

「太陽エネルギー技術研究開発／
有機系太陽電池実用化先導技術開発」

事業原簿
【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
-----	--------------------------------------

—目次—

概要 プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性…………… I-1 [1]
 - 1.1 NEDOが関与することの意義
 - 1.2 実施の効果(費用対効果)
2. 事業の背景・目的・位置づけ…………… I-2 [1]

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標…………… II-1 [1]
2. 事業の計画内容…………… II-2 [1]
 - 2.1 研究開発の内容
 - 2.2 研究開発の実施体制
 - 2.3 研究開発の運営管理
3. 情勢変化への対応…………… II-3 [1]

III. 委託テーマの成果詳細と実用化・事業化の見通し

1. 事業全体の成果…………… III-1-[1]
2. 研究開発項目毎の成果と実用化・事業化見通し
 - A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証
 1. 成果詳細…………… III-2-A-1 [1]
 2. 実用化・事業化見通し…………… III-2-A-2 [1]
 3. 波及効果…………… III-2-A-3 [1]
 4. 今後の展開…………… III-2-A-4 [1]
 5. 論文・特許・学会発表等…………… III-2-A-5 [1]
 - B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発
 1. 成果詳細…………… III-2-B-1 [1]
 2. 実用化・事業化見通し…………… III-2-B-2 [1]
 3. 波及効果…………… III-2-B-3 [1]
 4. 今後の展開…………… III-2-B-4 [1]
 5. 論文・特許・学会発表等…………… III-2-B-5 [1]
 - C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト
 1. 成果詳細…………… III-2-C-1 [1]
 2. 実用化・事業化見通し…………… III-2-C-2 [1]
 3. 波及効果…………… III-2-C-3 [1]
 4. 今後の展開…………… III-2-C-4 [1]
 5. 論文・特許・学会発表等…………… III-2-C-5 [1]

D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価

D1 シャープ株式会社

1. 成果詳細・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D1-1 [1]
2. 実用化・事業化見通し・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D1-2 [1]
3. 波及効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D1-3 [1]
4. 今後の展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D1-4 [1]
5. 論文・特許・学会発表等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D1-5 [1]

D2 株式会社フジクラ

1. 成果詳細・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D2-1 [1]
2. 実用化・事業化見通し・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D2-2 [1]
3. 波及効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D2-3 [1]
4. 今後の展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D2-4 [1]
5. 論文・特許・学会発表等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-D2-5 [1]

E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発及び実証化検討

1. 成果詳細・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-E-1 [1]
2. 実用化・事業化見通し・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-E-2 [1]
3. 波及効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-E-3 [1]
4. 今後の展開・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-E-4 [1]
5. 論文・特許・学会発表等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・Ⅲ-2-E-5 [1]

(添付資料)

- ・プロジェクト基本計画
- ・事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)

概要

作成日

平成 27 年 11 月 6 日

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム				
プロジェクト名	太陽エネルギー技術開発 有機系太陽電池実用化先導技術開発	プロジェクト番号	P07015		
担当推進部	新エネルギー一部				
0. 事業の概要	<p>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(26GW)、2030年に40倍(53GW)にする)の達成に資する研究開発として、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。具体的には以下のテーマを実施する。</p> <p>A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証 B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発 C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価 E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発及び実証化検討</p>				
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>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待望されている。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。平成 20 年 4 月、社会の共通基盤として太陽光発電に係る情報の整備・提供を通じて、行政・産業界・地域社会等の関係各界で科学的知見に基づく認識の醸成を図ることを目的に、エネルギーイノベーションプログラムが制定された。NEDO はこの基本計画に基づき「太陽エネルギー技術研究開発」を計画。この研究開発は平成 20 年に開始された「革新的太陽光発電技術研究開発」、平成 22 年度に開始された「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」及び平成 24 年度に開始された本プロジェクトである「有機系太陽電池実用化先導技術開発」の 3 つのプロジェクトからなる。「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」では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が行われたが、有機系太陽電池はこのプロジェクトを含めたこれまでの技術開発等の成果により、実用化が間近な状況に到達するに至った。本プロジェクトはさらにこの成果を事業化につなげるべく、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ることを目的として実施された。</p>				
II. 研究開発マネジメントについて					
事業の目標	本プロジェクトは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。				
事業の計画内容	主な実施事項	H24fy	H25fy	H26fy	
	プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証	←		→	
	プラスチック基板 DSC 発電システムの開発	←		→	
	色素増感太陽電池実証実験プロジェクト	←		→	
	色素増感太陽電池モジュールの実証評価	←		→	
	有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発及び実証化検討	←		→	
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載)(単位:百万円)	会計・勘定	H24fy	H25fy	H26fy	総額
契約種類・助成負担率(2/3)	予算額(NEDO 負担額)	636.6	1,089.3	881.7	2,607.6

開発体制	経産省担当原課	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	
	助成先、委託先	太陽誘電(株) [(株)NTTファシリティーズ総合研究所] ビフレストック(株) 日立造船(株) [日造精密研磨(株)、ペクセル・テクノロジーズ(株)] 日本写真印刷(株) [島根県産業技術センター] シャープ(株) [(国)東京大学、富士フイルム(株)、メルク(株)] (株)フジクラ [(国)東京大学] 三菱化学(株)	
情勢変化への対応	産総研九州センターでの実証試験では、屋外では屋内での耐久性試験で予測された以上にモジュールの劣化が早く、耐久性に課題が多いことがわかった。劣化したモジュールは適宜モジュール構造を改善したものに交換し、試験を継続することで実用化への課題改善に役立てた。		
評価に関する事項	事前評価	事前評価 平成 23 年度 担当部 新エネルギー技術開発部	
	事後評価	事後評価 平成 27 年度予定 担当部 新エネルギー部	
Ⅲ. 研究開発成果について	各テーマで固有の太陽電池、アプリケーションに対し製造、設置、実証試験を行い、実用化に向けた課題抽出、及び改善を行った。産総研九州センターで行った屋外の電力用途としての実証ではその耐久性に課題があるメーカーも多くあった。色素増感太陽電池の特徴を活かした屋外低照度、ビニールハウスでのソーラーシェアリング、意匠性に対する実証試験を通し、各社個別に実用化に向けた方向性を得ることができた。		
(特許・論文等について件数を記載)	H24-H27 年度(7 月末まで)において 特許出願 9 件、研究発表 8 件、新聞・雑誌 48 件、受賞 4 件、展示会 26 件		
Ⅳ. 実用化の見通しについて	<p>【太陽誘電、ビフレストック】 住宅向けもしくは太陽光発電所向けといった比較的大きな規模では太陽光発電の安定稼働が必須なため、定期的なセル交換が低コストでできる様な仕組み、パネルや架台及びサービスの開発が不可欠であり、実用化・事業化が困難なことが分かった。例えば、解体・移動を前提とするテントや仮設住宅や未電化地域の住宅には、軽量・収納性・可搬性が高い本技術はマッチすると考えられるため、実用化に向けた検討を行う。</p> <p>【日立造船】 本助成事業の中で商業施設の屋内設置用途で、実用化の可能性を見出した。ユーザとして D 社の協力のもと試験的に構築された模擬店舗で実証試験を H27 年 2 月から行ない、実環境下(に近い模擬環境)で要件の把握と問題点に対するフィードバックを行っている。</p> <p>【日本写真印刷】 色素増感太陽電池が低照度環境下でアモルファスシリコン太陽電池より高い発電能力を発揮するなど、他方式の太陽電池と差別化できる機能を重視したアプリケーションとして、無線・センサ用電源、デザインランタンの製品化を検討している。無線・センサ用電源は、例えば橋等の構造物の劣化をリアルタイムに計測・管理するセンサや、精度良くこまめな室内の照明、温度の管理するセンサの電源用途など、建設、IoT 関連分野での適用を目指す。また、デザインランタンは山間部などでも利用できるランタン、誘導灯などエクステリア分野での適用を目指す。</p> <p>【シャープ】 色素増感太陽電池の変換効率が光入射角に依存せず、散乱光に対しても高い発電効率を示す特長を活かし、ビル壁面やマンションのベランダへ傾斜角 90 度で設置(壁面設置)する用途が新規市場として挙げられる。また、低光量下においても開放電圧の低下が少なく、効率良く発電できる特長を活かし、屋内で使用する環境センサ用電源などが新規市場として考えられる。</p> <p>【フジクラ】 DSC 実用化の入り口としてエネルギーハーベスティング(環境発電)の分野、次のステップとして BIPV など屋外の日射制限のある場所での発電用途への適用を考えており、展示会における市場へのアピールや、既存営業ネットワークなどを活用して屋外用途への DSC 顧客の探索を進めている。</p> <p>【三菱化学】 プレ・マーケティングとして、既存太陽電池の置き換えのみならず、設置多様化、エネルギーの地産、地消に貢献する多種多様な用途を考慮したサンプルを作成し、用途展開が期待できる各方面で評価を行っている。また、実証実験にて有機太陽電池の優位性などを検証し、有機太陽電池の特長を把握、商品としての性能、信頼性などの諸特性の向上を検討中である。一方、安価に量産できるための製造設備の設計検討も同時並行で検討している。今後の省エネ社会、地産エネルギー社会の実現に貢献する省エネビルや ZEB 本格化前/後の既築物件に対応できる太陽電池として事業化を推進していく。</p>		

Ⅴ. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 23 年 3 月制定
	変更履歴	なし

プロジェクト用語集

用語（日本語）	用語（英語）	説明
1sun	1sun	AM1.5の太陽光スペクトルにて入射光強度が1000 W/m ² の条件を指す
AIPV	Automotive Integrated Photovoltaic's	自動車用太陽電池
a-Si 太陽電池	Amorphous silicon Solar Cell	原子配列に結晶性を持たないアモルファスシリコンを光吸収層に用いた太陽電池。
BIPV(建材一体型太陽光発電)	Building-integrated photovoltaics	太陽電池モジュールが建物の一部分を構成して、従来の建築材料の機能を担っていること。
CIGS 太陽電池	Copper Indium Gallium Selenium Cell	銅、インジウム、ガリウム、セレン他による化合物を光吸収層とした太陽電池
DSC (DSSC)	Dye sensitized solar cell	色素増感太陽電池
FF	Fill Factor	曲線因子：「最大出力／（開放電圧＊短絡電流）」この値が大きいほど太陽電池の内部損失が小さく性能が優れている
FEM シミュレーション	Finite Element Method	有限要素法（ゆうげんようそほう）：数値解析手法の一つで解析的に解くことが難しい微分方程式の近似解を数値的に得る方法の一つ。方程式が定義された領域を小領域（要素）に分割し、各小領域における方程式を比較的単純で共通な補間関数で近似する。
FIT	Feed-in Tariff	固定価格買取制度：エネルギーの買い取り価格（タリフ）を法律で定める方式の助成制度。
HOMO	Highest Occupied Molecular Orbital	基底状態において電子をみたされている軌道（占有軌道）の内、エネルギーの最も高い電子軌道。
IoT	Internet of Things	コンピュータなどの情報・通信機器だけでなく、世の中に存在する様々な物体（モノ）に通信機能を持たせ、インターネットに接続したり、相互に通信することにより、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行うこと
IPCE	Incident photons to current conversion efficiency	ある波長において、入射したうちの電子へ変換された光子数の割合を百分率（%）で表したもの。
JA	Japan Agricultural Cooperatives	全国農業協同組合連合会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構：政府開発援助の実施機関として、対象地域や対象国、開発援助の課題などについての調査や研究、JICAが行うODA事業の計画策定、国際協力の現場での活動を行う人材の確保や派遣、事業管理、事業評価などの役割を担っている。
JIS 規格 C8938 の環境試験、耐久性試験	Environmental and endurance test methods for amorphous solar cell modules	アモルファス太陽電池モジュールの環境、耐久性試験に関するJIS規格。 本研究開発では下記3項目の試験を適用し、変換効率の低下を評価する。 温湿度サイクル（A2）：温度範囲：-40℃～85℃85%RH、 サイクル数 10cycle 光照射（A5）：照度 255W/m ² 波長：300-700nm 500時間 耐湿性（B2）：85℃85%RH 1000時間
LUMO	Lowest Unoccupied Molecular Orbital	基底状態において電子を満たしていない（否占有軌道）の内、エネルギーの最も低い未占有の軌道。
MPPT	Maximum Power Point Tracking	太陽光発電で使用するソーラーパネルに搭載されている、出力を最大化できる最適な電流×電圧の値（最大電力点あるいは最適動作点）を自動で求めることができる制御装置
OPV	Organic Photovoltaics	有機薄膜太陽電池
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナー：太陽光パネルで発電した直流電流を、家電で一般的に使われる交流電流に変換する装置
Pmax	Pmax	太陽電池の動作曲線上において、電力が最も大きくなる点での電力。

用語 (日本語)	用語 (英語)	説明
QC 手法	Quality Control	品質管理：品質保証行為の一部をなすもので、部品やシステムが決められた要求を満たしていることを、前もって確認するための行為
TCO	Transparent Conductive Oxide	透明導電膜と呼ばれる。フッ素添加された酸化錫や酸化インジウム錫、酸化亜鉛などが良く用いられる。太陽電池の光入射側に用いて光を透過させながら電流を外部に取り出すのに必要な材料である。
ZEB	Zero Energy Building	建物内におけるエネルギー消費量を、建築物・設備の省エネ性能の向上、エネルギーの面的利用、オンサイトでの再生可能エネルギーの活用等により削減し、年間のエネルギー消費量がゼロ又は概ねゼロとなる建築物
アモルファスシリコン	Amorphous silicon	シリコンを主成分とし、原子配列に結晶性を持たない固体半導体。真空蒸着法などにより非常に薄い半導体膜を形成可能。半導体膜形成時の条件を変えることで pn 接合を作製することができる。
アレイ	array	ストリングを並列接続したもの。
イオン液体	Ionic liquid	室温付近で液体を呈すイオンのみからなる熔融塩のことであり、極低蒸気圧、不揮発性、不燃性、低熱膨張係数の特徴があることから液体を含むデバイスである色素増感太陽電池の信頼性向上の切り札として期待されている。
エアマス (AM)	Air mass (AM)	地球大気に入射した太陽光直達光が通過した路程の長さ。標準状態の大気圧 (標準気圧: 1013hPa) に垂直に入射した太陽直達光が通過した路程の長さを AM1.0 として、それに対する倍率で表す。
エネルギーハーベスティング (環境発電)	Energy harvesting	光・電波・温度など周りの環境から微小なエネルギーを「収穫 (ハーベスティング)」して、発電する技術
エンジニアリングプラスチック	Engineering Plastic	耐熱性・強度に優れるプラスチックの総称。
カバーガラス	cover glass	太陽電池モジュールの受光面側に用いる厚さ数 mm 程度のガラス。一般的には白板強化ガラスを用いる。
キラーアプリ	Killer application	ある機器の売上を急激に伸ばすだけの魅力を持ったアプリケーション
グリッド・パリティ	Grid Parity	太陽光発電システムの発電コストが、既存の電力系統の電気料金と同等になること。
クロステープカット試験	Crosscut Test	塗装の重要な品質性能である密着性・付着性を調べる試験
サブモジュール	Submodule	集積構造を備えているがカバーガラス等による封止がされていない太陽電池、サーキット (Circuit) とも言う
サンシャインウエザー試験	Sunshine weather meter test	促進耐候性試験：太陽光・温度・湿度など屋内外の条件を人工的に再現し、製品や材料の劣化を促進させる試験
ストリング	string	モジュールを複数直列接続したもの。
スピニングコート	Spin coating	塗布プロセスの 1 種類であり、平滑な基材を高速回転させる事により遠心力で薄膜を製膜する方式を言う。用いる装置は、スピニングコーターと呼ぶ。
セル評価	test production of PV cell for wafer evaluation	太陽電池セルを試作してウエハの評価を行うこと
ソーラーシェアリング	Solar Sharing	地に支柱を立てて上部空間に太陽光発電設備等の発電設備を設置し、農業と発電事業を同時に行うこと。
バックシート	back sheet	太陽電池モジュールの裏面側に用いる高分子系シート。ポリエチレンテレフタレート (PET) をベースフィルムとするものが多く、PET フィルムをフッ素系の樹脂ではさんだものや、アルミニウム箔を PET フィルムではさんだものなどが用いられる。
バリア性	barrier property	物質の透過を阻止する能力。ここでは、水蒸気の透過を阻止する能力を指しており、水蒸気透過率が低いほど、バリア性が高い。
ヒートサイクル試験	Heat cycle test	試料を高温・低温環境下に繰り返しさらすことで、温度変化に対する試料の機械的・物理的特性の変化を観測する試験

用語（日本語）	用語（英語）	説明
ヒートショック試験	Heat shock test	各種材料・製品を高温・低温の気槽空間内に放置し、繰り返し温度変化を短時間に与えることにより、試験品の信頼性・耐久性を評価・確認する試験
ヘムス（HEMS）	Home energy management system	センサーやITの技術を活用して家庭内のエネルギー管理を行うためのシステム
モジュール	Module	光入射側はカバーガラス等を用いて封止された太陽電池
モジュール変換効率	module efficiency, η_{module}	モジュールの受光面に入った太陽光と発電された電力の割合
モノリシックモジュール	Monolithic module	1枚の基板上に太陽電池構成材料を層状に積層して作製したモジュール
ロールツーロールプロセス	Roll to Roll Process	材料フィルムをロールからロールへと連続的に供給し、印刷やラミネートを行うプロセス
安定化効率	stabilizing efficiency	アモルファス Si 太陽電池は光にあると出力が低下するが、光を照射して出力が安定になったときの変換効率
温度サイクル試験	Thermal Cycle Test	本稿では IEC61215 に定められた、85℃と-45℃の温度変化を一定周期で一定回数与える試験。試験後の出力低下5%以下であれば合格。
可視光下	Under visible light	照度 200Lx（光波長範囲 400～700nm での光エネルギー57.7 μ W/cm ² ）環境下
開放電圧（Voc）	Open circuit voltage	太陽電池セル・モジュールの出力端子を開放した時の両端子間の電圧。
過放電		放電終止電圧を超えて無理やり放電を続けること。電池の劣化や事故などに繋がる恐れがある。
許容角度	acceptance angle, α ,	設計された太陽入射角での出力を 1 として、入射角がずれていった時に 0.9 まで出力が落ちる角度。
高温高湿試験	damp heat (DH) test	太陽電池モジュールの信頼性試験の一つ。一般的な条件は温度 85℃、湿度 85%である。認証試験では、1000 時間の試験後の性能低下が初期値の 5%以内であることを要件としている。
最大電力	Maximum power	太陽電池セル・モジュールの電流電圧特性曲線上で電流と電圧の積が最大になる点での電力
色素増感太陽電池	Dye sensitized solar cell	多孔質酸化チタン（TiO ₂ ）膜に増感色素が吸着した光電極、ヨウ素を含む電解液、対極から構成される太陽電池であり、増感色素の光吸収励起から開始される電気化学的反応によって発電する。
正孔輸送層（HTL）	Hole transport layer	有機エレクトロルミネッセンス 参照
太陽光発電	Photovoltaic (PV)	太陽光のエネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式。光電効果を利用した太陽電池を用いるのが一般的である。
太陽電池セル	Photovoltaic cell (Solar cell)	太陽光発電に用いる太陽電池の構成要素最小単位。
太陽電池モジュール	photovoltaic module	配線材を用いて複数の太陽電池セルを直列に接続し、ガラスや高分子部材を用いて封止したもの。太陽電池パネルともいう。
短絡電流（Jsc）	Short circuit current	太陽電池セル・モジュールの出力端子を短絡した時の両端子間に流れる電流。
直列接続	series-connection	複数の太陽電池を電氣的に直列につなぐこと
電解液	electrolyte	電気化学的活物質を含む液体。
電子輸送層（ETL）	Electron transport layer	有機エレクトロルミネッセンス 参照
透明導電膜（TCO）	Transparent conductive layer	透光性（透過率：%T）と導電性（シート抵抗： Ω/\square ）とを兼ね備えた膜
変換効率（ η ）	Efficiency	最大電力を太陽電池セル・モジュール面積と放射照度との積で除した値。
有機系太陽電池	organic solar cell	有機半導体で pn 接合を形成する太陽電池。最近では効率も 10%を超え、早期の実用化が期待されているが、水蒸気浸入に弱いとの欠点もある。

I. 事業の位置づけ・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDOが関与することの意義

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、NEDO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。

1.2 実施の効果(費用対効果)

「太陽エネルギー技術研究開発 有機系太陽電池実用化先導技術開発」においては、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、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。本事業の実施により、国内生産・雇用、輸出、内外ライセンス収入、国内生産波及・誘発効果、国民の利便性向上等、様々な形態を通じ、我が国の経済再生に貢献する。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

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。本プロジェクトでは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。

Ⅱ．研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

(1) 研究開発の目的

有機太陽電池に係る日本企業の技術レベルは世界トップである。海外でも現時点で本格的な実証研究は行われておらず、本事業での日本市場開拓により世界展開も可能となる。太陽光発電の導入が拡大する中、安価で弱い光や浅い入射角でも発電能力が高い有機系太陽電池の特性を活かして、これまで導入が進んでいない新規用途の開拓を狙う。また、企業の商品化に向けた真剣な取り組みを促すため、NEDOは試作検証費用・実証費用を負担し、実施企業側に試作ラインの整備とシステムインテグレータ等との連携を求める。

(2) 研究開発の目標

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。実用化に向けた開発課題を抽出し、技術開発等にフィードバックする。また、この実証研究を通じ、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、用途拡大のシナリオを明らかにすることを目的とする。

2010年代半ばに、有機太陽電池の特性を活かせる用途（壁面、産業資材、独立電源、電子広告、等）が開拓される。その後、さらに高効率化・高耐久化に向けた技術開発が進められ、2020年代以降には、ルーフトップ市場等への展開が見込まれる。

1. システムインテグレーター、ユーザー企業（ハウスメーカー、ゼネコン、建築主等）との連携を通じ、市場要件を把握する。
2. 材料・部材メーカーとの連携により、調達コスト低減を進める。
3. 実証試験の結果得られた分析データから、劣化・故障原因を特定し、信頼性のあるシステムにつなげる。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 研究開発分野

有機系太陽電池の早期実用化に向け、以下を実施した。

- ◆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・耐久性等の実証・評価。
- ◆実証試験で抽出した課題を材料開発・製造技術開発へのフィードバック。
- ◆市場要件の把握と、用途開拓のシナリオの明確化。

2.1.2 研究開発テーマ

助成対象事業者は、単独ないし複数で助成を希望する本邦の企業、大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していることとし、この対象事業者から、e-Rad システムを用いた公募によって研究開発実施者を選定した。

助成対象事業は、基本計画に定められている研究開発計画の内、助成事業として定められている開発項目の実用化開発であること。また、助成対象事業終了後、本事業の実施により、国内生産・雇用、輸出、内外ライセンス収入、国内生産波及・誘発効果、国民の利便性向上等、様々な形態を通じ、我が国の経済再生に如何に貢献するかを考慮し、我が国産業の競争力強化及び新規産業創出・新規起業促進への貢献の大きな提案を選んだ。）

上記の指針のもと、以下のテーマ及び事業者を選定した。

- プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証（太陽誘電（株）、ビフレステック（株））
- プラスチック基板DSC発電システムの開発（日立造船（株））
- 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト（日本写真印刷（株））
- 色素増感太陽電池モジュールの実証評価（シャープ（株）、（株）フジクラ）
- 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討（三菱化学（株））

2.1.3 交付額の推移

年度ごとの交付額（実績）の推移を表Ⅱ-2-1に示す。

表 Ⅱ-2-1 交付額（実績）の推移（単位：百万円）

分野	年度	H24	H25	H26	総額
太陽誘電株式会社		78.8	200.6	182.3	461.7
ビフレステック株式会社		46.5	44.5	32.6	123.6
日立造船株式会社		84.0	112.7	124.2	320.9
日本写真印刷株式会社		94.3	133.3	55.0	282.5
シャープ株式会社		27.5	74.7	18.7	120.9
株式会社フジクラ		62.0	75.5	53.3	190.9
三菱化学株式会社		243.5	448.0	415.5	1,107.0
計 特別会計（需給勘定）		636.6	1,089.3	881.7	2,607.6

2.1.4 研究開発計画

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。

2.1.5 研究開発内容

研究開発テーマ、テーマ概要、最終目標は以下のとおり。

表 II-2-2 研究開発テーマ

No.	開発期間	テーマ名	助成先	テーマ概要	最終目標	その他
1	H24 ～ H26	プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証	太陽誘電 ビフレステック	検証用 DSSC の試作ライン構築と DSSC パネル作製 DSSC パネル用の蓄電システムの構築	DSSC パネルの実証試験により課題抽出と課題解決検討を行う DSSC パネルを用いた蓄電システム検証を行い、課題を抽出する	
2	H24 ～ H26	プラスチック基板 DSC 発電システムの開発	日立造船株式会社	・プラスチック基板色素増感太陽電池（以下 DSC）を使用した発電システムを構築し、実使用環境下で発電量・耐久性等の実証・評価を行なう。 ・実証試験により開発課題を抽出し、実用化に向けたフィードバックを行なう。 ・実用化検討を通じ、プラスチック基板 DSC の市場要件を把握し、用途開拓を行なう。	1. 実用化に向けた開発課題の抽出 ■ DSC 発電システムの設計、試作、設置 ■ 実使用環境下での発電量や耐久性の評価、分析 2. 用途開拓 ■ プラスチック基板 DSC の市場要件の把握 ■ 用途見直し、他用途への展開など	
3	H24 ～ H27	色素増感太陽電池実証実験プロジェクト	日本写真印刷株式会社	主に発電性能、耐久性、デザインに関する技術検証及びアプリケーションの有効性評価	色素増感太陽電池に適したアプリケーションを創出する	
4	H24 ～ H26	色素増感太陽電池モジュールの実証評価 色素増感太陽電池モジュールの実証評価	シャープ株式会社	色素増感太陽電池モジュールの実使用環境下における発電量および信頼性の評価	色素増感太陽電池モジュールの屋外実証試験に加え、日射量制約のある条件での発電用としての実用化を視野に実証評価を行う。 ・実用的サイズ・構造・安定性のモジュールパネルと、それにマッチした制御システムの設計・構築を行い、評価する。 ・試作プロセスの課題を明確化し、量産化に向けた製造技術を目処付ける。 ・通常の日射環境および日射量制限のある環境での発電特性及び信頼性について明らかにする。	
			フジクラ	色素増感太陽電池モジュールの実用化に向けて、実使用環境下における発電特性及び信頼性について評価する。通常の日射環境のみならず、色素増感太陽電池の特徴を活かせる運用条件の探索として、日射量制約のある環境での発電用途も視野に入れた評価を行う。併せて、試作プロセスの課題を明確化し、量産化に向けた製造技術の目処付けも行う。		
5	H24 ～ H26	有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討	三菱化学株式会社	有機薄膜太陽電池の大型試作を通じ生産技術を確立すると共に、試作モジュールを用いたシステム設計及び実証実験を行う。評価・解析結果は有機薄膜太陽電池開発にフィードバックさせる。	・太陽光発電システムの設計 ・太陽光発電システムの試作 ・太陽光発電システムの設置・施工 ・実使用環境下でのデータ収集・評価分析	

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発を実施するための基本計画・実施方針については、平成 24 年 2 月に外部有識者による「有機系太陽電池実用化先導技術開発」事前評価委員会においてその方向性を審議し、平成 24 年 3 月に策定された。

本研究開発は、交付申請書の提出があった企業に対しその内容に対して審査を行い、NEDO が交付を決定した企業（以下、「助成事業者」という。）に対し研究費用の一部（研究費用の 2 / 3）を交付することとした。

これまでに実施した公募状況は以下のとおりである。

(1) 平成 24 年度：「有機系太陽電池実用化先導技術開発」に関する公募

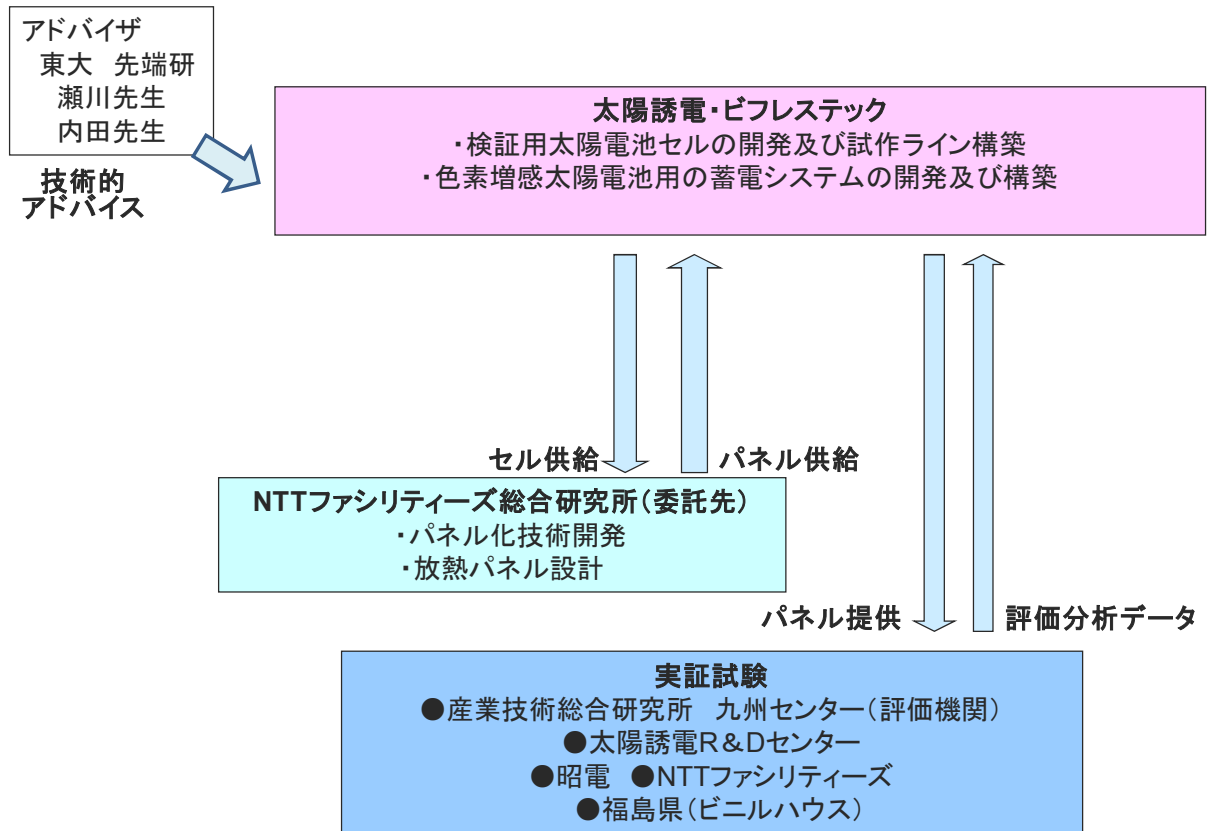
本プロジェクトはエネルギーイノベーションプログラム「太陽エネルギー技術研究開発」の一環として、太陽光発電ロードマップ（PV2030+）で示された 2020 年の発電コスト 14 円/kWh、2030 年の 7 円/kWh 達成のための技術課題の解決に向け、経済性・出力安定性といった課題を克服し、新エネルギー等の自律的な普及を図ることを目標としており、際研究拠点整備事業）〔委託事業〕、平成 22 年より開始された「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発〔委託事業、共同研究事業（負担率：2/3）〕」に加える形で公募された。

平成 24 年 4 月 20 日から平成 24 年 5 月 28 日まで公募を行った結果、5 件の応募があり、6 月 18 日の外部専門家による採択審査委員会の結果を踏まえ、5 件（7 者）を助成候補先として決定した。

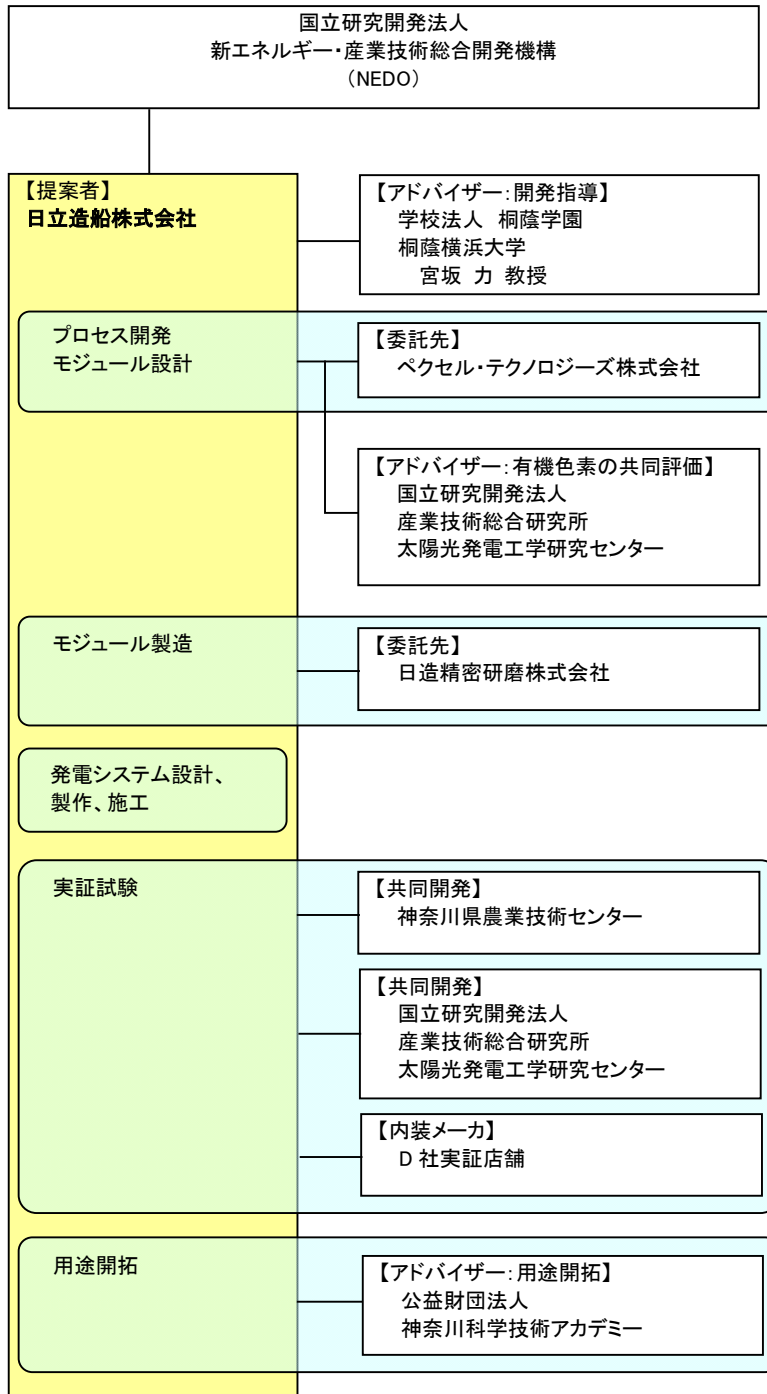
-
- ・公募期間：平成 24 年 4 月 20 日から平成 24 年 5 月 28 日
- ・審査項目・基準
 - i. 提案内容は NEDO の定める基本計画の目的・目標に合致しているか。
 - ii. 有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムは技術的に優れているか（変換効率・耐久性・低コスト性・軽量性・意匠性等）。
 - iii. 提案内容・研究計画は実現可能であるか。
 - iv. 実証する場所と数は、用途開拓に資する設置環境であるか。
 - v. 十分な量の有機系太陽電池を使用した太陽光発電システムの試作を計画しているか。
 - vi. 実用化、事業化に向けたマネジメントが明確になっているか（実証試験で得られた課題のフィードバック方法、ユーザーとの連携を通じた市場要件の把握の方法等）。
 - vii. 助成事業に係る企業化に対する具体的計画を有し、その実施に必要な能力を有しているか。国際競争力を有する技術・製品の創出が期待できるか。
 - viii. その他優位性のある提案をしているか（例示として、太陽光発電システムの低コスト化に向けた取り組み、産総研九州センターへの太陽光発電システムの提供、東日本大震災被災地域への貢献等）。
 - ix. 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・設置、実使用環境下でのデータの収集及び評価分析能力を有しているか。（共同提案の場合、各者の提案は相互補完的であるかを含む。）
 - x. 総合評価
- ・審査委員会委員（敬称略）：
 - 桑野 幸徳（太陽光発電技術研究組合）、藤平 正道（東京工業大学）、吉川 暹（京都大学）、小西 祥司（ネグロス電工）、石田 建一（積水ハウス）
- ・応募件数：5 件
- ・採択件数：5 件

研究開発の実施体制を下図に示す。

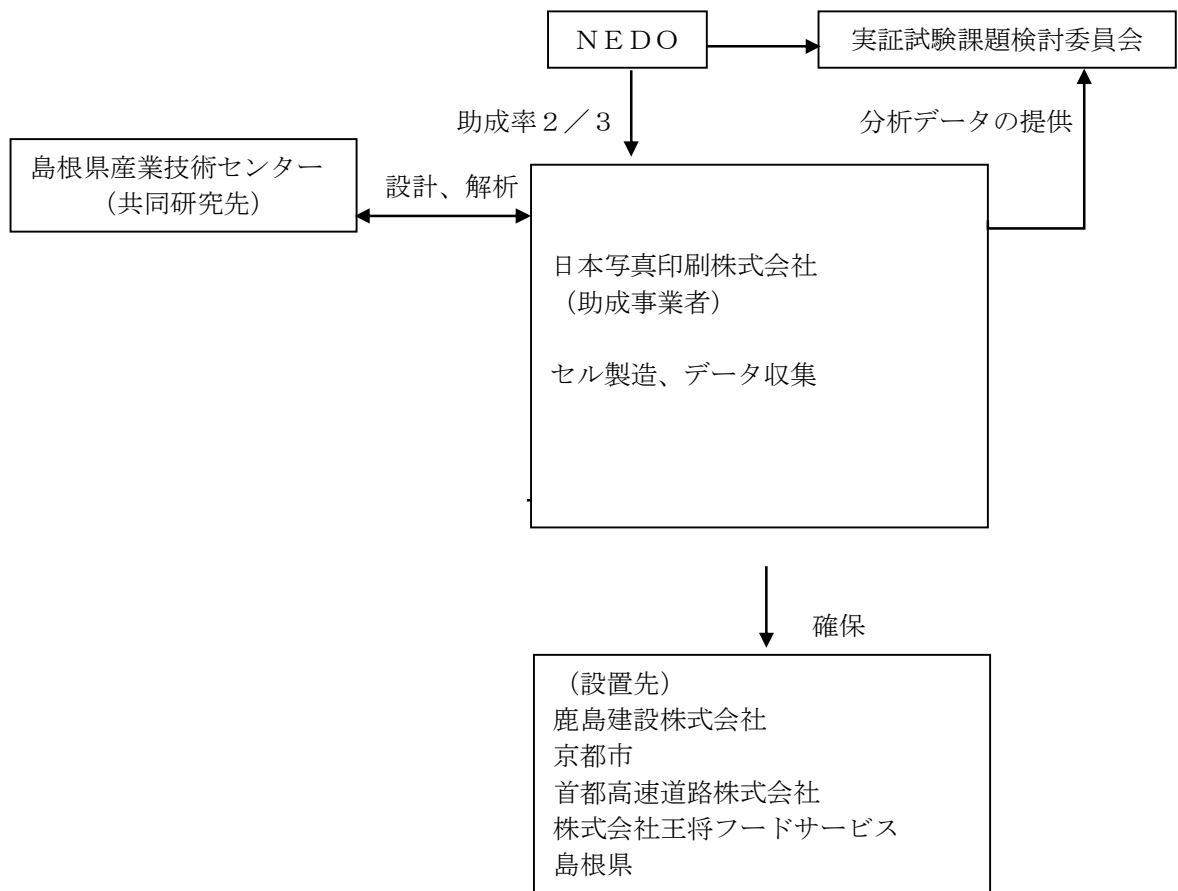
A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証



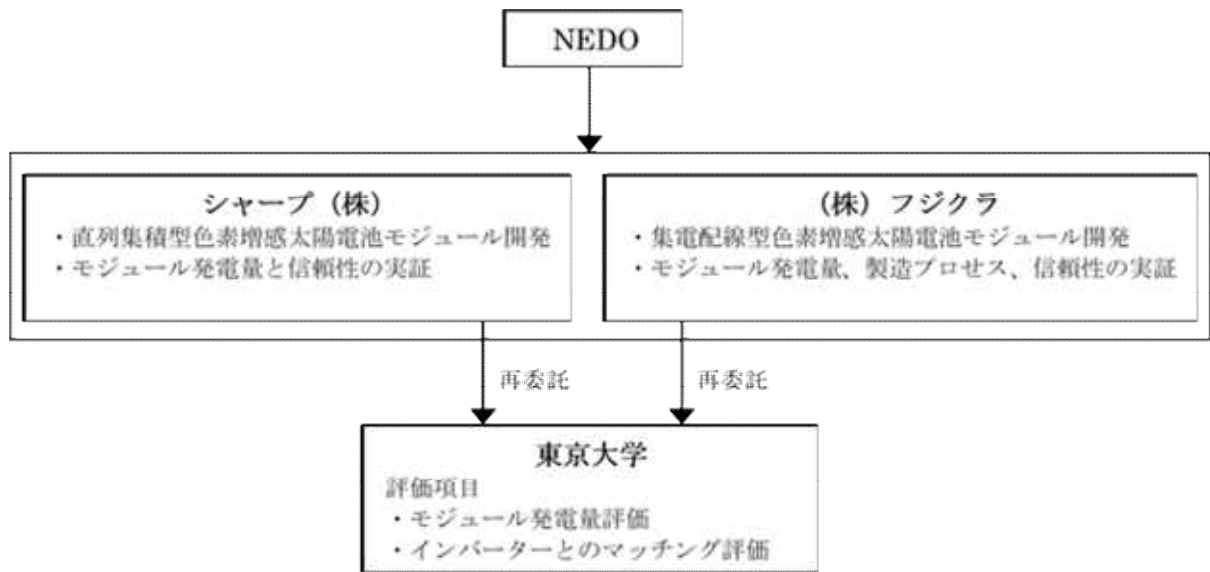
B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発



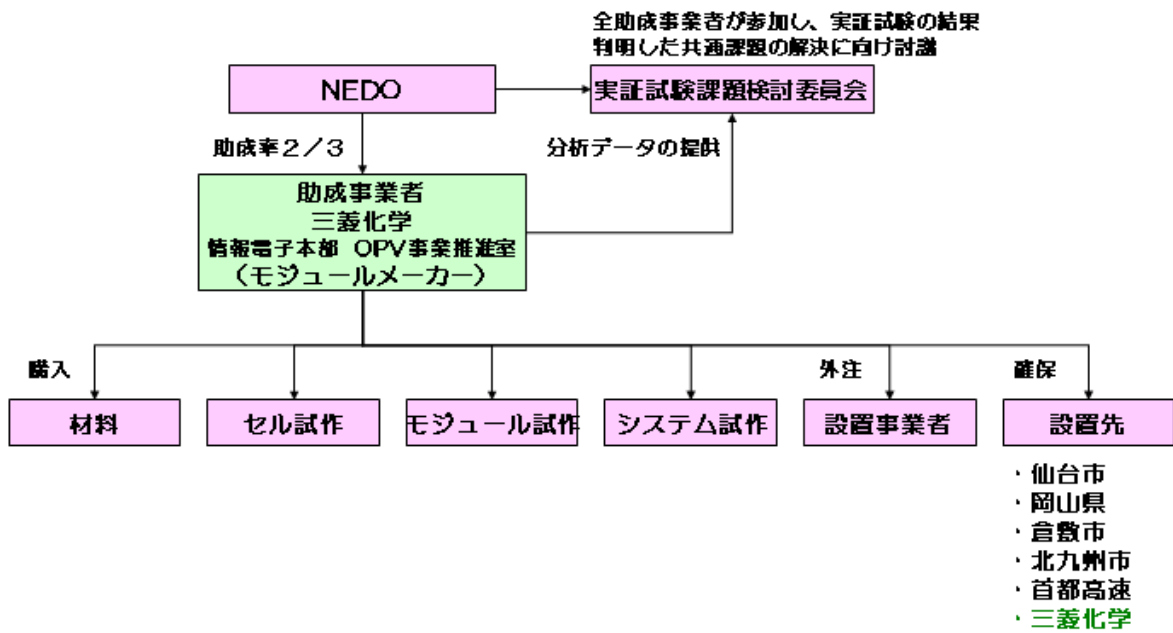
C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト



D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価



E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討



2.3 研究開発の運営管理

2.3.1 進捗報告会の開催

年に 2～3 回程度の割合で実証モジュールの作製状況、設置状況、実証試験の状況などについて進捗状況の聞き取りを行った。また、産総研九州センターでの実証試験については各社のモジュールを一同に集め、同一場所で実証試験を行うこととした。実証試験に先立っては、以下の通り助成事業者を集めて説明、取り決めを行った。不良モジュール、劣化モジュールについては個別に交換について相談し、劣化要因の特定と改善を試みながら実証試験を継続した。

2.3.2 データ収集

(1) 設置後 2 年間のデータ収集義務

本プロジェクトは、実証試験について設置後 2 年間データ収集を継続することを取り決めており、プロジェクト後半で設置したモジュールは最長で平成 28 年度までデータ収集を継続することとなり、モジュールの交換、継続については引き続き状況を聞きながら試験を続けている。

(2) 同一条件でのデータ収集の実施（産総研九州センターとの連携）

「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」との連携の一つ（後述）として、産総研九州センターと連携し、同一条件下でのデータ取得を実施することとした。平成 25 年 2 月に以下の通り産総研九州センター実証試験に関する意見交換会を行った。

表 II-2-3 産総研九州センター実証試験

産総研九州センター実証試験意見交換会	各社を集めて有機太陽電池フィールドテストに関する打ち合わせを実施した。開始にあたり、産総研九州センター実証試験について以下を説明した。 －設置時期・設置方法・模擬負荷への接続方法 －産総研と助成企業の個別共同研究契約の雛形 －設置やデータ収集に関する費用負担 －データの取扱いや秘密保持の範囲の取り決め －事業終了後の扱い また、意見交換会では試験内容・規模、開始時期、段取りなどについて議論した。
--------------------	---

2.3.3 他の技術開発プロジェクトとの連携

(1) 「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」との連携

シャープ、フジクラは「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」において各々同じテーマ（コンソーシアム）で色素増感太陽電池の研究開発を行っている委託事業者（大学、材料メーカー等）と連携しながら色素増感太陽電池セル、モジュールの高効率化、耐久性向上について研究開発を行っており、そこで開発された研究成果を本プロジェクトの実証モジュールに用いるとともに、同じくプロジェクトで行った耐久試験の結果と本プロジェクトにおける実証試験の結果を合わせながら実用化に向けた課題の抽出と改善を行った。相乗効果により開発を加速することができた。性能評価法・耐久性評価法の開発とその国際標準化についても上記プロジェクトにおける評価技術開発チームとの計測・標準化分科会とが相互で連携している。

(2) 「最先端プログラム」との連携

・NEDO が支援機関として参加していた「最先端プログラム」の「中心研究者」であった東京大学 瀬川教授と連携して、効率的な事業推進を実現。同プログラムでの開発成果を本事業の実証に反映させる等を実現するとともに、実証事業で得られた成果を同プログラムでの開発にフィードバックするといった取り組みを行う環境を整備。

2.3.4 進捗に応じた計画変更

(1) 進捗に応じて、柔軟に計画を変更した。

表 II-2-4 予算の増減表

助成先	主な予算増額
フジクラ	H25年2月 モジュール安定動作と不良削減に向けた試作諸条件に関わる開発増強。 H24年度事業費 85,548,800 円→93,048,800 円
	H25年11月 低照度用途検討の追加によるフィールド試験時期の一部変更 H25年度事業費 134,268,800 円→113,318,836 円
	H26年9月 フィールド試験の規模・内容の一部変更。 H26年度事業費 131,091,200 円→80,019,200 円

3. 情勢変化への対応

産総研九州センターでの実証試験では、屋外では屋内での耐久性試験で予測された以上にモジュールの劣化が早く、耐久性に課題が多いことがわかった。劣化したモジュールは適宜モジュール構造を改善したものに交換し、試験を継続することで実用化への課題改善に役立てた。

Ⅲ. 委託テーマの成果詳細と実用化・事業化の見通し

1. 事業全体の成果

A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証

※太陽誘電（株）とビフレステック（株）で共同実施

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
屋外設置時のDSSCパネルの課題抽出 (産総研九州センター)	DSSC セルおよびパネルに対する屋外設置時の課題抽出がなされた	○	DSSC セルの耐熱封止構造開発とパネルの放熱構造設計
kW オーダーの屋外太陽光発電用途におけるDSSCパネルの課題抽出 (NTT ファシリティーズ F ソーラーリサーチパーク)	DSSC セルおよびパネルに対する屋外設置かつ多直列環境での課題抽出がなされた	○	DSSC セルの耐熱封止構造開発とパネルの放熱構造設計
屋外設置時のDSSC太陽光発電蓄電システムの有効性確認と課題抽出 (株昭電 成田工場)	DSSC パネルを用いた屋外設置太陽光発電・蓄電システムの動作検証を行い、ハイブリッド蓄電の有用性が初期的に確認できた。	○	DSSC セルの耐熱封止構造開発とパネルの放熱構造設計、落雷対策。
屋内設置時のDSSC太陽光発電・蓄電システムの有効性確認と課題抽出 (太陽誘電 R&D センター)	屋内窓際に DSSC パネルを設置した太陽光発電・蓄電システムの動作検証を行い、キャパシタと鉛蓄電池のハイブリッド蓄電池の有用性を初期的に確認できた	○	DSSC セルの耐熱封止構造開発とパネルの放熱構造設計
DSSC パネルによるソーラーシェアリング検証 (福島県ビニルハウス)	世界初となる DSSC パネルによるビニルハウスでの日光の遮光率制御と、遮光率と農産物の生育の関連調査を行いデータを取得した	○	より広範囲な農産物種のデータ取得

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
<p>1. 実用化に向けた開発課題の抽出</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ DSC 発電システムの設計、試作、設置 ■ 実使用環境下での発電量や耐久性の評価、分析 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 屋内設置 実証試験 <ul style="list-style-type: none"> ・ D 社施設 (35W) 日立造船築港工場 (166.25W) 日立造船本社ロビー (15W) ・ 設置後 160 日を経過し性能を維持 ・ 屋内照明下で設置角度水平±50° までは同じ性能 (設置角度に依存しない) ・ 自社開発屋内用発電システム (MPPT,PCS) は問題なく稼働 ・ 今後も実証データ収集を継続 ■ 屋外設置 実証試験 <ul style="list-style-type: none"> ・ 産総研九州センター (30W) ・ ガラス蓋の密封容器内にモジュールを入れ屋外に設置 (N2 ガスを封入) ・ 設置後 180 日以上経過 150 日を越えたあたりから変換効率の低下が見られる ・ 夏場の気温上昇に伴う熱影響の可能性あり ・ 更に傾向を見るために 今後も実証データ収集を継続 ■ 温室設置 実証試験 <ul style="list-style-type: none"> ・ 神奈川県農技センター (90W) 日立造船築港工場 (82.5W) ・ 温室内最上部に垂直吊り下げ (東西向き) ・ 設置後 230 日以上経過 ・ 設置当初から徐々に変換効率の低下が見られる ・ 外装の封止性能低下の可能性あり ・ 自社開発屋内用発電システム (MPPT,PCS) は問題なく稼働 ・ 更に傾向を見るために 今後も実証データ収集を継続 	○	<p>目標達成のために解決すべき課題</p> <p>実証試験開始後 2 年間のデータ取得</p>

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
2. 用途開拓 ■プラスチック基板 DSC の市場要件の把握 ■用途見直し、他用途への展開など	■屋内設置 実証試験 ・商業施設用途で可能性を見出した ・プラスチック基板 DSC の特長が最大限生かせる環境は屋内設置と判断し、意匠性の高いサンプルを試作して営業展開を継続中 ■屋外設置 実証試験 ・耐候性に対する問題点が明確になり、短期的な課題解決は難しい ■温室設置 実証試験 ・屋外設置に同じ	○	■屋内設置 ・D 社と事業化に向けた検討を継続 ■屋外設置 ・十分な耐候性を持ち、且つ水分を通さないバリア性と高い光透過率を備えた安価なフィルム材料の採用 ・十分な耐候性を持ち、且つ水分を通さないバリア性と高い封止性能を備えた安価な封止材料の採用 ■温室設置 ・屋外設置に同じ

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
高耐久性緑色色素：高温加速試験にて発電効率保持率 90%維持	85℃高温加速試験 1000 時間後の発電効率での保持率が 159%。実地試験でも成果を確認した。	◎	
ランタンの月別平均充電率：屋外暴露試験 12 ヶ月後 100%維持	12 ヶ月後も 100%維持していることを確認。又セル内のデザインによる傾向分析も行った	○	
垂直設置モジュールの屋内発電効率の保持率 12 ヶ月後 100%維持	12 ヶ月後も 100%以上維持していることを確認	◎	
モジュール耐久性：屋外暴露試験 12 ヶ月経過後変換効率保持率 95%以上	高沸点電解液を用いることで 12 ヶ月後 94%の保持率を達成	△	製造条件変更
モジュール軽量化：重量は合わせガラスモジュールの 1/2、耐久性同等	特殊プラスチックを用いることで重量は合わせガラスの 1/3、耐久性も同等であることを確認	◎	
色素増感太陽電池に適した制御方式を特定	3 種類の制御方式を評価し、制御方式に適した日射強度域があることを特定した	○	

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価

D1 シャープ株式会社

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
1) 太陽光発電システム設計 ・色素増感太陽電池用回路の検討	単独モジュールでのシミュレーションを実施。10Hzの振動成分を持つ入力信号ではピーク検出に影響がないことを確認。	○	アレイモジュール制御系の確立
2) 太陽光発電システム試作 ・実証試験用太陽電池の試作、スケールアップ	変換効率が低下することなく20cm角⇒30cm角へスケールアップに成功	○	
3) 太陽光発電システム設置・施工 ・国内各実証試験サイトへの太陽電池設置	共通サイト B での制御系を用い、モジュールの実証試験を実施。他の制御システムとの相違点を抽出。	○	
4) 実使用環境下でのデータ収集・評価分析	各実証試験サイトにおけるデータの収集及び解析を実施中。 ・葛城：南北面90度のパフォーマンスレシオ(PR)は、他の無機系太陽電池よりも高いことを確認。 ・天理：東西南北面30度90度のPR計測。角度方位依存性を確認。 ・共通サイト A：積雪の有無による晴天時の日照時間当たりの発電量は、Si太陽電池よりも色素増感太陽電池が高いことを確認。 ・共通サイト B、共通サイト C、共通サイト D：各サイトのPRを計測。制御システムによりサイト間のPRに変化が見られる。	○ (平成28年中)	アレイモジュールの制御系の確立 劣化要因の検証

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

D2 株式会社フジクラ

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
実用的サイズ・構造・安定性のモジュールパネルと、それにマッチした制御システムの設計・構築を行い、評価する。	FEM シミュレーションを用い最適なモジュール設計を完成させた。 DSC 対応制御システムを完成、実証利用	○	
試作プロセスの課題を明確化し、量産化に向けた製造技術を目処付ける。	プリンタブルエレクトロニクス製品を参考に開発した品質管理手法を用い、不良原因となる工程要素を解消することで歩留まり 85%以上の試作プロセスを完成させた。	○	
通常の日射環境および日射量制限のある環境で継続的な実証評価を行い、実動作の特長と信頼性について明らかにする。	フジクラ佐倉事業所ほか社外サイト各所での実証評価を行った、一部のサイトは'15/11 時点で評価期間が2年に達していない。 低照度実証サイトではシステム設計・製作を行い動作可能性を明らかにした。	○	継続評価を実施する。

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討

最終目標	研究開発成果	達成度	目標達成のために解決すべき課題
①OPV 実証試験の為に太陽光発電システムを設計する	本事業で実施した全 11 件の実証試験向けに発電システムを企画・設計・稼働させ、高い実用性を示した。	◎	
②OPV 実証試験の為に太陽光発電システム(モジュール)を試作する	有機半導体材料の大量合成、Roll to Roll プロセスによる OPV 多層構造、及び封止に関する生産技術を獲得し、工業生産の目途を得た。	◎	
③太陽光発電システムを設置・施工する	用途毎の多様な太陽光発電システムの設置・施工を実施し、現時点で順調に稼働中。継続中の実証試験で外観・発電等の経時変化を解析し、OPV 施工技術確立へ活用していく。	◎	
④実使用環境下でのデータを収集・評価分析する	各種 OPV モジュールの発電データ解析により、OPV 特有の発電特性に関する知見が得られた。設置後 2 年間継続する発電データ蓄積から、屋内、屋外はじめ各用途における発電寿命を推定する予定。	○	(現在継続中、2017 年 2 月終了予定)

達成度→ 大幅達成：◎、 達成：○、 達成見込み：△、 不達：×

A プラスチック色素増感太陽電池の実用性検証

A.1 成果詳細

A.1.1 産総研九州センターにおける実証試験

産総研九州センターにおける実証試験を行うため、DSSC 専用パネルの設計および開発を行った。パネルに関しては、どこでも設置可能というコンセプトに従い、可搬性を高めるために軽量の設計とし、アルミフレームとアクリル板で構成した（図Ⅲ-2-A-1-(1)）。

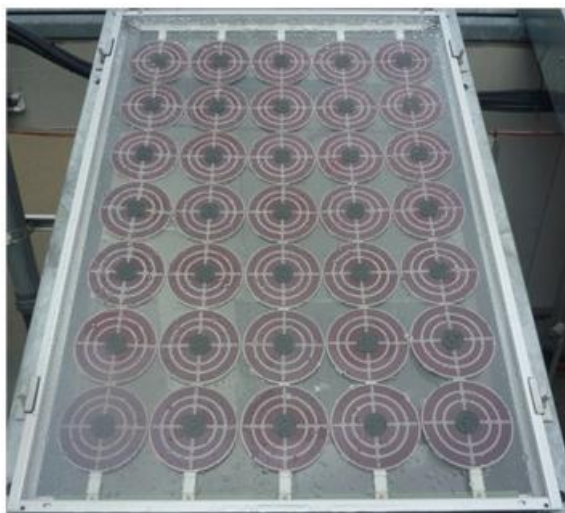


図 Ⅲ-2-A-1-(1). DSSC 専用パネル

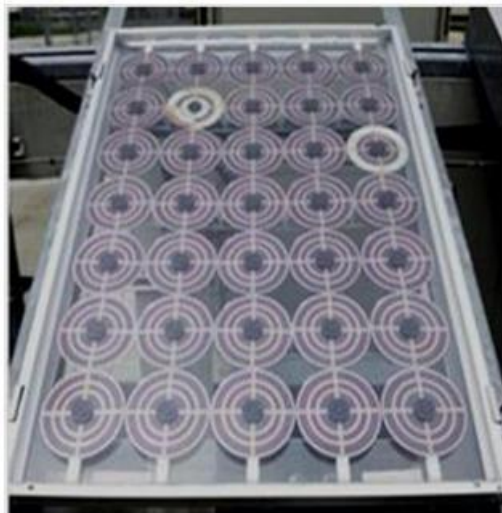


図 Ⅲ-2-A-1-(2). セルの劣化(変色)

しかしながら、パネルに直射日光が照射されるとパネル内温度が想定以上に上昇し、最高では 80℃を超える事が確認された。DSSC の耐熱性は 60℃程度に設定していたため、セルが想定以上の温度にさらされることにより封止が破壊され、セルが変色するいわゆる劣化が起こることが判明した（図Ⅲ-2-A-1-(2)）。また、パネル内温度上昇によりパネルを構成しているアクリル基板の変形が起こることも明らかとなった。このようにパネル内温度上昇抑制という課題が抽出出来たため、パネル構造の改良およびセルの耐熱性向上により対応策を図った。パネル構造に関しては、変形を抑制するためにパネル構成をアクリル基板からより耐熱性の高いポリカ基板に変更した。またパネル内に蓄熱された熱の放熱性を高めるために、表面ポリカ基板に通気口を形成し、裏面ポリカ基板を除去することで、全体的な通気性を高めた。更に日光の入射面となる表面ポリカ基板に赤外線反射フィルムを貼付し、熱源となる赤外線の入射量を低減する対策を施した（図Ⅲ-2-A-1-(3)）。

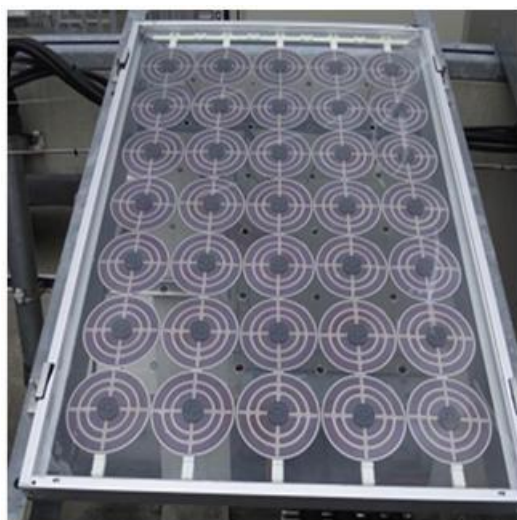


図 Ⅲ-2-A-1-(3). 放熱対策を行ったパネル

これらの改善策により、事前検討では10～20℃のパネル内温度上昇抑制効果を見込んでいる。一方でセルについては、加熱によるセル破壊を抑制するためにより高融点な封止剤を開発した。また、銀電極保護樹脂の高融点化も進めるとともに添加剤検討も行い、より強固な保護構造となるように改良した。これらの改善策により、事前検討ではセルの耐熱性が10～20℃向上したため、引き続き実証試験に採用して効果を確かめたい。しかしながら、DSSCを屋外で長期間使用する用途にはセルの耐熱性は未だ不十分であるため、引き続き高耐熱化を目指して、封止剤及び保護樹脂開発を行う必要がある。

A.1.2 太陽誘電R&Dセンターおよび昭電（成田）における実証試験

太陽光発電は日照の影響を直接受けるため、発電量の変動が大きい。この傾向は色素増感太陽電池にも当てはまるが、リチウムイオン電池や鉛蓄電池等の蓄電池に太陽電池から直接充電すると電池の充放電が頻繁に生じるため、蓄電池が短時間で劣化してしまう。蓄電デバイスの劣化を抑制するために、リチウムイオンキャパシタを併用した蓄電システムを開発し、DSSCパネルと組み合わせて発電蓄電システムの動作検証を行った。またリチウムイオンキャパシタは蓄電池と比較してリーク電流が少ないため、朝夕・曇・雨天といった低日照時の太陽電池出力が低い場合でも充電が行われ、その電力を有効に活用できると期待される。

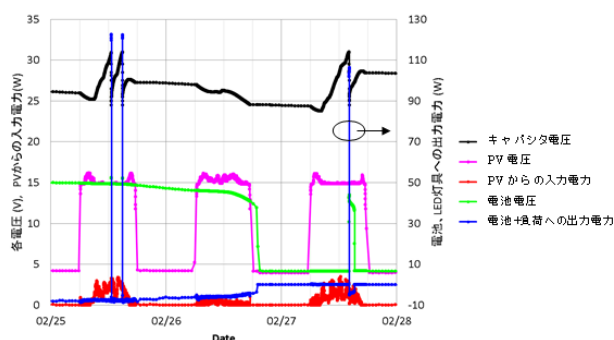


図 III-2-A-1-(4). 充放電特性(キャパシタ有)

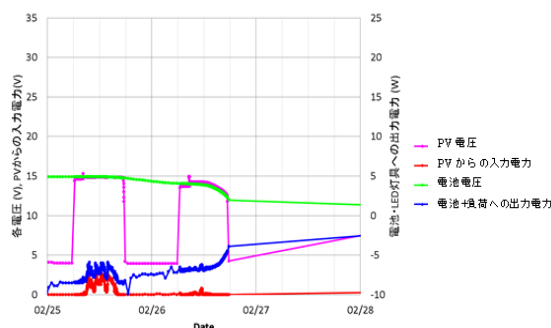


図 III-2-A-1-(5). 充放電特性(キャパシタ無)

リチウムイオンキャパシタを搭載したシステムの充放電特性を図III-2-A-1-(4)に示す。発電した電力はまずリチウムイオンキャパシタに蓄電され、リチウムイオンキャパシタの電圧が上昇する。電力がある程度蓄電されると、リチウムイオンキャパシタから鉛蓄電池に電力が移動し、鉛蓄電池の電圧が上昇する。鉛蓄電池に蓄電した電力は外部負荷で消費されているため、徐々に電圧が低下する。2月26日は曇天でありDSSCパネルの発電量が小さかったため、鉛蓄電池の電力が完全に消費され、途中で電圧がゼロになっている。しかし、次の日には再びリチウムイオンキャパシタから蓄電され、システムとしては充放電サイクルが繰り返されていることが分かる。一方で、リチウムイオンキャパシタを搭載していないシステムの充放電特性を図III-2-A-1-(5)に示す。こちらのシステムでも同様に充放電を繰り返しているものの、曇天の2月26日に鉛蓄電池の電圧がゼロとなった後は、システムが停止した。空になった鉛蓄電池を蓄電するためには、DSSCパネルからの直接接続では電圧が不足しており、システムが復帰できないためである。以上のデータより、リチウムイオンキャパシタを搭載したハイブリッド蓄電システムでは、発電量が小さくても電力回生が可能であり、二次電池過放電状態からのシステム起動まで出来ることが明らかとなった。また、このシステムでは二次電池のサイクル寿命も延長する想定があるため、引き続き検証を継続する。

A.1.3 ソーラーシェアリング実証試験

ソーラーシェアリングとは、農地の上部空間等に太陽光発電設備を設置し、発電と農業を同時に行うことである。2013年3月に農林水産省が農地への太陽光発電設備の設置についても一時転用として認める指針を取りまとめ、ソーラーシェアリングが可能となっている。指針には支柱の基礎部分が一時転用許可の対象であること、支柱が簡易な構造で容易に撤去可能であるもの、等が記載されている。支柱についてはビニルハウスの天井部分を適用し、太陽光発電設備の簡易な設置システムを開発することで対応した。また、指針の1つである「下部の農地における単収が同じ年の地域の平均的な単収と比較しておおむね2割以上減少しないこと」の検証を、今回の実

証試験の目的とした。すなわち、ビニルハウスの屋根部分に太陽光発電設備を設置した際の太陽光の透過率と農産物の収率のデータを取得し、光ディスク型色素増感太陽電池による太陽光発電設備が一時転用として認められるか否かを検証した。

太陽光発電設備をビニルハウスの天井部分に設置するためには、太陽光発電設備の総重量を低減する必要があるが、DSSC一枚あたりの重量は約10gと軽く、更にはプラスチック基板技術を組み合わせて、軽量な三連直列パネルを開発した(図III-2-A-1-(6))。この三連直列パネルを単位ユニットとしてビニルハウスの天井部分に併設することになるが、併設間隔(d)を調整することで太陽光の透過率を調整可能なシステムとした。例えば、dが120mmであれば太陽光の透過率は37%と計算され、dが540mmであれば太陽光の透過率は87%となる。

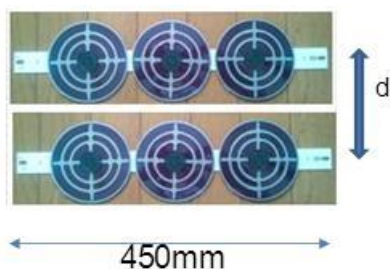


図 III-2-A-1-(6). 三連直列パネル

このように、遮光率の制御が可能になったシステムを用いて、福島県にあるビニルハウスの天井部分に太陽光発電設備の設置を行った。今回の検討ではビニルハウス内を3区画に分け、1区(透過率100%、太陽光発電設備の設置なし)、2区(透過率83%)、3区(透過率66%)とし、それぞれの区画の天井部分に所定の密度で三連直列パネルを設置した(図III-2-A-1-(7))。ビニルハウス内における栽培品目としては、日射量の少ない冬季でも栽培可能なホウレンソウ、小松菜、サラダカブとし、それぞれの品目を66株/m²の割合で植えて、区画ごとの日射量と気温とともに生長を観測する。栽培品目のモニタリングについては、カメラによる生長の様子を観測を行い、約一ヶ月経過後の長さや重量を測定することとした。

各種品目については通常50日程度で収穫可能となるが、種まきから34~36日後に各品目の生育がある程度のレベルに達したため、サンプリングを行って生育状況を確認した(図III-2-A-1-(8))。小松菜、ホウレンソウ、サラダカブともに各区より4株をサンプリングし、作物の長さや重量を測定し平均値を比較することで生育状況を比較した(図III-2-A-1-(9))。ただし、1区ではビニルハウスに隣接する樹木の影の影響が多少あるため、透過率が66%、83%のデータを外挿して透過率100%のデータとした。この結果より、太陽光の透過率による生長の差異に関しては、長さについては透過率による差異が少なく、重量については透過率による生長の差があることが明らかとなった。透過率が小さいほど農作物の重量の増加が遅くなる傾向が見られ、その影響は特にサラダカブで顕著であった。

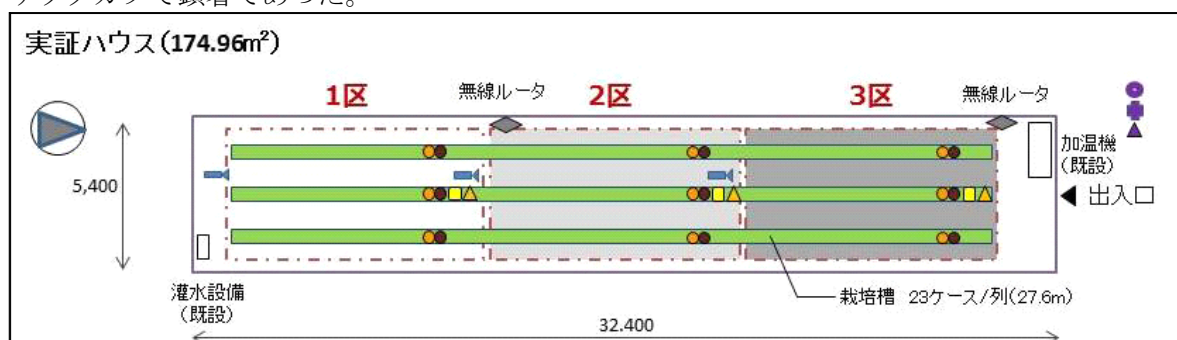


図 III-2-A-1-(7). ビニルハウス内の区分



図 III-2-A-1-(8). 各区よりサンプリングした作物の外観

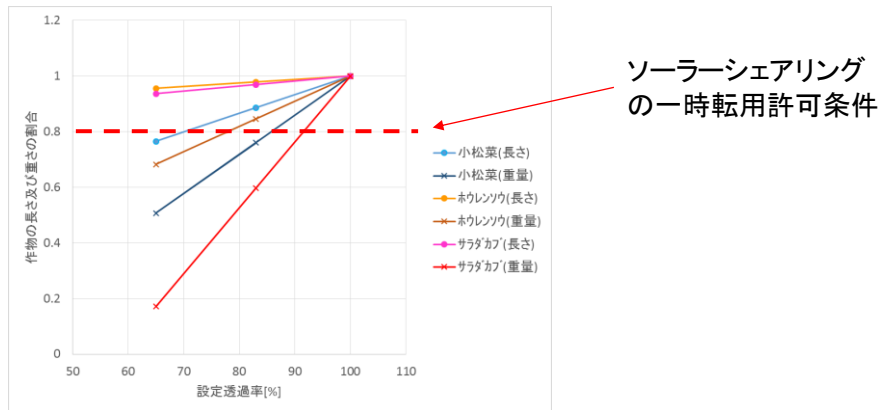


図 III-2-A-1-(9). 太陽光の透過率と各区よりサンプリングした作物の収量の相関

図III-2-A-1-(9)の結果をソーラーシェアリングの一時転用認可の指針と照らし合わせると、単収の2割減の破線との比較になる。これによると、ホウレンソウに関しては透過率が66%の条件で生育した重量が収率8割を割っているものの、その他の条件では収量が確保可能であり、ソーラーシェアリングが成立することが分かる。一方で、小松菜とサラダカブは透過率が83%でも重量が一時転用許可条件を下回るため、発電設備による遮光率を低減する必要がある。

今回の実証試験では、小松菜、ホウレンソウ、サラダカブの三種で冬季のみの検証を行ったが、今後様々な植物で同様の検証を各季節で行うことで太陽光発電と作物の生育の両立が図れることが期待される。本産業はまだ検証段階ではあるが、様々な植物に展開可能であることが実証されれば、日本発の産業として成長する可能性を秘めている。

A.2 実用化・事業化見通し

今回の研究開発では、図Ⅲ-2-A-2-(1)の様なアプリケーションを対象にプラスチック色素増感太陽電池の実用可能性の実証実験を行った。

まず、ポータブル電源及び災害時非常用電源としてであるが、使用しない時はコンパクトに収納し、発電を行う際に、組み立て・展開して、電力利用もしくは蓄電を行うというコンセプトは有効性を示すことができた。現状、他の太陽電池と比較し、変換効率、耐久性面では劣るものの、常時設置を必要としない使い方においては、現性能からの若干の改良で使用上十分である事がわかっている。その為、今後予測される大震災・大水害を含む災害に対して、可搬性・収納性に優れた「プラスチック色素増感太陽電池」をベースに、更にコンパクトで軽量の太陽電池パネルの開発と蓄電システムを含む全体の低コスト化を進め、事業化の初期ステージのキラーアプリとして実用化を推進していく。

また、今回の実証では、パネルの軽量性を活かして、従来の太陽電池では設置できない、もしくは設置し難い場所への設置や発電機能以外の機能の実装の検証を意識し、窓やビニルハウスに設置した。課題はあるものの、既存の窓やビニルハウスに設置の際には、特段の工事も必要ではない事、発電と遮光という異なった機能に関して、バランスを取りながら利用できる事がわかってきた。計画段階では、シーズベースの実証発案であったが、設置・実証を進めていく過程で、これらのアプリにおいては、色素増感太陽電池パネルの特徴を明確な強みとして利用できることが明示された。これより遮光と発電の両立が期待される窓やビニルハウスに設置する太陽電池パネルのとしての実用化も進める。但し、窓やビニルハウスに設置する場合、太陽電池セルの単価にもよるが、設置後3～5年は使い続けたいという要望もあり、耐久性の更なる改善が必要なため、災害時非常用電源向け商品より事業化は遅くなる想定である。

今回、住宅向けもしくは太陽光発電所向けといった比較的大きな規模での実証試験を行っているが、現状レベルの性能では、故障したセルの交換を前提としなければ、安定した発電は望めないことがわかっている。このアプリでは太陽光発電の安定稼働が必須なため、定期的なセル交換が低コストでできる様な仕組み、パネルや架台及びサービスの開発が不可欠である。現状、それらの方向性が見えていないため、このアプリにおける実用化・事業化は中断する。

但し、例えば、解体・移動を前提とするテントや仮設住宅や未電化地域の住宅には、軽量・収納性・可搬性が高い本技術はマッチすると考えられるため、実用化に向けた検討を行う。

以上、まとめると、実用化・事業化を検討するアプリケーションとしては、次の様なものを想定している。

- ・災害の際の避難時などに使用する災害時非常時電源
- ・農業の電化・IT化の為にビニルハウス用電源（ソーラーシェアリングも視野に入れる）
- ・テントや仮設住宅向け及びアジア・アフリカなどの未電化地域向け太陽光発電電源



図Ⅲ-2-A-2-(1). 想定アプリケーション

A.3 波及効果

本技術のポイントは、軽量でフレキシブルな太陽電池パネルの実現により、従来、設置できなかった強度の弱い建物・構造物や樹木の直上に設置が可能となる点と、そのパネルに遮光率を調整できる仕組みを組み込むことで、農業用ビニルハウスや果樹の上部空間、建物の窓といった日光の透過が必要となる場所への設置が可能となる点である。これらの差別化ポイントにより、太陽光発電が未利用であった環境への再生可能エネルギーの導入拡大につながることを期待される。また、本テーマのパネルは軽量でフレキシブルな特徴を有するため、収納保管や輸送にも適している。このため、災害時の非常用電源や未電化地域への簡易設置太陽光発電システムとしての適用が容易であり、再生可能エネルギーの安全・安心な導入が可能となる。

【拡大する再生可能エネルギーの市場ニーズ】

・災害時非常用電源市場、ポータブル電源市場

東日本大震災の際に、「避難時に困ったこと」として抽出されたのが、情報収集を行うための電源が無い、避難生活初期における生活用電源が無い、という問題であった。それを受けて、自治体等で避難想定場所への太陽電池パネルを設置等が行われているが、十分ではない。可能であれば、各家庭に常備する防災リュックとセットになっており、災害時に防災リュックと共に太陽光発電システムを持って避難できるのが望ましいが、現状の太陽光発電システムでは、重量、大きさともに、収納・携行のニーズを満たすことができない。軽量かつフレキシブルな本パネルは、原理的に収納性、携行性ともに優れており、不要な時は防災リュックにしまっておき、必要に応じて、組み立てて発電することが可能である。想定ユーザーは、各家庭となるが、災害時のみでなく、キャンプ等のアウトドア用の電源としての利用も可能である。

・遮光が必要な農業、家庭向け太陽光発電システム市場

既存の太陽電池では設置できない場所に設置したい、日光を透過させて使用したいというニーズが近年高まってきている。特に、農業用のビニルハウス、露地栽培の果樹の直上に設置して、太陽光発電売電目的のソーラーシェアリングを希望する農家や、農作業の軽減のために独立した電力を使用したいというニーズが明確化してきている。また、東日本大震災よりエコロジーが社会に浸透し、夏場、遮光に使用してエアコンによる消費電力を削減する取り組みがなされてきており、簡単に個人で設置できる太陽光発電システムのニーズも出てきている。このシステムの想定している最終購入者は、前者はビニルハウスを持つ農家や果樹を行っている農家、後者は学校、企業、各家庭になる。

上記のニーズに対して、軽く、フレキシブルで設置場所を選ばず、かつ、遮光率を簡単に調整できる本パネルの技術開発を行い、実用化することで、これらのニーズを満たすことが可能である。

・未電化地域向け簡易太陽光発電システム市場

東南アジアやアフリカの物流が未発達で未電化の地域においては、輸送コストが安く、設置やメンテナンスが容易な太陽光発電システムのニーズがある。本技術開発の成果として想定している軽く収納性が高い太陽電池パネルは、輸送コストが安く、セルの交換により太陽光発電システムのメンテナンスが行えるため、未電化地域向け各家庭用の太陽電池パネルとしては最適である。現状はBOP層向けに、数十Wの結晶シリコン太陽電池が販売されているが、輸送性、メンテナンス性、コストパフォーマンスに優れた太陽電池は存在しない。”A Energy efficiency conference2012”の資料によるとASEANの未電化地域の住民は計131.1百万人とされている。未電化地域の住民へのスマートフォンの普及が急速に進んでおり、徐々にスマートフォンへの充電インフラ不足が問題となりつつある。本技術を用いた発電・蓄電システムが実現すれば、未電化地域の電力需要を補うのみならず、それらの地域の文化レベル向上にも波及する可能性がある。同様の戦略はアフリカにも展開が可能で、売り上げ規模および波及効果は更に増大することが期待される。

A.4 今後の展開

これまで紹介してきた色素増感太陽電池パネルの最大の特徴は、遮光率が調整でき、どこにでも設置が可能で、収納性が高いことである。今後の展開のポイントは、従来のパネルにはない特徴を有する太陽電池パネルを商品化して、これまで太陽光発電が利用できていなかった農業、家庭、未電化地域といった場面に、太陽光発電を普及させ、エコロジーと利便性のシェアリングをはかる点にある。技術開発のステージから大学を通じて高付加価値作物生産農家と協業し、先端技術と農業の融合による将来の日本の農業のあり方について検証し発展に寄与していく。

また、将来低コスト化が期待される色素増感太陽電池をベースとして、ディスプレイザブル／リサイクル可能な太陽電池パネルとして、日本国内での太陽電池の地産地消と強い産業としての新たなビジネスモデルを構築する。新たな産業創成の実現に向けて、今後の展開を次の4つの項目に分けて明示する。4つの項目は①商品、②価格、③販売場所、④プロモーション、である。

①商品

災害時非常用電源市場およびポータブル電源市場に対しては、通常は防災リュック等に収納しておき、発電が必要になった場合に組み立てて発電・蓄電をするシステムの収納性をアピールしていく。また、蓄電機能が必須となるため、発電パネルと小型蓄電装置をセットとした商品を開発し販売する予定である。遮光用簡易設置型太陽光発電システム市場においては、高付加価値作物を生産する農家に対して、ビニルハウス等、既存の太陽電池パネルの設置が困難である場所にも、簡単に設置が可能で、遮光率が調整できるフレキシブルな太陽電池パネルを開発・製造していく。これまでの調査から、一部の作物では20%程度の遮光率が良いとされており、それらの調査結果から太陽電池パネル1セットの設置面積と発電電力量を設定することが可能だと考えている。賛同いただける農家と協力して、太陽電池パネルによる遮光率と発電電力量を調整し、最終的な商品構成につなげていきたいと考えている。また、家庭用の簡易設置遮光パネルとしては、より高い遮光率で2~4m²の面積が要求されており、そのニーズにも対応したパネルを開発・製造していく。家庭用遮光パネルに対するニーズと太陽電池パネルに求められる機能を調査しシステムを設計する必要があるため、引き続き情報収集に努めたい。未電化地域向けには、各家庭で使用するための軽量でメンテナンス性が高く、低コストなパネルを開発・製造していく。

②価格

災害時非常用電源市場およびポータブル電源市場に関しては、展示会でのヒアリング調査より、大凡の上限価格が分かったため、それをターゲットプライスとした。遮光用簡易設置型太陽光発電システムは、太陽電池パネルと蓄電装置のセットを想定しており、前者より高額となるが、1~3年で投資回収が十分可能な価格を設定している。パネル及び蓄電装置の容量によっても価格が大きく異なるので、様々な組み合わせに対応できるように価格設定を行う。未電化地域向けとしては、BOP層を対象とした価格設定を行っているが、より低価格化を意識した仕様の調整と低コストのバランスをとる様な商品設計が必要であり、現地での実証、調査を行う事を考えている。

上記の価格については現時点での暫定的なものであるため、今後の状況に応じて変動させていく。

③販売場所

未電化地域向け以外の商品については、いずれもインターネットを通じた直販、量販店での販売を想定している。ビニルハウス向けについては、JAと協業しての販売も考えている。ビニルハウス向けで大規模な設置、売電が行われるケースでは、インテグレータへの販売もあり得る。一方、未電化地域向けとしては、JICA等からのアドバイスを踏まえ、地域に根差した販売網、小売り手法等のビジネス形態を取り入れていく。なお、交換用のセルも上記のルートで販売する。

④プロモーション

農業用途として地域活性化やブランディングのツールとして、地域の農家やJAと協業した形で販促活動を行い、そのルートで自治体への販促も行う。より広い展開としては、アグリ展などの展示会へ出展して全国展開を図る。家庭向けには、インターネットを中心とした販促活動となる。未電化地域向けとしては、JICA等の支援を受けながらビジネス実証、構築を進めていく。

A.5 論文、特許、学会発表等

	H24	H25	H26	終了後	計
特許出願（うち外国出願）	0	1	1	1	3件
論文（査読付き）	0	0	0	0	0件
研究発表・講演（うち国際会議）	0	0	0	2	2件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	1	1件
受賞実績	0	0	0	0	0件
展示会への出展	0	0	1	0	1件

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	太陽誘電㈱	特願 2013-87466	国内	2013年4月18日		色素増感太陽電池及びその製造方法	内田守、染井秀徳、福島岳行
2	太陽誘電㈱	特願 2014-257676	国内	2014年12月19日		色素増感太陽電池及びその製造方法	染井秀徳
3	太陽誘電㈱	特願 2015-210308	国内	2015年10月27日		太陽電池モジュール	染井秀徳、太田謙一（ビフレステック）

【論文・学会発表】

なし

【受賞】

なし

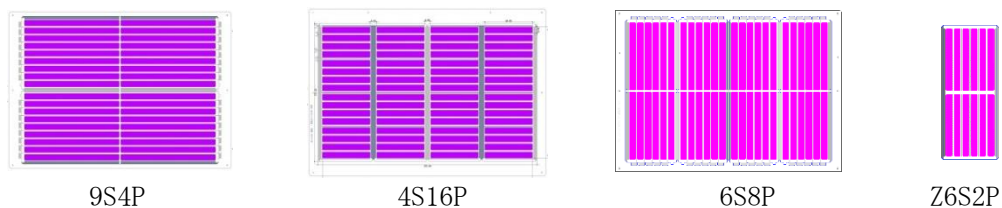
B プラスチック基板 DSC 発電システムの開発

B.1 成果詳細

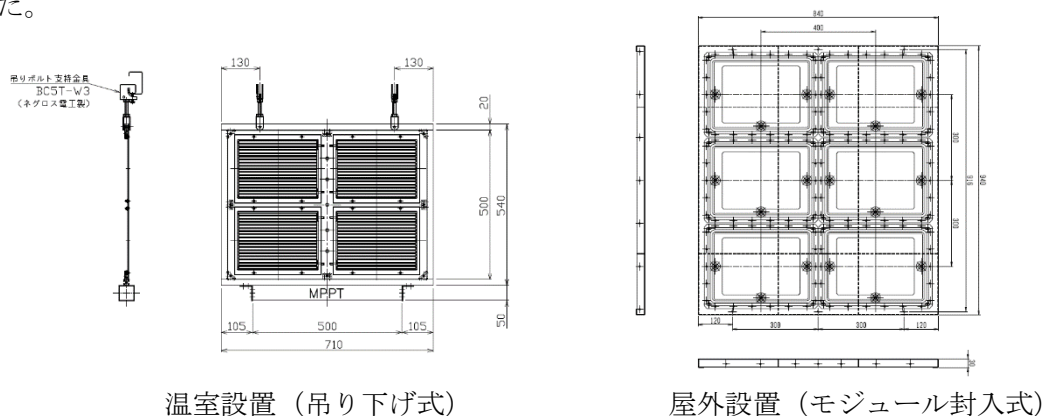
(実用化に向けた開発課題の抽出)

B.1.1 DSC サブモジュール、パネルの設計・製作・設置

実使用環境に適したサブモジュール構成を見出すため、下図 4 種類のサブモジュールを設計・製作し評価を行った。それぞれの特性を考慮し各実証試験に用いるサブモジュールを決定した。



サブモジュールは各実証試験環境に合わせてパネル化を行った。用途開拓では、意匠性を持ったモジュール、パネルを製作し、外部機関への貸し出しや、展示会への出展などに使用した。



室内用インテリア用途



スペクトラ・セル

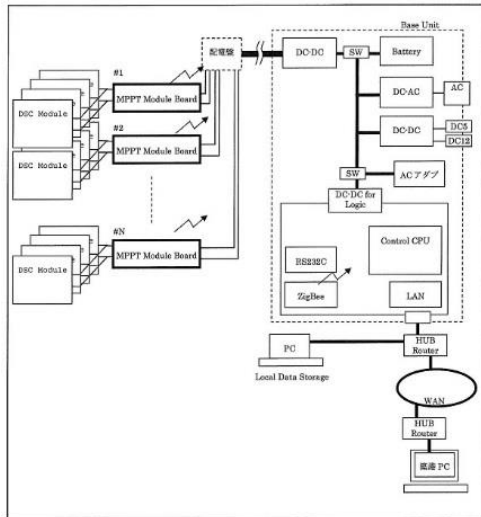


神奈川県ロゴ

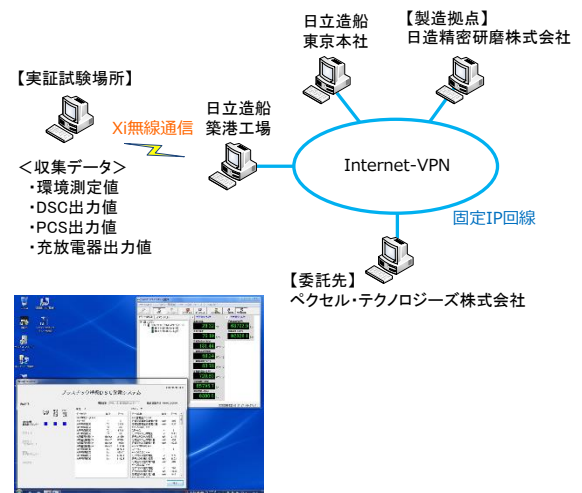
B.1.2 発電システム的设计・製作・設置

DSC サブモジュールから出力される電力を最も効率的に取り出し、集電して充電器に蓄電するために、日立造船にて DSC に特化した電子制御回路の設計を行った。また、気温、湿度、日射、照度等の周囲環境データを取り込みロギングするシステムも構築した。

実証試験で収集したデータは、産総研九州センターを除き、日立造船築港工場に設置した遠隔集中監視 PC を介して参照できるシステムとした。



発電システム構成

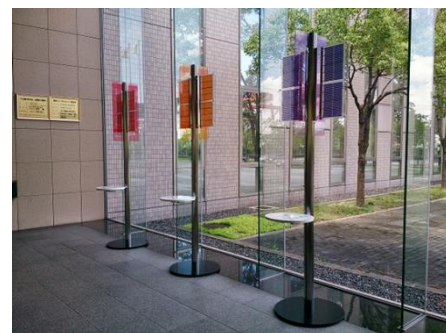


遠隔データ収集システム

B.1.3 実証試験の概要

本助成期間中に、下記の実証試験を開始した。(合計 418.75W 相当)

- 1) 屋内設置 1
 場所： D 社実証店舗
 出力： 35W 相当 (1sun 下)
 開始時期： H27 年 2 月下旬
- 2) 屋内設置 2
 場所： 日立造船築港工場 (大阪市)
 出力： 166.25W 相当 (1sun 下)
 開始時期： H27 年 2 月下旬
- 3) 屋内設置 3 (室内インテリア用途)
 場所： 日立造船南港本社 (大阪市)
 出力： 15W 相当 (1sun 下)
 開始時期： H25 年 9 月上旬



ロビーへの設置状況

4) 屋外設置 1

場所： 産業技術総合研究所九州センター

出力： 15W 相当 (1sun 下)

開始時期： H27 年 1 月下旬



実証試験外観

5) 屋外設置 2

場所： 日立造船築港工場 (大阪市)

出力： 15W 相当 (1sun 下)

開始時期： H27 年 2 月下旬



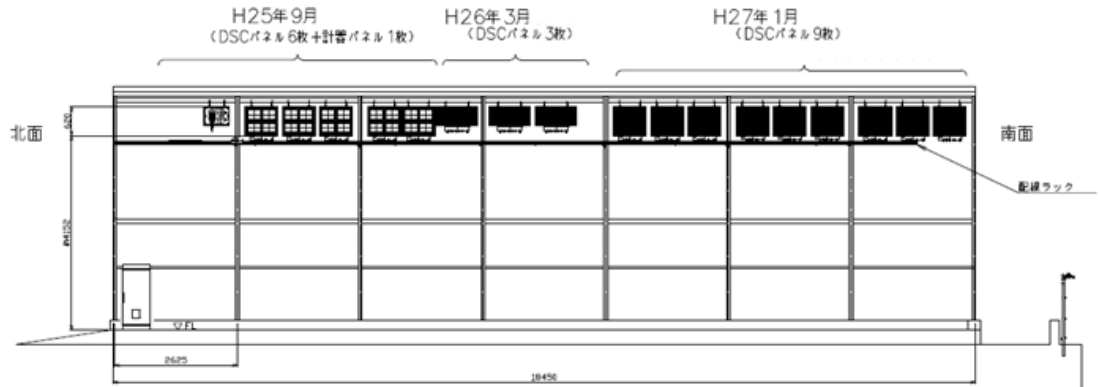
実証試験外観

6) 温室設置 1

場所： 神奈川県農業技術センター

出力： 90W 相当 (1sun 下)

開始時期： H25 年 9 月上旬 (30W)、H25 年 3 月下旬 (15W)、H27 年度 1 月中旬 (45W)



パネル配置レイアウト



温室外観



実証試験外観

7) 温室設置 2

場所： 日立造船築港工場 (大阪市)

出力： 82.5W 相当 (1sun 下)

開始時期： H25 年 8 月上旬 (30W)、H25 年 11 月上旬 (35W)、H26 年 9 月上旬 (17.5W)



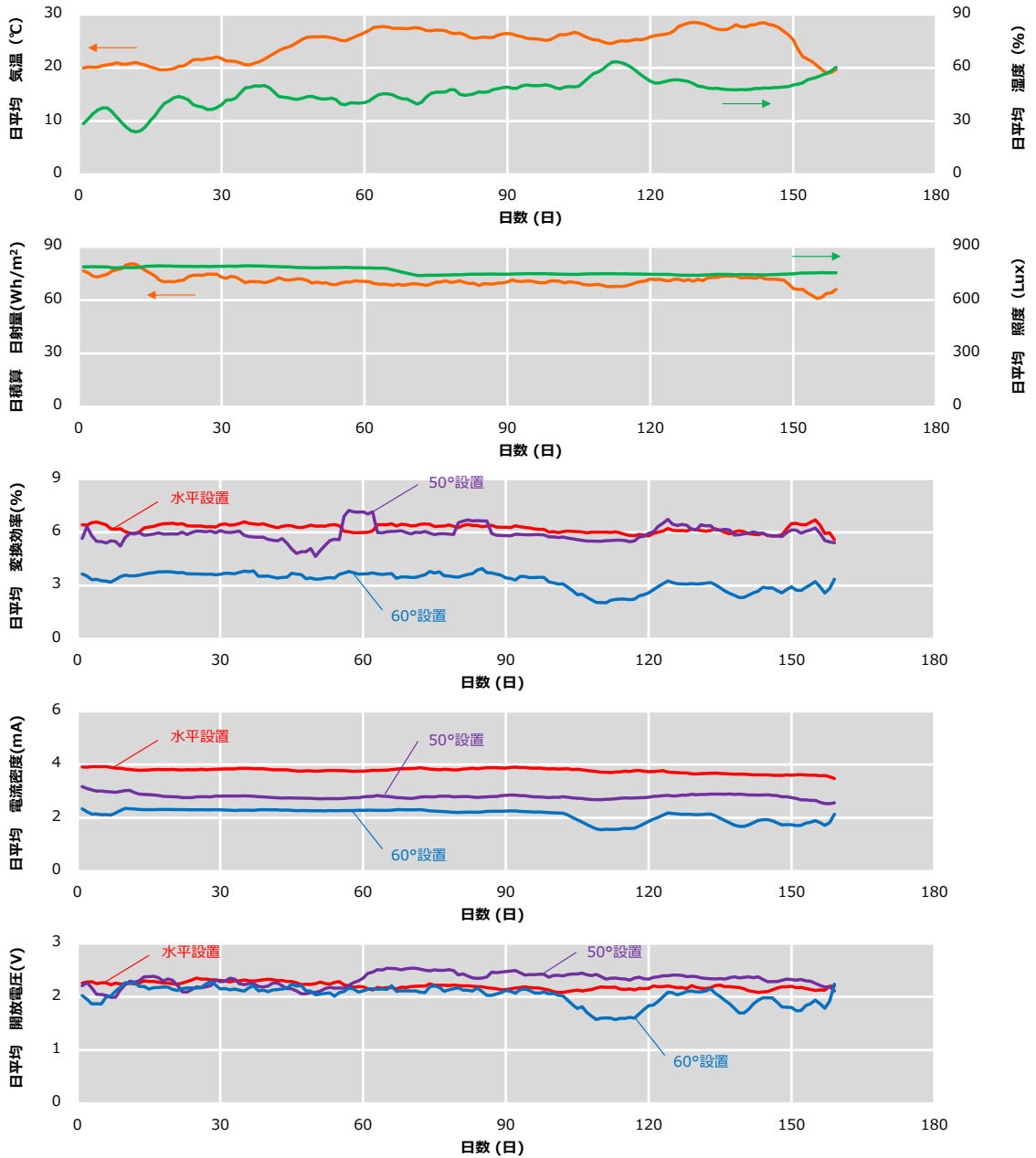
実証試験外観



実証試験外観

B.1.4 実使用環境下での発電量や耐久性の評価、分析

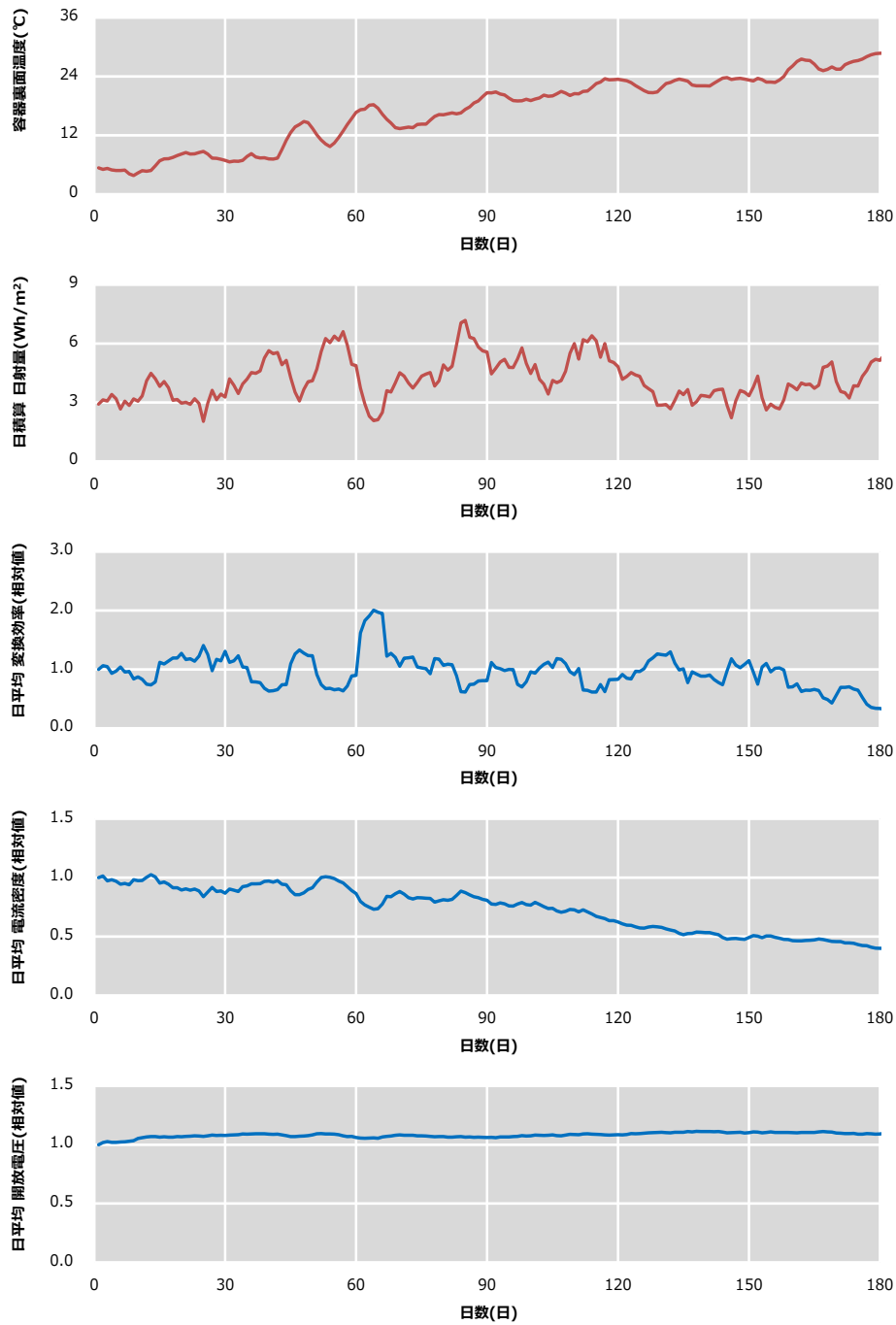
1) 屋内設置 実証データ



※ A4サイズ1枚あたりの出力値

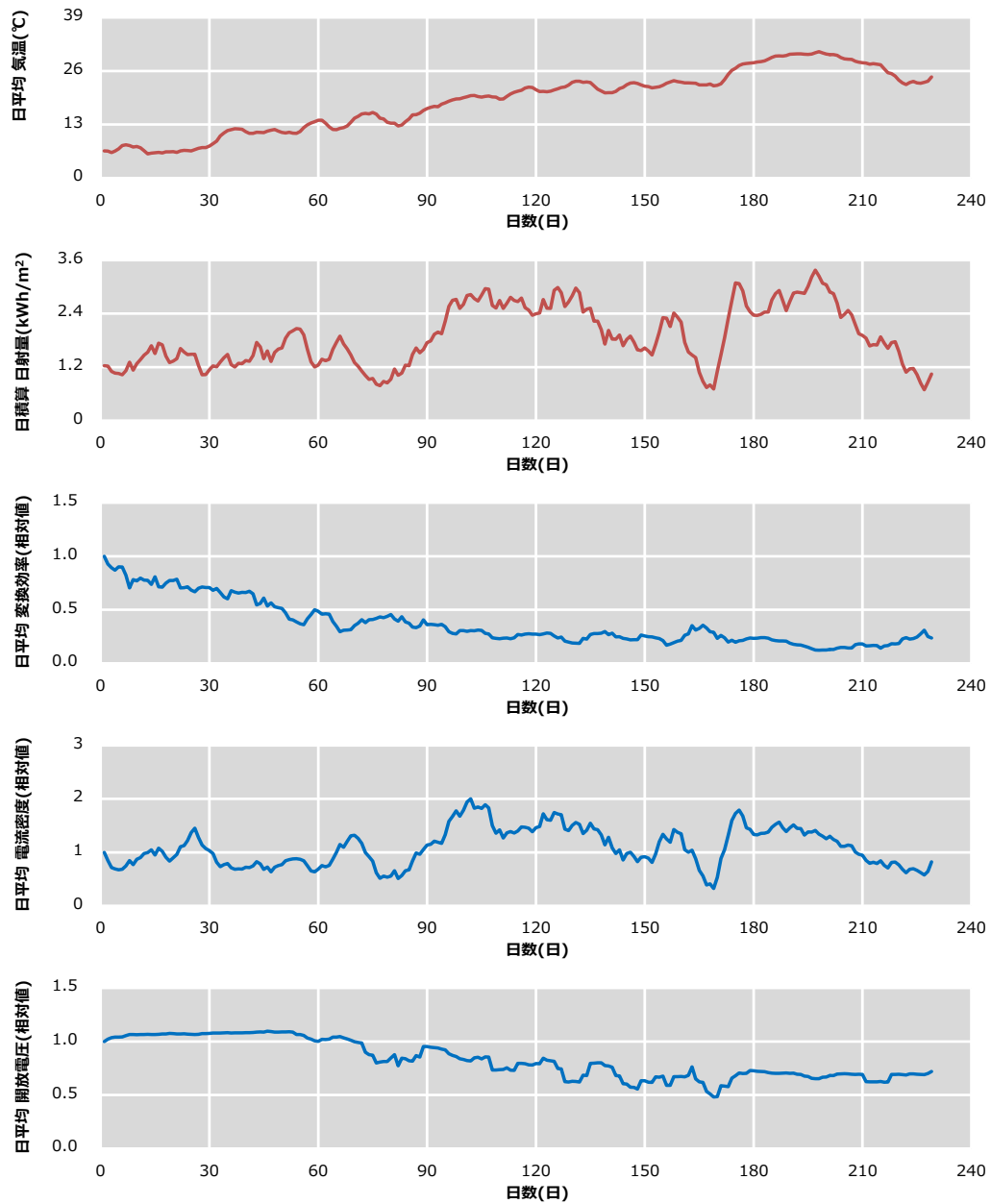
- ・ 設置後 160 日を経過し性能を維持している。
- ・ 屋内照明下で設置角度水平±50° までは同じ性能で設置角度に依存しない。
- ・ 自社開発屋内用発電システム (MPPT, PCS) は問題なく稼働している。
- ・ 今後も実証データ収集を継続する予定。

2) 屋外設置 実証データ



- ・ガラス蓋の密封容器内にモジュールを入れ屋外に設置(N₂ ガスを封入)。
- ・設置後 180 日以上経過、150 日を越えたあたりから変換効率の低下が見られる。
- ・夏場の気温上昇に伴う熱影響の可能性あり。
- ・更に傾向を見るために今後も実証データ収集を継続する予定。

3) 温室設置 実証データ



- ・ 温室内最上部に垂直吊り下げ(東西向き)
- ・ 設置後 230 日以上経過、設置当初から徐々に変換効率の低下が見られる。
- ・ 外装の封止性能低下の可能性あり。
- ・ 自社開発屋内用発電システム (MPPT, PCS) は問題なく稼働している。
- ・ 更に傾向を見るために今後も実証データ収集を継続する予定。

B.2 実用化・事業化見通し

B.2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

DSC は従来の屋外型電力用途の結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物系太陽電池などと比較して、発電効率や寿命、製造コストなどの面で特筆すべき優位性は見られない。しかしながら、DSC には従来の太陽電池とは異なる特長を持ち、更には支持基板にプラスチックフィルムを採用することで、これまでにない全く新しい太陽電池の用途、市場が見込まれる。このプラスチック基板 DSC の特長として、下記が挙げられる。

- ・薄型で軽量
- ・光の入射角度に対する依存が少ない
- ・シースルーで両面発電が可能
- ・照度の変化に対する電圧変動が小さく低照度でも高電圧を得られる
- ・可視光領域で効率よく発電可能
- ・将来の低コスト化が見込まれる

これらの特長を生かした新しい太陽電池の用途として、「農作物の育苗や栽培用のビニールハウスやガラス温室」、「屋内商業施設」、「透明な屋根の下への設置（カーポート、テラス、ルーフ等）」などを想定し、本助成事業で実証試験を行った結果、「屋内商業施設」への適用が最も有効であると判断している。

B.2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

本助成事業の中で商業施設の屋内設置用途で、実用化の可能性を見出した。ユーザとして D 社の協力のもと試験的に構築された模擬店舗で実証試験を H27 年 2 月から行ない、実環境下（に近い模擬環境）で要件の把握と問題点に対するフィードバックを行っている。

B.2.3 成果の実用化・事業化の見通し

D 社に関連した商業施設の屋内設置用途における年間出荷台数は、約 460 万台であり、これに DSC 発電システムを組み込む場合、売上規模は約 460 億円のポテンシャルがある。例えば上記全国規模のうち、約 12%に DSC が導入されると仮定しても、約 55 億円以上のビジネス市場と成り得る。

B.3 波及効果

DSC は意匠性が高く「人に見られる」太陽電池として、屋内遊戯施設だけでも、ゲームセンター、ボーリング場、カラオケ店など、様々な場所に取り付けられ、商業施設においても、ショッピングモール、駅、空港などへの展開が考えられ、幅広い分野への波及効果が見込まれる。また、カラフルで親しみやすい外観は人目に付き、一般来場者への環境問題への意識付けにも有効な手段と考える。

B.4 今後の展開

2年間の実証試験を継続し、実使用環境下での発電量や耐久性の評価・分析を行う。H29年度末以降から、屋内設置でプラスチック基板 DSC の特長を生かせる用途で、十分な事業化検討を行い、必要な出荷量に伴う量産製造装置の設備投資を計画する。まずは国内で販売を行い十分な販売実績を得た後に海外展開、輸出も視野に入れる。

B.5 論文、特許、学会発表等

	H24	H25	H26	終了後	計
特許出願（うち外国出願）	0	0	0	0	0件
論文（査読付き）	0	0	0	0	0件
研究発表・講演（うち国際会議）	0	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	3	1	0	0	4件
受賞実績	0	0	0	0	0件
展示会への出展	1	4	1	0	6件

【特許】

なし

【論文・学会発表】

なし

【受賞】

なし

C 色素増感太陽電池実証実験プロジェクト

C.1 成果詳細

C.1.1 高耐久性緑色素の開発

目的：色素増感太陽電池は他方式の太陽電池に比べデザイン性に優れておりカラフルな色彩のセルを作製することも可能であるが、耐久性等実用仕様に耐え得る色素はほぼ赤色に限定されていた。今回高耐久性の緑色素を開発しその検証を行った。

目標：緑色素セルが 85°C高温加速試験 1000hr 後の発電効率 90%以上

試験概要

- ・実施場所：
 - 京都市美術館（京都市左京区岡崎円勝寺町124）
 - 京都市国際交流会館（京都府京都市左京区栗田口鳥居町2-1）（図Ⅲ-2-C-1-(1)）
- ・アプリケーション形態：ランタン（赤色、緑色単一色）
- ・セルデザイン（図Ⅲ-2-C-1-(3)）
- ・色素増感太陽電池セルスペック
 - サイズ：120 mm×123 mm
- ・パネル設置角度：水平設置（0°）
- ・電解液：既存電解液

成果：最初にデザインの無い緑単一色セルでの 85°C高温加速試験を行い、その結果を図Ⅲ-2-B-2-(2)に示す。結果は目標値を大幅に上回る 159%となった。100%を上回る結果となったのは色素増感太陽電池では製作後、色素によっては一定時間を経てセル内でエージングが進行し性能向上することがあり、今回の緑色素はその傾向が特に大きかったことが原因である。さらにこの図からは初期性能上昇を除いても 95%を維持していることが分かり、これは特性保持率 10 年間相当と推察される。また実地試験にても加速試験の成果が得られていることを確認した。（表Ⅲ-2-C-1-(1)）

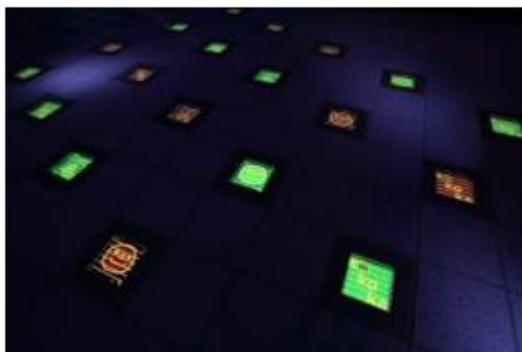


図 Ⅲ-2-C-1-(1) 実証試験の様子

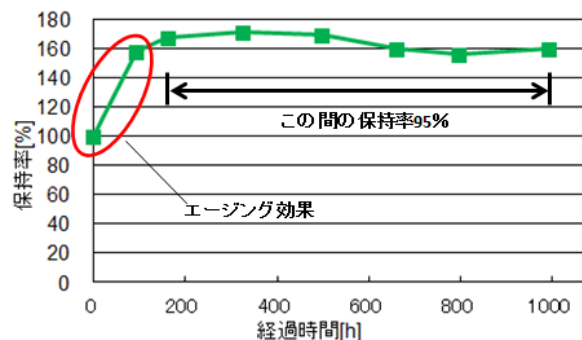


図 Ⅲ-2-C-1-(2) 高温加速試験（85°C）










京都市美術館	京都市国際交流会館
スタンドグラス 	顔 
天井装飾 	ロゴ 
タイル 	和傘 

図 III-2-C-1-(3) セルデザイン

表 III-2-C-1-(1) 実証試験前後の保持率（試験期間 2 年間）

デザイン	Pmax保持率	Ipm保持率	Vpm保持率	Eff保持率
	[%]	[%]	[%]	[%]
	186.5%	209.6%	89.0%	186.5%
	187.6%	209.2%	89.7%	187.6%
	205.2%	253.8%	80.9%	205.2%
	210.8%	265.9%	79.3%	210.8%
	192.5%	206.9%	93.0%	192.5%
	193.9%	215.0%	90.2%	193.9%
	142.8%	176.5%	80.9%	142.8%
	200.1%	240.5%	83.2%	200.1%
	167.9%	189.7%	88.5%	167.9%
	159.9%	185.9%	86.0%	159.9%
	169.7%	208.7%	81.3%	169.7%
	142.2%	160.2%	88.7%	142.2%

デザインは濃淡の程度（発電能力）が異なる3種類を用意した。色素、デザインと月別平均充電率の推移を図Ⅲ-2-C-1-(4)に示す。緑色素は発電効率が赤色素の約半分程度であるため、色素の違いにより満充電到達率に大きな差が見られている。また出力の低い緑色素の方がデザインの影響を受けやすい傾向が見られる。これは出力が低いほど、満充電に到達しにくくなるため、結果としてデザイン（出力）の差が表れているものと考えられ、日射量の低くなる冬期にかけてデザインの差が生じ、夏季では差が生じにくくなることから裏付けられる。

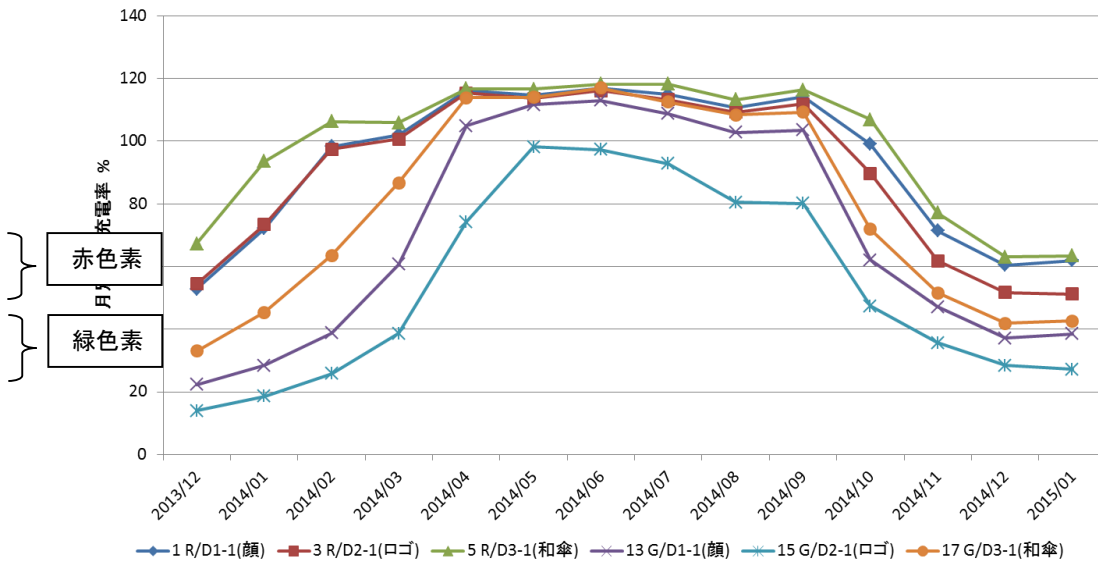


図 Ⅲ-2-C-1-(4) 色素、デザインと月別平均充電率の推移（京都市国際交流会館）

C.1.2 ランタンの月別平均充電率

目的：色素増感太陽電池はシリコン等其他方式の太陽電池と比較し、太陽光の入射角度あるいは光強度に対する発電の依存度合いが低いことが知られているがその傾向を確認する。

目標：赤色素ランタンの屋外暴露試験12ヶ月後の充電率100%維持

試験概要：

・実施場所：

日本写真印刷株式会社（京都市中京区壬生花井町3）（図Ⅲ-2-C-1-(5)）

・アプリケーション形態：ランタン（赤色素のみ）

・色素増感太陽電池セルスペック

サイズ：120 mm×123 mm

・パネル設置角度：水平設置（0°）、垂直設置（東西南方位90°）

・セルデザイン：無し

・電解液：既存電解液

成果：水平設置の場合、目標値を達成していることを確認した。一方垂直設置で各方位での発電挙動を調べたが北側を除く方位（東、南、西）で満充電に達しており、北側でも夏季は60%、冬季でも30%以上の充電率を維持しており、最適な製品設計を行う事で利用可能になるものと考えている。（図Ⅲ-2-C-1-(6)）



図 III-2-C-1-(5) 実証試験の様子

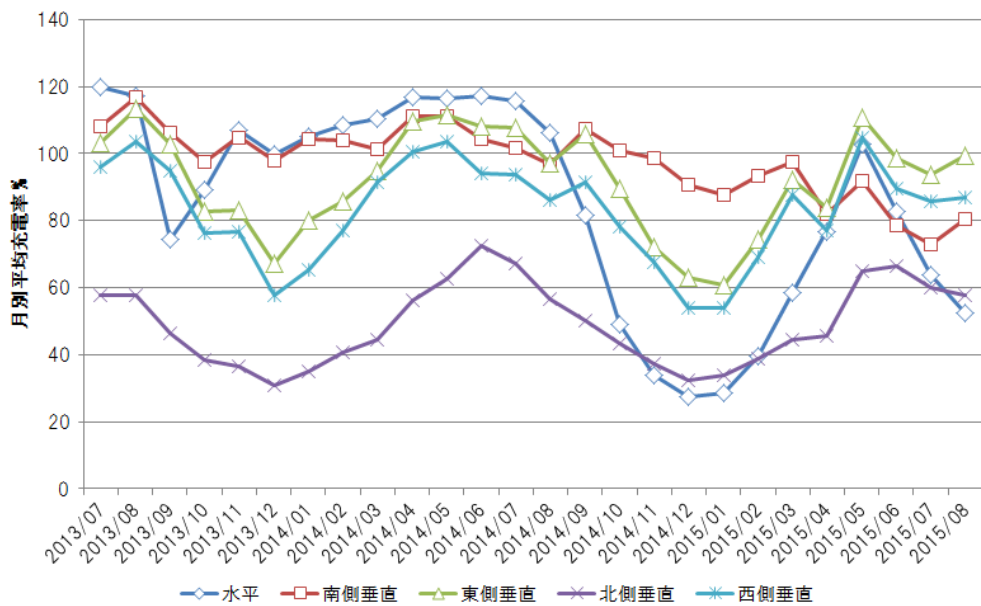


図 III-2-C-1-(6) 各設置方位における月別平均充電率の推移

C.1.3 垂直設置モジュールの屋内発電効率保持率

目的：色素増感太陽電池は両面受光での発電が可能であること、太陽光の入射角度あるいは光強度に対する発電の依存度合いが低いことや屋内や低日射環境下での発電効率に優れる等の特徴を持っている。ここでは屋内環境下での発電効率を検証した。また設置場所は屋外では極めて人通りが多い環境であり、色素増感太陽電池の意匠性がどれ程有効かを調べる目的で、2種類のデザインのモジュールを設置した。

目標：赤色色素セル屋内環境下で12ヶ月後の発電効率の保持率100%維持

試験概要：

- ・実施場所：芝浦工業大学（図III-2-C-1-(7)）
- ・アプリケーション形態：屋内窓垂直設置パネル（赤色色素のみ）
- ・色素増感太陽電池セルスペック
 - サイズ（1パネルあたりの外形寸法、固定フレーム含む）：1035 mm×2000 mm
 - 構成：パネルは、12cm×36cmサイズのセルを3枚を並列接続したものをモジュール単位とし、6モジュール直列で接続したパネルを2台設置している。
- ・電解液：既存電解液
- ・パネル設置方位：南東
- ・パネル設置角度：垂直設置（90°）

成果：図Ⅲ-2-C-1-(8)に発電効率（発電量比）を示す。棒グラフは月別概算出力効率（左縦軸）を表し、折れ線グラフは設置月基準保持率（右縦軸）を表している。この図より 12 ヶ月後の発電効率が100%以上あることを確認した。12月に高い出力効率が見られるのは、パネルが設置されている窓の外側には植栽やビルが立ち並んだ環境であり、ビルの陰や冬場は落葉することでパネルに陽が差し込むようになったことが影響している。



図 Ⅲ-2-C-1-(7) 実証試験の様子

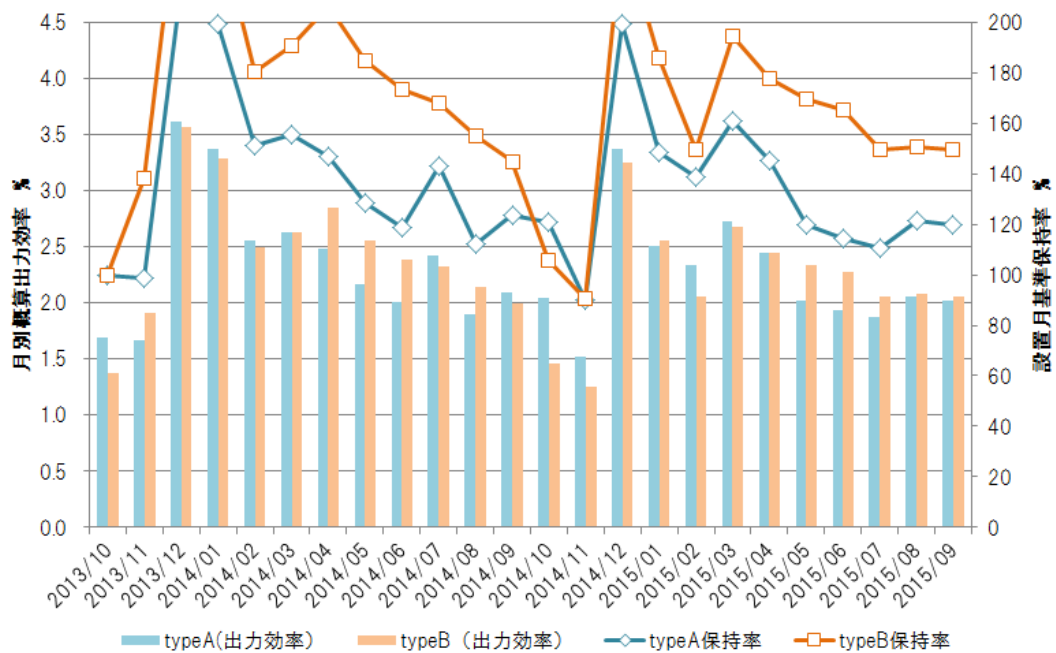


図 Ⅲ-2-C-1-(8) 発電効率（発電量比）の月別推移

C.1.4 高耐久性電解液の開発

目的：有機系太陽電池はシリコン等の無機系の太陽電池と比較して低寿命であり耐久性の向上が課題である。この項では現行電解液よりもより漏えいを抑えることを目的とした高沸点の電解液を用いて耐久性の改善効果を確認する。

目標：12ヶ月後の発電効率の保持率95%以上

試験概要：

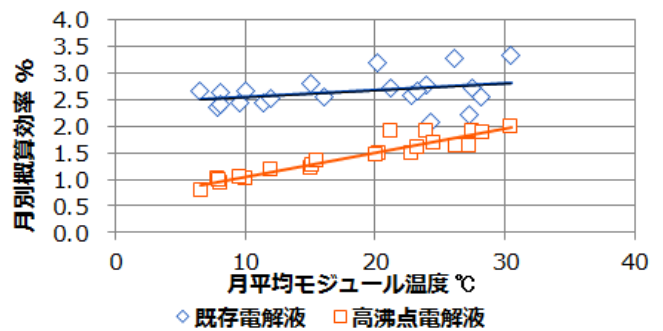
- ・実施場所：大黒パーキングエリア（神奈川県横浜市 鶴見区大黒ふ頭15）（図Ⅲ-2-C-1-(9)）
- ・アプリケーション形態：屋根垂直設置モジュール（赤色素素のみ）
- ・モジュールスペック
 サイズ：1058 mm×2384 mm
 各タイプは、12cm角セルを8枚を直列構造したものをモジュール単位とし、7モジュール直列で構成されている。
- ・パネル設置方位：南東
- ・パネル設置角度：垂直設置（90°）

成果：95%の目標に対し94%の保持率を維持していることを確認した（図Ⅲ-2-C-1-(10)）。

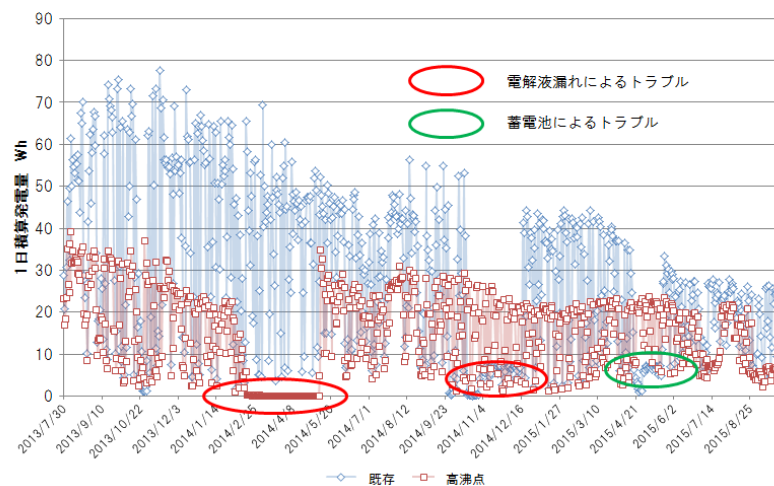
目標に届かなかった理由としてセル内に気泡が発生しているセルが観察され、封止破壊による電解液漏れが主原因であると推察している。又高沸点電解液は図Ⅲ-2-C-1-(11)に示すように既存電解液と異なり変換効率に温度依存性があることも確認された。このためグラフからは一見して2種類の電解液の比較は分かりにくいですが、同月毎のデータをトレースすると高沸点電解液の方が長寿命であることが確認できた。



図Ⅲ-2-C-1-(9) 実証試験の様子



図Ⅲ-2-C-1-(11) 電解液の温度依存



図Ⅲ-2-C-1-(10) 電解液による月別概算効率の挙動

C.1.5 制御方式の適正評価

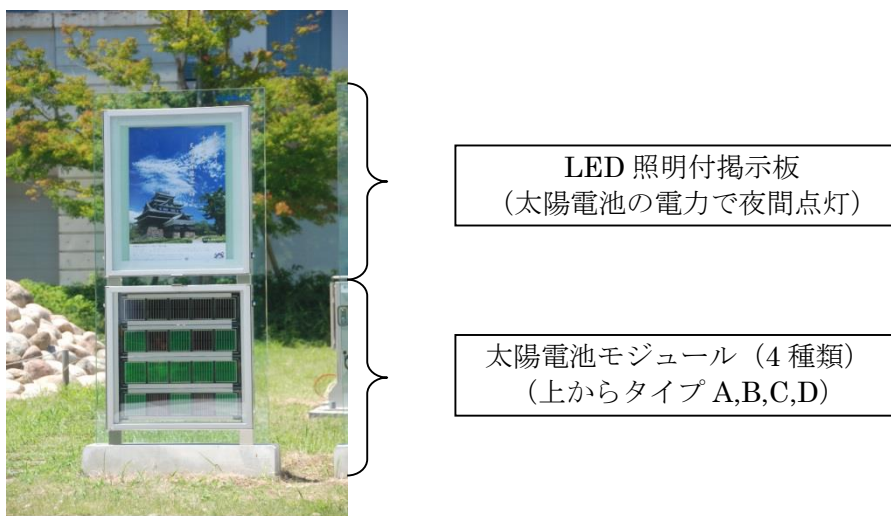
目的：一般に太陽電池パネルの屋外で使用する際には、出来るだけ多くの電力を得るため最大電力値追従（MPPT：maximum power point tracking）装置を用いた発電電力の瞬時的電子制御を行っている。色素増感太陽電池の発電応答速度は他方式の太陽電池よりも遅いことが知られており、色素増感太陽電池に好適な制御方式を検討する必要がある。

目標：市販品のMPPT、電圧固定タイプ、DSCの応答速度に合わせて開発したMPPTの3種類を用いて各種制御方式の最適日射条件を把握する。

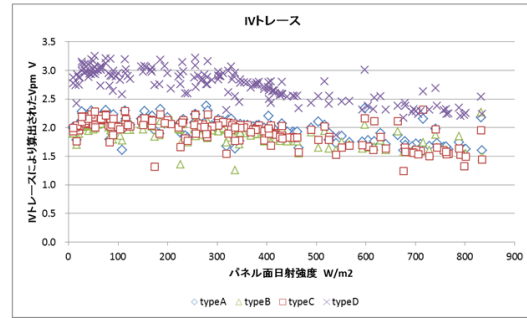
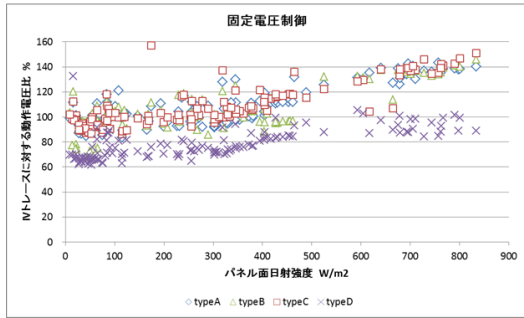
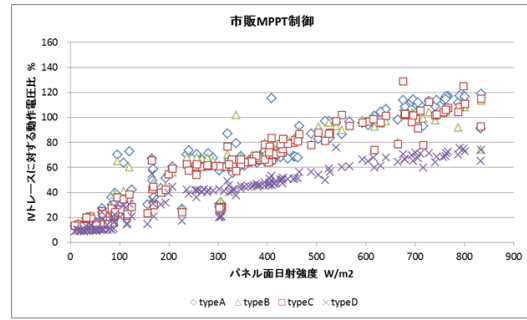
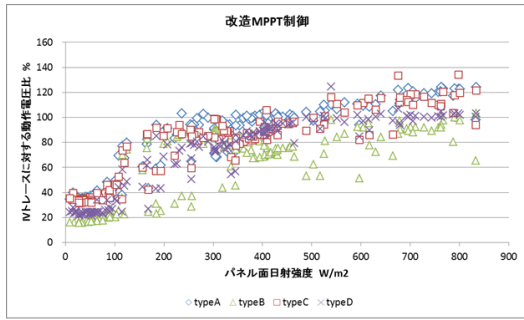
試験概要：

- ・実施場所：
 - テクノアークしまね（島根県松江市北陵町1番）（図Ⅲ-2-C-1-(12)）
 - くにびきメッセ（島根県松江市学園南1丁目2-1）
- ・アプリケーション形態：広告掲示板
- ・色素増感太陽電池モジュール
 - サイズ：645 mm×150 mm
 - タイプA（赤色5セル直列構造）
 - タイプB（赤色2セル緑色3セル直列構造）
 - タイプC（緑色5セル直列構造）
 - タイプD（赤色2セル緑色3セル直列構造）
- ・電解液：既存電解液
- ・パネル設置方位：南
- ・パネル設置角度：垂直設置（90°）
- ・制御方式（3種類）
 - 固定電圧制御：動作電圧を一定に固定して制御を行う固定電圧制御回路
 - 市販MPPT制御：シリコン太陽電池向け市販MPPT制御回路
 - 改造MPPT制御：市販MPPTの応答速度を遅らせるよう変更を施したもの

成果：低照度域では固定電圧制御方式が、高照度域では市販、開発したMPPT制御方式が優位であることを確認した。（図Ⅲ-2-C-1-(13)）この傾向は赤、緑、混色系共に同じであることも確認した。（図Ⅲ-2-C-1-(14)）



図Ⅲ-2-C-1-(12) 実証試験の様子



図Ⅲ-2-C-1-(13) IVトレースに対する制御機器の動作電圧比

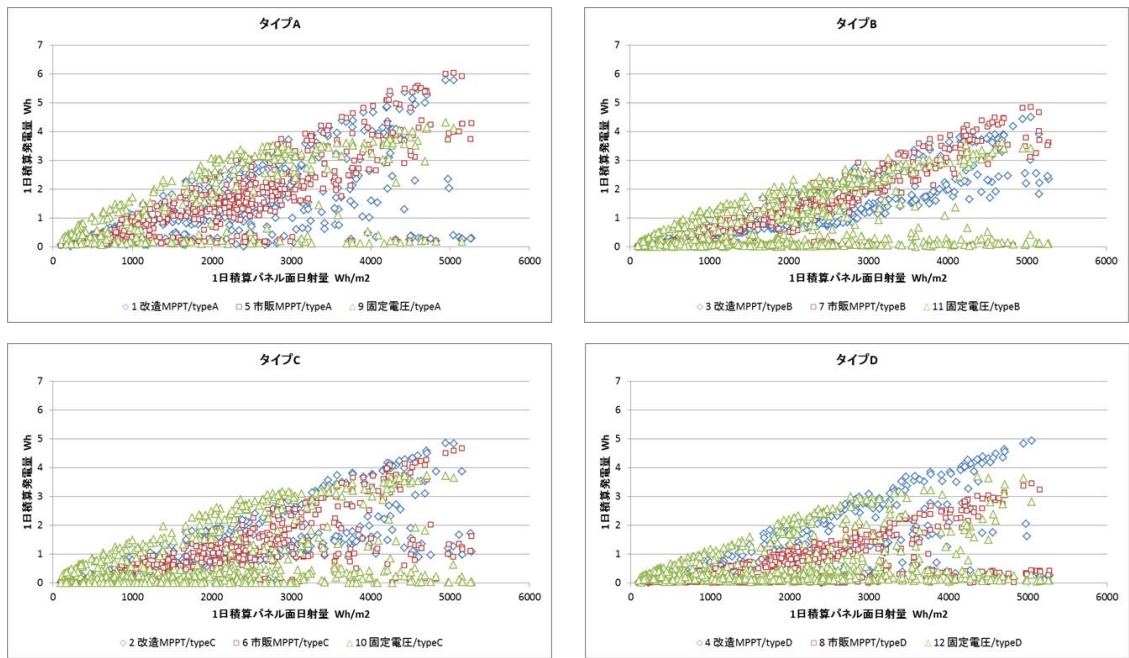


図 III-2-C-1-(14) 各モジュールパターンにおける日射量と発電量の関係

C.1.6 モジュール軽量化

目的：耐久性を向上する目的で当社では色素増感太陽電池を合わせガラスで挟んだモジュール構成を採用しているが、重量が大きくなり設置環境が限定される等の課題があり、モジュールを軽量化することが求められている。今回、ガラス樹脂のハイブリッドの特殊プラスチックを合わせガラスの代替として適用することで軽量化を図り、その耐久性を評価した。

目標：当社現行合わせガラス方式の1/2の重量。耐久性は同等。

試験概要：

- ・色素増感太陽電池モジュール
サイズ：645 mm×150 mm
- ・実施場所：
芝浦工業大学田町キャンパス（東京都港区芝浦3-9-14）（図Ⅲ-2-C-1-(15)）
- ・アプリケーション形態：
屋内窓垂直設置パネル（赤色色素のみ）（図Ⅲ-2-C-1-(7)）
大型ランタン（赤色色素のみ）（図Ⅲ-2-C-1-(15)写真内右）
- ・アプリケーションサイズ：180mm×180mm×920mm（架台含む）

成果：合わせガラスに代わり特殊プラスチックを利用することで耐久性は同等で1/3の重量を達成。実地試験でも成果を確認した。重量及び耐久性のデータを表Ⅲ-2-C-1-(2)、図Ⅲ-2-C-1-(16)に示す。

表 Ⅲ-2-C-1-(2) モジュール重量比較

ガラスモジュール	特殊プラスチックモジュール
888g	263g

(モジュール外形：150mm角時)



図 Ⅲ-2-C-1-(15) 実証試験の様子

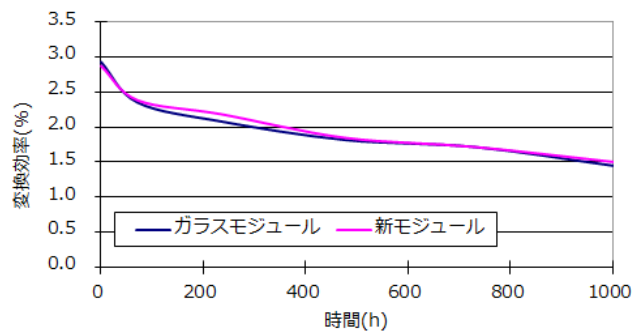
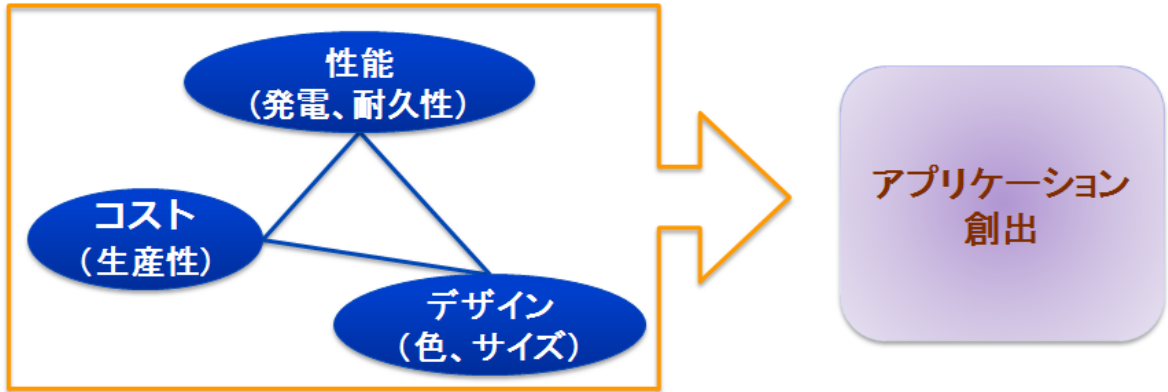


図 Ⅲ-2-C-1-(16) 高温高湿加速試験評価(85°C85%)

C.2 実用化・事業化見通し

C.2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

本研究では色素増感太陽電池が他方式の太陽電池と差別化できる機能を重視したアプリケーションを創出し事業化への礎とする。



色素増感太陽電池が優位な特徴

- (1) 室内等の低照度環境下での発電特性
- (2) デザイン性
- (3) 光源入射角による発電効率の低下が小さい
- (4) 両面受光 (シースルー)

事業化に向けた戦略

色素増感太陽電池の発電特性や上記特徴を活かすことができるアプリケーションの創出戦略を以下に掲げる。これら戦略に伴ったアプリケーションは他方式の太陽電池では代替することが困難であり色素増感太陽電池の事業化を可能にすることができると思う。

- (1) 系統連携は行わず太陽電池単独で駆動する独立電源設計のアプリケーション
- (2) 他方式の太陽電池では設置困難な環境下で利用できるアプリケーション。例えば室内や木陰などの低照度下や垂直設置をする必要がある環境。
- (3) デザインを必要とするアプリケーション。

C.2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

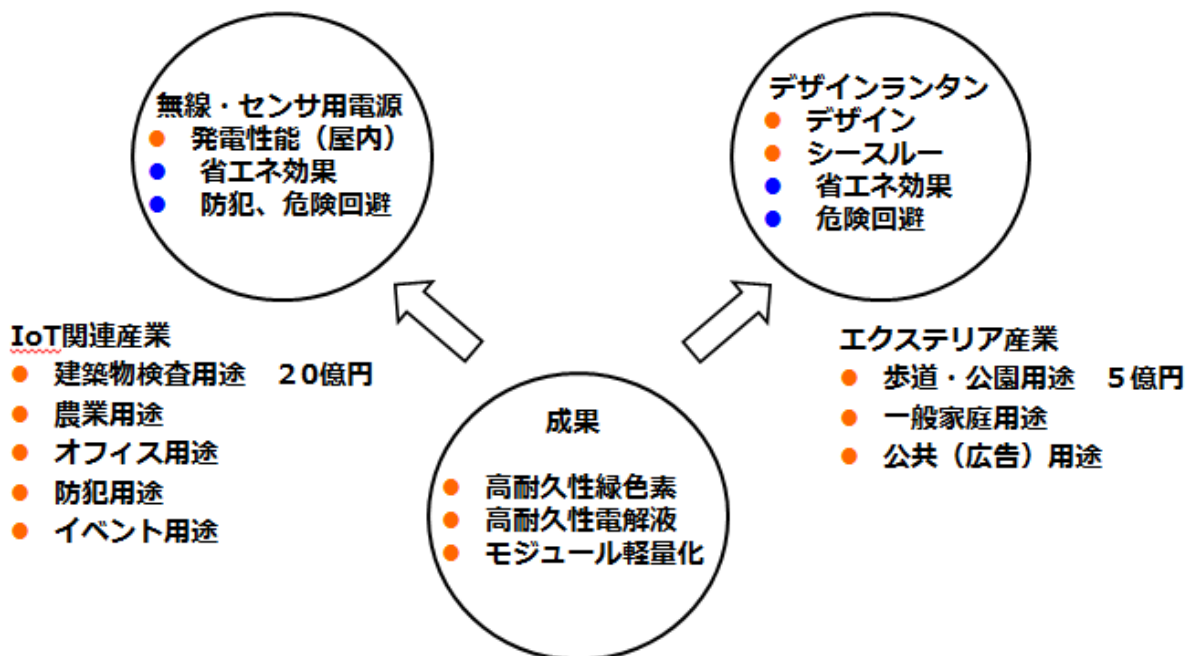
現在、前項で記載した戦略に基づき、以下の2種類のアプリケーションの製品化を検討している。

アプリケーション	DSC の優位性	用途例	対象業界
無線・センサ用電源	低照度環境下でアモルファスシリコン太陽電池より高い発電能力を発揮する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 橋等の構造物の劣化をリアルタイムに計測 ・ 精度の良い又こまめな室内の照明、温度の管理等 	建設業界 IoT 関連業界
デザインランタン	デザインを施すことができること。又シースルー性。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 山間部などで利用できるランタン、誘導灯等 	エクステリア産業

C.2.3 成果の実用化・事業化の見通し

前項で検討しているアプリケーションの製品イメージ、課題を以下に示す。

製品イメージ



課題

課題	課題内容	今後の取組
コスト	原材料コストは高止まりしており他方式の太陽電池比べて価格面で不利であり、DSCの普及の妨げになることが予測される	<ul style="list-style-type: none"> 材料メーカーとの価格交渉 製造条件の検討
低照度下での発電能力	アモルファスシリコンよりも低照度での発電能力は高いものの更なる発電能力の向上を求められている。	<ul style="list-style-type: none"> 材料、構成の検討
デザイン	蓄電池への充電などを行うため電圧を高める必要がありセルの分割を行っているがデザイン性が損なわれる。	<ul style="list-style-type: none"> 昇圧機を用いた単セルでの回路設計 製造条件の検討

上記課題のなかでも原材料コストは最も大きな課題である。設備投資を考慮する必要はあるが原材料コストは購入量により大幅にコストが下がることから、コストが大幅に下がる規模の製造量が見込める企画が見つければ実用化・事業化に拍車が掛かるものとする。

C.3 波及効果

今回開発した色素増感太陽電池は IoT の普及促進への貢献が期待できる。これにより農業生産効率の向上、農産物の低価格化、室内での省電力化、建造物の安全性向上などの波及効果が見込める。

農場



- DSC + 土壌・無線センサー
- 生産効率向上
- 農産物の低価格化

オフィス



- DSC + 照度・温度・人感・無線センサー
- 細目な照明、温度管理による省電力

橋



- DSC + ひずみ・無線センサー
- 老朽化のモニタリング

C.4 今後の展開

検討している2種類のアプリケーションの実用化・事業化計画を以下に示す。

実用化・事業化計画

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
無線・センサ用電源	(低照度環境下での効率改善) (製造条件)	中間目標試作	最終目標試作	事業化検討	IoTの事業化	
デザインランタン	(単セルでのデザイン化) (大面積生産技術)	中間目標試作	最終目標試作	事業化検討	照明の事業化	

▲ : 基本原理確認 ● : 基本技術確立

C.5 論文、特許、学会発表等

	H24	H25	H26	終了後	計
特許出願（うち 外国出願）	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	1件
論文（査読付 き）	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0件
研究発表・講演 （うち国際会 議）	0 (0)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	2件
新聞・雑誌等へ の掲載	2	3	0	0	5件
受賞実績	0	0	0	0	0件
展示会への出展	1	3	2	0	6件

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	日本写真印刷 株式会社 島根県	特願 2015-049322	日本	2015年 3月12日	なし	色素増感太陽電 池及び色素増感 太陽電池セルの 接続方法	坂根正恭、大栢伸 次、眞田雄矢、古 川雅彦、今若直 人、金山真宏、岩 田史郎

【論文・学会発表】

なし

【受賞】

なし

D 色素増感太陽電池モジュールの実証評価

D1 シャープ株式会社

D1.1 成果詳細

1) 太陽光発電システム設計

パワーコンディショナーへの接続による動作の検証を実施した。MPPT（最大電力点追従：Maximum Power Point Tracking）とは異なり、高効率化制御のためのインバータ制御指令による入力パワー推定処理を行い、気象条件の変化に対する適切な最適動作点を推測するシステムの評価を行った。

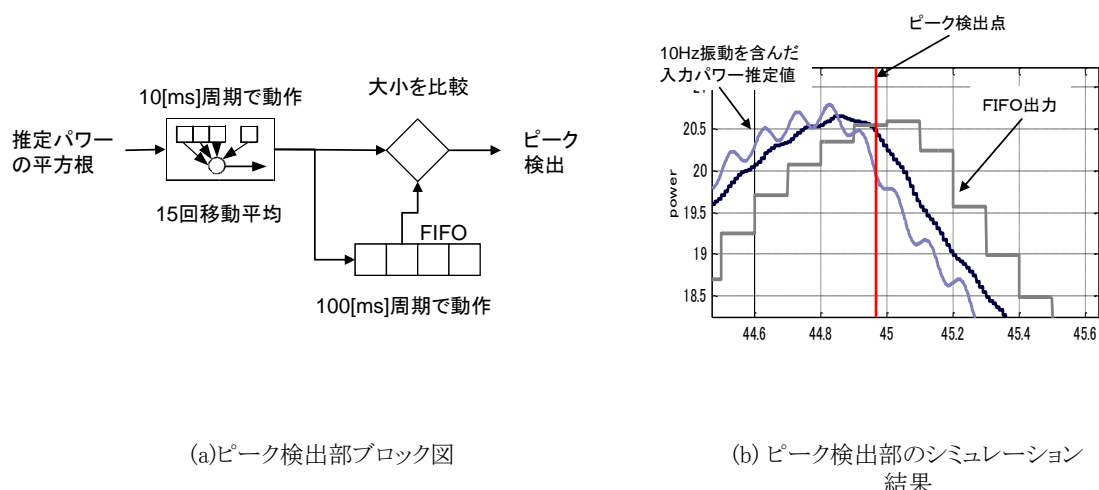


図 Ⅲ-2-D1-1-(1) 共通サイト C 設置モジュールパワーコンディショナーの (a) ピーク検出部ブロック図と (b) ピーク検出部のシミュレーション結果

本システムは以下の流れにより実行されている。①入力パワーのピーク値の推定処理を行うことで最初のピーク値が推定され、最初の制御指令値が作成される。②最初の制御指令値から数100msを置いた時刻において入力パワーを観測する。その際、観測した2点の入力パワーから、2回目のトルク指令値を作成する。③その後、ピーク検出処理を行う。入力パワーが上昇から下降に転じた場合にも制御指令値を回生に設定する必要がある。このタイミングを調べるために、図Ⅲ-2-D1-1-(1) (a)の制御ブロックにより、ピーク検出演算を行った。図Ⅲ-2-D1-1-(1) (b)は、10 Hzの振動成分を持つ入力パワーの平方根を入力した場合のシミュレーションによるピーク検出動作波形である。図Ⅲ-2-D1-1-(1) (b)の結果から、実機では推定値に振動が重畳するため不安定動作が生じる恐れがあるが、ピーク検出に影響がないことを確認できた。

このシステムを用い、共通サイト A、共通サイト C、ならびに共通サイト D の各サイトの制御システムとして導入し、実証試験検証を実施した。

2) 太陽光発電システム試作

シャープ株式会社において、NEDO委託研究「三層協調界面構築による高効率・低コスト・量産型色素増感太陽電池の研究開発（高効率・高耐久性モジュールに関する研究開発）」（委託期間平成22年4月1日～平成27年2月28日）の業務において、20cm角サイズ(20cm□)までの大きさのDSCモジュールの試作を行ってきた。

本事業では、20cm□サイズのモジュールをさらに30cm□へスケールアップさせる検討を行った。その結果を図Ⅲ-2-D1-1-(2)に示す。30cm□モジュールへのスケールアップでは、NEDO委託研究で構築した電極均一化技術などを適用することで、変換効率の低下が20cm□とほぼ同等の30cm□モジュールのスケールアップに成功した。

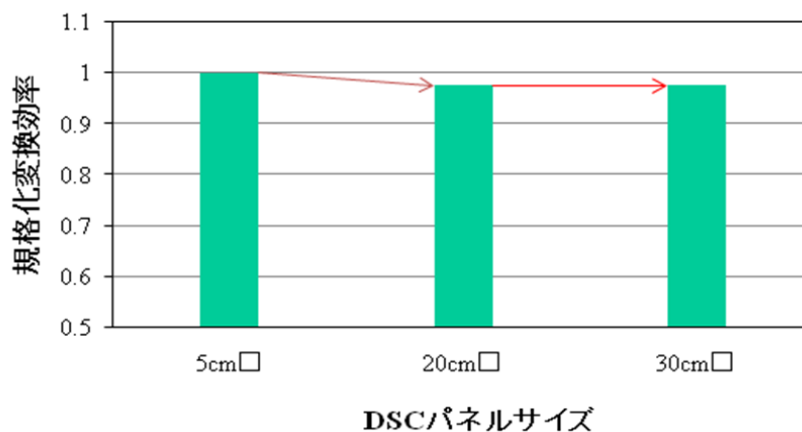


図 Ⅲ-2-D1-1-(2) 色素増感太陽電池モジュールの変換効率のサイズ依存性

3) 太陽光発電システム設置・施工

社内および社外の試験場における実証試験を実施するにあたり、各サイトへのモジュール設置、および施工を実施した。サイトは以下の通りである。

社内：葛城事業所、天理事業所

社外：共通サイトA、共通サイトB、共通サイトC、および共通サイトD

各サイトのモジュール設置架台の進捗に合わせ、モジュールを作製し、各サイトでのモジュール設置作業を実施した。

平成24年度に葛城事業所にモジュールを設置し、平成25年度には、共通サイトA、共通サイトB、ならびに共通サイトCに設置し、平成26年度には、天理事業所、および共通サイトDに設置し、社内では、葛城事業所、天理事業所、社外では、共通サイトA、共通サイトB、および共通サイトDの各設置サイトでのデータ取得を開始した。

設置したモジュールの外観は、4)の実使用環境下でのデータ収集・評価分析でまとめて記す。

4) 実使用環境下でのデータ収集・評価分析

3)において、各実証サイトでのモジュール設置用架台を設置し、モジュールを設置してきた。各サイトの外観ならびにデータについて説明していく。

・葛城事業所



(a) 北面 90度



(b) 南面 90度

図 Ⅲ-2-D1-1-(3) 葛城事業所 モジュール設置外観

葛城事業所では、南面 90 度、および北面 90 度に設置した DSC モジュールと他の太陽電池モジュールとの発電量の比較を行った。図Ⅲ-2-D1-1-(3)は、(a)北面 90 度ならびに(b)南面 90 度に設置したモジュールの外観を示す。各図の上部に 3 つならんだモジュールは、左から、結晶 Si、a-Si、CIGS の各モジュールを示している。図Ⅲ-2-D1-1-(4)には北面 90 度に設置した DSC モジュールと他の太陽電池の定格出力に対する発電割合(パフォーマンスレシオ Performance Ratio: 以下 PR)を示す。PR は、DSC モジュールの方が他の太陽電池モジュールよりも高いことを確認できた。南面 90 度の場合も同様に PR が高い傾向を確認している。

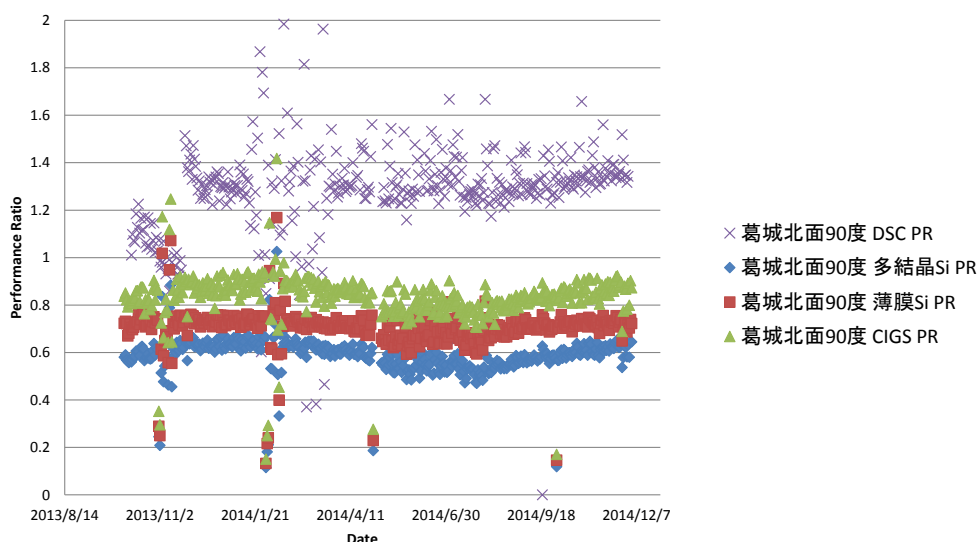


図 Ⅲ-2-D1-1-(4) 葛城事業所北面 90 度設置 DSC モジュールと他の太陽電池と PR 比較

・天理事業所



図 Ⅲ-2-D1-1-(5) 天理事業所 モジュール設置外観

天理事業所では、東西南北 90 度面および 30 度面に設置した DSC モジュールの発電量を評価した。図Ⅲ-2-D1-1-(5)はその外観を示す。図 5 の正面左側が東面を、また正面右側が北面を示している。つまり北東側からモジュール架台を見ていることになる。この架台に設置したモジュールにおいて、表Ⅲ-2-D1-1-(1)に PR 特性例を示す。夏と冬に計測した特性では、ほとんどの設置面で定格出力以上の発電量が得られていることがわかった。これは、太陽光入射角に応じて、散乱光の影響が発電特性に大きく影響した結果を示していると考えている。

表 Ⅲ-2-D1-1-(1) 天理事業所東西南北設置 DSC モジュールの各方位 PR 特性例

	北面 90 度	南面 90 度	東面 90 度	西面 90 度	北面 30 度	南面 30 度	東面 30 度	西面 30 度
夏至付近	1.04	1.35	1.40	1.23	1.02	1.43	0.87	1.00
冬至付近	1.09	1.38	1.08	1.16	1.31	1.48	1.41	1.42

・共通サイト A

共通サイト A では、壁面設置における発電量の積雪の影響の評価を目的に、モジュールを設置した。図Ⅲ-2-D1-1-(6)は、南面 90 度に設置したモジュールの外観を示している。正面のガラス張りの廊下の屋内側にモジュールを設置している。これらのモジュールに対し、積雪の有無による日照時間当たりの発電量の変化を、Si 太陽電池と比較した。その結果を表Ⅲ-2-D1-1-(2)に示す。その結果、色素増感太陽電池の場合では、積雪がある場合、日照時間当たりの発電量が積雪がない時に比べ増加するのに対し、Si 太陽電池の場合では、ほとんど変化しないことが確認できた。これは、積雪による散乱光に対する色素増感太陽電池の有効性を示していると考えられる。



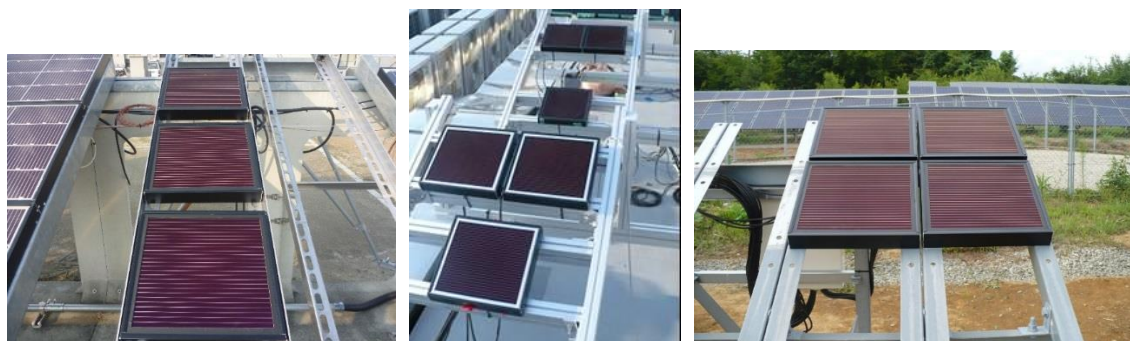
(a) 積雪無し南面 90 度 (b) 積雪有り南面 90 度

図 Ⅲ-2-D1-1-(6) 共通サイト A モジュール設置外観

表 Ⅲ-2-D1-1-(2) 共通サイト A の南北面 90 度設置 DSC モジュールの日照時間当たりの発電量の Si との比較

各日発電量比較	南面 90 度設置 日照時間当たりの発電量 (Wh)		北面 90 度設置 日照時間当たりの発電量 (Wh)	
	DSC	Si	DSC	Si
2014/2/7 (積雪有晴)	2.28	2.36	0.55	0.21
2014/2/24 (積雪無晴)	2.09	2.40	0.39	0.24

・共通サイト B、共通サイト C、共通サイト D



(a) 共通サイト B (b) 共通サイト C (c) 共通サイト D

図 Ⅲ-2-D1-1-(7) 各サイトのモジュール設置外観

共通サイト B では、NEDO から委託を受ける「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」業務の一環として、屋外暴露システムが設置されている。この設備を用い、試作した DSC モ

ジュールの実環境下での計測を行った。その外観を図Ⅲ-2-D1-1-(7) (a)に示す。この図に示すように、3直のストレージで実証評価を行っている。

共通サイトC、並びに共通サイトDでは、東京大学飯田准教授開発のパワーコンディショナー（(1)の太陽光発電システム設計参照）を用いて、発電量の評価を行った。それらの外観を図Ⅲ-2-D1-1-(7) (b)および(c)に示す。共通サイトCのモジュールは、単独、並びに2直のストレージで検証し、共通サイトDは、2直2並のアレイで検証した。

図Ⅲ-2-D1-1-(8)は、各サイトの設置からのPRの経過を示している。この図から、特徴的な変化が2つ見られている。一つは、共通サイトDのPRの変化が他のサイトに比べ急速に劣化していることである。もう一つは、共通サイトBと共通サイトCのPRの変化において、共通サイトBの方がやや早く劣化していることである。前者では、モジュールの接続方法がアレイであるため、東大開発のパワーコンディショナーに今までにない課題が生じたことが考えられる。共通サイトCに設置のモジュールは、単独、並びに2直のストレージであることはすでに述べたが、この場合のPRは図Ⅲ-2-D1-1-(8)に示すように急速な劣化は見られていないことから、アレイに対する制御系の確立が課題として抽出される。後者では、共通サイトBの制御システムと、共通サイトCの制御システムが異なっていることが起因していると考えられる。共通サイトBと共通サイトCはいずれもストレージでの検証を実施しているため、PRの変化は制御システムが要因の一つとなっていることが示唆される。現在、データ取得を継続し、制御システム以外の要因を抽出し、検証を実施している。

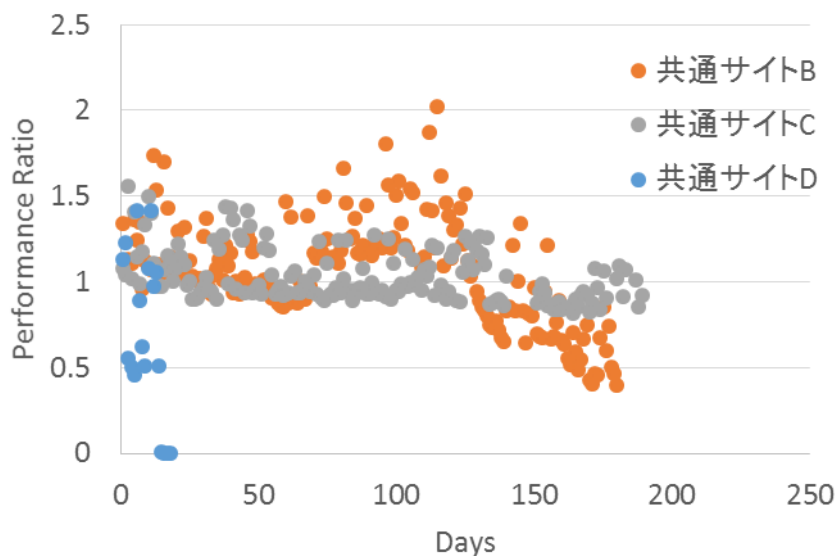


図 Ⅲ-2-D1-1-(8) 各サイトのPR測定例

D1.2 実用化・事業化見通し

D1.2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

昨今の政策（FIT）により太陽電池が著しく普及し、結晶シリコン太陽電池の価格やワット単価が下落し、新規の太陽電池が新たに参入することが難しくなっている。そのような状況の中、色素増感太陽電池の商品化のためには、色素増感太陽電池の特長を活かした新規の市場開拓が必要である。

1つには色素増感太陽電池の変換効率が光入射角に依存せず、散乱光に対しても高い発電効率を示す特長を活かし、ビル壁面やマンションのベランダへ傾斜角 90 度で設置（壁面設置）する用途が新規市場として挙げられる。また、低光量下においても開放電圧の低下が少なく、効率良く発電できる特長を活かし、屋内で使用する環境センサー用電源などが新規市場として考えられる。これらの用途に限らず、色素増感太陽電池の特長を活かした新規市場を開拓していく必要がある。

D1.2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

壁面設置用途において、実環境下での発電量と長期安定性が不可欠である。実環境下での発電量は、有機系先端技術開発において、モジュールの屋外暴露試験を実施し、東西南北面 90 度設置を想定した使用環境における発電量を実測することで、色素増感太陽電池の他の太陽電池に対する優位性を示すデータを得ている。また、最も懸念される信頼性の観点においては、本プロジェクトにおいて JIS 規格 C8938 の試験（耐熱性、耐湿性、耐光性、温湿度サイクル）を実施し、物理・化学の原点に立ち戻った劣化メカニズム解析を行うことで劣化挙動の理解と抑制を行うことで、目標である性能低下 10%以内達成し（一部未達）、実用化・商品化に最低限必要な信頼性を確保できた。

屋内用途の市場においても、上記壁面設置の場合や屋内用途と同じで、色素増感太陽電池の発電特性や信頼性の確保は重要であり、モジュールの北面 90 度設置における発電特性では、入射光量が小さい場合に定格の 1.8 倍の発電量を示すなど、低光量下での応用商品が期待される。また、屋内でも温度上昇が懸念される場合には、JIS 規格 C8938 の耐熱性試験において実施した温度による性能低下抑制技術をそのまま適用できる。

ただし、屋内では、照射光による太陽電池への入力が非常に小さく、動作可能なアプリケーションは限られている。本プロジェクトでは、その点を鑑み、具体的なアプリケーションを想定して屋内での色素増感太陽電池による発電、充電、動作の検討を行い、屋内における太陽電池の応用用途の可能性について示すことができている。

D1.2.3 成果の実用化・事業化の見通し

屋内用途を想定したアプリケーションは、使用環境が屋外用途に比べて厳しくないため、直近の市場投入となり得る。課題は、低コストで作製可能な量産プロセスの確立と投入市場の見極めである。

量産プロセスの確立では、一枚の基板から複数の太陽電池を作製する（多面取り）技術や、時間を要する電解液の注入工程の簡略化技術、性能および信頼性のバラツキを抑える貼り合せ（封止）技術の検討が重要であり、これらに関しては、継続研究を実施することにより、目標とする仕様に近づきつつある。

もう一つの課題である投入市場の見極めでは、世間のニーズを的確に捉えて、他の太陽電池では不可能な用途と市場の開発を行えば、色素増感太陽電池の早期商品化は可能であると考えている。

色素増感太陽電池の壁面設置用途での実用化を鑑みた場合、本プロジェクトにおける高信頼性化検討において、JIS 規格 C8938 の試験（耐熱性、耐湿性、耐光性、温湿度サイクル）を実施し、性能低下 10%以内を達成しているが、実使用を考慮すると、500h, 1000h の試験時間では不十分であり、今後更なる試験の継続と高信頼性化が必要と考えられる。このため、壁面設置用途での実用化は、屋内用途での実用化の次段階の目標になると考えられる。

D1.3 波及効果

(1) 当該分野への波及効果(技術的・人材育成)

- 色素増感太陽電池モジュールの気象条件と発電特性との相関の実証試験を実施することができた。本実証試験により、モジュールと制御システムとの接続法に技術的課題が示唆され、更なる技術的な進展が予測される。
- 大きなコンソーシアムでのプロジェクト体制の下で、複数の企業・大学・公的研究機関相互での人材交流が行われており、産官学それぞれにおいて将来指導的立場に立てる人材育成に貢献。

(2) 関連分野への波及効果(技術的・経済的・社会的)

- 有機エレクトロニクス材料技術、及び可視光光触媒や人工光合成などの光電変換関連技術のレベルアップなどの技術的な波及効果が期待できる。
- 色素増感太陽電池の特長を生かした設置場所の提案など、太陽電池の潜在市場の開拓にも、大きな影響（波及効果）を与えるものと予想される。

D1.4 今後の展開

4. 3 実用化の見通しに記載の通り、本プロジェクトで実施したモジュールの高効率化および信頼性の基礎データの取得により、更なる実用化の期待が高まるが、最初に屋内用途市場に対して、色素増感太陽電池の既存太陽電池と異なった特徴を生かした新規市場開拓（環境センサー用電源等）を行うことができる可能性があり、これによる太陽電池全体の市場拡大を目指す。

また、信頼性 JIS 規格 C8938 などをさらに長期間実施し、色素増感太陽電池用の加速係数の算出などを実施して信頼性を確保し、半屋外・屋外における新規用途開拓を目指す。

D1.5 論文、特許、学会発表等

本事業における論文、特許、学会発表は無し。「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」におけるシャープ株式会社の成果については「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」の事業原簿参照

【特許】

なし

【論文・学会発表】

なし

【受賞】

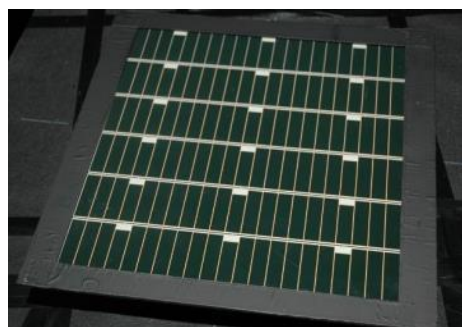
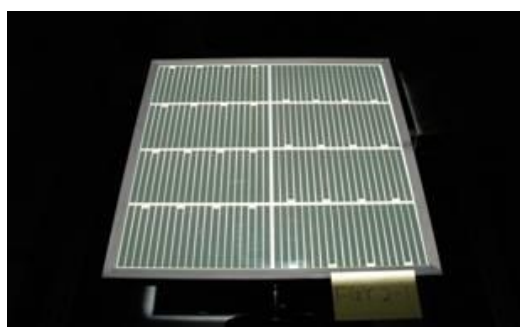
なし

D2 株式会社フジクラ

D2.1 成果詳細

(1) 太陽光発電システム設計

本助成事業で使用する DSC モジュールは本助成事業と同時に実施した NEDO 委託研究「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発 高効率・高耐久性色素増感太陽電池モジュールの研究開発」により開発した高耐久性 DSC モジュールをベースとして製作した(図Ⅲ-2-D2-1-(1))。南向きで使用されるモジュールは、集電配線部での電圧降下の影響を有限要素法によるシミュレーションを活用して見積もり、開口率とのバランスを勘案しながら最適化し、従来設計より電圧降下を抑制できる配線デザインとした。



図Ⅲ-2-D2-1-(1) 50cm 角モジュールパネル外観 図Ⅲ-2-D2-1-(2) 30 cm 角モジュールパネル外観

さらに、1 sun 条件下に合わせて配線設計されているパネルをベースに 0.1 sun 条件をターゲットに有限要素法を用いた再設計をあわせて行い、発電面積を 8.7% 増加させ、Ag 配線面積を 32.7% 減少させた最適設計を得た。同様に電流・電圧設計の異なる 30 cm 角モジュールもサイズに合わせた最適設計を行った(図Ⅲ-2-D2-1-(2))。

モジュール選択の幅を広げ様々な使用環境に適応できるようにするため、モジュール裏面の筐体をバックシート式に切り替えた軽量化モジュールを検討した。バックシート式とするとモジュール内への水分侵入の懸念が生じる。乾燥剤を使用することで 10 年間に侵入する水分量を吸収でき、50 cm 角モジュールに軽量化遮水構造を適用することができることがわかったが、実際にモジュールとして試作したところ端子を取り出す部分の耐久性に課題があることがわかり実証評価では採用を断念した。

これらのモジュール設計を踏まえて、DSC の特性にマッチした制御システムの開発を実施した結果は後章で説明する。

(2) 太陽光発電システム試作

本助成事業に適用する DSC モジュールの製造プロセスを作業者の熟練度や能力に依存せず実施できるよう工程全体を再度見渡し QC 手法を用いた改良と管理を行った。

また本改良を通して判明した、より信頼性が要求される工程のうち、特に発電性能や耐久性に影響の大きい工程については、安定的に試作を行うための自動化を進め、安定的に試作を行うためのプロセス技術開発を実施した。また同じく品質への影響が大きい課題に対しては、本事業のモジュール構造に合わせた要素プロセス技術開発を行った。

上述の開発技術を適用して効率化した試作工程で 50cm 角モジュールを試作し、1sun 下での発電特性を評価した。図Ⅲ-2-D2-1-(3)に示す通り、従来プロセスによるモジュールの変換効率(η)、最大出力(P_{max})、短絡電流密度(J_{sc})、開放電圧(V_{oc})、フィルファクタ(FF)を基準としたとき、 η 、 P_{max} は 19% 向上、 FF は 11% 向上、 J_{sc} は 6.5% 向上し、開発したプロセス技術の有効性を確認できた。

また、大型 DSC モジュール製造の歩留りは、2012 年度の 0.75 から、2014 年度には 0.87 まで向上した。(図Ⅲ-2-D2-1-(4))

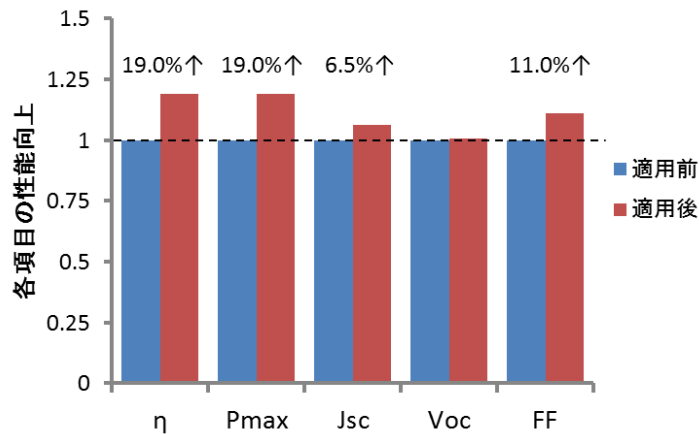


図 III-2-D2-1-(3) 開発技術を適用した 50cm 角モジュールの発電特性

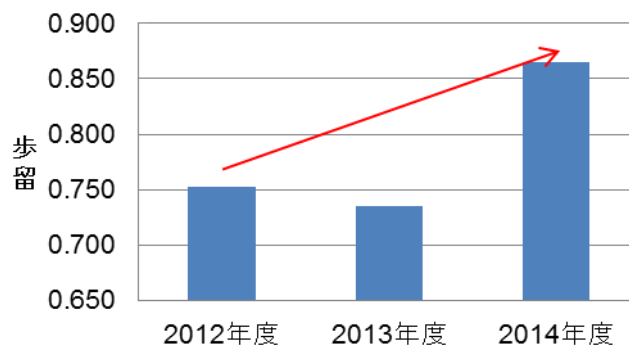


図 III-2-D2-1-(4) 各年度の DSC モジュール製造歩留り

(3) 太陽光発電システム設置・施工、及び実使用環境下でのデータ収集・評価分析

製造した DSC モジュールは日本各地の様々な場所、設置環境(南 35°、南壁面、北壁面、屋内など)でフィールドテストを行い、その発電特性や耐久性を評価した。配線腐食や UV カット塗膜剥離等で劣化したモジュールは順次リプレースした。

(3) -a 社内フィールドテスト: 千葉県佐倉市

社内フィールドテストでは、各設置環境(南 35°、南壁面、北壁面)において、角度依存性、照度依存性などの特性がどのように発揮されるか、結晶 Si 太陽電池、CIGS 太陽電池と比較しながら評価した。図 III-2-D2-1-(5)は、擬似太陽光照射下(1sun)で変換効率 6.0% の DSC モジュールパネルにおける、屋外(南 35°設置)での実発電出力と、変換効率 6.0% として算出した発電量計算値との比較で、晴天、曇天、雨天の各天候下いずれの場合にも定格値以上の発電出力が得られており、特に曇天、雨天時は計算値の 1.4~1.7 倍程度の出力が得られており、色素増感太陽電池の特徴は実環境でも発揮されることが明らかになった。

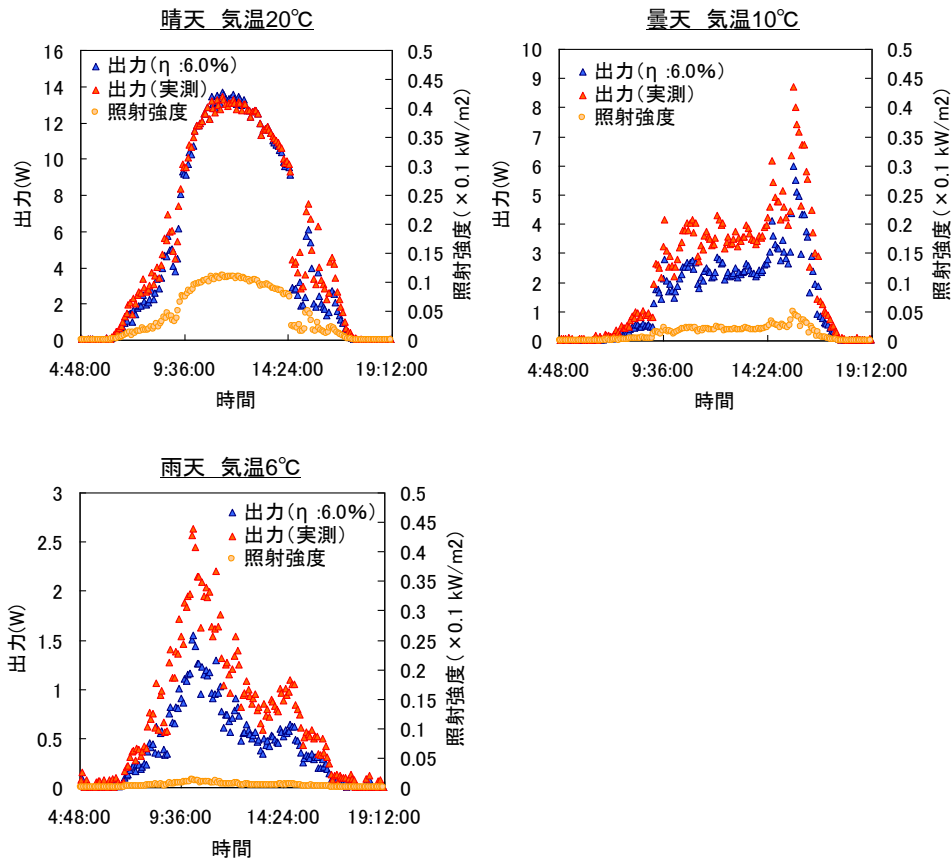


図 III-2-D2-1-(5) 試作モジュールの屋外発電特性

(3)-b 社外フィールド試験サイト①

南 30°の条件で 50cm 角モジュールパネル 5 枚を設置し、フィールド試験を行った。ここでは、結晶 Si 太陽電池と比較しながら、評価を行った。

(3)-c 社外フィールド試験サイト②

従来の太陽電池と電気的な特性が異なる DSC では、それに適合した制御システム(インバーターなど)の設計、評価が必要であり、開発を実施した。試作したシステムの実証試験のため、社外フィールド試験サイト②に設置架台を設置し、50cm 角 DSC モジュールと比較用の各種太陽電池(バルク結晶 Si 系、薄膜 Si 系、化合物系)を設置して評価を行った。試作システムはここで応答特性、制御アルゴリズム改良を進め、その後社外フィールド試験サイト④での実証実験に導入した。

上記の3サイトそれぞれの南斜面に設置した 50cm 角 DSC モジュールと Si 太陽電池の発電量を、晴天時及び雨天時について図III-2-D2-1-(6)に示す。設置場所や天候にかかわらず、南斜面設置では DSC は Si 太陽電池よりも低い発電量であったが、いずれのサイトでも晴天時より雨天時の方が発電量の差が小さくなっており、照度が低い場合に発電性能が高くなるという DSC の特性は確認出来た。

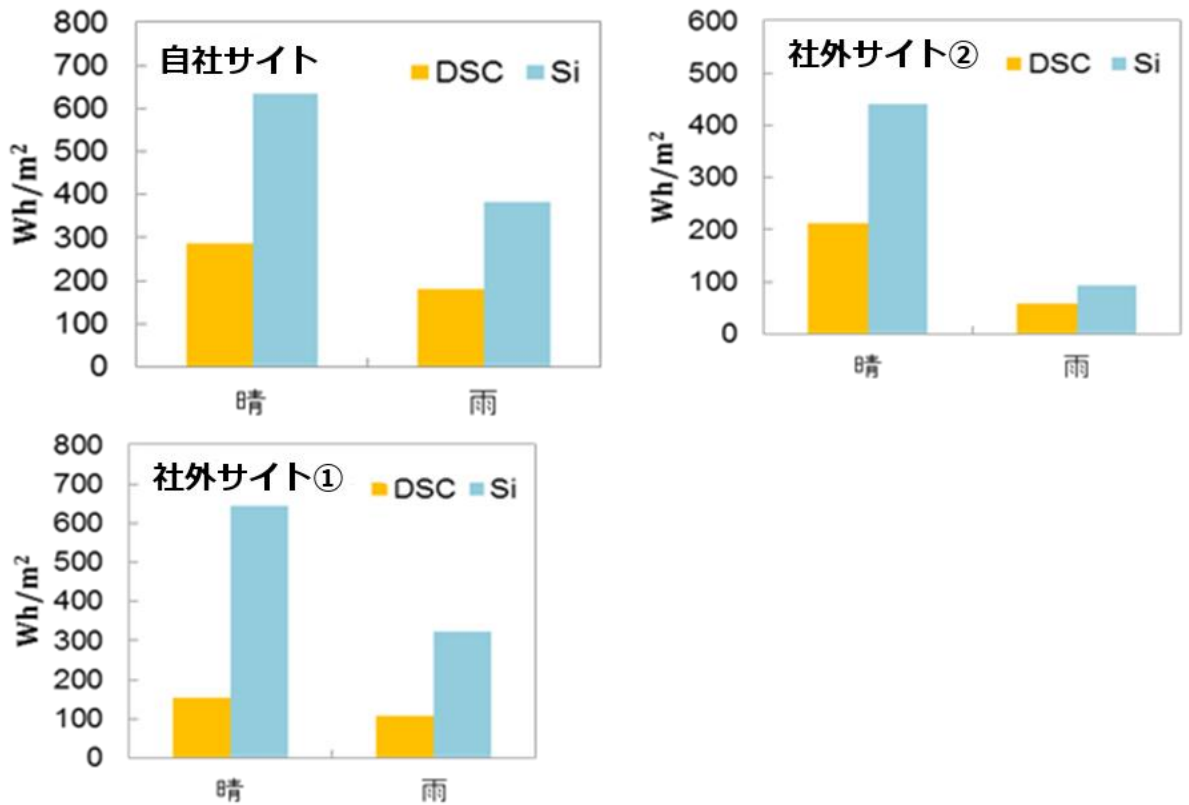


図 III-2-D2-1-(6) 晴天及び雨天時の自社サイト、社外サイト①、社外サイト②
それぞれの南斜面に設置した 50cm 角モジュールと Si 太陽電池の発電量比較
計測時期:2~4 月

(3) -d 社外フィールド試験サイト③

社外フィールド試験サイト③の渡り廊下部に 50cm 角モジュールを壁面設置し、フィールドテストを行った。本サイトでは DSC が有利となる北側壁面での出力特性と耐久性を評価した。

図 III-2-D2-1-(7) に廊下部北壁面に設置した 50cm 角 DSC モジュールと Si 太陽電池の夏及び冬の晴天時の発電量を示す。どちらの季節においても、(3) -a と同様に、DSC モジュールの発電量は比較の Si 太陽電池よりも高くなった。

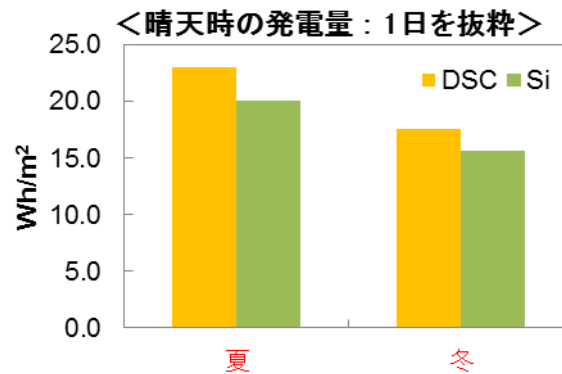


図 III-2-D2-1-(7) 社外フィールド試験サイト③の廊下部北壁面に設置した
50cm 角 DSC モジュールと Si 太陽電池の発電量の比較
夏:7 月、冬:12 月 いずれも晴天時の計測結果

図 III-2-D2-1-(8)は北壁面に設置した 50cm 角 DSC モジュールと Si 太陽電池の出力を経時的に測定した結果である。1 年を通して 50cm 角 DSC モジュールが安定して発電していることを確認できた。

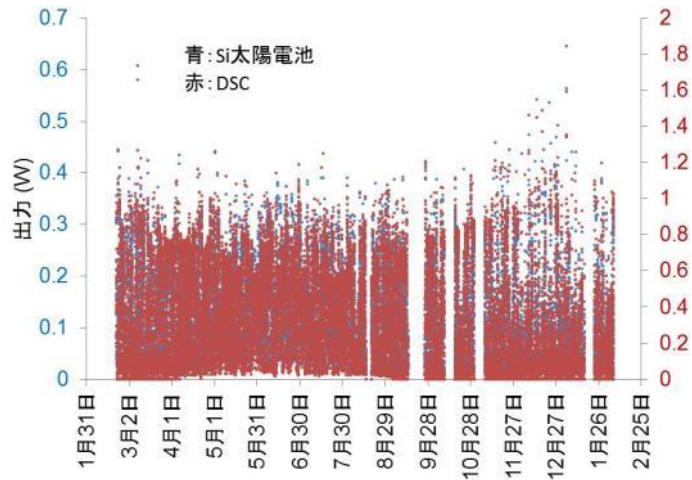


図 III-2-D2-1-(8) 50cm 角 DSC モジュールと Si 太陽電池の出力の継時測定結果

(3) -e 社外フィールド試験サイト④

社外フィールド試験サイト④は寒暖差が大きく日射量が多い地域であり、太陽電池を使用する上で厳しい環境と言える。この社外フィールド試験サイト④の南斜面に 50cm 角 DSC モジュールを設置し、その耐久性評価を行った。設置前と、設置後約 1 年経過したモジュールを疑似太陽光照射下で IV 測定した結果を図 III-2-D2-1-(9)に示す。発電性能は設置前から低下することはない、むしろ向上する結果となり、開発した 50cm 角 DSC モジュールが、寒暖差が大きく日射量が多い環境でも、1 年以上の使用に耐え得る耐久性を有することを確認できた。

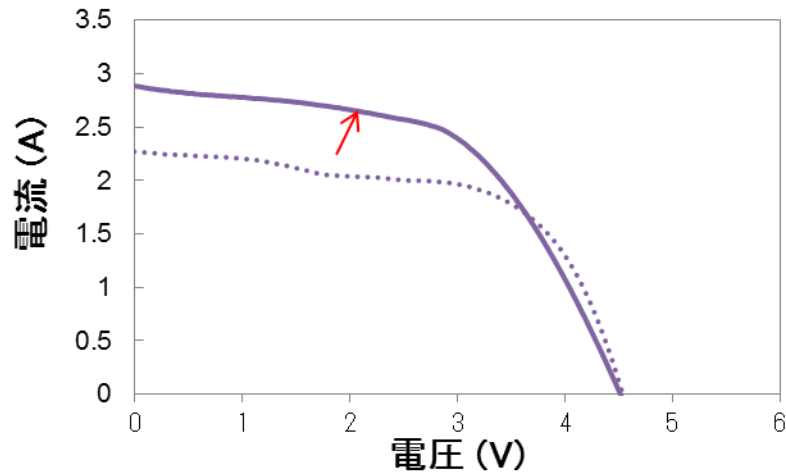


図 III-2-D2-1-(9) 社外フィールド試験サイト④に設置した 50cm 角 DSC モジュールの発電性能変化 点線:設置前 実線:1 年経過後

(3) -f 社外フィールド試験サイト⑤

実際の使用環境を想定した応用センシングシステム実証試験として、人感システム電源に DSC モジュールを適用する検討を行った。

本システムの従来基板において消費の大きかった部品を再選定して既存回路から 1/5 の低消費電力化を行ったうえで、開発した人感システムに 50cm 角 DSC パネル 2 枚を直列接続して電力供給を行ったところ、1,000 lux 以上の照度で安定動作することを確認できた。図 III-2-D2-1-(10) に 2,000 lux 環境下での動作状態をモニタリングした結果を示す。日中何度も人感通知ブザーが動作したことが確認できる。ただし、室内を含む任意の箇所に設置することを考えると、照度が 1,000 lux 以下になる場所も多く、サイトへの設置は見送った。より使いやすいシステムにするためには消費電力のさらなる低減と DSC の効率向上が必要である。

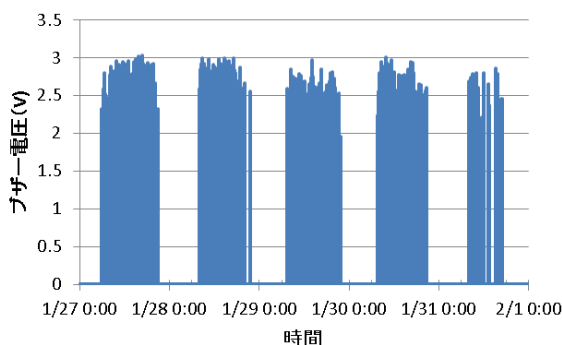


図 III-2-D2-1-(10) ブザー電圧

これらのフィールドテストの途中で故障したモジュールは回収し、原因の解析と対策を行った。故障原因は以下のようなものがあった

a. 積雪によるガラス表面 UV カット樹脂の剥離

DSC を UV 光から守る UV カット塗膜は耐候性試験(サンシャインウェザー試験、クロステープカット試験、ヒートサイクル試験、ヒートショック試験)をクリアしているが、フィールド試験時において、塗膜面に雪が積もった際に剥離するケースがあることがわかった。対策として、より安定した新たな UV カット剤の選定・評価を実施した。新規選定品では、降雪時の剥離トラブルは解消した。

b. 寒暖差によるガラス表面 UV カット樹脂の剥離

寒暖差の大きい社外フィールド試験サイト④に設置した 1 部のモジュールで新規選定の UV カット塗膜でも剥離が生じることがわかった(他のサイトでは起こらない)。この剥離は、塗膜の膜厚ムラが比較的大きい場所で生じており、膜厚均一性の管理条件をより厳しく設定する必要があることがわかった。

c. 異物による集電配線腐食

複数の試作モジュールにおいて設置直後に集電配線と電解液が反応して腐食し、故障するものが生じた。故障解析を行ったところ、配線保護膜に異物の混入が見られ、さらに異物の解析結果から混入経路、原因を特定した。工程の見直しを行い、この様な異物混入を生じないようポイントとなる部分のクリーン化を徹底した結果、設置直後の配線腐食故障はほぼ解消した。

d. ピンホールによる集電配線腐食

前出のクリーン化の対応を行うことで集電配線腐食が生じなくなったものの、引き続きモジュール作製を続けるうち、再度集電配線の腐食が多発するようになった。配線の顕微鏡観察を行った結果、腐食の発生したモジュールでは集電配線保護膜に多数のピンホールが観察されたが、材料を改良することで従来より簡素でピンホールのない集電配線が成膜可能となった。

(4) まとめ

以上の通り、2 年間の助成事業の中で集電配線大型 DSC モジュールの製造プロセス技術開発及び実証評価試験を行い、実際の環境で使用した際に高い効率を示す DSC モジュールを、高い歩留まりで製作するための基礎的な技術を得ることが出来た。また実際の使用中に発生するいくつかの不良についても、原因を解明し、解決をすることが出来た。現在製作できる DSC モジュールは少なくとも

北向きなどの使用で従来の太陽電池をしのぐ性能を発揮し、1年以上の使用に耐えることを示すことが出来た。

D2.2 実用化・事業化見通し

D2.2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

フジクラでは DSC 実用化の入り口としてエネルギーハーベスティング（環境発電）の分野、次のステップとして BIPV など屋外の日射制限のある場所での発電用途への適用を考えている。エネルギーハーベスティング分野は当該分野に係わる市場の規模が急速に成長すると見込まれており、2020 年には 12 兆円の市場規模に至るとの報告がある。このうち、ここに適用される太陽電池モジュールのマーケットは 2500 億円程度と試算されている。当初の環境発電では μ A オーダーの微小消費電力の装置を小型太陽電池などで動作させるパターンが多くなると見込まれるが、本助成事業でフィールド実証を行った集電配線型 DSC モジュールは北面への設置でも 0.1~0.5W 程度の電力供給が可能のため、従来の小型太陽電池や一次電池では十分な電力が得られず、日照の向きや商用電源の用意など、設置場所・設置条件に大きな制約を受けていたが、本事業の技術を利用することで非常に自由度の高い設置が可能になると考えている。このような用途は東日本大震災後に特に要望が高まってきている。この技術は日本国内のみならず、電化の進んでいない地域を含め世界的に展開可能なものであり、周辺システムも含めて関連技術・商品の海外輸出が期待出来る。

主たる設置先には道路、鉄道、河川敷、山間部などが挙げられるが、これらの場所を管理するインフラ事業者に対しては、電力・通信ケーブル等の販売・工事/施工・サービス提供と言った当社の既存営業ネットワークを活用することが可能で、（その他の潜在顧客を含め）展示会などの機会を利用して探索を進めていく。

事業化の障害となる要因には、原材料の安定確保と他社特許回避の問題がある。DSC はこれから急速に立ち上がる製品であるため、現段階で専用品材料（酸化チタンナノ粒子や色素など）の供給体制が万全とは言えず懸念がある。また近年 DSC に関する権利範囲の広い特許が複数成立しており、これらについて使用権の取得も必要となる。これら 2 つの課題は自社では対応出来ないが、DSC 事業化を見込む他のメーカーと公的機関の間で強固に連携して交渉を進めていく必要がある。

D2.2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

展示会における市場へのアピールや、既存営業ネットワークなどを活用して屋外用途への DSC 顧客の探索を進めている。

具体的な取り組みとしては、潜在顧客に対し DSC の発電能力の理解を深めるため、弊社が別途屋内用途向けに開発し、既に実用化している DSC と、それを電源とした客先評価用小型ワイヤレスセンサーネットワークシステムを活用し、本事業の具体化に向け、貸し出しによる実証テストや実働デモンストレーションといった顧客探索活動を進めている。このような活動が結果的に本事業の実用化に向けた成果にも繋がる見込みである。

D2.2.3 成果の実用化・事業化の見通し

現在までの顧客探索状況から DSC の性能/特性に需要があることははっきりしている。顧客は室内のような極低照度で設置工事、メンテナンスフリーでデバイスを動作させるような典型的なエネルギーハーベスティングだけでなく、屋外のある程度明るい場所で、日射状態や方角を気にせず太陽電池独立電源が設置ができることにも興味をもつ例が少なからずあるため、このような用途では本委託事業で開発した北壁面設置で最適な性能を発揮する集電配線型 DSC が適すると考えている。ただし、上述の通り事業化の障害となる特許や原材料の課題については早急に解決していく必要がある。

D2.3 波及効果

本研究成果による DSC は、林間やビルの壁面などの日陰を含む、設置環境を問わない屋外用電源として最適なものであり、屋外エネルギーハーベスティングシステムの有力電源である。そのため、立ち上がりつつある広域ワイヤレスセンシング分野の市場拡大に貢献が期待される。このような分野は、例えば NEDO で現在実施中の「社会課題対応システム開発プロジェクト」（ロボット・機械システム部）や、「クリーンデバイス社会実装推進事業」（電子・材料・ナノテクノロジー部）などで技術開発が進められており、その関連成果を実製品に応用する際の駆動電源用途として本成果は大いに利用され、顧客利便性を高めるものと期待される。

D2.4 今後の展開

本研究成果の DSC を実際に想定分野（広域ワイヤレスセンシング分野など）へ適用していくためには、DSC モジュール単独ではなく、蓄電や電圧変換などを含めたシステムとしての安定電源供給を可能とし、そのうえでのさらなるコストダウンが必要となる。動作電圧向上を含めた出力向上を行うことで、構造が簡素でデザイン自由度の高い単セルモジュールによる電源システムを製作できるようになるため、太陽光発電システム次世代高性能技術開発の継続研究によりこの実現を狙う。また屋外用 DSC モジュールは過酷な条件で長期間使用されるため、実環境での長期信頼性試験を引き続き継続し、実寿命（MTTF）解析と、信頼性評価方法の標準化を進める必要がある。このため本研究開発の成果の活用と、自社試験サイト評価を継続して実施していく。ただし10年を超える長期の信頼性を実際に確認するには当面至らないことから、当初は短期保証の用途で顧客/市場探索を進めて行き、需要の動きに注目しながら適切な時期に生産を開始する。これにより拡大市場での実績を作り、安定顧客の確保による販売量拡大とコストダウンを狙う。

D2.5 論文、特許、学会発表等

本事業における論文、特許、学会発表は無し。「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」における株式会社フジクラの成果については「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」の事業原簿参照

【特許】

なし

【論文・学会発表】

なし

【受賞】

なし

E 有機薄膜太陽電池の生産プロセス技術開発および実証化検討

E.1 成果詳細

本事業の実施計画時に予定若しくは検討した有機薄膜太陽電池（以下 OPV）の実証試験場所は以下の通り。

1. 三菱化学事業所内
2. 岡山県
3. 倉敷市
4. 北九州市
5. 仙台市科学館
6. 仙台国際センター内渡り廊下
7. 竹中工務店 技術研究所内
8. 大成建設 技術センター内 ZEB 実証棟
9. 首都高速道路 代々木パーキングエリア内

結果、ほぼ上記通り、また産総研他追加含め、下表に示す11件の実証試験設備を設置し、現在試験中である（2017年2月まで継続する予定）。

【表 III-2-E-1-(1)】実証試験一覧

場所	平成25年度			平成26年度							
	首都高速代々木P	竹中工務店	岡山県庁	大成建設	アールエム仙台市科学館	弊社四日市事業所内	産総研九州センター	首都高速用賀P	弊社水島事業所内	弊社横浜研究センター内	仙台国際センター
	屋内	屋内	屋内	屋内	屋内	屋外	屋外	屋外	屋外	屋内	屋内
開始	2013/11/26	2013/11/27	2014/2/20	2014/5/29	2014/6/27	2014/10/10	2014/12/11	2015/1/29	2015/2/7	2015/2/10	2015/2/20
目的	窓際立掛実証	日除け実証	ガラス重ね合せ実証	ZEBシステム実証	窓設置実証	実証基礎データ	アルミ複合板屋外耐久実証	ガラス垂直屋外設置実証	実証基礎データ	窓設置実証	窓設置実証
システム	独立電源 LED + フォトルーム	独立電源 LED	独立電源 LED + フォトルーム	系統連系 (ZEB消費)	独立電源 LED	独立電源	系統連系	独立電源 LED	系統連系 (系統消費)	独立電源 (ZEM表示)	系統連系 (系統消費)
タイプ	フレキシシースルー	アルミ複合板ルーバー	ガラスシースルー	ガラスカーテンウォール	フレキシシースルー	ガラス/バックシート	アルミ複合板屋外	ガラス屋外シースルー	簡易フレキシ	フレキシシースルー	フレキシシースルー
写真											

本事業では、OPV モジュールの性能把握の為に屋内外曝露試験に加え、具体的な用途として建材一体型 (BIPV) を志向した実証試験も行っている。

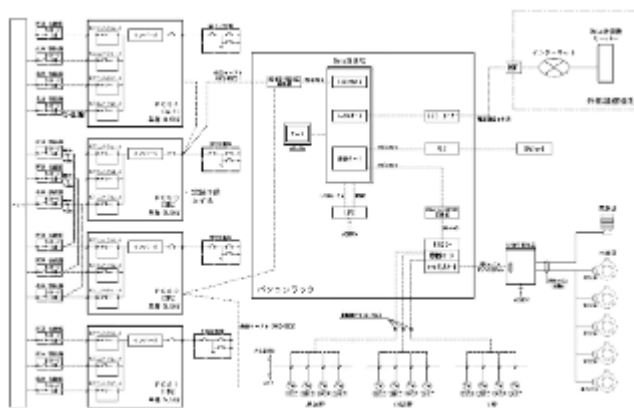
一方、計画していた自動車用途 (AIPV:Automotive Integrated Photovoltaics) の実証試験については、OPV モジュールの変換効率がまだ低く、利用面積に限られる自動車への実装試験には至らなかったが、今回の屋内外曝露試験で一部代替していると考えている。後述するように、OPV の発電力は初期安定化後一定の寿命が見込まれ、更なる改良により車体やウィンドウ貼り付けによる車載用途が可能であることが示された。

以下、実施計画で挙げた開発項目ごとに成果を述べる。

①太陽光発電システム設計

OPV の発電力を具体的アプリケーションに適用しつつ、その実用性を実証する為のシステムを提案/設計し、展開した。太陽電池モジュールのタイプ及び設置面積 (容量) に応じた用途 (負荷) を適切に選定し、様々な用途/アプリケーションへの適用可能性を実証できた。

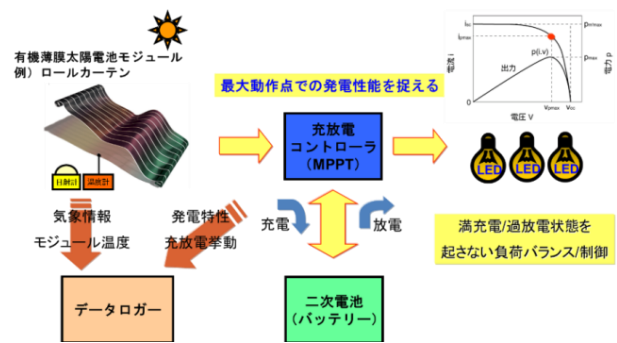
とりわけ大容量設置が可能なケース (大成建設 ZEB 実証棟ガラスカーテンウォール仕様) においては、従来のシリコン結晶系タイプやアモルファスシリコンタイプの太陽電池同様 汎用の PCS (パワーコンディショナーシステム) を用いた系統連系での用途に適用可能であることを示した (図III-2-E-1-(1))。



【図 III-2-E-1-(1)】
系統連系システム例(大成建設 ZEB 実証棟)

一方で中/小容量設置のケースではオフグリッド (独立電源系) 構成を構築し、照明やサインエネ用途への実用性を示すことができた。オフグリッド (独立電源) タイプでは、2次電池が過充電もしくは過放電状態に陥らないようにバランス設計を行い、MPPT による太陽電池発電性能の最大ポテンシャルをモニターしつつ、システムとして実用的なアプリケーションへの適用の実証を目的に構成した。(図III-2-E-1-(2))

本実証試験では、一部を除き小容量（100Wp 以下）の独立電源系にて得られた電力の利用法を具体的なアプリケーションを用い、実用性を示してきた。しかし、小容量故に、負荷とのバランスが崩れる（建物影、不日照日の連続）と2次電池が過放電状態に陥りやすい。汎用の充電コントローラやインバータの過放電防止装置の殆どが2次電池電圧のみを監視するものであり、ポンピング現象等によって急速に2次電池電圧降下が生じると、これらの防止機構が誤作動し、システム停止が頻発しかねない。今回、本実証試験（仙台市科学館以降）では、この電圧監視に加え直流電力計を導入し、発電量をモニターしつつ、この発電量に応じた負荷消費量を選択しバランスさせる制御手法を採用した（図Ⅲ-2-E-1-(3)）。

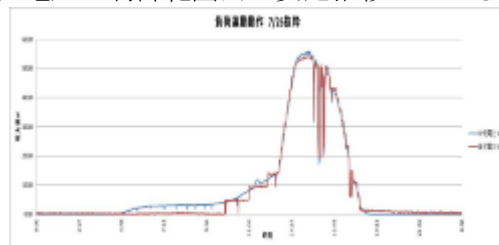


【図 Ⅲ-2-E-1-(2)】独立電源系の実証試験システム基本構成

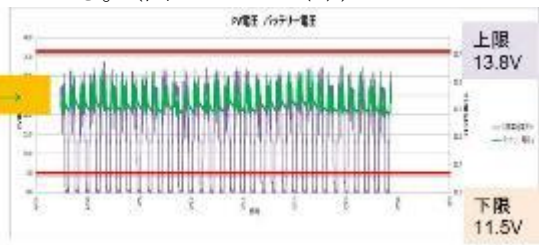


【図 Ⅲ-2-E-1-(3)】発電量-負荷連動制御 構成図

これにより 発電量推移に対して負荷消費電力が追従して制御され（図Ⅲ-2-E-1-(4)）、2次電池電圧が制御範囲内で安定推移していることが示されている。（図Ⅲ-2-E-1-(5)）



【図 Ⅲ-2-E-1-(4)】発電量および負荷消費電力推移



【図 Ⅲ-2-E-1-(5)】バッテリー電圧推移

②太陽光発電システム（モジュール）試作

1) 有機半導体の大量合成とハンドリング技術の確立

OPV に用いる p 型有機半導体の開発では、発電特性のみならず溶解性、調液したインクの粘度安定性、塗布膜の耐熱性など Roll to Roll プロセス適性が期待される有機半導体のスクリーング合成・評価を行い、そこから選出された化合物の量産化技術を開発し、70g スケールの量産試作（外部委託）に成功した。同時に、分子構造の簡素化、原料調達先多様化、および合成スキーム合理化（反応条件・精製法簡素化など）が奏功し、コストダウンが大きく進展した。

また、この p 型有機半導体材料を用いた発電層インクの組成検討では、インク安定性・成膜性・プロセス条件影響度・素子特性・素子耐久性の評価から、有望な系統について三菱化学横浜研究所小型ロール塗布機にて Roll to Roll 塗布評価を行った。そこでは、発電層の上下に積層する正孔輸送層や電子輸送層とマッチングさせるべく、塗布欠陥（ハジキ、スジ、ムラ等）を極力解消し、層間接着を向上させた（図Ⅲ-2-E-1-(6)、実生産や商品レベルで十分とは言い難いが、本事業向けには適用可能なレベルまで改良できた）。



【図 Ⅲ-2-E-1-(6)】Roll to Roll 塗布評価

加えて、実用性に優れ Roll to Roll 工程に適合する、透明電極や電荷輸送層を開発した。即ち、透明電極は薄く（＝面積単価安く）比較的低温で成膜できる電極を採用した。電子輸送層（ETL）は安価な材料により形成した。正孔輸送層（HTL）は、当該塗布膜の機械強度を改善した。

OPV セルの封止についても検討した。特に OPV の場合には、水分（と酸素）によるダメージを受けやすいことから、水蒸気（ガス）バリアが重要である。本開発では多様な設置が可能で意匠性が高いシースルー OPV フィルムモジュールを構成する封止層構成(図Ⅲ-2-E-1-(7))の基本設計を行った。各材料の最終候補（一覧を表Ⅲ-2-E-1-(2)に示した）の組合せ性能、開発段階、及び販売実績を勘案し、バリアフィルム A/シール材 A、バリアフィルム B/シール材 B の組合せを採用した。



【図 Ⅲ-2-E-1-(7)】
シースルー OPV 封止構造

【表 Ⅲ-2-E-1-(2)】封止部材最終候補一覧

メーカー	A 社 バリア A	B 社 バリア B	C 社 バリア C		
透湿度 (g/m ² ・day)	10 ⁻³ 台	10 ⁻⁴ 台	10 ⁻³ 台		
光線透過率(%)	86	約 90	約 90		
素子封止性能	(Ref.)	大幅向上	向上		
調達	製品	量産試作品	開発品		
備考		○透明性高く外観良好 ○封止性高い	×開発段階で量産試作には検討要		
メーカー	D 社 シール A	E 社 シール B	F 社 シール C	G 社 シール D	
透湿度 (g/m ² ・day)	20	9	64	32	
光線透過率(%)	約 90	90	約 90	約 90	
調達	製品	外注試作品	製品	開発品	
素子封止性能	(Ref.)	○	△	△	
		(ref よりやや低め)			
接着	バリア A バリア B	>10N/inch 数 N/inch	>30N/inch 15N/inch	9N/inch 数 N/inch	>30N/inch 数 N/inch
備考		○透明、外観良好 ○素子封止良好	△素子封止低め ×接着低い	△素子封止低め ×量産試作検討要	

2) 生産技術の確立

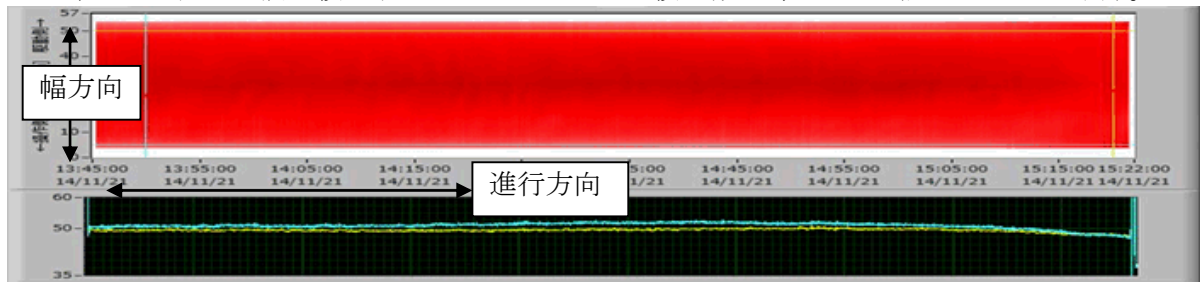
実証試験用 OPV モジュールの Roll to Roll 試作を通し、発電層/バッファ層/電極層のウェットおよびドライ成膜、モノリシックかつ多セル直列構造を形成するパターンニング、及びバリアフィルムとシール材を用いたラミネート封止などを中心とした OPV 生産技術開発を実施した。結果、薄膜太陽電池の形成された長尺基材の Roll to Roll 搬送技術を確立する等、Roll to Roll 生産技術実用化の目処を得ることができた。

また、本事業期間中全 30 回の試作検討における歩留りを、代表例で解析したところ、Roll to Roll プロセスからシート（枚葉）へ切り出した後、枚葉プロセスにおける不良発生比率が大きかった。特に封止プロセスで発生する皺や気泡などによる外観不良（性能には問題ないと思われる）が主な不良原因であり、枚葉加工技術の改善も行った。

また、試作装置のハード面の改善も実施した。以下に例示する。

- ・ロールコーターで、塗布乾燥面の傷つき防止の為に、パスライン(フィルムの通過するライン)と EPC (端面位置制御) ラインを変更した。

- ・フィルム全面の色調を検査するためのインライン検査機を導入した (図 III-2-E-1-(8))。



【図 III-2-E-1-(8)】色調検査結果例

- ・有機層膜厚測定に用いるセンサーを改良し、従来より多くの材料の膜厚測定を可能とした。
- ・レーザーパターニング装置の除塵システムを改良した。

3) 大型モジュールの確保

三菱化学水島事業所 OPV 試作設備で試作したシースルーOPV フィルムを使用して、必要に応じ三菱化学四日市事業所の大型太陽電池モジュール試作設備にて追加加工し、実証試験用モジュールを試作した。以下に例示する。



【図 III-2-E-1-(9)】

シースルーガラス型モジュール (1.7m×1.5m)

- ・ [表]透明フィルム/OPV フィルム/金属樹脂複合板 [裏] で貼り合せたパネル型モジュール (約 1.8m×0.2m, 他)
- ・ 薄板ガラス/OPV フィルム/薄板ガラスで貼り合せたシースルーガラス型モジュール (最大約 1.7m×1.5m, 図III-2-E-1-(9)、他)
- ・ [表]透明フィルム/OPV フィルム/アルミバックシート [裏] で貼り合せたシート型モジュール (約 1.7m×0.6m)

③太陽光発電システム設置・施工

各種 OPV 太陽電池モジュールについて、屋外実証 7 件、屋内実証 4 件、計 11 件の太陽光発電システムの設置および施工を行い、発電データの取得を開始した。表III-2-E-1-(3)に示すように多種モジュール、多用途での多岐にわたる太陽光発電システムの設置、施工を通し、使用環境 (屋内-屋外、垂直-傾斜、等)、モジュール性能、発電システムの異なる様々な用途へ OPV モジュールが適用できる可能性を示した。また、表III-2-E-1-(4)に示したように、モジュールタイプの違いによる影響を検証する目的の設置・施工も行った。

【表 III-2-E-1-(3)】実証試験用 OPV 発電システムの設置、施工分類

モジュールタイプ	屋内外	設置面 (方位, 角度)	発電システム	設置場所
パネル	屋内	ルーフ (南)	独立電源	竹中工務店
	屋外	水平 (南, 傾斜 26°)	系統連系	産総研九州
シースルーガラス	屋内	垂直 (南)	独立電源	岡山県庁
	屋内	垂直 (東西南北)	系統連系	大成建設
	屋外	垂直 (南)	独立電源	用賀 PA
シート	屋外	水平 (南, 傾斜 5°)	系統連系	水島事業所屋外暴露場
シースルーフィルム	屋内	垂直 (南東)	独立電源	代々木 PA
	屋内	垂直 (西)	独立電源	仙台市科学館
	屋内	垂直 (南北)	独立電源	仙台国際センター
	屋内	垂直 (南)	独立電源	横浜研究所ゲスト棟

【表 III-2-E-1-(4)】 OPV モジュールタイプ比較実証用設置、施工

モジュールタイプ	屋内外	設置方式	発電システム	設置場所
パネル シースルーガラス シート	屋外	水平(傾斜5°、南)	系統連系	水島事業所屋外暴露場

④実使用環境下でのデータ収集・評価分析

OPV モジュールの実証試験発電データ解析により、OPV 特有の発電特性の知見が得られ、ラボ実験データとの比較検証による確認および考察を行った。今後は、設置後2年間（最長2017年2月まで）の試験を継続するが、特に

- ・窓貼り設置への方位・緯度の影響の知見
- ・屋外設置での OPV 発電挙動の屋内設置との比較
- ・モジュール発電寿命の推定（屋内、屋外）
- ・発電シミュレーションによる発電予測

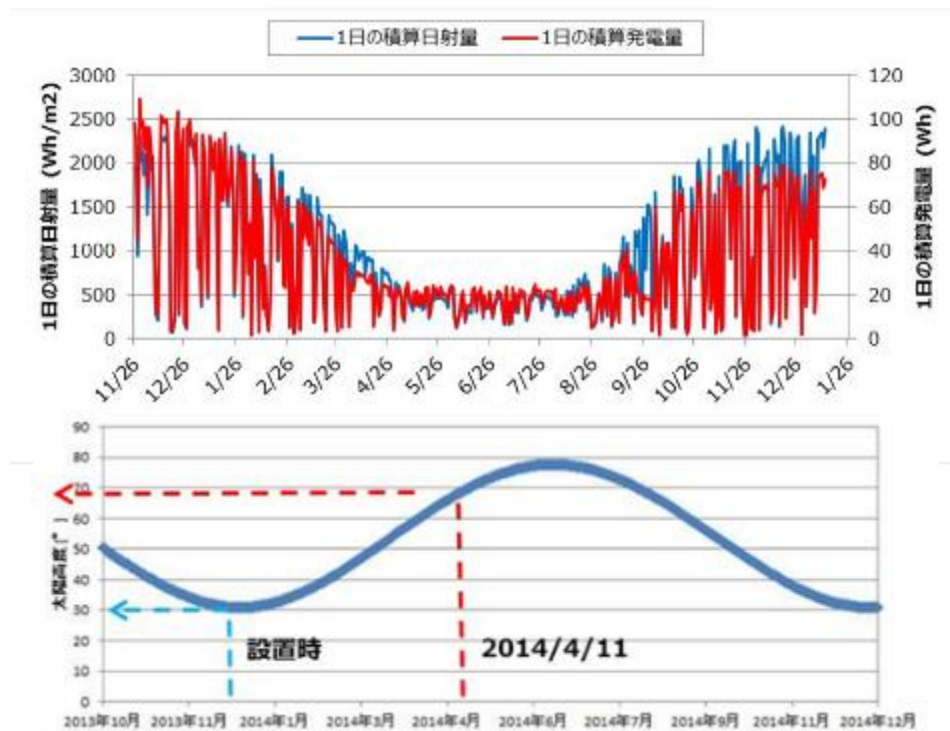
が成果として得られる予定である。さらに、発電寿命推定の結果を基に、発電シミュレーションと組み合わせた各種用途での OPV システムの年間発電量予測が可能になると見込んでいる。

現在、途中経過として以下の結果が得られている。

1) 季節変動

首都高速 代々木パーキングエリアでの実証試験（2013/11/26～）において、南に向けた窓辺へ屋内側から立てかけた OPV モジュールの発電量を経時で追跡している。

1日の積算日射量と積算発電量(3 並列モジュール合計)の日毎の変化を図III-2-E-1-(10)に示す。夏至前後で日射量、発電量ともに落ち込みが観測され、その原因は建物外壁の軒からの影であった。太陽の南中高度(図III-2-E-1-(11))と発電挙動がほぼ真逆になっている。垂直設置においては太陽光の放射強度よりも、入射角度(と設置方位)が支配的となる。さらに本件の様に窓ガラスを介すると、ガラス面での太陽光反射の角度依存により、この傾向がより顕著になると考えられる。

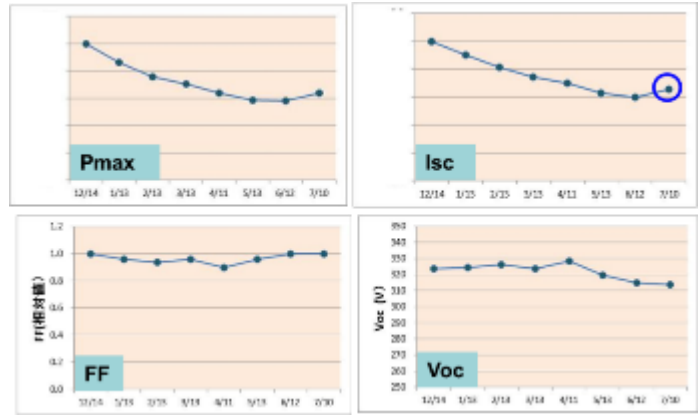


上：【図 III-2-E-1-(10)】 1日の積算日射量および積算発電量の経時変化

下：【図 III-2-E-1-(11)】 南中高度の季節変動（国立天文台データより）

2) 産総研評価

産総研九州センターでの実証試験（2014/12/12～）では、全実証試験中唯一、系列毎の IV 特性が計測されるため、IV 測定で得られる短絡電流 I_{sc} 、開放電圧 V_{oc} 、フィルファクター FF も含めて、考察が行える。途中経過として設置後 9 ヶ月間の経時変化（南向き傾斜角 26° 、晴天時正午の IV 測定データ）を図 III-2-E-1-(12) に示す。ここでは、 P_{max} と I_{sc} が連動して低下後、夏になって向上に転じている。一方で、 V_{oc} と FF はほとんど変化しないことから、等価回路における直列抵抗や並列抵抗の悪化ではなく、即ち腐食、断線、短絡等の回路の劣化とは考えられない。ラボでの検討結果を考え合わせると、これはアモルファスシリコン系等で生じる光安定化（効率低下）現象であると考えている（メカニズムは諸説あり、別途研究中）。この現象が夏にさしかかる頃に安定し、モジュール温度の上昇に伴い、正の出力-温度係数を有する OPV モジュールの出力が上昇に転じたものと思われる。

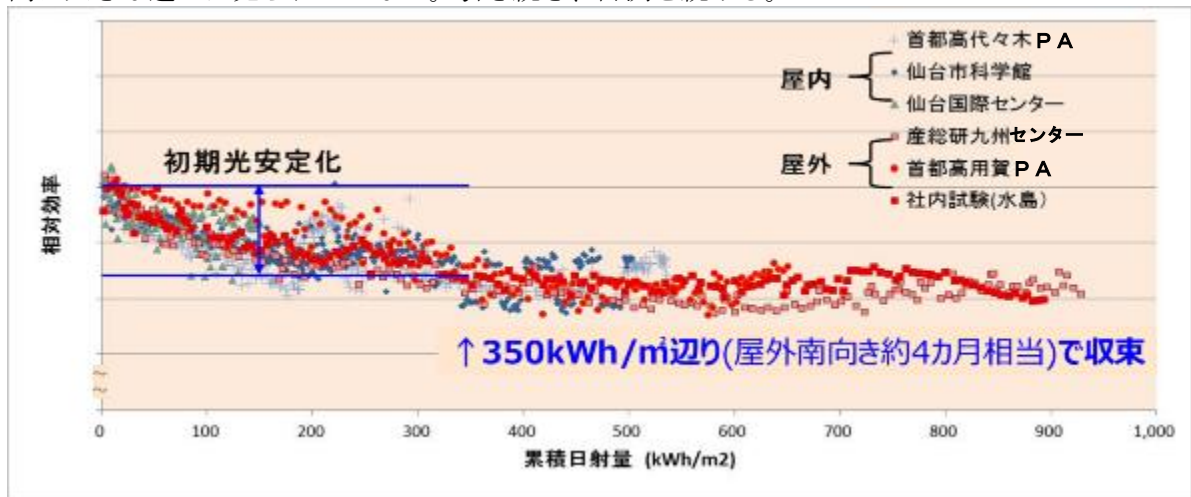


【図 III-2-E-1-(12)】

産総研屋外曝露の経時変化

3) 経時劣化

屋外と屋内の実証試験の代表例について、経時変化を図 III-2-E-1-(13) に示した。各試験間で設置方位・角度が異なり日射強度の違いはあるものの、累積日射量で整理すると、アモルファス Si と同様の初期光安定化がみられ、累積日射量が $350\text{kWh}/\text{m}^2$ 辺り（屋外南向き 30° 傾斜設置の場合 3～4 か月に相当）で収束している。また、その後の発電挙動含め、屋内設置と屋外設置の間に大きな違いは見られていない。引き続き、計測を続ける。



【図 III-2-E-1-(13)】屋内外曝露（代表例）の

以上、Roll to Roll プロセスによる OPV の製造技術を開発し、全国各地で実証試験を行い、現時点までに OPV の高い実用性を実証できた。引き続き OPV の実証試験を継続しつつ、気候変化や設置環境の影響を長期的に評価・解析し、更なる性能向上に資する技術開発へつなげたい。

E.2 実用化・事業化見通し

E.2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

これまで太陽電池の用途としては結晶系シリコンを中心とした太陽電池によるメガソーラーや住宅用途等、平置き中心であった。また、近年、建物の省エネや災害時における機能維持に関する要求が高まっており、快適性を損なわずに消費エネルギーを削減し、その上で必要なエネルギーを再生可能エネルギー等で賄うことで省エネを実現する方向に向かっている。面積的、形状的に平置きに限りのあるビル用途等への設置多様化を可能とする新タイプの太陽電池の実現が求められている。既存の太陽電池は結晶シリコン系などの無機物が一般的であるが、重く、硬く、設置方法も平置きが中心であり、使用用途が限定されている。本テーマでは有機系太陽電池の特徴である軽量性、柔軟性、光透過性や色調といった優れた意匠性などを特長とした新しいコンセプトの太陽電池を提案し、これまで適用できなかった分野への用途拡大を行い、事業化を進めていく。

E.2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み

プレ・マーケティングとして、既存太陽電池の置き換えのみならず、設置多様化、エネルギーの地産、地消に貢献する多種多様な用途を考慮したサンプルを作成し、用途展開が期待できる各方面に評価していただいている。

また、実証実験にて有機太陽電池の優位性などを検証し、有機太陽電池の特長を把握、商品としての性能、信頼性などの諸特性の向上を検討中である。

一方、安価に量産できるための製造設備の設計検討は同時並行で検討している。

E.2.3 成果の実用化・事業化の見通し

用途展開として最近プレスリリースした透明性等意匠性や設置の容易性に特長を有する太陽電池を、市場に展開中である。窓や壁面などを有効活用しこれまでの既存太陽電池では対応が困難な市場分野であり、競合もなく、十分な性能、品質、価値があれば事業化の可能性も高い。今後の省エネ社会、地産エネルギー社会の実現に貢献する省エネビルや ZEB 本格化前/後の既築物件に対応できる太陽電池として事業化を推進していく。

E.3 波及効果

平置き中心であった従来の太陽電池から、今回開発した有機薄膜太陽電池は透明等意匠性や設置容易性などの特長から、ビル壁面等垂直面等への適用が可能である。国土交通省統計、資料から推算すると太陽電池設置可能性は従来の無機系太陽電池に比し、数倍に広がると見積もられる。

また、電力消費の多い都市部で発電するため、原子力発電所や水力発電所のある遠隔地からの送電の必要性は少なく、送電ロスなど少ない。加えて、主に経済活動が活発な昼間に発電するので、昼間電力ピークカットの効果もあり、単純な発電量増分の効果だけでなく、それ以上のエネルギー市場への波及効果があると考えている。

E.4 今後の展開

省エネ、地産地消エネルギー社会の実現のため、従来の系統連系電源だけでなく、エネルギー源多様性の推進や、災害、ピークカット、地域、場所単位の発電・消費が求められている。そのためには、従来の屋根やメガソーラーといった平置き用途だけでなく、パネル設置場所が限られる都市部においては、適用できなかった壁面、窓へ太陽電池を展開する必要がある。軽量性、柔軟性、光透過性や色調といったデザイン性の特長を有する OPV を活用し、省エネ、創エネに貢献できる新市場への展開を図っていきたい。

E.5 論文、特許、学会発表等

	H24	H25	H26	終了後	計
特許出願（うち 外国出願）	0	2	3	0	5件
論文（査読付 き）	0	0	0	0	0件
研究発表・講演 （うち国際会 議）	0	2	2	0	4件
新聞・雑誌等へ の掲載	0	15	10	13	38件
受賞実績	0	0	4※	0	4件
展示会への出展	0	6	7	0	13件

※大成建設 ZEB 実証棟としての受賞

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	三菱化学 (株)	特願 2014- 063042	国内	2014 年 03 月 27 日	出願	太陽電池モ ジュール	船山 勝矢 石井 泰助 柏木 拓也
2	三菱化学 (株)	特願 2014- 066836	国内	2014 年 03 月 27 日	出願	太陽電池装置	佐藤 聡 船山 勝也
3	三菱化学 (株)	特願 2014- 115767	国内	2014 年 06 月 04 日	出願	コポリマー、半 導体層形成用組 成物、有機電子 デバイス及び太 陽電池モジュー ル	佐竹 賢一 古屋 光教 藤田 理恵子 河井 潤也 佐藤 済
4	三菱化学 (株)	特願 2014- 160687	国内	2014 年 08 月 06 日	出願	コポリマー、光 電変換素子、太 陽電池及び太陽 電池モジュール	藤田 理恵子 古屋 光教 毛利 和弘 佐竹 賢一 鍋田 真紀 河井 潤也
5	三菱化学 (株)	特願 2015- 026827	国内	2015 年 02 月 13 日	出願	組成物、光電変 換素子、太陽電 池及び太陽電池 モジュール	出島 栄治 武井 出 酒井 良正

【論文・学会発表】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名	査読	発表年
1	山岡 弘明	三菱化学(株)	有機薄膜太陽電池の開発動向と今後の展開	日本写真学会誌 Vo1. 75No. 6, 506		2012年
2	山岡 弘明	三菱化学(株)	フレキシブル有機薄膜太陽電池の開発と今後の展開	化学工学 78(11), 796		2014年
3	山岡 弘明	三菱化学(株)	「有機薄膜太陽電池の開発と今後の展開」(学会発表)	第60回高分子年次大会 特別セッションー高分子・今・未来ー 高分子学会		2013年
4	山岡 弘明	三菱化学(株)	化学で作る太陽電池はどう変わるか(学会発表)	第3回CSJ化学フェスター日本化学会		2013年
5	山岡 弘明	三菱化学(株)	Development of Thin-Film Organic Photovoltaics and Evolution in the Future	AM-FPD'14 国際会議2014 主催：応用物理学会 共催：日本化学会		2014年

【受賞】

- ・BELS 最高ランク「☆☆☆☆」を大成建設 ZEB 実証棟が取得(2014年6月)
- ・CASBEE 最高評価のSランクを大成建設 ZEB 実証棟が取得
- ・「平成26年度 地球温暖化防止活動 環境大臣表彰」を大成建設 ZEB 実証棟が受賞(2015年1月)
- ・LEED 最高ランクのプラチナ認証を大成建設 ZEB 実証棟が取得

※大成建設HP

<http://www.taisei.co.jp/giken/topics/1424246552378.html>

補足資料

【研究発表・講演】

- 2014年7月21日 神奈川県 「薄膜太陽電池キックオフフォーラム」
- 2014年7月10日 日経エレクトロニクス、JOEM「有機エレクトロニクスの次の方向性を考える」シンポジウム
- 2014年1月24日 CEREBE「第11回 CAREBA 技術交流セミナー」
- 2013年7月24日 PVJapan 「次世代太陽電池 ～集光型、有機薄膜型、色素増感型太陽電池の最新動向」専門セミナー

【展示会】

- 2015年2月 NEDO フォーラム (会場：東京国際フォーラム)
- 2014年12月 エコプロダクツ展 (会場：東京ビックサイト)
- 2014年11月 三菱ケミカル ジュニア デザインアワード
- 2014年10月 創エネ・あかりパーク2014 (会場：上野公園)
- 2014年7月 材料フェスタ in 仙台
- 2014年7月 PV JAPAN 旭硝子ブース
- 2014年7月 再生エネルギー展 NEDO ブース
- 2014年1月 炭素の魔法展
- 2014年1月 World Future Energy Summit NEDO ブース (アブダビ)
- 2013年12月 Smart community 2013 in Indonesia NEDO ブース
- 2013年11月 三菱ケミカル ジュニア デザインアワード
- 2013年7月 スリーエム仙台市科学館 特別展
- 2013年7月 再生エネルギー展 NEDO ブース (会場：東京ビックサイト)

【新聞・雑誌等への掲載】

□2015年度

- 2015年10月1日 化学工業日報社 化学経済 有機薄膜太陽電池の開発と市場展開
- 2015年9月30日 フジサンケイビジネス 日本メーカー、「曲がる太陽電池」で反転攻勢、中国製品支配に風穴
- 2015年9月3日 日刊工業新聞 三菱化学、ビル窓の内側に貼るフィルム型有機薄膜太陽電池を開発
- 2015年8月20日 電子デバイス産業新聞 透明発電フィルム 3Mと市場開拓へ
- 2015年8月19日 環境新聞 シースルー発電フィルムを開発／三菱化学
- 2015年8月17日 電気新聞 三菱化学、窓に貼れる薄膜太陽電池を実用化へ
- 2015年8月10日 化学工業日報 透明発電フィルム開発、有機薄膜太陽電池を使用
- 2015年7月9日 日経産業新聞 大成建「ゼロ・エネ」意気込む
- 2015年7月9日 山陽新聞 三菱化学水島 構内に実証施設 次世代太陽電池を試験
- 2015年7月3日 日経産業新聞 大成建、エネ収支ゼロ達成
- 2015年7月1日 化学工業日報 大成建設、国内初の都市型 ZEB、計画・評価用シミュレーター開発
- 2015年6月12日 化学工業日報 岡山特集 三菱化学・水島事業所 (企画記事)
- 2015年6月11日 日刊工業新聞 三菱化学、水島事業所で有機薄膜太陽電池を実証
- 2015年4月1日 日経産業新聞 大成建設、ビル1棟だけでゼロ・エネに

□2014年度

- 2014年9月26日 The Wall Street Journal Japan Pushes Zero-Energy Structures
- 2014年8月21日 日本経済新聞電子版セクション 年間エネルギー収支ゼロ 新技術ずらりの都市型ビル
- 2014年6月24日 日経産業新聞 大成建設「エネ ゼロ」へ一歩、ビル外壁に太陽電池、商業化、課題はコスト削減
- 2014年5月19日 化学工業日報 三菱化学、OPV の変換効率向上へ、15年度モジュールで7%
- 2014年4月23日 半導体産業新聞 三菱化学 発電する外壁開発、ZEB 導入を視野

2014年4月15日 日刊工業新聞 イチ押し環境製品(25) 三菱化学と大成建設—有機薄膜太陽電池外壁ユニット
2014年4月7日 建設工業新聞 太陽電池外壁を開発/ZEB対応へ実証試験開始/大成建設
2014年4月4日 北海道建設新聞 《製品技術》大成建設らが有機薄膜太陽電池ユニットを開発
2014年3月28日 建設通信新聞 外壁発電ユニットをZEB実証棟に導入/大成建設、三菱化学
2014年3月28日 電気新聞 大成建設と三菱化学が外壁向けに薄膜太陽光を開発 ZEB実証棟へ導入

□2013年度

2014年3月26日 化学工業日報 三菱化学—大成建設、有機薄膜太陽電池を外壁材に、ユニットを開発
2014年3月25日 日刊建設工業新聞 大成建設、三菱化学/有機薄膜太陽電池外壁ユニットを開発/ZEB実証棟に導入
2014年3月24日 日刊工業新聞 三菱化と大成建設、ビル外壁で太陽光発電
2014年3月18日 山陽新聞 薄く曲げられる次世代太陽電池、県庁で稼働実験 三菱化学水島が試作
2013年11月20日 日刊工業新聞 三菱化、有機太陽電池実用化へ—「ビル窓発電」実証急ぐ
2013年11月5日 化学工業日報 竹中工務店、三菱化学の有機薄膜太陽電池一体型ルーバーの実証開始
2013年11月5日 日刊工業新聞 竹中工務店、太陽電池一体型ルーバー実用化へ実証開始
2013年11月5日 日刊建設工業新聞 竹中工務店/有機系太陽電池一体型ルーバーの実証実験開始
2013年11月5日 建設通信新聞 竹中工務店/有機系太陽電池一体型ルーバー/外装材適用への実証実験
2013年11月1日 化学工業日报社 化学経済 有機太陽電池で拓く太陽電池の可能性
2013年10月24日 山陽新聞 有機薄膜太陽電池 水島で試験生産スタート 三菱化学 薄くて軽い次世代型 建材、車メーカーにサンプル品出荷 15年度量産化へ
2013年10月24日 日刊工業新聞 三菱ケミ、ビル窓で薄膜太陽電池を実証
2013年7月19日 化学工業日報 NEDO、有機系太陽電池、仙台など各地で実証実験開始
2013年7月17日 河北新聞 有機薄膜太陽電池の発電量や耐久性、2年間実証実験/三菱化学、仙台で
2013年5月20日 交通毎日新聞 首都高 有機系太陽電池の技術開発へ 低コストなど利点、2社と合同PAで実証実験
2013年4月25日 建設通信新聞 首都高、有機系太陽電池の開発へ

以上

添付資料

添付資料1：プロジェクト基本計画

- ・「太陽エネルギー技術研究開発」基本計画

添付資料2：事前評価関連資料

- ・事前評価書
- ・「有機系太陽電池実用化先導技術開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

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、地域住民等の中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CO₂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 cm²）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 cm²）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 cm²）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 of 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 of 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CO₂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CO₂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CO₂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^(※1)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 μm 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 μm 程度の超薄型シリコン基板スライス技術、100 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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 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 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。

事前評価書

	作成日	平成 24 年 2 月 3 日
1. プロジェクト名	太陽エネルギー技術研究開発 研究開発項目③有機系太陽電池実用化先導技術開発	
2. 推進部署名	新エネルギー部	
3. プロジェクト概要（予定）		
<p>(1) 概要</p> <p>1) 背景</p> <p>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。</p> <p>2) 目的</p> <p>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。</p> <p>3) 実施内容</p> <p>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。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。</p> <p>また、この実証研究を通じ、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。</p> <p>(2) 規模 45 億円（想定）（助成事業 [NEDO 負担率 : 2/3]）</p> <p>(3) 期間 平成 24 年度～26 年度（3 年間）</p>		
4. 評価内容		
(1) プロジェクトの位置付け・必要性について		
1) NEDOプロジェクトとしての妥当性		
<p>太陽光発電システムの更なる普及拡大を図るためには、製造原価を安くすることができ、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</p>		

(光強度や照射角度依存性が低い特性をもつ) 有機系太陽電池の市場投入が
欠かせない。

このため、経済産業省は、「技術戦略マップ2010」及び「Cool Earth エネ
ルギー革新技术計画」において、有機系太陽電池を重要技術として位置付け
ている。

NEDOは、「太陽光発電システム次世代高性能技術開発」を平成22年度
からスタートし、有機系太陽電池の材料技術、モジュール化技術等の要素技
術開発を実施している。しかし、これらの成果を実用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。

係る観点から、本実証研究においては、有機系太陽電池の設計・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。

有機系太陽電池の要素技術開発と並行して本実証研究を実施し、有機系太
陽電池の市場投入時期を前倒しできれば、再生可能エネルギーの導入量拡大、
有機系太陽電池国内メーカーの国際競争力確保、新規市場開拓、早期市場投
入による先行者利益獲得等が期待され、その意義は大きい。

他方で、有機系太陽電池の市場の立ち上がりが見えにくい状況で、民間企
業が単独で実証のための投資を行うことは、技術開発にまで立ち返った対応
が必要になることまで想定されるため、投資リスクは高い。現下の市場動向
や経済情勢から民間企業による積極的な投資が厳しい状況にあることも鑑み
れば、NEDOが主導して支援することは妥当である。

2) 目的の妥当性

国内外の研究開発動向について、日系企業は、材料技術、モジュール化技
術の性能では先行しているものの、パイロットライン建設等の生産投資につ
いては、海外企業に比べ遅れている状況である。そのため、本実証事業を通
じ、製品市場のあり方をいち早く示し、企業の生産投資を促すことは喫緊の
課題であり、本実証事業の目的は妥当であると考えられる。

(1) プロジェクトの位置付け・必要性についての総合的評価

本事業は、有機系太陽電池の実用化前倒しに大きく寄与するものであり、エ
ネルギーセキュリティ向上、CO₂排出量削減、国際競争力の強化等に大きく寄
与することから、位置づけ、必要性は妥当と考えられる。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについて

1) 成果目標の妥当性

本事業の目的・目標は、有機系太陽電池を使用した発電システムを試作し
実証・評価することにより、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ことであり、実用化を前倒す趣旨に照らし妥当である。

2) 実施計画の想定と妥当性

有機系太陽電池の実用化前倒しの趣旨に照らし、3年間の事業としている。1年目から2年目の前半に太陽光発電システムの設計・試作を行い、2年目の後半から3年目に設置・実証試験を行うこととしている。事業終了後、企業がすみやかに量産投資、製品販売に着手できるタイムスケジュールとしており、妥当と考えられる。

3) 評価実施の想定と妥当性

研究開発の意義、目的達成度、成果の技術的意義、将来の産業への波及効果等について随時確認を行い、必要に応じて研究開発内容の見直し等を行う。また、外部有識者による事後評価を平成27年度に実施する。

4) 実施体制の想定と妥当性

公募により、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。なお、セル・モジュール試作のための機械装置等費は助成対象外とすることで、企業の自主的な装置導入を促し、実用化に対するマインドの高い企業を選定する。

事業化を企図する企業を主体とした事業であるため、メーカーの競争力の源泉となる太陽光発電システムの設計・試作は競合的に実施する。

他方、実証試験の結果得られるデータの課題分析については、共同で分析するメリットがあるため、NEDOは、実証試験課題検討委員会（仮称）を設置し、助成事業者から提供を受ける実証データを分析。課題抽出をし、対策検討に至るまで支援する。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

実用化・事業化に当たっては、実使用環境下での課題の抽出と用途開拓が大きな課題である。本実証事業では、軽量・フレキシブル性・制約の少なさ・意匠性の特性を活かし、既存の太陽電池では設置が難しい場所への市場開拓の可能性を追求する。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価

本プロジェクトの目的、実施計画、予算とも、有機系太陽電池の実用化の前倒しを念頭に置いた取り組みとして妥当と考えられる。

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについて

1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性

実用化直後は、変換効率、耐久性が既存の太陽電池に比べ制約があると考えられるため、当初は発電特性、軽量性、フレキシブル性、意匠性が求めら

れる市場に進出し、既存の太陽電池では設置が難しい場所での市場を確保する。将来、要素技術研究の成果により、基礎性能が向上した段階では、新築住宅、太陽光発電所といった大規模市場に進出する。

2) 成果の波及効果

有機系太陽電池は、材料の合成、組み合わせ及び製造プロセスの最適化に多くのノウハウが必要なことから、容易に海外にキャッチアップされない技術として、海外との競合に強みを発揮できると期待される。

また、市場投入が進めば、システムインテグレーター、施工会社等の関連業界の雇用に貢献すると考えられる。

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

現時点で可能な限り市場等を明確に見通している。

「有機系太陽電池実用化先導技術開発 基本計画（案）」に対するパブリックコメント募集の結果について

平成 24 年 4 月 13 日
NEDO
新エネルギー部

NEDO POST 3 において標記基本計画（案）に対するパブリックコメントの募集を行いました結果をご報告いたします。
みなさまからのご協力を頂き、ありがとうございました。

1. パブリックコメント募集期間

平成 24 年 2 月 9 日～平成 24 年 2 月 23 日

2. パブリックコメント投稿数＜有効のもの＞

計 1 件

3. パブリックコメントの内容とそれに対する考え方

ご意見の概要	ご意見に対する考え方	基本計画・技術開発課題への反映
<p>全体について [意見 1]（1 件） 持論ですが、以下のように考えています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽電池の普及は、先進国と途上国で進む。 ・先進国では省エネと CO₂ 削減の観点で進む。 ・途上国ではインフラ整備の観点で進む。 ・途上国では初期のビジネスとして収益は期待できない。 ・途上国では実証や初期試作段階で製品の完成度を上げるフェーズで用いることができる。 ・先進国には途上国での展開において得た知見をフィードバックし、完成度を高めたもので展開すると価格の安定化とシステムの効率化で市場展開しやすくなる。 <p>上記の観点を踏まえると、色素増感においても実証段階の技術レベルで途上国では十分実用的であり、途上国等で実証を終えた段階で先進国</p>	<p>ご意見ありがとうございます。</p> <p>有機系太陽電池の早期の実用化、世界市場への展開を図るには、ご指摘の観点は重要だと捉えています。本事業で採択した助成事業者とも問題意識を共有しつつ、海外展開に向けた支援を検討して参ります。</p>	<p>基本計画・技術開発課題への反映 特になし。</p>

に持ってくることで、非常に完成度を上げられたものが国内展開できる。また、途上国で本格展開する段階では、他企業に先行することができる。

海外での市場導入を含めた事業化の検討、及び世界での日本技術力のアピールを含めるとした場合、想定されうる初期市場（途上国）を見据えた展開も本実証事業で行うことができるようにしてもらいたい。

具体的には、

- ・色素増感太陽電池は非常に軽量かつフレキシブルな発電デバイスとなりうるため、インフラの未整備エリアでの実用に期待できる。つまり、今後は、携帯やスマホ型のツールの爆発的に流行っている途上国での需要が見込まれる。
- ・こういった地域に対する実用性と期待感をフィードバックするよう、実証の場を世界に広げ、そこでは、パイオニア的立場で日本からの輸出ルートも構築することも必要かと思われる。結晶シリコン型太陽電池の市場戦略失敗の二の舞（世界展開において市場に出遅れた事例）にならないためにも、次世代太陽電池のソーラー市場は、視野を世界に向けて戦略的に展開していけるものとする有効かと思われる。

このため、本事業では、

- ・日本に閉じた技術とするのではなく、世界に先駆けて日本の技術を展開できるようマーケティングの醸成を図れるものとする。
 - ・この際、日本企業では、国内展開しか視野におけないところもあることを鑑み、世界市場で戦える技術戦略上の支援が図れるものとする。
- といった、特許出願範囲を世界視野に置くための支援等も含めてはどうか。実証フィールドもぜひ途上国の選定を可能なものとして頂きたい。世界トップの市場醸成をこの技術で達成したいと心より願っております。素晴らしい公募となりますように。