。この導入実現により、1,500万トンのCO<sub>2</sub>削減効果が期待される。

#### [研究開発の内容]

上記目標を達成するため、以下の研究開発について実施する。

#### [委託事業、(共同研究事業(NEDO負担率：2/3))]

- (イ) 結晶シリコン太陽電池
- (ロ) 薄膜シリコン太陽電池
- (ハ) CIS等化合物系太陽電池
- (ニ) 色素増感太陽電池
- (ホ) 有機薄膜太陽電池
- (ヘ) 共通基盤技術

本研究開発項目は、(1) 実用化まで長期間を要するハイリスクな「基盤的技術」に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ち寄り協調して実施する事業、又は(2) 試験・評価方法、基準・プラットフォームの提案等、国民経済的には大きな便益がありながらも、民間企業の研究開発投資に見合うものが見込めない「公共財の研究開発」事業であり、原則、委託事業として実施する。ただし、(1)については、上記以外のもの<sup>(※1)</sup>は、共同研究事業(NEDO負担率：2/3)として実施する。

- 1 民間企業単独、民間企業のみでの連携、大学等の単独等、産学官連携とならないもの。

## (イ) 結晶シリコン太陽電池

### 1. 研究開発の必要性

結晶シリコン太陽電池は変換効率の高さの点で、今後も太陽電池の普及において中心的役割を果たすことが期待されており、普及拡大のためにはコスト低減と高効率化を同時に実現することが必須である。

結晶シリコン太陽電池は、従来厚さ200  $\mu\text{m}$ 程度の結晶シリコン基板を用いており、シリコン材料のコストが太陽電池全体のコストに占める割合が大きく、低コスト化を阻害している。また、近年の結晶シリコン太陽電池の生産規模の急激な拡大はシリコン原料の需給逼迫を招き、今後の結晶シリコン太陽電池の普及拡大を制約することが懸念されている。また、シリコン基板の超薄型化に伴う効率低下をおこさずに、モジュール変換効率20%の水準を目指すことが重要である。

これらの課題を解決するため、低コストシリコン材料の製造技術、100  $\mu\text{m}$ 程度の超薄型シリコン基板スライス技術、100  $\mu\text{m}$ 程度の超薄型セル高効率化技術の開発が重要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

結晶シリコン太陽電池において、コスト低減と変換効率の向上を図るため、以下の研究開発を実施する。

#### i) コスト低減

- ・ソーラーグレードの原料シリコンを安価に製造する技術、結晶シリコンを安価に製造する結晶成長技術等を開発する。
- ・厚さ100  $\mu\text{m}$ 程度のセルに対して反り、割れ等が生じない電極形成工程、スライス技術の最適化、スライス後の洗浄処理が不要、カーフの回収・再利用が可能等の新技術等を開発する。

#### ii) 高効率化

- イ) モジュール変換効率向上に資する太陽電池形成プロセス（光及びキャリア閉じ込め、接合形成、パッシベーション等）の手法・条件の抜本的な見直しと、ヘテロ接合等新構造・新手法を開発する。
- ロ) 高品位な結晶シリコンを製造する結晶成長技術を開発する。

### 3. 達成目標

#### i) コスト低減

- ・結晶シリコンを安価に製造する技術を開発し、シリコン製造コスト等を試算する。達成目標（中間目標を含む）は設定した製造規模でのシリコン製造コストで表し、その値は各研究テーマ毎に設定し実施計画書に記載する。
- ・カーフロス120  $\mu\text{m}$ 未満、又はカーフを生じない新たな製法等を確立する。

#### ii) 高効率化

##### イ) モジュール

##### <中間目標>

- ・厚さ100  $\mu\text{m}$ 程度、15 cm角程度のセルにおいて変換効率20%、モジュールでの変換効率18%以上を達成する。

<最終目標>

- ・厚さ100  $\mu\text{m}$ 程度、15 cm角のセルにおいて、変換効率25%以上、モジュールの変換効率20%以上を達成する。

ロ) 高品位シリコン製造技術

15 cm角程度のセルにおいて、以下の目標値を達成する。

<中間目標>

- ・キャリア寿命：100  $\mu\text{s e c}$  (拡散長 約1 mm) 以上
- ・シリコン純度：6 N以上

<最終目標>

- ・キャリア寿命：400  $\mu\text{s e c}$  (拡散長 約2 mm) 以上
- ・シリコン純度：7 N以上

## (ロ) 薄膜シリコン太陽電池

### 1. 研究開発の必要性

厚さ数  $\mu\text{m}$  のシリコン系薄膜により構成される薄膜シリコン太陽電池は、シリコン原料の使用量が少ないため、現在市場の主流である結晶シリコン太陽電池と比較して製造コスト、ひいては発電コストの大幅な低減が見込まれ期待されている。また、軽量基板上への太陽電池形成が可能であることから、多用途化にも適している。しかしながら、現状ではモジュール変換効率が低く 12% 程度であり、より一層の改善が必要である。また、更なる低コスト化のためには、製造プロセス及び生産性改善等による製造コストの低減等が必要である。

本研究開発は、以上の背景に基づき、薄膜シリコン太陽電池の変換効率向上及び製造コスト低減を目指して実施する。

### 2. 研究開発の具体的内容

モジュール高効率化及び生産性向上を図るため、以下の研究開発を実施する。

#### i) 高効率化

光マネジメントとして入射光の反射・屈折の制御等による光閉じ込め技術の高度化、高品質（低欠陥密度、低抵抗、高透明度）な透明導電膜の開発等を行う。

多接合化として光劣化抑制技術、界面へのバッファ層導入や粒界制御による開放電圧向上、欠陥密度の低減と価電子制御技術、バンドギャップ設計と材料高品質化、高効率化のためのパッシベーション技術、各薄膜と透明電極及び裏面金属電極との接合界面並びに各薄膜間の接合界面の高品質化の開発等を行う。

#### ii) 製造コスト低減

新概念を導入した製膜装置の開発による高速製膜技術の開発、大面積基板（ガラス、フィルム基板等）に高品質な薄膜を高スループットで製膜し得る製膜技術及び製膜装置・プロセスの開発等を行う。

### 3. 達成目標

#### i) 高効率化

<中間目標>

- ・  $30 \times 40 \text{ cm}$  程度の基板に製膜した 2 接合以上の多接合薄膜シリコン太陽電池においてモジュール変換効率 13% 以上（安定化効率）を達成する。

<最終目標>

- ・  $30 \times 40 \text{ cm}$  基板に製膜した 2 接合以上の多接合薄膜シリコン太陽電池においてモジュール変換効率 14% 以上（安定化効率）を達成する。

#### ii) 製造コスト低減

<中間目標>

- ・ 装置の設計・作製と条件出しを完了し、任意サイズの基板において製膜速度  $1.0 \text{ nm/sec}$  以上を達成する。

<最終目標>

- ・ 幅 1 m 以上の基板において製膜速度  $2.5 \text{ nm/sec}$  以上、膜厚分布  $\pm 5\%$  以下を達成する。

なお、高生産性実現において、製膜速度向上以外の手法でも同等と認められる提案は、別途協議のうえ採用する。

## (ハ) C I S 等化合物系太陽電池

### 1. 研究開発の必要性

C I S 等化合物系薄膜太陽電池は、結晶シリコン太陽電池、薄膜シリコン太陽電池に続いて市場投入された太陽電池であるが、現在C d T e 太陽電池等との激しい価格競争の中にあり、高い経済性が求められている。

C I S 等化合物系薄膜太陽電池は、結晶シリコン太陽電池に匹敵する高い変換効率を実現できる可能性があり、また、軽量基板上への太陽電池形成が可能であることから多用途化にも適している。更に、最近では、従来と異なる新規なプロセスを開発して低コスト製造を実現しようとする試みが見られるようになってきた。

しかし、現時点では、変換効率は30cm角モジュールで13から16%程度で、この太陽電池に期待されるレベル（結晶シリコン太陽電池並み）に到達しておらず、また、軽量基板上での製造技術や新規な低コスト製造プロセスも実用化までには今一步のところにある。

また、海外では集光型太陽電池で一定規模の市場がすでに形成されており、日本がこの市場に遅れることなく参入するためには、集光型太陽電池システムの低コスト化が早急に必要とされる場所である。

### 2. 研究開発の具体的内容

C I S 等化合物系薄膜太陽電池では、実用化規模の大面积及び材料のポテンシャルを引き出すために小面積モジュールでそれぞれ高効率化を図る。また、軽量基板上での製造技術や新規な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。

集光型太陽電池では、システム全体としてのコストダウンを目指し、太陽電池セル以外に光学系や追尾架台等の低コスト化技術開発を実施する。

#### i) C I S 等化合物系高効率化

光吸収層の高品質化、接合界面特性の改善、集積化技術、ワイドギャップ材料の高品質化技術（欠陥密度低減等）等の開発を行う。

#### ii) C I S 等化合物系製造プロセスの開発

軽量基板を用いた低コスト製造プロセス、従来の製造法と異なるC I S 等化合物系太陽電池の低コスト製造プロセス（非真空プロセス等）等の開発を行う。

#### iii) 集光型太陽電池の低コスト化技術開発

-V族化合物／シリコンモノリシックタンデム等低コスト集光型太陽電池、低コスト集光系・ミラー・レンズ、低コスト架台・システム等の開発を行う。

### 3. 達成目標

#### i) C I S 等化合物系高効率化

<中間目標>

- ・サブモジュール（30cm角程度）で変換効率17%以上を達成する。
- ・小面積セル（1cm角程度）で変換効率22%以上を達成する。

<最終目標>

- ・サブモジュール（30cm角程度）で変換効率18%以上を達成する。
- ・小面積セル（1cm角程度）で変換効率25%以上を達成する。

ii) C I S等化合物系製造プロセスの開発

軽量基板上での製造技術や、新規な低コスト製造プロセス等により製造したサンプルを供試する。達成目標（中間目標を含む）は単位出力当たりの製造コスト等（円/W）で表し、その値は研究テーマ毎に設定し実施計画書に記載する。

iii) 集光型太陽電池の低コスト化開発

開発した光学系や追尾架台等を用いたモデルシステムを実際に建設し、そのコストを基にプラント建設コストを算出する。達成目標（中間目標を含む）は例えば単位面積当たりの建設コストで表し、その値は研究テーマ毎に設定し実施計画書に記載する。

## (二) 色素増感太陽電池

### 1. 研究開発の必要性

色素増感太陽電池はコストの点でシリコン材料を用いないので高純度シリコン価格高騰の影響を受けない。また、高真空プロセスを用いず、スクリーン印刷、ロールツーロール等の工程で製造が可能なので低コスト化が期待されている。機能面の点では光入射角度依存性が小さく、発電出力の温度依存性が小さいため、夏季でも発電特性が落ち込まない等の利点がある。

課題は変換効率が低いことであり、現時点で環境試験・耐久性試験で相対効率低下10%以内をクリアしているセルでは変換効率は3%程度である。また、信頼性においても水分の進入等による劣化等の問題がある。

コスト面、性能面での色素増感太陽電池のメリットを生かし実用化を実現するためには、変換効率及び信頼性の向上が必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

高効率化と耐久性向上を図り、以下のモジュール製造プロセスの研究開発を実施する。

#### i) 高効率化

- ・新規色素（長波長応答色素）、高性能半導体電極、タンデム構造色素太陽電池の開発等を行う。

#### ii) モジュール化技術開発・耐久性向上

- ・封止構造形成技術、不揮発性電解質の開発、スクリーン印刷、ロールツーロール等のプロセス技術の導入による量産化検討、半導体電極の低温形成技術の開発等を行う。
- ・劣化メカニズムの解明及び耐久性向上のための技術開発を行う。

### 3. 達成目標

高効率かつ耐久性に優れたモジュールを開発する。モジュールは以下の効率と耐久性を同時に満たすことを目標とする。

#### i) 高効率化

<中間目標>

- ・セル変換効率（安定化効率） 11%（1cm角程度）以上
- ・モジュール変換効率（安定化効率） 7%（30cm角程度）以上

<最終目標>

- ・セル変換効率（安定化効率） 15%（1cm角程度）以上
- ・モジュール変換効率（安定化効率） 10%（30cm角程度）以上

#### ii) モジュール化・耐久性向上

<中間目標>

- ・JIS規格C8938の環境試験、耐久性試験（温湿度サイクル、耐熱性、耐湿性、温度サイクル、光照射の各試験）において相対効率低下10%以内

<最終目標>

- ・JIS規格C8938の環境試験、耐久性試験（温湿度サイクル、耐熱性、耐湿性、温度サイクル、光照射の各試験）において相対効率低下10%以内



## (ホ) 有機薄膜太陽電池

### 1. 研究開発の必要性

有機薄膜太陽電池はコストの点でシリコン材料を用いないので高純度シリコン価格高騰の影響を受けない。また、高真空プロセスを用いず、スクリーン印刷、ロールツーロール等の工程で製造が可能なので低コスト化が期待されている。機能面の点では光入射角度依存性が小さく、発電出力の温度依存性が小さいため、夏季でも発電特性が落ち込まない等の利点がある。

課題は変換効率が低いことであり、現時点ではセルで6%程度である。また、信頼性においても水分の進入等による劣化等の問題がある。

コスト面、性能面での有機薄膜太陽電池のメリットを生かし、実用化を実現するためには、変換効率と信頼性の向上が必要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

高効率化と耐久性向上を図り、以下のモジュール製造プロセスの技術開発を実施する。

#### i) 高効率化

- ・有機半導体（特にp型）、電子・ホール輸送層等の材料探索、短絡電流向上のための光電変換部分の増大（バルクヘテロ接合）、新デバイス構造構築、積層化に係る技術開発等を行う。

#### ii) モジュール化技術開発・耐久性向上

- ・スクリーン印刷、ロールツーロール等のプロセス技術の導入による量産化検討、劣化メカニズムの解明及び耐久性向上のための技術確立等を行う。

### 3. 達成目標

高効率かつ耐久性に優れたモジュールを開発する。モジュールは以下の効率と耐久性を同時に満たすことを目標とする。

#### i) 高効率化

<中間目標>

- ・セル変換効率（安定化効率） 8%（1cm角程度）以上
- ・モジュール変換効率（安定化効率） 6%（30cm角程度）以上

<最終目標>

- ・セル変換効率（安定化効率） 12%（1cm角程度）以上
- ・モジュール変換効率（安定化効率） 10%（30cm角程度）以上

#### ii) モジュール化技術開発・耐久性向上

<中間目標>

- ・JIS規格C8938の環境試験、耐久性試験（温湿度サイクル、耐熱性、耐湿性、温度サイクル、光照射の各試験）において相対効率低下10%以内

<最終目標>

- ・JIS規格C8938の環境試験、耐久性試験（温湿度サイクル、耐熱性、耐湿性、温度サイクル、光照射の各試験）において相対効率低下10%以内

## (へ) 共通基盤技術

### 1. 研究開発の必要性

太陽光発電システムの利用拡大や技術発展のためには、システムを構成するモジュール等の性能、耐久性、安全性、システムとしての発電量算定評価や信頼性評価等の各種評価方法の確立、国際的な規格化・標準化、システムの認証、リサイクル・リユースの技術開発等の産業基盤の整備が必要である。また、各電池に共通した部材の高機能化、長寿命化を図る必要がある。さらに、諸外国の研究機関との連携、国際エネルギー機関（IEA）への参画等による戦略的な活動は、産業競争力の確保と国際貢献の双方を意識した国の活動として重要である。

### 2. 研究開発の具体的内容

以下の研究開発項目を実施する。

- i) 発電量評価技術等の開発
  - ii) 信頼性及び寿命評価技術の開発
  - iii) リサイクル・リユース技術の開発
  - iv) 共通材料・部材・機器及びシステム関連技術開発
  - v) 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等
- 
- i) 発電量評価技術の開発
    - イ) 発電量評価

発電量評価技術として、きめ細かい範囲でのスペクトルを含めた日射量のデータベースを構築し、測定した当日の日射量・気象データから特定地域の翌日の発電量を推定する技術を開発する。
    - ロ) 太陽電池の性能評価

太陽電池評価技術として、光照射効果を考慮した実効性能評価技術を開発する。また、高精度屋外性能評価技術を開発する。さらに、新材料・新技術に対応した新型太陽電池の評価技術を開発する。

基準太陽電池校正技術の研究開発として、高精度絶対放射計とその校正技術の開発を行う。また、絶対分光感度法による一次基準セルの校正技術を開発する。さらに、二次基準モジュールの校正精度の向上を図る。
  - ii) 信頼性及び寿命評価技術の開発

信頼性評価技術の開発として、太陽電池モジュールや太陽光発電システムの屋外曝露試験データを取得、分析評価し、劣化要因を抽出する。また、これと併せてモジュール、封止材等の長寿命化技術の開発を行う。試作モジュール等も用いて劣化メカニズムを解明し屋内での部材も含めた寿命評価試験方法を開発し、規格化を推進する。

更に、太陽光発電システムの長寿命化等に寄与する可能性がある各電池に共通した高機能材料の寿命試験方法を確立する。

### iii) リサイクル・リユース技術の開発

新たな種類の太陽電池や破損、粉砕された太陽電池モジュール等のリサイクル等の関連技術の開発を行う。また、リユース及び補修回収技術の開発並びに安全性等評価を行い、そのための基準を定める。更に、LCA評価として、これまでの評価の見直しとリサイクル等の廃棄処理まで考慮した評価を実施する。

なお、必要に応じ環境関連技術、低コスト化技術、高効率化技術等について問題抽出や課題解決のための方向性検討・調査等を行う。

### iv) 共通材料・部材・機器及びシステム関連技術開発

結晶シリコン、薄膜シリコン、CIS等化合物系太陽電池等の各種太陽電池に適用でき、コスト低減（省プロセス化、信頼性向上）、高効率化が見込める共通材料、部材・機器及びシステム関連技術の開発を行う。

### v) 標準化支援事業及びIEA国際協力事業等

標準化調査研究において、太陽電池の性能評価及び太陽光発電システムに関する国内外の標準策定に向けた活動を行う。

諸外国の技術開発動向や政策動向等について、IEA活動等から調査・分析し、諸外国の動向等を把握し、技術開発の方向性や分析・評価手法等について検討する。

## 3. 達成目標

### i) 発電量評価技術の開発

#### イ) 発電量評価

- ・スペクトルを含めた日射量のデータベースを構築する。
- ・地域の日射量・気象データから発電量を推定する技術を開発する。

#### ロ) 太陽電池の評価技術

- ・実効性能評価技術：光照射効果（1年以上）を考慮した実効性能評価技術を確立する。
- ・高精度屋外性能評価技術の開発：測定再現性2%以内の評価方法を確立する。
- ・各種新型太陽電池評価技術：NEDOの開発成果も含めて基礎データを収集、分析、評価し、必要に応じ規格化を図りつつ基本的評価手法を確立する。
- ・基準太陽電池校正技術：WRRファクター0.5%以内の構成技術を確立する。
- ・絶対分光感度法による一次基準セルの校正技術：校正の不確かさ0.5%以内の構成技術を確立する。
- ・二次基準モジュールの校正精度：校正の不確かさ1.0%以内を達成する。

### ii) 信頼性及び寿命評価技術の開発

20～30年の屋外曝露に相当する屋内での寿命評価試験方法等について、モジュール及びシステムとして基本的な評価技術を開発し、規格化に向けた技術要件を整理する。

また、工程管理で信頼性確保を判定できる方法を確立し、簡易に寿命を判定できる方法を確立する。

さらに、モジュールやシステムの屋外曝露試験を行い、電氣的物理的な劣化状況に

関するデータを収集、分析、評価等を行うとともに、システムも含めた劣化要因について抽出する。

iii) リサイクル・リユース技術の開発

新たな種類の太陽電池にも対応したリサイクル関連技術を確立する。

また、リユース及び補修回収技術の開発並びに安全性等の評価を行い、そのための基準を定める。

さらに、LCA評価の見直しを行い、新型太陽電池の廃棄を含めたLCA評価を完了する。

iv) 共通材料・部材・機器及びシステム関連技術開発

具体的な開発目標及び実施内容は、採択テーマごとにNEDOと実施者との間で協議の上個別に設定することとする。

v) IEA国際協力事業及び標準化支援事業等

・ IEC・JISに係る標準化活動を行う。

・ 諸外国の技術動向や政策動向等を調査・分析し、諸外国の動向を把握した上で、技術開発の方向性や、分析・評価手法の開発方針等を明確にする。

## 〔研究開発の実施方法〕

### （１）研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが単独ないし複数の原則本邦の企業、大学等（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な場合はこの限りでない。）から公募によって選定した研究開発実施者（又は研究開発グループ）が、NEDOが委嘱したプロジェクトリーダーである豊田工業大学大学院工学研究科 特任教授 山口 真史氏（（イ）から（ホ））、東京工業大学統合研究院 特任教授 黒川 浩助氏（（へ））の下で、それぞれの研究テーマの目標達成を実現すべく研究開発を実施する。

### （２）研究開発の運営管理

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、プログラムの目的及び目標並びに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。具体的には、太陽光発電技術委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

本プロジェクトへの参加者は、これらのNEDOのマネジメントに従い、我が国政府が打ち出した目標（太陽光発電の導入規模を2020年に現状の20倍（28GW）、2030年に40倍（53GW）にする）の達成に必要な取り組みに協力するものとする。

## 〔評価に関する事項〕

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、成果の技術的意義及び将来の産業への波及効果等について、外部有識者による中間評価を平成24年度、事後評価を平成27年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等適宜見直すものとする。

## 〔その他重要事項〕

- ・若手研究者の育成を図るため、学生等の研究参加を促進する環境を整備する。
- ・産業界が実施する研究開発との間で共同研究を行う等、密接な連携を図ることにより、円滑な技術移転を促進する。

## 研究開発項目 「有機系太陽電池実用化先導技術開発」

### 1. 研究開発の必要性

NEDOは、太陽光発電の普及拡大に向けて技術開発等に取り組んでいるところであるが、取り組みの1つとして、製造原価を安く、軽量に作製することができ、かつ、設置場所の制約の少ない有機系太陽電池の要素技術開発を行っている。

有機系太陽電池は、これまでの技術開発の成果等により、実用化が間近な状況に到達しつつあるが、この成果を事業化につなげるためには、有機系太陽電池を実際の使用環境下で実証し、実用化に向けた課題の改善を図っていく必要がある。

### 2. 目的

有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムの設計・試作を行い、その性能や品質を実証・評価し、実用化に向けた課題を抽出し、技術開発にフィードバックすることにより、有機系太陽電池の実用化を促進する。

### 3. 研究開発の具体的内容

有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムを設計・試作・設置し、実使用環境下で発電量・耐久性等を実証・評価することで、実用化に向けた開発課題を抽出し、実用化検討にフィードバックする。また、実証試験の結果得られるデータの課題分析については、NEDOは実証試験課題検討委員会を設置し、当該委員会で実証データを分析・課題抽出を行い、対策検討に至るまで支援する。さらに、本実証研究を通じ、有機系太陽電池の市場要件（コスト・発電量・設置条件・耐久性・信頼性・デザイン等）を把握し、用途開拓を行う。

なお、本事業では、公募によって高い技術力を有し、かつ、将来の事業化を企図する企業等を助成事業者として選定し、最適な研究開発体制を構築する。

### 4. 達成目標

有機系太陽電池の実用化に向けた具体的な開発課題を抽出し、技術開発にフィードバックすることに加え、ユーザーが求める市場要件を明確にし、用途拡大のシナリオを明らかにする。

### 5. 評価の時期及び方法

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、成果の技術的意義及び将来の産業への波及効果等について、外部有識者による事後評価を平成27年度に実施する。また、研究の進捗状況を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等適宜見直すものとする。