

# 「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」

## 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	iii
プロジェクト用語集	vii
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	I-1
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1
1.2 実施の効果	I-1
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-1
II. 研究開発マネジメントについて	
1. 事業の目標	II-1
1.1 研究開発の目的	II-1
1.2 研究開発の目標	II-1
2. 事業の計画内容	II-2
2.1 研究開発の内容	II-2
2.2 研究開発の実施体制	II-9
2.3 研究開発の運営管理	II-15
2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	II-15
3. 情勢変化への対応	II-15
4. 評価に関する事項	II-16
III. 研究開発成果と実用化の見通し	
1. 分野別、課題に対する主要な成果	III-1
2. 個別テーマの成果と実用化見通し	III-13
3. 成果発表の件数	III-239

(添付資料)

添付資料1：プロジェクト基本計画

添付資料2：事前評価書

添付資料3：特許・論文リスト

## 概要

	最終更新日	平成 29 年 10 月 16 日	
プログラム (又は施策) 名			
プロジェクト名	太陽光発電多用途化実証プロジェクト	プロジェクト番号	P13008
担当推進部／PM または担当者	<p>新エネルギー部 PM：新エネルギー部/山田 宏之主任研究員（平成 25 年 8 月～現在） 担当者：新エネルギー部/濱田 哲也主査（平成 25 年 8 月～平成 26 年 5 月） 新エネルギー部/野口 甚一主査（平成 26 年 6 月～平成 27 年 12 月） 新エネルギー部/高木 伸興主査（平成 28 年 1 月～現在）</p>		
0. 事業の概要	<p>平成 23 年に発生した東日本大震災以降、電力供給不足への懸念などで、再生可能エネルギー、特に導入までに要する期間が比較的短い太陽光発電システムの大量導入実現が期待されてきた。</p> <p>このような状況の下、平成 24 年 7 月から始まった固定価格買取制度により、特に非住宅分野での太陽光発電の導入が急拡大し、太陽光発電の大量導入は現実のものとなりつつある。</p> <p>しかしながら、政府の導入目標である 64GW（本事業立ち上げ時の長期エネルギー需給見通しでは 53GW、その後見直し）を確実にものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入ポテンシャルの拡大、土地コスト上昇への対応、系統接続制約の回避といった対策が必要であると考えられる。</p> <p>また、固定価格買取制度では、賦課金という導入負担を伴い、これは、国民負担となることから、早期に同制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現すべきである。</p> <p>このような認識に基づき NEDO は、政府目標の達成を確実にものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入場所の選択肢を広げ、立地制約を解消または回避することが有効と考え、平成 25 年度に「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」を立ち上げ、「太陽光発電多用途化実証事業」及び「太陽光発電多用途化可能性検討事業」を開始した。</p> <p>また、導入量が増加すると同時に、太陽電池モジュールの価格競争が激しくなり、産業競争力の維持が難しくなってきた状況を踏まえ、従来の発電コストのみを評価指標としていた、差別化要素も限定的となることから、太陽光発電システムに発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大と導入の加速を目論み、平成 26 年度に、「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を加えた。</p> <p>これらの事業通じ、平成 28 年度までの約 4 年間で各種の調査、開発、実証を行い、大量導入実現を確実にものとするとともに、将来、固定価格買取制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現するための技術的課題を明らかにし、その対策案を抽出する。</p>		
1. 事業の位置 付け・必要性 について	<p>再生可能エネルギーの導入は、エネルギーセキュリティの向上及び地球温暖化防止の観点から、政府が主導して取り組むべき課題の 1 つとして位置付けられている。平成 24 年 7 月に固定価格買取制度がスタートしたことにより、メガソーラーや住宅屋根への導入が急速に進んでおり、制度開始から 57 ヶ月後の平成 29 年 2 月までの導入量は、住宅（4.67GW）、非住宅（28.27GW）あわせて 32.94GW に達している。</p> <p>しかしながら、政府の導入目標である 64GW を確実にものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入ポテンシャルの拡大、土地コスト上昇への対応、系統接続制約の回避といった対策が必要であると考えられる。</p> <p>また、固定価格買取制度では、大きな国民負担を伴うことから、早期に同制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現すべきである。</p> <p>このような認識の下、NEDO は、太陽光発電の新たな導入分野を開拓し、導入場所の選択肢を広げ、立地制約を解消または回避することが、政府目標の達成を確実にものとするとともに、さらなる拡大を目指すために有効と考え、平成 25 年度に「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電多用途化実証事業及び太陽光発電多用途化可能性検討事業」を開始した。本事業は、建物、農業関連、傾斜地、水上等、太陽光発電システムの普及が進まない分野に対して、発電コストをルーフトップやメガソーラー等の従来型分野と同等とする技術を開発・実証することで、事業者および導入者に対して新規分野の市場可能性を示すことを目的としている。</p>		

さらに平成 26 年度より「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を開始した。本事業は、太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大と導入の加速を狙うことを目的としており、これら 3 つの事業を合わせて、太陽光発電導入拡大を推進する重要事業と位置づけている。これら 3 つの事業が目指す分野は、事業者先導でおこなうにはリスクが高く、NEDO が市場の可能性を示すことで、事業者および導入者の市場参画が期待できる。

現在、ルーフトップやメガソーラーの従来型分野においては、コスト競争がし烈で、技術開発の方向は、如何にシンプルに安く作るか、如何に発電効率を上げるかが主となっており、技術開発の視点からは非常に厳しい段階に位置している。そこに、新たな市場や技術開発課題が生まれれば、産業界の活性化にも繋がる。その意味から、本事業は、新たな市場開拓と新しい技術開発課題を提供できる。

従って、「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」は、「太陽光発電多用途化実証事業及び太陽光発電多用途化可能性検討事業」と「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」の 3 つの事業を完成させることで、太陽光発電の導入量拡大と導入の加速について、最大の効果を得ることができ、大量導入実現を確実なものとし、将来、固定価格買取制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現するために必要な事業である。

## 2. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	太陽光発電の導入分野拡大の加速を図るために、下記の2つの目標を設定する。					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・未導入分野における発電コストの低減</li> <li>・太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場の開拓</li> </ul>					
事業の計画内容	主な実施事項	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	
	多用途化実証事業	←				→
	多用途化可能性検討事業	←	→			
	高付加価値化技術開発事業		←			→
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	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy	総額
	一般会計	-	-	-	-	-
	特別会計(電源・需給の別)	290	1,081	912	228	2,511
	開発成果促進財源	-	-	-	-	-
	総予算額	290	1,081	912	228	2,511
	(委託)	-	-	-	-	-
(共同研究) : 負担率 2/3	193	721	608	152	1,674	
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				
	プロジェクトリーダー	設置せず				
	委託先	(株)カネカ、ダイキン工業(株)、(株)オルテナジー、旭硝子(株)、ユニバーサリ電工(株)、伊藤電工(株)、(株)NTT ファシリティーズ、(株)アドテック富士、奥地建産(株)、コアテック(株)、(株)シリコンプラス、(株)福永博建築研究所、日清紡メカトロニクス(株)、(株)SolarFlame、有機系太陽電池技術研究組合、(株)イーダブリューエムジャパン、岡本硝子(株)、(株)フルーク、(株)Aスタイル、みんな電力(株)				
情勢変化への対応	平成 25 年度より開始した「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」における「太陽光発電多用途化実証事業及び太陽光発電多用途化可能性検討事業」では、発電コストをルーフトップやメガソーラー等の従来型分野と同等に低減させることにより未導入分野への導入普及を目的とした。その後、導入量が増加すると同時に、太陽電池モジュールの価格競争が激しくなり、産業競争力の維持が難しくなってきた状況を踏まえ、従来の発電コストのみを評価指標としていた、差別化要素も限定的となることから、太陽光発電システムに発電以外の機能を付加した					



	り、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大と導入の加速を目論み、平成26年度に、「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を加えた。これら3つの事業を完成させることで、太陽光発電の導入量拡大と導入の加速について、最大の効果を得ることができる。	
評価に関する事項	事前評価	平成24年度実施 担当部 新エネルギー部
	中間評価	-
	事後評価	平成29年度実施 担当部 新エネルギー部
3. 研究開発成果について	<p>①太陽光発電多用途化実証事業</p> <p><b>【最終目標】</b>（平成25年度採択分、平成26年度採択分） すでに普及している分野と同等程度の発電コストで未導入分野への導入を実現するための技術（発電量増加や設置コストの低減等）を開発し、発電コストの低減効果を実証する。</p> <p><b>【成果】</b> 代表的な成果 平成25年度採択テーマ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 壁材として使用可能な低反射太陽電池を開発</li> <li>(2) 目標とした発電コスト実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 収量80%以上を確保可能な農業用太陽光追尾型太陽光発電システムを開発</li> <li>(2) 目標とした発電コスト実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 耐アンモニアガス性を有する軽量モジュールを開発</li> <li>(2) 屋根を加工することなく設置できる軽量架台を開発</li> <li>(3) 目標とした発電コスト実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 太陽電池モジュールを取外さずビニルを張替え可能とした太陽光発電システムを開発</li> <li>(2) 太陽光発電システムで稼働可能な環境制御装置を開発</li> <li>(3) 目標とした発電コストを一部の条件で達成</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 簡易型太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 簡易型太陽光追尾システムを開発し、農業用太陽光発電システムを開発</li> <li>(2) 収量目標80%に対し77%まで改善、制御パラメーターの改善で目標達成見込み</li> <li>(3) 目標とした発電コストを実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 傾斜地用太陽光発電システムの実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 重機を使わず軽作業で施行可能な傾斜地用架台を開発</li> <li>(2) 省力化が可能となる自動施工装置を開発</li> <li>(3) 目標とした発電コストと同等のコストを実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 小径鋼管杭を用い、重機を使用せず施行可能な施行技術を開発</li> <li>(2) 目標とした発電コストを実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 未利用水面を活用した浮体モジュールの開発及び導入実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 高密度発泡体に特殊ウレタンコーティングを施した浮体一体型モジュールを開発</li> <li>(2) 故障（地絡）を検知する絶縁監視システムを開発</li> <li>(3) 目標とした発電コストを実現</li> </ul> </li> <li><input type="checkbox"/> 海上・離島沿岸部に適した太陽光発電技術開発及び実証 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 塩害に強いモジュールを開発</li> <li>(2) モジュール信頼性については国際認証機関における試験で合格</li> </ul> </li> </ul> <p>平成26年度採択テーマ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 米と発電の二毛作 <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 収量80%以上を確保可能な空中ワイヤー式架台を採用した農業用太陽光発電システムを開発</li> <li>(2) 目標とした発電コスト実現</li> </ul> </li> </ul> <p>②太陽光発電多用途化可能性検討事業</p> <p><b>【最終目標】</b> 対象とした設置場所の導入可能性や技術開発課題等を明らかにし、その課題解決策を示す。</p> <p><b>【成果】</b> 代表的な成果</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 鉄道線路内太陽光発電</li> </ul>	

	<p>(1) 線路敷地への太陽光発電の導入ポテンシャル、導入課題を明確化  (2) 目標とした発電コストを実現する線路内太陽光発電の仕様を提案</p> <p>□対洪水対策特殊架台の設計及び施工方法の検討  (1) 目標とした発電コストを達成可能とする河川敷へ導入可能な基礎と架台を設計</p> <p>□コミュニティー型ペランダソーラーの研究開発  (1) 使用形態、設置規模等を調査し、導入ポテンシャルを明確化  (2) 最適な施工法を検討し、目標とした発電コストを実現する仕様を提案</p> <p>③太陽光発電高付加価値化技術開発事業  <b>【最終目標】</b>  太陽光発電導入の加速や新たな市場開拓を実現する高付加価値化技術を開発し、その効果を実証する。また、将来有望な導入分野の導入可能量や実用化に向けた技術開発課題等を明らかにする。</p> <p><b>【成果】</b>  代表的な成果</p> <p>□集光型太陽光発電／太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発  (1) 高倍率集光システムによる太陽光発電・太陽熱ハイブリッドシステムを開発  (2) 冷却ジャケット入り口温度 40℃、出口温度 90℃を達成</p> <p>□太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発  (1) 非集光システムによる太陽光発電・太陽熱ハイブリッドシステムを開発  (2) 集熱効率 43%、集熱器としての JIS 規格 (40%以上) を達成</p> <p>□採光型太陽光発電ユニットの技術開発  (1) ホログラムの技術開発・試作評価を行い、発電する窓「Holo Glass」実現の可能性を検討  (2) Holo Glass を試作、採光効率は 53%を達成し、実現の可能性を検証</p> <p>□E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発  (1) 有機系太陽電池と蓄電池、発光デバイスを備えたコードレス誘導灯を開発  (2) 3 ヶ所で実証試験を行い、実用化のための課題、ニーズを把握</p> <p>□グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発  (1) 太陽光発電システムに計算機をセットした形態を複数連結した負荷分散型システムを開発  (2) 3 ヶ所のサイトを用いて分散機能を実現し、本システムの有効性を検証</p> <p>□熱電ハイブリッド集光システム技術の開発  (1) 低倍率集光システムによる太陽光発電・太陽熱ハイブリッドシステムを開発  (2) システムエネルギー効率 43%を実現 (電気+熱)</p>	
	投稿論文	「査読付き」5 件、「その他」0 件
	特 許	「出願済」52 件 (うち国際出願 14 件)、「登録」4 件 特記事項：特になし
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「学会発表・講演」72 件、「新聞・雑誌への掲載」82 件、「展示会への出展」29 件
4. 実用化・事業化の見通しについて	<p>「太陽光発電多用途化実証事業」と「太陽光発電多用途化可能性検討事業」については、単に未利用領域への PV 設置可能とする設置技術の開発だけでなく、PV システムとしてのコストパフォーマンス (未利用領域での不利な場所で電力を最大で活用できるシステムの開発等) を実証により明確に示すとともに、例えば、光学的あるいは追尾機構による発電量増大を実現する技術の開発等により、未利用領域への導入の動機付けをおこなうこととしている。従って、プロジェクト終了後では、技術的な課題、コスト的な課題、および動機付けがクリアされ、未利用領域への導入を速やかに実現することができる。</p> <p>また「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」については、太陽光発電への新たな機能の付加や新たな用途を持たせることで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能・効率等を高める効果や、太陽光発電システムと他のシステムの組合せによる相乗効果で性能・効率の向上やコストメリットを得る効果を新たに作り出し、これにより太陽光発電の導入を加速させることを目的としている。そのため、本事業の公募では、ユーザーニーズ及び市場規模を十分評価した上で、事業として適切なテーマを選定し、事業を推進する。</p> <p>以上の通り、成果の実用化・事業化の道筋は明確である。</p>	
5. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 25 年 8 月 作成
	変更履歴	平成 26 年 3 月 研究開発項目③ 「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を追加改訂

## プロジェクト用語集

用語（日本語）	用語（英語）	説明
アイオノマー樹脂	ionomer resins	ポリエチレンとアクリル酸を金属イオンで結合させた樹脂の総称。ゴルフボールの表層などに用いられる。
アクチュエーター	actuator	入力されたエネルギーを物理的運動に変換するものであり、架台を構成する機械要素でモーターの回転を腕の伸縮運動にかえる。本研究では、これを用い太陽追尾を行っている。
アモルファス	amorphous	原子配列に長距離秩序をもたない固体の準安定状態のこと。
アモルファスシリコン太陽電池	amorphous silicon PV module	アモルファス（非結晶）シリコンを用いた薄膜系太陽電池。
アルスターステンレス	alster stainless	熔融アルミニウムをめっき層としたステンレス鋼板。名称は日新製鋼社の登録商標である。
アレイ	array	ストリングを並列接続したもの。
海塩粒子	sea salt particle	海面から大気中に放出された小さな液滴が、液滴の状態か、乾燥した固体粒子として大気中に浮遊しているもののこと。エアロゾルの一種である。
エコキュート	Eco Cute	自然冷媒（CO <sub>2</sub> ）ヒートポンプ給湯機。空気の熱を熱交換器で冷媒に集め、その冷媒を圧縮機で圧縮してさらに高温にし、高温になった冷媒の熱を水に伝えてお湯を沸かす機構の温水給湯機。
エラストマー材料	elastomer material	高分子弾性体の総称。
応力	stress	物体の内部に生じる力の大きさや作用方向を表現するために用いられる物理量。
オフグリッド	off-grid	電気を使用するシステムが電力会社の送電線に接続されていない状態を指す。この場合自家発電や再生可能エネルギーなどで電気を確保する。
オレフィンゴム	olefin	耐熱性、耐寒性、耐候性、耐オゾン性が良好な、防水シートやパッキン、チューブに用いられている炭化水素からなるゴム材料。
オレフィン樹脂	olefin resins	水素と炭素だけで構成される樹脂の総称。具体例として塩化ビニルやポリエチレンなどがあり、身近なものとしてレジ袋の材質である。
外圧係数	external pressure coefficient	風力係数のうち、太陽電池モジュールの外側（セル側）にかかる風圧。
ガイドウエーバス	Guided Bus	バス専用走行路の両側にガイドウエーを設置して、バスの走行を誘導する仕組みを持つ交通システム。
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。
架橋ポリエチレン管	cross-linkage polyethylene pipe	シラン架橋剤で熱架橋したポリエチレン樹脂管。
化合物太陽電池	compound semiconductor cell	複数の元素から成る化合物半導体を用いた太陽電池。その構成元素によって、III-V族化合物太陽電池、II-VI族化合物太陽電池、I-III-VI族化合物太陽電池などに分類する。主なものとして、GaAs 太陽電池、InP 太陽電池、CdS 太陽電池、CdTe 太陽電池、CIS 系太陽電池などがある。

架台	mounting system	太陽光パネルを固定する構造物。
型枠	mold	打込まれたコンクリートを所定の形状、寸法に保ち、コンクリートが適当な強度に達するまで支持する仮設構造物の総称。
ガルバニック電流 (カソード電流)	galvanic current	溶液から電極へ正の電荷が流れる電極反応。電極が溶液側に電子を還元する反応。
簡易動的コーン貫入試験	simple dynamic cone penetration test	人力で5kgのハンマーを50cmの高さから自由落下させて、地盤内にコーンを10cm貫入するのに必要な打撃回数を求める試験。
基準風速	the standard value of the wind velocity	建築基準法施行令第87条第2項に指定された数値。地域毎に、平均的な地形の地上高さ10mにおける50年に1度の確率で発生する最大風速で、その地方における過去の台風の記録に基づき風害の程度その他の風の性状に応じて30m/秒から46m/秒までの範囲内において国土交通大臣が定める風速。
犠牲防食	sacrificial protection	めっき層がある鋼材において、何らかの理由で鉄素地が露出した際に、鉄が腐食されるより先に、めっき層が腐食され、保護することで鉄を腐食させない効果のこと。
基礎	foundation	太陽光パネルを安全に支える構造物。
切土	cutting	所要の高さの面を出すために、原地盤や地山を掘削する事。
キャリブレーション	calibration	計器の目盛りを正しく調整すること。本研究では、太陽追尾のソフトの精度を上げるため実施する。
吸水量 (JIS A 9511)	water absorption	高密度発泡体の物性のひとつ。JIS規格 A 9511「発泡プラスチック保温材」による特性値を示す。
曲線因子 (F.F.)	fill factor	$P_{max} \div (V_{oc} \times I_{sc})$
杭	pile	太陽光パネルの架台を固定するために地中に打ち込む棒状のもの。
杭基礎	pile foundation	構造物を直接に支持することが難しい地盤などで直接基礎に代って杭を用いて支持する形式の基礎。支持方式には、支持杭によるものと摩擦杭によるものがある。
系統連系	utility interactive connect	分散電源の入力直流電力はパワーコンディショナーを経て負荷に接続される。この分散電力の給電停止に備え系統側からも給電できるよう備える。また分散電源の余剰電力は系統側に給電を行い動作させる方式。
軽量ユニット架台 (造語)	lightweight structure frame	鋼構造設計基準、軽鋼構造設計施工指針・同解説等の設計基準の適用範囲外となる厚さ2.3mm未満の超軽量鉄材を用いても安全性を満足できる太陽電池架台。
建築限界	clearance limit	鉄道車両の安全の為、線路に隣接する建物・信号機・電柱などの一定の範囲を超えて造ってはならないという限界。
孔食	pitting (corrosion pit)	金属の腐食の一種。金属面の欠陥部分から腐食が進行し、孔状に腐食が起こる現象。
光線追跡型 シミュレーション	ray-tracing simulation	多数の光線をランダムに発生させ、その軌道を追跡することで、観測点における光照射現象をシミュレートする手法のこと。
コジェネシステム	cogeneration system	排熱を利用して動力・温熱・冷熱を取り出し、総合エネルギー効率を高める新しいエネルギー供給システムのひとつ。
サーマガード処理	sermagard treatment	アルミニウム微粉末を用いたセラミック溶液をコーティングし、その上にフッ素カーボン変性のシリコンをコーティングした防錆処理。米国サーマテック社により開発された防錆システムである。

最小風力係数	minimum wind force coefficient	風力係数のうち、負圧が最大となる値。 これに対して正圧が最大となるのが最大風力係数。
最大出力 (Pmax)	maximum power	太陽電池の最大出力。
最大電力制御	maximum power point tracking control	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に動作を追従させるよう出力の電力半導体スイッチで電力制御をおこなうこと。MPPT方式の制御機能と同意。
酸化還元電位	oxidation-reduction potential	対象物質が他の物質を酸化しやすい状態か還元しやすい状態かを示すパラメータであり、水田の土壌中酸素量を表している。値が過度に下がると水稻の根の活性が衰える。
酸素活量	oxygen activity	反応系に実際に作用する酸素濃度のこと。
散乱日射量	diffuse horizontal irradiance	太陽の光球以外の範囲からの日射量。
色素増感太陽電池	dye sensitized solar cell	二酸化チタン (TiO <sub>2</sub> ) 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太陽電池。
支持層	bearing stratum	構造物を十分に支持する能力があり、かつ沈下に対しても安全である地層、または支えている地層。
システム出力係数	performance ratio	パワーコンディショナ出力電力量を、アレイ面日射量と標準アレイ太陽電池出力との積で除した値。太陽光発電システムの性能を示す指標として用いる。
地盤調査	soil investigation	基礎の設計、施工に必要な地盤の地質構成、地下水位、各層の強度や変形特性および物理的性質などを調査・試験すること。
締固め	compaction	土壌を振動させる、たたく、突くなどし、空隙を無くし、密実にする。
集光型太陽電池	concentrating photovoltaic (CPV)	太陽光をレンズや鏡を使って小面積の太陽電池に集光することにより、高い変換効率を実現する太陽電池。小面積で済むことから、少ない材料で高効率に発電することができるメリットがある。
集熱効率	heat collection efficiency	比熱と流量と出入り口温度差を掛け合わせて集熱量を求め、その集熱器の受光面積当たりの日射エネルギーで除した数値。
収量	the crop yeild	収穫した分量。主に1反 (1000m <sup>2</sup> ) 当たりの収穫量を示す。
硝酸還元菌	nitrate reducing bacteria	水中の硝酸を還元して亜硝酸をつくる細菌。
照度	illuminance	光に照らされた面の単位面積が受ける光束。単位はルクス (lux)。
シリコン樹脂	silicone	ケイ素 (Si) と酸素 (O) が数珠つなぎに結合しているシロキサン結合を骨組みにした高分子材料。防水用樹脂として主に使用される。
振動加速度レベル	vibration acceleration level	振動の加速度をdb (デシベル) で表した加速度レベルに、人間の感じ方 (振動感覚) を加味したもの。
冷却ジャケット	cooling jacket	集光型太陽電池の発電効率を低下させないように、集光型太陽電池に接して冷却水を循環させる冷却装置のこと。
スーパーダイマ	SUPERDYMA	めっき層成分が亜鉛、アルミニウム、マグネシウムおよびシリコンからなる高耐食性めっき鋼板。名称は新日鐵住金社の登録商標である。

スクリー杭	ground screw	太陽光パネルの架台を固定するために、地中にねじ込むように打ち込むタイプの杭。
捨コンクリート	leveling concrete	地盤の上に底面を平らにする目的で敷きならしたコンクリート。墨出しや型枠の建込み基盤などとして利用する。
ストリング	string	太陽電池アレイが所定の出力電圧を満足するよう太陽電池モジュールを直列に接続した回路。
設備利用率	capacity factor	設備利用率 [%] = 発電電力量 [kWh] / (定格出力 [kW] × 暦時間数 [h]) × 100
絶縁層	insulating layer	電位差がある物体間に電流が流れないようにする層。具体的には物体間を離し距離をとる、あるいは間に絶縁材を設けた層。
絶縁抵抗 $R_{\text{insulation}}$	insulation resistance	電路相互間及び電路と大地との間の抵抗値。
絶縁皮膜鋼管(塗装鋼管)	polyethylene coated steel pipe	炭素鋼鋼管に亜鉛めっきを施し、さらにポリエチレンで被覆した鋼管。
接水抵抗 $R_{\text{water}}$	water resistance	水の抵抗値。
セル	cell	太陽電池の最小単位で、太陽電池素子のこと。
ゼロエミッション	zero emission	産業活動から排出される温室効果ガス含むすべての廃棄物を出さない生産のあり方を目指す構想。排出をゼロにすること。
全天日射量	global solar radiation	全天空からの日射量を測定したもの。太陽の光球の範囲のみからの日射量(直達日射量)と光球以外の範囲からの日射量(散乱日射量)の和。
相対湿度	relative humidity	飽和水蒸気分圧に対する湿潤空気の水蒸気分圧の比。
ソーラーシェアリング	solar sharing	農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。
ソーラーシェアリング	solar-sharing system	作物の育成に最低限必要な光だけを通し、残りを太陽光発電として利用することで農業と太陽光発電を1つの土地で同時に行うための設備システム。
促進試験	accelerated test	材料の耐久性など、結果を得るまで長時間を要する現象を現実のものより強い負荷を与えてその現象を早めて行なう試験の総称。
大気暴露試験	atmospheric corrosion test	開放及び遮へい大気環境下で材料及び製品を暴露して、それらの化学的性質、物理的性質及び性能の変化を調査する試験。
太陽光発電	photovoltaic generation	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。光起電力効果を利用した太陽電池を用いるのが一般的である。
耐食性	corrosion resistance	物質が大気、屋外暴露、水、化学薬品などの作用によって腐食、浸食を起こさない性質。
大地抵抗 $R_{\text{ground}}$	ground resistance	電路と大地との間の抵抗値。
太陽電池アレイ	photovoltaic array	太陽電池架台、及び基礎、その他の工作物を持ち、太陽電池モジュール又は太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。太陽光発電システムの一部を形成する。
太陽電池架台	support structure for photovoltaic panel/module	太陽電池モジュール又は太陽電池パネルを取り付けるための支持物。
太陽電池パネル	photovoltaic panel	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。太陽電池モジュールともいう。

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。
台風設計風力係数	typhoon design velocity of the wind coefficient	台風等の時に、住宅などの建築物に作用する風圧力を計算する時に用いる係数。
太陽熱・光ハイブリッド太陽電池	photovoltaic thermal collector	太陽電池モジュールの受光面側で「発電」し、裏面側で太陽熱による「温水」製造機能を併せ持つモジュール。
立ち枯れ病	wilt	各種の菌類や細菌類により起こる植物の病気であり、苗の生育が悪くなったり、くびれを生じて立ち枯れが生じたりする。
短絡電流	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。
短絡電流密度 (Jsc)	short circuit current density	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の密度。
地産地消	local production for local consumption	その土地で生産された産物（発電された電気）を、その土地で消費する事。
地表面粗度区分	terrain category	地表面上の地物の状況を地表面粗度という観点から区分すること。開けた平坦地、郊外、市街地、大都市中心のように区分する。
中山間地域	the mountainous region	中山間地域とは、平野の外縁部から山間地を指す。山地の多い日本では、このような中山間地域が国土面積の約7割を占めている。この中山間地域における農業は、全国の耕地面積の約4割、総農家数の約4割を占めるなど、我が国農業の中で重要な位置を占めている。
直接基礎	spread foundation	基礎スラブからの荷重を直接地盤に伝える形式の基礎。
直達日射量	direct normal irradiance	太陽の光球の範囲のみからの日射量。
地絡故障	ground fault	電路と大地が相対的に低いインピーダンスで電氣的に接続される状態のこと。
地絡抵抗 $R_{\text{fault}}$	ground fault resistance	地絡が生じたときの抵抗値。
坪刈り	the crop yield estimated from a sample	田畑の全体の収穫量を推定するために、一坪だけなど一定の面積の稲などを刈ってみること。
転圧	rolling	ローラーまたは器具の重量や振動によるエネルギーで地盤を締め固めること。
電気技術管理者	electrical engineer	自家用電気工作物の電気保安に関する業務を行う個人事業者の事。
道床	ballast	線路と枕木との間の層。砂利やコンクリートが敷かれているところ。
倒伏	lodging	稲・麦・樹木などがたおれること。
特殊カーボンブラック	special carbon black	一般的にはファーネスブラック、特殊とは、他の製法により生産されたカーボンブラック。
トラッキング	tracking	対象とする面を常に太陽の方向に正対させるようにモーターを自動制御して動かすこと。モーターの数を増やして動かせる軸方向を増減することにより1軸、2軸の制御を実施できる。
トロリー線	trolley wire	鉄道の架線で、パンタグラフを通して電力を供給する電線。

内圧係数	internal pressure coefficient	風力係数のうち、太陽電池モジュールの内側（バックシート側）にかかる風圧。
二次集光器	secondary collector	集光した太陽光をレシーバーにより集めるため、レシーバーの前に設置する反射装置のこと。
日射熱取得率	solar heat gain coefficient	ガラス面に到達する日射のうち、透過するものと吸収された後、室内側に放出されるものの割合（ $\eta$ 値）。数値が小さいほど遮熱性能が高いことを意味し、特に建物の冷房負荷の大小を示す指標となっている。
日射	solar radiation	地表面に到達した太陽の放射エネルギーのうち波長が 0.29～3.0 $\mu\text{m}$ のもの。地球上の気象などを支配する最も根本的な要素。太陽の放射エネルギー。
日射強度	intensity of solar radiation	太陽光の日射の強さを $\text{W}/\text{m}^2$ の単位で表したもの。
根入れ深さ	depth of embedment	地表面から基礎スラブ下端までの掘削深さ。
熱貫流率	thermal transmittance	ガラス等の内外の温度差が1度あったときに、1時間あたり、ガラス $1\text{m}^2$ を通過する熱量をワットで表したもの（U値）。数値が小さいほど断熱性に優れていることを表す。
熱伝導率（JIS A 1412）	thermal conductivity	高密度発泡体の物性のひとつ。JIS規格 A 1412「熱絶縁材の熱抵抗及び熱伝導率の測定方法」による特性値を示す。
熱線反射ガラス	IR reflecting glass	ガラスの表面に金属酸化膜を焼き付けるなどして、主に赤外線を反射するガラス。
ネルンストの式	Nernst equation	電気化学反応によって生じるエネルギー変化を温度や活量を用いて計算し、その反応とその状態における電位を計算する式。
燃焼試験ローソク法（JIS A 9511）	combustibility test using the candle	JIS規格 A 9511「発泡プラスチック保温材」で規定される燃焼試験。
農用地区内農地	land especially for agricultural use	農業振興地域内における集団的に存在する農用地や、土地改良事業の施行にかかる区域内の土地などの生産性の高い農地等、農業上の利用を確保すべき土地として指定された土地。農用地区域に指定した土地は、農業上の用途区分が定められており、原則としてその用途以外の目的に使用することはできない。
伸び率	coefficient of extension	引張り試験片の当初の標点距離を $L_0$ 、破断後の同距離を $L$ とするとき、 $\{(L-L_0)/L_0\} \times 100\%$ を伸び率または単に伸びという。
法面	face of slope	切り取り、盛土などの人工によって造られた傾斜地形の斜面部分をいう。
法面保護	slope protection	法面が表面水などによって浸食されるのを防ぐための保護。モルタル吹き付け、ブロック張り、植生などが行なわれる。
ハイニッケル処理	hi-nickel treatment	亜鉛ニッケル合金によるメッキ処理を行う際、ニッケル含有量が15%を超える合金を用いる際の名称。
薄膜系太陽電池	thin-film solar cell	数 $\mu\text{m}$ の光吸収層を用いた太陽電池であり、省資源・低コスト化が期待される。シリコンを用いたものや銅-インジウム-ガリウム-セレン化合物、及びカドミウム-テルル化合物を用いたものが広く実用化されている。結晶系に比べて水蒸気浸入に弱い。
薄膜フレキシブルモジュール	thin-film flexible solar cell module	有機系フィルムを基材として用いたフレキシブルで持ち運び可能な太陽電池モジュール、CIGS、アモルファスシリコンタイプが実用化されている。
発電コスト	generating cost	$\frac{\text{（建設費}[\text{円}] + \text{運用費用}[\text{円}] + \text{廃棄処理費用}[\text{円}]\text{）}}{\text{運転年数内総発電量}[\text{kWh}]}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>建設費：モジュール等機器費用、工事費用、系統接続費用、土地造成費等</li> <li>運用費：修繕費・諸費、人件費、一般管理費、土地賃借料等</li> </ul>



バックシート	back sheet	太陽電池モジュールの非受光面側の最表面に使用される材料。
発電効率	electrical generating efficiency	日射強度 ( $W/m^2$ ) に対する発電量 $P_{max}$ (W) の比率。
発電劣化率	degradation performance	経年により、発電性能の低下する割合。
パワーコンディショナ	power conditioner	太陽電池の出力 (直流) を受電側の電力形態 (交流) に変換する電力変換素子からなる電力変換装置である。太陽電池出力を昇圧するチョッパと直流を交流に変換するインバータで構成される。
パンタグラフ	pantograph	電車の屋根に取付けた、架線から電気を取り入れる装置。
バンドギャップ	bandgap	固体中の電子が定常状態でとり得るエネルギー値の差。電子がエネルギーを受けて低エネルギー状態から高エネルギー状態へ遷移する際、バンドギャップ以下のエネルギーでは遷移できない。
伴流	wake flow	鉄道の車両が高速で通過した時、後方で巻き上がる空気の流れ。
光閉込め効果	light confinement effect	テクスチャ構造などを用いて、光を太陽電池セル内部に閉じ込めることによって、光の吸収を高め、短絡電流が増大する効果。
光導波路	light waveguide	光学的な特性をもつ物質を用いて作成された光を伝送する路のこと。本研究では光を導き発光する樹脂の棒状材料をさす。
引裂強度	tear strength	引き裂くときの力の強さを示す。単位：kgf
引張強度	tensile strength	工業材料の機械的性質の一つで、材料に引張り力が加わったときの材料の強さを示す。単位：kgf/cm <sup>2</sup>
負圧	negative pressure	設置してある物体を引き剥がそうとする力 (風の圧力)。
風洞	wind tunnel	一定の性状の風を人工的に吹送するための送風機、ダクト、整流装置その他からなるシステムの総称。
風洞実験	wind tunnel test	模型あるいは実物の試験体が風から受ける影響、あるいはその周辺の気流性状に及ぼす影響を調べるために、風洞を用いて行なう実験。
風力係数	wind force coefficient	建物全体について風圧を積分した値と建物の影響を受けない外部風の速度圧の比。建築物に作用する風圧力を計算する時に用いられる係数。
フォワードコンバータ	forward converter	直流を電圧の異なる直流に変換する装置である。入出力の間には小型のトランスが接続され入出力は絶縁される。トランスの巻き数比の調整で大幅な電圧低減が容易である。一般的に数百W以下の電力で使用される。
輻射	radiation	熱伝達機構として高温から低温の物質へ直接電磁波で相手を振動させ、熱を伝える方式。
腐食	corrosion	金属が環境中の酸素・水などとの化学反応によって変質すること。また、その現象。普通、変質部が酸化物やイオンなどのかたちでその表面から失われ、金属材料としての品質が低下する場合をいう。
腐食性土壌評価分析	analysis for characterization of soil	土壌が金属の腐食に及ぼす影響を調べるために行う分析。

腐食電位	corrosion potential	海水・雨水などにも含まれる電解質溶液中に起きる電気化学的な腐食の際に、電極となる金属に生じる電位。電位差がある場合に腐食が起こる。
腐食電流	corrosion electric current	外部に電流が流れない腐食電位の状態での電流。
浮体一体型太陽電池モジュール	floating PV module	高密度発泡体に特殊硬質ウレタンを塗布した「浮体」にアモルファス太陽電池を取付け、一体化させた太陽電池モジュールのこと。
浮遊容量 $C_{stray}$	stray capacitance	太陽電池と大地との間に生じる静電容量。
フラックス	flux	単位時間単位面積あたりに集光された光の量、分布。
フレネルミラー	fresnel mirror	互いにわずかだけ傾けた複数の鏡を並べ、これに太陽光が各平面鏡で反射され1点に集光させる鏡群のこと。
プレファブ	prefabrication	建築物（太陽電池架）の一部をあらかじめ工場でプレセット後搬入し、現場でそれを組み立てる工法。
フロントカバー	front cover	太陽電池モジュールの受光側の最表面に使用される材料。
分光感度	spectral response	太陽電池出力の入射光波長依存性を表した特性で、短絡電流の入射単色光入力に対する比。なお、分光感度のピーク値を基準に相対値で示す値を、相対分光感度という。相対分光感度の場合は波長での相対値で表す。
分けつ	tillers	イネ科などの植物において、根元付近から新芽が伸び、株分かれすること。
分光感度	spectral sensitivity	光の波長に対して感度がどのように変るかを表わしたもの。
分散制御ソフトウェア	distribution controll software	コンピュータに処理させる仕事を複数のCPUに割り振るためのソフトウェア。
平均密度 (JIS K 7222)	mean density	高密度発泡体の物性のひとつ。JIS規格 K 7222「発泡プラスチック及びゴムの見かけ密度の求め方」による特性値を示す。
ベースマーケット	base market	第三者の影響力を使える見込客群。知人などをはじめ、紹介者の影響力を使えるため、見込客群の中でも成約等に結びつく可能性が高い。
ヘテロジニアス構成サーバ	heterogeneous CPU server	異種のアーキテクチャを持つマイクロプロセッサによって構成されたサーバ。
ヘテロ接合結晶系太陽電池	heterojunction crystalline silicon solar cell	結晶シリコンとアモルファスシリコンでpn接合を形成した結晶シリコン系太陽電池。高い電圧が得られて高性能が実現する。実用化されたものとしては、三洋電機（現パナソニック）が開発したHIT太陽電池が代表例である。
ヘリオスタット	heliostat	平面鏡を用いて各反射鏡の反射光を一点に重ね合わせる集光装置。集光ミラー・制御BOX・アクチュエーターが設置されている架台のこと。
防錆＝さび止め	rust-proofing, rust prevention	金属のさびを防ぐこと。めっきなどの金属の表面処理と塗装による方法がある。
圃場	Field	作物を栽培する農圃。
ポット試験	pot experiment	ポット(鉢)に土壌を詰め、土壌の種類、環境条件などを変化させることで作物の反応をみる試験。
マクロセル腐食	macrocell corrosion	同一金属上において、自然電位が異なる部分が巨視的に発生し、電位の低い部分の腐食が促進されるような腐食のこと。

曲げ強度 (JIS K 7221-2)	flexural strength	高密度発泡体の物性のひとつ。JIS規格 K 7221-2「硬質発泡プラスチック-曲げ試験-第2部：曲げ特性の求め方」による特性値を示す。
曲げモーメント	bending moment	物体を曲げる方向に作用するモーメントのこと、部材の折れ曲がりに抵抗する力。
マルチ	mulching	地温上昇促進や雑草防除等を目的にプラスチックフィルム等で土壌表面を覆うこと。
水みち(造語)	water path	太陽電池モジュール面から落下する雨水や結露水の通り道等、架台に局所的に降雨が集中する環境。
ミーゼス応力	von Mises stress	物体内部に生じる応力状態を単一の値で示すために用いられる相当応力のひとつ。
ミラーサイト	mirror site	元となるウェブサイトの全部または一部分と同一の内容を持つウェブサイトのこと。サーバにかかる負荷を分散する目的や災害時のバックアップなどを目的として作られることが多い。
未利用水面	unused water surface	利用されていない水面。調整池や用水などの、利用可能だが活用されていない水面をいう。
メガソーラー	mega solar power plants	おおむね1MW以上の出力を持つ太陽光発電システムのこと。
メガワット	MW (mega watt)	kWの1000倍の単位。
盛土	filling	在来地盤に土を盛り上げること。
有機系表面処理	organic surface treatment	有機系の被覆材で表面を処理すること。
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、シリコン結晶系太陽電池と比べ変換効率が低く、寿命が短い等の欠点もある。
有限要素法 (FEM)	finite element method	微分方程式の近似解を数値的に解く手法であり、方程式が定義された領域を小領域に分割することで近似的に解を得ることができる。
養生	protection	工事現場で人やものを危険や損傷から防護すること、またはそのための施設。
擁壁 (ようへき)	retaining wall	壁の自重や床板上部の土砂の重量などで土圧に抵抗して、盛土または切土による斜面を支える壁体構造物。
溶融亜鉛メッキ	hot dip galvanizing	鋼材の表面に亜鉛の合金層を形成する防錆処理の一種。
ラスパート処理	ruspart treatment	金属板に金属亜鉛層、特殊化成皮膜層、表面焼成層の順に処理を施すプロセス。「ラスパート」は日本ラスパート社の登録商標である。
ラズベリーパイ	Raspberry Pi	ARMプロセッサを搭載したシングルボードコンピュータの商標。
レールサイクリング	railbike riding activities	レールの上を走れるように改造した自転車(マウンテンバイク)を用いて、廃線後の鉄路でサイクリングを行うアクティビティ。
連結・解結	coalescence & breakup	太陽電池を搭載するE-SEG管体に、USBの規格端子を設置し、照度が低く発電容量が足りない場合は、USB端子で電車のようにE-SEG管体を連結して発電容量を確保する。不要な場合は解結して外すこと。
漏電遮断リレー	earth leakage circuit relay	漏電を検知した際に回路を遮断し警報を出すための電気機器。

AES版Gateway	AES Gateway	暗号化方式としてAESを用いたゲートウェイ。
BIPV	building integrated photovoltaic module	建材一体形太陽電池モジュール。屋根材、壁材などの建築用部材として一体化した太陽電池モジュール。
BOS	balance of system	太陽光発電システムの構成機器のうち、太陽電池モジュールを除いた、架台、開閉器、蓄電池、パワーコンディショナ、計測器などの周辺機器の総称。
BRT	bus rapid transit	一般車両用の道路と区切ったバス専用レーンや完全に分離したバス専用道路を設けてバスを運行させる交通システム。
CCDカメラ	CCD camera	CCDは人間の目という網膜、光をデジタル信号に変換するためのセンサー、撮像素子のこと。CCDカメラとは、これらを撮像素子として使用したカメラのこと。
CEATEC Japan 2016	CEATEC Japan 2016	2016年10月に幕張メッセで開催されたアジア最大級の規模を誇るIT技術とエレクトロニクスの国際展示会。
CFD	computational fluid dynamics	数値流体力学のことで、流体の運動に関する方程式をコンピュータで解くことによって流れを観察する数値解析・シミュレーション手法。
COC樹脂	cyclo olefin co-polymer resin	環状オレフィン構造を有する非晶性の透明樹脂。
DSC	dye sensitized nanocrystalline TiO <sub>2</sub> solar cell	色素増感太陽電池の総称。
EPC業者	business company of engineering, procurement and construction	エンジニアリングの設計、資機材調達、製作、建設工事を含む一連の工程を請け負う事業者のこと。EPCとは「Engineering, Procurement and Construction」の略で、日本語に訳すと「設計・調達・建設」のこと。
EPDM	EPDM	エチレン-プロピレン-ジエンゴムの略称、オレフィン系のゴム原料。
E-SEG	emergency-self emitting guidance light devise	緊急時自発光誘導デバイスで、微弱光でも有機系太陽電池が発電し、2次電池で蓄電。停電時や夜間の暗闇で搭載されたLEDが自発光し光導波路が光ることにより視線誘導するデバイス。
EVA樹脂	EVA resins	エチレン酢酸ビニル (ethylene-vinyl acetate) を用いた樹脂の総称。太陽電池モジュールの封止材として最も多く使用されている。
FRP樹脂	FRP	繊維強化プラスチック (Fiber-Reinforced Plastics) の略称で、ポリエステル樹脂中にガラス繊維を混ぜることで通常のプラスチックより強度などを増したもの。
Gyro機構	gyro mechanism	支柱の一点で平面を支え、前後左右にバランスを保つ機構で、わずかな力で動かすことができる。ミラー面をあらゆる方向に傾けて重量バランスが取る装置に採用されている。
IEC	IEC	国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission) の略称で電気・電子機器の国際的な技術標準化団体のこと。
JIS A4112	JIS A4112	太陽熱集熱器のJIS規格。集熱媒体と強制循環する平板形、真空ガラス管形などの太陽熱集熱器についての規定したもの。

JIS C 8907	JIS C 8907 estimation method of generating electric energy by PV power system	JIS規格 C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」 太陽光発電システムの年間システム発電電力量推定方法について規定したもの。
JIS K 6911 の 耐燃性試験	flame resistance test of JIS K 6911	JIS規格 K 6911「熱硬化性プラスチック一般試験方法」で規定 される燃焼試験。
LRT	light rail transit	国土交通省が提唱する次世代の低床路面電車。
lux	lux	光に照らされた面の明るさで、1平方メートルの面が1ルーメン の光束で照らされるときにの照度をいう。
MPPT	maximum power point tracking	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に動作を追従させるよう出力の電力半導体 スイッチで電力制御をおこなうこと。最大電力点追従制御と同意。
nginx	nginx	「エンジンエックス」のように発音され、フリーかつオープン ソースなWebサーバである。処理性能・高い並行性・メモリ使 用量の小ささに焦点を当てて開発されている。
Nox (ノックス)	nitrogen oxides	窒素酸化物の総称で、酸性雨や呼吸器障害の原因となる。
OPV	organic thin film photovoltaics	有機薄膜太陽電池の総称。
PCS	power conditioning system	太陽電池の出力（直流）を需要側の電力形態（交流）に変換す る電力変換装置のことである。太陽電池出力を昇圧するチョッ パと直流を交流に変換するインバータで構成される。パワーコン ディショナと同意。
PID現象	PID	Potential Induced Degradationの略称で、メガソーラー（大規 模太陽光発電所）などで太陽電池モジュールを多数、直列に接 続して高電圧下で運用した場合に発現する劣化現象。
PR	performance ratio	システム出力係数。パワーコンディショナ出力電力量を、アレ イ面日射量と標準アレイ太陽電池出力との積で除した値。太陽 光発電システムの性能を示す指標として用いる。
P/S電位差	difference of electrical potential between pile and soil	土壌中におけるパイプ表面の電位（起電力）が異なり、土壌間 においては同じパイプ内に電位に差が生じる。このときの電位の 差分のこと。パイプの埋設深さや土壌の種類、環境によって大 きく変化する。また、この電位差が局部的な腐食を引き起こす 要因となりうる。
RATO	Research Association for Technological Innovation of Organic Photovoltaics	2012年2月、技術研究組合法に基づき経産省認可の下で設立され た有機系太陽電池の実用化を目指す企業・研究機関が参加する 技術研究組合。E-SEGの開発母体。
Shore-Dによる硬度	hardness by Shore-D	特殊硬質ウレタンの物性のひとつ。ショア社が考案した反発硬 さで示す。
Sox (ソックス)	sulfur oxides	硫黄酸化物の総称で、化石燃料に含まれる硫黄成分の燃焼・酸 化によって生成される。酸性雨や呼吸器障害の原因となる。
TPT	TPT	バックシートの構成で、ポリフッ化ビニル樹脂（PVF）/ポリエ チレンテレフタレート（PET）/PVFの積層フィルムの略記。Tは 米国デュポン社のPVFの商品名Tedlarの頭文字。
TSL版Gateway	TSL Gateway	暗号化方式としてTLS/SSLを用いたゲートウェイ。

UL94HB の 水平燃焼試験	horizontal burning test of UL94HB	UL94HB規格で規定される燃焼試験。試験片を水平に保持した状態で接炎し、燃焼速度により判定する。
UL94V-2 の 垂直燃焼試験	vertical burning test of UL94V-2	UL94V-2規格で規定される燃焼試験。試験片を垂直に固定した状態で接炎し、燃焼挙動により判定する。
ZAM	ZAM	めっき層成分が亜鉛、アルミニウムおよびマグネシウムからなる高耐食性めっき鋼板。名称は日新製鋼社の登録商標である。
ZEB	zero energy building	快適な室内環境を保ちながら、高断熱化・日射遮蔽、自然エネルギー利用、高効率設備により、できる限りの省エネルギーに努め、太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、年間で消費する建築物のエネルギー量が大幅に削減されている建築物。
1Sun	one sun	AM1.5で太陽光の日射強度 $1\text{kW}/\text{m}^2$ ( $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ) を意味する。
10%圧縮強度 (JIS K 7220)	compressive stress at 10 % relative deformation	高密度発泡体の物性のひとつ。JIS規格 K 7220「硬質発泡プラスチック-圧縮特性の求め方」による特性値を示す。

# 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

近年、我が国の太陽光発電市場においては、価格競争力を有する中国等新興国の太陽電池メーカーの進出、シェア拡大により、太陽電池モジュールの価格が大幅に下落する等、市場の状況は、大きくかつ急速に変化した。一方、国内の導入量は、太陽光発電システムの価格低下、導入補助金の効果により、国内の住宅用システム設置が累計 100 万件を突破する（太陽光発電協会プレスリリース 平成 24 年 5 月 17 日）等、着実に進展してきたが、平成 24 年 7 月の固定価格買取制度開始によって、太陽光発電の導入はさらに加速、メガソーラーや住宅屋根への導入が急速に進んでおり、制度開始から 57 ヶ月後の平成 29 年 2 月までの導入量は、住宅（4.67GW）、非住宅（28.27GW）あわせて 32.94GW に達している。

しかしながら、政府の導入目標である 64GW（本事業立ち上げ時の長期エネルギー需給見通しでは 53GW、その後見直し）を確実なものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入ポテンシャルの拡大、土地コスト上昇への対応、系統接続制約の回避といった対策が必要であると考えられる。

このような認識から、政府目標の達成を確実なものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入場所の選択肢を広げ、立地制約を解消または回避することが有効であると考えられる。

今後有望となる導入場所の候補としては、建物、農業関連、傾斜地、水上等が考えられるが、これらの市場では、太陽光発電システムの普及が進んでおらず、普及を促進させるための技術を開発することが重要である。

また、導入をさらに加速させるためには、太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大も重要であると考えられる。

これらの分野に関して、技術開発を行い、実用化・事業化することが必要であるが、これらを民間の事業者単独でおこなうにはリスクが高く、まず NEDO が市場の可能性を示すことで、事業者および導入者の市場参画が期待できる。

### 1.2 実施の効果

現在、ルーフトップやメガソーラーの従来型分野においては、コスト競争がし烈で、技術開発の方向は、如何にシンプルに安く作るか、如何に発電効率を上げるかが主となっており、技術開発の視点からは非常に厳しい段階に位置している。そこに、新たな市場や技術開発課題が生まれれば、産業界の活性化にも繋がる。その意味から、まず NEDO が市場の可能性を示すことで、太陽光発電の導入量拡大と導入の加速について、効果を得ることができると考えられる。

## 2. 事業の背景・目的・位置づけ

固定価格買取制度の開始によって、我が国における太陽光発電の大量導入が非住宅分野に分類されるメガソーラー事業に牽引される形で現実のものとなりつつある。

しかしながら、政府の導入目標である 64GW を確実なものとし、さらなる拡大を目指すためには、導入ポテンシャルの拡大、土地コスト上昇への対応、系統接続制約の回避といった対策が必要であると考えられるのは、前述したとおりである。

また、固定価格買取制度では、大きな国民負担を伴うことから、早期に同制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現すべきである。

このような認識の下、NEDO は、太陽光発電の新たな導入分野を開拓し、導入場所の選択肢を広げ、立地制約を解消または回避することが、政府目標の達成を確実なものとするとともに、さらなる拡大を目指すために有効と考え、平成 25 年度に「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電多用途化実証事業及び太陽光発電多用途化可能性検討事業」を開始した。本事業は、建物、農業関連、傾斜地、水上等、太陽光発電システムの普及が進まない分野に対して、発電コストをルーフトップやメガソーラー等の従来型分野と同等とする技術を開発・実証することで、事業者および導入者に対して新規分野の市場可能性を示すことを目的としている。

さらに平成 26 年度より「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電高付加価値化技術開発証事業」を開始した。本事業は、太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大と導入の加速を狙うことを目的としている。

これら 3 つの事業を合わせて、太陽光発電導入拡大を推進し、将来、固定価格買取制度を含む公的支援制度から自立した普及を実現するための重要事業と位置づけている。



## II. 研究開発マネジメントについて

### 1. 事業の目標

#### 1.1 研究開発の目的

##### ① 政策的な重要性

日本において、2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっている。

##### ② 我が国の状況

東日本大震災後の電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に導入までに要する期間が比較的短い太陽光発電システムの大量導入実現が期待されている。

NEDOでは、太陽光発電の大量導入実現に向け、これまで発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進してきたが、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことも重要である。しかしながら、平坦な地面や住宅の屋根への設置等、従来から導入されている設置環境（以下、「従来型分野」という。）においては導入量が増え続けている一方で、技術的に導入が困難である、導入コストが従来型環境に比べて高い等の理由により、導入が進まない分野（以下、「未導入分野」という。）も存在している。

##### ③ 世界の取り組み状況

近年のエネルギーセキュリティや地球環境問題への意識の高まりを受け、世界各国で再生可能エネルギー利用システムの導入が活発化しているほか、新たな分野への導入も模索され始めている。

##### ④ 本事業のねらい

本プロジェクトでは、将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野に対して、普及拡大を促進する技術を開発・実証し、太陽光発電の導入分野の拡大を加速することを目的とする。

#### 1.2 研究開発の目標

太陽光発電の導入分野の拡大の加速を図るために、下記の2つの目標を設定する。

- ・未導入分野における発電コストの低減
- ・太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場の開拓

##### 1.2.1 未導入分野における発電コストの低減

未導入分野における発電コストの低減のため、研究開発項目①「太陽光発電多用途化実証事業」、および研究開発項目②「太陽光発電多用途化可能性検討事業」について、以下の目標を設定する。

###### ① アウトプット目標（事業終了時点）

- ・未導入分野への導入を、すでに普及している分野と同等程度の発電コストで実現するための技術（発電量増加や設置コスト低減等）を開発し、その効果を実証する。
- ・将来有望な設置場所の導入可能量や技術開発課題等を明らかにする。

###### ② アウトカム目標達成にむけての取り組み

- ・これまで未導入分野に対して、太陽光発電システムの展開を躊躇していた企業に対して、新たな市場参画への動機付けを働きかけていく。想定される導入先、システムインテグレータやユーザー企業（ハウスメーカー、ゼネコン、建築主等）との連携を通じて、産業界の活性化を図る。

###### ③ アウトカム目標

- ・2030年以降、農地や水上等のPV未導入分野において、60GW程度の導入が見込まれる。

##### 1.2.2 太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場の開拓

太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場創出のため、研究開発項目③「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」について、以下の目標を設定する。

###### ① アウトプット目標（2016年末）

- ・太陽光発電高付加価値化技術を開発し、その効果を実証する。
- ・将来有望な市場の導入可能量や実用化に向けた技術開発課題等を明らかにする。

## ②アウトカム目標達成にむけての取り組み

- ・太陽光発電関連企業だけでなく、新たな用途・システムに関連する企業に対して、新たな市場参画への動機付けを働きかけていく。想定される導入先、システムインテグレータやユーザー企業との連携を通じて、産業界の活性化を図る。

## ③アウトカム目標

- ・2020年を目処に事業化可能な市場において、本事業の投入費用に対する市場規模として費用対効果10倍以上を見込む。
- ・2030年を目処に事業化可能な市場において、本事業の投入費用に対する市場規模として費用対効果100倍以上を見込む。

## 2. 事業の計画内容

### 2.1 研究開発の内容

#### 2.1.1 研究開発の具体的内容

以下の3事業について研究開発の具体的内容を示す。

#### (1)「太陽光発電多用途化実証事業」 [共同研究（負担率：2/3）]

導入ポテンシャルが大きい、市場規模の創出・効果が大きい等の導入価値が高いと考えられる以下の分野について、実証事業を実施する。

##### ①建物

設置想定場所として、「ビル、集合住宅、戸建住宅、学校施設、店舗、駐車場等の建物の壁面や窓、ベランダ部分」、及び「強度が弱い（昭和55年以前の住宅等）既築住宅や非住宅、駐車場等の屋根面」とする。

この分野への導入に必要な課題を克服するために、低コスト化を目指した施工・設置技術、意匠性を考慮したデザイン重視のシステム、場所による発電量のバラツキを考慮した電力を最大限確保するシステム、安全性・耐久性・維持管理性に対応する材料・施工技術、十分な強度を有さない既築住宅でも設置可能な軽量システム等、従来型分野と同等程度の発電コスト（一般建築物の壁面であればメガソーラーと同等程度、集合住宅のベランダであれば住宅屋根置きと同等程度、等）で導入を進めることができる技術（達成目標として、壁面設置時の発電量20%増、システム導入コスト25%減、重量50%低減、等）を開発、実証する。

##### ②農業関連地帯

設置想定場所として、農耕地、耕地けい畔、畜舎、農業用ビニルハウス、等の農業関係地帯とする。作物と太陽光発電システムとの太陽光の共有という点で、形態などへの新規性が考えられる分野でもあるが、この分野への導入に必要な課題を克服するために、作物への影響のない設置方法・設置構造、組み立て性・着脱性を考慮した設置構造、設備の維持管理技術等、従来型分野と同等程度の発電コスト（ビニルハウスであれば住宅屋根置きと同等程度、耕地上空や耕地であればメガソーラーと同等程度、等）で導入を進めることができる技術（達成目標として、分解や組み立てが容易なシステムで設置コストを従来比150%以内で実現、発電量低下を回避、等）を開発、実証する。

##### ③傾斜地

設置想定場所として、耕地畦畔、山林、のり面、遮音壁等の傾斜地とする。太陽光の太陽光発電システムへの照射が良好となる設置形状上のメリットを活かされるほか、高速道路の場合では、発電した電力を近くのサービスエリア等へ引き込み、電気自動車等への環境配慮型電力供給スポットとしての活用が想定される。この分野への設置課題を克服するために、安全性を確保した設置技術、不安定な傾斜面への設置技術、設備の維持管理技術等、従来型分野（メガソーラー）と同等程度の発電コストで導入を進めることができる技術（達成目標として、システム発電効率従来比10%向上、等）を開発、実証する。

##### ④水上

設置想定場所として、池、沼、湖、海上、等とする。水上は、将来のメガソーラー候補地として有望な空間となる可能性を有している。この分野への設置課題を克服するために、耐水・耐塩構造、低コストフロート構造、水位変動対策システム、高付加価値化技術（光学的あるいは追尾機能による発電量増大、等）、設備の維持管理技術等、従来型分野（メガソーラー）と同等程度の発電コストで導入を進めることができる技術（達成目標として、発電量10%向上、浮体構造コスト50%削減）等を開発、実証する。

(2) 「太陽光発電多用途化可能性検討事業」 [共同研究 (負担率: 2/3)]

下記のケースに該当する分野について、導入した場合の市場規模と波及効果、導入課題等について調査し、有望な市場となり得るか判断するための導入可能性検討事業を実施する。

①導入ポテンシャル量を明確に把握するのが困難だが、主な社会的効果・関連産業への効果等が高いと考えられる分野。

②太陽光発電システムに新たな機能を付加することにより導入ポテンシャル量の拡大やアプリケーションの拡大が期待できると考えられる分野。

本事業では、少なくとも下記事項を実施し、必要に応じて原理機等の試作・評価をおこなう。

- ・導入を妨げる要因調査 (有りの場合はその対処法策定、導入時及び導入後の課題等)
- ・開発要素技術の抽出、開発スケジュール案の策定、開発実施者および導入者の調査等
- ・予想される効果検討 (発電量、付加価値等)
- ・普及を想定した導入量及び普及コストの検討

(3) 「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」 [共同研究 (負担率: 2/3)]

太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値製品・事業を創出することにより新たな用途が期待できる新市場の開拓を行う。

また、開発した技術の評価や、高付加価値に対してユーザーの評価 (導入動機として十分なり得るか) を行い、市場規模を明らかにするとともに、実用化に向けての技術的課題を明らかにし、その対策案を抽出する。

### 2.1.2 研究開発項目の推移

本プロジェクトは、平成25年度に「太陽光発電多用途化実証事業」で9テーマ、及び「太陽光発電多用途化可能性検討事業」で3テーマに取り組む計画で開始されたが、平成26年度に「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を加え、新たに6テーマに取り組むとともに、「太陽光発電多用途化実証事業」で1テーマを追加し、3事業19テーマに取り組んだ。

研究開発テーマの推移を表Ⅱ-2-1.に示す。

表Ⅱ-2-1. 研究開発事業、テーマの推移

中項目	小項目	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
①太陽光発電多用途化実証事業	低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発	●	→	→	→
	低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証	●	→	→	→
	強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発	●	→	→	→
	太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト	●	→	→	→
	簡易的太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発	●	→	→	→
	傾斜地用太陽光発電システムの実証	●	→	→	→
	傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証	●	→	→	→
	未利用水面を活用した浮体モジュールの開発及び導入実証	●	→	→	→
	海上・離島沿岸部太陽光発電プロジェクト	●	→	→	→
	米と発電の二毛作		●	→	→
②太陽光発電多用途化可能性検討事業	鉄道線路内太陽光発電	●	→	→	→
	対洪水対策の特殊架台の設計及び施工方法の検討	●	→	→	→
	コミュニティ型ペランダソーラーの研究開発	●	→	→	→
③太陽光発電高付加価値化技術開発事業	集光型太陽光発電／太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発		●	→	→
	太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発		●	→	→
	採光型太陽光発電ユニットの技術開発		●	→	→
	E-SEG(緊急時自発光誘導デバイス)の開発		●	→	→
	グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発		●	→	→
	熱電ハイブリッド集光システム技術の開発		●	→	→

### 2.1.3 研究開発予算の推移

各年度の研究開発予算（総額実績）の推移を表Ⅱ-2-2.に示す。

表Ⅱ-2-2. 研究開発予算（総額実績）の推移（単位：百万円）

事業	研究開発テーマ	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	合計
①太陽光発電多用途化実証事業	1 低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発	98	116	162	—	376
	2 低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証	15	51	33	—	99
	3 強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発	27	95	114	—	237
	4 太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト	37	100	88	—	225
	5 簡易的太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発	7	43	9	0	58
	6 傾斜地用太陽光発電システムの実証	36	147	93	—	276
	7 傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証	42	20	6	—	68
	8 未利用水面を活用した浮体モジュールの開発及び導入実証	15	24	30	—	70
	9 海上・離島沿岸部に適した太陽光発電技術開発及び実証	3	88	14	—	104
	10 米と発電の二毛作	—	38	13	14	65
②太陽光発電多用途化可能性検討事業	11 鉄道線路内太陽光発電	4	9	—	—	13
	12 洪水対策特殊架台の設計及び施工方法の検討	3	15	—	—	18
	13 コミュニティ型ペランダソーラーの研究開発	4	11	—	—	15
③太陽光発電高付加価値化技術開発事業	14 集光型太陽光発電／太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発	—	151	78	50	279
	15 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発	—	77	82	42	201
	16 採光型太陽光発電ユニットの技術開発	—	7	5	—	12
	17 E-SEG(緊急時自発光誘導デバイス)の開発	—	7	9	9	25
	18 グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発	—	20	25	20	65
19 熱電ハイブリッド集光システム技術の開発	—	61	150	95	306	
合計		290	1,081	912	228	2,511

※NEDOは、総額の2/3を負担

2.1.4 研究開発内容

3 事業について、研究開発テーマ別の開発内容、目標は以下の通りとした。

表Ⅱ-2-3. 研究開発項目別開発内容、目標

No.	開発期間	項目名	共同研究先	内容	目標	その他
① 太陽光発電多用途化実証事業						
1	25 ～ 27	低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発	株式会社カネカ	壁面設置型太陽光発電システムにおいて普及段階にある地上設置型太陽光発電システムと同程度の発電コストを実現することを目的とし、地上設置型やルーフトップ型で広く用いられている太陽電池（薄膜系Si、結晶系Si等）の壁面施工技術ならびに発電性能向上技術を開発・評価し、実証試験を行って開発技術の有効性を実証する。	壁面設置時の発電量 20%増 又は、壁面設置時の発電効率 PR20%増 システム導入コスト 20%減 モジュール重量 10%減 発電コスト 25円/kWh	
2	25 ～ 27	低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証	ダイキン工業株式会社	農地（田および農業用ハウス）に対して適用可能な空気圧駆動式の太陽光追尾システムの開発を行い、太陽光追尾による発電量増大効果と本システム設置時でも農作物の育成ができることの実証を行う。 農作物の育成・評価に関しては、奈良県農業研究開発センターと共同実施する。	農地向けの空気圧駆動式の太陽光追尾システムの開発を行い、5° 固定架台と比較して発電量 1.3 倍を達成する。 農地に太陽追尾システムを取り付けた際の農作物収量が 2 割以上減少しないことを確認する。 発電コスト目標は下記の通り。 田向け：22.8 円/kWh 農業用ハウス向け：21.8 円/kWh	
3	25 ～ 27	強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発	株式会社オルテナジー/旭硝子株式会社	強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発 1. 軽量架台の開発 2. 架台設置方法の開発 3. 耐アンモニアガス性を有する軽量太陽電池モジュールの開発 4. コストダウンおよび発電量向上の検討	1. 一般的な住宅向けルーフトップシステムと同等のコストの実現 2. 様々な畜舎の屋根構造等を想定した風洞実験、風シミュレーション試験等を行い、畜舎の屋根を加工することなく設置する 3. 畜舎屋根上でも、一般地域設置時の出力劣化と遜色がないこと 4. 10kW 規模 26.2 円 /kWh、50kW規模 23.5 円/kWh	
4	25 ～ 27	太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト	ユニバーサリー電工株式会社	・普及している分野と同程度の発電コストを実現できるビニールハウス用太陽光発電システムを開発 ・ハウス内循環扇の改善による送風効率の改善と高付加価値技術として、湿度制御技術を試作 ・開始当時の売電価格は 38 円/kWh、より低い発電コストを目標に開発 ・実証場所の公開やセミナー開催等の普及活動実施	・すでに普及している分野と同程度の発電コストで実現するための技術を開発し、効果を実証 ・太陽光発電システムとの組合せにより、高付加価値技術を開発実証 ・発電コスト 35 円/kWh。 ・見学会、視察会等を開催し、YouTube や HP 等のメディアを活用し全国へ情報発信	

5	25 ～ 28	簡易的太陽 追尾型太陽 光発電シス テムの営農 型発電設備 への応用開 発	伊藤電工 株式会社	稲作田の上空で営農型発電を 実行できる簡易的2軸太陽追 尾型発電システムを開発し 発電と稲作の両立を達成する こと。	稲作農地の上空で発電する 「簡易的太陽追尾型営農型 発電システム」を確立し、 ・発電コスト27.4円/ kWhを達成する。 ・営農型発電において、農 作物を稲として、収穫量 は「周辺地域の収穫量の 平均の80%を確保する。
6	25 ～ 27	傾斜地用太 陽光発電シ ステムの実 証	株式会社 NTTファシ リティー ズ/株式会 社 アド テック富 士	傾斜地特有の施工性の悪さ等 の課題解決に向けた傾斜地用 架台、自動施工装置を開発・ 評価する。	傾斜地への導入促進に向 け、既に導入が進んでいる 平地設置と同等程度の発電 コストを達成するための技 術（設置コスト低減や発電 量の確保等）を開発し、効 果を実証する。
7	25 ～ 27	傾斜地にお ける太陽光 発電設置の ための小径 鋼管杭工法 の開発・実 証	奥地建産 株式会社	起伏が多く複雑・多様な形状 を有する傾斜面での太陽光発 電システム設置技術に適用す る技術を開発	・実証試験段階の生産コス トを量産時に10%低減で きる防錆処理技術を目 標。 ・従来工法の架台と比べ、 重量比20%減。 ・平面設置時の太陽光発電 システム導入コストと比 べ、110%以内を目標。 ・傾斜面へ太陽光発電シ ステムの50kW規模を設置。
8	25 ～ 27	未利用水面 を活用した 浮体モ ジュールの 開発及び導 入実証	コアテッ ク株式会 社	「水上」分野へ低コスト太陽 光発電システムを導入するた め、これを可能とする軽量な 浮体一体型太陽電池モジュ ールと、その導入技術を開発 し、実証研究を行う。	地上平地設置メガソーラー 並の発電コストを実現する 水上設置型の太陽光発電シ ステムを完成する。
9	25 ～ 27	海上・離島 沿岸部太陽 光発電プロ ジェクト	株式会 社シリ コン プラス	離島、その周辺の海上は、本 土と比べ系統連係には条件が 悪い場所であるが、スポット 地域発電を得意とする太陽光 発電には、有望と捉えること ができる。海水が強風ととも にパネルに降りかかる厳しい 気候条件下で、発電劣化し難 いNEDO採択日清紡コンソ太陽 光電池モジュール技術を基 に、海上、離島沿岸部で、本 格的な太陽発電事業の実証プ ラントに関する研究開発を実 施する。	現在普及段階にあるメガ ソーラー並の発電コストを 実現する水上設置型の太陽 光発電システムを完成す る。また、本技術の普及活 動により、水上への太陽光 発電システムの導入拡大を 促進する。
10	26 ～ 28	米と発電の 二毛作	株式会 社福永 博建 築研究所	農業用太陽光発電システム開 発に当たり、以下を実施。 空中ワイヤー式架台の開発試 験及び改良/フィールド試験/ 稲の生育への影響検証/発電 量を増量させる方法の検討/ 発電コストの検証/普及活動	スパン20m以上ワイヤー 方式の架台を設計開発/気候 や外力による架台や太陽電池 パネルへの影響や稼働性を 確認/稲の生育に影響が少 ないことを確認/開発したシ ステムの発電コストが27円 /kWh以下/エンドユーザー (農業従事者)に開発品を周 知

② 太陽光発電多用途化可能性検討事業					
11	25 ～ 26	鉄道線路内 太陽光発電	株式会社 フルーク	鉄道線路敷地内に太陽光発電 パネルを設置、施工し、その 電力利用に関する課題及び解 決策の調査、検討を行う。 現在普及段階にある地上設置 型並の発電コストを実現する 線路内太陽光発電の仕様を提 案する。	未導入分野への導入を、す でに普及している分野と同 等程度の発電コストで実現 するための技術開発（発電 量増加や設置コスト低減 等）、及び、将来有望な設置 場所の導入可能量や技術開 発課題等を明らかにする。
12	25 ～ 26	耐洪水対策 の特殊架台 の設計及び 施工方法の 検討	株式会 社A-ス タイ ル	平坦な土地や住宅の屋根への 設置等の従来型分野におい ては導入量が増え続けている 一方で、技術的に導入が困難 で導入コストが従来型環境に 比べて高いため、重機使用の できない河川敷、調整池等へ の太陽光発電システム導入が 進んでいない。そこで洪水時 等の耐性を持つ低コストの基 礎杭を検討・開発し、導入可 能性を検討する。	発電コスト27.86円/kWh以下 を達成する河川敷への導入 が可能な基礎と架台を設計 する。
13	25 ～ 26	コミュニ ティー型ベ ランダソー ラーの研究 開発	みんな電 力株式会 社	ベランダソーラーについて、 以下を実施する。 使用形態、設置規模等を調査 し、導入ポテンシャルを明ら かにする/設置可能な施工法 を検討し、提案/系統連系に かかる課題、システム仕様等 について検討し、有効なシス テム案を提案/設置する場 所、設置形態に対して最適な 太陽電池パネルの仕様を検討 /使用形態に対する発電コス トを求める。	<ul style="list-style-type: none"> <li>集合住宅のベランダ設置型 太陽光発電システムの導 入ポテンシャル、導入課 題を明らかにする。</li> <li>実現可能なベランダ設置 型太陽光発電システムの 仕様を提案する。</li> <li>特にコストを低減するパ ワーコンディショナー、 簡易型系統連系システ ム、簡易インバータ変換 装置の低コスト化の実現 をはかる。</li> <li>総合的に最適設置パネル を提案する。</li> <li>中規模以上の設置コスト に近い方式を導出する。</li> </ul>
③ 太陽光発電高付加価値化技術開発事業					
14	26 ～ 28	集光型太陽 光発電/太 陽熱温度成 層型貯湯槽 コジェネ レーション システムの 開発	株式会 社SolarFlam e	集光型太陽光発電/太陽熱温 度成層型貯湯槽コジェネレー ションシステムの開発に当た り以下を実施した。 Gyro 集光型太陽光発電装置 の改良開発/発電性能開発・ 追尾・集光性能開発/温度成 層型貯湯槽の開発/ Gyro-CPV と統合した熱統合利用システ ムの性能実験	軽量化; 10kg(4枚)以下/基 耐風力;耐風速50m/秒 発電性能:変換効率25%以上 貯湯槽、熱交換ジャケット : 入り口温度40℃、出口 温度80℃ 熱統合利用システム: 発電 効率30%以上、熱利用効率 50%以上

15	26 ～ 28	太陽光・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発	日清紡メカトロニクス株式会社	太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールを開発し、性能の他、太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの経済性を実証により明らかにする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電性能:10%以上の増加</li> <li>・製造原価アップ額: +60円/W以下</li> <li>・発電温水製造システムコスト:50万円/kW以下</li> <li>・集熱効率:40%以上</li> </ul>
16	26 ～ 27	採光型太陽光発電ユニットの技術開発	岡本硝子株式会社/株式会社エガリム	試作品の開発に当たり、以下の項目に取り組んだ。 鋭形ガラスの試作開発/ホログラムの技術開発試作評価/仰角制御用ホログラムの基礎開発/大面積ホログラムの基礎開発/ Holo Glassの試作開発	試作開発したガラス、ホログラム、太陽電池セルを用いてHolo Glassを試作し、採光効率50%以上を目指す。
17	26 ～ 28	E-SEG(緊急時自発光誘導デバイス)の開発	有機系太陽電池技術研究組合(RATO)	用途拡大・高付加価値化のためE-SEGを考案、実証試験を通し商品化への課題を探るに当たり、以下の項目に取り組んだ。 低照度での太陽電池計測の技術開発/有機薄膜 OPV モジュール用材料の開発/モジュールの耐久性確保/実証試験の実施、技術課題を抽出/アンケートにより E-SEG ニーズの調査	<p>実用化への課題の明確化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・OPV モジュール 200lux で機能の確認</li> <li>・モジュールの耐久性確保 性能維持率90%以上</li> <li>・屋内・屋外で実証試験を実施</li> <li>・商品化への課題を定量把握(価格、製品期待寿命、デザイン等)</li> </ul>
18	26 ～ 28	グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発	株式会社イーダブリュエムジャパン	再生可能エネルギーを高付加価値の計算機利用サービスとしてビジネス利用するグリーン晴耕雨読型分散サーバーの研究開発を行う。	分散サーバー実現に必要なソフトウェアとハードウェアと利用者を想定したビジネスモデルを開発し、3箇所の太陽電池サイトを用いて分散機能を実現し、本システムの有効性を検証する。
19	26 ～ 28	熱電ハイブリッド集光システム技術の開発	株式会社カネカ	熱電ハイブリッド集光システムの研究開発を実施する。 ①熱電ハイブリッド集光システム技術開発 ②軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発とその農業利用技術開発	<p>①システムエネルギー効率を単独の太陽光発電システムと比較して20%向上する。システム価格を独立したシステムの合計価格と比較して20%低減する。</p> <p>②生成された温水利用により冬季の土壌温度管理における電力使用量を50%削減する。酸化還元電位制御による水田での窒素肥料削減技術を確認し、新規市場開拓の可能性を示す。</p>



## 2.2 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、国外企業等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）を委嘱又は指名し、その下に効果的な研究を実施する。

また、必要に応じて国内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等についての調査を、効率化の観点から共同研究事業として実施する。

公募の状況は以下のとおりである。

### 【平成 25 年度】

公募期間：

平成 25 年 8 月 16 日から 10 月 1 日

審査項目・基準：

#### ①太陽光発電多用途化実証事業

- 1) 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。（不必要な部分はないか）また、提案内容は、その目的上、太陽光発電が主体となっており、太陽光発電が必然となっているか（太陽光発電の代用があり得ない、あるいは代用ではその効果が低下する等）。
- 2) 提案内容は、普及を想定したレベルまでコスト検討がされているか。
- 3) 提案された太陽光発電システムは技術的に優れているか（発電量、設置の容易性、軽量性、意匠性、新規性、技術的可能性等）。
- 4) 実証する場所・規模は適切な条件となっているか。
- 5) 提案内容・事業計画は実現可能であるか。
- 6) 実証終了後の普及に向けた事業化のスケジュールが明確になっているか。
- 7) 応募者は、普及に向けた事業計画の実施に必要な能力（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等）、体制（関連分野の開発等の実績、再委託予定先・共同研究相手先等を含めた実施体制等）を有しているか（共同提案の場合、各者の提案が相互補完的であるかを含む）。
- 8) 総合評価

#### ②太陽光発電多用途化可能性検討事業

- 1) 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。（不必要な部分はないか）また、提案内容は、その目的上、太陽光発電が主体となっており、太陽光発電が必然となっているか（太陽光発電の代用があり得ない、あるいは代用ではその効果が低下する等）。
- 2) 市場規模の調査、導入に対する課題調査（技術的事項、法規制、環境、コスト等）、ユーザーヒアリング（設置場所の所有者側）について、調査方法、調査規模は妥当であるか。
- 3) 提案内容・事業計画は実現可能であるか。
- 4) 総合評価

採択審査委員会（敬称略）：

- 委員長 高倉 秀行（立命館大学 教授）
- 委員 西川 省吾（日本大学 教授）
- 委員 上田 譲（東京工業大学 助教）
- 委員 小西 祥司（ネグロス電工株式会社 部長）
- 委員 小野塚 能文（株式会社ユーラスエナジーホールディングス 副部長）

件数：

応募 25 件、採択 12 件

#### 【平成 26 年度】

公募期間：

平成 26 年 3 月 31 日から 5 月 26 日

審査項目・基準：

##### ① 太陽光発電高付加価値化技術開発事業

- 1) 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。（不必要な部分はないか、太陽光発電の普及に繋がるものか）
- 2) 提案された高付加価値化技術は、新規性、あるいは従来技術に対する優位性が十分認められるか。
- 3) 高付加価値化を実現する上で太陽光発電に係る課題が存在し、その課題解決の必要性が十分認められるか。（単に太陽電池を組み合わせるだけの内容になっていたりしないか）
- 4) 事業化計画は、本事業のアウトカム目標を満たす計画となっているか。
- 5) 事業化計画は、実現性のある内容となっているか。
- 6) 応募者は、普及に向けた事業計画の実施に必要な能力（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等）、体制（関連分野の開発等の実績、再委託予定先・共同研究相手先等を含めた実施体制等）を有しているか（共同提案の場合、各者の提案が相互補完的であるかを含む）。
- 7) 総合評価

##### ② 太陽光発電多用途化実証事業

- 1) 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。（不必要な部分はないか）また、提案内容は、その目的上、太陽光発電が主体となっており、太陽光発電が必然となっているか（太陽光発電の代用があり得ない、あるいは代用ではその効果が低下する等）。
- 2) 提案内容は、普及を想定したレベルまでコスト検討がされているか。
- 3) 提案された太陽光発電システムは技術的に優れているか（発電量、設置の容易性、軽量性、意匠性、新規性、技術的可能性等）。
- 4) 実証する場所・規模は適切な条件となっているか。
- 5) 提案内容・事業計画は実現可能であるか。
- 6) 実証終了後の普及に向けた事業化のスケジュールが明確になっているか。
- 7) 応募者は、普及に向けた事業計画の実施に必要な能力（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等）、体制（関連分野の開発等の実績、再委託予定先・共同研究相手先等を含めた実施体制等）を有しているか（共同提案の場合、各者の提案が相互補完的であるかを含む）。
- 8) 総合評価

③太陽光発電多用途化可能性検討事業

- 1) 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。（不必要な部分はないか）また、提案内容は、その目的上、太陽光発電が主体となっており、太陽光発電が必然となっているか（太陽光発電の代用があり得ない、あるいは代用ではその効果が低下する等）。
- 2) 市場規模の調査、導入に対する課題調査（技術的事項、法規制、環境、コスト等）、ユーザーヒアリング（設置場所の所有者側）について、調査方法、調査規模は妥当であるか。
- 3) 提案内容・事業計画は実現可能であるか。
- 4) 総合評価

採択審査委員会（敬称略）：

委員長 高倉 秀行（立命館大学 教授）

委員 上田 譲（東京工業大学 助教）

委員 小西 祥司（ネグロス電工株式会社 部長）

委員 小野塚 能文（株式会社ユーラスエナジーホールディングス 副部長）

委員 貝塚 泉（株式会社資源総合システム 部長）

件数：

応募 9 件、採択 7 件

3 事業の研究開発の実施体制を図 II-2-1~3. に示す。

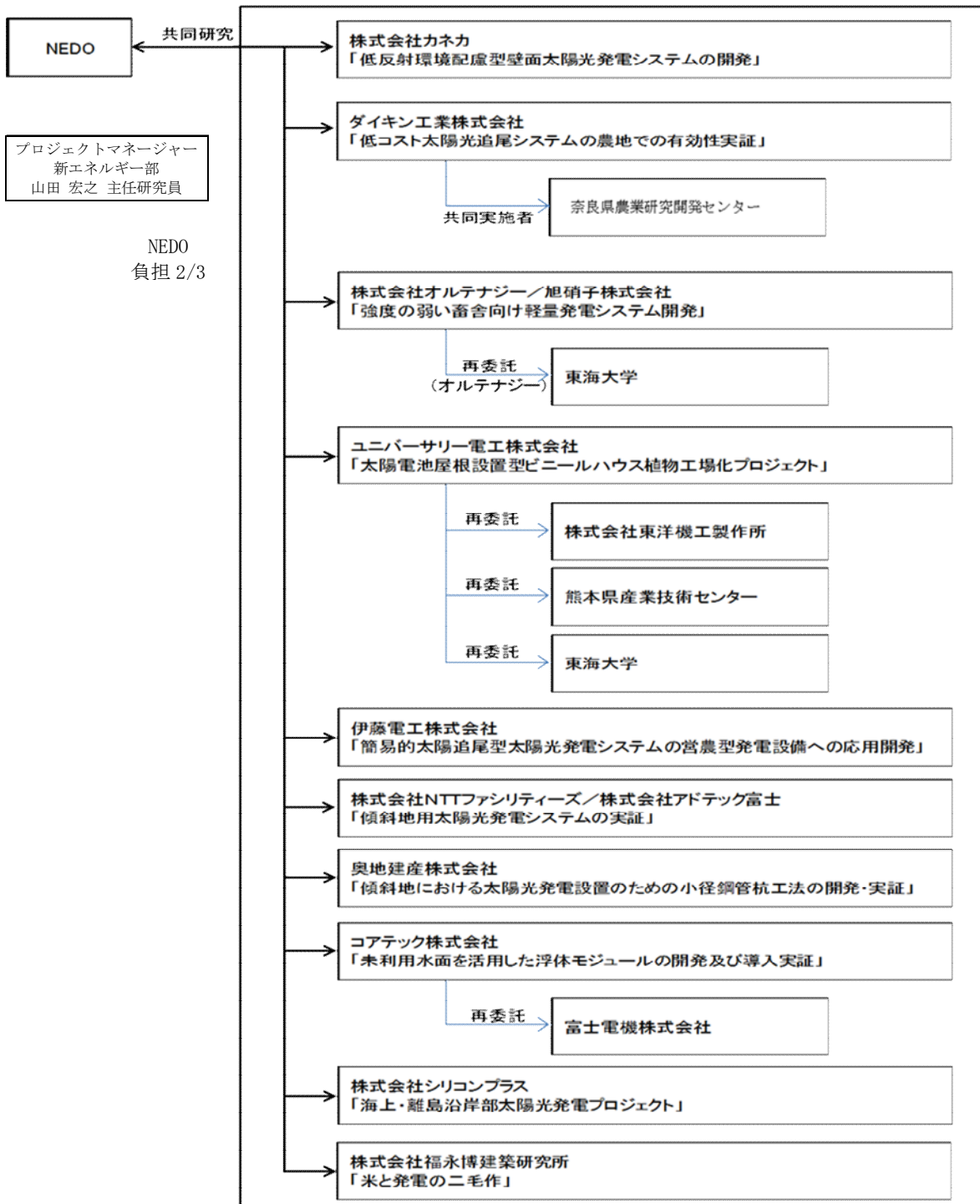


図 II-2-1. 「太陽光発電多用途化実証事業」 の実施体制

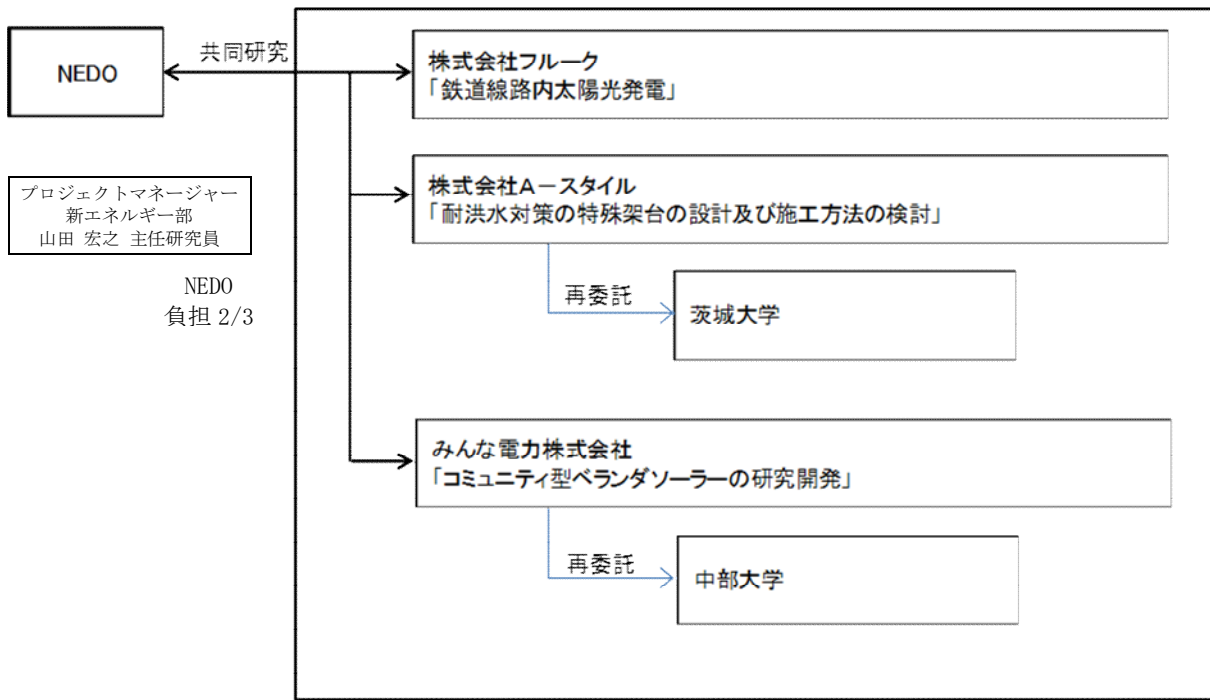


図 II-2-2. 「太陽光発電多用途化可能性検討事業」の実施体制

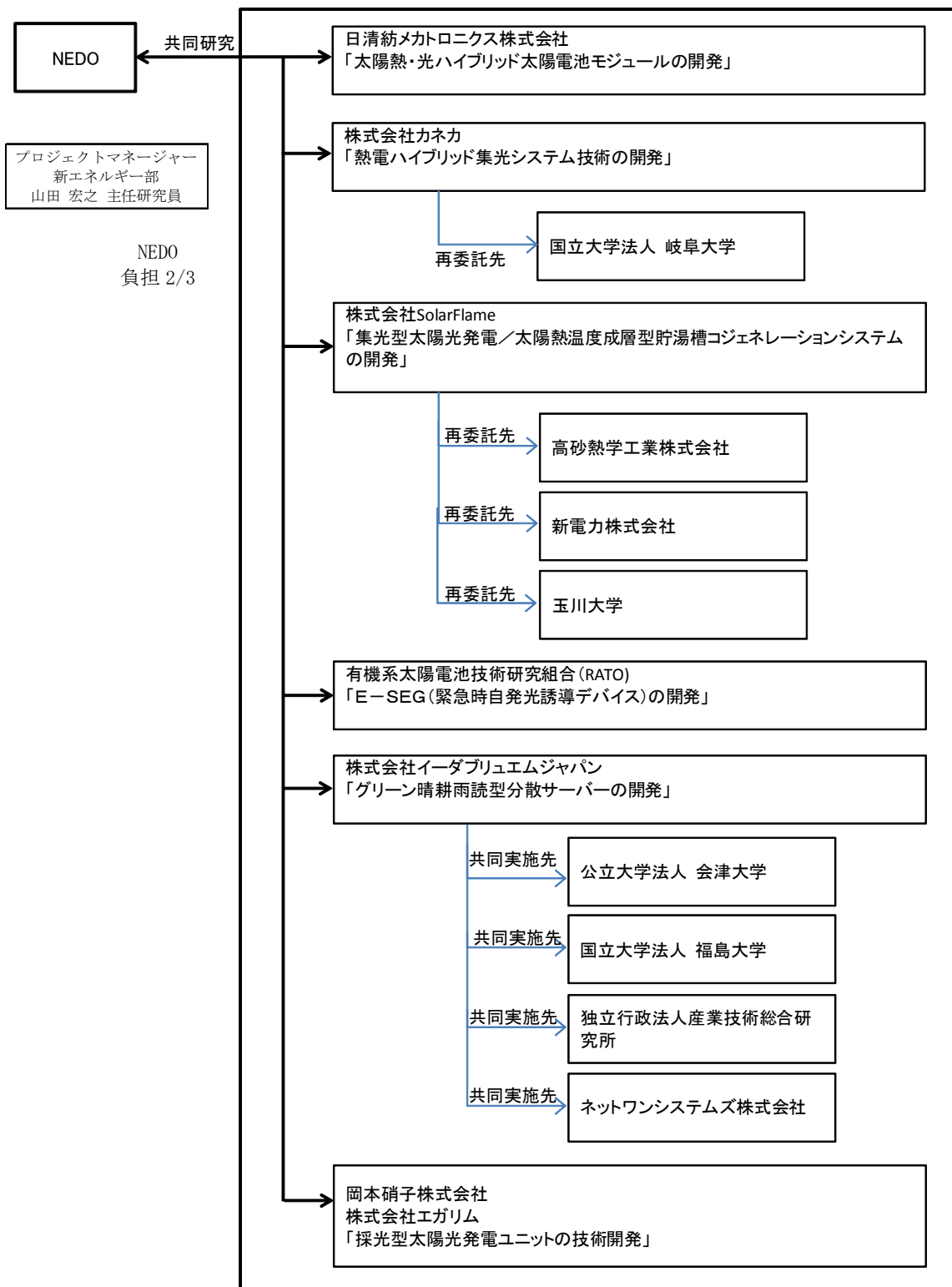


図 II-2-3. 「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」の実施体制

### 2.3 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、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。

特に、研究開発実施者とは、半期毎に実施責任者との進捗確認会議を実施するとともに、必要に応じ、適宜実証試験場を訪問する。

さらに成果の発信・公表の場として、年度ごとの成果報告会を、他の太陽光発電関連事業とともに実施している。(表Ⅱ-2-4. 参照)

表Ⅱ-2-4. 成果報告会の実施状況

実施項目	開催時期	場所
平成 26 年度成果報告会	平成 26 年 12 月 16 日-17 日	パシフィコ横浜
平成 27 年度成果報告会	平成 27 年 10 月 28-29 日	パシフィコ横浜
平成 28 年度成果報告会	平成 28 年 10 月 31 日 11 月 1 日	ワークピア横浜
平成 29 年度成果報告会	平成 29 年 9 月 21-22 日	パシフィコ横浜

### 2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

本プロジェクトにおいては、実用化、事業化の定義を以下とした。

- ・当該研究開発に係る目標を達成し、試作品、サービス等の開発を完了した段階を実用化と定義
- ・当該研究開発で得られた成果を生かして製品化を行い、商品、サービス等の社会的利用（顧客への提供等）が開始され、その販売や、利用により企業活動（売り上げ、利益等）に貢献する段階を事業化と定義

本プロジェクトにおいては、実用化を行うだけでなく、早期の事業化を目指し、以下のマネジメントを実施する。

- ・実用化においては、開発期間を勘案し、製品を発売する時点で必要な機能、コストをマーケットインの考え方で明確にし、これを開発目標として設定する。
- ・事業化においては、販売時点における市場価格、要求される機能を再度調査し、製品化のための目標を設定する。
- ・積極的に広報活動を行い、新たな分野向けの製品、新しい機能の製品の認識を市場に広め、導入を促進する。

また、知財確保に関するマネジメントについては、事業化には、知財確保が必須との認識を実施者と共有し、以下のマネジメントを実施する。

- ・共同研究開発の成果に関わる知的財産権については、「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・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、すべて共同研究先に帰属させることとする。
- ・進捗確認会議を通し、実施者と情報共有を図るとともに、国内外への出願を促進する。

## 3. 情勢変化への対応

### 【平成 26 年度】

平成 25 年度より開始した「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」における「太陽光発電多用途化実証事業及び太陽光発電多用途化可能性検討事業」では、発電コストをルーフトップやメガソーラー等の従来型分野と同等に低減させることにより未導入分野への導入普及を目的とした。

その後、導入量が増加すると同時に、太陽電池モジュールの価格競争が激しくなり、産業競争力の維持が難しくなってきた状況を踏まえ、従来の発電コストのみを評価指標としていた、差別化要素も限定的となることから、太陽光発電システムに発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値化による市場拡大と導入の加速を目論み、平成 26 年度に「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」を加えた。これら 3 つの事業を完成させることで、太陽光発電の導入量拡大と導入の加速について、最大の効果を得ることができる。

#### 4. 評価に関する事項

**【事前評価】**

評価実施時期：平成 25 年度

評価手法：内部評価

評価部門：評価部、技術戦略センター、総務部



### Ⅲ. 研究開発成果と実用化の見通し

#### 1. 分野別、課題に対する主要な成果

##### ① 太陽光発電多用途化実証事業

主要な成果、達成度について表Ⅲ-1-1～表Ⅲ-1-10 に示す。

表Ⅲ-1-1. 低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発

研究開発項目	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 低反射モジュールの表面構造の最適化	(a) 従来の合わせガラス太陽電池モジュールと比べて重量は 10%減とする。	モジュールの表面構造について検討を実施し、70MPa までの負圧応力に対して、破壊強度確率が未処理ガラス基板より小さくなる構造を見出した。その結果、モジュール重量として 10%以上の削減を達成した。	○	
	(b) 反射率 1%以下、散乱角に依らず分光特性（相対値）が 1%以下であることを確認する。	低反射モジュールについて正反射角度 10°～70°、散乱光角度-80°～10° の範囲で、正反射光 0.95%未満、散乱光 0.53%未満で両者とも反射率 1%以下（分光特性 1%以下）であることを確認した。	○	
	(c) 壁面太陽光発電量評価システムの設計を実証し、 (d) 壁面設置における低反射太陽電池モジュールの発電性を実証する。	兵庫県豊岡市カネカ技術センター内に壁面太陽光発電量評価システム実証棟（11kW規模）を建設し、低反射モジュールを設置した。同構造にて 15%以上の電流向上に寄与する光閉じ込め効果を確認した。実証試験にて年間の PR としては最大 3%の向上が見込まれることを確認した。	◎	
② 窓用及びペランダ手すり用両面受光モジュール	(a) 両面受光型太陽電池モジュールを設計・製作し、可視光領域の分光透過率 10%以上の向上を実証する。	両面受光型太陽電池モジュールを新規設計・製作し、可視光領域で 10%以上の透過率向上を達成した。	○	
	(b) モジュール裏面での分光感度特性（相対値）が 20%以上向上していることを確認する。	両面受光モジュールの裏面分光感度で、20%以上の向上を確認した。	○	
	(c) 建物に設置し発電量評価を行い、発電効率 PR 優位性を実証する。	前記の実証棟に両面受光モジュールを設置して発電量評価を実施し、年間 PR として 6%向上の見込みを得た。	○	
③ 建物設置用モジュールに断熱機能を付与	(a) 断熱型・遮熱型壁面太陽電池モジュールを設計・製作し、 (b) 断熱性・遮熱性の優位性について実証する。	複層化モジュールを製作し、断熱性・遮熱性の評価から、従来熱線反射ガラスの値範囲（「断熱性：熱貫流率 2.8～3.3」、「遮熱性：日射熱取得率 0.52～0.59」）に対し、断熱性：熱貫流率 3.3～3.4、遮熱性：日射熱取得率 0.31～0.34 であることを確認し、熱線反射複層ガラス同等の断熱性を有することを確認した。	◎	
	(c) 建物に実装し、設置コストや発電量評価によって、特性・優位性を明らかにする。	BIPV としての開口部への適用により、発電、設置コストは対モジュールコストで 33%削減の見通しを得た。社内建物に断熱型複層シースルーモジュールを設置し、発電量評価を実施した。	○	

④光害評価と表 件凹凸構造の設 計	(a) 従来の建築部 材及び低反射型太 陽電池パネルの散 乱光の角度依存性 の評価を実施し、 太陽光反射の残像 との相関を確認す る。	低反射モジュールと陶器瓦、スレート 瓦、金属瓦の反射率の角度依存性に関 する評価を行った。低反射モジュールの反 射率は入射角 60° まで 0.2%以下の値を示 し、どの建築部材より低い反射率を示し た。また、60° 入射角での光散乱の評価 から、0.3%以上の反射率では太陽光の反 射が残像することが明らかとなった。	○	
	(b) 表面凹凸形状 の異なる低反射型 太陽電池パネルを 作製し、表面凹凸 構造と散乱光の角 度依存性の関係を 明確にする。	表面凹凸構造（表面粗さ）の異なる太陽 電池パネルを製作し、その太陽光の反射 有無を確認した。表面粗さが小さいもの （～0.25 μm）は太陽光を反射し、表面 粗さが大きいもの（1.25 μm～）は太陽 光を反射はしないが、モジュール表面に 太陽をわずかに映り込ませることがわか った。その中間の領域（表面粗さ： 0.25～1.25 μm）は太陽光を、反射も映 り込みもさせないことがわかった。	○	
	(c) 低反射型太陽 電池パネルを建物 に設置し、周囲で の光反射の影響を 計測し、光害とな らない表面凹凸構 造を明確化する。	定点カメラ測定による低反射モジュール の太陽光反射画像解析を実施し、眩しさ の定量評価を可能とした。	○	
⑤発電コスト低 減への光閉じ込 め技術効果の把 握	(a) 発電コスト 25 円/kWh に向けて の、表面凹凸構造 による光閉じ込め をはじめとした技 術適用による効果 を明確にする。	兵庫県豊岡市カネカ技術センター側に壁 面太陽光発電量評価システム実証棟（11 kW規模）を設置した。壁面設置のモ ジュールを BIPV 化する事で発電機能コス トとして、24.7 円/kWh（20 年運転、設備 稼働率 8.4%）となる見通しを得た。 建設費[円]として 3,600 千円、運用費用 として 180 千円、廃棄処理費用として 180 千円を想定し、運転年数内総発電量 は 157,680kWh を想定した。	○	
⑥未導入分野へ の普及活動	(a) ビル建築メー カー、ハウスメー カーへの社内実証 試験場所の公開と ともに、建物壁面 設置用太陽電池パ ネルの仕様の紹介 並びに実証試験結 果の公表を開始 し、継続する。	建物壁面設置太陽光発電システム実証棟 の公開及びセミナーを実施した。未導入 分野への普及活動として、防眩機能を有 し意匠性を高めた低反射環境配慮型太陽 光発電システムを開発し、大成建設株式 会社技術センター内（横浜市戸塚区）に て実証試験を行った。	◎	

※達成度

◎：数値目標クリアに加えて想定以上の付加価値を実証、○：数値目標クリア、△：達成見込み

表Ⅲ-1-2. 低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証

研究開発項目	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低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証	農地向けの空気圧駆動式の太陽光追尾システムの開発を行い、5°固定架台と比較して発電量1.3倍を達成する。発電コスト目標 田向け：22.8円/kWh 農業用ハウス向け：21.8円/kWh	農地向けの空気圧駆動式の太陽光追尾システムを開発し、目標風速である38m/s時の風荷重に対して十分な強度を有している事を確認した。 試験圃場の実証試験で、従来の固定型太陽光発電システム（5度傾斜）の年間発電量に対して、目標値である1.3倍以上得られる事を確認した。 発電コストは 田向け：22.6円/kWh 農業用ハウス向け：21.0円/kWhの見込みを得た。	○	
	農地に太陽追尾システムを取り付けた際の農作物収量が2割以上減少しないことを確認する。	太陽光追尾システムの下部で農作物の営農評価を実施し、米及びイチゴ苗の収量が、慣行栽培に対して80%以上得られる事を確認した。	○	

表Ⅲ-1-3. 強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発

研究開発項目	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軽量架台の開発	・現行重量低減率50%を実現 6.5kg/m <sup>2</sup> ⇒3.25kg/m <sup>2</sup> ・一般的な住宅向けルーフトップシステムと同等のコストの実現	・架台重量52%低減 (6.5kg/m <sup>2</sup> ⇒3.1kg/m <sup>2</sup> ) ・設置から1年経過後に架台の一部を持ち帰り引張強度試験で劣化がない(±1%の範囲)ことを確認した。 ・架台コスト約2万円/kWと住宅向けルーフトップシステムと遜色ないコストを実現。	○	
②架台設置方法の開発	・様々な畜舎の屋根構造に対応した設置方法を確立する。	・風シミュレーション、風洞試験結果を基に、設置金具を設計。 ・屋根形状の異なる畜舎(5か所)に設置を行った。	○	
③耐アンモニアガス性を有する軽量太陽電池モジュールの開発	畜舎屋根上でも、一般地域設置時の出力劣化と遜色がないこと。	・実畜舎屋根に7か月設置したモジュールの出力劣化は1%未満であり、一般地域に設置した場合と遜色ない結果が得られた。 ・畜舎排気口付近では、内部からの粉塵等により、表面が非常に汚れることがわかり、設置場所、洗浄メンテナンス通路の確保等、畜舎特有の設置条件が見いだされた。	○	
④コストダウン化・発電量向上化検討	26.2円/kWh(10kW規模)および23.5円/kWh(50kW規模)以下を達成すること。	・10kW規模 17.1円/kWhを達成。 ・50kW規模 16.2円/kWhを達成。(未達成の畜舎もあり)	○	

表Ⅲ-1-4. 太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト

研究開発項目	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ビニールハウスへの太陽電池の施工技術の開発	実用化し、普及している分野と同程度の発電コストを実現	多結晶型太陽電池を用いビニールハウス屋根専用のシステムを実用化	○	
②環境制御装置の研究開発	太陽光発電システムとの組合せにより、太陽光発電システム高付加価値技術を開発・実証する。	CFRP 羽根車の循環扇を開発した。高付加価値技術として、湿度制御技術を試作した。	○	
③コスト抑制の検討	太陽電池および環境制御装置の設置、農作物育成、ハウス維持のコストと、発電量および生産に対する効果を実証評価・検証し、目標発電コスト 35 円/kWh 以下の達成。	5kW 時の 39 円/kWh で未達成、10kW 時 33.4 円/kWh は達成した。	△	専用架台である FRP のコストをどう下げていくか非常に大きいポイントである。
④普及活動	見学会、視察会等を開催し、YouTube やホームページ等のメディアを活用しながら、全国へ向けて広く情報発信を仕掛けていく。	実用化を実現しており現在 YouTube やホームページ等のメディアを活用しながら、全国へ向けて広く情報発信を仕掛けている。	○	

表Ⅲ-1-5. 簡易的太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発

研究開発項目	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稲への日照量の確保	①稲への日照量を確保する為、追尾パラメータにより、日照量を調整できること。	稲作時、非稲作時それぞれにおける追尾パラメータの設定により、発電量確保、稲作収穫量確保できた。	○	
②簡易的太陽追尾型構造の開発	②簡易的太陽追尾型構造とする為、 ②.1 簡易的に最小限のモーター個数で東西方向のパネルの回転駆動を行えること。 ②.2 簡易的な構造で、パネルを小グループに分け、枠を付手で南北方向の角度調整ができること。	トルク伝達の軸が長ストローク間でねじれ問題を解決し、最小限のモーター個数で東西方向の駆動を実現した。 パネルを小グループに分け、枠を付手で、手動ウィンチで角度調整可能とした。	○ ○	
③営農型発電下での稲作収穫量	③ 営農型発電において、農作物を稲として、収穫量は「周辺地域収穫量平均の 80%を確保すること。	営農発電第一期目は周辺農地の収穫高に対し 68%、第二期目は 75%の収穫高であった。	△	稲作と発電のシェアリングを調整するパラメータを更に調整すること。

④発電コスト	④発電コスト27.4円/kWhを達成すること。	発電コスト 26.7 円/kWh を達成した。	○	
--------	-------------------------	-------------------------	---	--

表Ⅲ-1-6. 傾斜地用太陽光発電システムの実証

研究開発項目	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傾斜地用架台の開発	重機を使わず軽作業で施工可能な太陽電池用架台の開発	施工に重機を使用しない、埋込基礎架台とアジャスト架台を開発し、有効性を確認。	○	
②自動施工装置の開発・評価	太陽電池モジュールを安全かつ容易に傾斜面に搬送する自動施工装置の開発	自動施工装置を開発し、安全性・施工性に関して有効性を確認。	○	
③実証サイトの構築・運用・評価	傾斜地用架台を採用した太陽光発電システムの構築及び発電特性、メンテナンス性の評価	実際の傾斜地に太陽光発電システムを構築し、施工性、発電特性、メンテナンス性を評価及び、課題抽出を実施。	○	
④システム設計技術の開発	傾斜地特有の土地形状を考慮したシステム設計技術の開発	地形が発電特性に与える影響を評価するとともに、架台やシステムの選定条件整理を実施。	○	
⑤導入モデルの検討	平地設置の発電コスト(32.7円/kWh)と同程度の実現、事業化に向けた課題等整理及び、実証事業に関する普及活動の実施	平地設置(22.6円/kWh※)と同等の発電コスト(23.4円/kWh(埋込基礎架台))を達成。傾斜地保有者へのヒアリング等により導入時の注意点等を整理した。公開試験や展示会、学会等により普及活動を実施。 ※(H27年度の市場動向を踏まえた見直し)	○	

表Ⅲ-1-7. 傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証

研究開発項目	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小径鋼管杭の設計と施工技術の開発	重機を使用せず、小径鋼管杭の打設精度の水平距離50mm以内の吸収を可能とする機構およびその最不利条件による強度を確認する。	重機を使用せずに施工誤差を吸収できる製品開発を行い、最不利条件である偏心50mm時の強度を確認した。	○	
②小径鋼管杭の防錆技術開発	実証試験段階の生産コストを量産時に10%低減できる防錆処理技術の確立と長期検証	地際腐食対策として、絶縁皮膜鋼管を用いることが有効であることが分かった。実証実験段階と比較し、量産時では37%低減できた。	◎	
③軽量ユニット架台の開発	架台システムの構成として従来工法のベースレール仕様に比べ重量比20%減を目指す。	風洞実験結果から設計荷重の最適化を行うことにより軽量のユニット架台を開発し、従来工法より重量の34%減を実現した。	◎	
④安定生産を実現するための生産設備の技術開発	20年間耐えうる表面処理技術を開発。月産2MWの生産量を目標とする。	防錆技術開発で得られた知見により、既存の産業技術を応用して20年間耐えうる表面処理として月産2.5MW程度の生産量を可能とした。	○	

⑤傾斜地における太陽光発電システムの施工技術開発	平坦地設置時の太陽光発電システム導入コストとの110%以内を目標、傾斜地へ太陽光発電システムの50kW規模を設置（目標コスト：22.7円/kWh）	平坦地との導入コスト比較として99.5%となった。また、傾斜地に約76kWの太陽光発電システムを設置した（平坦地コスト：21.1円/kWhに対して、傾斜地コスト：21.0円/kWh）	○	
⑥傾斜地に設置した太陽光発電システムの運用実証・性能評価	太陽光発電の特性把握や発電量の優位性および性能等を見極めるため、市場導入を進めながら並行して分析を行う。	NEDOの検討支援ツールを用いたシミュレーション結果と比較し、実測値による年間平均発電量が18%上がった。	○	

表Ⅲ-1-8. 未利用水面を活用した浮体モジュールの開発及び導入実証

研究開発項目	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浮体一体型太陽電池モジュールの開発	実証試験に使用する浮体モジュールを製作する。	高密度発泡体を特殊ウレタン樹脂でコーティングした浮体に、軽量なフレキシブル太陽電池モジュールを固定した浮体一体型モジュールを開発した。	○	
②浮体一体型太陽電池モジュールの設置（係留）技術の研究および開発	浮体一体型太陽電池モジュールの設置を行う。	隣り合う浮体を接続金物で連結し、2方向を配水池壁面に固定した。隣り合う浮体を接続金物で連結する方式としたため設置工事にかかる工数も低減できた。	○	
③水面設置における故障（地絡）検出システムの開発および導入	故障検知システムの運用を行う。	故障（地絡）を検出する絶縁監視システムを開発し、浮体モジュールを使用した実証設備へ導入・運用および評価試験を行い、故障検出の有効性について確認した。	○	
④浮体モジュールを用いた太陽光発電システムの導入および評価・検証	発電システムの評価、運用を行う。発電コストの試算を行う。	開発した浮体一体型太陽電池モジュール266ユニット（47.88kW）を導入し、系統連系用パワーコンディショナを設置し実証運転を行った。1MWの太陽光発電システム導入時の発電コストをシミュレーションした結果、24.7円/kWhが見込まれた。	○	

表Ⅲ-1-9. 海上・離島沿岸部に適した太陽光発電技術開発及び実証

研究開発項目	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海上・沿岸部を想定した太陽光発電モジュール評価方法の確立	塩害やPID現象等による劣化が起きない構造を確立し、なおかつ全体コストを10%低減させる。	検討材料における塩水噴霧、PID試験で問題ないことを確認 検討構造でモジュール製造量が最大20%上昇したためコストダウンにつながった。	○	
②海上設置型架台の開発	重量10kg未満で電線部に海水侵入がなく3年間錆びない架台を開発する。	重量に関しては海藻や貝類の付着が深刻であることが判明 実フィールド試験において選定材料における錆や漏電は見受けられなかった。	△	藻・貝類付着対策については表面処理が必要、錆に関しては3年間実フィールドでの試験を継続する必要あり（実施中）

③ オフグリッド電力供給システムの検討	15kWh 蓄電池を実験モデルにして充放電バランスの見極めを行う。	バッテリーを用いた充放電システムを検討していたがコントローラの不具合により海上設置期間中の評価ができなかった。	△	計画と同等のシステムが期間中に製品として他社から普及しているため特徴を持つシステム開発が必要。
④ 既存システムからの発電量上昇システムの検討	海上設置架台に太陽光追尾機能を搭載する事で陸上設置より 10%の発電上昇を目指す。	海上での追尾は+3% (シミュレーション) に対し海上設置では陸上 비해+2%であり組み合わせても+5%の見込み。	△	陸上と海上での温度差を利用した更なるシステムの構築が必要と考えられる。
⑤ 海上・沿岸部設置システムのコストダウン検討	発電性能、信頼性性能、架台構造の安定性を検証し、目標コスト 26 円/kWh に到達するか検証する。	海上設置コストは 28.0 円/kWh まで到達 モジュール信頼性については国際認証機関における試験で合格済み。	△	海上事業者（漁業組合など）がシステムを購入する事で 26 円に到達する可能性はある。

表Ⅲ-1-10. 米と発電の二毛作

研究開発項目	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 空中ワイヤー式架台の開発・試験及び改良	スパン 20m のさや管ワイヤー方式の設計・開発する。	第三者試験で風速 34m、最大瞬間風速 64m の耐風性を確認。	○	
② フィールド試験	耐風耐候性、農作業に大きな影響がないことを確認する。	耐風性を確認することができた。農作業への影響点を確認できた。	○	
③ 稲の生育への影響観察	稲の影響が少ないことを確認する。	稲の収量比 80~90%となることが確認できた。	○	
④ 発電量を増量させる方法の検討	発電量を増加させる方法を検討する。	裏面パネルの発電が有効であることを確認した。	○	
⑤ 発電コストの検証	量産時の発電コストが 27 円/kWh 以下	量産時の価格に於いて、目標値 27 円/kWh 以下の 20.96 円/kWh になることを確認した。	○	

## ②太陽光発電多用途化可能性検討事業

主要な成果、達成度について表Ⅲ-1-11～表Ⅲ-1-13に示す。

表Ⅲ-1-11. 鉄道線路内太陽光発電

研究開発項目	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
「鉄道線路内太陽光発電」	線路敷地への太陽光発電の導入ポテンシャル、導入課題を明らかにし、現在普及段階にある地上設置型並の発電コストを実現する線路内太陽光発電の仕様を提案する。	赤字が続いている地方ローカル線は本システム導入により、赤字の補てんにつながる。 線路内で発電する事により、長距離送電ロスが軽減され蓄電池、電車への電力供給が可能。 全国で増え続ける廃線跡地の再利用に貢献できる。	△	現システムは既存の太陽光パネルを基に開発をしている為に、鉄道の保守点検作業に時間がかかる、線路内発電専用の太陽光発電パネルを開発出来れば、保守点検作業は劇的に改善される。 保守・点検作業の装置化が進めば、設置した太陽光発電パネルの脱着の頻度が少なくなりさらに効率的になる。

※達成度

◎：数値目標クリアに加えて想定以上の付加価値を実証、○：数値目標クリア、△：達成見込み

表Ⅲ-1-12. 洪水対策特殊架台の設計及び施工方法の検討

研究開発項目	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
洪水対策特殊架台の設計及び施工方法の検討	発電コスト27.86円/kWh以下を達成する河川敷への導入が可能な基礎と架台を設計する。	引き抜き強度、水平載荷力など基礎データを取得し、試作品及び施工方法の評価を行い、架台のコストダウンと施工方法の短縮化により目標となる基礎と架台を設計することができた。(27.66円/kWh)	○	

表Ⅲ-1-13. コミュニティ型ベランダソーラーの研究開発

研究開発項目	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 導入ポテンシャルの調査	使用形態、設置規模等を調査し、導入ポテンシャルを明らかにする。	国内の集合住宅の2209万戸に1.2㎡のものを2枚設置した場合、1枚当たり200Wクラスだと8.8GWのポテンシャルが期待できる。	○	
② 工法の検討	設置可能な施工法を検討し、提案する。	狭いベランダなのでフレキブル型ですだれ型が最適	○	
③ ベランダ設置型太陽光発電システムの仕様検討	系統連系にかかる課題、システム仕様等について検討し、有効なシステム案を提案する。	ベランダに適すフォワードコンバータ等の3方式について検討し比較した。	○	
④ 太陽電池パネルの検討	設置する場所、設置形態に対して最適な太陽電池パネルの仕様を検討する。	結晶系、アモルファスシリコン、有機薄膜のフレキブルタイプともに実現可	○	



⑤ 発電コストの検討	使用形態に対する発電コスト（円/kWh）を求める。	結晶系：20.07 アモルファスシリコン：21.20 有機薄膜：18.10	○	
------------	---------------------------	---	---	--

### ③ 太陽光発電高付加価値化技術開発事業

主要な成果、達成度について表Ⅲ-1-14～表Ⅲ-1-19 に示す。

表Ⅲ-1-14. 集光型太陽光発電／太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発

研究開発項目	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 Gyro 集光型太陽光発電装置の改良開発性能検証	軽量化；フレネル型ミラー10kg(4枚)以下/基、耐風速50m/秒 発電性能；変換効率25%以上、PV素子モジュールの仕様検討、冷却ジャケット 出口冷却水温度 80℃ 追尾・集光；追尾精度5mR以下 Gyro 機構；自己バランス負荷荷重15g以下 量産化・自立自律機構；部品数の1/2減数、駆動モーター電力5W以下	フレネル型ミラー10kg(4枚)以下/基を達成。「高平滑面フレネル反射ミラー」の事業化に見通しを得る。タブランス力風荷重（耐風速50m/秒(目標値)達成。二次集光器とリレーレンズ方式のシミュレーション開発により、開発目標値(変換効率28%以上の10A、0.8kWを定格として変換効率28%)達成。 EW軸で日の入前2時間8.4mR(反射で2θ；θ=16.8mR)。それ以外では、5mR以内(θ=10mR)。 生産コスト試算10万円/基以下達成。駆動モーター電力5W以下、メガソーラーでのフィールドにAC電源ケーブル配線不要確認。	◎	
② 温度成層型貯湯槽の熱利用システム高効率化開発	貯湯槽；冷却ジャケット入り口温度40℃、出口温度80℃	入り口温度40℃、出口温度80℃をフィールド熱試験により達成	◎	
	熱統合利用システム； 発電効率30%以上 熱利用効率50%以上	発電効率30%以上、熱利用効率50%以上をフィールド熱試験とリレーレンズ方式のシミュレーションにより達成。	○	
③ 実証開発試験場のコーディネート及び電力システム(10kW)の開発とメガワット級の調査研究	10kW電力システム；1kW Gyro-CPV から、10kW電力システムを開発する。	10kW電力システムを開発し、千葉県八街試験場にて実証試験を行った。	○	
④ 植物工場・陸上養殖	5～10メガワットのソーラーフィールドをモデルとして検討	玉川大学のLED植物工場での消費エネルギー実績に対して、Gyro-CPV/SH-GradSTのコジェネレーションシステム(CGS)の適合をシミュレーション試算し、植物工場の電力は昼間に2時間程度の太陽光発電で賄えることを明らかにした。	◎	
⑤ 医療法人	医療法人施設導入先の調査研究	医療法人施設(介護・リハビリ)について具体的に導入する施設について導入先の調査研究を行い、プロジェクト提案時の調査結果とほぼ同様であった。	○	

#### ※達成度

◎：数値目標クリアに加えて想定以上の付加価値を実証、○：数値目標クリア、△：達成見込み

表Ⅲ-1-15. 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発

研究開発項目	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 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発	①-1 寿命加速度試験後の発電劣化率:0.25%未満	0	○	
	①-2 モジュール重量:20kg/m <sup>2</sup> 以下	26Kg	△	両面ガラスの薄肉化(2.5mm→2.0mm)
	①-3 発電性能:10%以上の増加	22% (4~6月実績値)	○	
②モジュール・システムコスト	②-1 製造原価アップ額:+60円/W以下	+140円/W	△	量産化とモジュール構成部材のモジュール化
	②-2 発電温水製造システムコスト:50万円/kW以下	82万円/kW	△	接続工法の開発と量産化
③ 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの経済性(40kWシステム)	③-1 年間発電量(FIT32円/kWh):150万円/年以上	184万円/年	○	
	③-2 温水(灯油換算100円/L):300万円/年以上	200万円/年	△	風の強い場所用途:断熱材の適用
	③-3 集熱効率:40%以上	43%	○	

表Ⅲ-1-16. 採光型太陽光発電ユニットの技術開発

研究開発項目	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 鋭形ガラスの試作開発	ガラス端部をテーパ加工することにより、太陽電池セルサイズを最小化する。	テーパの加工ガラスを試作。下部から出た光は散乱射出の結果となった。	△	ガラス端部を太陽電池セルと接着する事で散乱の問題なし。セル面積の最小化は開発終了とした。
② ホログラムの技術開発試作評価	2 光束干渉法を用いたレーザー露光により、入射した光を増角回折するホログラムを作製する。	試作したホログラムは光を増角回折させ、ガラス端部から光を採光する事が出来た。	◎	
③ 仰角制御用ホログラムの基礎開発	春夏秋冬、朝昼夕の太陽光に対応する、可視光領域全体の光を増角回折する事が可能なホログラムの基礎開発を行う。	特殊光学系を用いたホログラム作製により、可視域全体の光を採光するホログラムを開発した。	◎	

④大面積ホログラムの基礎開発	将来的な大面積化の基礎開発として、部分的なホログラムを敷き詰めた 210mm 角サイズのホログラムを形成する。	露光と移動を繰り返すプログラムを作製し、210mm サイズの可視光応答型ホログラムを露光した。	○	
⑤Holo Glass の試作開発	ガラス表面にホログラムを貼付け、端部に太陽電池セルを光学接着した Holo Glass を試作し、採光効率 50%以上を目指す。	精密切断した太陽電池セルとホログラムをガラスに貼付け、Holo Glass を試作した。採光効率は 53%を達成した。	○	

表Ⅲ-1-17. E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発

研究開発項目	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
<全体> E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発	実用化への課題の明確化	実用化への課題が定量把握できた。 今後の活動指針が得られた。	○	
	低照度での計測の技術開発 光源の照度分布 □50mmで±0.5%以下 □20mmで±0.1%以下	□50mmで±0.10% □30mmで±0.09% (世界トップレベル)	◎	
	低照度向け太陽電池材料の開発 ・200lux で機能の確認 ・白金と同等： 効率差 1P 以内 ・OPV モジュール： 200lux で機能の確認	(参加会社の) 独自材料の組み合わせで ・200lux で発電効率>10% ・白金電極と 0.7P 差 (200lux)、 0.1P 差 (1Sun) ・□120mm角の OPV モジュール試作成功、発電を確認、実証試験に提供	○ ○ ◎	
	モジュールの耐久性確保 ・作動耐久試験 ・温度サイクル ・高温保存試験 ・低温保存試験	維持率 90%達成 ・1Sun1000hr ・30 サイクル (10~60℃) ・750hr (60℃) ・750hr (10℃)	○ ○ ○ ○	
	実証試験 ・屋内、屋外	・所沢市、姫路市で実証試験、屋内は KSP ビルで実施	○	
	2ヶ所で実証試験を実施 アンケート実施	・所沢市、姫路市で実施 課題の定量把握が出来た	○	
	ニーズの把握 被災地などで直接ヒアリング実施	・熊本大地震の被災地で専門家 3 名にヒアリング実施	○	

表Ⅲ-1-18. グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発

研究開発項目	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
グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発	分散サーバー実現に必要なソフトウェアとハードウェアと利用者を想定したビジネスモデルを開発し、3箇所太陽電池サイトを用いて分散機能を実現し、本システムの有効性を検証する。	本方式の有効性を示すことができた。オフグリッドの太陽光エネルギーの計算機利用という将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野に対して、高付加価値化技術が開発できた。また、ハードウェア要素やソフトウェア動作の課題も見えた。	○	

表Ⅲ-1-19. 熱電ハイブリッド集光システム技術の開発

研究開発項目	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
熱電ハイブリッド集光システム技術の開発	システムエネルギー効率を単独の太陽光発電システムと比較して20%向上する。	一般の非集光発電システムの倍以上である約43%の変換効率を得ることができ、目標を達成した。	◎	
	システム価格を独立したシステムの合計価格と比較して20%低減する。	研究開発用に作製した周辺システムは未だ高価であり、目標未達となった。	△	構造の更なる簡素化、追尾手法の簡略化によるコスト削減。
	軽量かつ移動可能な低倍率集光太陽光発電システムの試作機を完成し、農業利用に関して新たな利用技術を確認し、システムの実用可能性判断をおこなう。	軽量ムーバブル集光太陽電池システムを開発し、土壌温度管理における電力使用量50%削減の見通しを立てた。温水による土壌消毒と通電による脱窒抑制の効果を確認し、農業分野での新たな可能性を見出した。	○	

## 2. 個別テーマの成果と実用化見通し

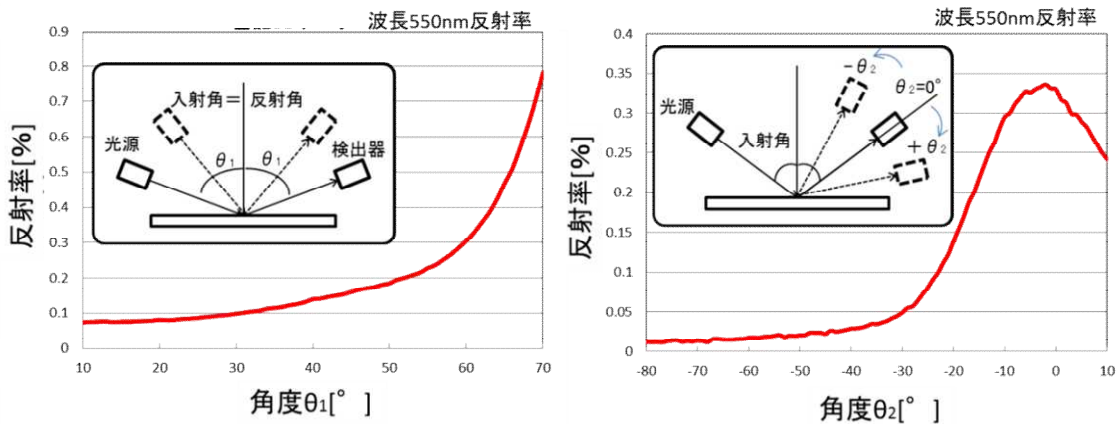
### ①太陽光発電多用途化実証事業

- (1) 低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発  
(株式会社カネカ)

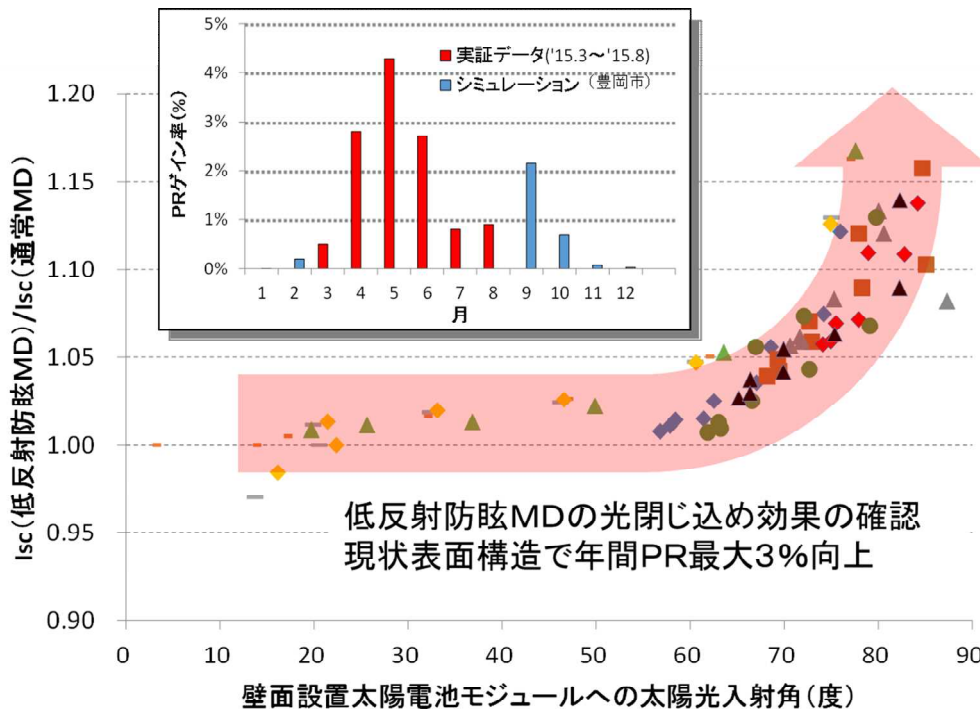
#### 1. 成果詳細

##### 1.1 低反射モジュールの表面構造の最適化

モジュールの表面構造について検討を実施し設計強度が得られ、モジュール重量として 10%以上の削減が可能となった。低反射モジュールについて正反射光、散乱光とも反射率 1%以下であった。同構造にて 15%以上の電流向上に寄与する光閉じ込め効果を確認した。実証試験にて年間の PR としては最大 3%の向上が見込まれることを確認した。



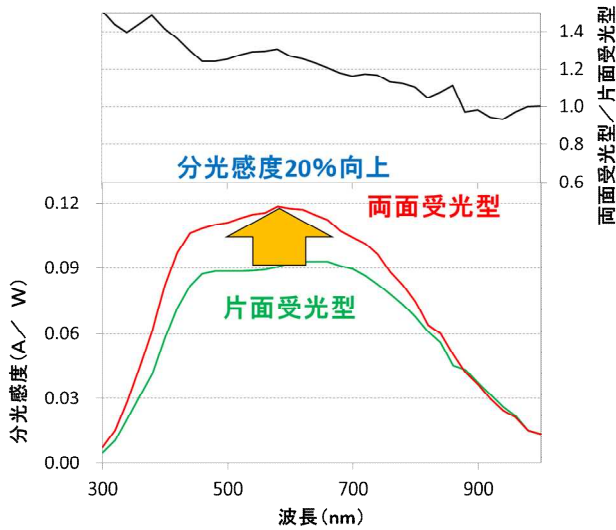
図Ⅲ-2-①-1-1 低反射モジュールの反射率角度依存性 (左：正反射光、右：散乱光)



図Ⅲ-2-①-1-2 壁面設置太陽電池モジュールへの太陽光入射角と、Isc 相対比較値の関係

## 1.2 窓用及びベランダ手すり用両面受光型モジュール

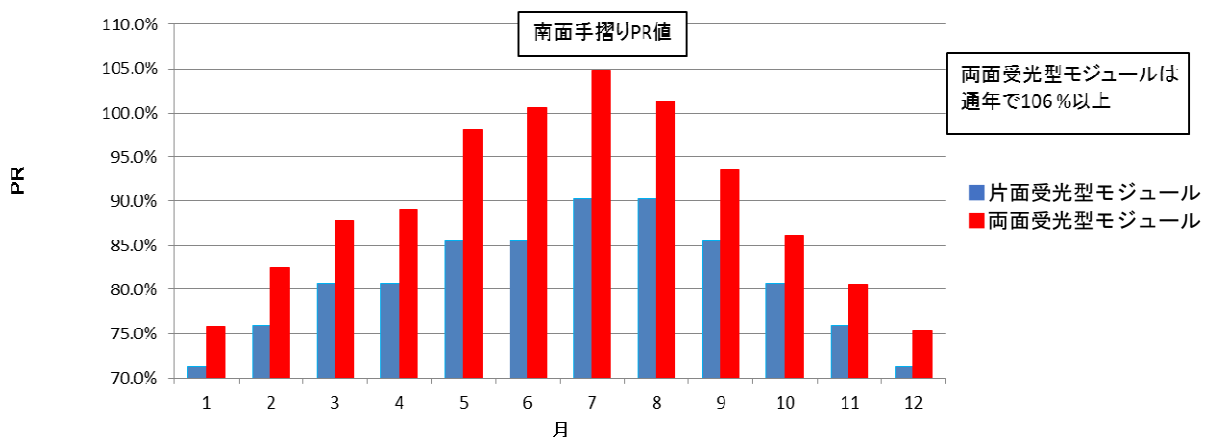
両面受光型モジュールの開発においては、裏面分光感度の20%以上の向上が確認でき、東面設置の月間PRとして20%の向上が、実証において確認された。発電量推定値と実証データの比較から南面設置の年間PRとして6%以上の向上が確認できたと判断される。



図III-2-①-1-3 分光感度特性比較



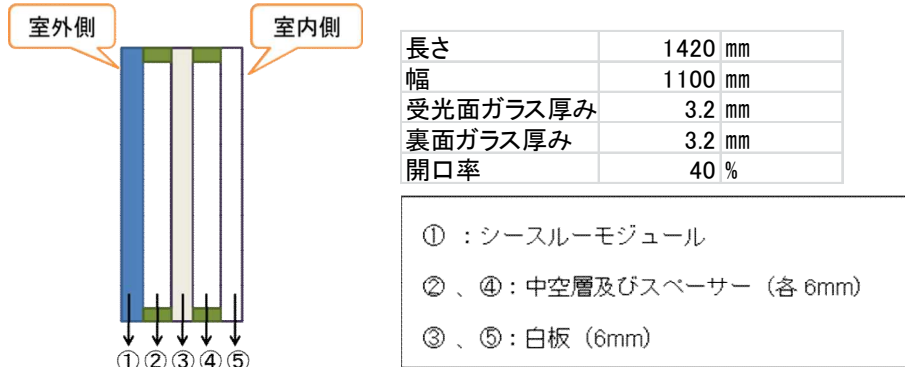
図III-2-①-1-4 実証棟手すり



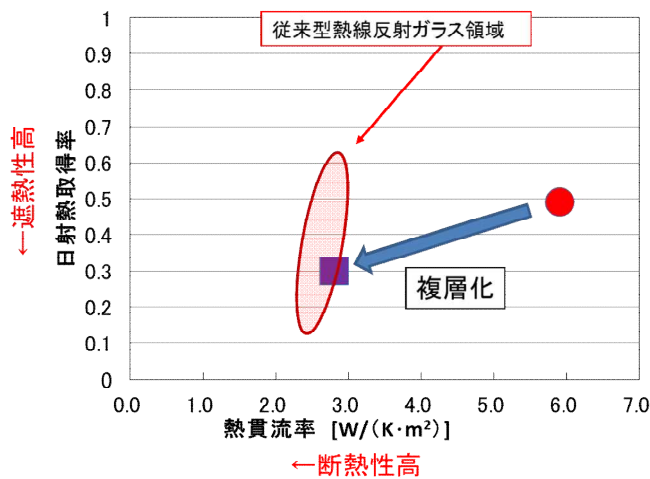
図III-2-①-1-5 手すり設置太陽電池モジュール（南面）シミュレーション結果

### 1.3 建物設置用モジュールに断熱機能を付与

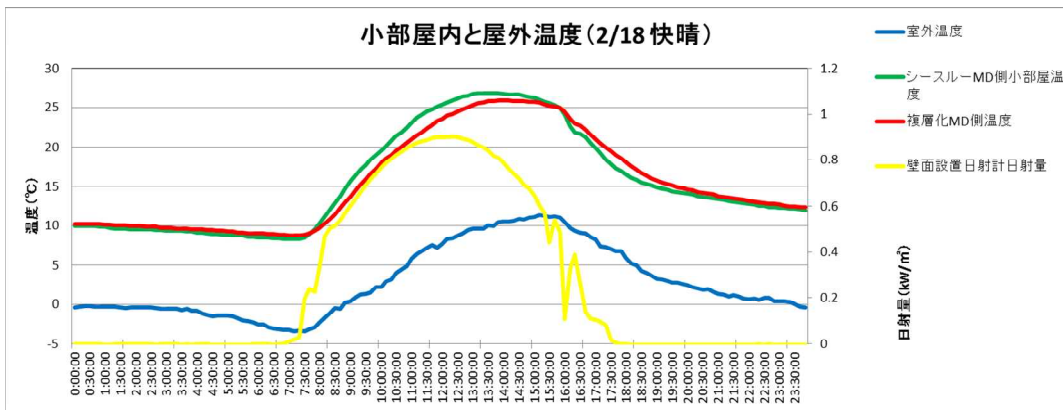
薄膜シリコンセルの開口率を 40% (実測値) とした透過型モジュールを用いて複層化モジュールを製作し、その断熱性、遮熱性を測定した。同モジュールは断熱性：熱貫流率 3.3~3.4、遮熱性：日射熱取得率 0.31~0.34 を示し、建築用熱線反射ガラスと同等の断熱性能が得られた。社内建物に断熱複層型シースルーモジュールを設置し、発電量評価を実施した。



図Ⅲ-2-①-1-6 複層化モジュール仕様



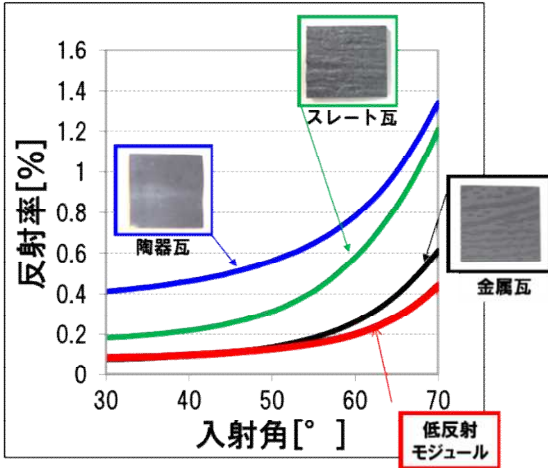
図Ⅲ-2-①-1-7 従来型熱線反射ガラスとの断熱・遮熱性能比較



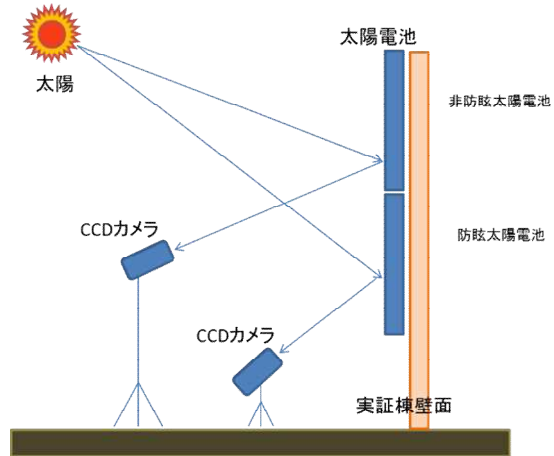
図Ⅲ-2-①-1-8 各小部屋内と屋外測定結果

### 1.4 光害評価と表面凹凸構造の設計

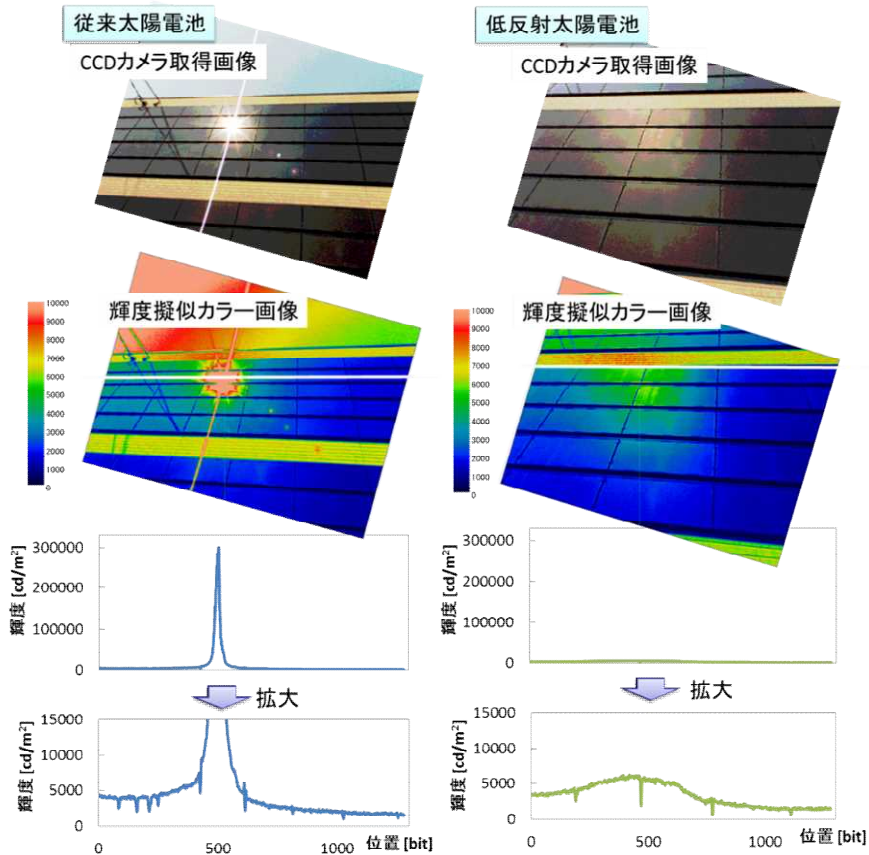
表面凹凸構造（表面粗さ）の異なる太陽電池パネルを製作し、その太陽光の反射有無を確認した。表面粗さが小さいものは太陽光を反射し、表面粗さが大きいものは太陽光を反射はしないが、モジュール表面に太陽をわずかに映り込ませることがわかった。中間領域は太陽光を、反射も映り込みもさせないことがわかった。定点カメラ測定による低反射モジュールの太陽光反射画像解析を実施し、眩しさの定量評価を可能とした。



図III-2-①-1-9 反射率比較



図III-2-①-1-10 眩しさ測定方法模式図



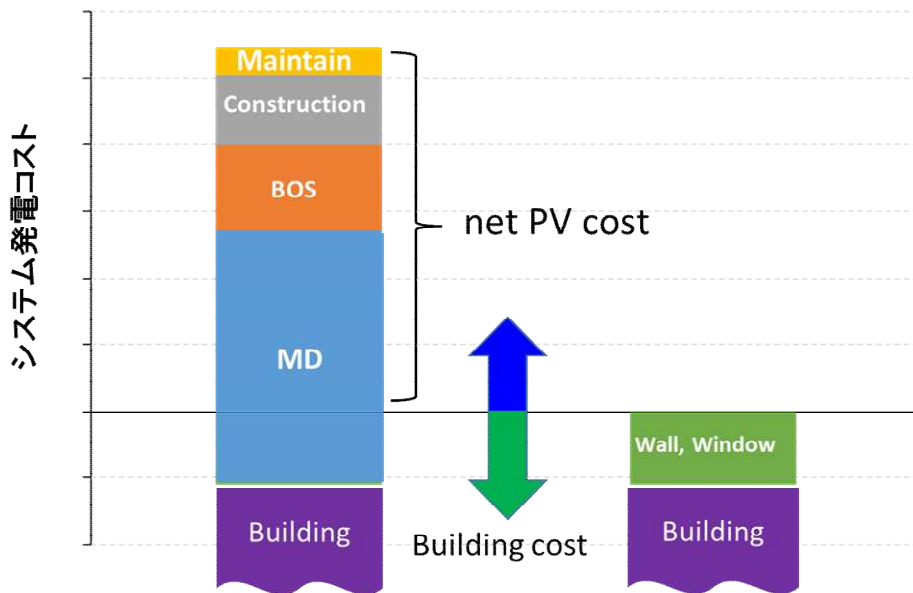
図III-2-①-1-11 眩しさ評価画像と輝度グラフ化



1.5 発電コストを低減するために光閉じ込め効果を検討

兵庫県豊岡市カネカ技術センター側に壁面太陽光発電量評価システム実証棟（12kWpV システム）を設置した。壁面設置の太陽電池モジュールを BIPV 化する事により、発電機能コストとして、24.7 円/kWh（20 年運転、設備稼働率 8.4%）となる見通しを得た。壁面設置として、スパンドレル部（壁部）及びヴィジョン部（開口部）への設置が想定されるが、スパンドレル部には PC ボード（プレキャストボード）と一体化した壁用部材（壁面設置太陽電池）として、ヴィジョン部には合わせガラス複層化し一体化した窓用部材（採光型太陽電池、シースルー太陽電池等）として適用する事によって、本来壁用部材及び窓用部材として必要とされる建築部材コストが BIPV 化によって削減される。

2015 年度末に得られた本事業の成果は、2017 年 9 月現在の太陽電池モジュールコストと BOS コストを考慮すれば、17.8 円/kWh に相当する。また、建築物の寿命を想定した 40 年間の耐用年数と、本事業で実証した太陽電池モジュールの光閉じ込め効果やシステム設計等による設備稼働率 10.8%を実現する事により、基幹電力並のシステム発電コスト 7 円/kWh が達成可能と期待される。



発電機能コスト (20 年運転)	24.7 円/kWh	BIPV 化 発電コスト	-18%	設備利用率	8.4%
---------------------	------------	-----------------	------	-------	------

図Ⅲ-2-①-1-12 壁面 BIPV 導入による発電コスト低減効果

表Ⅲ-2-①-1-1 各稼働年数に対する総発電量と発電コスト

稼働年数 [年]	運転年内総発電量 [kWh]	発電コスト [kWh/円]
10	110,531	49.5
15	165,797	33.0
20	221,063	24.7
30	331,594	16.5
40	442,125	12.4

※設備利用率：8.4%

※設備利用率[%]

= {総発電電力量[kWh] / (定格出力[kW]×8760[h/y]×稼働年数[y])}×100

#### 1-6 未導入分野への普及活動

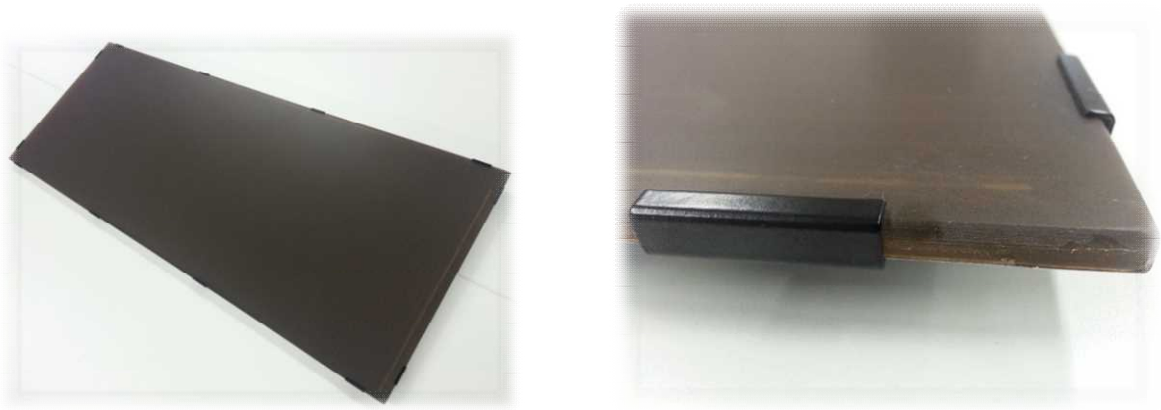
建物壁面設置太陽光発電システム実証棟の公開及びセミナーを実施した。実証設備の見学やセミナーを通じ、導入者（建築会社、設計事務所等）がファサードや壁面における意匠性や収まり、光反射問題に対して、課題意識が高いことが改めて確認された。

また、実証検証での低反射特性（防眩性能）や太陽光高角度入射時の発電優位性についても導入者に十分認知され、カラー等の多様適用性の高さから、各種建築案件に対する一つの選択可能な技術として適用検討が開始された。



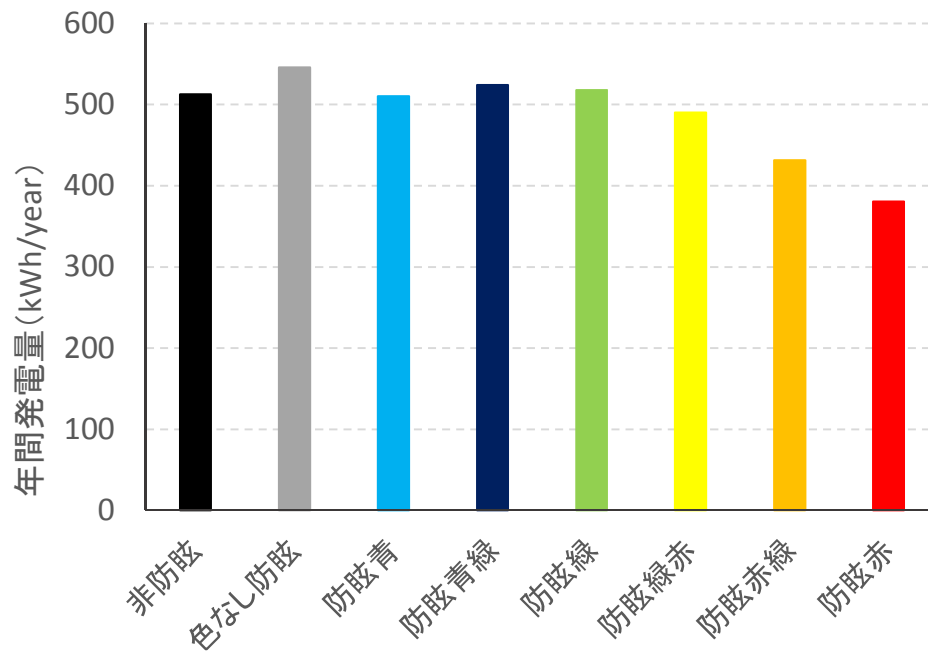
図Ⅲ-2-①-1-13 低反射環境配慮型太陽光発電システム（大成建設株式会社技術センター内）

導入者の意匠設計部門からのニーズに基づき、図Ⅲ-2-①-1-14 に示したフレームレス構造により意匠性を高めた低反射環境配慮型太陽光発電システムを開発し実証試験を行い、図Ⅲ-2-①-1-19 に示した自社建築物（株式会社カネカ未来創造館）への適用を行った。

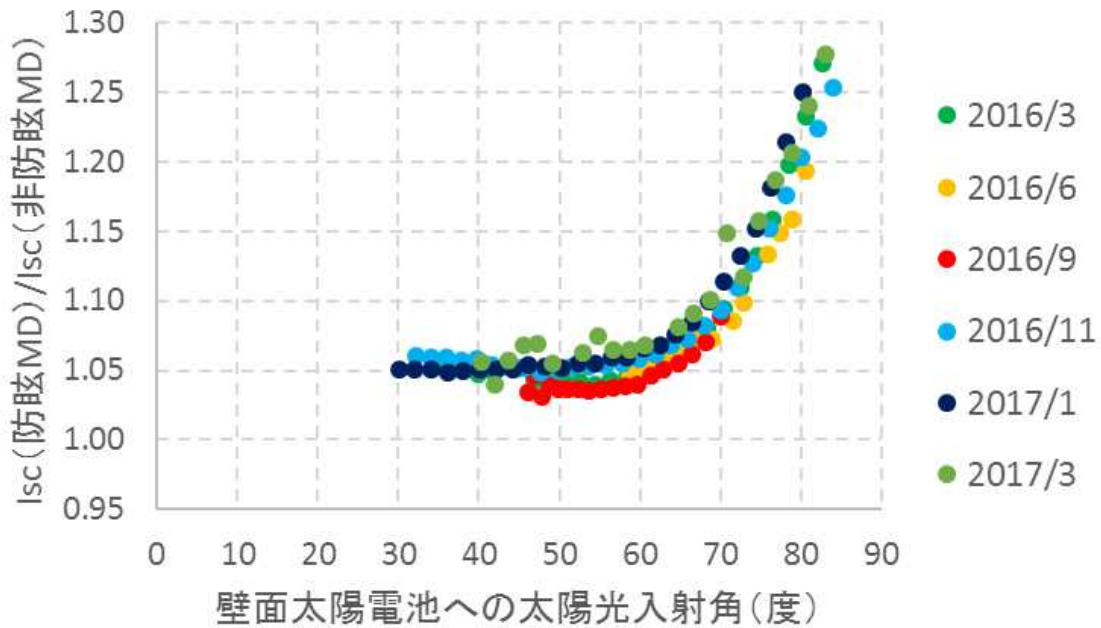


図Ⅲ-2-①-1-14 モジュール外観（左：全体、右：コーナー部）

本事業で実証した太陽光高入射角時の低反射構造による発電優位性は、導入者の敷地内に設置した太陽光発電システムでも実証された（図Ⅲ-2-①-1-15, 図Ⅲ-2-①-1-16 参照）。

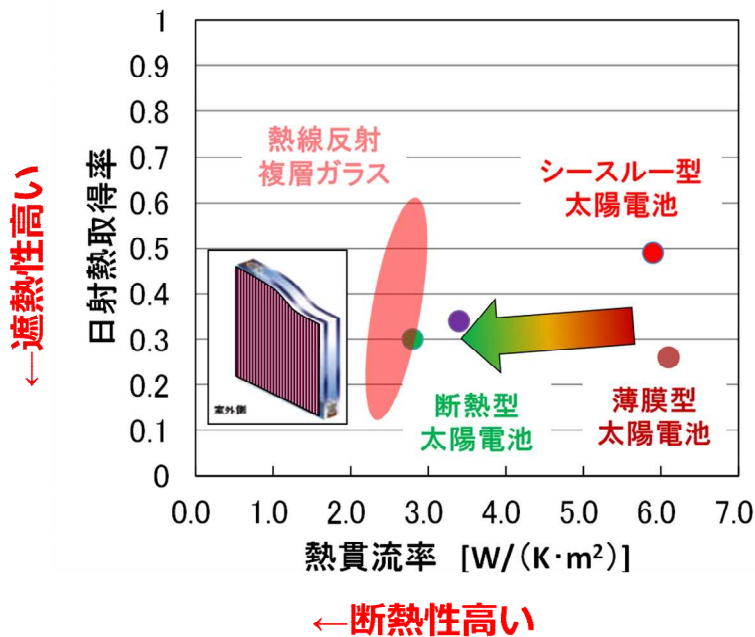


図Ⅲ-2-①-1-15 カラー別年間発電量比較（2016/2/11～2017/ 5/15 積算発電量）



図Ⅲ-2-①-1-16 低反射カラー太陽電池モジュールの角度特性

本事業における複層化シースルー太陽電池の熱環境性能に関する図Ⅲ-2-①-1-17 の実証結果を用いて、壁面がガラス建材で構成される建築物に対して創エネと省エネが同時に実現できる太陽光発電システムとして、多数の導入者に対して導入提案を行った。



図Ⅲ-2-①-1-17 断熱型太陽電池（複層化シースルー太陽電池）の熱環境特性

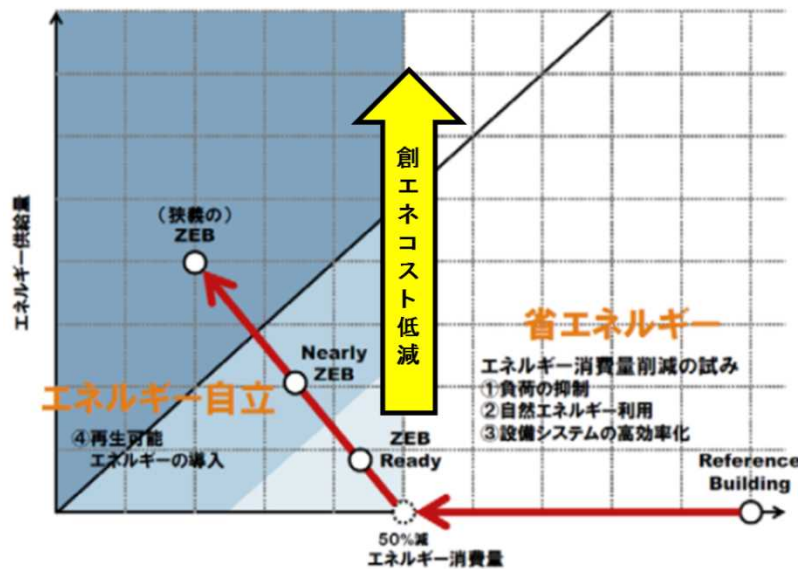
## 2. 実用化・事業化見通し

市場では、東日本大震災における電力需給の逼迫や、エネルギー価格の不安定化等を受けて、建築物のエネルギー自給の必要性が強く認識されている。また、国内エネルギー消費量の内訳は、産業部門に対し民生部門（業務部門、家庭部門）が大きく増加している傾向であり、エネルギー需給の安定を実現するには、この民生部門のエネルギー消費量低減が必要不可欠な状況である。2014年に閣議決定された「エネルギー基本計画」の中で、2020年までに新築住宅、建築物につい

て段階的に省エネルギー基準の義務化が示されており、業務部門の大幅な省エネルギーを実現する ZEB (Zero Energy Building) が注目されている。ZEB とは、快適な室内環境を保ちながら、高断熱化、日射遮蔽、自然エネルギー利用、機器 (空調、換気、照明、給湯、昇降機) の高効率化により、できる限りの省エネルギーに努め、太陽光発電等によりエネルギーを創ることで、年間で消費する建築物のエネルギー量が大幅に削減されている建築物である。政策目標としては、「建築物については、2020 年までに新築公共建築物等で、2030 年までに新築建築物の平均で ZEB を実現することを目指す」ことが設定されている。ZEB 実現のアプローチとして、図Ⅲ-2-①-1-18 で示したように、建築物の省エネのレベルとして、ZEB Ready, Nearly ZEB, net ZEB と太陽光発電の寄与率が大きくなり、Nearly ZEB 以上では創エネコストの低減が重要となる。

net ZEB 実現のためには、エネルギーを作り出す創エネ、発電が必要となるが、建物自体でオンサイト発電する方式として、建材一体型太陽電池 (BIPV : Building Integrated Photovoltaics) の普及拡大が期待されている。BIPV の種類としては、屋根一体型、窓一体型、壁一体型、庇型等に大きく分類され、光が透過する採光型も含まれている。BIPV に対しては発電性能に加え、建物、周囲環境に見合う意匠性、建物寿命に見合う長期信頼性、一品案件に対する低コスト化に対する要求も高い。

上記背景から、今後建築会社との協業を積極的に行い、BIPV の製品化を検討し、新規市場の開拓、拡大を進めて行く方針である。



図Ⅲ-2-①-1-18 ZEB化における創エネコストの低減



### 3. 波及効果

本研究成果で得られた施工技術、発電性能向上技術の普及拡大活動の一環として、弊社研修施設であるカネカ未来創造館（兵庫県芦屋市）の壁面に低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムを導入した（平成 28 年 10 月竣工）。建物壁面と外壁部へ建物に調和した色を採用、壁面一体型とすることで意匠性の向上を図るとともに、周辺への反射による眩しさを低減したシステムである。

また、宿泊室のベランダには手摺一体型太陽電池を設置し、新規用途への拡大を図っている。線路横の立地条件であることから PR 効果も高く、見学来場者からも好評を得ており、今後他案件への展開が期待される。



図Ⅲ-2-①-1-19 本研究成果を採用した建物への設置例

#### 4. 今後の展開

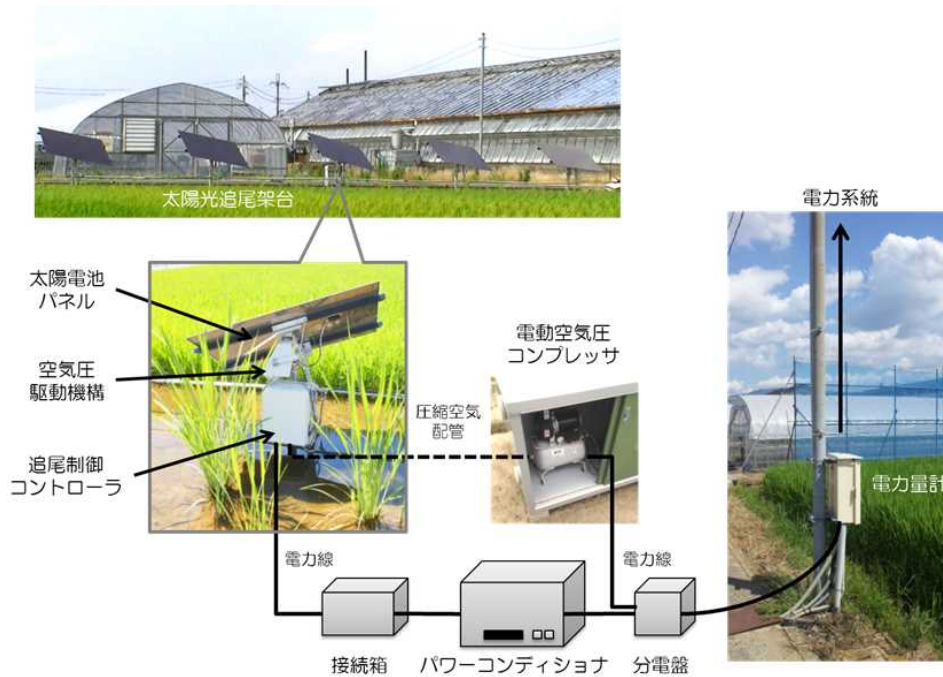
前述のとおり、今後、壁面も含めた建物外面への太陽光発電システムの導入が今後大規模で行われることが見込まれる。これまで大量導入されてきた地上設置と利用形態が異なり、求められる信頼性、耐久性に関する要求事項は異なることが想定されるが、十分明らかになっておらず、国際標準化についても未整備である。

今後は、壁面設置型太陽光発電に関する発電性能、想定される負荷や建材としての寿命を考慮した長期信頼性試験、ならびに発電コスト算出方法を明確化し、国際標準化に向けた活動を進めていく。

(2) 低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証  
(ダイキン工業株式会社)

1. 成果詳細

太陽光追尾システムの概要を図Ⅲ-2-①-2-1 に示す。汎用の空気圧圧縮機で作った圧縮空気を電磁弁の開閉でアクチュエータに充填、排出し、太陽電池パネルを回動させる。本開発では、太陽光追尾システムでの発電量の増大効果及び耐風力について評価する。主な開発目標を表Ⅲ-2-①-2-1 に示す。



図Ⅲ-2-①-2-1 当社開発の追尾型太陽光発電システムの概要

表Ⅲ-2-①-2-1 太陽光追尾システムの主な開発目標

耐風力	風速 38m/s の強風が作用した際に 曲げ応力が許容応力値以下であること
発電量	5° 固定架台と比較して発電量 1.3 倍を実現 (30° 固定架台と比較した場合は、1.22 倍)

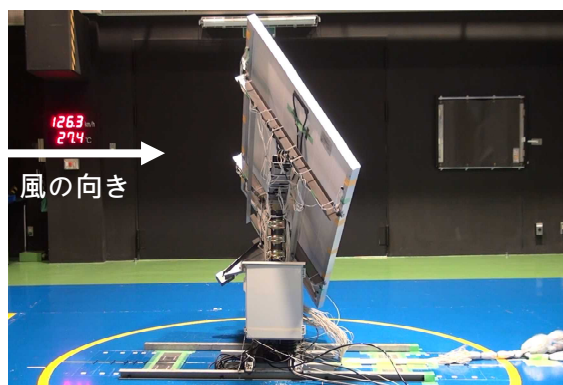
■耐風力評価

耐風力評価を行うため、試作機を用いて風洞実験を行った。実際に近い条件で評価するため、試作機全体を風洞に設置することとした。

試作機を風洞内に固定するため、太陽光追尾システムの支柱を支えるアングルを作成し、アングルと風洞内のターンテーブルを固定した。試作機を風洞に取り付けた様子を図Ⅲ-2-①-2-2 に示す。

風洞実験は風向きと太陽電池パネルの傾転角を変化させて行い、風荷重が加わった際の応力を計測するため、ひずみゲージを用いた応力測定を行った。風速 38m/s 時の風荷重が作用した際の最大応力の計測結果より、風荷重に対して十分な強度を有していることを確認した。





図Ⅲ-2-①-2-2 風洞実験の様子

## ■発電量評価

太陽光追尾システムによる発電量向上効果の評価は平成 26 年度から平成 27 年度にかけて約 2 年間、奈良県農業研究開発センターの試験圃場にて実施した。

平成 26 年度は構造検討した農地向けの太陽光追尾システムを用いて、発電量向上効果の評価と太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響評価の予備評価を行った。平成 27 年度は平成 26 年度の評価結果を元に構造見直しを行った太陽光追尾システムを用いて発電量向上効果の評価と太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響評価の本評価を行った。

### (平成 26 年度の予備評価)

実証試験システムの概要を表Ⅲ-2-①-2-2 に示す。田には、薄膜系太陽電池モジュールを 15 枚用いて、発電容量 2.25kW の太陽光追尾システムを設置した。農業ハウスには、薄膜系太陽電池モジュールを 18 枚用いて、発電容量 1.98kW の太陽光追尾システムを設置した。太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響の評価を行うため、田では米を栽培し、農業ハウスではイチゴ(苗)とアスパラガスの栽培を行った。

表Ⅲ-2-①-2-2 平成 26 年度の実証試験システムの概要

	田	農業ハウス
実証設備の写真		
発電容量	2.25 [kW](薄膜)	1.98 [kW](薄膜)
追尾架台台数	15台(5台×3列)	18台(9台×2列)
面積	1,140 [㎡]	128 [㎡]
農作物	米	イチゴ(苗)、アスパラガス

田に設置した太陽光追尾システムの駆動部を図Ⅲ-2-①-2-3 に示す。駆動アームと制御コントローラからなる駆動部を各列に 1 台備え、圧縮空気を制御コントローラからの指令で出し入れすることで、空気圧アクチュエータを回転させる。駆動アームを介して、空気圧アクチュエータの回転を架台に伝え、太陽電池パネルを回転させる。連結棒で隣接する架台を順次つなげていくことで、各列の太陽電池パネルを同時に回転させる機構となっている。図Ⅲ-2-①-2-4 に設置後の田の追尾型太陽光発電システムを示す。

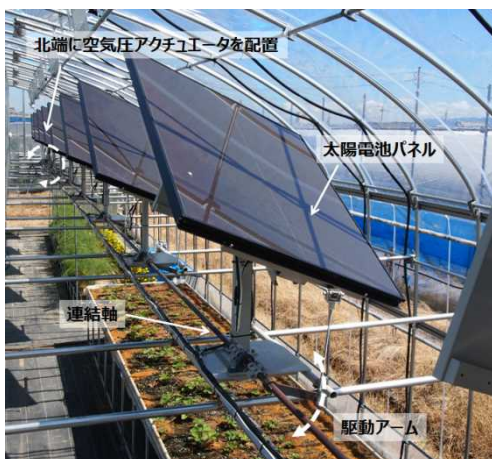


図Ⅲ-2-①-2-3 田に設置した太陽光追尾システムの駆動部



図Ⅲ-2-①-2-4 設置後の田の太陽光追尾システム

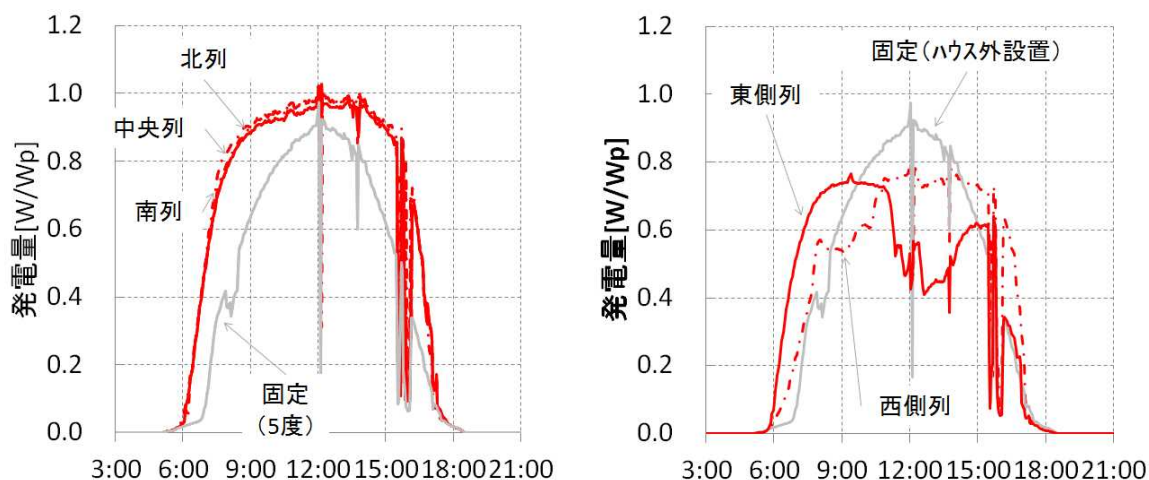
農業ハウスに設置した太陽光追尾システムを図Ⅲ-2-①-2-5 に示す。田に設置した太陽光追尾システムと同じく駆動アームと制御コントローラからなる駆動部を各列に 1 台備え、圧縮空気を制御コントローラからの指令で出し入れすることで、空気圧アクチュエータを回転させる。なお、田に設置した太陽光追尾システムは東西方向に太陽電池パネルを連結させて同時駆動させている。しかし、農業ハウスは主に南北方向に長い形状をしていることが多いことから、南北方向の連結駆動機構を設計した。具体的には、パネル同士の動きを同期させるための連結軸を南北に通し、その連結軸を北端に配置した空気圧アクチュエータで捻る。連結軸の捻り力が駆動アームを介して架台に伝わることで、太陽電池パネルを回転させる構造とした。



図Ⅲ-2-①-2-5 農業ハウスに設置した追尾型太陽光発電システム

発電量評価を、田については平成 26 年 6 月から、農業ハウスについては平成 27 年 7 月から開始した。図Ⅲ-2-①-2-6 に晴天日である平成 26 年 9 月 14 日の田に設置した太陽光追尾システムの 1 日の発電量の変化と同一日の農業用ハウスに設置した太陽光追尾システムの 1 日の発電量の変化を示す。田に設置した場合と農業用ハウスに設置した場合の両ケースにおいて、早朝及び夕方

の出力を大きく上回っており、太陽電池パネルが太陽に正対していることにより、発電量向上効果が得られていることが分かる。しかし、農業用ハウスに設置した場合、西側列は午前、東側列は午後大きく出力に低下が見られる。影のかけ具合を観察した結果、農業用ハウスの天窗のフレームの影が大きく太陽電池パネルにかかっていることが分かった。天窗の影が太陽電池パネルにかかっている様子を図Ⅲ-2-①-2-7に示す。



図Ⅲ-2-①-2-6 1日の発電量の変化  
(左：田向け、右：農業用ハウス向け 平成 26 年 9 月 14 日)



図Ⅲ-2-①-2-7 太陽電池パネルに天窗の影がかかる様子

#### (平成 27 年度の本評価)

実証試験システムの概要を表Ⅲ-2-①-2-3に示す。田には、多結晶系太陽電池モジュールを 21 枚用いて、発電容量 3.75kW の太陽光追尾システムを設置した。農業ハウスには、薄膜系太陽電池モジュールを 16 枚用いて、発電容量 1.92kW の太陽光追尾システムを設置した。太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響の評価を行うため、平成 26 年度と同様に、田では米を栽培し、農業ハウスではイチゴ(苗)とアスパラガスの栽培を行った。なお、平成 27 年度は太陽光追尾システムを系統連系することとし、発電した電力は奈良県農業研究開発センターの構内で消費した。



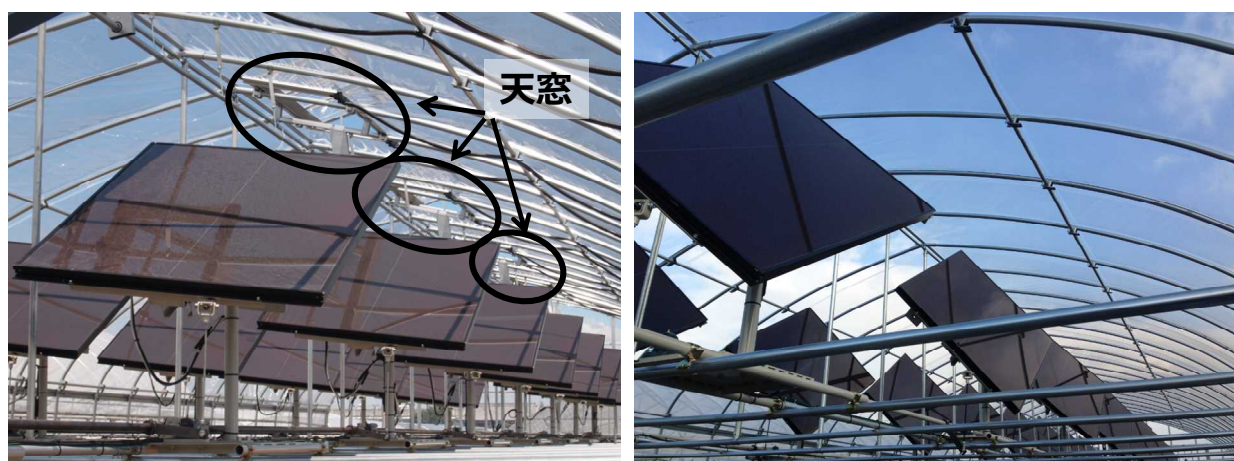
表Ⅲ-2-①-2-3 平成 27 年度の実証試験システムの概要

	田	農業ハウス
実証設備の写真		
発電容量	3.75 [kW](多結晶)	1.92 [kW](薄膜)
追尾架台台数	21台(7台×3列)	16台(8台×2列)
面積	1,140 [㎡]	128 [㎡]
農作物	米	イチゴ(苗)、アスパラガス

平成 27 年度の田向け太陽光追尾システムは、一般的な太陽電池パネルのフレームにある 4 箇所の止め穴を活用してボルトで架台に取り付けられるよう取り付け枠を設けた架台構造に設計変更した。図Ⅲ-2-①-2-8 に平成 27 年度の田向け太陽光追尾システムを示す。農業ハウス向けの太陽光追尾システムは、平成 26 年度の実証試験結果を踏まえて、農業ハウスの天窓を撤去し、農業ハウスに太陽光追尾システムを設置した際の影の影響を無くした。図Ⅲ-2-①-2-9 に太陽光追尾システムを設置した農業ハウスの天井の様子を示す。天窓の有無が分かりやすいように、左に平成 26 年度の農業ハウスの天井を、右に平成 27 年度の農業ハウスの天井を示した。

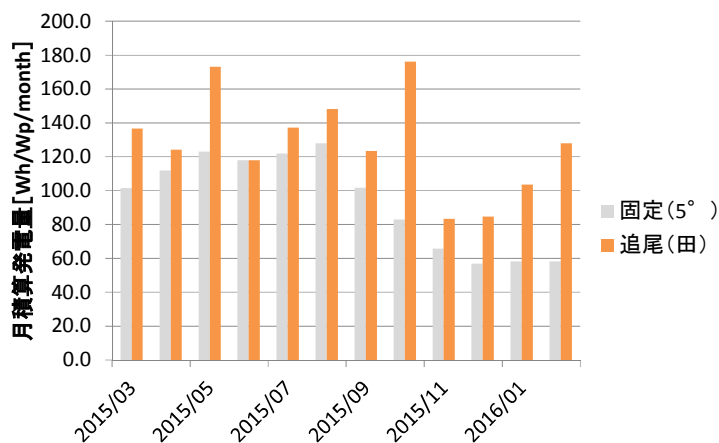


図Ⅲ-2-①-2-8 平成 27 年度の田向け太陽光追尾システム

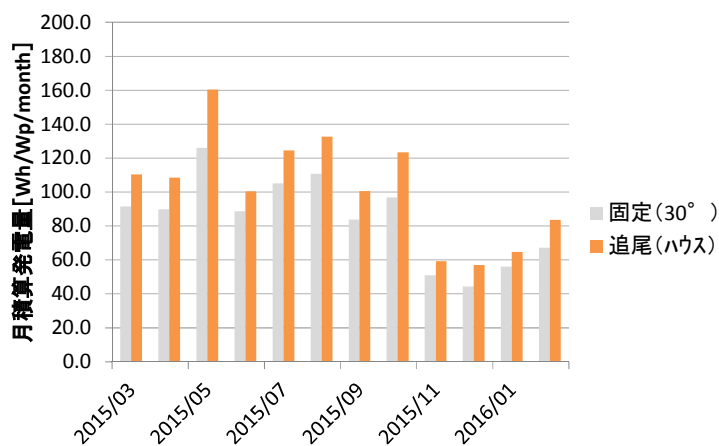


図Ⅲ-2-①-2-9 太陽光追尾システムを設置した農業ハウスの天井の様子  
(左：平成 26 年度、右：平成 27 年度)

平成 27 年度の実証試験システムは平成 27 年 2 月に設置完了し、平成 27 年 3 月 5 日より系統連系を開始した。図Ⅲ-2-①-2-10 に田に設置した太陽光追尾システムの月積算発電量を示す。平成 27 年 3 月から平成 28 年 2 月までの 11 カ月間の期間積算値で、傾斜角 5 度の固定架台と比べて追尾架台の発電量は約 1.36 倍得られており、目標値である 1.3 倍を達成した。図Ⅲ-2-①-2-11 に農業用ハウスに設置した太陽光追尾システムの月積算発電量を示す。平成 27 年 3 月から平成 28 年 2 月までの 11 カ月間の期間積算値で、農業用ハウス内に設置した傾斜角 30 度の固定架台と比べて追尾架台の発電量は約 1.26 倍得られており、目標値である 1.22 倍を達成した。



図Ⅲ-2-①-2-10 田に設置した太陽光追尾システムの月積算発電量の期間変化



図Ⅲ-2-①-2-11 農業ハウスに設置した太陽光追尾システムの月積算発電量の期間変化

## ■農作物の営農評価

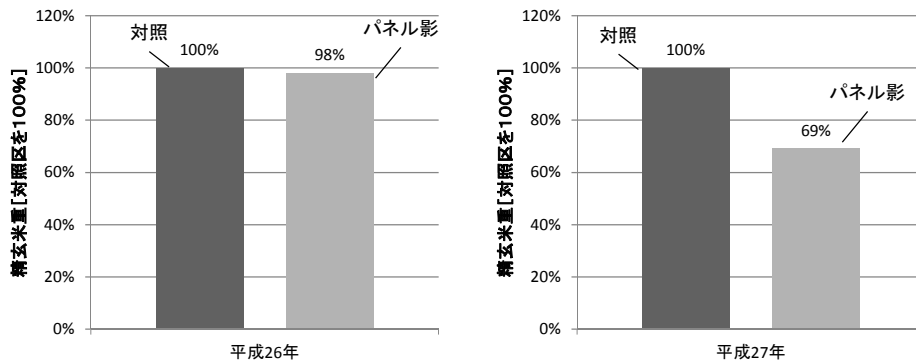
### (米の営農評価)

平成 26 年、27 年に奈良県農業研究開発センターの試験圃場にヒノヒカリを定植し、太陽光追尾システムが農作物収量に及ぼす影響を調査した。農作業の様子を図Ⅲ-2-①-2-12 に示す。田植えと稲刈り共に機械を用いた作業が行うことが出来ることを確認した。本システムは畦畔への設置を想定している。畦畔に設置する場合、太陽電池パネル真下の畦畔部の収量評価は必要なく、太陽電池パネルの影のかかる北側農作地の収量評価を行った（農林水産省に確認済み）。



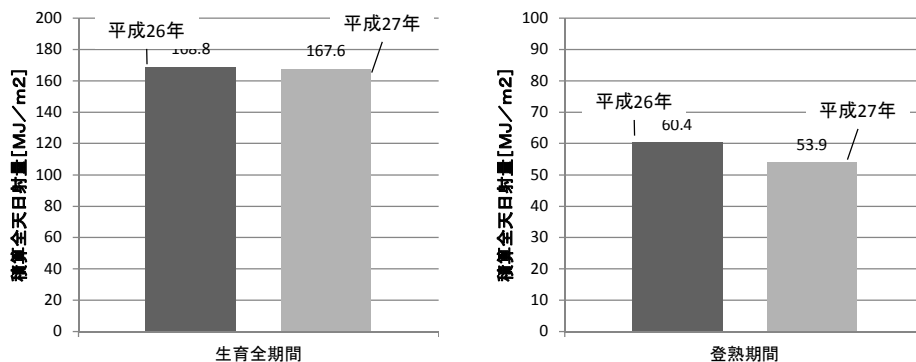
図Ⅲ-2-①-2-12 田における農作業の様子

図Ⅲ-2-①-2-13 に平成 26 年と平成 27 年の精玄米重（対照区の精玄米重を 100%とする）を示す。平成 26 年は、太陽電池パネルの影がかかる北側は、対照区と比較して、精玄米重が 98%と同程度で、ソーラーシェアリングにおいて農地の一時転用が認められるために必要な慣行の 80%以上の収量が得られた。平成 27 年は、太陽電池パネルの影がかかる北側は、対照区と比較して、精玄米重が 69%と、ソーラーシェアリングにおいて農地の一時転用が認められるために必要な慣行の 80%以上の収量が得られなかった。



図Ⅲ-2-①-2-13 平成 26 年と平成 27 年の精玄米重（対照区の精玄米重を 100%）  
（左：平成 26 年、右：平成 27 年）

図Ⅲ-2-①-2-14 に平成 26 年と平成 27 年の全天日射量の積算値を示す。平成 26 年と 27 年の生育期間中の全天日射量を比較すると、6 月下旬～10 月上旬の合計全天日射量は平成 26 年、27 年共に同等であるが、登熟に大きな影響を及ぼす 8 月下旬～9 月下旬の合計全天日射量は、平成 27 年が 53.9MJ/m<sup>2</sup>、平成 26 年が 60.4MJ/m<sup>2</sup>と、平成 27 年は明らかに日射量が少なかった。平成 26 年までの 15 年間で 53.9MJ/m<sup>2</sup>以下となったのは平成 20 年だけであることから、平成 27 年は 8 月以降の日射量が少ない、特に稀な年であったと考えられ、通常の年であれば、平成 26 年同様 80%以上の収量が得られたと考えられる。

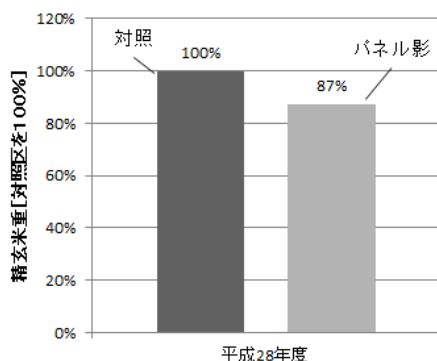


図Ⅲ-2-①-2-14 平成 26 年と平成 27 年の全天日射量の積算値  
（左：生育全期間、右：登熟期間）

前記考察の確認のため、事業終了後の平成 28 年に稲の収量の再評価を行った。図Ⅲ-2-①-2-15 に平



成 28 年の精玄米重（対照区の精玄米重を 100%とする）を示す。平成 28 年は、太陽電池パネルの影がかかる北側は、対照区と比較して、精玄米重が 87%であり、ソーラーシェアリングにおいて農地の一時転用が認められるために必要な慣行の 80%以上の収量が得られた。



図Ⅲ-2-①-2-15 平成 28 年の精玄米重（対照区の精玄米重を 100%）

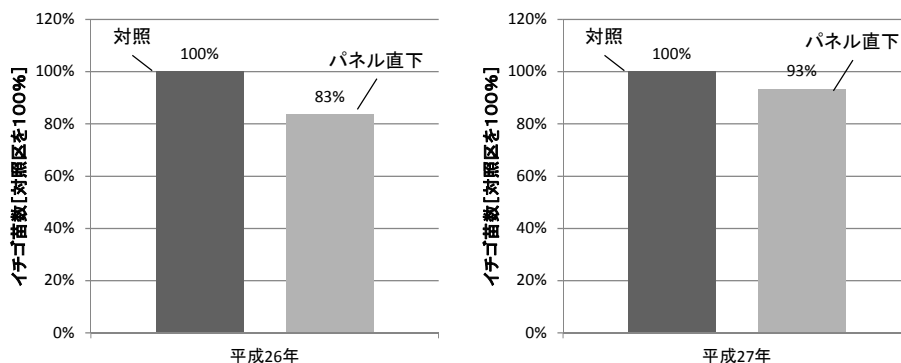
（イチゴ苗の営農評価）

平成 26 年、27 年に奈良県農業研究開発センターの試験圃場に設置した農業ハウスにイチゴ苗を定植し、太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響を調査した。農業ハウス内の 135cm 幅の育苗ベンチにおがくずを敷き詰め、ベンチの片端に親株を定植した。太陽電池パネルを設置した農業ハウス内のイチゴ育苗ベンチを図Ⅲ-2-①-2-16 に示す。



図Ⅲ-2-①-2-16 太陽光パネル設置ハウス内のイチゴ育苗ベンチ

図Ⅲ-2-①-2-17 に平成 26 年と平成 27 年のイチゴ苗数（対照区のイチゴ苗数を 100%とする）を示す。太陽電池パネル有りハウスの苗数は太陽電池パネル無しの対照ハウスと比べて、平成 26 年は 83%、平成 27 年は 93%であり、ソーラーシェアリングにおいて農地の一時転用が認められるために必要な慣行の 80%以上の収量が得られた。



図Ⅲ-2-①-2-17 平成 26 年と平成 27 年のイチゴ苗数（対照区のイチゴ苗数を 100%）  
（左：平成 26 年、右：平成 27 年）

(アスパラガスの営農評価)

平成 26 年 5 月に奈良県農業研究開発センターの試験圃場に設置した農業ハウスにアスパラガスの 2 年生株を定植し、太陽電池パネルが農作物収量に及ぼす影響を調査した。株間 25cm でアスパラガスの苗を定植し、施肥は定植当日と平成 26 年 9 月までの毎月 10 日前後に緩効性肥料を用いて行った。

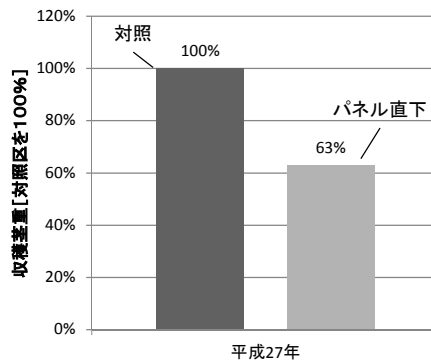
太陽電池パネルを設置した農業ハウスと対照用の農業ハウスのいずれにおいても生育は概ね順調であったが、平成 26 年 9 月における生育量は太陽電池パネルを設置した農業ハウスにおいてやや少なかった。アスパラガスの生育の様子を図Ⅲ-2-①-2-18 に示す。



平成 26 年 9 月

図Ⅲ-2-①-2-18 アスパラガスの生育の様子  
(左：対照ハウス、右：太陽光パネル設置ハウス)

図Ⅲ-2-①-2-19 に平成 27 年のアスパラガスの収穫茎重（対照区のアスパラガスの収穫茎重を 100% とする）を示す。太陽電池パネル有りの農業ハウスの収穫茎重は太陽電池パネル無しの対照用の農業ハウスの収穫茎重と比べて、63%であり、ソーラーシェアリングにおいて農地の一時転用が認められるために必要な慣行の 80%以上の収量を得られなかった。したがって、アスパラガスは太陽光パネルを設置した農業用ハウスの下部での栽培に不適であると判断した。



図Ⅲ-2-①-2-19 平成 27 年のアスパラガスの収穫茎重（対照区の収穫茎重を 100%）

■発電コスト

田及び農業ハウス向け太陽光追尾システムの実証試験設備構築に要したコストデータから発電コストを算出し、発電コスト目標達成のための課題抽出を行った。発電コストは次式に従って算出する。

$$\text{発電コスト [円/kWh]} = \frac{\text{建設費 [円]} + \text{運用費用 [円]} + \text{廃棄処理費用 [円]}}{\text{運転年数内総発電量 [kWh]}}$$

\*建設費：モジュール等機器費用、工事費用、系統接続費用、土地造成費等

\*運用費：修繕費・諸費、人件費、一般管理費、土地賃借料等



(田に設置する場合の発電コスト)

実証試験設備構築時の工事費及び大量生産(10,000台/ロット)した際の太陽光追尾発電システム単価を試算したところ、38.1万円/kWと試算された。このシステム単価を用いると、発電コストは22.6円/kWhとなり、目標値22.8円/kWhを達成できる見込みとなった。

(農業ハウスに設置する場合の発電コスト)

田に設置する場合と同じく、実証試験設備構築時の工事費及び大量生産(10,000台/ロット)した際の太陽光追尾システム単価試算したところ、36.4円/kWと試算された。このシステム単価を用いると、発電コストは、21.0円/kWhと試算され、目標値21.8円/kWhを達成できる見込みとなった。

## 2. 実用化・事業化見通し

平成25年3月31日付け農村振興局長通知で、営農を継続しながら太陽光発電システムを設置する、いわゆるソーラーシェアリングの農地転用許可制度における取扱いが明確化された。本研究結果より、農地転用の許可を得るために必要となる、太陽光追尾システムの営農への影響の見込みとその根拠となる関連データを得ることが出来た。

これらのエビデンスデータを活用して、農地における太陽光追尾システムの販売を計画したが、プロジェクト終了後の平成28年4月に、“支柱の高さが2m以上”と、前記通知が急遽改正された。この改正により、太陽光追尾システムの支柱構造の再設計が必要となり、結果として追加のコストダウンが必要となっている。農地導入ルールが定まらない状況であるため、ビジネスの先行きが読めず、農地への販売計画を中断した。

## 3. 波及効果

本研究結果より、農地の中でも田というやわらかい地盤に対して適用可能な杭工法を開発出来た。この杭工法を活かして、地盤条件の厳しい農地以外の土地へも導入可能となったため、自治体余剰地への販売を改めて計画している。

## 4. 今後の展開

平成29年度に子会社での事業化を行い、まずは自治体余剰地へ約250kWを導入予定である。自治体余剰地への再生可能エネルギーの導入と、空調機を対象とした電力需要抑制及び省エネルギー制御を組み合わせることで、エネルギーの地産地消を実現し、CO<sub>2</sub>排出量の大幅な削減を実現する。本取組みをモデルケースとして、他都市への拡大を予定している。

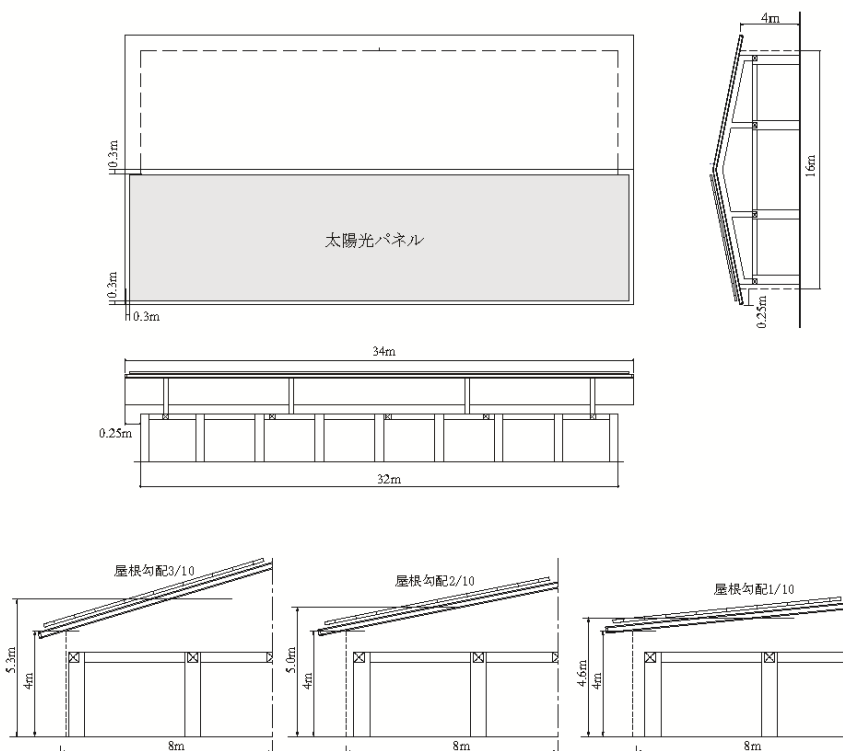
(3) 強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発  
(株式会社オルテナジー/旭硝子株式会社)

1. 成果詳細

① 軽量架台の開発

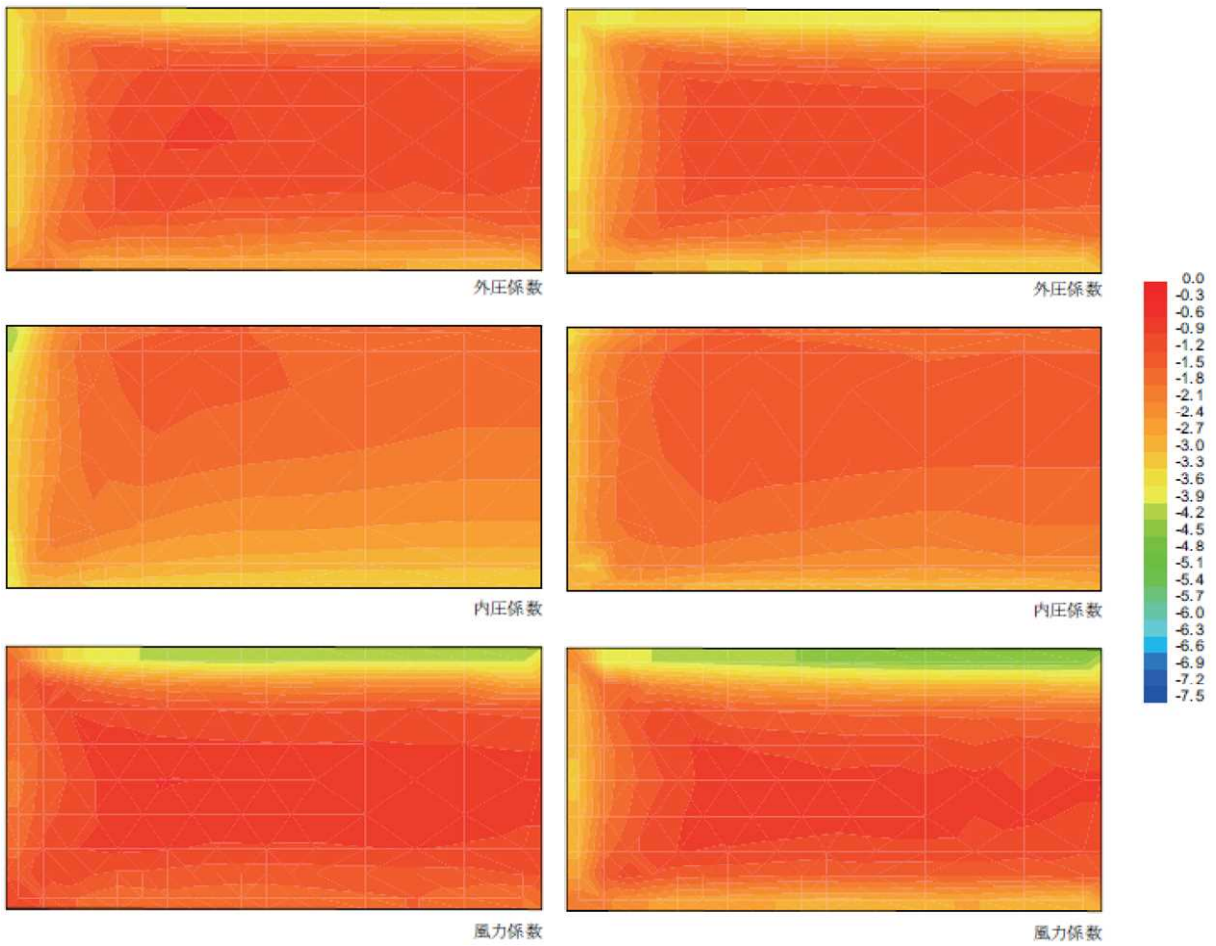
強度の弱い畜舎向け軽量発電システムの開発にあたり、畜舎の屋根に設置する太陽光パネルに作用する外装材風荷重評価の検討を行うための風洞実験を実施した。風洞実験では太陽光パネルの表裏面に測定孔を設けて差圧を評価してパネルに作用する風力を評価した。

計画建物は図Ⅲ-2-①-3-1 に示す切妻屋根を持つ畜舎の屋根片面に太陽光発電パネルが設置された建物である。建物規模は飼養施設を想定した幅 32m、奥行き 16mの切妻屋根を有する建築物で屋根勾配を 1/10、2/10、3/10、5/10 の 4 ケースを想定した。屋根の基準高さ（屋根頂部と軒高さの合計の 1/2 倍）は、勾配 5/10 で 6.1m、勾配 3/10 で 5.3m、2/10 で 5m、1/10 で 4.6m である。また、飼養施設のため周囲の壁はなしと仮定し、構造骨組の柱梁のみを再現の上、太陽光発電パネルと屋根との間隔（クリアランス）は 6、12cm の 2 ケースを考慮した。



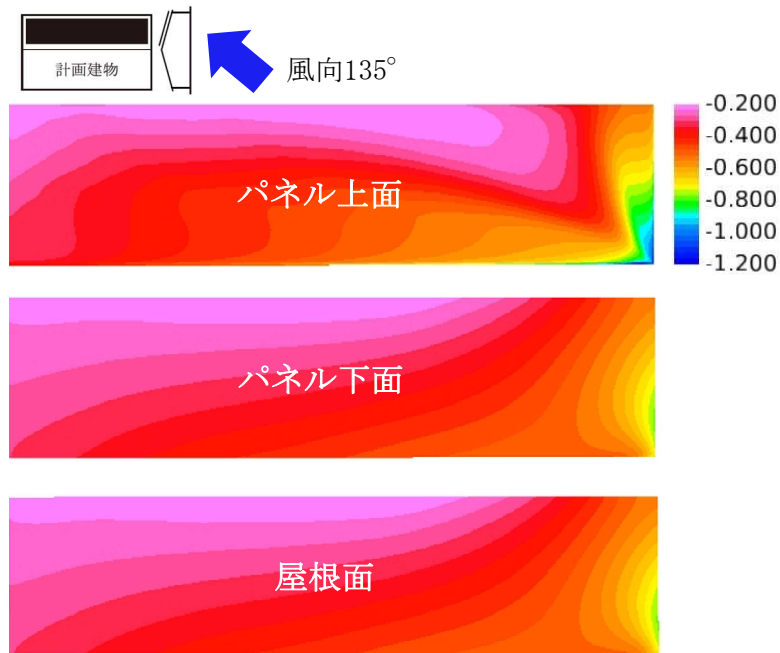
図Ⅲ-2-①-3-1 風洞実験用模型

結果的には屋根勾配が 5/10、3/10、1/10 と緩やかになるにつれて、最小風力係数（負圧）は大きくなるのがわかった。クリアランスについては 6cm よりも 12cm、方位は背面斜めからの方が負圧は大きくなった。図Ⅲ-2-①-3-2 に屋根勾配 1/10 における結果を記す。



クリアランス6cm  
クリアランス12cm  
図III-2-①-3-2 太陽光パネルに作用する風荷重の最小ピーク値の分布図 (屋根勾配 1/10)

また、風洞実験モデルで再現可能な太陽光パネルの圧力測定点の少なさを補うべく、数値解析による風力評価の定性的な検討を実施。結果としては、風洞実験と同様、背面斜めからの風の負圧が最も強くなるという結果となった。



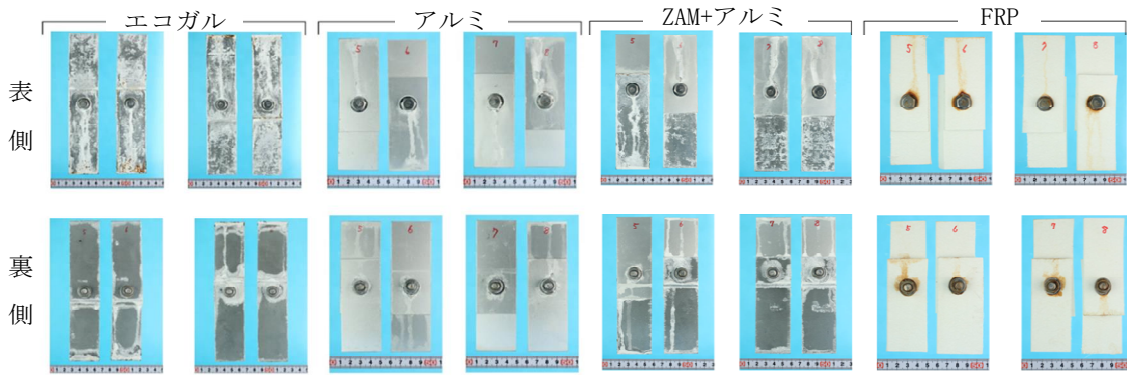
屋根勾配3/10、クリアランス12mm、風向135°

図Ⅲ-2-①-3-3 風シミュレーション解析結果

また、軽量架台の異種金属接触部の強度試験を行った。塩水噴霧後の強度劣化は見られず、必要強度を維持していることを確認。また、実証サイトへの設置から1年経過後に一部の架台を交換し、引張試験を行ったところ、強度の変化は見られなかったことを確認した。

表Ⅲ-2-①-3-1 塩水噴霧サイクル試験前後の強度試験結果 (kN)

サンプル数 No. (N=4)	初期値	CCT 試験 300 サイクル後
①-1 [縦棧/横棧組み 部ズレ強度 (縦)]	3.547	5.003
	1.843	1.348
	2.487	5.552
	2.494	6.951
①-2 [縦棧/横棧組み 部ズレ強度 (横)]	0.414	2.423
	0.583	2.908
	0.521	2.775
	0.512	4.042
①-3 [縦棧/横棧組み 部引張強度]	2.981	2.379
	2.589	1.188
	2.536	2.475
	2.843	2.005
①-4 [縦棧/棟頂組み 部]	13.13	13.28
	11.59	12.39
	12.27	13.21
	12.42	12.48



図Ⅲ-2-①-3-4 塩水噴霧サイクル試験結果

表Ⅲ-2-①-3-2 引張試験結果（設置前/設置1年後）

	最大点荷重 (N)	最大点荷重 (kgf)
サンプル1	3343.4	340.93
サンプル2	3137.4	319.93
サンプル3	3006.6	306.58
平均	3162.5	322.48

設置前 架台引張強度試験結果

	最大点荷重 (N)	最大点荷重 (kgf)
サンプル1	3311.9	337.72
サンプル2	3223.4	328.70
サンプル3	3004.3	306.35
平均	3179.9	324.26

設置1年後 架台引張強度試験結果

## ②架台設置方法の開発

### 1. 設置工法の検討


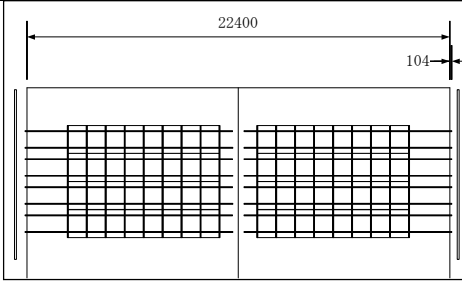

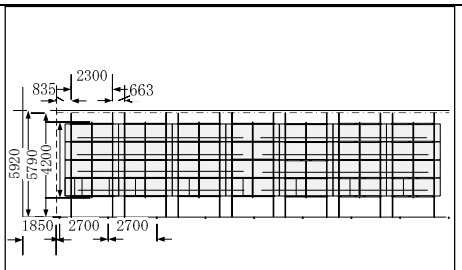

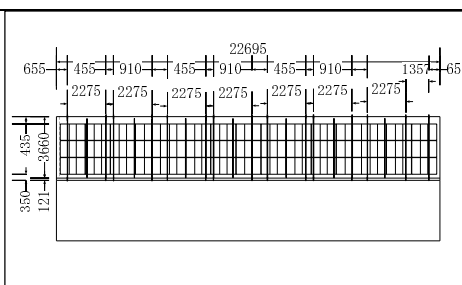
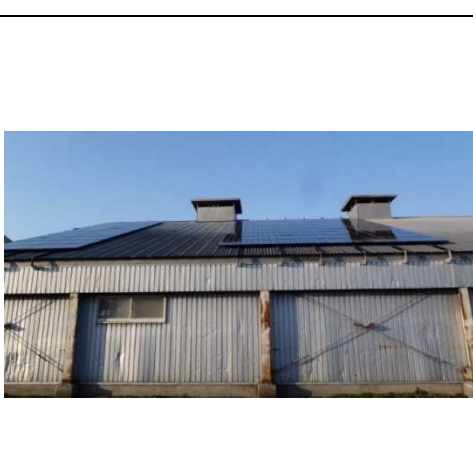
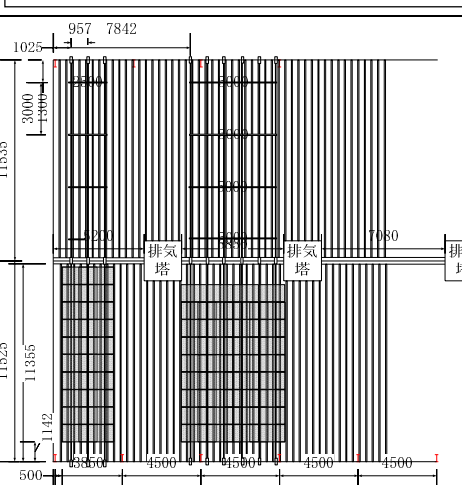

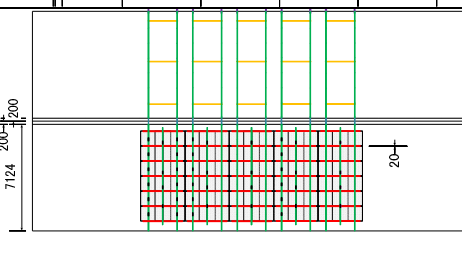
従来の屋根面無加工「シンプル・レイ」工法をベースに、風の影響を考慮した架台の設計を行い試作品を作成。主な課題としては、縦椋の肉厚化、横椋押さえの形状改良、棟頂金具の強化、軒板、垂木の改良など。固定方法に関しては、各実証サイトの屋根形状等に応じて最適な金具設計を行った。

### 2. 実証実験の開始

既存畜舎については、建築基準法の緩和措置適用屋根への実装による効果検証のため、国内の5箇所の既存畜舎を選定・設置を行った。屋根形状、地域特性（積雪状況、風況等）、利用形態（牛舎、豚舎、鶏舎等）によって条件が異なり、それらを可能な限り網羅するように選定した。

表Ⅲ-2-①-3-3 実証実験サイト一覧

名称	所在地	設置規模 (kW)	実験条件		
			畜種	積雪	風速
畜舎A	長野県安曇野市	12.32	豚舎	70cm	30m/s
畜舎B	山形県寒河江市	12.60	牛舎	75cm	30m/s
畜舎C	秋田県由利本荘市	10.13	牛舎	65cm	32m/s
畜舎D	岩手県気仙郡住田町	12.60	豚舎	35cm	30m/s
畜舎E	群馬県前橋市	13.50	鶏舎	35cm	30m/s

畜舎 A		
畜舎 B		
畜舎 C		
畜舎 D		
畜舎 E		

図Ⅲ-2-①-3-5 実証実験サイト

尚、調査を進めていく中で、課題として出てきた要件を下記に記す。

- ・ 畜舎は土地に定着する工作物で、屋根と柱もしくは壁を有するため、建築基準法で定義された建築物に該当する。木造の3階建以上または延べ床面積 500 m<sup>2</sup>以上、鉄骨造等の2階建以上または延べ床面積 200 m<sup>2</sup>以上の建物を建築する場合は、建築確認申請、構造計算による建物の安全確認が義務付けられている。



・ 畜舎／堆肥舎に関しては、一般建築物に比べてその建築物を利用する人間が少なく、建築物内部に滞在する時間が短いことから、建築基準を緩和する緩和基準が国土交通省により告示されている。

・ 事業者が自分で建てた牛舎も多く、それらは確認申請を受けておらず、構造計算も行われていないため、屋根に載せられる荷重の目安がわからない。

平成 14 年の建築基準法改正により、畜舎構造基準の緩和が行われており、一般の住宅等と比較して、簡易基礎の使用、積雪荷重の緩和、風荷重の緩和防火に関する緩和等が可能となっている。本実証実験においては、この緩和適用を受けた屋根を対象とした軽量化開発を行っている。なお、不適格畜舎については対象外とした。

### ③耐アンモニア性を有する軽量太陽電池モジュールの開発

劣化状況を確認するため、畜舎屋根上に太陽電池モジュールを設置した。設置 7 か月後にモジュールを回収し、外観検査、出力検査、湿潤漏れ電流試験を実施した。設置した畜舎屋根には排気口が設置されており、排気口周辺のモジュール表面が非常に汚れることが確認された。



図Ⅲ-2-①-3-6 岩手県豚舎設置風景

#### (1) 外観検査結果

モジュール表面汚れの状況を図Ⅲ-2-①-3-7 に示す。



図Ⅲ-2-①-3-7 モジュール表面汚れ

このような酷い汚れは、一般的な地域に設置されている太陽電池モジュールには見られないもので、水を弾く汚れであった。

畜舎屋根上の排気口から排出される空気と一緒に、畜舎内の粉塵、飼料、家畜の糞尿等が排出され、モジュール上に堆積したものと考えられる。水を弾く性質であったために、雨水で汚れが洗い流されずに堆積したと考えられる。よって、排気口周辺へのモジュール設置は避けるべきであり、設置する場合には、定期的な洗浄ができるようなメンテナンス通路の確保が必要である。

## (2) 出力検査結果

設置前の出力特性値に対する、設置 7 か月後(洗浄前)の出力特性値変化を表Ⅲ-2-①-3-4 に示す。

表Ⅲ-2-①-3-4 設置前に対する設置 7 か月後(洗浄前)の出力変化

モジュール名	開放電圧 (Voc)	短絡電流 (Isc)	最大出力 (Pm)
モジュール A	-1.4%	-31.8%	-29.5%
モジュール B	-1.9%	-23.7%	-24.6%
モジュール C	-2.5%	-30.0%	-34.6%
モジュール E	-2.4%	-38.4%	-37.3%
モジュール F	-2.4%	-37.0%	-34.3%
モジュール H	-2.0%	-27.8%	-26.7%

いずれのモジュールも短絡電流 30%程度低下している。短絡電流の低下は、フロントカバーの汚れが原因と考えられるので、モジュールを洗浄して再度出力検査を実施した。

設置前の出力特性値に対する、設置 7 か月後(洗浄後)の出力特性値変化を表Ⅲ-2-①-3-5 に示す。

表Ⅲ-2-①-3-5 設置前に対する設置 7 か月後(洗浄後)の出力変化

モジュール名	開放電圧 (Voc)	短絡電流 (Isc)	最大出力 (Pm)
モジュールA	0.1%	1.1%	-0.8%
モジュールB	-0.8%	1.5%	-0.2%
モジュールC	-0.8%	2.1%	-4.0%
モジュールE	-0.5%	-1.7%	-0.8%
モジュールF	-0.8%	0.2%	-0.8%
モジュールH	-0.8%	0.4%	-0.7%

モジュールを洗浄することによって、短絡電流が大幅に改善し、モジュール C 以外の最大出力の変化率は-1%未満と、一般地域に設置している太陽電池モジュールの変化率と比べても遜色ないことが確認された。

モジュール C については、他モジュールに比べて、洗浄後も出力の低下が大きい。これは製造時に出来たバックシートのシワ部に亀裂が入ったことによって、水蒸気等のガスがモジュール内部に侵入したことが要因と考えられる。

## ④発電コストについて

### 1. コスト算出式

#### (1) 10kW 規模設定条件

- ① 平均的な結晶系モジュール(変換効率 15%)を使用し、日本の平均的な日照量を使用
- ② 1kW 当たりの年間発電量を 1,050kWh、運転年数を 20 年、総発電量 201,463kWh
- ③ 建設費が、モジュール等機器費用 2,700,000 円、工事費用 1,200,000 円、系統接続費用 100,000 円で合計 4,000,000 円
- ④ 運用費が、修繕費・諸費、一般管理費 1,080,000 円
- ⑤ 廃棄物処理費が 200,000 円



10kW 規模の発電コスト

$$26.2 \text{ [円/kWh]} = \frac{4,000,000\text{[円]} + 1,080,000\text{[円]} + 200,000\text{[円]}}{201,463\text{[kWh]}}$$

(2) 50kW 規模設定条件

- ① 平均的な結晶系モジュール（変換効率 15%）を使用し、日本の平均的な日照量を使用
- ② 1kW 当たりの年間発電量を 1,050kWh、運転年数を 20 年、総発電量 1,007,313kWh
- ③ 建設費が、モジュール等機器費用 12,000,000 円、工事費用 5,000,000 円、系統接続費用 300,000 円で合計 17,300,000 円
- ④ 運用費が、修繕費・諸費、一般管理費 5,400,000 円
- ⑤ 廃棄物処理費が、1,000,000円

50kW 規模の発電コスト

$$23.5 \text{ [円/kWh]} = \frac{17,300,000\text{[円]} + 5,400,000\text{[円]} + 1,000,000\text{[円]}}{1,007,313\text{[kWh]}}$$

2. 実証実験サイトにおける発電コスト

各実証サイトにおける発電コストは表Ⅲ-2-①-3-6 に示す通りで、10kW 規模については畜舎 B と畜舎 C を除いて目標コストを達成した。また、50kW 規模については畜舎 B を除いて目標コストを達成した。

達成出来なかった理由としては以下の 2 点が挙げられる。

- ・ 日射量（設置方位）の違い
- ・ 建設費の違い

表Ⅲ-2-①-3-7 によると、畜舎 B および畜舎 C の日射量はそれぞれ 3.08、3.09 [kWh/m<sup>2</sup>/day] であり、最も条件の良い畜舎 E（4.03）と比較すると約 76% の日射量となる。これは、畜舎 B に関しては設置面が真西、畜舎 C も真東という設置面が影響している。更に、畜舎 B においては足場の費用が他のサイトよりもかかってしまったことが建設費を押し上げ、分母（発電量）が少なく、分子（建設費）が多いということに起因する。

表Ⅲ-2-①-3-6 国内 5 サイトにおける発電コスト

実証サイト名	10kw 規模発電コスト 目標：26.2 円/kWh	評価	50kw 規模発電コスト 目標：23.5 円/kWh	評価
畜舎 A 12.32kW	17.1 円/kWh	◎	16.2 円/kWh	◎
畜舎 B 12.60kW	26.5 円/kWh	△	24.7 円/kWh	△
畜舎 C 10.13kW	26.4 円/kWh	△	22.0 円/kWh	○
畜舎 D 12.60kW	21.5 円/kWh	○	20.7 円/kWh	○
畜舎 E 13.50kW	17.0 円/kWh	◎	17.2 円/kWh	◎

表Ⅲ-2-①-3-7 国内5サイトにおける設置条件

実証サイト名	住所	屋根 勾配	設置方位	日射量 [kWh/m <sup>2</sup> ・day]
畜舎A	長野県安曇野市	3 寸	-90° (真東) +90° (真西)	3.91
畜舎B	山形県寒河江市	5 寸	+90° (真西)	3.08
畜舎C	秋田県由利本荘市	3 寸	-90° (真東)	3.09
畜舎D	岩手県気仙郡住田町	3.5 寸	0° (真南)	3.46
畜舎E	群馬県前橋市	3 寸	+10° (やや西 向ほぼ真南)	4.03

## 2. 実用化・事業化見通し

### (1) 実用化・事業化の定義

実用化の定義…畜舎屋根に問題なく設置できる架台、太陽電池を開発すること

- ①屋根形状を選ばず、設置が可能な架台の開発
- ②架台重量 3.25kg/m<sup>2</sup>以下を実現
- ③性能劣化が畜舎屋根上でも一般地域と遜色ないこと

事業化の定義…本研究に係る太陽光発電システムによる売上が立つこと

- ①今回の対象畜舎における追加設置
- ②新規畜舎および工場屋根等への設置

### (2) 実用化・事業化に向けた戦略

既設実証サイトを除いた新規見込客の開拓においては、当然国内の畜舎への展開が想定されるものの、多用途化という事業テーマにおいては畜舎に留まらない見込客への展開も同時に行っていく。

国内畜舎…実証サイトオーナーからの紹介をはじめ、実証サイトを選定する際の候補であった畜舎、既存顧客である飼料会社からの紹介など、既にある程度話をしてきた畜舎や紹介先などのベースとなるマーケットから開拓していくことが、最も効率的であると考えられる。

工場屋根…築年数が古い工場や倉庫屋根への設置も広義の意味では本研究開発の実用化・事業化と捉えることができる。

### (3) 実用化・事業化の見通し

これまで、アンモニアガスによる腐食劣化、畜舎の強度不足などの懸念から、畜舎屋根への設置導入は、平坦な地面や住宅屋根への設置に比べて遅れをとっていた。本研究にて、アンモニアガスが含まれる環境でも、出力劣化の少ない高耐食で、且つ、軽量な太陽電池システムを開発したことで、これまで敬遠されてきた畜舎屋根への設置が可能になった意義は大きいと考える。マーケットポテンシャルは国内 7,050 棟の畜舎に対して平均 50kW を設置した場合には 353MW という規模となる。

建築基準法緩和措置の適合条件に則していない畜舎は数多く存在すると言われているものの、適合した畜舎については今回の実証サイト同様、設置することは技術的に可能であると考えられる。

事業化に際してのポイントは、適合畜舎をどうやって選定するかという見込客の開拓に尽きる。また、「多用途化」という、より大きなテーマにおいては畜舎に留まらない見込客への展開を同時並行で行っていく。

#### ①製品技術の適合性

- ・軽量発電システムの設置技術の確立は、畜舎に留まらず強度の弱い建物全般を対象としたマーケットへ適合することを意味する。
- ・特に工場や倉庫を持つ製造業を中心に見込客開拓を行っている中で、軽量システムへの引き合いは強い。

#### ②競合技術に対する優位性

- ・単純な軽量モジュールは競合として存在するものの、軽量架台や機器、設置工事までを含めた一貫体制でソリューションを提供可能な企業は多くない。
- ・設置費用含め 16～17 万円/kW（システム価格）で提供可能であることの価格優位性は大きい。

#### ③量産化技術の確立

- ・軽量架台の製造については、研究段階においては国内に製造拠点を持つ企業に委託・製造していたが、より安価で量産できる体制を構築するために平成 28 年度より製造拠点を海外に変更。

### 3. 波及効果

これまで、アンモニアガスによる腐食劣化、畜舎の強度不足などの懸念から、畜舎屋根への設置導入は、平坦な地面や住宅屋根への設置に比べて遅れをとっていた。本研究にて、アンモニアガスが含まれる環境でも、出力劣化の少ない高耐食で、且つ、軽量の太陽電池システムが開発されたことで、これまで敬遠されてきた畜舎屋根への設置が可能になった意義は大きい。

家畜舎では、気温の上がる正午前後に換気ファンを回すために電力消費のピークが現れる。電力消費のピークと太陽電池システムの発電のタイミングが合致するため、FIT に依存しない自家消費型太陽光発電システムによる購入電力量の削減、および契約電力容量（デマンド）を下げることもできるため、畜舎オーナーにとって経済的な利点も大きい。

今回、畜舎屋根設置実証実験で協力をいただいた畜舎の内、長野県豚舎においては既に 50kW 規模の追加設備の導入を実施（2017 年 6 月）。

システム kW 単価としては 178,000 円（税抜）での販売であったことから、20 年間における試算による発電コストは約 7.8 円/kWh\*となり、実証実験時の 16.2 円/kWh（10kW 規模からの試算ベース）の約半分となっている。（※一般的な日射条件を用いた NEDO 試算では、10.1 円/kWh）



写真Ⅲ-2-①-3-8 追加設置を行った長野県豚舎（58.3kW）

設備容量：49.5kW（モジュール容量：58.3kW、過積載率 118%）  
 システム価格：8,800,000 円（税抜）  
 システム単価：151,000 円/kW（税抜）  
 20 年間想定発電量：1,370,476kWh  
 発電コスト：約 7.8 円/kWh

$$7.8 \text{ [円/kWh]} = \frac{\text{建設費} \quad \text{運用費} \quad \text{廃棄物処理費}}{1,370,476[\text{kWh}]} = \frac{8,800,000[\text{円}] + 1,575,000[\text{円}] + 292,000[\text{円}]}{1,370,476[\text{kWh}]}$$

#### 4. 今後の展開

今後の課題としては、どうすれば効果的に見込客を開拓できるか？という点がとりわけ重要となってくる。今回の実証実験で設置した 5 サイトは、10kW クラスを設置したわけであるが、既に実証期間を終え、前述したように新たに増設を実施したサイトも存在する。特に電気代がかかっている畜舎については、より多くの電気代を削減するための自家消費を希望している。電力使用ピークが太陽光発電の発電ピークと重ならないケース（例えば夕方から夜にかけてピークがあったり、24 時間通して電力使用パターンが変わらない、など）においては、蓄電池システムを併設することによって、より効果的に電気代を削減することも可能である。

今後の普及促進施策としては、オルテナジー社が所有しているエネルギー総合情報サイト『エネリークス』（月間閲覧回数 36,000）を積極的に活用し、集客を促す施策と同時に、畜舎オーナー等が購読しているような業界誌（『Dairy Japan』など）への広告出稿などを想定している。

事業化の実績としては、平成 29 年度すでに 1.2 億円の売上を達成。29 年度末までに 2 億円の売上見込み、30 年度においては 7 億円の売上を見込んでいる。



写真Ⅲ-2-①-3-9 オルテナジーのエネリークス (<http://eneleaks.com>)

(4) 太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト  
(ユニバーサリー電気株式会社)

1. 成果詳細

ビニールハウス用の太陽光発電システム、及び発電した電力で動作する複合環境制御システムを開発し、熊本県の代表的な農産物であるデコポンとカラー野菜の二つの農産物で実証評価を行なった。

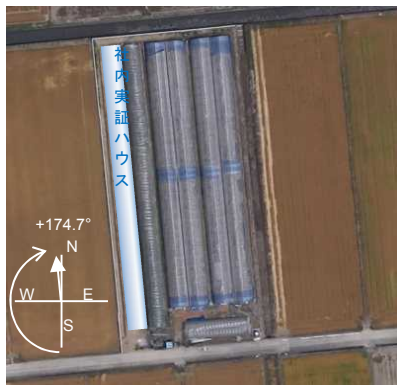
太陽光発電システムの開発においては、架台、取付け部材の強度試験だけでなく、解析ソフトを活用したシミュレーションにより風に対しての浮力検証、強度解析も実施し、問題ないことを確認した。

また、複合環境制御システムの開発においては、循環用送風機として、新素材 CFRP を羽根車に採用し、羽根車を小さくて高速回転する事で、送風機の軽量化且つ小形化を図り、成形法も工夫することにより製造コストを抑えた。その他、送風機効率の改善・低騒音化を実現した。

更に発電した電力を活用し、環境データの見える化の環境を構築し、生産支援システムを実現した。太陽光発電システムおよび複合環境制御システムを設置した実証用ビニールハウスでの実証により、太陽光発電による妥当な発電量を発生しながら、農作物の生育への影響もなく営農可能であること、及び雨、風などの天候にも耐えられることを確認した。

また、ビニールハウスの植物工場化に向けた環境制御に関して、栽培に必要なビニールハウス内温湿度等のさまざまな環境データや太陽光発電システムの発電量・使用電力量等のエネルギーデータ、環境制御装置の稼働状況を計測し、クラウドへ蓄積することによりモバイル端末等で確認できる生産支援システムの動作を確認した。

以上今回開発したビニールハウス用の太陽光発電システム、及び発電した電力で動作する複合環境制御システムは、実証評価の結果、目標とした性能を確認できたことから実用化段階にあると考えられる。現在、商品化を行い、事業化に向けた取組みを行っている。

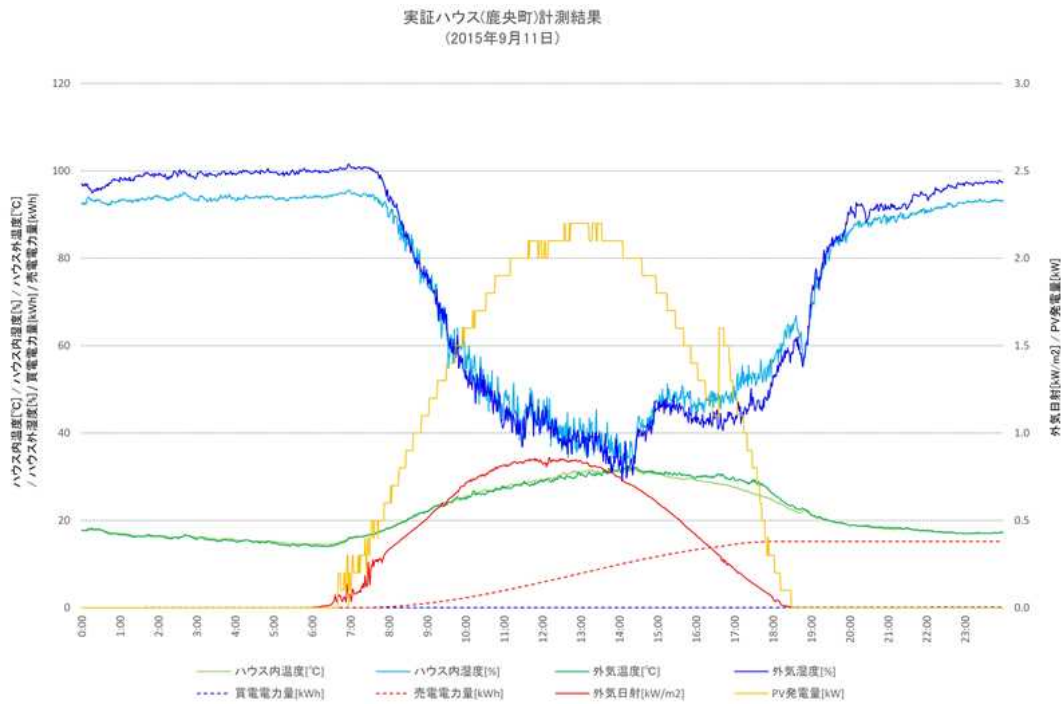


図Ⅲ-2-①-4-1 モジュール表面汚れビニールハウス用太陽光発電システム



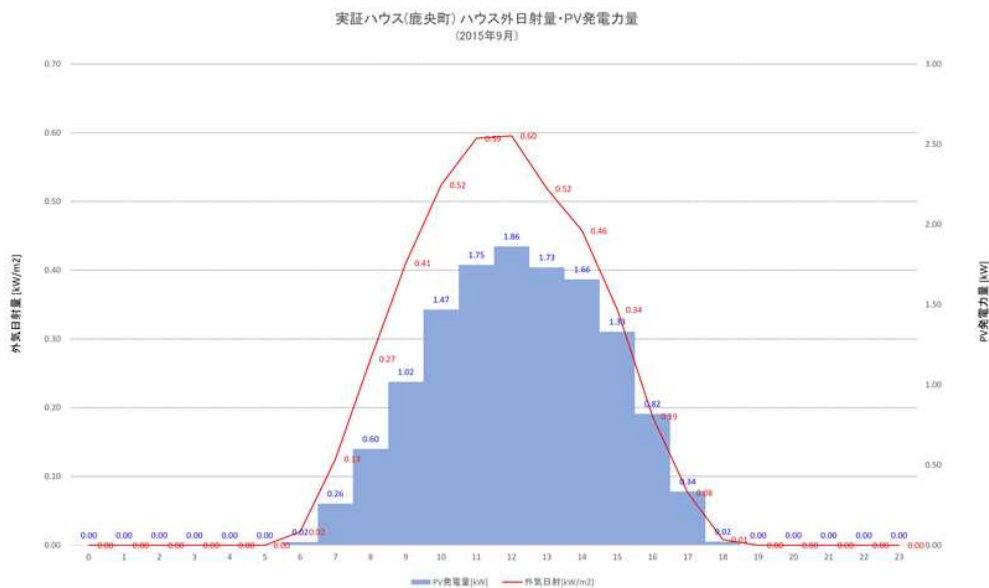
・実証結果

実証ビニールハウスで計測した日射量、太陽光発電の電力、温度、湿度を以下に示す。

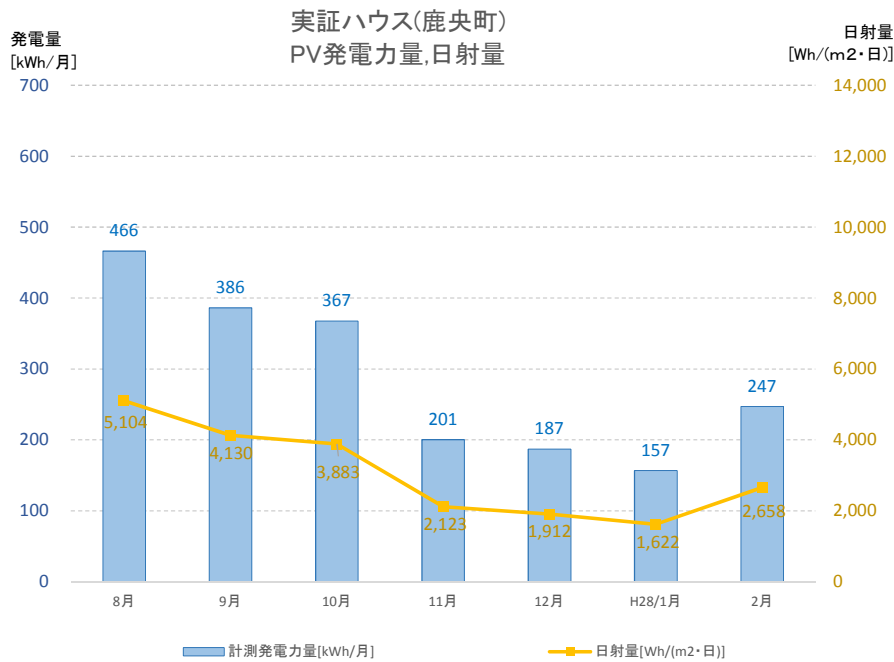


図Ⅲ-2-①-4-2 生産実証ハウス計測結果例

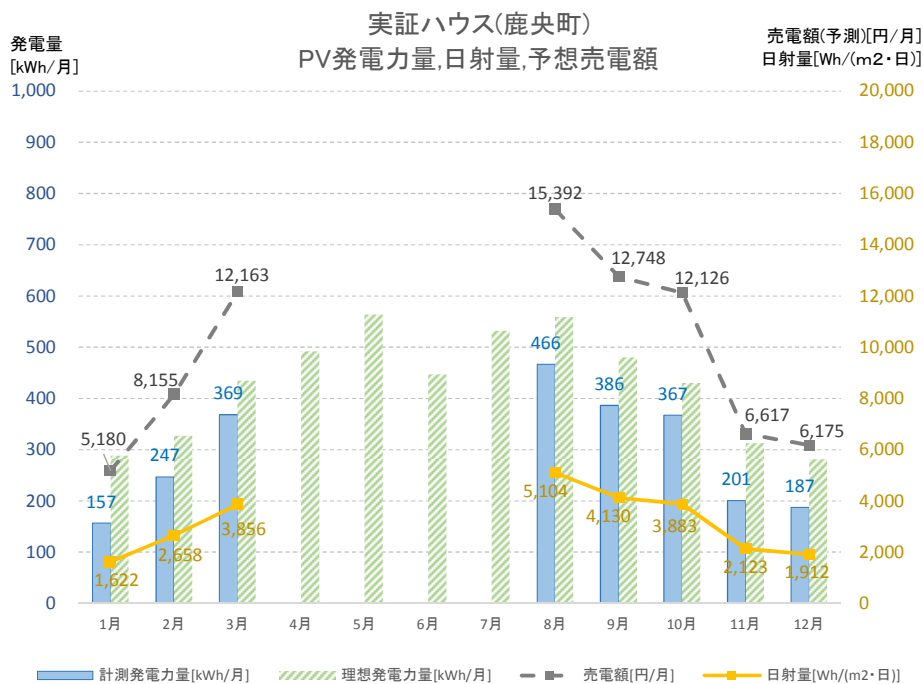
生産実証ハウスは北西～南東方向に建設されており、南西面に16枚（4kW）、北東向き4枚（1kW）の太陽電池パネルを設置している。このため、発電のピークは南西向きに設置した太陽電池パネルの発電効率が高まる午後にシフトしている状況が観測結果から得られた。



図Ⅲ-2-①-4-3 日射量・太陽光発電電力量（9月）



図Ⅲ-2-①-4-4 各月のPV発電力量・日射量



図Ⅲ-2-①-4-5 年間発電力量、日射量推計値

実証ビニールハウスでの評価から、取付けたPVパネルにより妥当な発電量が得られることが示された。

懸念された太陽電池設置架台が発生させる影による植物生育への影響は、生産実証ビニールハウスでのデコポンの生育に関して認められず、生産者から問題無しとの判断が得られており、問題はない。

ビニールハウス内空気循環装置の改良と夏季の日射制御装置の開発を行なった。循環用送風機として、新素材 CFRP を羽根車に採用し、羽根車を小さくし高速回転する事で、送風機の軽量化且つ小形化を図った。製造コストを抑えた VaRTM 成形法での羽根車一体成形方法を確立した。

また、高収益農業を可能とする作物栽培実現に向け、ビニールハウスの温湿度制御装置の開発を行ない、従来のハウス内の環境制御の構成要素に対して湿度制御を付加したより高度な環境制御システムを構築した。

従来は梅雨から初秋にかけては、日照量が大きすぎる上に高温障害が発生するために栽培が出来なかった。夏季は日照量に伴って太陽電池発電量も多くなり、これを活用した夏季用環境制御システム(以下「遮光ネット開閉装置」と表記する)を実現した。

さらにビニールハウスの植物工場化に向けた環境制御に関して、栽培に必要なビニールハウス内温湿度等のさまざまな環境データや太陽光発電システムの発電量・使用電力量等のエネルギーのデータ、環境制御装置の稼働状況を計測しクラウドへ蓄積しモバイル端末等で確認できるシステムの試作を行った。

ただ、コスト抑制が大きな課題である。その改善の上で大きく 3 つの課題があるが、市場に出荷していく中で量産コスト削減を進めていく予定である。量産数の増大と共に、専用架台も太陽電池も価格を下げていくことが可能になると考えている。弊社としては事業化を進めながら、多角的なコスト削減の対策を同時に進めていく。

ただ、本システムを普及させるためには、導入設備のコスト削減が課題であり、更なる費用対効果の改善を図っていく必要がある。

5 年前に東日本大震災が発生し、大きな災害を及ぼした。頻発する地震や停電などの影響により農業生産や企業活動にも支障が生じた。このようなビニールハウスに太陽光発電システムを組合せた環境を構築した場合、大規模な自然災害が広域で生じた際に、被災者が生存可能な水、電気、居住場所を応急的に提供する役割も担わせることが可能である。

本事業で開発したビニールハウス専用太陽光発電システムの導入により技術的な問題は解決済みであり、災害発生時に場所を提供する生産者への助成や補償などの制度的な後押しが得られれば、ビニールハウスがある全国の地域に普及が期待できる。

このような営農以外の活用手段も視野に入れ、ビニールハウスでのエネルギーの地産地消の環境を構築する本研究開発成果の普及、情報発信を引き続き推進し、太陽光発電の更なる用途と導入量拡大を実現していきたい。





図Ⅲ-2-①-4-6 試作したシステム



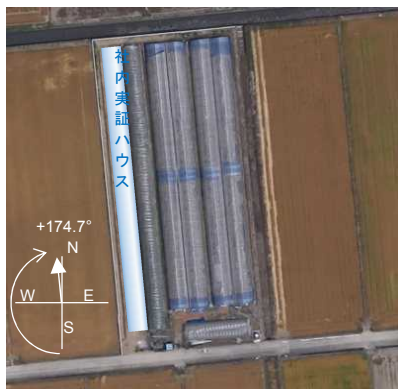
図Ⅲ-2-①-4-7 試作したシステム

- ・ 太陽電池設置架台 Ver1 の試作  
設計したデータを元に、社内実証用として Ver1 の試作を行なった。



図Ⅲ-2-①-4-8 Ver1 試作品

開発した太陽電池架台の機能、効果、施工性等をビニールハウスにて社内評価を行った。



図Ⅲ-2-①-4-9 社内実証ハウス



図Ⅲ-2-①-4-10 社内実証ハウス外観

・太陽電池設置架台 Ver2 の試作

PV 架台 Ver1 試作品から改良を加え修正した設計データに基づき、太陽電池設置架台 Ver2 の試作を行なった。開発した Ver2 試作品の強度を検証するため、数値シミュレーションによる強度解析を実施した結果、問題の無いことを確認した。



図Ⅲ-2-①-4-11 Ver2 試作品 太陽電池組付状態 斜視図



図Ⅲ-2-①-4-12 Ver2 試作品 太陽電池組付状態 真横図

試作した太陽電池設置架台のビニールハウスへの施工手順を以下に示す。

- (1) ビニールの除去された状態のビニールハウスの上に太陽電池パネルと共に PV 架台ベース部を乗せる。



- (2) 乗せた架台を下からダクターチャンネルなどの金具類を使ってビニールハウスのアーチパイプに固定する。



- (3) PV パネル用ケーブルを配線する。  
ケーブル配線の外、パワコンの取り付け、系統連携を行い、太陽電池の設置と電気に関する工事も、別途実施する。



- (4) PV ユニットの上からビニールをかぶせる。  
ビニールは巻上パイプ等ビニールハウスへの取り付けまでを完成させる。以降のビニール張替え作業は農業生産者自身で処置可能である。



- (5) PV 架台ベース部のビニペットにビニールを固定する。





(6)PV パネルとビニペットの間でビニールを切る。



(7)ビニールカット後、PV パネル上のビニールが  
取除かれた状態。



(8)PV 架台カバー部を乗せる。



(9)PV 架台のベース部の下からカバーを締め付ける。



(10)PV 架台設置完成。



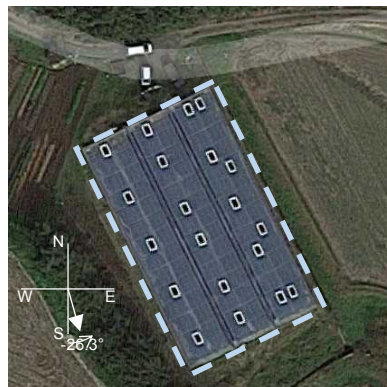
図Ⅲ-2-①-4-13 施行手順

・ビニールハウス生産実証

開発した装置、部品を用い、実際に農産物の生産を行なっている山鹿市鹿央町のビニールハウスで、機能、効果、施工性などの評価を行った。



図Ⅲ-2-①-4-14 生産実証ハウス外観



図Ⅲ-2-①-4-15 生産実証ハウス上空図



図Ⅲ-2-①-4-16 生産実証ハウス斜視図

架台 Ver2 試作品を用いた生産実証ビニールハウスでの評価から、取付けた PV パネルにより妥当な発電量が得られることが示された。

懸念された太陽電池設置架台が発生させる影による植物生育への影響は、生産実証ビニールハウスでのデコボンの生育に関して認められず、生産者から問題無しとの判断が得られた。

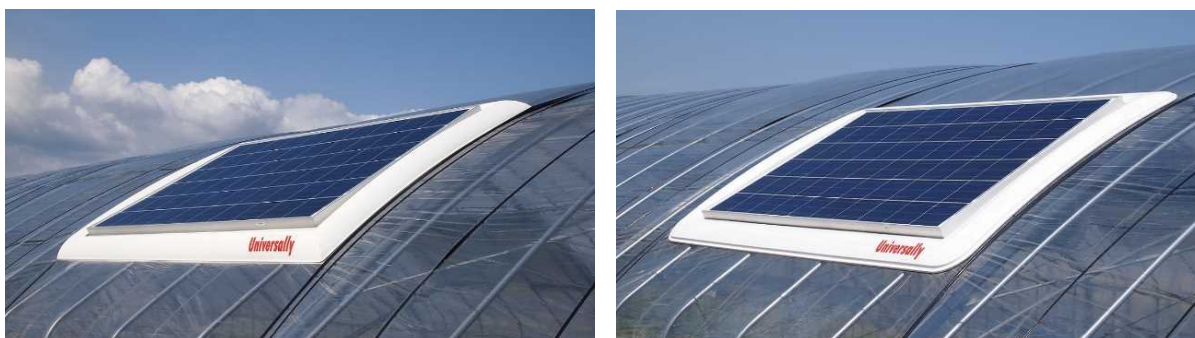
太陽電池設置架台を検証するため、実試料を用いた強度試験及び数値シミュレーションによる強度解析を行った。架台強度を検証するための荷重条件を、積雪時の重量  $50\text{kg/m}^2$  及び風速  $50\text{m/s}$  の風圧が作用した時より大きい荷重に設定し、その負荷が架台に作用した時の架台部材の強度を調査した。数値シミュレーション及び試作品を用いた強度試験の結果は、この荷重条件では開発した架台に永久変形等の破損はなく、強度は十分であることを確認し、目的である架台の強度を検証することができた。

PV 架台 Ver2 試作品から改良を加え修正した設計データに基づき、太陽電池設置架台 Ver3 の試作を行なった。



図Ⅲ-2-①-4-17 PV 架台 Ver3 試作品ベース部+カバー部

Ver1 と Ver3 試作品の比較写真を下記に示す。細かな部分において、大きな改善を行ったことが容易に比較できる。



図Ⅲ-2-①-4-18 Ver1(左)と Ver3(右) 試作品の比較写真

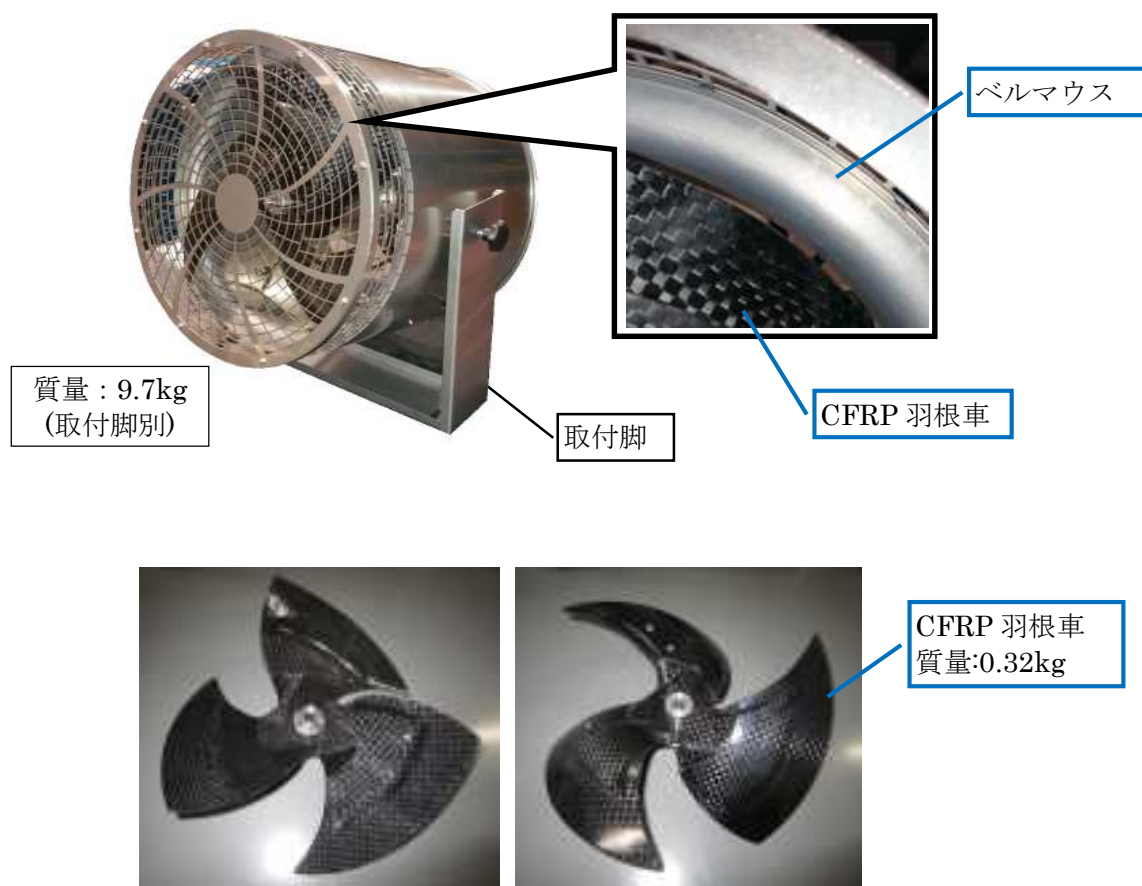
#### ・環境制御技術の研究開発

ビニールハウス内の空気循環装置の改良と夏季の日射制御装置の開発を行なった。高効率循環ファンの開発として、新素材CFRPを羽根車に採用し、羽根車を小さくし高速回転する事で送風機の軽量化且つ小型化を図った。その目的は、高度な環境制御の実現である。日の出から太陽光発電が開始されると同時にビニールハウス内も暖められて温度上昇が始まる。太陽が高くなると発電電力量も増加し、ビニールハウス内も更に暖められる。しかし、同時に温度ムラ・湿度ムラも大きくなる。そこで循環ファンが必要となる。つまり、太陽光発電と循環ファンの制御は、一体不可分な技術であり、より高度な環境制御を行うためには、この高効率循環ファンの開発が不可欠であった。

従来のビニールハウスは、冬季に夏の野菜果物を栽培するために使用されていたが、今回、ビニールハウスに太陽電池を設置することで、これまで実現していなかった夏季環境での作物生育への活用も可能となる。従来は梅雨から初秋にかけては、日照量が大きすぎる上に高温障害が発生するために栽培が出来なかった。夏季は日照量に伴って太陽電池発電量も多くなり、これを活用した夏季用環境制御システム(以下「遮光ネット開閉装置」と表記する)を実現した。



ビニールハウスの植物工場化に向けた環境制御に関して、栽培に必要なビニールハウス内温湿度等のさまざまな環境データや太陽光発電システムの発電量・使用電力量等のエネルギーのデータ、環境制御装置の稼働状況を計測しクラウドへ蓄積しモバイル端末等で確認できるシステムの試作を行った。



図Ⅲ-2-①-4-19 CFRP 製羽根車の循環扇

・コスト抑制の検討

ビニールハウス専用の太陽電池システムは完成したが、コスト抑制が大きな課題である。その改善の上で大きく3つの課題がある。

- ①板状の多結晶型太陽電池をアーチ状の屋根に載せ防水処理を行うために必要な専用架台のコストが非常に大きい。
- ②発電した電力を三相 200V に変換して活用する必要がある、パワコンのコストが非常に高く、10kW 以上からしか商品の品揃えが無い。また、専用のトランスを設置し、S 相の設置が必要である。
- ③影の影響緩和と太陽電池の加重を均等化するためにビニールハウスの屋根に間隔を空けて設置する必要がある。そのため、ケーブルが長くなる上に取付工事の規模が増えてしまう。

市場に出荷していく中で量産コスト削減を進めていく予定である。量産数の増大と共に、専用架台も太陽電池も価格を下げていくことが可能になると考えている。弊社としては事業化を進めながら、多角的なコスト削減の対策を同時に進めていく。

表Ⅲ-2-①-4-1 太陽光発電 発電コストの実績

発電コスト	円/kWh	39.0	33.4
システム容量	kW	5kW	10kW
建設費	円	4,165,000	7,316,000
運用費	円/年	12,000	12,000
耐用年数	年	20	20
運転年数内総発電量	kWh	112,949	225,898

$$\text{電コスト[円/kWh]} = \frac{\text{建築費[円]} + \text{運用費用[円]} + \text{廃棄処理費用[円]}}{\text{運転年数内総発電量[kWh]}}$$

- 建設費 : 太陽光システム部材+工事費一式の合計 (初年度のみ)  
 運用費用 : 12,000 円/年  
 廃棄処理費用 : 0 円(建設費に含むものとする)  
 耐用年数 : 20 年  
 運転年数内総発電量 : それぞれの枚数での 20 年間における総発電量

※年間発電量 5,647kWh は、本実証で用いた 5kW の太陽電池パネルを仰角 30° で真南の向きに設置した場合に、熊本における一年間の平均日射量データと実測結果に基づき換算した理想条件での推計値である。

## 2. 実用化・事業化見通し

下記のようなカタログを作成、営業活動を行っている。



図Ⅲ-2-①-4-20 営農型発電システム HOUSE-e カタログの表紙



ただ、熊本では熊本地震の影響が大きく、まだ復旧できていない農家も多くなかなか営業活動できない状況である。



図Ⅲ-2-①-4-21 営農型発電システム HOUSE-e カタログの内側



図Ⅲ-2-①-4-22 データ農業支援システム HOUSE-i カタログの表紙

そのような状況ではあるが、引き続き、魅力ある新しい農業を実現するシステムとして、事業実績がだせるよう営業活動を続けていく。

### 3. 波及効果

今回のNEDO事業を行うことで、さまざまな波及効果が出てきている。弊社は、これまで、施設園芸中心の環境制御装置の開発やその工事に特化してきたが、今回のNEDO事業の概要がインターネットで公開されており、それを見た業者から太陽電池の架台や工事に関する問い合わせが入ってきており、現在、打ち合わせを進めているところである。

また、東海地方の農業の大手企業から声が掛かり、これまでになかった新しい技術として、栽培制御装置の開発にも取り組んでいる。

さらにビニールハウスや施設園芸とは分野がことなる熊本県酪農業協同組合連合会や熊本県畜産農業協同組合連合会から、送風機の自動制御に関して問い合わせを頂戴し、インバーター制御装置の開発依頼等の受注に繋がっている。

今後も農業に関するさまざまな開発を進めることで、多くの波及効果が生まれると確信している。

### 4. 今後の展開

平成28年2月9日から2月10日に肥後銀行・熊本産業文化振興株式会社主催の「2016 くまもと地域振興フェア WONDER MESSE KUMAMOTO」にて、本事業における研究開発の成果として、ビニールハウス専用太陽光発電システム「HOUSE-e」およびデータ農業支援システム「HOUSE-i」の展示出展を行った。

官公庁、JA、関連事業法人、農業生産者、学生(留学生含む)、海外視察者を含め、多くの来場者に出展物を紹介し、発売開始前の広報活動を行なった。

- ・口頭説明：約120件
- ・パンフレット配布：約70件
- ・名刺交換：60件
- ・アンケート回答：5件
- ・商談希望案件：2件



図Ⅲ-2-①-4-23 出展した展示会のパンフレット

事前にダイレクトメールや別途実施したプレゼンテーション等で展示発表の案内を行ったため、関心のある多くの方に来場して頂き、直接、具体的な説明を行ない、需要喚起・販路に関する関連業者との質疑応答を行うことができた。



図Ⅲ-2-①-4-24 くまもと地域振興フェア 展示会出展の様子

ただ、熊本では、熊本地震の影響が大きく、まだ復旧すら完全に終わっておらず、営業活動できない状況である。そこで現在、全国へ向けて、YouTube、HP、facebook、ブログ、等を用いて情報発信をしながら営業活動を行っている。



図Ⅲ-2-①-4-25 ユニバーサリー電工(株)の facebook とホームページ

(5) 簡易的太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発  
(伊藤電工株式会社)

1. 成果詳細

1. 1 技術的課題

a) 日照量の確保

営農型発電の作物を稲に選定したことにより平地の場合のように、発電パネルを多く並べると、収穫量に問題がある。一方、発電量は多く確保したいことから、発電パネルは多く並べたい。この相反する要求を解決する技術が必要である。

b) 簡易的太陽追尾構造

稲作をする為に、作業用のトラクター、コンバイン等の農業機械が作業できるスペースを確保し、水田上で20年以上の風雪に耐えられる構造であること、また、目標発電コスト達成のために、東西方向、南北方向の追尾が可能な構造とし、一方、設備費用を低く抑える必要性、及び現状復帰が出来る必要性から、簡易的追尾機構とし、更にパネル支持構造は簡易的である必要がある。

1. 2 課題解決手段

下記a)～c)に示した方法により、上記課題を解決した。

a) 生育に適した日照量の確保

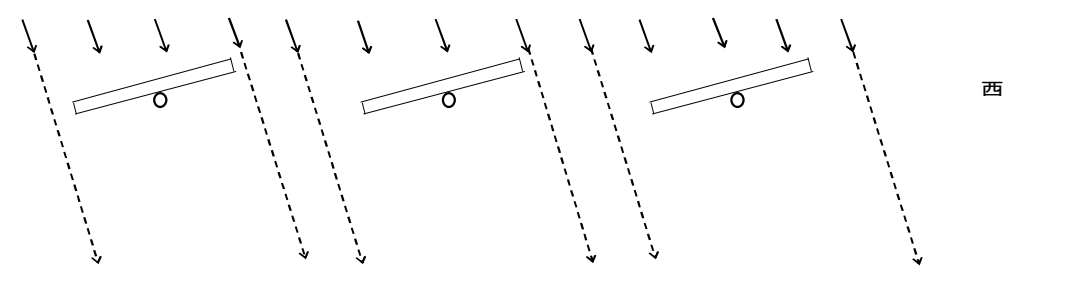
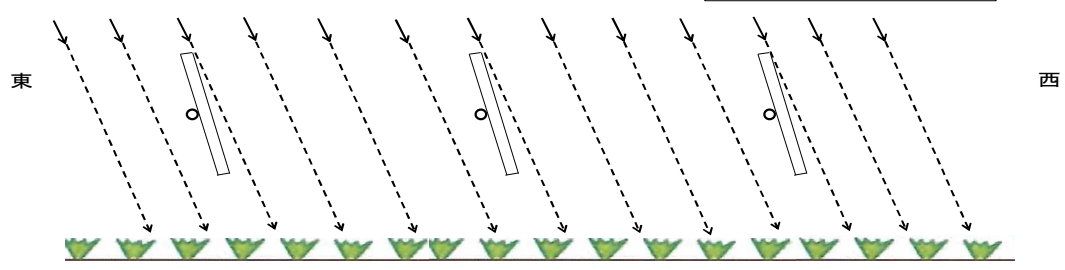
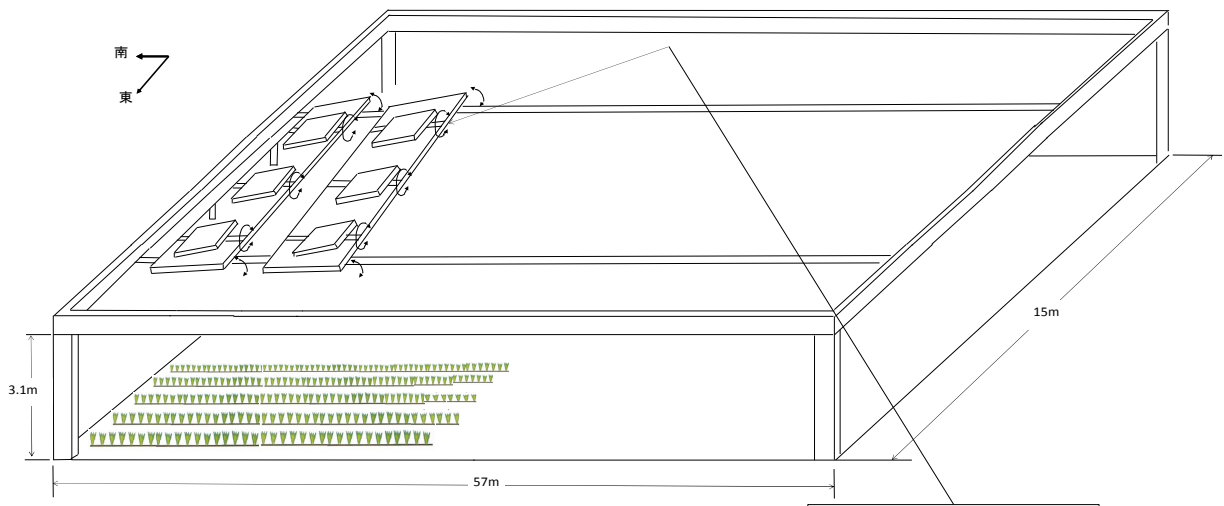
生育に適した日照量を確保する為、稲作時は日中の太陽の位置に応じて太陽光が発電パネルをスルーパスするように太陽を追尾し、そしてスルーパスする日射量を追尾角度の調整により、調節できる機能を備えた。

この日々の東西方向の追尾機能に加え、発電量確保の為に、季節による太陽高度にも追随できる構造とした。その構造図を図Ⅲ-2-①-5-1に示す。

この構造を用いれば、稲作時(5月～9月)は刻々と変わる太陽角度を追尾しながら、パネル面を太陽光と平行になる角度(図Ⅲ-2-①-5-1構造図参照)に合わせれば、太陽光を殆ど全量、農作物に当てることが出来る。この構造を十分に活用して、農作物の作柄を見ながら、角度パラメータを調整しながら、稲作の作柄と発電量の帳合を図り、農水省の営農型発電の基準である、作物の単位面積当たりの収穫量を「周辺地域の平均の80%」以上確保を目標とした。

また、農作物が無い非稲作時(10月～4月)は太陽光をパネル面に垂直に受けるよう、太陽光発電を優先させた追尾角度とした。



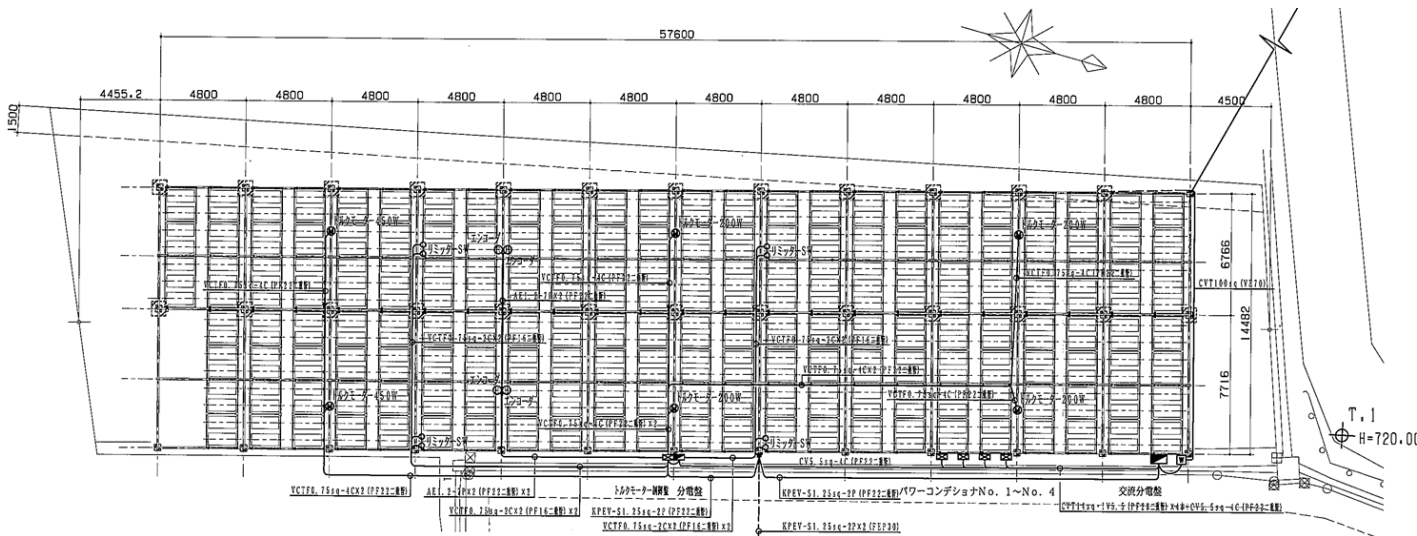


太陽光発電システムは東西方向については自動で太陽光を追尾し、南北方向は5月～9月の間、月1回、30度～10度の範囲で手動設定する構造。  
 この目的は、太陽光を出来るだけパネル面に垂直に受けて、発電効率を上げるためである。  
 この仕組みを逆に使えば、発電量よりも農作物への日照量を優先させて、農作物を育てる時は、パネル面を太陽光と平行になる角度に設定して、太陽光を殆ど全量、農作物に当てることが出来る。またその中間も可能。従って、この構造を十分に活用して、農作物の作柄を見ながらの太陽光量の調整が可能。また、農作物が無い時期は太陽光発電を優先させた追尾角度とすることが可能。

図Ⅲ-2-①-5-1 構造図

b) 農作業ができるパネル設置高さ支柱間隔  
 農業機械が作業できる空間を確保するためと、太陽光の差し込みが平均化するようにパネル高さを 3.5m とした。また、パネルを支え、農地に立つ支柱の間隔は、南北方向 4.8m、東西方向 6.7m、と 7.7m とした (図Ⅲ-2-①-5-2 パネル配置図参照)。

基礎部分は  $0.8\text{m} \times 0.8\text{m} = 0.64 \text{ m}^2$  のコンクリート基礎としその上に鉄骨の支柱を立てる構想とした。支柱の本数は  $13 \text{ 本} \times 3 \text{ 列} = 39 \text{ 本}$  で、基礎部分の面積は、 $0.64 \text{ m}^2 \times 39 = 24.96 \text{ m}^2$  とした。これにより、架台面積  $834 \text{ m}^2$  に対し支柱面積の占める割合は  $3\%$  と軽微に留めた。以上のパネルの配置図を図Ⅲ-2-①-5-2 パネル配置図に示す。



図Ⅲ-2-①-5-2 パネル配置図

尚、設備の安全性については主に風水害と経年耐久性について考慮した。すなわち  
 ①パネルを支える檣は鉄骨角パイプと H 型鋼を用い、メンテ時に人が檣上に登れる足場付きの構造とした。

②風速  $25\text{m}/\text{秒}$  の風圧に耐えられる構造・材料とした。

③鉄骨材料は 20 年間以上耐錆性のある亜鉛メッキを全て施した。

c) 簡易的太陽追尾構造

太陽追尾式によるパネルの発電効率の向上とコスト低減方法について述べる。

一般に行われている太陽追尾型発電システムは、効率は良いが、設備コストが莫大で現在も将来も今のままでは採算が合わず、農地上への普及は難しいと思われるので簡易式追尾方式を開発した。

簡易追尾方式で、現在行われ始めているのは1軸追尾方式である。

この方式は東西方向か南北方向の一方を水平固定、他方を追尾する方式である。

このタイプの年間発電量はパネル固定型に比べ、せいぜい1.1倍程度との報告がある。

一方、完全追尾型の場合は固定型に対して、1.6~1.7倍との報告がある。この差は、1軸追尾型の場合は一方の方向が水平固定である為、パネル面が太陽光を垂直近くの角度で受光する時間比率が短いことによるものである。

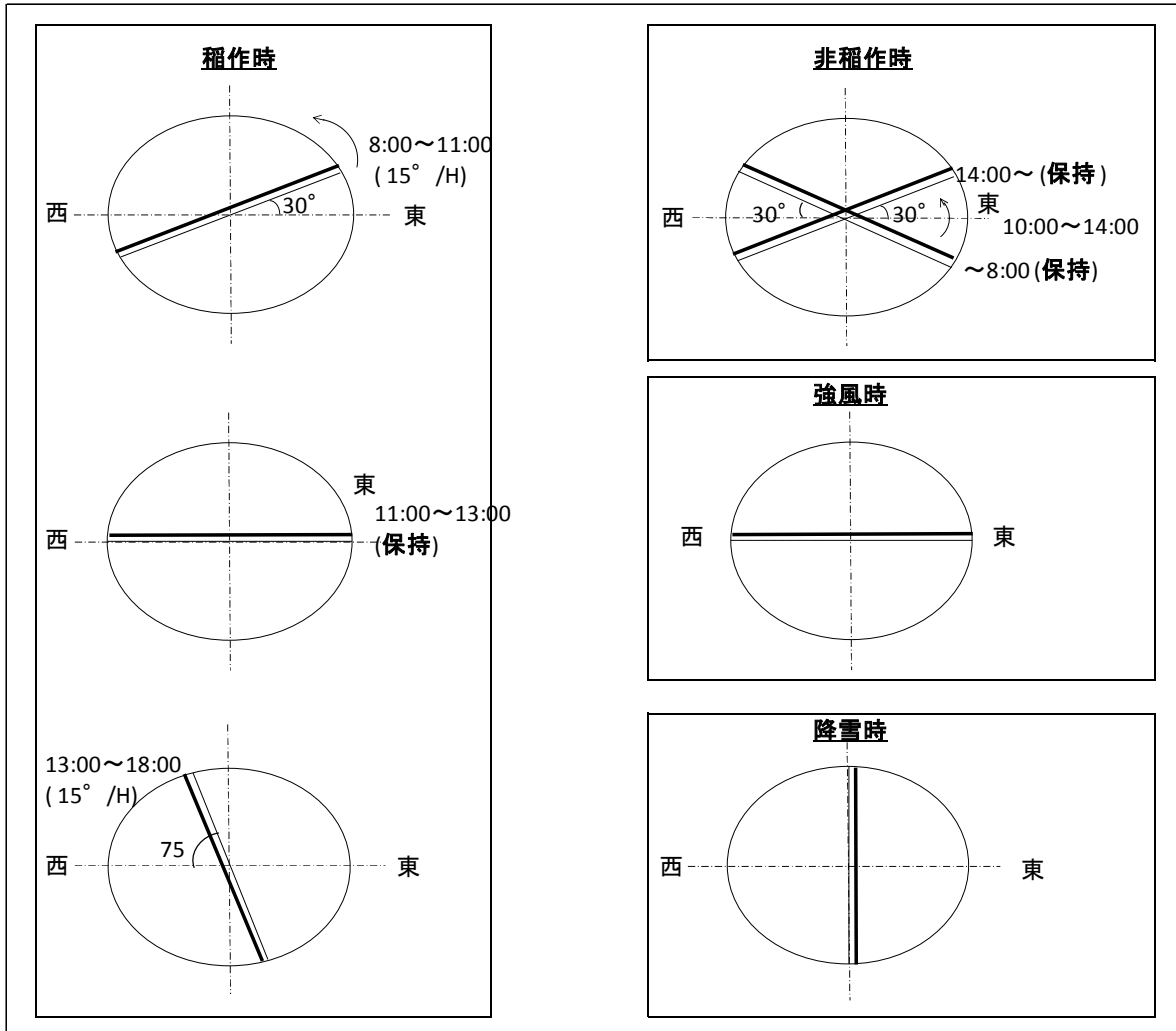
本プロジェクトはパネル面が太陽光を垂直近くの角度で受光する時間比率を大きくする為に簡易2軸追尾型を目指した。

この方法による発電量の推定は、「導入地の太陽高度」、「導入地の太陽南中高度と朝7時方位角」、「簡易太陽追尾型太陽光発電システム」の考察より、固定型に対して1.3~1.4倍と試算した。

完全追尾型の効率には及ばないながらも、この程度の発電量を目指した。このように、発電効率の向上によって発電コスト低減を図った。

i) 東西方向追尾

東西方向は日の出から日の入まで東方向 30 度、西方向 30 度までを自動追尾する。稲作時、非稲作時のパネル制御角度を図Ⅲ-2-①-5-3 東西方向パネル制御角度に示す。

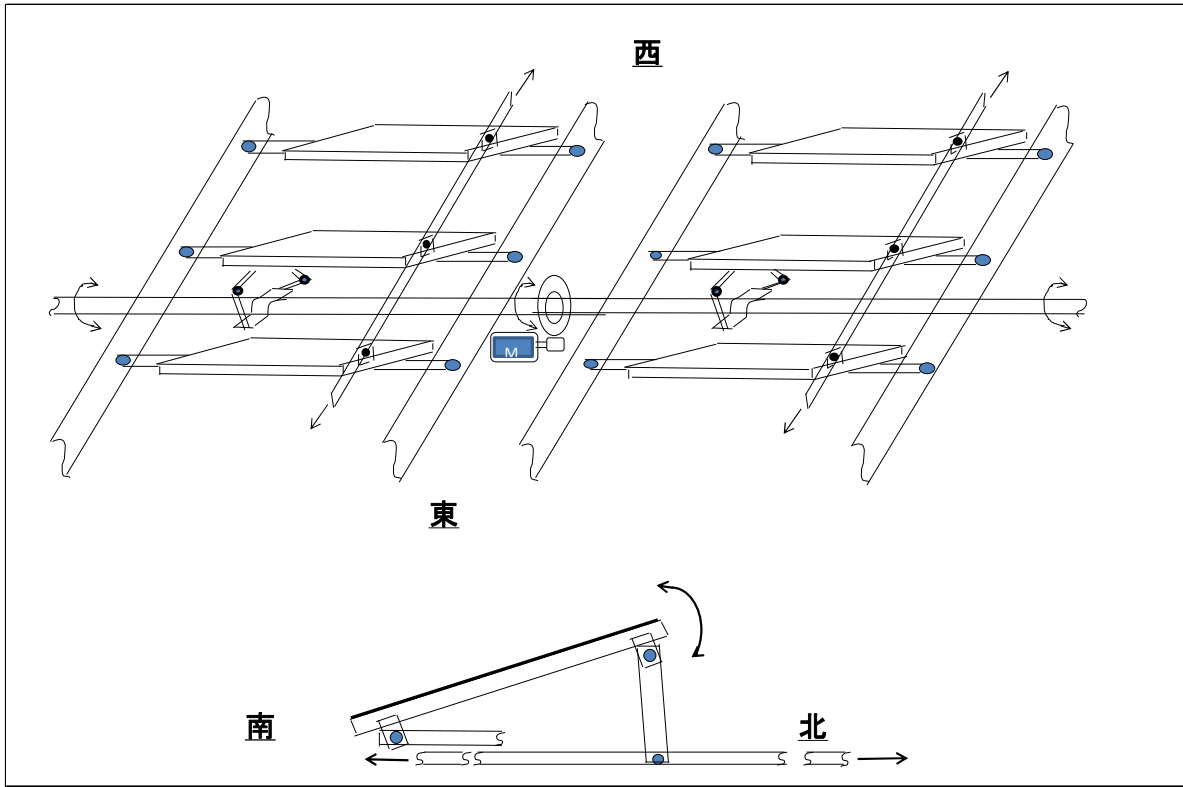


図Ⅲ-2-①-5-3 東西方向パネル制御角度

自動追尾の構造は352枚のパネル全体を鉄パイプで繋ぎ、6個のモーターで駆動する簡易な構造とした。その制御はシーケンサーで行った。

ii) 南北方向追尾

南北方向はウィンチによる手動の追尾式で、水平面より30度～10度を、  
 4月初～8月末の間パネル仰角・・・11°  
 9月初～10月末 〃 〃・・・・20°  
 11月初～1月末 〃 〃・・・・30°  
 2月初～3月末 〃 〃・・・・20°  
 とした。図Ⅲ-2-①-5-4 東西・南北方向追尾構造図にその構造を示す。



图Ⅲ-2-①-5-4 东西·南北方向追尾构造图



1. 3 実施態様

実証サイトに設置したシステムの態様を図Ⅲ-2-①-5-5 実施態様に示す。



平成27年7月太陽光シェア稲作優先



平成27年7月太陽光シェア稲作優先



平成27年7月太陽光シェア発電優先



平成27年7月太陽光シェア発電優先

図Ⅲ-2-①-5-5 実施態様

1. 4 営農型発電下での稲の収穫量

稲作の収穫量を表Ⅲ-2-①-5-1 稲作収穫量 に示す。周辺対比収穫量の目標 80%に対して、未達成であった。その原因は稲作時のパラメータ設定で、太陽光をすべて稲にシェアせず、一部発電に回しても、収穫量が得られるとの想定により、そのようなパラメータ設定にしたが、結果的に日照量不足であった。

対策として稲作時のパラメータ設定を変更し、稲への太陽光シェアを更に稲優先とする。

表Ⅲ-2-①-5-1 稲作収穫量

年度	収穫量(10a当り) kg	対周辺比率 %
平成27年	426	68
平成28年	470	75

1. 5 発電コスト

a) 設備費用および経費

本件は研究開発であるため、当然、試行錯誤、予備実験等の費用を必要としたが、設備本来の費用を抽出し、20年間の経年経費、現状復帰費用等を積算した。その結果を表Ⅲ-2-①-5-2 設備費用・経費（20年間運用）に示す。

従って、設備費の 16,184（千円）は実証試作段階の費用であり、その他の経費は今後 20年間に発生すると推定した額である。

表Ⅲ-2-①-5-2 設備費用・経費（20年間運用）

		実績+予算(千円)
設備費	発電システム機器費	16,184
	設置工事費	(設計変更等の費用を除いた額)
	電装工事費	
	高圧受変電工事費	
	設計施工管理費	
	消費税(5%)	
	測量費	
	系統接続費用	
	支払い利息(借入無し)	0
運用費	人件費	2,400
	修繕費	2,400
	保険料(コストに入れない)	0
	土地賃借料(稲作収入で賄い)	0
	一般管理費	300
廃棄処理費用		1,000
	合計	22,284

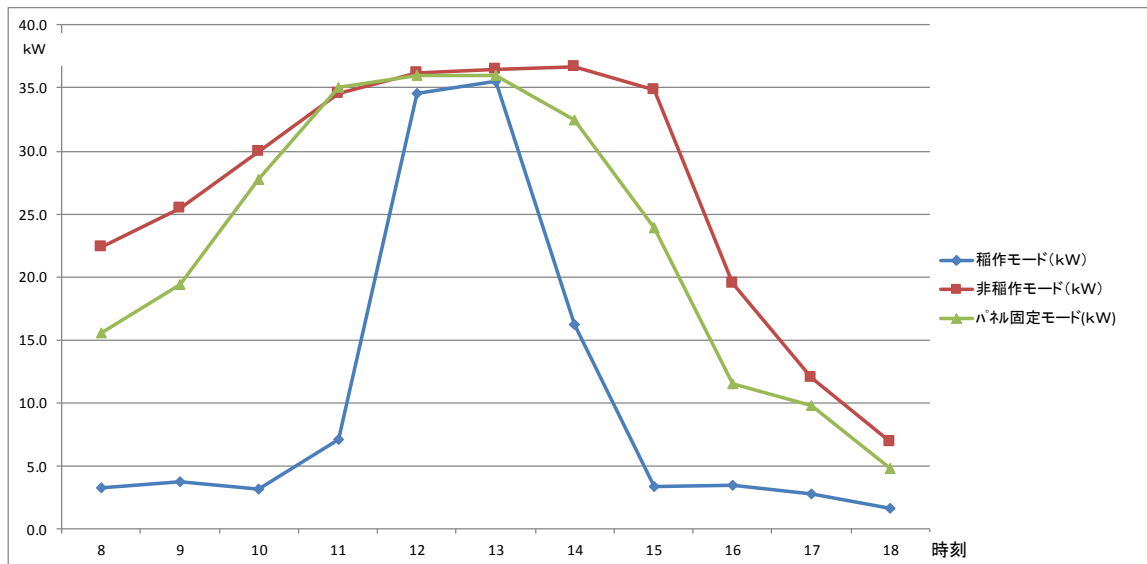
b) 発電データ

発電量は、太陽光の季節変動と営農型発電であるための太陽光シェアリングのパラメータの設定により左右されるため、最低 1 サイクル、すなわち 1 年間のデータが基礎データとなる。設備が当初の計画通りに完成し、用いた発電パラメータを表Ⅲ-2-①-5-3 発電と稲作のバランスをとる発電パラメータに、また稼働してから 1 年間の稲作モード、非稲作モード、月別、日別データを表Ⅲ-2-①-5-4 発電量データに示す。

表Ⅲ-2-①-5-3 発電と稲作のバランスをとる発電パラメータ

		モード	発電量(kWh)	回転角度調整										
平成27年	7月	稲作モード	2598.49	東西回転OK、南北角度調整未										
	8月		2691.78	''	''									
	9月		1891.63	''	''									
	10月		4429.67	''	''									
	11月		2450.93	''	''									
	12月	2511.61	東西回転OK、南北角度調整OK											
平成28年	1月	発電モード	2755.28	''	''									
	2月		4347.10	''	''									
	3月		6265.10	''	''									
	4月		5923.53	''	''									
	5月		5474.48	''	''									
	6月	稲作モード	2655.36	''	''									
	7月		2725.91	''	''									
	8月		2929.23	''	''									
	9月		2358.16	''	''									
	10月		3691.97	''	''									
	11月	発電モード	3123.03	''	''									
	12月		3016.18	''	''									
平成29年	1月		3191.06	''	''									
	2月		4360.19	''	''									
稲作モード	5/15~9/15		稲 優 先			発電優先		稲 優 先						
発電モード	9/16~5/14	発 電 優 先												
	時刻	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18





時刻	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	積算(kWh)
稲作モード(kW)	3.3	3.8	3.2	7.1	34.6	35.5	16.2	3.4	3.5	2.8	1.6	115.0
非稲作モード(kW)	22.4	25.4	30.0	34.6	36.2	36.5	36.7	34.8	19.5	12.0	6.9	295.0
パネル固定モード(kW)	15.6	19.4	27.7	35.0	36.0	36.0	32.4	23.9	11.5	9.8	4.8	252.1

固定モードに対し1.17倍

図Ⅲ-2-①-5-6 東西追尾による発電量（平成27年8月15日）

また、南北方向の追尾については、次のような制御を手動ウィンチで行った。

- 4月初～8月末の間パネル仰角・・・11°
- 9月初～10月末 〃 〃・・・・20°
- 11月初～1月末 〃 〃・・・・30°
- 2月初～3月末 〃 〃・・・・20°

このウィンチによるパネル角度変更は、4時間程度を要し、角度変更の間に太陽が動いてしまい、角度対発電量のデータは当システムでは、取得できなかった。しかし、太陽光の入射角度をパネルに垂直近くにする事による発電量の増加は予備実験でも確認できており、南北方向の追尾による効果は確実に、発電コストに寄与していると考えられる。

d) 発電コスト

一年間の発電量を基準にし、20年間の想定発電量をもとにした発電コストを表Ⅲ-2-①-5-5 発電コストに示す。

目標発電コスト 27.4 円/kWh に対し、26.7 円/kWh を達成した。

表Ⅲ-2-①-5-5 発電コスト

		発電効率	発電量(kWh)
20年間	1年目	1.00	43,995
発電量	2年目(1年目*0.9945)	0.99	43,753
	3年目(2年目*0.9945)	0.99	43,512
	4年目(3年目*0.9945)	0.98	43,273
	5年目(4年目*0.9945)	0.98	43,035
	6年目(5年目*0.9945)	0.97	42,798
	7年目(6年目*0.9945)	0.97	42,563
	8年目(7年目*0.9945)	0.96	42,329
	9年目(8年目*0.9883)	0.96	42,096
	10年目(9年目*0.9945)	0.95	41,865
	11年目(10年目*0.9883)	0.95	41,634
	12年目(11年目*0.9945)	0.94	41,405
	13年目(12年目*0.9883)	0.94	41,178
	14年目(13年目*0.9945)	0.93	40,951
	15年目(14年目*0.9883)	0.93	40,726
	16年目(15年目*0.9945)	0.92	40,502
	17年目(16年目*0.9945)	0.92	40,279
	18年目(17年目*0.9945)	0.91	40,058
	19年目(18年目*0.9945)	0.91	39,837
	20年目(19年目*0.9945)	0.91	39,837
		20年間総発電量(kWh)	
発電コスト (¥/kWh)	(建設費+運用費+廃棄物処理費) (20年間総発電量)		26.7円/kWh

見積り条件:発電効率は徐々に低下して、20年後、当初の90%を想定し、  
固定比率で年々低下していくものとする

## 2. 実用化・事業化見通し

### 2. 1 営農型発電に係る導入者との連携と農業委員会の認可

農地を営農型発電に使用するには農業委員会の「一時転用の認可」が必要で、この認可取得が一つの関門である。今回、導入者を通じて農地の一時転用の認可を得るために農業委員会に審査書類の再提出を7回繰り返し、ようやく認可を受けたが、その後一部架台の強度改善をしたところ、認可した内容と異なるという旨で、工事中断の指示を受けた。その後再度書類審査を経て、認可に至ったが、その間約1年を要した。この経過で申請書類の作り方等のノウハウを得た。その後、視察者にそのノウハウを伝授したところ、そこでは短期間のうちに認可を得た。

この過程を通じて、今後の事業展開の際に必要な「一時転用審査の指導」が可能となった。

### 2. 2 視察受け入れ

多くの民間業者、自治体関係者、学会の方々に設備設置現場をして頂いた。その主なものを下記に示す。

- ①平成27年3月  
東京大学先端研岡田教授一行
- ②平成27年5月  
九州大学土肥教授一行
- ③平成27年7月  
長野県宮田村議会議員
- ④平成27年8月  
長野県農政部

- ⑤平成 27 年 9 月  
長野県駒ヶ根市議会議員
- ⑥平成 27 年 10 月  
神戸大学喜多教授一行
- ⑦平成 27 年 11 月  
東京大学先端研岡田教授一行
- ⑧平成 28 年 8 月  
長野県農政部視察受け入れ
- ⑨一般の視察  
多数・・・20 件程度

## 2. 3 事業化に係る市場規模

本開発成果を事業化する主な市場は、稲作農地であるが、展開したいのは、耕作放棄地である。その規模を農水省資料の「表Ⅲ-2-①-5-6 農地・耕作放棄地面積の推移」に示す。

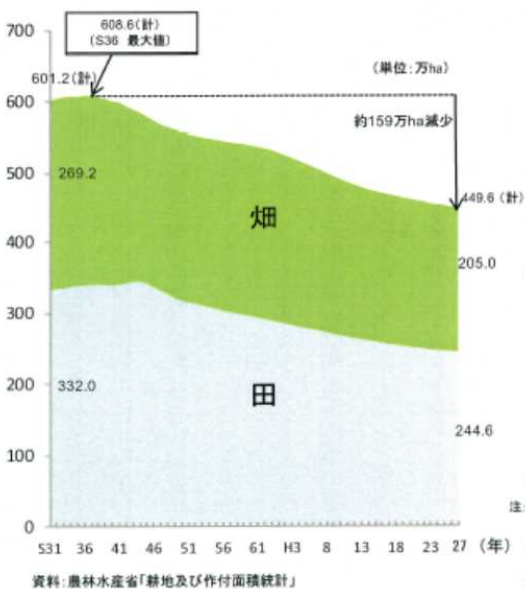


表Ⅲ-2-①-5-6 農地・耕作放棄地面積の推移

農地・耕作放棄地面積の推移

- 農地面積は、主に宅地等への転用や荒廃農地の発生等により年々減少し、平成27年には449万6千ha。
- 荒廃農地(客観ベース)の面積は、平成26年には27万6千haであり、そのうち再生利用可能なものが約半分の13万2千ha。
- 耕作放棄地(主観ベース)の面積は、年々増加し平成27年には42万3千ha。

○農地(耕地)面積の推移



資料：農林水産省「耕地及び作付面積統計」

○荒廃農地面積の推移

年	荒廃農地面積計 (単位: 万ha)	
	再生利用が可能な荒廃農地(A分類)	再生利用が困難と見込まれる荒廃農地(B分類)
平成20年	28.4	14.9
平成21年	28.7	15.1
平成22年	29.2	14.8
平成23年	27.8	14.8
平成24年	27.2	14.7
平成25年	27.3	13.8
平成26年(実績値)	27.6(27.3)	13.2(13.0)
		14.4(14.3)

○耕作放棄地面積の推移



資料：農林水産省「荒廃農地の発生・解消状況に関する調査」、「農林業センサス」

- 注：1 「荒廃農地」とは、「現に耕作に供されておらず、耕作の放棄により荒廃し、通常の農作業では作物の栽培が客観的に不可能となっている農地」。
- 2 「再生利用が可能な荒廃農地」とは、「抜根、整地、区画整理、客土等により再生することにより、通常の農作業による耕作が可能となると見込まれる荒廃農地」。
- 3 「再生利用が困難と見込まれる荒廃農地」とは、「森林の採相を崩しているなど農地に復元するための物理的な条件整備が著しく困難なもの、又は圃田の状況から見て、その土地を農地として復元しても継続して利用することができないと見込まれるものに相当する荒廃農地」。
- 4 「耕作放棄地」とは、「以前耕作していた土地で、過去1年以上作物を作付けせず、この数年の間に再び作付けする意思のない土地」。

出典：「荒廃農地の現状と対策について」(平成28年4月、農林水産省)

営農型発電の市場を次のように考える。

耕作放棄地及び荒廃農地は農水省調査によると年々増加して平成26年全国で耕作放棄地：42.3万ha。この面積の1%が営農型発電の市場と見なせば約4千ha。実証試験結果より、10a当たりで54kWの設備を設置するとすれば、4千haにおける設備規模、即ち市場規模は、2.16GWである。

2. 4事業計画

営農型発電システムの農作物として、JA指導員は、稲は日照量に敏感であり、栽培不可能と断じたが、システム開発後の事業化を考えると、最も日本で栽培面積の広い作物は稲であり、稲作で営農型発電システムを普及可能な発電コストになるよう開発することは大変意義深い、という考えで、開発を進めてきた。

研究開発の成果と達成状況の項でも述べたが、発電コストは、目標を達成し、稲作の収穫高はガイドラインの周辺地域の平均収穫高の80%にはまだ達しないものの、相応の収穫高を確保し、コメは「良質米」の品質を確保できた。収穫高はパラメータの調整により、まだ改善できる余地がある。一方、発電コストの目標は達成したが、開発当初の状況と、売電環境が大きく変化し、この発電コストのレベルは事業化、普及化の為には、もう一段の改善が必要である。その内容は設備建設コストの低減策である。

事業化における低減策として以下の点が挙げられる。

- ・装置開発過程で明確になった問題点を改善する為、全体の設計見直しを行う。
- ・すべて試作的な加工であったため、設計見直し後、量産加工できるレベルの量産設計を行う。
- ・建設作業が試行錯誤的であった為、組立順序の混乱、手直し等の無駄が発生したが、事業化後は、部材手配～組立～調整等の工程図を明確にし、効率の良い作業手順で

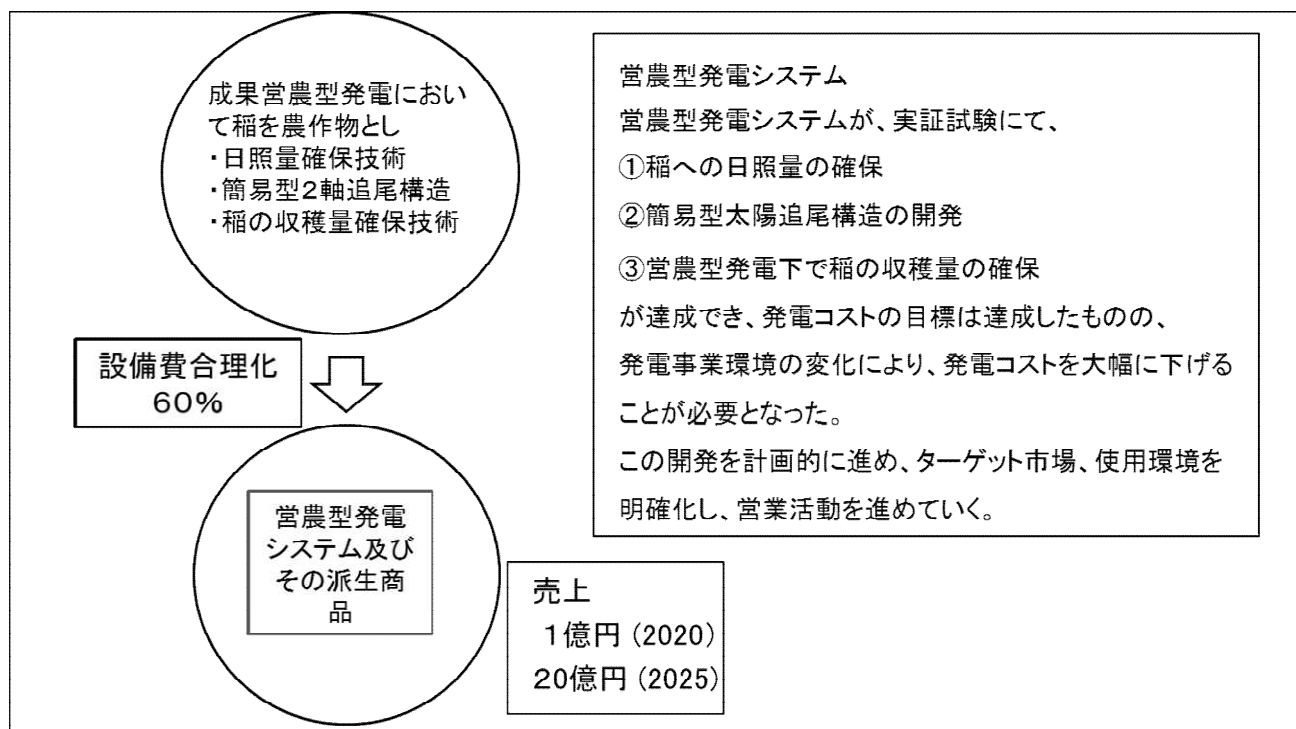


装置組み立てが出来るようにする。

稲作には目途がいたので、今後、発電コストをさらに下げ、事業化に結び付けていく。具体的には、実証試作時の設備費用；16,184千円でその時の発電コストは26.7円/kWhであった。

これを量産による部品のコストダウン、作業の標準化等の合理化努力により、事業化時設備費用を実証試作時の60%ダウンの6,473千円、その時の発電コストを12.2円/kWh（発電コストには設備費のほかに修繕費、一般管理費、処理費用等3,700千円を含む）を目標にして事業化を目指す。

次に事業化に向けた戦略を図Ⅲ-2-①-5-7に示す。



図Ⅲ-2-①-5-7 事業化に向けた戦略

a) 売上計画

10a 当たり発電量；52,700 kWh/年（実績）。

売電収入； 73,7800 円/年（売電価格 14 円/kWh を想定）。

この収入ならば設備投資可能（表Ⅲ-2-①-5-6 営農型 10a 当たりの損益試算 参照）。

わが社のシェアを 5% とすれば、200ha。

面積 10a で 54kW の設備売上金額を 800 万円とすれば、200ha で 160 億円。10 年間で売り上げるとすれば、年平均 16 億円の売り上げが見込める。一方、販売単価 800 万円/10a とするには、更に企業内努力が必要である。

b) 顧客の損益試算

顧客が 800 万円/10a で設備投資した場合の損益試算を「表Ⅲ-2-①-5-7 営農型 10a 当たりの損益試算」に示す。下表のように、売電価格を 14 円/kWh に設定し、20 年間で 10a 当たり年平均 15 万円のキャッシュフローがあれば、投資可能と思われる。

表Ⅲ-2-①-5-7 営農型 10a 当たりの損益試算

営農型 10a 当たり損益試算  
 売電収入: 737,800 円... 経年による出力低下: 0.1%/年  
 8,000,000; 設備費(土地造成費込)

項目	年																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
土地	8,000,000																				
土地面積 1000㎡	80																				
設備容量 54kW	54																				
設備費用	8,000,000																				
借入金	8,000,000																				
自己資金	0																				
返済元金	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000	800,000										
返済利息	80,000	72,000	64,000	56,000	48,000	40,000	32,000	24,000	16,000	8,000											
借入金返済金	880,000	872,000	864,000	856,000	848,000	840,000	832,000	824,000	816,000	808,000											
売電収入	737,832	737,632	736,894	736,157	735,421	734,686	733,951	733,217	732,484	731,752	731,020	730,289	729,558	728,826	728,095	727,364	726,633	725,902	725,171	724,440	
固定資産税+地方特別税	9,501	9,451	9,402	9,353	9,304	9,255	9,206	9,157	9,108	9,059	9,010	8,961	8,912	8,863	8,814	8,765	8,716	8,667	8,618	8,569	
人件費	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	
修繕費	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
固定資産売却(償却費用)	7,058,000	6,223,392	5,489,022	4,841,326	4,270,050	3,766,184	3,321,774	2,929,805	2,584,028	2,281,048	1,938,008	1,644,968	1,411,928	1,239,928	1,128,928	1,068,928	1,058,928	1,058,928	1,058,928	1,058,928	
設備更新(償却費用)	844,000	832,800	824,360	817,788	812,716	808,888	806,116	804,316	803,488	803,616	804,688	806,704	809,664	813,568	818,416	824,208	830,944	838,624	847,248	856,816	
固定資産売却(導入費用)	5,600,000	4,839,200	4,158,372	3,642,324	3,388,828	2,989,032	2,636,528	2,332,288	2,078,048	1,892,248	1,764,208	1,684,168	1,650,128	1,662,088	1,719,048	1,828,008	1,988,968	2,209,928	2,490,888	2,831,848	
普通償却: 17年定率償却	660,800	582,826	514,052	453,394	399,894	352,706	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	323,040	
償却: 30%	2,400,000																				
固定資産税(設備)	69,149	60,989	53,793	67,779	59,781	52,727	46,505	41,017	36,177	31,855	27,132	22,610	18,087	13,564	9,042	4,519	0	0	0	0	
土地固定資産税(雑種地)																					
雑費	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	
経費合計	198,650	182,480	167,274	173,251	157,243	142,180	127,949	114,452	101,662	89,070	76,538	72,008	67,474	62,942	58,410	53,878	49,350	49,340	49,331	49,322	
営業利益	-1,861,018	-1,068,388	-13,942	48,118	124,049	191,878	252,562	294,992	307,109	318,910	330,711	334,512	338,315	342,118	293,914	672,769	676,568	675,852	675,136	674,421	
所得税(20%)																					
キャッシュフロー	-1,861,018	-1,068,388	-13,942	48,118	124,049	191,878	252,562	294,992	307,109	318,910	330,711	334,512	338,315	342,118	293,914	672,769	676,568	675,852	675,136	674,421	
設備固定資産税(設備費の1.4%)																					
借入金利息(1.0% 10年で返済)																					
人件費+営業外費用																					
普通償却率																					
固定償却率																					
償却保証率																					

2017.8.23

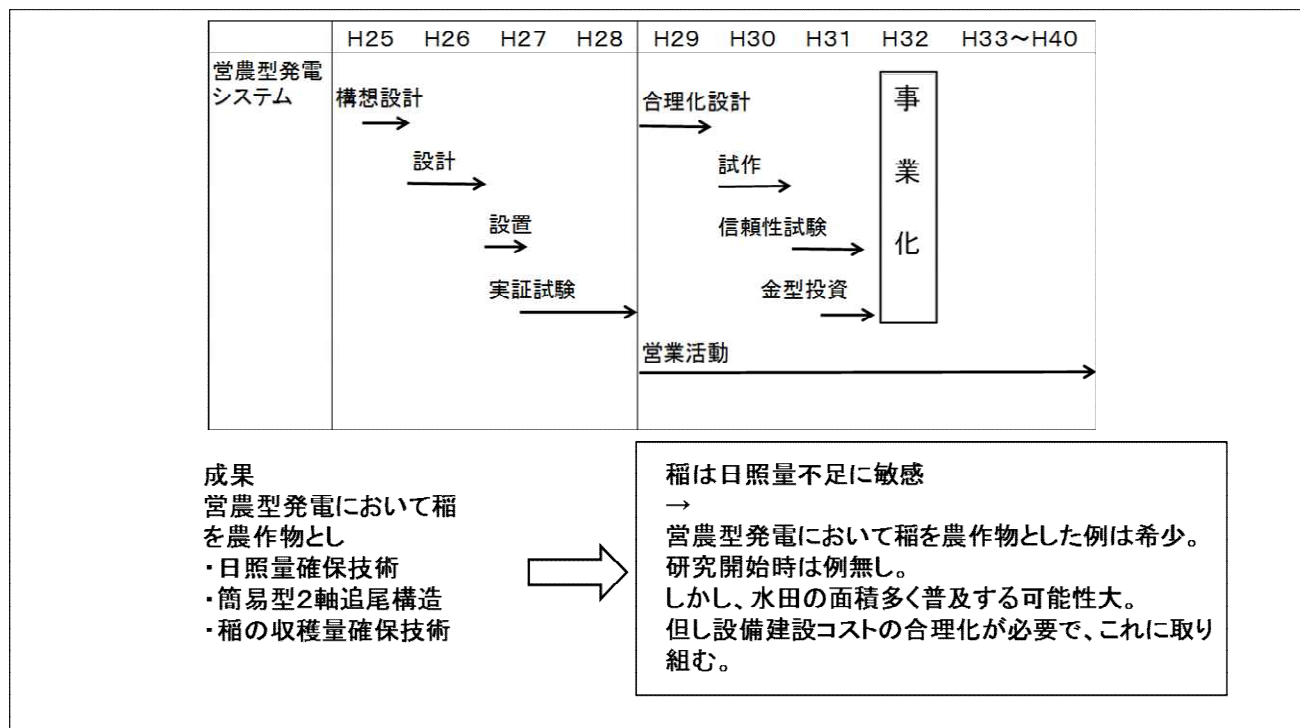
営業利益合計 3,006,713  
 キャッシュフロー合計 472,994

下記の点から顧客は充分投資可能

1. 売電単価を 14 円/kWh に設定
2. 経常利益は事業開始 4 年目で黒字転換
3. 10a 当たりの米の収入は 10 万円/年
4. 設備投資を回収して 20 年間のキャッシュフローは 300 万円 → 平均 15 万円/年
5. 耕作放棄地にさせずに農地を維持できる

また、スケジュールを表Ⅲ-2-①-5-8 事業化スケジュールに示す。

表Ⅲ-2-①-5-8 事業化スケジュール



## 2. 5 事業化に向けた取り組み

事業化に向けての課題と今後の方針を下記に示す。

### 課題

- a) 設備建設コストのコストダウン 60% (実証試作時の設備費用に対し) を行い、800 万円/10a を達成する。そのために下記を行う。
  - (1) 構造設計見直し
  - (2) 組立法見直し
  - (3) 部品合理化 (金型投資等)
- b) 今後の方針
  - (1) 営業活動&市場へのPR
  - (2) 展示会出展
  - (3) コンサルタント活動
  - (4) JA へのアピール

## 3. 波及効果

稲を農作物とした営農型発電に関しては、JA の指導員などの専門家は、日照量不足により稲作は困難であるとされたが、太陽追尾の為のパネルの回転機能を利用して、稲作期間は、太陽光を稲に優先的にシェアさせ、一定の水準の収穫量を確保できた。

尚、「周辺地域の平均の 80%」の収穫量確保に向けて、駆動パラメータの改善を行う余地はある。

今回の研究開発で、営農型発電下で稲作が可能となったことで、今後、設備製作費用のコストダウンが次の課題となるが、これについては、今回は試作的な域を出ず、量産設計となっていないことから、十分なコストダウン可能性があると考える。

以上から今回の研究開発結果は、今後、耕作放棄地を活用し、農村の活性化に大きく貢献するものとなると考える。

#### 4. 今後の展開

営農型発電システムの農作物として、稲での実用化に目途が立ったことで、次の課題は設備のコストダウンである。この内容については先に述べたが、さらに高効率の太陽光発電パネルは現在各方面で開発中であり、その成果をも導入し、設備建設コストを 60%減の 800 万円/10a(54kw 設備)に下げることが目標にして、開発を進めて行く。

また、同時に普及活動として様々なチャンスを生かして、農業関係者のみでなく、各方面にも積極的にアピールし、事業化に結び付け、耕作放棄による農村の荒廃を押しとどめる一助になるべく努力していく所存である。

## (6) 傾斜地用太陽光発電システムの実証

(株式会社N T Tファシリティーズ/株式会社アドテック富士)

### 1. 成果詳細

#### 1.1 斜地用架台の開発

##### a)埋込基礎架台

一般的な平地設置の太陽光発電システムでは、コンクリートを使用した直接基礎や杭を使用した杭基礎が一般的であるが、どちらも重機を使用した機械施工が主流となる。しかし、傾斜地では大型重機の乗り入れが困難であることから、機械施工ではなく人力での施工が必要となる。以上の背景を踏まえ、人力での施工を可能とする埋込基礎架台を開発した。架台基礎にはフェンス等の設置の際に使用されている市販品の小型基礎を使用し、人力で持ち運びが可能な基礎を用いた架台を開発した。1 アレイに対して柱の数を多くすることで必要な基礎量を細分化し、人力での施工が可能となるサイズまで基礎を小型化した。使用する部材も汎用性の高い形鋼を使用することで、安価で汎用性の高い架台とした。開発した埋込基礎架台の外観を図Ⅲ-2-①-6-1 に示す。



太陽電池モジュール設置前



太陽電池モジュール設置後

図Ⅲ-2-①-6-1 埋込基礎架台

##### b)アジャスト架台

基礎をアレイの最上段の平地のみに施工し、仮組みした架台を上部から吊り下ろす形式の架台を開発した。これにより、傾斜面では軽作業のみで架台の構築が可能となる。あらかじめ仮組みした架台を、先に施工した基礎上から傾斜面に向けて吊り下げるように設置し、その後傾斜面の角度に合わせて架台を調整（アジャスト）する作業のみを傾斜面で行う。傾斜面での作業を簡易化したことにより、埋込基礎架台で必要となる仮設（足場）工事や安全対策に必要な費用が低減される。また、傾斜地にアジャストさせるために、架台を固定する柱に角度調整機構を設けたとともに、傾斜面に接する柱を1ヵ所のみとし、架台の調整可能角度を広くしている。風による吹き上げ力に対しては、架台と平地の柱とをつなぐロープの張力で抵抗する構造としており、作業は最上段付近で行えるようにし傾斜面での作業を軽減している。開発したアジャスト架台の外観を図Ⅲ-2-①-6-2 に示す。



太陽電池モジュール設置前



太陽電池モジュール設置後

図Ⅲ-2-①-6-2 アジャスト架台



## 1.2 自動施工装置の開発・評価

斜地特有の施工性の悪さ等の問題解決及び安全かつ軽作業で太陽電池モジュールを傾斜地用架台に設置可能な自動施工装置を開発し、実証試験で効果を評価した。

### a) 試作1号機

太陽電池モジュールを架台に沿って降下させる「施工装置」と太陽電池モジュールを運搬する「搬送装置」の2台構成とし、搬送装置から太陽電池モジュールを1枚ごとに施工装置へ送り、傾斜地用架台へ設置を行う。また操作は全て装置側に取り付けられている操作レバー、操作ボタンで操作を行う。試作1号機の外観を図Ⅲ-2-①-6-3に示す。試作1号機の実証試験(図Ⅲ-2-①-6-4)を行い、試作1号機の開発目的である自動施工装置の優位性を下記事項のごとく評価し、目的を達成した。

- ・ 太陽電池モジュールを設置場所近傍までへ運ぶ重労働を低減可能
- ・ 太陽電池モジュールを架台に施工する重労働を施工装置へ置き換えることが可能となり、軽作業での施工が可能
- ・ 作業人数の削減が可能(モジュール設置に掛かる人員 従来5人→試作1号機3人)
- ・ 作業時間の短縮(5kW分モジュール設置に掛かる時間 従来750分→試作1号機540分)



搬送装置



施工装置

図Ⅲ-2-①-6-3 試作1号機



図Ⅲ-2-①-6-4 試作1号機による太陽電池モジュールの設置状況

### b) 試作2号機

試作1号機の施工装置と搬送装置の2台構成を1台に集約した。地面形状や架台取付位置による装置と架台の位置決めは手動調整で位置決めを行い、太陽電池モジュールを容易に施工できる構造とし、装置の操作は装置側に取り付けられている操作レバー、操作ボタンに加えてタブレットを使用した遠隔操作も可能とした。また施工動作持続時間を延長する為の制御機能を搭載する。試作2号機を図Ⅲ-2-①-6-5に示す。

自動施工装置の優位性を実証した試作1号機の基本構造を2台構成から1台構成に構造集約を行い、また試作1号機での開発課題に対して克服し試作2号機の当初の開発目的を達成することが可能となった。そして作業人数の削減、作業時間の短縮を下記のごとく評価し、目的を達成した。試作2号機の実証試験模様を図Ⅲ-2-①-6-6に示す。

- ・ 遠隔操作が可能となり作業者が安全な位置からの操作が可能となり安全性がさらに向上

- ・ 作業者人員の削減 (従来5人→試作1号機3人→試作2号機1人)
- ・ 設置に必要な時間の短縮  
(5 kW設置に必要な作業時間 従来750分→試作1号機540分→試作2号機120分)



図Ⅲ-2-①-6-5 試作2号機



図Ⅲ-2-①-6-6 試作2号機による太陽電池モジュールの設置状況

### 1.3 実証サイトの構築・運用・評価

#### a) 実証サイトの構築

傾斜地における太陽光発電システムの施工性、発電特性、メンテナンス性を評価するために、実際の傾斜地に約 50 kW 太陽光発電システムを構築した。構築した設備は、本実証事業で開発した傾斜地用架台を使用したシステムのほか、架台を使用せずに傾斜地に直接設置することができるシート型の太陽電池モジュールを採用したシステムも構築し、その有効性を評価した。

#### <埋込基礎架台>

埋込基礎架台は重機等の大型の機械が使用できない場所への太陽光発電設備の構築を想定して、小型の既製コンクリート基礎を用いる方式を採用した。まず、対象となる傾斜地に作業者の足場確保のための仮設を設置する。次に、図面を確認しながら基礎位置を決め、傾斜地を人力にて掘削し、基礎埋設を行った。架台を傾斜面上にて仮組みして角度を確認した後、基礎と架台を一体化するためのモルタルを基礎に注入する。これにより重機を使わずに、人力のみで傾斜面に架台の構築を実現した。架台構築後は太陽電池モジュールの設置である。モジュールを決められた場所まで運ぶ際に今回は、モジュールにロープをつなぎ、最上部から架台に沿って人力で滑り下ろした。その後決められた場所まで下したあとは、通常の固定方法と同様にボルトで架台に固定した。以上の手順で傾斜地において重機を使用することなく、人力のみで太陽光発電システムを構築することが可能であることを実証した。施工の状況を図Ⅲ-2-①-6-7 に示す。





図Ⅲ-2-①-6-7 埋込基礎架台の施工状況

#### <アジャスト架台>

アジャスト架台は架台上部に基礎を構築し、その後の主な作業を架台上部で実施する。これにより傾斜面での作業量を削減することができる。まず架台上部の平地部分に架台を固定するための基礎を施工し、アンカーを用いて基礎上に架台の支柱部分を設置する。架台の設置工程を行う前に平地部で架台を予め組み立て、先端から徐々に傾斜面へ架台を吊り下ろす。その後、柱との接合部ボルトを締め付け、ロープに必要な張力を加えた後、横倒れ防止の柱材長を傾斜面上で調整して設置工程が完了となる。以上のように傾斜面上での作業を低減したアジャスト架台の構築を実証した。構築したアジャスト架台への太陽電池モジュールの設置には、本実証事業で開発した太陽電池モジュール自動施工装置を用いた。施工の状況を図Ⅲ-2-①-6-8に示す。

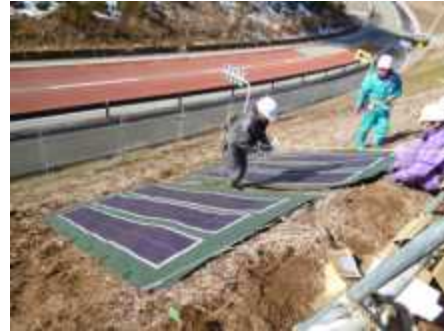


図Ⅲ-2-①-6-8 アジャスト架台の施工状況

#### <シート型太陽電池モジュール>

本実証事業では架台を必要としない2種類のシート型の太陽電池モジュールも採用し、その有効性を評価した。1つ目は、アモルファス太陽電池と防草シートが一体型となっており、防草シート部をU字型の固定ピンで傾斜面に直接留め具ピンで固定することで斜面に太陽電池モジュールを設置することができる。これは、一般的な防草シートの固定方法と同じであり、設置作業に重機や専用の工具等を必要としないため、設置作業は非常に容易である。施工状況を図Ⅲ-2-①-6-9に示す。もう一方は、化合物系(CIGS)太陽電池モジュールで、こちらは防草シートと一体型となっていない。そのため設置には、まず防草シートのみ傾斜面に設置し、その上から専用の接着剤で太陽電池モジュールを固定する工法とした。図Ⅲ-2-①-6-10に示す。防草シート一体型ではないため、太陽電池モジュールの大きさに関係なく大きな防草シートを使用することができる。これにより、小さな防草シートをつなぎ合わせる場合と比較して防草シートのつなぎ目が少なくなるため、つなぎ目から雑草が伸びてくる可能性が少なくなる。

いずれのシート型太陽電池モジュールも結晶系の太陽電池モジュールと比較して軽量であり、かつ設置に重機や専用の工具等が不要なため、傾斜地のように作業条件の悪い場所では有効であると考えられる。また、架台が不要なため、傾斜面での作業が削減できることもメリットであり、傾斜地に太陽光発電システムを構築する際の有効な選択肢の一つと考えられる。



図Ⅲ-2-①-6-9 シート型太陽電池（アモルファス）の施工状況



防草シート設置後  
(太陽電池モジュール設置前)



太陽電池モジュール設置後

図Ⅲ-2-①-6-10 シート型太陽電池（CIGS）の施工状況

#### <施工者のコメント>

実際に本実証事業で施工を実施して頂いた、施工者に本実証で開発した技術についてヒアリングを実施した結果、下記のコメントを頂いた。

- ・傾斜面での作業は、平地と比較して安全面に配慮しながら作業を行う必要があるため、作業者に掛かる肉体的および精神的な負担が大きく、作業効率が低下する可能性がある。そのため、傾斜面での作業を軽減する本実証事業で開発した技術は、傾斜面に太陽光発電システムを構築する上で有効な技術である。
- ・太陽電池モジュールを設置する作業が、全作業の中で最も危険を伴う作業の一つである。そのため、本実証事業で開発した太陽電池モジュールの自動施工装置は傾斜面での作業者の作業時間および人数を減らすことができ、且つ、安全性も向上するため、傾斜面に太陽電池モジュールを設置する場合は有効な装置である。

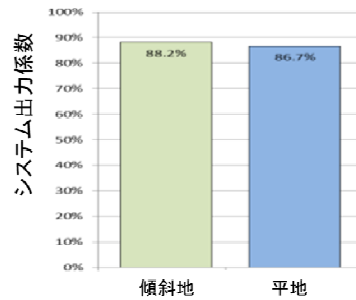
#### b) 実証設備の運用・評価

本実証研究で構築した傾斜地用太陽光発電システムを図Ⅲ-2-①-6-11に示す。実証設備の発電データ等の実測データを評価するとともに、傾斜地に構築した太陽光発電システムを安全に運用するための、点検や雑草対策などのメンテナンス性についても評価した。

本実証サイトは評価のために、雑草や樹木の影響を受けることを事前に理解した上で場所を選定したため、それらの影響を大きく受けた。しかし、そのような場所は事前の調査や適切なメンテナンスで回避することができ、それらの影響による出力低下が無ければ、平地と同様に日射量に応じた発電が行われることを確認した。図Ⅲ-2-①-6-12に示す平地設置と傾斜地設置のシステムをシステム出力係数を用いて評価した結果からも顕著な違いはみられないことがわかる。



図Ⅲ-2-①-6-11 構築後の実証設備



図Ⅲ-2-①-6-12 平地設置と傾斜地設置のシステム出力係数

一方、傾斜地特有の影響として、雑草の影響や積雪の影響があげられる。本実証事業では雑草が発電特性に与える影響を評価するために意図的に除草を実施しない期間を設けた。実証サイトの雑草の状況を図Ⅲ-2-①-6-13に示す。平地でのシステムの場合、一般的に太陽電池モジュールは傾斜角度10～40度程度で設置するため、最下段の太陽電池モジュールのみ雑草の影響を受け、2段目よりも上の太陽電池モジュールは雑草の影響は受けにくい。しかし、傾斜地設置の場合アレイの上下左右の四方全てが地面（傾斜面）からの距離が同じであるため、最下段のモジュールに加え、最上段、および左右の列のモジュールも雑草の影響を受けやすいため注意が必要となる。

また、降雪一週間後の実証設備の状況を図Ⅲ-2-①-6-14に示す。本実証設備は傾斜角度約38度の斜面に沿って設置しているため、比較的積雪は落ちやすいはずである。しかし、シート型の太陽電池モジュールは架台を使用せずに傾斜面に直接設置しているため、地面（傾斜面）と太陽電池モジュールが同じ高さとなり、地面に積もった雪と太陽電池モジュール上に積もった雪とがつながり太陽電池モジュールから滑り落ちにくくなった。また、設置面の凹凸により太陽電池モジュール表面にも小さな凸凹が発生するため、モジュール表面に積もった雪が落ちにくくなったと考えられる。一方、架台型は、地面とモジュールの高さに差があること、および、モジュール表面がガラスであるため積雪が落下しやすいと考えられる。以上から、傾斜地に太陽光発電システムの構築を検討する際には、積雪の有無を考慮してモジュール選定および設置方法を検討する必要がある。

メンテナンス性を評価した結果、平地と比較して傾斜面上での作業は非常に作業性が悪くなるため、安全対策等の十分な事前準備が必要であることを改めて確認した。定期点検、故障発生時の対応、雑草除去など、運用における様々な対応のために、設計段階からメンテナンス性を十分に考慮しておくことが設備を安全に長期間運用するうえでも重要である。





雑草の影響



除草及び点検作業の状況

図Ⅲ-2-①-6-13 雑草の影響及び除草作業の状況



図Ⅲ-2-①-6-14 積雪時の状況

#### 1.4 システム設計技術の開発

##### <地形を考慮したシステム設計>

前章で述べた運用結果を踏まえ、設置場所に応じたシステムの選定方針を検討した。太陽電池パネルを不均一な地形に設置することによる発電特性に与える影響は、想定される地形（角度差±15度程度）でみられなかった。不均一な斜面に太陽電池を設置する場合、平地よりも過積載率（PCS容量に対する太陽電池の容量）を上げることで、太陽電池の発電を有効に使用でき、経済性も向上する可能性がある。

##### <メンテナンス性を考慮した設計>

傾斜地面での点検は最小限に留めて、できる限り遠隔でメンテナンス、評価を行うようシステム検討することが重要である。有効な技術例として、発電データを用いた故障診断技術やストリング単位で電気特性を計測するストリング計測装置などがあげられる。

##### <システムの選定方針>

シート型に比べて架台型は雪が落ちやすいという傾向がある。一方で、雑草対策としてはシート型太陽電池モジュールを隙間なく敷き詰めることが望ましい。それ以外の要素については、架台型とシート型で大きな差は見られなかった。架台型について、構築時に足場を必要としない程度の勾配の傾斜地であれば埋込基礎架台が有効である。一方、足場を必要とするような急斜面ではアジャスト架台が有効である。ただし、これはあくまで基本的な考え方であり、実際には費用対効果や法令、設置者ニーズ等を踏まえて検討する必要がある。また、メンテナンス性を考慮して、できる限り遠隔でメンテナンスを行うのが労働衛生及び経済性の観点から望ましい。

#### 1.5 導入モデルの検討

本実証事業の結果を踏まえて、太陽光発電システムを傾斜地に構築した場合の発電コストをシステムごと評価した。その結果、発電コストの増加は平地設置と比較して約3～15%程度に抑えられる可能性があることを確認した（表Ⅲ-2-①-6-1）。架台システムのコスト増要因は、工事費における仮設（足場）等の安全対策費が大きくなったためである。したがって、太陽光発電システ

ムを構築する際に新たに仮設（足場）が不要または簡易な対策で施工可能な場所では事業性は向上する。また、アジャスト架台においては、更なる急斜面にも対応できるため、構築場所の拡大に貢献できる付加価値性の高い架台となる。シート型においては、架台が不要という大きなメリットがあるが、一方で太陽電池モジュールの価格が発電コストに与える影響が大きい。したがって、シート型太陽電池モジュールの更なるコスト低減や発電効率向上などの技術革新を期待する。

また、未利用の傾斜地を保有者として高速道路事業者、鉄道事業者、地方自治体に傾斜地への太陽光発電システム構築について意見交換を行った。共通するコメントとしては、未利用の傾斜地に太陽光発電システムを構築することで、土地の有効活用をすることに期待されている。一方で懸念点として共通して安全面が挙げられた。安全面の対策については、まずは地盤調査等により設置場所を十分に調査することが重要である。そのうえで、強度計算や安全対策を十分に検討したシステムを構築する必要がある。更に、万が一の大災害発生時においても人身事故やその他の二次災害に繋がる恐れが無いよう一般人が通行する場所から十分な距離をとる等の対策が必要である。また、景観や反射光等の周辺への影響を配慮して構築する必要がある。そのような留意点を考慮したうえで、場所の選定、設備構成、設置方法などを総合的に判断することが重要である。特に、構築時だけでなく、構築後のメンテナンスのし易さも重要な要素となる。

表Ⅲ-2-①-6-1 発電コスト試算結果

単位：円/kWh

項目	平地設置 (比較用)	傾斜地設置（カッコ内は平地設置比）		
		埋込基礎 架台	アジャスト 架台	シート型 モジュール
当初目標	32.7	34.6 (+5.8%)		33.6 (+2.8%)
成果	22.6	23.4 (+3.5%) (仮設使用時：26.9)	26.1 (+15%)	23.2 (+2.7%) ～28.6+26.5%
事業終了後 (H29 現在)	20.8	21.3 (+2.9%) (仮設必要時：24.6)	23.8 (+15%)	21.1 (+1.9%) ～26.025.6%

## 2. 実用化・事業化見通し

本実証で開発した2種類の架台及び自動施工装置については、技術的な開発は完了しており、販売できる状況にある。

## 3. 波及効果

本実証で開発した架台は、重機を使用せずに構築することができるため、傾斜地に限らず物理的に重機が入れないような場所、排ガスや騒音の問題から重機の使用が困難な場所、重機を使用するためには多大な準備が必要な場所など施工条件が限られた土地でも太陽光システムを構築することができる。そのため、太陽光発電システムの構築適応範囲をさらに拡大できる可能性がある。また、本実証で開発したアジャスト架台を応用することで、本実証で太陽光発電システムを構築した場所よりも、さらに急な傾斜地の土地や建物の壁面への太陽光発電設備の構築に応用できる。また、太陽電池モジュールのみならず、様々な建築物の基礎、架台にも応用できるため、これまで未利用であった傾斜地を有効活用できる可能性がある技術である。

自動施工装置については、傾斜地向け以外の多種多様な架台および太陽電池モジュールへも応用が可能である。例えば、平地等での設置作業または設置後のメンテナンスにおける太陽電池モジュールの修理、交換作業および撤去作業にも応用が可能である。

また対象設備の機能の応用により太陽電池モジュールのみならず、様々な建築資材の運搬や施工等広範囲な活用にも応用が可能で、そして遠隔操作も可能で操作が容易かつ習熟期間が短いため、災害発生現場や危険を伴うような作業、作業現場の人材不足の解消に貢献できる可能性がある技術である。以上のように幅広く様々な作業で安全性向上や重作業の削減が

可能となり、作業者の負担軽減や安全性の向上に寄与できる可能性がある。

#### 4. 今後の展開

前記2. 実用化・事業化見通しでも記載した通り、本実証で開発した架台及び自動施工装置の開発は完了している。しかしながら、固定価格買取制度（FIT）の制度変更に伴う買取価格低下等の影響により、導入条件の良い平地での太陽光発電システムの導入が優先されている。

しかし、省エネへの取り組み、再生可能エネルギーの活用はこれからますます進化していくと考えられる。そのため、市場導入の促進と太陽光発電の更なる普及のためには、本実証で開発した技術の更なるコスト低減と付加価値の創出が必須である。例えば、太陽光発電とリチウムイオンバッテリー等の循環発電エネルギーの取り組みも電気自動車の普及に伴い拍車をかけ駐車場等にも必要になり、そして道路の照明においても昼間は充電する夜間照明が今まで以上に使用され、この種の設置作業が増加することが見込まれる。また、パネルの進化、発展は必ず建造物の外壁等への活用もあると思う。これらに対応するべく安価で、どのような場所においてもフレキシブルに使用可能な安全な設備が必要になってくる。そのためにも時代の変化をとらえ追従していく建築設備への取り組みの基礎が本設備であると確信している。以上のように、市場導入の推進と太陽光発電の更なる普及ために、本実証で開発した技術の活用、付加価値の創出および更なるコスト低減が必要である。

(7) 傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証  
(奥地建産株式会社)

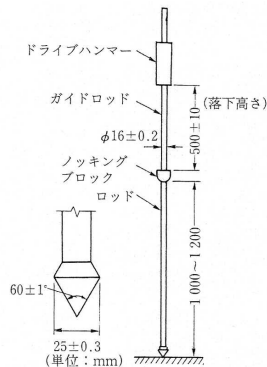
1. 成果詳細

1.1 小径鋼管杭の設計と施工技術の開発

a) 地盤調査方法

傾斜地での地盤調査では重機の進入および重量物等の取り扱いが困難であることから、実証サイトと一般的な傾斜地の地盤調査や測量の実施による地盤性状を把握することで、様々な傾斜地地盤性状に適応した小径鋼管杭の実現を目指す。地盤調査方法として簡易的な地盤調査が可能となる地盤工学会基準による、簡易動的コーン貫入試験方法 (JGS 1433-2012) を採用した (図Ⅲ-2-①-7-1)。

この試験は、地盤表層部を対象とし、自然傾斜、盛り土法面、切土法面表層部の調査及び小規模建築物基礎地盤の簡易な支持力判定に用いることができる (図Ⅲ-2-①-7-2)。



図Ⅲ-2-①-7-1 簡易動的コーン貫入試験機

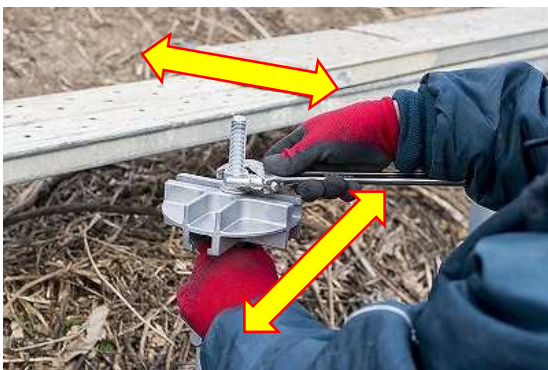


図Ⅲ-2-①-7-2 簡易動的コーン貫入試験状況

b) 小径鋼管杭の施工誤差を吸収できる施工技術

小径鋼管杭の打設時では、施工精度や転石等による杭位置の施工誤差が発生することがあるため、施工誤差を吸収するための施工技術の確立が必要である (図Ⅲ-2-①-7-3)。実証サイトにおいて、傾斜地に適応した地盤調査方法を確立するとともに、小径鋼管杭の設計・施工技術の把握を行い、一定範囲内の施工誤差を吸収できる施工技術を確立する。

このため、小径鋼管杭の上部に施工誤差を吸収できる製品開発を行い、施工性の向上を図るとともに、最大偏心距離 50mm に関しても、強度性能を確認した。(図Ⅲ-2-①-7-4)。



図Ⅲ-2-①-7-3 小径鋼管杭の施工誤差補正機能

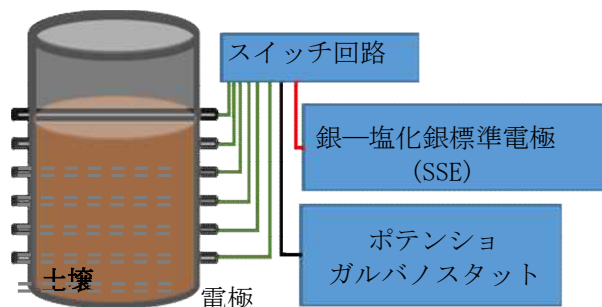


図Ⅲ-2-①-7-4 引張試験状況



## 1.2 小径鋼管杭の防錆技術開発

地際部における腐食原理・メカニズムの解明を最終目的として、地際部腐食モデルの構築と腐食反応測定技術に関する調査・検討を行った。ここでは、深さ方向に対して6本の電極を挿入し、それぞれの銀-塩化銀電極 (SSE) との電位差、腐食電流の測定 (図Ⅲ-2-①-7-5) を行った。また表Ⅲ-2-①-7-1 に示す4種類の単層土壌について、表中の土壌分析を外部機関に依頼した。

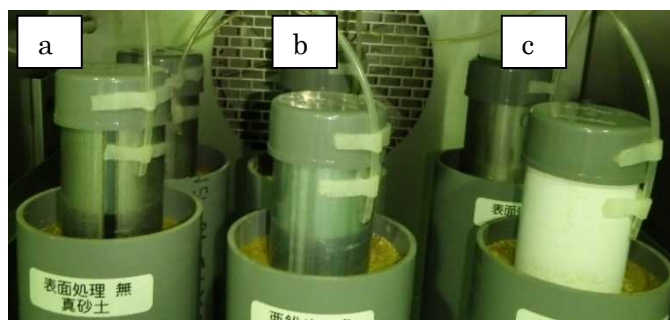
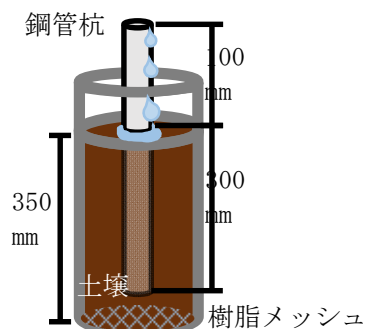


図Ⅲ-2-①-7-5 土壌起電力と腐食電流測定概略図

この結果を独自に解析することで、土質によって腐食電位の発生箇所が変化していることに加え、ガルバニック電流 (カソード電流) が観測された電極が腐食されることも把握できた。これは、金属表面に空気中と土壌中のように酸素濃度差がある環境に伝導パスが形成されたことで起電力が生じ、マクロセル腐食が発生したと考えられる。このことから土壌中の比抵抗が大きく影響していることになる。比抵抗の増減ファクターは含水率や土壌 pH、土壌含有イオン濃度などであると思われるため、土壌への対応は難しいと判断した。

表Ⅲ-2-①-7-1 実験土壌分析結果

		荒木田土	黒ぼく	真砂土	豊浦砂	試験対応規格
度粒子の密度[g/cm <sup>3</sup> ]		2.704	2.478	2.697	2.645	JIS A1202
粒度	石分(75mm 以上) [%]	0	0	0	0	JIS A1204
	礫分(2~75mm) [%]	0.0	0.9	28.8	0.0	
	砂分 (0.075~2mm) [%]	9.5	33.9	56.8	99.9	
	シルト分 (50~75 μm) [%]	55.7	38.6	14.4	0.1	
	粘土分 (50 μm 未満) [%]	34.8	26.6			
	最大粒径[mm]	2	9.5	19	0.425	
均等係数		—	—	—	1.4	
地盤材料の分類名		砂まじり細粒度	砂質細粒度	細粒分まじり礫質砂	分級された砂	
締固め	試験方法	A-c	A-c	A-b	A-b	JIS A1210
	最大乾燥密度[g/cm <sup>3</sup> ]	1.598	0.901	1.985	1.530	
	最適含水比[%]	22.6	50.0	10.0	9.5	
pH (H <sub>2</sub> O)		7.4	6.4	8.2	9.3	JGS 0211
電気伝導率[mS/m]		5.0	3.8	1.0	3.0	JGS 0212



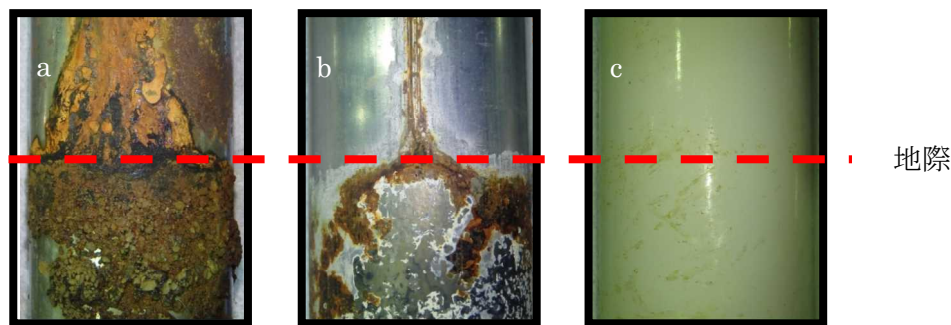
図Ⅲ-2-①-7-6 真砂土を用いた液滴試験(a 素地, b 亜鉛めっき, c 絶縁皮膜塗装)

そのため、マクロセル腐食回路のオープンを目的として、亜鉛めっき鋼管にさらにポリエステル皮膜塗装を施した絶縁皮膜鋼管(塗装鋼管)を採用した。この鋼管の評価には、表Ⅲ-2-①-7-1 の真砂土に素地鋼管、亜鉛めっき鋼管、絶縁皮膜鋼管を差し込み、恒温恒湿槽内で人工雨水を一定速度で鋼管に沿うように流す促進試験(図Ⅲ-2-①-7-6)によって行った。ここでは試験開始から約4週間後の観察結果を示す。

この試験では、素地鋼管は土壌中にあった表面は全体的に黒錆が見られ、赤錆は点錆で複数見られた。地際部では、赤錆、黒錆となり、腐食生成物が付着していた(図Ⅲ-2-①-7-6-a)。また、土壌中にあった鋼管杭の表面は、空気中の表面と比較して、黒錆の進行が全体に及んだと見られ、洗浄により腐食生成物が剥離し、表面が荒れていた。空気中の表面は雨水の水みち上に強い赤錆が見られる以外は主に点錆の発生であり、大きな違いが見られた。これは酸素濃度差によるマクロセル腐食であると考えられる。

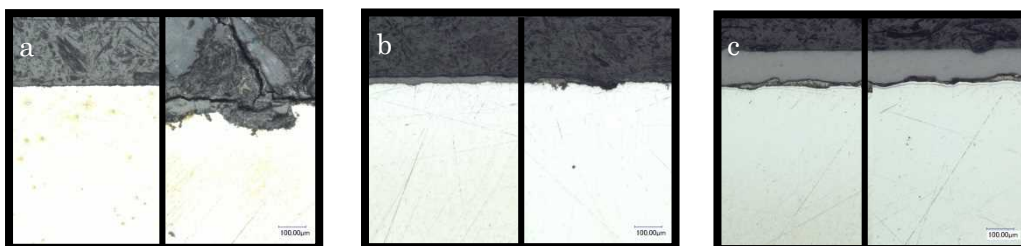
亜鉛めっき鋼管の空気中の表面については、水みちに赤錆が見られるものの、高い腐食抵抗性を示した(図Ⅲ-2-①-7-6-b)。しかし、土壌中では白錆が全体的に発生しており、酸化亜鉛(ZnO)層が生成したと考えられる。素地鋼管よりも広範囲に腐食反応が起こっているが、これは、Znのイオン化傾向がFeよりも大きいことに起因すると考えられる。亜鉛めっき鋼管の地際部において、鋼管同様に赤錆が見られ、腐食の進行が他部よりも早いことが観察された(図Ⅲ-2-①-7-6-b)。これにより、比較的安価な亜鉛めっきは、地際腐食には効果が薄いことがわかった。

次に絶縁皮膜鋼管については、表面がポリエステルで覆われており、ほぼ反応性がなかったため、表面には物理的な傷以外の変化が見られなかった(図Ⅲ-2-①-7-6-c)。もともと絶縁層で強固に表面を覆っているため、マイクロセル腐食などに見られる点錆も見られなかった。



図Ⅲ-2-①-7-6-a～c 液滴試験後鋼管杭地際部表面写真(a素地, b亜鉛めっき, c絶縁皮膜塗装)

また、これら鋼管の地際部断面を図Ⅲ-2-①-7-7に示した。最も腐食が進行しているのは、素地鋼管(図Ⅲ-2-①-7-7-a)である。亜鉛めっき鋼管(図Ⅲ-2-①-7-7-b)は、鉄への腐食は小さいが、すでにめっき層はほぼ消失している。このことから、これ以降も実験を継続すると素地鋼管と同様の腐食を示すことが考えられる。絶縁皮膜鋼管(図Ⅲ-2-①-7-7-c)は、表面ポリエステル層がクラックなく存在している。これにより、反応性がほぼ無いことが示され、同様の環境では腐食される可能性は低いことがわかった。このことから、絶縁皮膜鋼管は非常に防錆効果に優れており、地際腐食対策として用いることが有効であることが分かったが、打込み時の傷や経年劣化による塗膜の破損等の影響についても考慮する必要がある。



図Ⅲ-2-①-7-7 光学顕微鏡写真 (a)素地, (b)亜鉛めっき (c)絶縁皮膜塗装※左: 試験前, 右: 試験後

しかし、当初の目的であった腐食原理解明による太陽光発電システム基礎の最適化とは言い難いのが現状である。腐食原理解明による対応策の検討のためには、特に土壌に対する腐食ファクターの整理が不十分であり、最適化のためにはより詳細な知見を得る必要がある。また、現状では腐食性土壌の評価に大掛かりな分析が必要であることが予想される。そのため、より簡便な方法などが必要であると思われる。

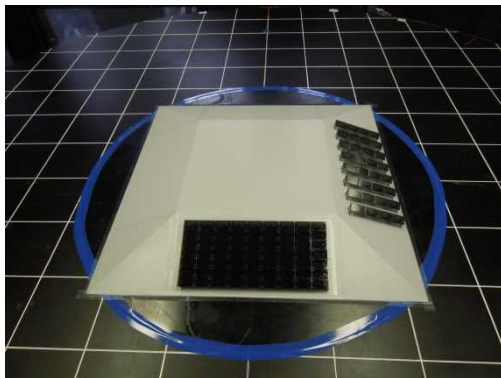
### 1.3 軽量ユニット架台の開発

#### a) 風洞実験による複合的な風荷重に対する研究

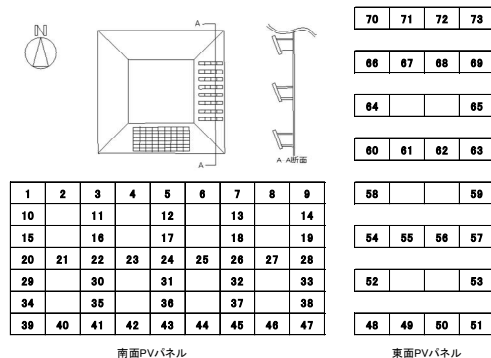
地上設置型の太陽電池モジュールは平坦地に設置されるのが一般的であったが、平坦地の設置場所の減少に伴い、傾斜地に設置されるケースが増加しつつある。太陽電池モジュールの風力係数は JIS C 8955<sup>1)</sup> (以下、JIS) に示されているが、平坦地に設置される場合の風力係数についてのみ示されており、傾斜地に設置される太陽電池モジュールの設計用風力係数が明らかになっていない。本研究の目的は、傾斜地に設置された太陽電池モジュールの縮小模型を用いた風洞実験により、傾斜地に設置される太陽電池モジュールの設計用風力係数を求めることである。

#### i) 風洞実験の概要

太陽電池モジュールは盛土による造成地の傾斜地に設置されることを想定し、平坦地の部分が幅、奥行きともに約 17.5m、四方に傾斜地（傾斜地の長さ約 8.8m）が設けられている。傾斜地の傾斜角は、それぞれ 20°、25°、30°、35°（4 種）に変化させる。太陽電池モジュールの代表寸法は 1.65m×0.99m とし、実験模型は縮尺 1/75 で、アクリル材により製作する（図Ⅲ-2-①-7-8）。太陽電池モジュールは南側および東側の傾斜地に設置し、南側傾斜地のモジュールは傾斜地に平行、東側傾斜地のモジュールは南下がりに 20° の傾斜角をもたせる。モジュール下面と傾斜地との間隔（東側傾斜地の場合、モジュール南側（水下側）と傾斜地の間隔）は 0.5m とし、モジュール間の設置間隔は、南側傾斜地で東西方向に 0.02m、南北方向に 0.01m、東側傾斜地では東西方向に 0.02m、南北方向に約 1.3m とした。風圧測定点は 1 モジュールあたり上面 2 点、下面 2 点の計 4 点とし、風圧測定点を配置するモジュールは図Ⅲ-2-①-7-9 に示す 73 枚とするので、全測定点数は 292 点である。各風圧測定点の位置には直径 1mm の風圧測定孔を設け、測定孔に作用する風圧をビニールチューブおよび導圧パイプで圧力計に接続する。実験時の風洞気流は境界層乱流とし、建築物荷重指針・同解説<sup>2)</sup> に示されている地表面粗度区分Ⅱの気流を再現する。測定風向は、北からの風向を  $\alpha = 0^\circ$  とし  $\alpha = 0^\circ \sim 355^\circ$  までの  $5^\circ$  間隔の 72 風向とする。



図Ⅲ-2-①-7-8 実験用モデルの外観



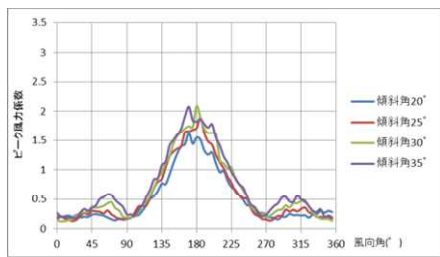
図Ⅲ-2-①-7-9 風圧測定点

## ii) 風力係数の定義

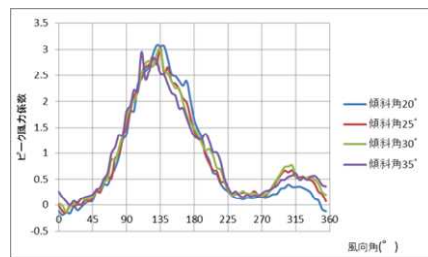
JISC8955 における太陽電池パネルの設計用風荷重は、平均風力係数に設計用速度圧（平均速度圧にガスト影響係数  $G_f$  を乗じた速度圧）を乗じることにより求められる。しかし、設計用風荷重はパネルに作用するピーク風力に基づいて設定される方がより合理的であることから、本風洞実験では、時間変動するパネルの風力の正側と負側のピーク値を求め、それらを速度圧で除し、正側と負側のピーク風力係数で表すことにした。なお、同 JIS に示された風力係数の規定値は、平均風力係数であるため、その値にガスト影響係数  $G_f (=2.2 : \text{地表面粗度区分 II})$  を乗じ、便宜的にピーク風力係数として表し、風洞実験と比較した。

## iii) 実験結果及び考察

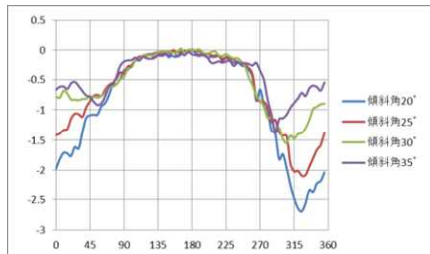
各傾斜角の正側および負側のピーク風力係数の最大値の風向角による変化を図Ⅲ-2-①-7-10 に示す。正最大ピーク風力係数は、南側傾斜地のモジュールではいずれの傾斜角でも風向角  $180^\circ$  付近で大きくなり、東側傾斜地のモジュールでは風向角  $135^\circ$  付近で大きくなる。負最大ピーク風力係数の絶対値の最大値は南側傾斜地ではいずれの傾斜角でも風向角  $315^\circ$  付近で大きくなる傾向がある。東側傾斜地では風向角  $20^\circ \sim 30^\circ$  付近で大きくなる。全風洞中の正側および負側の最大値（以下、正最大ピーク風力係数および負最大ピーク風力係数）を表Ⅲ-2-①-7-2 に示す。正最大ピーク風力係数の全モジュール中の最大値は、南側傾斜地では傾斜角が大きくなると風力係数が大きくなる傾向があり、東側傾斜地では傾斜角によらず概ね同程度の値となる。一方、負最大ピーク風力係数の全モジュール中の最大値（絶対値）は、南側傾斜地及び東側傾斜地ともに傾斜角が低い方が大きくなる傾向がある。



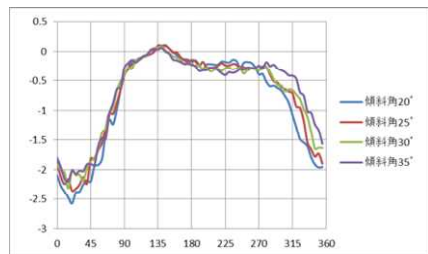
a. 南側傾斜地 ピーク風力係数(正)



b. 東側傾斜地 ピーク風力係数(正)



c. 南側傾斜地 ピーク風力係数(負)



d. 東側傾斜地 ピーク風力係数(負)

図Ⅲ-2-①-7-10 各傾斜地のピーク風力係数

表Ⅲ-2-①-7-2 全モジュール中のピーク風力係数の最大値

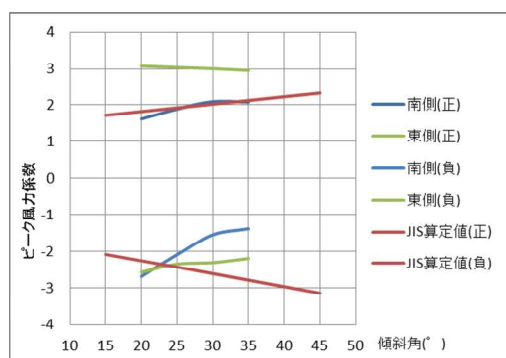
傾斜角 ( $^\circ$ )	正最大ピーク風力係数		負最大ピーク風力係数	
	南側傾斜地	東側傾斜地	南側傾斜地	東側傾斜地
20	1.62	3.08	-2.69	-2.58
25	1.89	3.04	-2.09	-2.36
30	2.09	3.00	-1.55	-2.32
35	2.08	2.96	-1.38	-2.20



#### iv) JIS C 8955:2011 との比較

各傾斜地及び JIS C 8955:2011 による算定したピーク風力係数の傾斜角による変化を図Ⅲ-2-①-7-11 に示す。正のピーク風力係数では、南側傾斜地は JIS 規定値とほぼ同じ、東側傾斜地は JIS 算定値のほぼ 1.5 倍となる。負ピーク風力係数では、南側傾斜地及び東側傾斜地ともに傾斜角が大きくなるほどピーク風力係数の絶対値が小さくなるのに対して、JIS 算定値は傾斜角が大きくなるとともにピーク風力係数の絶対値も大きくなり、傾斜角 23° 付近で交差している。傾斜角 35° の場合、南側傾斜地のピーク風力係数は JIS 算定値の 1/2、東側傾斜地は JIS 算定値の 4/5 となる。実験値の直線補間式を表Ⅲ-2-①-7-3 に示す。傾斜地での風力係数をこれらの式を提案し、適用範囲は 20° ~ 35° とする。

この結果から、あくまで今回の試験条件に限られるが、傾斜地に太陽電池モジュールを設置する場合、南側傾斜地と同様の設置方法かつ傾斜地の傾斜角が 23° 以上であれば JIS により算定した風圧荷重を架台および基礎の設計に採用できると考えられる。



図Ⅲ-2-①-7-11 ピーク風力係数の比較

表Ⅲ-2-①-7-3 傾斜地での風力係数提案値

	ピーク風力係数(正)	ピーク風力係数(負)
南側傾斜地	$1.0635+0.0312 \theta$	$4.3891-0.0894 \theta$
東側傾斜地	$3.2387-0.008 \theta$	$3.0113-0.0236 \theta$
JIS C8955	$(0.65+0.009 \theta) Gr$	$(0.71+0.016 \theta) Gr$

#### b) 架台のプレファブ化(ユニット架台)

ユニット架台は構造計算や風洞実験の知見から架台に必要な強度を算定し、現場作業における利便性やコスト低減などを想定し、予め工場で作成したユニット架台の組立てを行う (図Ⅲ-2-①-7-12)。ここでは傾斜地での運搬や作業等を考え、作業員 1 名で運搬などが可能な重量 15 kg 程度を指標として設計し、現場作業の工期と工数の削減を図る。



図Ⅲ-2-①-7-12 工場によるプレファブ化 (ユニット架台)

#### 1.4 安定生産を実現するための生産設備の技術開発

小径鋼管杭の防錆処理技術として、絶縁皮膜鋼管は地際腐食対策として用いることが有効であることが分かった。打込み時の傷や経年劣化による塗膜の破損等の影響についても考慮する必要があるが、実証実験段階と比較し量産時では、生産コストを 37%低減でき、防錆技術開発で得られた知見により、既存の産業技術を応用して 20 年間耐えうる表面処理として月産 2.5MW 程度の生産量を可能とした。

## 1.5 傾斜地における太陽光発電システムの施工技術開発

### a) 傾斜地に適した施工方法

傾斜地に設置した小径鋼管杭基礎上に太陽電池架台を設置する作業を簡便かつ効率的に行う方策として、架台を分割、ユニット化し、これを予め工場で組み立てておき、傾斜地での現場作業の簡素化を図る方式を開発するとともに傾斜地の施工において重機を使用しない施工工法を開発する。

#### i) 従来工法の把握（重機の使用）

傾斜地への施工方法として実際の杭打ちは作業性に優れた小型重機で行えるため有姿または簡易な地ならし程度の整地で実施できるが平坦地に比較して施工精度は低下する。そのため、従来の施工工法として重機（クレーン等）を使用して施工することが一般的であるが、傾斜地では重機の進入や乗入れが困難である。このため、従来工法を用い、重機を使用し、施工に関する課題点等を抽出する（図Ⅲ-2-①-7-13）。



図Ⅲ-2-①-7-13 重機を使用した施工状況（従来工法の把握）

#### ii) 重機を使用しない施工工法の開発

傾斜地での従来工法の課題把握により、小型施工工具に置き換えて、移動式の簡易足場を現地で組み立てることにより施工性が向上された（図Ⅲ-2-①-7-14）。これにより重機を使用しない傾斜地での施工工法の開発として、効率的な施工・設置技術の開発が実現できた。



図Ⅲ-2-①-7-14 重機を使用しない施工工法



## b) 施工・設置にかかわる技術的な課題

実証研究サイトの傾斜面に 50kW 未満の太陽光発電システムを施工・設置することで、傾斜面での小径鋼管杭工法の杭打ち技術、ユニット架台の現地取付け・調整技術、電気配線方法、設置した傾斜面の養生方法など、傾斜面での太陽光発電システムの効率的な施工・設置技術を開発・実証する。導入における代表的な技術的課題を下記にまとめた。

### i) 法面保護工について

太陽光発電システムの導入場所である傾斜地の施工現場の表土を除去すると、傾斜地の崩落防止として法面が保護されていることが確認できた（いわき明星大学）。鋼製アングルを地表面に埋める構造であったため、外観目視のみでは、法面保護工の確認が困難であった（図Ⅲ-2-①-7-15）。

傾斜地への太陽光発電システムの普及・拡大を目指すにあたり、現場調査時や太陽光発電システムの導入時には法面保護工を考慮し、施工品質や安全性を確保したうえでの建設工事を推奨する。



図Ⅲ-2-①-7-15 法面保護工

### ii) 洗掘について

洗掘とは、浸食作用の一つで、雨水などによって傾斜地や基礎部などが削り崩される作用をいう。本プロジェクトの施工現場ではないが、傾斜地での洗掘の一例を紹介する。

傾斜地での基礎工法でコンクリート製基礎の仕様であるが、基礎下部が雨水によって洗掘され露出していることがわかる。このような状況に至った推察として、コンク



図Ⅲ-2-①-7-16 コンクリート基礎の洗掘  
出所：当社調べ

リートの根入れ深さや傾斜地の転圧が不十分で、ベース型枠、捨コンクリートまで露出し、倒壊の危険性が高いと思われる（図Ⅲ-2-①-7-16）。

### iii) 除草について

傾斜地での除草作業は足場等が悪く、平地に比べ困難である。しかし、傾斜地に防草シートなどを敷設すると、シートと土壌との隙間に雨水等が侵入し、土壌が柔くなる可能性があり、崩壊の危険性が危惧される。そのため、傾斜地への防草シートの敷設は控えたほうが望ましい。運用管理として除草作業はコストと労力を必要とするが、長期的に安心・安全な太陽光発電システムとなるよう、定期的な維持管理を推奨する（図Ⅲ-2-①-7-17）。



図Ⅲ-2-①-7-17 除草後 2 ヶ月で草が生い茂っている

## b) 発電コストの試算

1MW 規模の発電所においてモジュールを含めた建設費用は、253 百万円となり、運転維持費は 136 百万円、廃棄費用 32 百万円を含め総コストは 420 百万円となった。20 年間の総発電量を 20GW と想定した場合、単位あたり発電コストは 21.0 円/kWh となり、平地における 21.1 円/kWh とほぼ同等の発電コストの実現が達成できる見通しとなった。

なお、当初目標とした傾斜地における発電単価 22.7 円/kWh に関しては、建設費はほぼ同等金額に納まっており、土地賃借料と撤去費用を見直した結果、今回の試算金額 21.0 円/kWh となり、目標達成できる見通しとなった。発電コストの試算を表Ⅲ-2-①-7-4 に示す。

表Ⅲ-2-①-7-4 発電コスト試算（目標金額および実績金額試算結果）

項目	項目	設置場所 試算年 実施年	試算金額(千円)			差額金額(千円)		割合(%)	
			提案書		報告書	C-A	C-B	C/A	C/B
			A	B	C				
			傾斜地	平地	傾斜地				
建設費	モジュール代	千円		76,680	76,680		0		100
	周辺機器代	千円		43,340	43,340		0		100
	基礎・架台代	千円		28,360	28,960		600		102
	工事費	千円		92,645	101,301		8,656		109
	系統接続費用	千円		650	650		0		100
	土地造成費	千円		2,100	2,100		0		100
運転維持費	修繕費	千円		24,720	24,720		0		100
	諸費	千円		20,000	20,000		0		100
	人件費	千円		61,530	67,683		6,153		110
	一般管理費	千円		6,780	6,780		0		100
	土地賃借料	千円		33,340	16,670		-16,670		50
撤去費用	廃棄処理費用	千円		31,500	31,500		0		100
発電コスト内訳	建設費	千円	254,000	243,775	253,031	-969	9,256	100	104
	運用費用	千円	200,600	146,370	135,853	-64,747	-10,517	68	93
	廃棄処理費用	千円	0	31,500	31,500	31,500	0		100
	合計	千円	454,600	421,645	420,384	-34,216	-1,261	92	100
	総発電量	千kwh	20,000	20,000	20,000	0	0	100	100
	発電コスト	円/kwh	22.7	21.1	21.0	-1.7	-0.1	92.5	99.7

発電コスト[21.0 円/kWh] =

$$\frac{\text{建設費}[253,031 \text{ 千円}] + \text{運用費}[135,853 \text{ 千円}] + \text{廃棄処理費}[31,500 \text{ 千円}]}{\text{運転年数内総発電量}[20,000\text{MWh}]}$$

なお、上記の試算はモジュールの発電能力を 1,000kWh/年・kW としているが、昨今の太陽電池モジュールの発電実績としては 1,150kWh 年・kW 程度となっており、この発電能力で試算すれば、18.3 円/kWh 程度の発電コストも可能となる見通しである。

## 1.6 傾斜面に設置した太陽光発電システムの運用実証・性能評価

各実証サイト「いわき明星大学」(図Ⅲ-2-①-7-18)「川内村」(図Ⅲ-2-①-7-20)「福島工場」(図Ⅲ-2-①-7-22)に設置した太陽光発電システムの発電状況を解析するために、シミュレータとしてNEDOの大規模太陽光発電システム導入の手引書・検討支援ツール<sup>[1]</sup>を用いて推定発電量等を比較する。3拠点に設置した太陽光発電システムの発電容量は、「いわき明星大学」:50kW程度(南向)、「川内村」:20kW程度(南向:10kW程度、南西向:10kW程度)、「福島工場」:6kW程度(東向傾斜地に南向傾斜を0°、10°、20°、30°、40°、50°:各1kW程度)である。

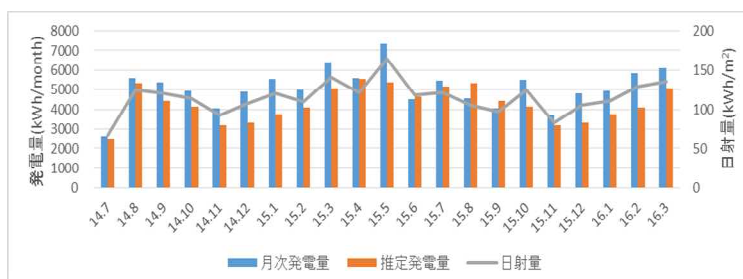
### a) 各実証サイトの発電量比較

#### i) 「いわき明星大学」(傾斜地利用の有効性検証)

本実証サイトは、従来平地に設置する太陽光発電システムを傾斜地に設置し、施工・設置技術を獲得することを目標としたサイトである。一方、傾斜地に設置することの有効性の確認が必要である。そこで、平地基準で作成されたシミュレータを使用して推定発電量を算出し、実証発電量との比較を行った。年間実証発電量および推定発電量の比較グラフを図Ⅲ-2-①-7-19に示す。実証・推定発電量の推移が概ね追従していることが分かる。また、実証・推定年間発電量は、約18%実証発電量の方が多い結果となった。この追従性と発電量から、平地と大差ない発電効率があることが分かった。



図Ⅲ-2-①-7-18  
いわき明星大学 実証サイト



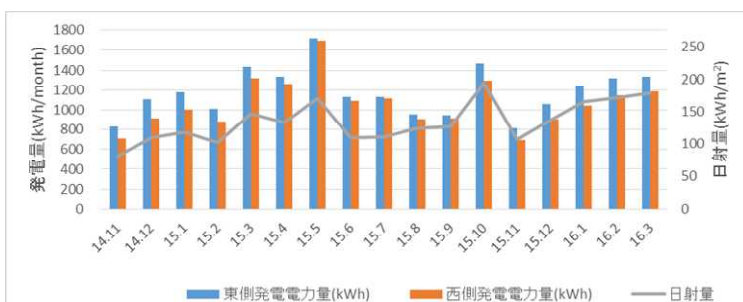
図Ⅲ-2-①-7-19 いわき明星大学 年間 実証推定発電量比較  
(期間:平成26年7月～平成28年3月)

#### ii) 「川内村」(傾斜地方位の影響検証)

本実証サイトは、太陽光発電システムを傾斜地に対して平行に設置しているため、太陽光発電モジュールが完全に南向となっていないため、方位角差が生じている。一般に南向が最も発電効率が高いため、方位角差の影響を検証した。そこで、東側と西側の年間実証発電量の比較グラフを図Ⅲ-2-①-7-21に示す。本実証結果として、西側(南西向)の発電量は、東側(南向)を基準に取ると90.3%の発電量となる。



図Ⅲ-2-①-7-20  
川内村 実証サイト



図Ⅲ-2-①-7-21 川内村 東側・西側 実証発電量比較  
期間:2014年11月～2016年3月



### iii) 「福島工場」(傾斜地におけるモジュール南向傾斜の影響検証)

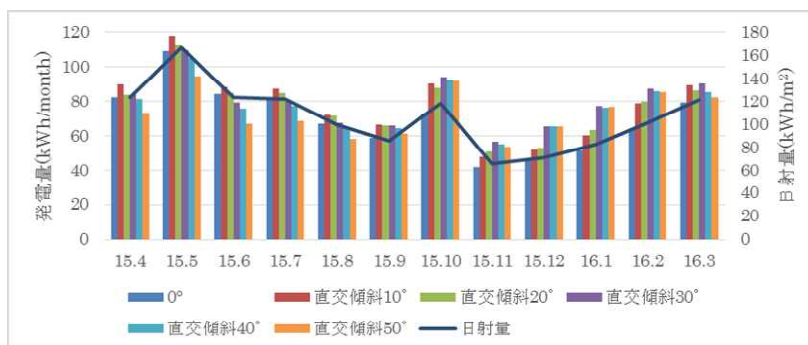
「川内村」における検証で、傾斜地方位の影響は軽微であることが示されたため、本実証サイトでは、太陽光発電システムを東向傾斜地に設置し、その傾斜地に対して直交な南向傾斜角(0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°)をつけた架台を設置した。図Ⅲ-2-①-7-23 は各架台発電量での各傾斜角の発電量の比較結果となる。

9月までは、傾斜角10°、20°の発電量は0°を上回っているが、傾斜角30°以上は発電量が減少している。傾斜50°においては20%以上と大幅に減少する月もあった。9月以後は、0°の発電量をもっとも少なく、傾斜角30°以上の発電量は大幅に上回っている。入射角や積雪の影響と思われる。

一年間の総発電量を比較すると、0°時を100%として、傾斜角10°は112%、傾斜角20°は111%、傾斜角30°は114%、傾斜角40°は111%、傾斜角50°は105%となる。角度付きのほうは全て0°を上回っていて、最も発電量が多いのは傾斜角30°である。



図Ⅲ-2-①-7-22  
福島工場 実証サイト



図Ⅲ-2-①-7-23 福島工場 直行傾斜角度別 発電量  
(期間：平成27年4月～平成28年3月)

## 2. 実用化・事業化見通し

実証実験および実際の斜面施工の実績から、傾斜地に設置した1MW規模の発電所において、建設費用は253百万円となり、運転維持費は136百万円、廃棄費用32百万円を含め総コストは420百万円となった。発電コストは21.0円/kWhとなり、平地における21.1円/kWhとほぼ同等の発電コストの実現が達成できたため、事業化を展開している。

## 3. 波及効果

- 多様な起伏を有する傾斜地での太陽光発電システム設置技術の開発により、市場創出が見込まれ、導入量の拡大が進んでいる。
- 防錆技術の開発により、長期耐久性が期待できるため、再生可能エネルギーの固定価格買取制度の終了後(20年以降)でも、基幹電源として再投資可能な太陽光発電システムの実現が可能である。
- 基礎・架台に関する製品の材料使用量低減により環境負荷への低減が実現できる。

#### 4. 今後の展開

今回の太陽光発電多用途化実証プロジェクトにおいて、傾斜地への太陽光発電システムの導入が可能となり、再生可能エネルギーの普及・加速に向けて貢献できることになったが、更なるコスト低減や長寿命化に向けて取り組む必要があることから、今後の取り組みを下記に示す。

##### 4.1 傾斜地への太陽光発電システム導入に伴う、設置範囲の拡大

未整備な傾斜地をはじめとする山林やゴルフ場跡地など、起伏が多く複雑・多様な形状を有する傾斜地への施工法の開発や法面保護工等の検討が必要となる。

また、太陽電池モジュールの風力係数は JIS C 8955 に示されているが、平坦地に設置される場合の風力係数についてのみ示されており、傾斜地に設置される太陽電池モジュールの設計用風力係数が明らかになっていないため、設計に関する風力係数の充実を目指す。

##### 4.2 太陽光発電システムの長寿命化

太陽光発電用架台の設置される環境は発電に必要な日射以外にも、気温、相対湿度、降雨、風等の気象因子の影響を受け、かつ、海塩や SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 等の汚染物質に曝されている。

しかし、太陽電池モジュール裏面では日照、雨、雪等の直接的な影響を受けにくい。ここでいう影響とは降雨を例にとると、降雨は金属表面への水の供給による腐食促進効果と、飛来した海塩粒子や大気汚染物質（SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub> 等）等を洗い流す腐食減速効果のことである。このようにひとつのファクターが腐食の促進、減速の両方に働いていることも多いため、大気暴露試験などの研究結果から予想することは困難である。

太陽電池モジュール裏面の環境は、高架橋等の雨に濡れない内桁や建築物等の北側の壁面や軒下等の環境に酷似していると考えられ、一般的な露出環境下よりも苛酷な環境であると予想されるが、このような環境下での実際の腐食状況を調査した事例は少なく、現状把握が必要な状況にある。そのため、太陽光発電システムに適した仕様を選定し、長寿命化を実現するための防錆技術の開発および金属表面処理の最適化が必要である。

##### 4.3 設計基準の改訂

太陽光発電システムの設計において、設計基準となる JIS C 8955 が改訂され、風圧荷重等が大幅な増加となった。そのため、新基準での設計開発が課題となる。

(8) 未利用水面を活用した浮体モジュールの開発及び導入実証  
(コアテック株式会社)

1. 成果詳細

未利用水面を活用して低コストの太陽光発電システムを導入するため、軽量な浮体一体型太陽電池モジュールと、その導入技術を開発し、実証研究を行った。

① 浮体一体型太陽電池モジュールの開発

高密度発泡体を特殊ウレタン樹脂でコーティングした浮体に、軽量なフレキシブル太陽電池モジュールを固定した浮体一体型モジュールを開発した。モジュール間の接続工数が低減できる並列接続に特化した端子ボックスも合わせて開発した。詳細について、表Ⅲ-2-①-8-1、図Ⅲ-2-①-8-1および図Ⅲ-2-①-8-2に示す。

表Ⅲ-2-①-8-1 浮体モジュール仕様

浮体モジュール仕様			
外形サイズ	W910mm×D3450mm×H100mm		
重量	約 15kg		
材質	浮力材：高密度発泡体 コーティング材：特殊硬質ウレタン		
発電電力	180W (1ユニット=3.5m <sup>2</sup> )		
本体備考	端子・コネクタ防水加工		
浮力材		太陽電池	
圧縮強度	6.0 N/cm <sup>2</sup>	外形サイズ	W460mm×D3399mm (1.56 m <sup>2</sup> )
曲げ強度	18.7 N/cm <sup>2</sup>	重量	約 1.0kg
吸水量	0.06 g/100cm <sup>2</sup>	セル種類	アモルファスシリコン
コーティング材		最大出力	90W
硬度	52D/95A	最大出力動作電圧	DC 316.9V
引張り強さ	1600 N/cm <sup>2</sup>	最大出力動作電流	0.284A
引裂強さ	580 N/cm	開放電圧	DC 429V
伸び	170 %	短絡電流	0.389A
フロート備考	期待寿命 25 年以上 (30 年実績あり)	電池備考	出力保証 10 年 設計期待寿命 20 年 (製造者:富士電機株)



図Ⅲ-2-①-8-1 浮体モジュール写真



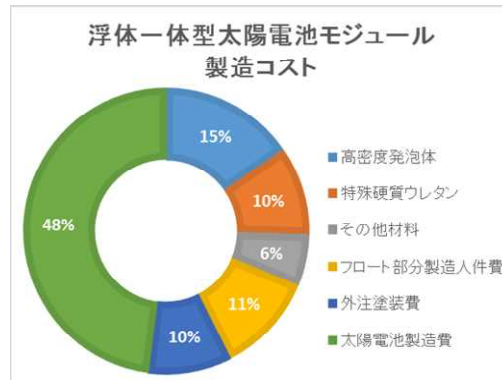
図Ⅲ-2-①-8-2 実証試験写真



配水池に設置して耐候性、耐水性能について検証したが、事業期間内において大きな問題点は確認されなかった。また、製造コストは事業開始前に想定した額とほぼ同等になった。（表Ⅲ-2-①-8-2および図Ⅲ-2-①-8-3）また、今後の量産においては、製法見直し、高密度発泡体の発泡度の見直しにより、製造コストを圧縮できる目途があった。

表Ⅲ-2-①-8-2 製造コスト内訳

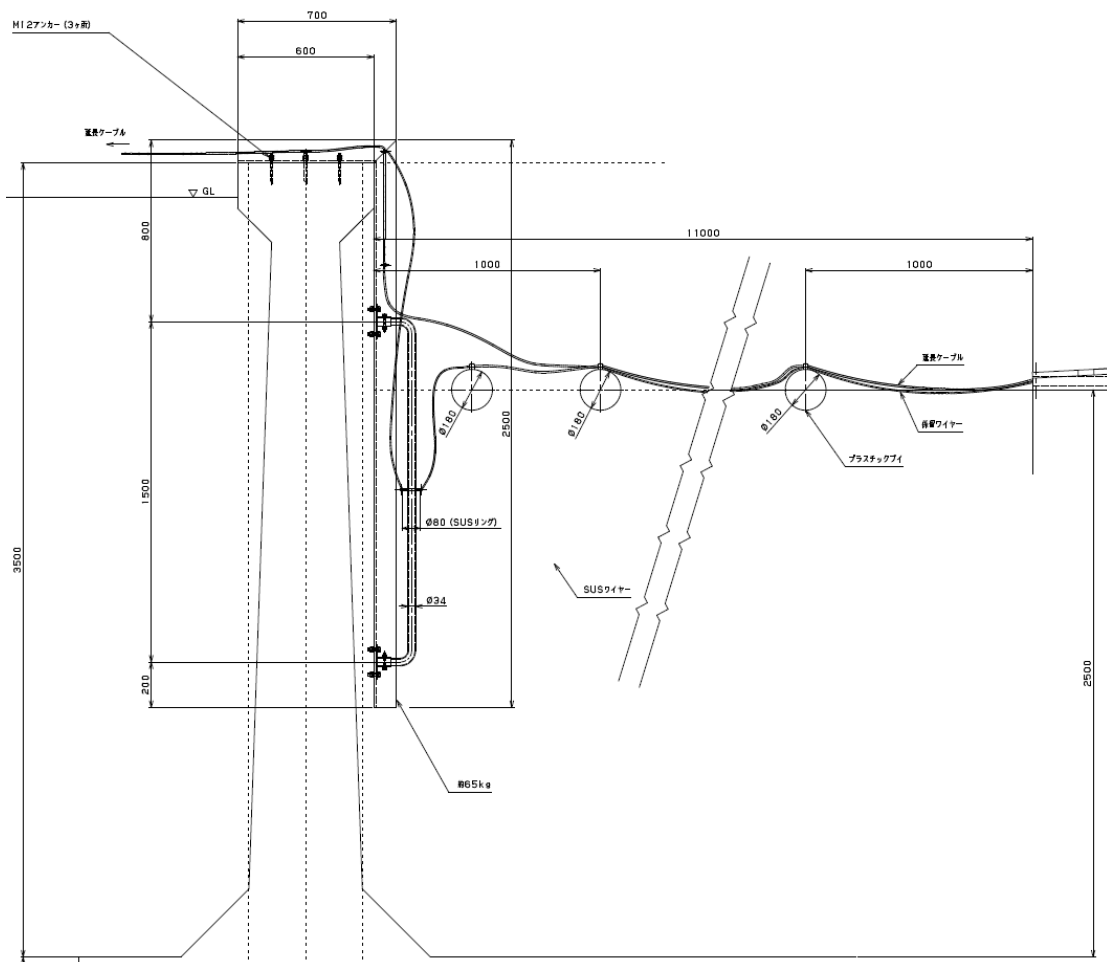
材料費	
高密度発泡体	42円/W
特殊硬質ウレタン	28円/W
他材料	16円/W
人件費等	
フロート製造人件費	31円/W
外注塗装費	26円/W
太陽電池製造費	132円/W
計	274円/W



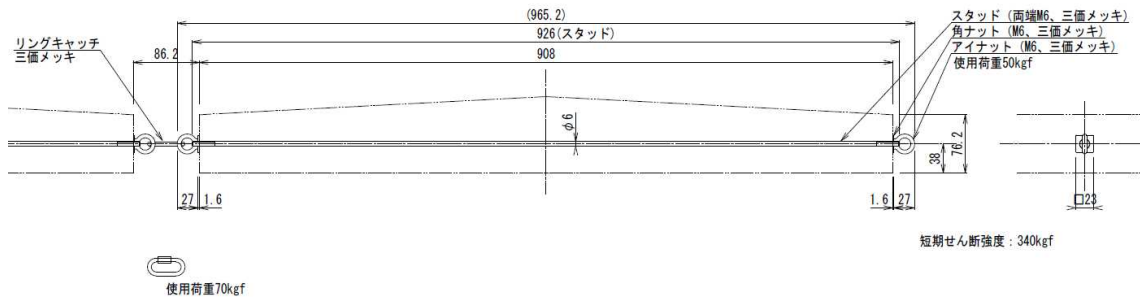
図Ⅲ-2-①-8-3 製造コスト内訳比率

② 浮体一体型太陽電池モジュールの設置（係留）技術の研究および開発

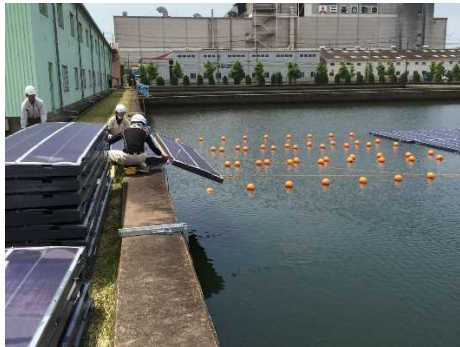
隣り合う浮体を接続金物で連結し、2方向を配水池壁面に固定した。導入後、風による影響、水位変動（1m）による影響を実証したが、事業期間内において特に有害な事象は確認できなかった。（図Ⅲ-2-①-8-4） また、隣り合う浮体を接続金物で連結する方式（図Ⅲ-2-①-8-5）としたため設置工事にかかる工数も低減できた。（図Ⅲ-2-①-8-6、図Ⅲ-2-①-8-7）



図Ⅲ-2-①-8-4 陸側係留装置



図III-2-①-8-5 モジュール間連結詳細



図III-2-①-8-6 浮体モジュール設置状況

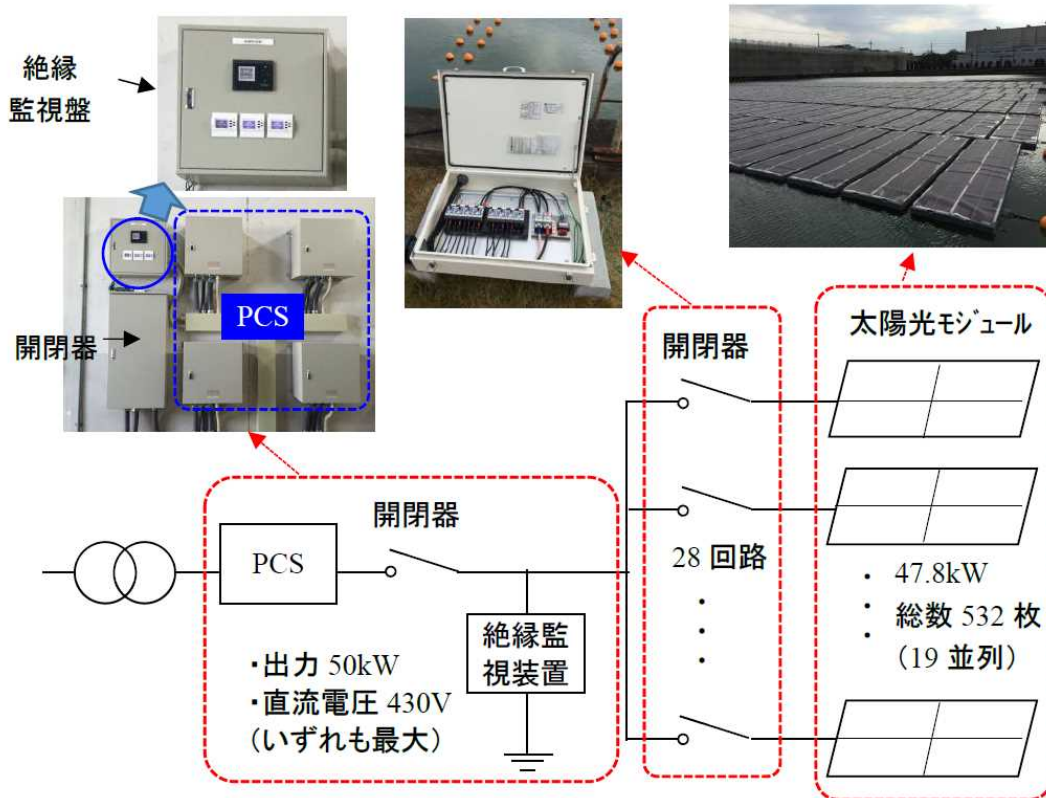


図III-2-①-8-7 設置全景

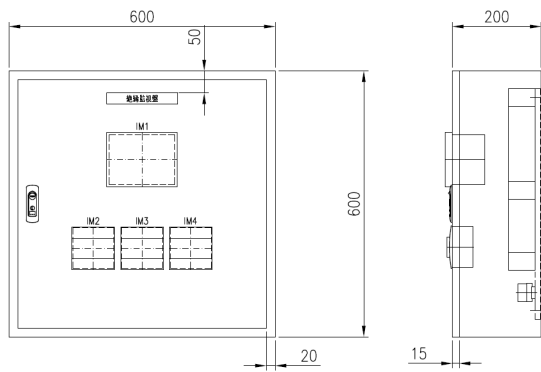
③ 水面設置における故障（地絡）検出システムの開発および導入

故障（地絡）を検出する絶縁監視システムを開発し、浮体モジュールを使用した実証設備へ導入・運用および評価試験を行い、故障検出の有効性について確認した。（再委託先：富士電機株式会社）

故障（地絡）検出システムの概要図を図III-2-①-8-8、絶縁監視盤の外観図を図III-2-①-8-9に示す。



図III-2-①-8-8 故障（地絡）検出システム概要図



図Ⅲ-2-①-8-9 絶縁監視盤外観図

④ 開発した浮体モジュールを用いた太陽光発電システムの導入および評価・検証

開発した浮体一体型太陽電池モジュール266ユニット（47.88kW）を導入し、系統連系用パワーコンディショナを設置し実証運転を行った。発電した電力は配水用ポンプの電源に供給され、すべて施設内で消費された。導入の状況を以下に示す。



図Ⅲ-2-①-8-10 全景



図Ⅲ-2-①-8-11 全景



図Ⅲ-2-①-8-12 開閉器



図Ⅲ-2-①-8-13 配管・配線①



図Ⅲ-2-①-8-14 配管・配線②



図Ⅲ-2-①-8-15 接続箱②





図III-2-①-8-16 配管・配線③



図III-2-①-8-17 日射計・気温計



図III-2-①-8-18 PCS等機器全景



図III-2-①-8-19 絶縁監視装置



図III-2-①-8-20 PCS①、PCS②



図III-2-①-8-21 PCS③、PCS④



図III-2-①-8-22 直流集電箱



図III-2-①-8-23 交流集電箱

事業期間内に運転データを計測し、発電効率を確認した結果、JIS C 8907における予測値と比較して小さい値となった。これは、太陽電池モジュール上に付着した塵埃の影響が考えられる。計測データを表Ⅲ-2-①-8-3に示す。

表Ⅲ-2-①-8-3 今回導入した太陽光発電システム計測データ

交流電力量	直流電力量	日射量	シミュレーション値	期間平均気温
3940.6kWh	4466.2kWh	104.7kWh/m <sup>2</sup>	5006.7kWh	7.9℃
変換効率=交流電力量÷直流電力量=0.88 システム効率(直流)=直流電力量÷シミュレーション値=0.89 計測期間：平成27年11月26日より平成28年2月29日まで				

以上の検証結果から、1MWの太陽光発電システム導入時の発電コストをシミュレーションした結果、24.7円/kWhが見込まれた。事業開始時の計画(26.3円/kWh)を下回り、目標が達成できた。コスト算出について、表Ⅲ-2-①-8-4および表Ⅲ-2-①-8-5に示す。

表Ⅲ-2-①-8-4 本事業による発電コスト算出資料(1MW導入した場合の試算、事業期間20年)

	内訳	費用・発電量	備考
①	発電所建設費	450,000千円	450千円/kW 5,624ユニット (今回事業での導入費実績値570千円/kWからコスト低減を検討した。)
②	維持管理経費	17,000千円	20年間
③	撤去処分費	8,000千円	20年間
④	総事業費(①+②+③)	475,000千円	20年間
⑤	年間発電量	960MWh	JIS C 8907 (実績値より効率設定した。)
⑥	事業期間中発電量(⑤×20年)	19,200MWh	20年間
⑦	発電コスト(④÷⑥)	<b>24.7円/kWh</b>	計画時(26.3円/kWh)

表Ⅲ-2-①-8-5 従来技術による発電コスト算出資料(1MW導入した場合の試算、事業期間20年)

	内訳	費用・発電量	備考
①	発電所建設費	600,000千円	600千円/kW
②	維持管理経費	17,000千円	20年間
③	撤去処分費	25,000千円	20年間
④	総事業費(①+②+③)	642,000千円	20年間
⑤	年間発電量	1,065MWh	JIS C 8907
⑥	事業期間中発電量(⑤×20年)	21,300MWh	20年間
⑦	発電コスト(④÷⑥)	30.1円/kWh	

※浮体モジュールを使用せず、池の底から架台を設置した場合。

## 2. 実用化・事業化見通し

表Ⅲ-2-①-8-6 事業化見通し

年度	H27 プロジェクト 期間	H28	H29	H30	H31	H32	H33
製品検証・改良	配水場で検証		プールで検証				
検証結果を踏まえた製品設計			認証対応				
設備投資		封止設備導入	設備立上			浮体	生産設備導入
太陽電池認証							
生産				サンプル生産	10kW/月	20kW/月	
販売				サンプル出荷		10kW/月	20kW/月
収益発生							

平成 27 年度のプロジェクト終了をもって、実証試験場所（岡山県企業局亀島配水場）よりプロジェクトで導入したシステムはすべて撤去した。あと一年程度、実証期間を確保できる見込みであったが、プロジェクト終了のため、水面借用の延長ができなかった。現在、使用されていない自治体所有のプールにおいて、実証試験が再開できるよう協議を行っている。

また、富士電機株式会社がアモルファスシリコン太陽電池モジュールの生産を打切り、セルの生産を他社に移管したことに伴い、弊社にてセルを購入し、自社でモジュール化することとした。この際に、フレキシブル太陽電池モジュールの封止材について、難燃性の高い材料に変更し、これに対応した封止設備を平成 28 年度に導入した。平成 29 年度中の設備立上げを見込んでいる。これと同時に、弊社で生産する太陽電池モジュールについて、認証を取ることにした。（平成 29 年度中の見込み）

平成 30 年度中に新型のフレキシブル太陽電池モジュールと、これを使用した浮体一体型太陽電池モジュールおよび屋根材一体型太陽電池モジュールを上市する計画である。



### 3. 波及効果

軽量で安価な浮体一体型太陽電池モジュールが開発できたことにより、事業効果がなく、導入が見送られていた小規模な未利用水面（学校プール等）に、付加価値を持った太陽電池モジュールを導入できる目途が付いた。これにより、太陽光発電システムの導入が頭打ちになり、停滞している国内市場に、新たに太陽光発電システムの導入に向けた動きが起こることが期待できる。

### 4. 今後の展開

非常に軽量で、設置及び撤去が容易な比較的安価な浮体一体型太陽電池モジュールを開発することができた。また、水上への導入にあたり、地絡事故を検出し、太陽光発電を停止させるシステムの開発も完了した。これらを受けて、今後、未利用水面（静水面）を活用できるシステムとして、今後拡販を図っていく計画である。

ただし、発電コストは目標値をクリアしたが、さらなる低コスト化を進めるには、今回採用したアモルファスシリコン太陽電池では限界があり、低コストで導入できる太陽電池を採用し、事業を展開していくことが必要である。

特に、学校に導入する場合、普段はプール未使用時のプールカバーとして使用し（発電）、プール使用期間（約 2 か月）は取り外すといった運用が行える。当然避難指定場所であるため、防災用として蓄電池と組み合わせたシステムとして提案できる。また、軽量であることを生かし緊急時の仮設用システムとすることができる。この場合は、数枚の浮体モジュールと小型蓄電池を組み合わせ、災害発生時等の緊急用として、水面のみならず地面上に仮設を行い、電力を供給することができる。軽量であるため、被災地域への援助物資として輸送することも容易である。

全国の小・中・高校を合わせ、約 33,000 校あるうちの 1/3 校へ 10kW の導入と仮定すれば、今後、110MW 程度の導入が期待できる。

静水面としては、前述のプールのほか、浄水場、配水池、処理場等の上下水道施設、調整池等が考えられる。このほか、ため池や農業用ダムは全国に 21 万か所程度あり、潜在的な導入可能な容量（自家消費が可能な案件）は 500MW 以上あると推測でき、新たな市場を構築することができる。

(9) 海上・離島沿岸部に適した太陽光発電技術開発及び実証  
(株式会社シリコンプラス)

## 1. 成果詳細

### 1.1. 海上・沿岸部を想定した太陽光発電モジュール評価方法の確立

これまで沿岸部を代表する塩害地域に対する太陽光発電モジュールの材料品質評価方法として以下の方法による試験が広く行われていた。

- ・国際規格や JIS に基づいた塩水噴霧試験 (IEC61701、JIS C 8917)
- ・恒温槽を用いた高温高湿試験 (85°C、85%RH、1000 時間もしくはそれ以上)
- ・上記試験の組み合わせとして PID 現象評価試験 (試験中モジュールに逆電圧を印加)

これらの現象を総合的に評価するための決められた基準は現在のところ確立していない為、当社では評価方法として上記試験のうちどれを行えば効率よく品質を判断できるか実際に試験を行い検討した。またその結果から実フィールド試験で設置する材料の選定に関しても検討した。

なお上記試験は環境変化に対する材料耐性を調べる試験であるため、実際の設置環境で想定される外的要因 (物理的接触や潮力など) を評価することはできない。そのため外的要因の評価に関しては実フィールド試験で評価する事とした。

#### i) 温度に対する耐性

評価対象として EVA 樹脂、および非 EVA 樹脂を代表して COC 樹脂を用いた。なお COC 樹脂は別途 NEDO プロジェクトで日清紡メカトロニクス株式会社から提供された太陽光発電モジュール向け樹脂シートを用いている (管理番号 20140000000246: 次世代長寿命太陽電池モジュールの研究開発 (2))。試験環境としてそれぞれの樹脂で試作した太陽光発電モジュールを 85°C の温水に 96 時間浸漬した時の外観変化を確認し、その結果を図 III-2-①-9-1 に示す。結果として EVA 樹脂は白濁が見られるが COC 樹脂のほうは浸漬前と変わらない結果であった。そのため EVA 樹脂より熱に対する長期の耐性が期待できる。

しかし温水評価に関しては後述の PID 現象評価で高温高湿下にて行うこと、85°C もの熱湯が実フィールドで発生する事は考えにくいことから効率化の観点から評価を省いてもよいと考えている。



図 III-2-①-9-1 温水試験評価後のモジュール外観

#### ii) 国際規格 IEC61701 に基づいた塩水噴霧試験

試験方法として IEC60068-2-52 で定められている手順で試験を行った。具体的には「厳しさ 6」と呼ばれる以下の最も厳しい手順で行った。

- ① 5%塩水のミストを 2 時間噴霧後 40°C、93%RH の環境で 22 時間乾燥させる
- ② 上記を 4 日繰り返した後 3 日間 23°C 50%RH の環境で放置する
- ③ ①、②を合わせた 1 週間のサイクルを 8 回繰り返す

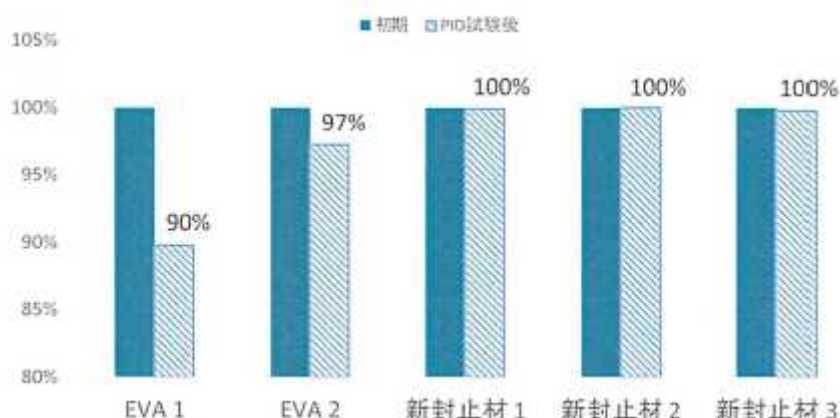
これを COC 樹脂サンプルに対して行ったところ発電出力が初期 100.3%に対し試験後 100.2%と変化がないことを確認した。そのため塩水に対する耐性を持っていることが判明した。

### iii) PID 現象評価

試験方法として 85℃、85%RH、-1000V 印加の環境で 96 時間処理を行い、処理前後での発電出力に差が生まれるか評価を行った。なおサンプルとして以下の組み合わせを用いている。

- ・EVA 樹脂 (2 メーカー)
- ・オレフィン/COC 樹脂
- ・アイオノマー樹脂
- ・シリコン樹脂

試験結果を図Ⅲ-2-①-9-2 に示す。結果として EVA は最大 10%の出力低下が見られたが非 EVA 樹脂サンプルはいずれも出力低下が見られなかった。



図Ⅲ-2-①-9-2 PID 試験評価結果

(i) ~ (iii) の試験結果を総合的に判断すると海水に対する評価方法として塩水噴霧試験、PID 現象評価試験の 2 つを行うことで選定材料が塩害のリスクを持つか判断できると考えられる。また最近の動向では PID 試験と塩水噴霧を同時に行える装置を導入している試験機関も存在するため、このような設備で試験する事でより効率的な評価が行えると考えている。

実フィールドに設置するモジュールとして、本結果から非 EVA 材料を用いることで海上でも十分な性能を発揮すると考えられる。また非 EVA 材料をもちいたモジュール製造は工程短縮にもつながることが判明している。特にラミネート工程では EVA 材料が 21.5 分に対し非 EVA 材料は特にアイオノマー樹脂では 17.5 分で完了できた。これにより生産量が最大約 20%上昇し、結果としてモジュールのコストダウンにつながると大いに期待できる。

## 1.2. 海上設置型架台の開発

海上に太陽光発電モジュールを設置する場合、湖や沼と違って常に潮力が働くため単純に陸上架台を海上に浮かべる形では難が多い。さらに配線が海水、すなわち塩水をかぶるため従来以上に電気ショートに対する対策を施す必要がある。そのため本プロジェクトでは以下の内容で海上設置システムを試作し実際に海上へ浮かべ評価を行った。

### i) 海上設置用フロート架台

海上に浮かべる方法として本プロジェクトでは 2 つのパターンを試験し、その写真を図Ⅲ-2-①-9-3 に示す。



Ⅲ-2-①-9-3 海上設置架台写真（左：浮き子方式 右：FRP方式）

一つめのパターンは金属架台を漁業用の浮き子を用いて浮かべる方式である。この方法では十分な浮力を得ることができるためケーブルを海面から十分離すことができ、電気的な安全性は優位である。また浮き子は再利用可能であるため長期運用におけるコストダウンにつながる可能性がある。一方問題点として十分な浮力を得る代わりに潮力や風の影響を受けやすく、その結果架台の揺れも大きい為太陽光発電モジュールへの負担が大きいことが判明した。モジュールに対する考察は 1.5. で述べている。

もう一つはヨットやボートなどにもちいられる FRP 樹脂を用いて型にした方式である。こちらは最低限の浮力で設計されているため潮力や風の影響を受けにくい、ケーブルと海面との距離が短く、浮き子方式より海水をかぶる頻度は高かった。

実際に海上に浮かべたところ一長一短な結果になったが、架台コストが安い点（1 台当たり浮き子方式 10 万、FRP 方式 11 万）と海水をかぶる確率が少ない点、設置後のメンテナンスのしやすさから浮き子方式が有効であるのではないかと検討している。

実際に設置したあと引き上げた写真を図Ⅲ-2-①-9-4 に示す。当初架台の軽量化も目標に、できるだけシンプルな形で設計していたが、設置すると藻や貝類の付着が著しく、重量に影響していることが判明した。このため改善点として船底塗料塗布などの表面処理を施すことで改善できると考えている。



図Ⅲ-2-①-9-4 実フィールド試験後引き上げた架台写真



## ii) 電気ショート対策

海上設置用太陽光発電モジュールに関して以下の3点について対策を施している。

- ・海底ケーブルをコンセプトとした被覆層の多いケーブルの採用
- ・モジュールの端子箱内部をシリコン樹脂でポッティングし絶縁
- ・図III-2-①-9-5のようにモジュール間のコネクタを保護するカバーを開発



III-2-①-9-5 モジュール間接続部用コネクタカバー

また潮力などにより万が一ケーブルが損傷、破断した際に漏電していることを検知できるようにIII-2-①-9-6に示すような漏電遮断リレーを海上設置架台の側面に取り付けることで安全性を高めた。



III-2-①-9-6 漏電遮断リレー取り付け写真

これらの機器を実フィールド試験後に確認したところコネクタカバーへの海水侵入が見受けられず、実際に漏電が発生する事がなかったためケーブル保護、漏電対策の面では有効だったと考えている。

## iii) 金属腐食試験

一般的に使用されている防触処理材料として以下を選定し、実際に試験地の沿岸部に設置し腐食具合を目視にて評価した。

- ・架台鋼板材料：溶融亜鉛メッキ、高耐食メッキ（スーパーダイマおよび ZAM）、アルスターステンレス
- ・ねじ材料：ステンレス、溶融亜鉛メッキ、ラスパート処理、ハイニッケル処理、サマーガード処理

その結果、いずれの組み合わせでも実フィールド1年で腐食は見られなかった。

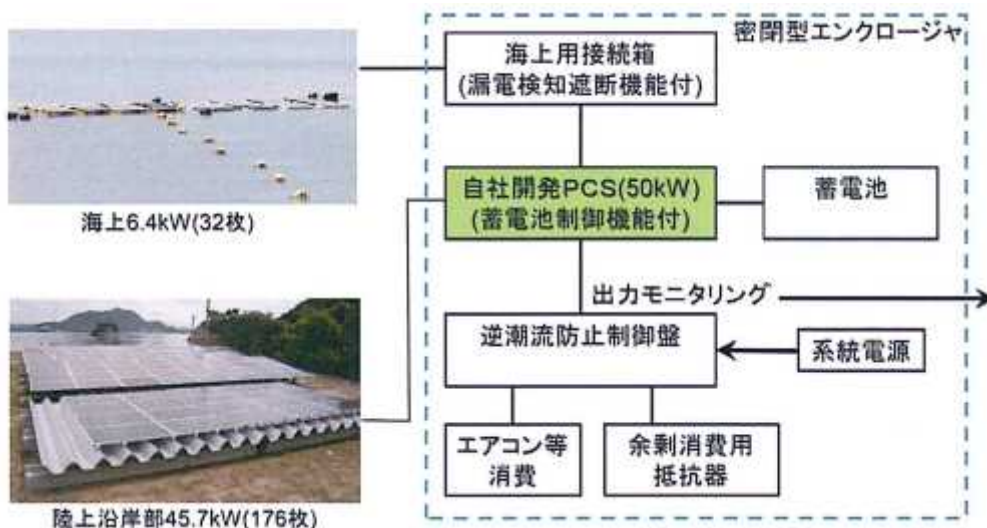
### 1.3. オフグリッド電力供給システムの検討

本プロジェクトでの海上実験は離島で行うことになったため、システム評価とは別にオフグリッド発電システムの検討も行った。そのためには以下の4点について解決する必要があった。

- ・塩害地域に対応した密閉型設備
- ・蓄電池制御を備えたパワーコンディショナ（PCS）
- ・発電量モニタリング
- ・電力の逆潮流防止機能

これらを解決するために図Ⅲ-2-①-9-7のようなシステム構成を試作し現地で試験運用を行った。なお本プロジェクトの実証機関では売電を行わない為、発電電力は負荷となるエアコンや抵抗器（ヒーター）で消費している。PCSは負荷（売電側）への出力を優先し、電力会社の出力抑制時には蓄電池への充電を優先する方式とした。蓄電池は基本的に発電できない夜間に電力を放出し、また電力需要の高い時間帯も優先的に電力を放出することで系統電源からの電力消費を抑える設計とした。

実際のフィールド試験における結果として、部品不良で蓄電池への充電ができず、発電電力はすべてエアコン、抵抗器で消費せざるを得なかった。また開発期間内に同等の性能を持つPCS、蓄電池が他メーカーから販売されているためコンセプトとしての考えは妥当であったと考えている。今後の展開として、同等機能を独自で開発するより、離島に特化した産業用システムとしてメーカーと協力して開発するほうが望ましいのではないかと考えている。



図Ⅲ-2-①-9-7 オフグリッド電力供給システム図

### 1.4. 既存システムからの発電量上昇システムの検討

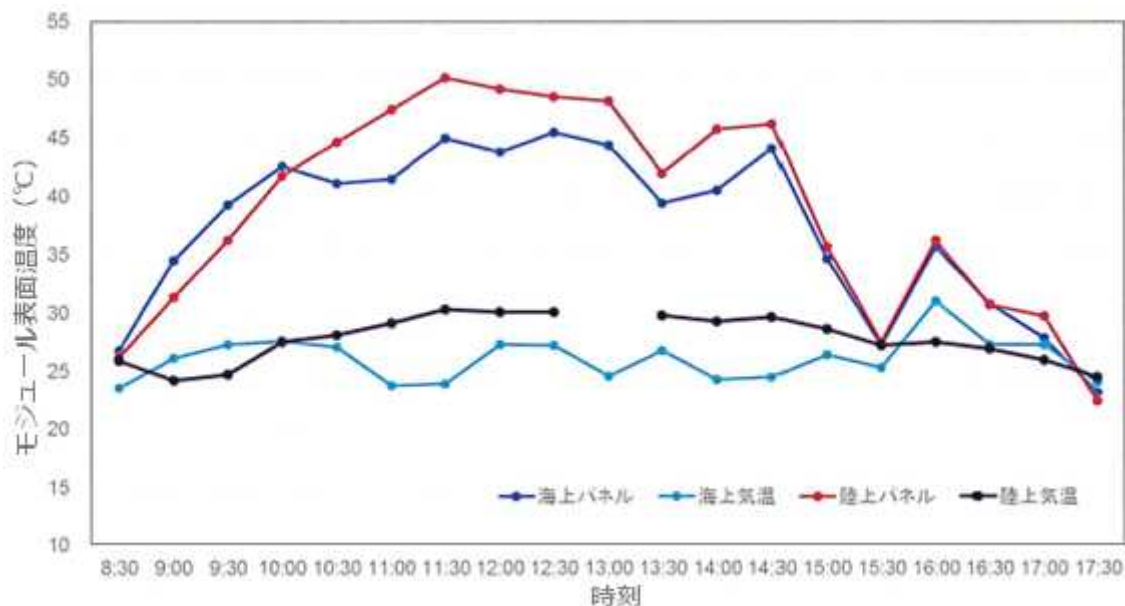
当初、検討事項として、当社で展開している追尾システムを用いて発電量向上を期待していたが、NEDOの斜面日射量データから発電量シミュレーションを行ったところ、南面固定のモジュールに対して3%の発電量上昇にしかならないことが判明した。この上昇量では追尾システムでのコストアップに対する相対効果が薄いため、他の方法で検討すべきと考えている。

そこで注目したのは陸上（海岸）と海上での温度の違いである。図Ⅲ-2-①-9-8に試験中の1日をピックアップして測定したモジュール表面温度のグラフを示す。陸上では日射を地面が吸収することで温度上昇し、モジュール表面もその影響を受けながら温度が上昇していくが、海水面では温度上昇が少ない為、陸上と比べ、モジュール表面温度で約6℃の温度差が出ている。一般的に太陽光発電モジュールの発電部は半導体素子であり、半導体の性質から温度が低いほど発電量が上昇する特性を持っている（一般的なシリコン結晶系の場合1℃あたり発電量が0.4%変動）。今回の結果から、海上設置だけで陸上設置より約2%の発電量上昇が期待できる。

以上から海上設置設置モジュールに追尾機能を搭載しても5%程度の発電量アップにしかつ



ながら、目標の 10%には程遠い結果となった。そのためさらに 5%上昇させるためのアイデアが必要となるが、アプローチの一つとして架台から海面との距離をさらに短くする方法が考えられる。距離が短くなることで裏面にこもる空気が少なくなり海水の冷却機能が上昇する。また海水をかぶる確率は増えるが 1.2.の結果から回路上の安全は確保できる見通しであるため有効な手段と考えられる。これによりモジュール温度がさらに 12.5℃下がれば計算上は発電量がさらに 5%上昇し目標達成できる。



図Ⅲ-2-①-9-8 2015年9月18日の設置モジュール温度

#### 1.5. 海上・沿岸部設置システムのコストダウン検討

1.1~1.4.までの結果を加味し、1MW システムを構築した際の導入コストは以下のようになった (目標 26 円/kWh)。

開発期間当初の技術を用いた場合：41.9 円/kWh (目標+15.9 円)

本研究成果から導いた導入コスト：28 円/kWh (目標+2 円)

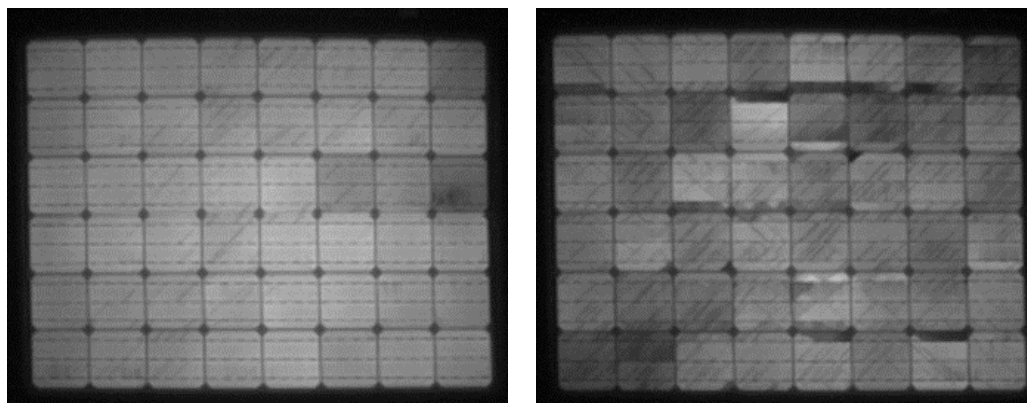
以上から目標に対して 2 円高い結果であるためさらなるコストダウンができないかが課題となる。解決策として検討しているのは海上関係者 (漁業組合など) が購入・運用する形をとることである。本研究を通して判明した事として海上使用料は土地使用料とは異なる形態を持ち、さらに海上関係者であれば安く提供されている。このことを利用すれば 2 円/kWh のコストダウンが実現し目標達成が期待できる。そのため今後の展開としては海上関係者が購入・運用できるよう PR 活動やパッケージ化を検討していく。

一方、モジュールとしては実フィールド試験の結果として、劣化要因は潮力による物理的要因が非常に大きいことが判明した。図Ⅲ-2-①-9-9 に EL 画像を示すが非 EVA 樹脂では潮力によるセル割れが EVA より多いという結果となった。もちろん架台が潮力を受けにくい構造も検討する必要はあるが、材料による違いも顕著に出ているため、構造を変える必要があるのではないかと考えた。

今回の試験ではモジュールの 1 系統接続枚数が少なかったため高電圧が発生せず PID 現象は見受けられなかった。しかし事業用のシステムでは PID 現象が確認されている 600V 以上のシステムで構成する可能性は十分考えられるため、対策を施すことは有効と考えている。その上で構造変更にあたり PID 現象は非 EVA 系がよく、潮力では非 EVA でも材料によって違うことが判明している。両方を完全にシャットアウトできるのはシリコン系であるが、コストが EVA の 2 倍以上し、工程も通常より多くかかるためコストダウンに向かないと考えられる。そこで注目したのは PID 現象の要因が主にガラス側から発生することである。

上記の結果からガラス側を PID の起きない非 EVA、背面 (樹脂バックシート) 側を EVA の異種構造を検討した。当初非 EVA 側をシリコンで検討したがラミネートプロセスで望ましい温度帯が全く異なるため十分な封止ができないと考えられる。そこで温度帯の重なるアイオ

ノマー材料を非 EVA として選定することで十分な封止ができ、認証機関での試験でも問題なかったためガラス側アイオノマー/バックシート側 EVA の構造とした。これによりセル割れに関しては完全にシャットダウンはできないものの潮力による影響が少なくなり、また PID 現象がより起きづらいと考えている。



図Ⅲ-2-①-9-9 フィールド試験後の EL 画像  
(左：EVA 右：非 EVA 斜線のような亀裂が多いほどセル割れが多い)

## 2. 海上設置太陽光発電システム全体を通しての実用化・事業化見通し

本研究において、塩害により出力低下しない太陽電池モジュールの開発については非 EVA の封止材、作業性や加工条件が良好なのはアイオノマー系の樹脂を用いることで目的とする耐塩害モジュールの開発は成果が得られたと考えている。この成果を元に塩害地域へのモジュール事業化は十分可能と判断している。

その一方、海上設置に関しては、フィールド試験を通して海上での出力低下は潮力などによる物理的な荷重により引き起こされるセル割れが深刻な影響を与えることが明らかになった。

さらに架台についても藻や貝殻が付着しないような加工が必要であり、その他にも実用化に向けて改良すべき点は多いと考えられる。しかし各課題に対する有効な解決策があるためそれらを実行する事で実用化までの道のりは格段に近くなると考えている。

本システムの発電コストは、研究成果を活かして 28 円/kWh まで減らせることが可能になったが、陸上設置コスト 26 円/kWh を下回るところまではプロジェクト期間内には到達できなかった。発電事業者としての参入ではなく漁業関係者が実施できるシステムに落とし込むことが出来れば陸上設置レベルのコストに近づけると考えている。またセル割れが起きなかったシリコン樹脂タイプに関しては、潮力の激しく過酷な地域に採用することで初期コストはかかるものの長期的な発電量やメンテナンスコストでは優位に立つ可能性があるのではないかと考えている。

## 3. 波及効果

海上での太陽光発電実証は他に例を見ないため、展示会でも注目されたと考えている。実証期間後の耐塩害仕様太陽光発電モジュールの受注は、スタートして間もない関係もあり通常品と比べると非常に少ないが、徐々に問い合わせや発注を頂いているため今後の展開に期待している。

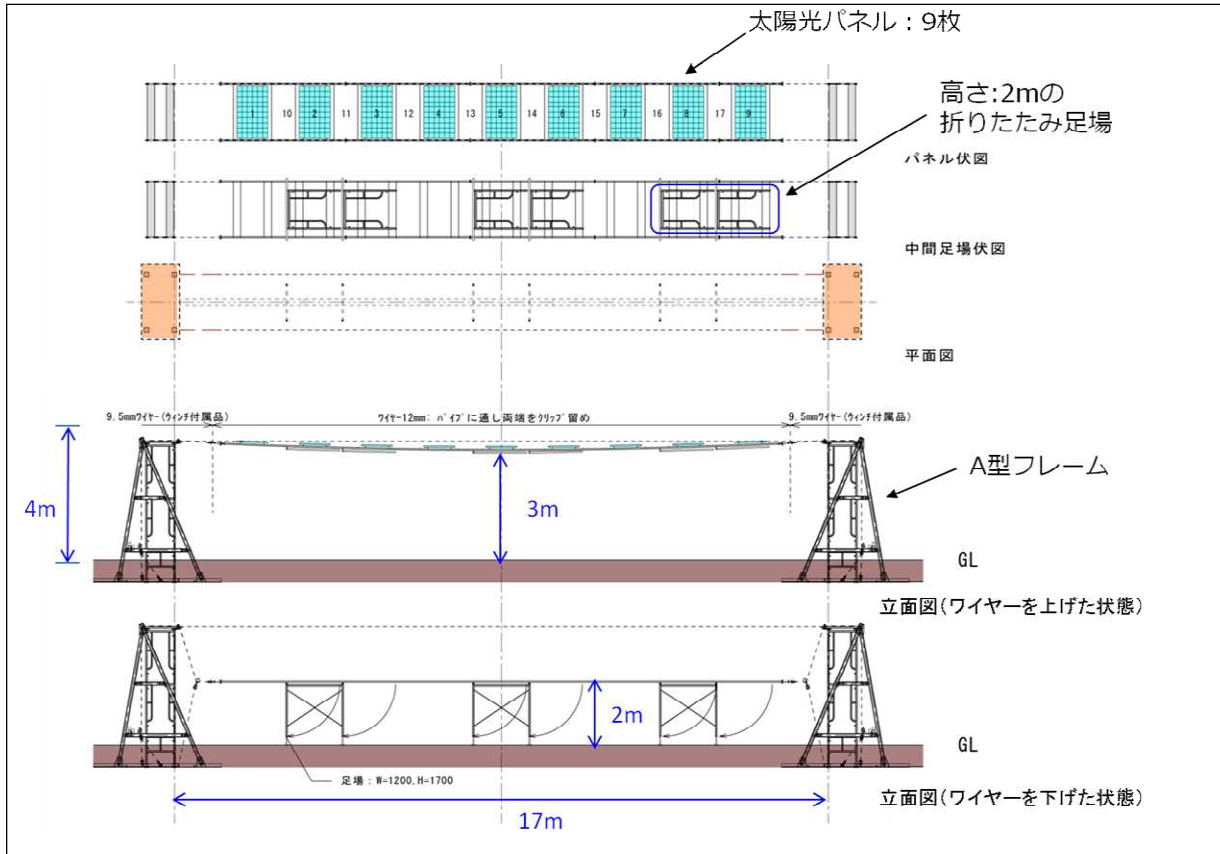
## 4. 今後の展開

太陽光発電システムは、今後クリーンエネルギーとして継続的な需要が見込まれる。特に水上・海上での太陽光発電システムは、未開拓フィールドとして最も規模が大きい（想定ポテンシャル約 40GW）、今後水上発電の期待は大きくなると考えている。そこで、残った課題を解決しながら主に漁業組合などへ PR 活動を継続する。また従来の陸上設置型についても重塩害地域での需要が増えてきているため、開発成果を生かして耐塩害モジュールとしての生産・販売を行う。

## 1. 成果詳細

### A. ワイヤ式架台の開発及び改良

#### (1) 概要、基本設計



<図Ⅲ-2-①-18-1 実証3号機の概要図>

空中ワイヤ式架台の基本的な構造及び特長は次の通り<図Ⅲ-2-①-18-1 参照>。

- ① 相対する2つの支柱間<図Ⅲ-2-①-18-2 参照>に、ワイヤーをさや管内に通し掛ける。
- ② 2本の並行するさや管間に建設用仮設布足場板を渡し掛けて、布足場板に太陽電池を設置する。
- ③ ワイヤーは支柱に取り付けられた滑車梁を介してA字型支柱<図Ⅲ-2-①-18-3 参照>の架台基礎部に接続され、太陽電池やその他部材の自重や引張力に対抗している。
- ④ ワイヤーは滑車によって長さを調節でき、その結果、上空に設置した太陽電池の田んぼからの高さを上下に移動させることができる。基本的には高さ3mで固定する。



<図Ⅲ-2-①-18-2：架台>

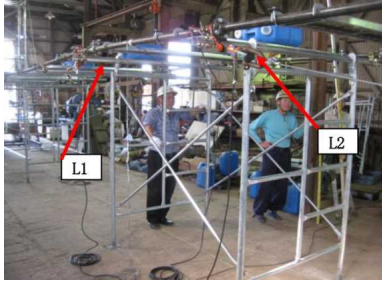


<図Ⅲ-2-①-18-3：A字型支柱>

(2)第三者機関による試験

これらの新たな設計により負荷の掛かり具合を考慮したことから、稼働実験を繰り返して行っても変形が生じなかった。その為、2号機を使って、第三者機関である(一財)建材試験センターに物性試験を依頼・実施した<図Ⅲ-2-①-18-7 参照>。その結果、基準風速 34m (最大瞬間風速 64m) クラスの荷重負荷が掛かったとしても架台等に破損等の問題が生じないことが確認できた。同時に、上下に可動させる作業性の確認と、組立・設置工事における流れを確認することができた。又、主要部材に掛かる荷重を計測・確認することができた<図Ⅲ-2-①-18-4、5、6 参照>。

現在、営農型太陽光発電設備は建築確認が必要ない為、構造的に弱い製品が多いが、実証事業において開発したワイヤー式太陽光発電設備は、より安全基準が高く、建築物としての認定が確認できる「建築確認」レベルの構造安定性を実現している。



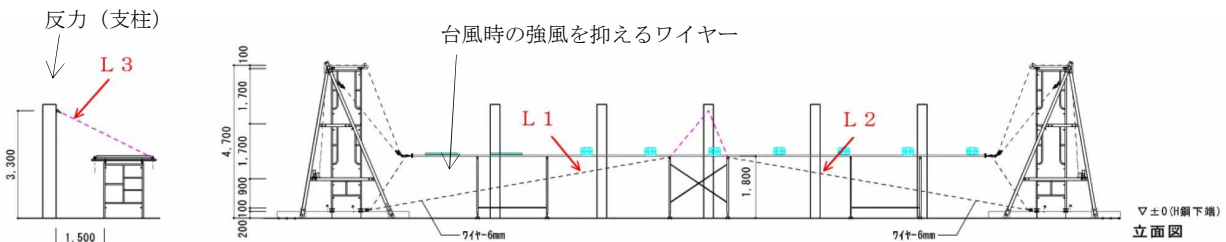
<図Ⅲ-2-①-18-4 :  
斜めワイヤーの測定点 : L1、L2>



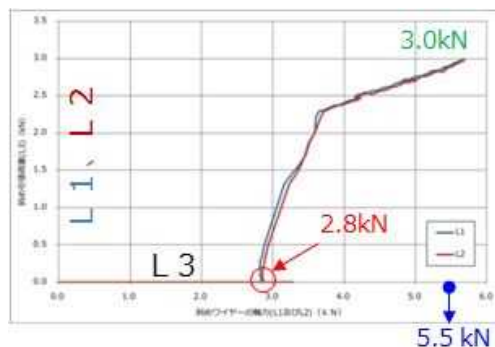
<図Ⅲ-2-①-18-5 :  
ロードセル : L3>



<図Ⅲ-2-①-18-6 :  
台風を想定した引張試験>



- ①上下鉛直方向に動かし、主ワイヤーに掛かる荷重を計測した。
- ②台風時の強風を想定し、水平方向の試験を行った。  
風速 34m、最大瞬間風速 65m を想定。その時の荷重を 2.0kN とし、5.5kN まで荷重をかけた。
- ③最大 3kN の荷重は、ロードセルにより確認した。
- ④2点 (L1,L2) 共に、2.8kN までは変形せず、5.5kN 時点で約 8cm 程度浮き上がった。



<図Ⅲ-2-①-18-7 : 第三者試験における測定点と測定結果>



### (3)フィールド検証機（3号機）及び設置工事

2号機で物理的な耐力及び力の流れを確認できたため、2号機をベースに、ワイヤー等の取り回しなど、取り扱い面に工夫・改良を加えた設計を行い、試作3号機を製作して実証フィールドに設置した。実証フィールドでは、2枚の田んぼに、スパン17m<図Ⅲ-2-①-18-8参照>と33m<図Ⅲ-2-①-18-9参照>の架台を設置した。



<図Ⅲ-2-①-18-8：スパン17m>



<図Ⅲ-2-①-18-9：スパン33m>

#### 【設置工事】<図Ⅲ-2-①-18-10参照>

設置する土地が水田という特殊な地盤・地質であることから、当初は、水田特有の課題に直面した。水田の土は(1)稲を育てる粘土質の層と(2)下部の地層とに分かれている。地面を75cm掘削して、基礎プレートや地中梁を設置する設計としたが、実証地が中山間地帯のため下部の地層にある岩の破砕等で手間を取ることがあった。また、二つの異なる地層の土が混じらないように配慮した。

現在設置している架台は掘った土の重量や反力を利用しているが、改良点は浅めに掘って、コンクリートの二次製品等をカウンターウェイトとして利用し設置作業を簡略化すると共に、部品の簡略化などコストを削減する検討を進めている。



<地盤75cm掘削>



<架台基礎と地中梁>



<A字型フレームの架構>



<チェーンブロック>



<雪のフィールド>



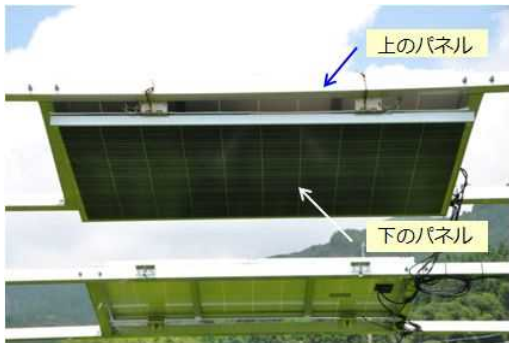
<ワイヤー架構>

建設用仮設足場を用いて、人力でA字型フレームを構築し、チェーンブロックを設置し、ワイヤーを繋ぎ、ワイヤーはさや管を通して2つの相対する架台間に渡し掛ける。太陽電池を取り付ける布足場板に太陽電池を取り付け、折りたたみの脚はさや管に取り付けている。

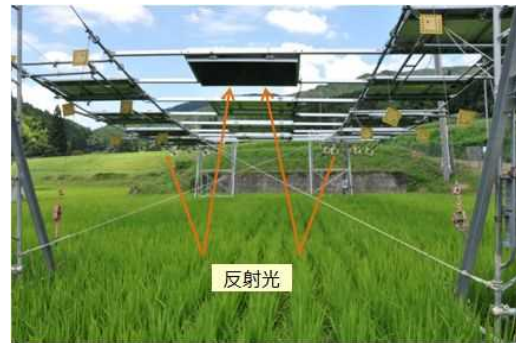
<図Ⅲ-2-①-18-10：設置工事の流れ>

(4)発電量を増量させる為の考案<図Ⅲ-2-①-18-11 参照>

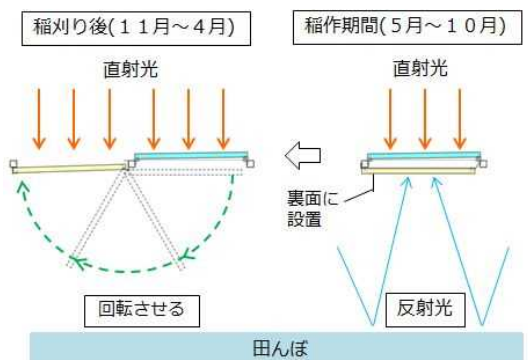
上空で発電しながら、下部の田んぼで稲作を行うため、稲の成長を阻害しないように、太陽電池の設置間隔を開けている。間隔は前後 1m、左右 4mとすることで、日影は 3.5 時間以内、日照時間は 8.5 時間以上を確保している。尚、稲作の期間は 5~10 月であり、中山間地域の棚田などは気候の関係から二毛作を行えない。そこで、既存の太陽電池の隙間に、新たに太陽電池を配置することで、農閑期に発電量を増加させることを考案した。稲作期間は増設する太陽電池を既存の太陽電池の裏面に取り付けて、田んぼからの反射光で発電している。裏面での発電効率は、表面の太陽電池と比べ、概ね 11%程度となっている。その結果、1 年間を通して約 1.5 倍まで発電量を増加させることができる。



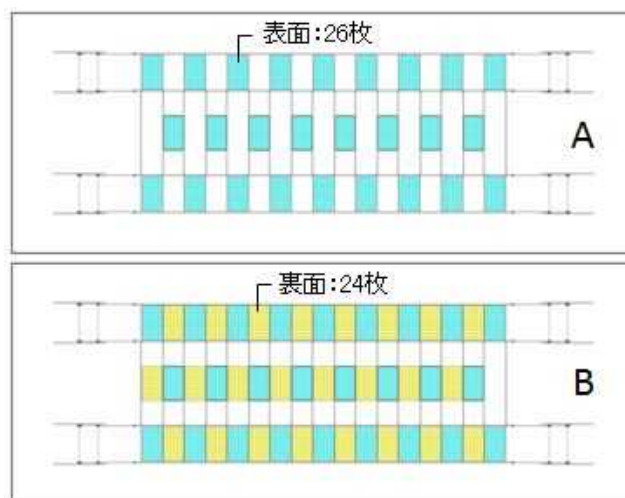
<上と下のパネル>



<稲作期は反射光で発電>



<農閑期は反転させる>



<稲作期>

<農閑期>

<農閑期はパネルが約2倍に>

<図Ⅲ-2-①-18-11 : 裏面パネルの概要>

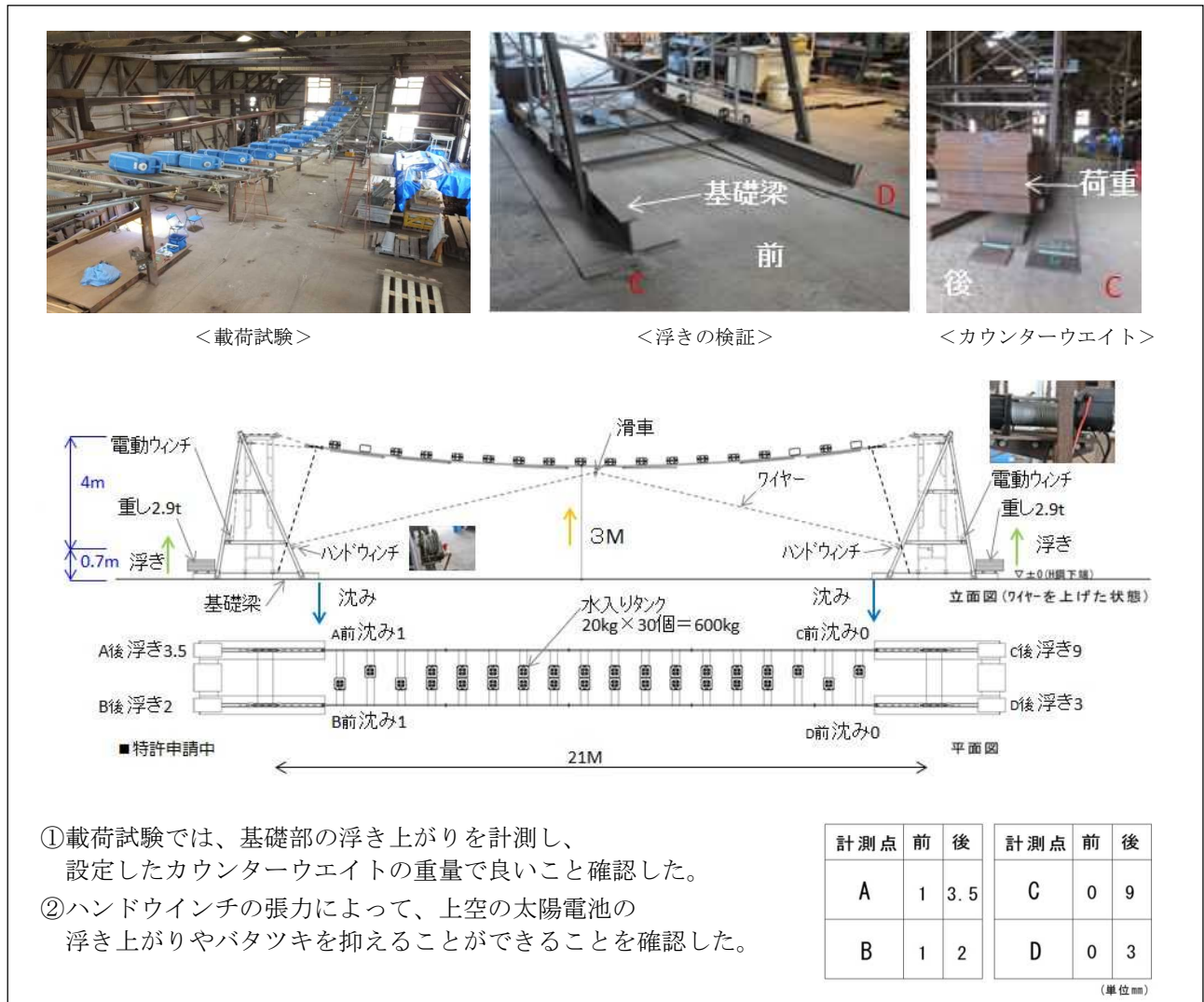


(5)追加試験、フィールドでの観察

<工場内 追加試験>

下記の架台に関して改良等に伴う追加の試験を行った<図Ⅲ-2-①-18-12 参照>。

- ①農閑期に裏面パネルを追加することによる荷重増加に伴う载荷試験
- ②前項に伴う基礎部分の挙動の確認と改良点の検討
- ③架構した太陽電池のバタツキを抑えるために取り付けるハンドウインチの効果と操作性



<図Ⅲ-2-①-18-12：追加試験の概要>

<フィールド観察>

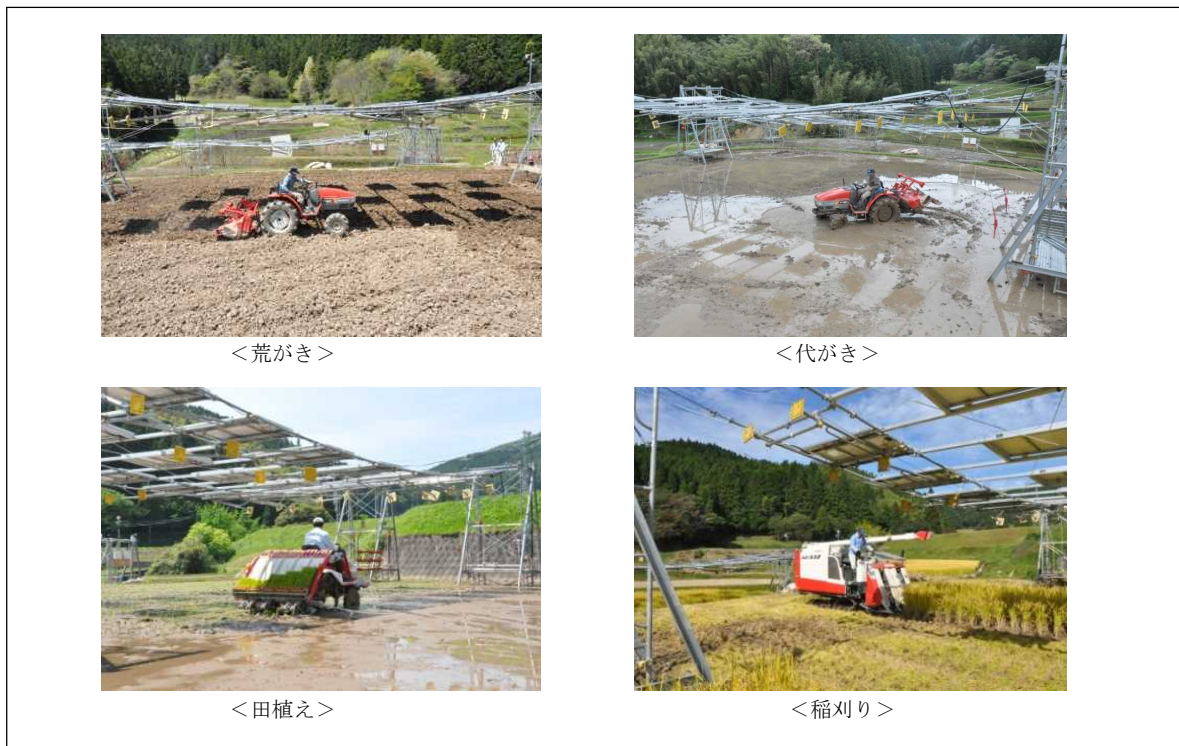
- ①並行してフィールドでは、架台の傾きやパネルの状態について、毎週観察した。稲刈り後に田んぼに入り機器を使って精査したところ、天候等によるパネルの異常や架台の傾きはなかった。
- ②実証期間中に台風が複数回通過したが、現地に設置した風速計では最大風速 17m だった。
- ③パネルの上下稼働において、バランス調整等の必要性が判明したが、今後の配置計画等によって補正できる内容だった。
- ④積雪加重を 30cm 見込んでいたが、実証期間中の積雪 15cm まで確認できた。
- ⑤太陽電池の表面の汚れは、現在の角度でも降水によって自然に流下している。

## B. 農業への影響の検証

### (1) 農作業への影響の検証

2 期目（フィールド 1 年目）では、農作業時は高さ 3m、稲作平常時は高さ 2m で固定した。3 期目（フィールド 2 年目）は、年間を通して高さ 3m で固定した。

田んぼにおいて耕運機やコンバインなどの農業機械が入るタイミングは、①荒がき、②代がき、③田植え、④稲刈りの 4 回程度である。いずれもパネルの高さ 3m であれば、問題なく農業機械を使うことができた<図Ⅲ-2-①-18-13 参照>。但し、架台廻りについては、安全のため手作業で田植えや稲刈りを行った。

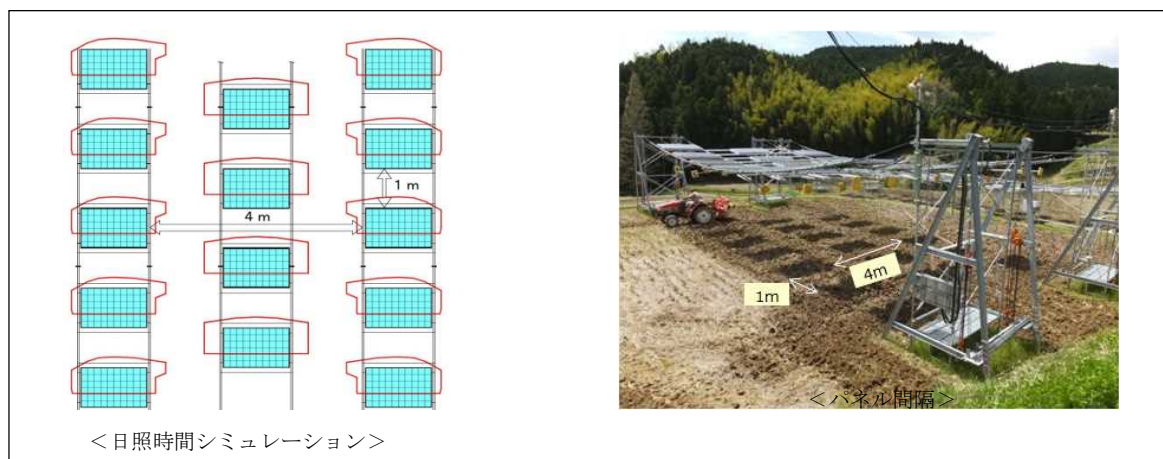


<図Ⅲ-2-①-18-13 : 農作業への影響観察>

### (2) 稲の生育及び収穫量に関する影響の検証

#### ① 稲の生育を考えたパネルの間隔の検討

稲の生育では、出穂（8 月頃）以降の日照が重要になる。その為、基本設計では日影が 3.5 時間以内、日照時間が 8.5 時間以上になるよう計算を行い、特に夏至は日照時間が 12 時間以上になるよう、設置するパネル間隔を求めた。パネル間隔は前後 1m、左右 4m となっている。<図Ⅲ-2-①-18-14 参照>



<図Ⅲ-2-①-18-14 : パネル間隔>





<図Ⅲ-2-①-18-15：稲の成長>

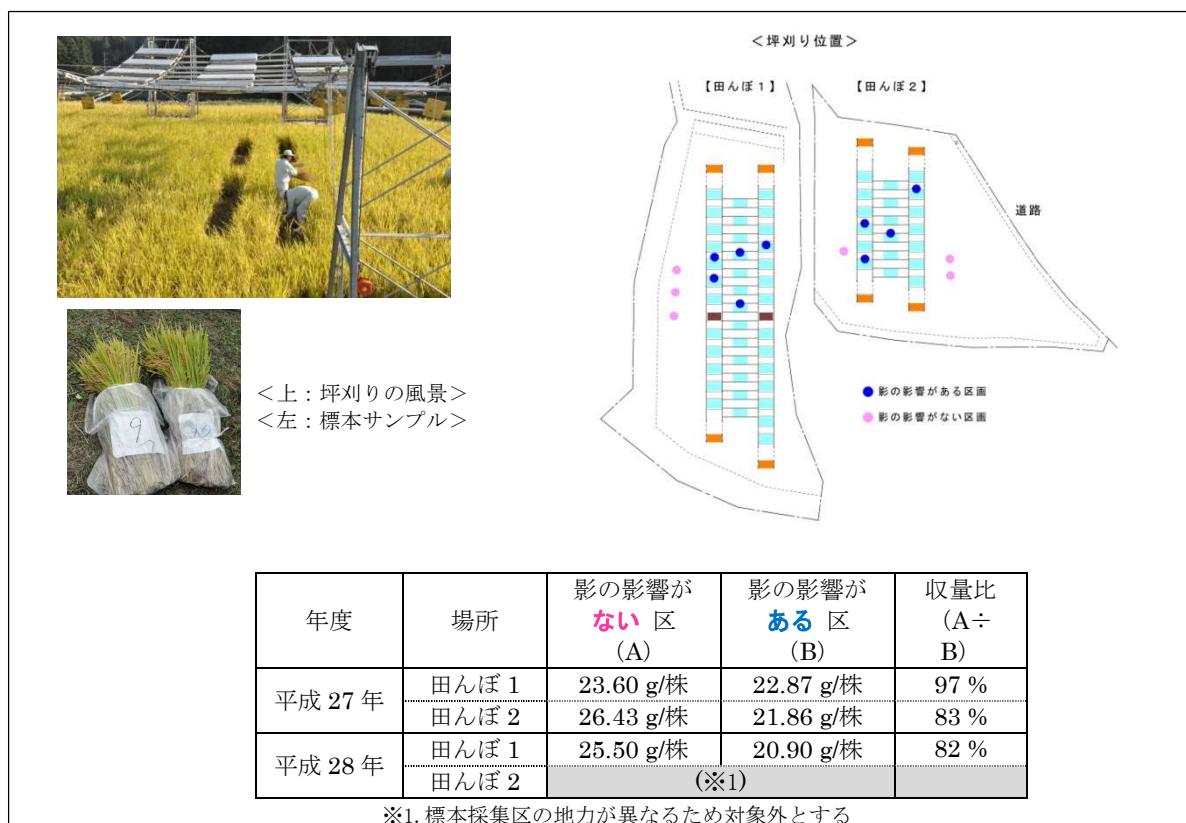
### ③米の収量調査

実証地で育てる品種は「さとじまん」で、倒伏に強い品種である。2年間に亘って、稲の生育状況を調査した。調査は、1区画 2 m<sup>2</sup>のサンプルを複数箇所採取して、収量や稲の状態を比較する「坪刈り」という方法で行った。1年目は太陽光発電設備を設置していないため、実証地の田んぼにおける稲の生育を観察し<図Ⅲ-2-①-18-15参照>、坪刈りは2年目と3年目に実施した<図Ⅲ-2-①-18-16参照>。

収量は、太陽電池パネルの影の影響があるところと、比較的影響が少ないところを比較した。

その結果、影の影響のあるところでも平均で 80~90%の収量を確保しており、現在のパネルの配置における影の影響は少ないものと考えられる。尚、稲作時のパネルの高さは、2年目は 2m、3年目は 3mと、高さを変えて検証した。

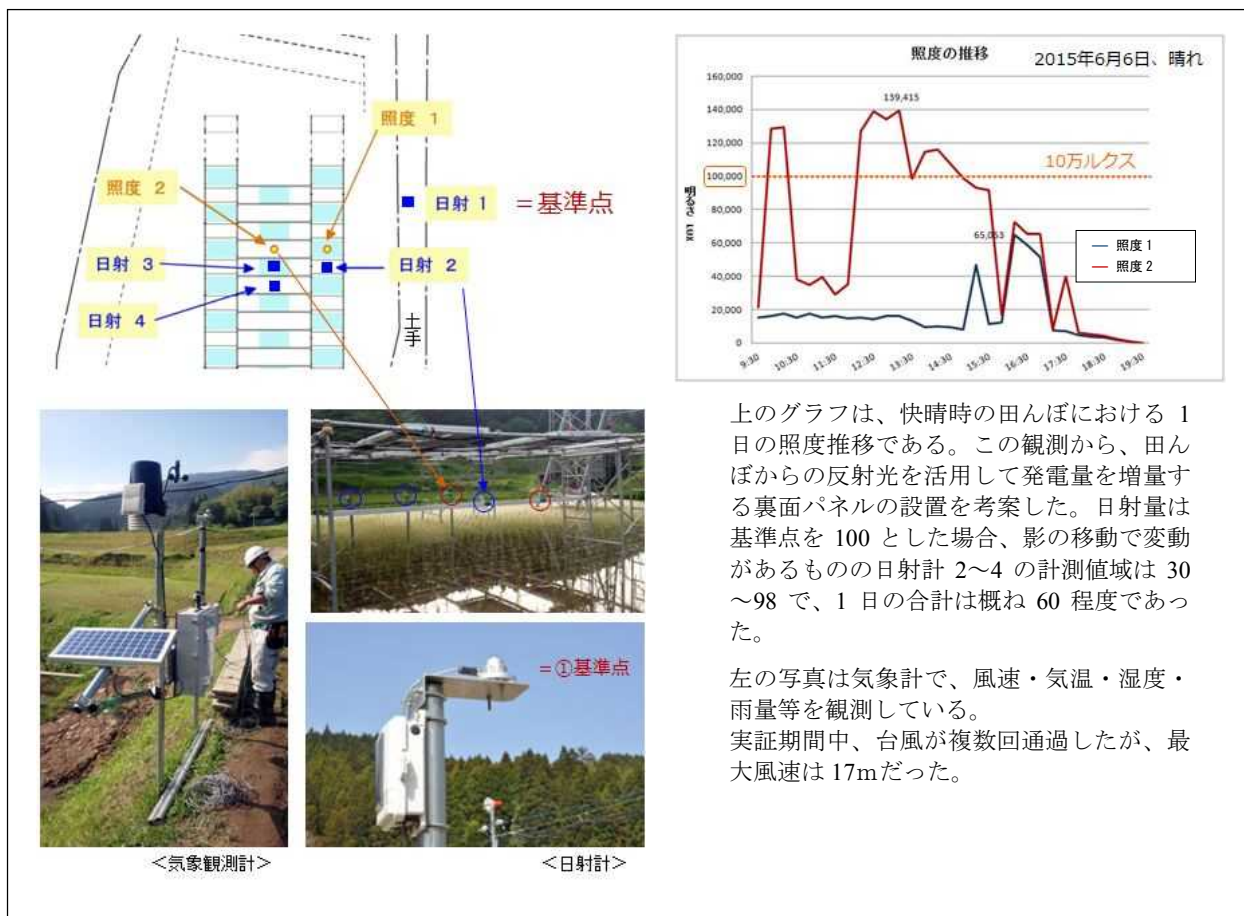
影の影響があるエリアでは、葉が長くなる傾向があり、穂数が少なくなる傾向があった。これを改善するためには、田植えの時期を早めて「分けつ」するための日数を増やすことで対応できると考えられる。



<図Ⅲ-2-①-18-16：坪刈りによる収量調査>

#### ④照度計、日射計、天気観測機器の設置

水田内に日射計と照度計を設置した。5箇所に設置し、パネルの日影の推移や日射量、照度と稲作への関連性を検証するためのデータ収集を行った<図Ⅲ-2-①-18-17 参照>。



<図Ⅲ-2-①-18-17：気象及び日照・日射量の調査>

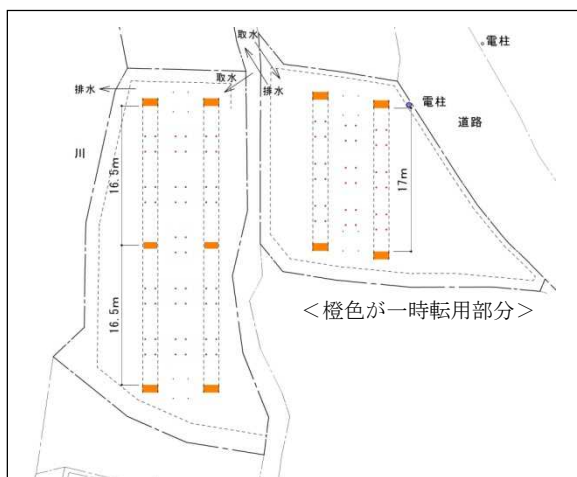
#### (3) 農地の一時的転用

実証を行うフィールドは、農地の中でも生産性の高い「農用地区内農地」であり、農地以外の利用は原則不許可となっている。しかしながら、規制監督庁である農林水産省、九州農政局、佐賀市農業委員会と綿密に協議を行い、営農型発電設備を設置できる一時転用許可を取得することができた<図Ⅲ-2-①-18-18 参照>。九州では初めての試みであり、農業委員会は元より佐賀県農業会議の委員による視察など、注目を集めている。

尚、一時転用した面積は支柱及び一時設置用の仮設足場の脚部のみであり、農地に占める割合は1%程度となっている<図Ⅲ-2-①-18-19 参照>。



<図Ⅲ-2-①-18-18：農地転用許可証>



<図Ⅲ-2-①-18-19：一時転用した場所>

### C. 発電量の推移

フィールド実証機の発電容量は 14.45 kW で、下表は実証期間中の売電実績である  
 <表Ⅲ-2-①-18-1 参照>。

<表Ⅲ-2-①-18-1：発電量の推移>

検針表記	期間			売電量	1日平均 発電量	1年間	
2015	9月	7月31日	9月13日	44日	2,068 kWh	47.00 kw/日	41.80 kw/日
	10月	9月14日	10月13日	30日	1,400 kWh	46.67 kw/日	
	11月	10月14日	11月13日	31日	1,204 kWh	38.84 kw/日	
	12月	11月14日	12月13日	30日	519 kWh	17.30 kw/日	
2016	1月	12月14日	1月14日	32日	644 kWh	20.13 kw/日	
	2月	1月15日	2月14日	31日	630 kWh	20.32 kw/日	
	3月	2月15日	3月13日	28日	868 kWh	31.00 kw/日	
	4月	3月14日	4月12日	30日	1,559 kWh	51.97 kw/日	
	5月	4月13日	5月16日	34日	1,868 kWh	54.94 kw/日	
	6月	5月17日	6月14日	29日	1,865 kWh	64.31 kw/日	
	7月	6月15日	7月13日	28日	1,091 kWh	38.96 kw/日	
	8月	7月14日	8月16日	33日	2,180 kWh	66.06 kw/日	
	9月	8月17日	9月13日	27日	1,345 kWh	49.81 kw/日	
	10月	9月14日	10月13日	29日	1,068 kWh	36.83 kw/日	
	11月	10月14日	11月13日	30日	934 kWh	31.13 kw/日	
	12月	11月14日	12月12日	28日	672 kWh	24.00 kw/日	
2017	1月	12月13日	1月16日	34日	700 kWh	20.59 kw/日	
	2月	1月17日	2月13日	27日	540 kWh	20.00 kw/日	
	3月	2月14日	3月13日	27日	1,166 kWh	43.19 kw/日	
	4月	3月14日	4月12日	29日	1,314 kWh	45.31 kw/日	
合計				611日	23,635 kWh	38.68 kw/日	

年間の発電量 (1日平均発電量 × 365日)	15,256.60 kw/年
-------------------------	----------------

※2015年10月～2016年9月の1年間を算定基礎とした

上表より、1日平均 41.80 kWh 発電している計算となり、1年間に換算すると、概算で 15,256kWh 発電していることになる。

※期間が 363 日になるため、1日平均 × 365 日で年間の発電量を求めた。

### D. 発電コストの検証 ※表面パネル無し、50kW システムに換算

工事費は設置込みで 2,000 万円、電気関係の点検のみ業者に委託することとした。

<表Ⅲ-2-①-18-2：発電コストの計算表>

①建築工事費 (材工共) 50kW システム	2,000 万円
②運転費用 (メンテナンス等)	6 万円/年
③パワコン等、機械部品交換費	120 万円/20年
(1) 20年間の総コスト (①+②+③)	100 万円/20年
④システム容量	2,220 万円/20年
(2) 1kWあたりの工事単価 (①÷④)	50 kW
⑤年間発電量 (三瀬ベース)	40 万円/kW
⑥期間	52,960 kWh/年
(3) 20年間の発電量 (⑤×⑥)	20 年
(4) 発電コスト ※除去費は含まない、(1)÷(3)	1,059,200 kWh/20年
	20.96 円/kWh

この結果、20年間の発電コストの試算は 20.96 円/kWh となった<表Ⅲ-2-①-18-2 参照>。

更に量産化を進めて、建設工事費を 20%、▲400 万円コストダウンを図ることができれば、  
 (2,220 - 400) ÷ 105.9 万 kWh = 17.18 円/kWh まで発電コストを低減できる見込みである。

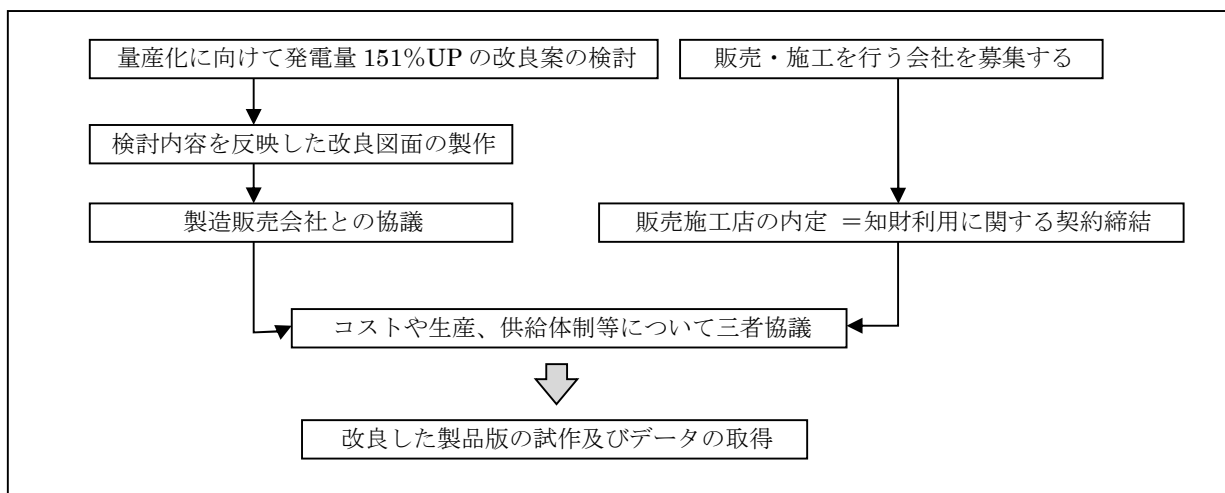


## 2. 実用化・事業化見通し

今後の実用化・事業化の見通しは次の通りである。

- (1) 量産化に向けて、発電量を 1.5 倍にする改良の検討を続ける。
- (2) 農閑期に発電量を増量するための改良案を反映させた製品図面を製作する。  
FIT 価格の低減が進む中、実証事業当初の内容では売電収入が少なくなる。  
その為、製品化に際しては、発電量を増加できる仕組みはオプションではなく、製品として正式に採用する必要があると考えている。
- (3) 現在協議中の製造会社「中央ビルト工業（株）」とコストや生産体制を引き続き協議する。
- (4) 随時、ワイヤー式営農型架台を販売・施工する会社を募集する。  
当初、販売・施工を行う会社は、各地の工務店を想定している。  
特に農家への販売チャンネルを持っている JA や農機具メーカー（ヤンマー等）との協同も検討する。尚、募集はホームページ等を通じて行う。
- (5) 現在は民間金融機関の融資の際、農地は担保として評価されない。その為、農家に融資を行える JA バンクや政府系金融機関との連携を図り、営農型発電設備に対して、円滑に融資を行える仕組みを整えていく。
- (6) 国に向けて、危機が到来したときに日本経済を回復させる投資先の準備を促す本を出版する。その中で、3 つの方法の一つとして「田んぼの発電所」が最重要項目としており、「なぜ田んぼで発電するのか」、その目的や意義、効果などを説明する。これにより国民が農家に電気をつくってもらうよう依頼する流れをつくり、田んぼで発電するマーケットを創造する。
- (7) 同様に、同書を通じて、農家に対しても協力要請を行うとともに、発電しながら営農を続ける義務を履行する体制を考え、整える。
- (8) 農家に対して販売・施工を行う各地の工務店にも、市場の規模などを理解してもらい、参入意欲を高める。
- (9) 福永博建築研究所の職域は設計及びマネジメントである。市場を想定し、製品の基本設計を行うことである。今後は、改良を行いながら製品化して製造・販売を行うメーカーを探し、事業化への道筋を付ける。
- (10) 販売会社が決定したら、ノウハウ・特許等知財の利用に関する契約を行う。
- (11) 製造販売を行う「中央ビルト工業株式会社」で改良した製品版の試作を行う。
- (12) 「中央ビルト工業株式会社」以外の製造販売会社を探して、競争させることにより更なるコスト低減を図る。

### ■実用化へのロードマップ



### 3. 波及効果

今回の研究開発は、衰退する農業を保全しながら自然エネルギーを増大させることにある。

#### (1)準備段階

農業をしながら、上空で発電することで、農家は売電収入を得て、農業を継続することができる。農業以外の収入が定期的に見込めると、後継者の離農を防ぐことができる。

最初は基本ユニット（1 セット）から始める。基本ユニットは、8m×20m の広さで、システム容量は 12.5kW である<図Ⅲ-2-①-18-20 参照>。この基本ユニットのコストを目標値に近づけ、安定して製作できる環境を目指す。

#### (2)導入 第一段階

目標は、一農家あたり 4 ユニット、12.5kW×4=50kW のシステムとする

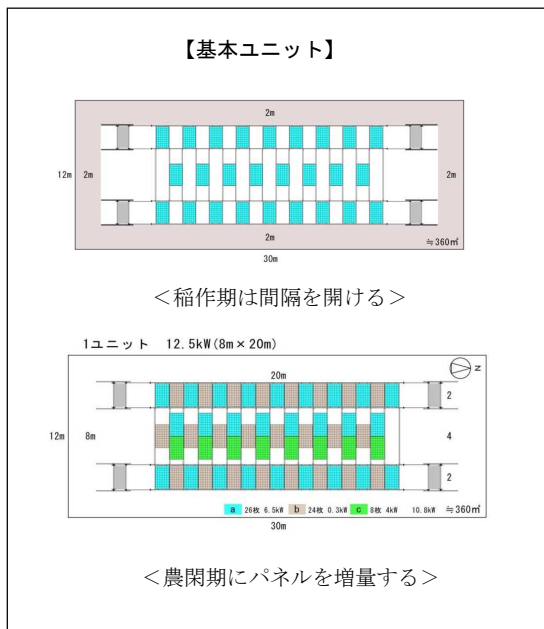
<図Ⅲ-2-①-18-21 参照>。

50kW システムの必要な面積は 1 農家で約 1.5 反、年間発電量は約 50,000 kWh となる。仮に固定価格買取制度の単価(2017 年)の 1kWh あたり 24 円で買い取りすると、年間の売電収入は 24 円/kWh×50,000kWh=120 万円/年となる。

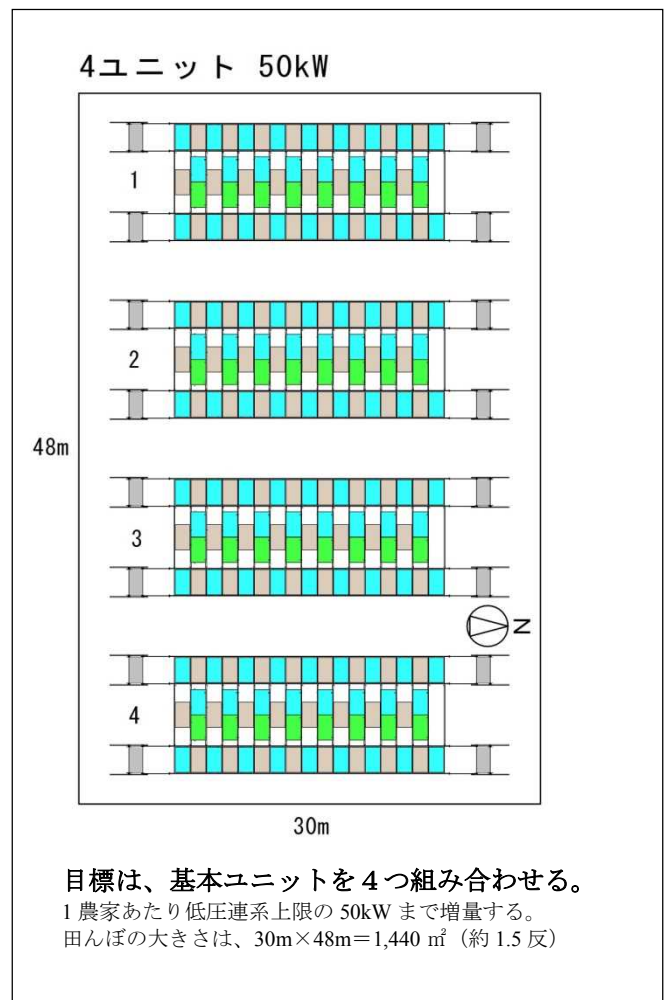
試算では、国内の水稻農家 72 万戸が本事業に参画すれば、導入ポテンシャルは 36 GW、日本の総発電量の約 4 %をまかなうことができる有力な代替エネルギーとなる。

(50kW システム時)

田んぼや畑などの農地との共有は、日本において太陽電池を設置できる最後の広大なフロンティアである。



<図Ⅲ-2-①-18-20：基本セット>



<図Ⅲ-2-①-18-21：一農家4セットが目標>

## 4. 今後の展開 (

### (1) 広めること、知ってもらうことが重要

この研究を本にまとめて出版し、社会に広報する。NHKのドキュメント番組として取り上げれば、成果が認められたとになると考える。この提案が有効であることを社会的に確認し、具体的な報告がされることで、この国が変わっていくことが、大きな改革になる。

### (2) 目標とする大きな流れ

最終目標とする 72 万戸の農家が田んぼで 250kW の発電を行うと、57.6 兆円の設備投資が行われることになる。これを実施するために、自然エネルギーを優先して送電する仕組みや金融制度の整備、従来の FIT ではない「営農型発電を促進するための固定価格買取制度」の設置などを行うことが、「平成の農地改革」であり、方法を実施するための周辺環境を整えることが重要である。

資金は国が建設国債を発行して調達し、その資金を GPIF (年金積立金管理運用独立行政法人) に預託する。GPIF は 1 農家当たり 8,000 万円を融資する。農家は売電収入から返済し、残りが農家の収入となる。

農家の収入が安定すれば、農業に必ず人が戻ってくる。農業地域に若い人達が居住して、子供をつくることで、人口の減少に歯止めをかけることができる社会へと変化し、住居と職の変革をすることができる。そうすれば、この 100 年間で少子化問題は必ず解決できる。これがお金の本来の力である。

自然の恵みへの手助けである農業は、現在衰退の一途をたどっている。これに歯止めをかけ、工業化した社会に適合する方法は、両者の組み合わせである。日本が得意とする、文化でもある農業を維持するためには、田んぼで米を作りながら同時に発電を行い、田んぼから安定した収益を増やすことが重要である。その方法が「田んぼの発電所」である。システム容量を段階的に増やすことにより、売電収入を 800 万円まで増やす。収入が生活に安定感をもたらす。自然の恵みの最大のものである太陽光を農業と太陽光発電を組み合わせることによって、その利益は国民全体が共有する。

### (3) 普及までのステップ

#### < 準備段階 >

まずは 1 農家 12.5kW の基準ユニットから始める。

各地で農家が田んぼで発電を始めることで、見本となり、身近に実感できるようになる。

#### < 第 1 段階 >

基本は 1 農家 50kW 規模とする。72 万戸の農家を実施すると、導入ポテンシャルは 36GW となり、総発電量の 4% を田んぼで発電できる。

#### < 第 2 段階 >

平野部など規模を拡大できる農家は、システムの増量を行う。仮に 72 万戸の農家が 100kW まで増量すると、総発電量の 8% を田んぼで発電できる。この数値は水力発電の規模に匹敵する。ダム増設は、環境への影響を考慮すれば、既に限界に近づいているが、水力は最大の再生可能エネルギーである。「田んぼの発電所」による 10% の発電量達成は、1 世紀を超えるダム建設の歴史に比肩する、大きなエネルギー改革になる。

#### < 第 3 段階 >

最終目標は、1 農家のシステム容量の平均が 250kW とする。この規模に到達すると、総発電量の 20% を田んぼで発電することになり、原子力発電と同じ規模になるため、原子力発電の代替エネルギーとなる。東日本大震災前には、54 基の原発が総発電量の 30% を賅っていた。その発電量に「田んぼの発電所」だけでここまで近付ける。土に根ざした日本の稲作文化を守りながら、同時にエネルギーの自立を促し、化石燃料にも核にも依存しない、文字通り「日本を動かす力」を生み出すことが出来る。田んぼにはその力が備わっている。

<今後の展開チャート>

準備段階

見本となる 12.5kW (基本ユニット) からスタート

第1段階

- ・ 1 農家 50kW を基本とする
- ・ 72 万戸の農家が田んぼで発電を行うと、総発電量の 5% を発電できる

第2段階

・ 1 農家 100kW まで増量 = 総発電量の 10% を発電 = 水力発電と同規模

第3段階

- ・ 規模を段階的に拡大し、最終的に 1 農家 250kW まで増量
- ・ 総発電量の 20% を発電 = 原子力発電と同規模 = 代替できる

## ②太陽光発電多用途化可能性検討事業

### (1) 鉄道線路内太陽光発電 (株式会社フルーク)

#### 1. 成果詳細

##### 「鉄道線路内太陽光発電」

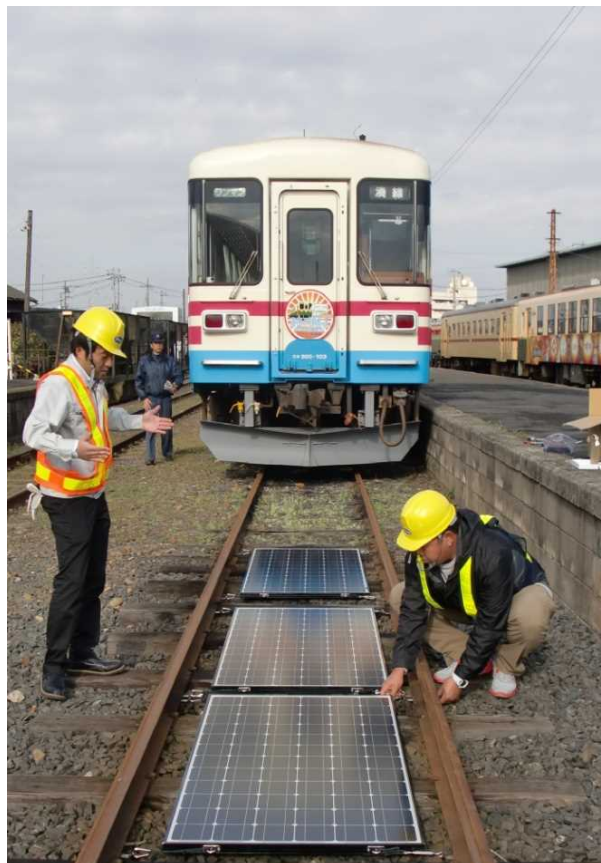
世界初の「鉄道線路内太陽光発電」は鉄道のレールの上に太陽電池を設置して発電をする画期的太陽光発電システムである。

全国に存在する鉄道線路内に太陽電池を設置したと仮定すると原発約6基分で約6,500メガワットの発電能力がある。これは日本全国の電車を太陽光発電で走らせる事が出来るという仮説が成り立つ。

鉄道線路内は計り知れない再生可能エネルギーのポテンシャルが存在する事は間違いない、また、将来的には、太陽電池で発電した電気を利用して電車を走らせる事が出来る可能性がある。いわゆる夢の「鉄道のゼロエミッション」の時代が来る日も期待される。

経営が苦しく、赤字が続いている地方ローカル線は、本システム導入により、この線路内で発電した電気を利用して、赤字の補填につながる。

実用化、普及に向けて、全国の鉄道の鉄道敷地内には、既に使用しなくなった未使用線路も多く存在するため、その未使用線路を利用した太陽光発電の検討、さらに各鉄道会社内の車両区、保線区、車庫等の既存線路を利用した太陽光発電の検討、また鉄道会社の廃止路線の残存線路での太陽光発電装置の検討等が有効であると考えられる。



図Ⅲ-2-②-10-1 線路での実験風景

#### ・鉄道線路内太陽光発電の技術課題7項目の抽出

##### 課題1、軌道の保守・点検作業の妨げ

軌道内の線路は、軌道検測、軌道修正、レール、枕木の交換等が行われている、検査の方法は目視検査と詳細検査があり、大手鉄道会社では軌道の検査は最低でも年1回、夜間と日中で行われている。

地方のローカル線の場合、枕木や道床の状態、軌間の計測検査は定期的に行われてはいないが、常時数人で全区間を歩き目視確認する事で、軌道検査は行われている。軌道の補修作業も首都圏の大手鉄道に比べると走行列車が1両、2両編成で30分に1本が通過する程度であるため、軌道の破壊速度も遅く、重機や機械による補修作業は頻繁には行われていない。補修作業も3、4人の作業員がチームを組んで、軌道検査結果や運転手からの報告で緊急性の高いところから、工事の順番を決め補修作業しているのが一般的である。

頻度が少ないとは言え、検査・補修に対応するため、短時間の脱着が課題となる。しかし、大手鉄道各社では、既に軌道検査の装置化を開発中で、それが実現すれば作業員が線路を歩きながら検査をする方法に代わり、列車に取り付けた検査装置で軌道の異常を察知する事が



可能になる。

## 課題 2、短絡による軌道回路への影響

通常軌道の線路上には、電気で動く電車と軽油で動く気動車（ディーゼルカー）があり、電気車は変電所からトロリー線を通じて電車の屋根にあるパンタグラフから電気を入れ、下部のレールに戻し、レールを伝って変電所まで電気を送りながら走行する。したがって、線路には常に電気が流れている。また左右のレールを電気回路の一部に用い、その区間に列車等が存在すると、車輪がレールを短絡させることにより列車検知を行っている。この列車検知方式はディーゼル車区間でも採用され、ほとんどの鉄道で行われている。

既存製品の太陽光パネルのフレームはほとんどが金属性であり、それを固定する金物も金属である。レールとパネルが接続しないように、どこかで絶縁をしなければ、短絡して信号等の誤作動を招いてしまうので、短絡しない取り付け方法が不可欠となる。

## 課題 3、建築限界の懸念

鉄道の現場では、車両が安全に線路上を走行出来るようにする「建築限界」と「車両限界」というルール（（鉄道に関する技術上の基準を定める省令）がある。建築物と車両がそれぞれの限界を超えない様にする事により、建築物と車両との接触を防いでいる。

●建築限界内に建物や建造物を設けてはならないと定められている。

●建築限界外であっても、建築限界に崩れる恐れのある物を置いてはならない。

建築限界は、レール面より上に定められているので、太陽光パネルをレール面より下部に設置してはいけないという規定はない。

## 課題 4、台風や突風の強風に対する懸念

軌道の環境は、市外地を走る鉄道と郊外の障害物の無い平らな田園地帯を走る鉄道とはおのずと風圧には大きく違いがあり、特に郊外の田園地帯の鉄道の強い横風による影響が懸念された。特に、太陽光パネルが強風にあおられ、外たり、飛ばされる事によって鉄道事故を起こす可能性が考えられる。また近隣の住民にも多大な危険を負わせる事も考えられる等、風による影響の懸念があった。

太陽光パネルの設計用風荷重は JISC 8955 : 2011 で定められているが、さらに建築基準法の外装材を規定した風荷重も算定する為、実験用の風洞を利用して、50年に一度の最悪の状況を設定して、どの位の風圧が太陽光パネルに及ぼすかを再現し、揚力を測定したうえで、固定金物の素材や強度を選ぶこととした。

## 課題 5、伴流に対する懸念

高速の電車が通過する際に、列車の最後部で発生する最大風力に耐えられるのか、計画している固定金具の強度検証が必要である。

## 課題 6、車両の振動に対する懸念

車両が通過する時に、線路の継目等からの振動によって太陽光パネルの表面の強化ガラスが破損をするのでは、或いは固定したパネルの位置がずれたり、外れたりして危険はないか確認が必要である。

## 課題 7、パネル表面の反射光が運転手及び近隣住民に影響を及ぼさないか。

空港などで、太陽の方向、角度で太陽光線が太陽光パネルに反射してパイロットの操縦の妨げになり、特殊なパネルを取り付けた事例があるので、鉄道の場合も常に運転手の目前に太陽光パネルがある為に、同じ様に太陽光線が反射してまぶしくて運転の妨げになるのではないかとこの意見があった。また、近隣の住宅にも太陽光パネルに反射した光が差し込み生活の妨げになるのではないかという意見もあった。

### 技術課題に対する対策

#### 1、軌道内の保守・点検作業への対策

軌道内の保守点検作業の障害に成らない様にするには、太陽光パネルの脱着が簡単に出来る事が第一条件である。脱着作業が素早く出来る為には、少ない人数で、出来るだけ重機や電動工具を使わず、しかもワンタッチで作業が完結する事が重要な条件である。素早い脱着の為に、以下の物を実験用に用意した。

##### 1.1 三種類の取付け方法

###### 1.1.1 フレーム内取付け方式

フレームに内径 18mmの穴を開け、ワイヤーをその穴を通してレールに取り付けたステンレスフックに接続する。線路に取付けが完了するまでの作業と時間の確認、そしてその取付けた太陽光パネルを一旦外して約 2メートル前方に移動させ、再び取付完了するまでにどの位時間が掛るか計測した。

###### 1.1.2 外掛け方式

太陽光パネルの表面側にハイテク絶縁ワイヤーを掛け左右のステンレスフックに接続してパネルを固定する方法

鉄道総研内の構内試験線での、脱着試験はレールの下のアラストが大きめで、空間が少なく、ステンレスフックを差し込む際に時間が掛った、ボールを使用して石を退かしながらの作業だった、ターバックルとパネルの間隔が狭く、パネルが何らかの衝撃で動いた場合短絡する可能性があった。



図Ⅲ-2-②-10-2 外掛方式

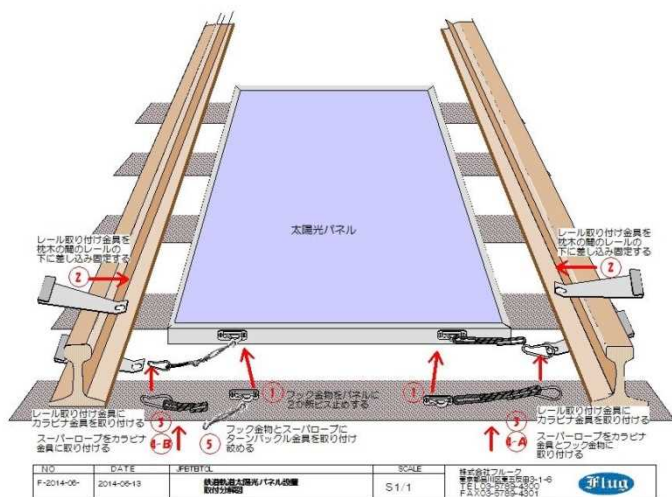
### 1.1.3 フック方式

太陽光パネルの短辺側面にフックを4ヶ所ネジ止めし、レールに取付けたステンレスフックにワイヤーで接続する方法

パネルに直接取り付けたフックとレールの下にステンレスフックを短いハイテク絶縁ワイヤーで取付付けるだけの作業で、非常にスピーディーで出来る。レールの下にバラスト次第ではさらに時間短縮が可能である。



図Ⅲ-2-②-10-3 フック式



図Ⅲ-2-②-10-4 フック式の見取図

## 2、脱着実験

### 脱着試験の結果

脱着の作業は、3つの方式ではフック方式が非常に簡単であった、時間もフック式が一番短時間で作業が出来た。

#### ・フレーム内取付方式

ハイテク絶縁ワイヤーをパネルの穴から通す作業の際に、太陽光パネルを一度持ち上げなければならず、2名の作業員が同時にその作業をしなければならないので、時間も掛る。

#### ・外掛け方式

作業的には問題は無いが、パネルを上から押さえているだけなので、風圧によって動く可能性がある、また、何らかの原因で動いた場合ターバックルやレールの締結装置に触れると、短絡して信号の誤作動を招く恐れがある、また更にパネル上に常にワイヤーの陰が生じて故障の原因になる可能性がある。

#### ・フック式方式

3方式の中では、作業工程も簡単で、作業時間も一番早く、ハイテク絶縁ワイヤーが短くて良いので、3方式の中では、一番良好な結果となった。

## 二分割方式による太陽光パネル 20 枚の移動実験

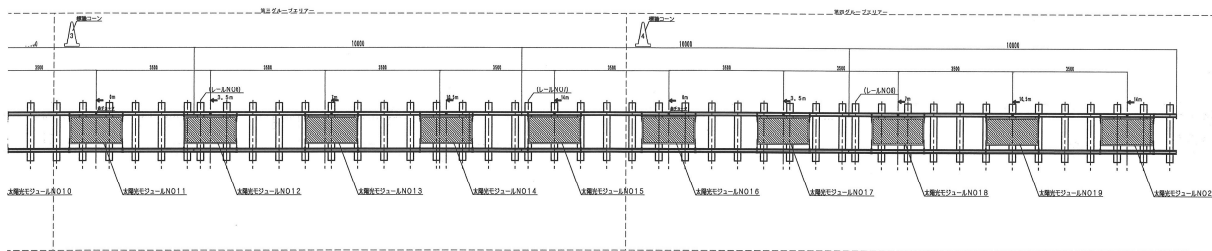
軌道のメンテナンスに効率的に対応する為に、あらかじめ太陽光パネルの間隔を約 2m開けて設置をする、そして事前にそのパネルの空いている 2mの間を突き固め、補修等の作業をしておく、後日補修が終了した部分に太陽光パネルを 2m移動させ、今まで太陽光パネルがあった場所を補修、突き固めを行う、そうすれば全体を 2mずらすだけで、1 時保管場所も使わずに、日中の作業で補修、突き固め作業等のメンテナンスが完了する為に、太陽光パネル 20 枚を 2m間隔で取り付け、更に 20 枚の太陽光パネルを 2mずらすのにどのくらい時間がかかるかを計測した。

### 3.1 太陽光パネル 20 枚の移動実験の結果

実験の結果パネル異動の所要時間は 15 分～17 分で出来る事が分かった、これは我々が予想していた時間よりもはるかに早い時間であった、地方のローカル線の列車の間隔は 30 分～



約2時間あるので、営業時間内の移動が考えられ、終電後夜間の作業をしなくても良いので、メンテナンス費用が削減できる、したがって太陽光パネル100枚程度の移動は、1日で出来る計算になる。



図Ⅲ-2-②-10-5 間隔を空けた場合に設置方法



図Ⅲ-2-②-10-6 間隔を空けた場合に設置実験

#### 4、 短絡（ショート）による信号の誤作動防止対策

鉄道の線路には電気が常に流れていて、電車の車軸で左右のレールを短絡させることによって、列車の位置情報を検知している、したがって、太陽光パネルによって短絡をさせると、信号の誤作動を起こし、事故の原因になる可能性がある。

太陽光パネルを固定する過程のどこかで絶縁材を使用して、短絡を防がなければならない。我々はその方法として、下記の2案を検討した。

##### 4.1 ハイテク絶縁ワイヤー方式

ハイテク絶縁ワイヤーの芯糸はケプラーで側糸は紫外線での劣化を予防するために黒のポリプロピレンを使用、絶縁性があり、ステンレスと同等の強度があり、非常に軽量で加工が容易である、これを太陽光パネルの4箇所を使用して短絡を防止する。





図Ⅲ-2-②-10-7 ハイテクワイヤー

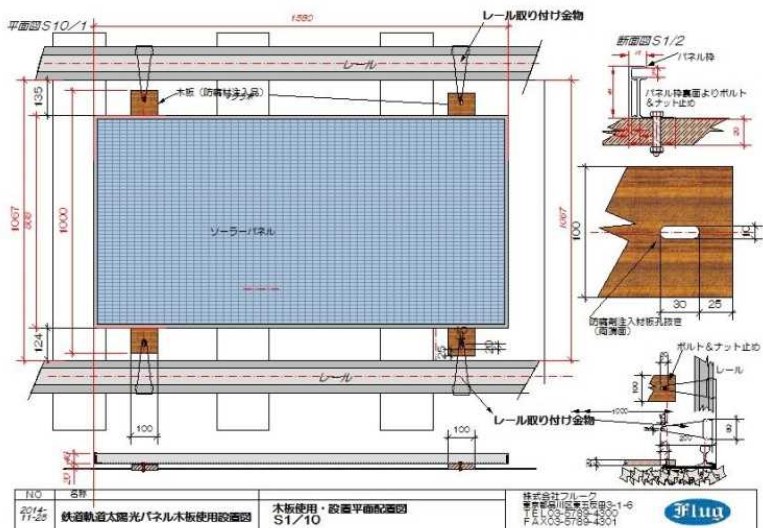
#### 4.2 木板絶縁方式(間伐材利用)

太陽光パネルのフレームのある既存の取付用の穴を利用して、防腐剤を加圧注入した間伐材利用の木板をボルトで四隅に取り付ける、その木板にステンレスのフックをビスで取り付ける、レールの下部に差し込んだステンレスフックと木片に取り付けたフックをステンレスのワイヤーで固定する、更に動かないように2か所をターバックルで締め付ける。

本来木材は数十年、数百年の対応年数は数多くの日本建築で証明されているが、屋外で使用する場合防腐剤の塗布と加圧注入の場合とは、対応年数に大きな違いがあり、加圧注入の場合は20年以上の耐久性がある。



図Ⅲ-2-②-10-8 絶縁試験風景



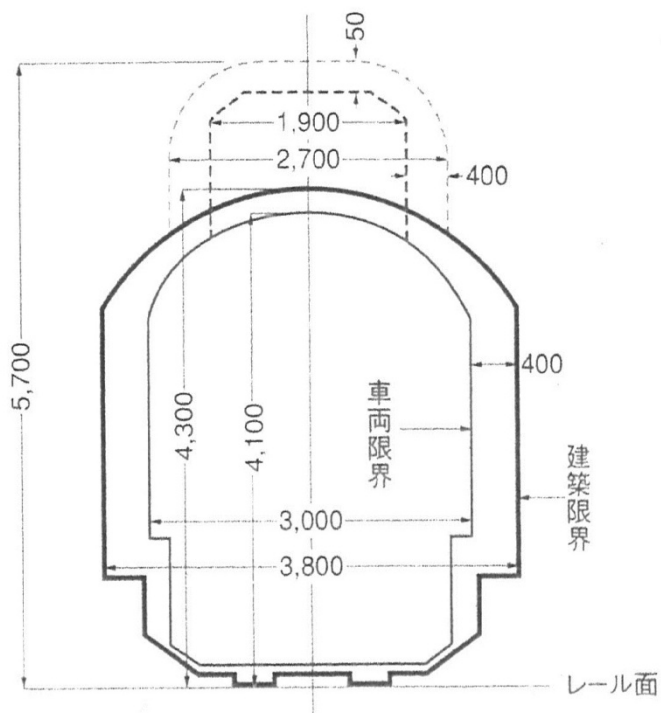
図Ⅲ-2-②-10-9 絶縁試験設置平面図

## 5、 建築限界に対する対策

### 5.1 建築限界は問題ない

軌道のレール面より上には建築限界が定められているが、レール面から下は規定がないで太陽光パネルを設置しても問題は無い。

#### ■建築限界と車両限界の関係の例



図Ⅲ-2-②-10-10 建築限界と車両限界の関係

## 6、A T Sの誤作動テスト

ひたちなか鉄道的那珂湊駅構内のA T S装置の手前に太陽光パネルを3枚設置して、実際に太陽光パネルの上を車両に通過させ、A T S装置が反応しないかをテストした。4回繰り返したが、既存のA T S装置には反応したが、太陽光パネルには全く反応はしなかった。



図Ⅲ-2-②-10-11 A T Sの誤操作試験

## 7、耐風圧試験

### 7.1 風洞実験

軌道内に太陽光パネルを設置する場合、強風や突風によってパネルが飛ばされる可能性が考えられる、その為にどの位の風圧があった場合、どの位の強度で固定をしなければ成らないかを把握する為の設計係数が必要であった。

その為に、風洞実験によってその値（台風設計用風力係数）を求める事にした。

実験方法は、周辺に建物、樹木などが無い平坦な更地に敷かれたレール内に設置されたソーラーパネルに強風が吹いた状況を風洞内に想定して行った。





図Ⅲ-2-②-10-12 模型による風洞実験風景

## 7.2 風洞実験の結果をまとめると以下のとおりである。

- ・本実験は、周りに建物や樹木が無い平坦な場所で、列車の通過していない状況を想定して行った。
- ・実験気流は、建築物荷重指針・同解説(日本建築学会、2004年)の地表面粗度区分Ⅱの気流にほぼ従うものを用いて行った。
- ・実験模型は縮尺 1/10 とし、長さ 20m 相当に渡る、レール、枕木、ソーラーパネル及びクッション材をモデル化した。
- ・実験ケースは、連続して設置されたソーラーパネルの中央に位置する場合と、端部に位置する場合の 2 ケースについて行った。
- ・設計用ピーク風力係数は、いずれのケースも吹き上げられる方向に大きく、中央に設置されるソーラーパネルでは-0.48、端部に設置されるソーラーパネルでは-0.46 である。
- ・得られた設計用ピーク風力係数を用いて、平成 12 年建設省告示 1458 号に基づき地表面粗度区分Ⅲ、 $V_0$  を 38m/s とし風荷重の算定を行った。得られたソーラーパネル 1 枚当たり(パネル面積 1.2m<sup>2</sup>)の設計用風荷重は、中央に設置されるパネルでは 240N、端部に設置されるパネルでは 229N である。
- ・付近に建物や樹木がある場所や地盤に起伏のある場所に設置する場合及び列車通過時に強風が吹く場合については、これらの影響により大きな風荷重となる可能性も考えられるので、別途検討を行う必要がある。

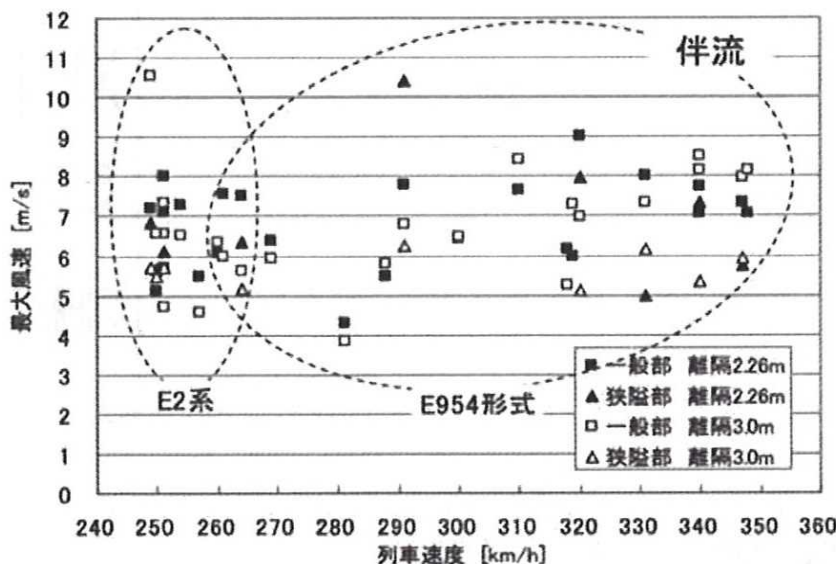
## 7.3 伴流対策

列車が高速で通過すると列車の後方で風が巻き上げられる現象がある、その風に線路内に設置した太陽光パネルが巻き上げられてしまわないかという意見があった。列車の後方で起こる風を伴流というが、列車がどの位の速度で通過すると、どの位の風圧が線路内に設置した太陽光パネルに発生するかを調べた。

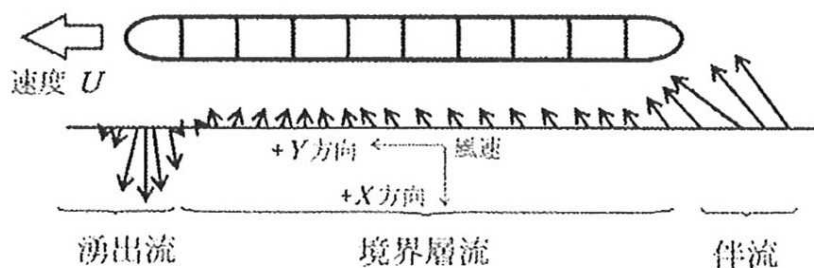
JR EAST Technical ReviewNo.31「列車風のホーム上ならびに駅舎内での影響」の中に記載があったので引用する。

実験結果では、E954形式新幹線高速試験電車の350km程度通過速度での最大風速は5m~10m/sであった、これはE S系の営業列車(250km~265km)と同程度の風速で、安全上の目安6m~9mの範囲内であった。

前項での風速実験では、最大風速38m/sで太陽光パネルの風圧は24kgであったので、伴流の最大風速は5m~10mでは、現設計の固定方法の範囲内である事がわかった。



図III-2-②-10-13 列車速度と伴流の最大風速の関係 (B駅)



図III-2-②-10-14 列車風の様態

#### 7.4 風洞実験の試験結果

風洞実験で得られた係数は、上記のように最大風圧で、中央部で240N(約24kg)端部で229N(約22.9kg)という事が判明した。現在計画中の固定金具のうち、フレームフックで十分に耐えられる強度を確保している事がわかった。

但し、取付ネジの引き抜き強度は考慮してないため、太陽光パネルとフレーム構造と合わせた、検討が必要となる。



## 8. 振動実験

### 8.1 振動実験の試験条件

鉄道会社へのヒアリングの結果、車両が通過する時に、線路の継目等からの振動によって太陽光パネルの表面の強化ガラスが破損をするのではという意見が多く出た。

そこで、実際に車両を太陽光パネルの上を通過させ、太陽光パネルにどの位の振動が伝わるかを実験して、固定金具の強度やクッション材の材質、厚さ等を決定する際の参考にする事にした。



図Ⅲ-2-②-10-15 振動実験



図Ⅲ-2-②-10-16 振動実験



図Ⅲ-2-②-10-17 振動実験

## 8.2 振動実験の試験結果

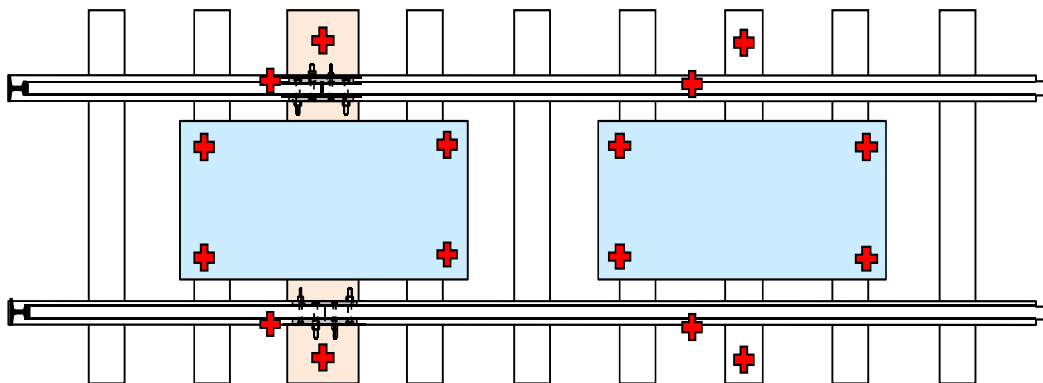
### (a) パネルの設置の有無

パネルの設置の有無で比較すると、継目近傍ではパネル設置時にレール振動加速度レベルは増加し、まくら木の振動加速度レベルは低下する傾向にあった。一方、一般部については、レール振動加速度レベル、まくら木の振動加速度レベルともに、パネル設置の有無で大きな差は見られなかった。このことから、継目部ではパネルの設置が軌道の振動特性に影響を及ぼすが、一般部ではパネルの設置は軌道の振動特性に大きな影響を及ぼさないものと考えられる。

### (b) パネルの設置位置

パネルの設置位置について、継目部と一般部で比較すると、パネル振動加速度レベルは、一般部の方が小さくなる傾向にあった。また、パネルを設置しない状態でのレールおよびまくら木の振動の測定結果により、継目より4m程度離れると振動加速度レベルは継目部と比較して十分に小さくなることがわかった。

以上の結果より、振動加速度レベルの観点からは、パネルを軌道に敷設する際は、継目部より4m程度以上離すことにより、継目による衝撃の影響は小さくされると考えられる。その際、パネルとまくら木間にはクッション材を設置すると、パネルに作用する振動加速度を低減できることがわかった。なお、振動加速度以外の観点においては、作業性や安全性等を考慮して取付方法等を慎重に検討すべきものと考えられる。



図Ⅲ-2-②-10-18 振動測定器の取付位置

### 8.3 大手鉄道会社の場合

首都圏の鉄道は電車の運転間隔が短く車両も長く、人力による目視の点検検査が行われているので、線路内に太陽光パネルが設置されていると、点検の為に一時的にパネルを撤去する必要がある、その点検の頻度は最低でも年1回は行われているので、その為点検検査の頻度の高い路線での導入は難しいとの意見が多い。

しかしながら、鉄道会社の点検検査は人による検査から装置化の方向に向かっていて、色々の検査装置が開発されている。これらの検査装置のメリットは、線路内に太陽光パネルが設置してあってもそれを撤去せずに、点検検査が出来る事である。

装置による点検検査で補修が必要とされた箇所だけを補修する事で、発電期間中の太陽光パネルの脱着回数を減らす事が期待でき、この線路内太陽光発電の導入の可能性が高まる。

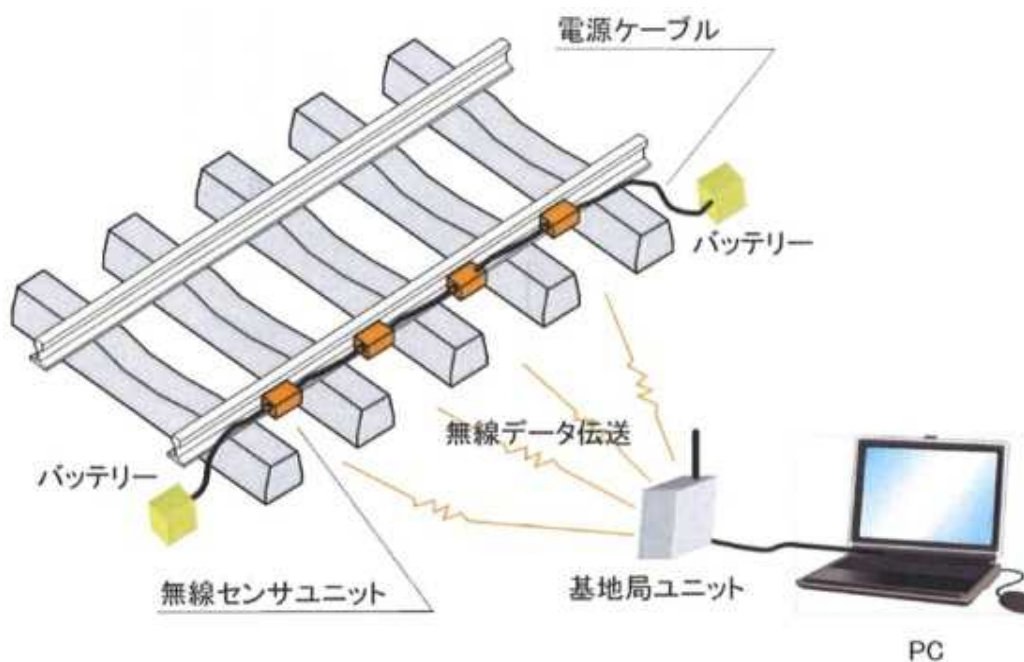


図Ⅲ-2-②-10-19 慣性正矢軌道検測装置





図Ⅲ-2-②-10-20 軌道変位常時監視システム



図Ⅲ-2-②-10-21 軌道変位常時監視システムの概要

鉄道会社の場合は、駅舎等での自家消費のケースが考えられる、また、直流のまま近くの変電所に送電するケースもあるが、今回は検証していないので計算外とする。

線路内太陽光発電の場合、電気技術管理士は通常鉄道会社には在籍しているので費用は発生しない、土地の賃借料も自前の土地なので発生はしない、しかしながら枕木の交換や突き固め等で期間中のパネルの移動が必要になるので、その費用1回約500万円の費用が発生する。但し外注でなくて自前の人員を使用して行えばその費用は不要である。

期間中のパネルの速やかな移動の為に、ワンタッチで工具なしでスピーディーに移動が可

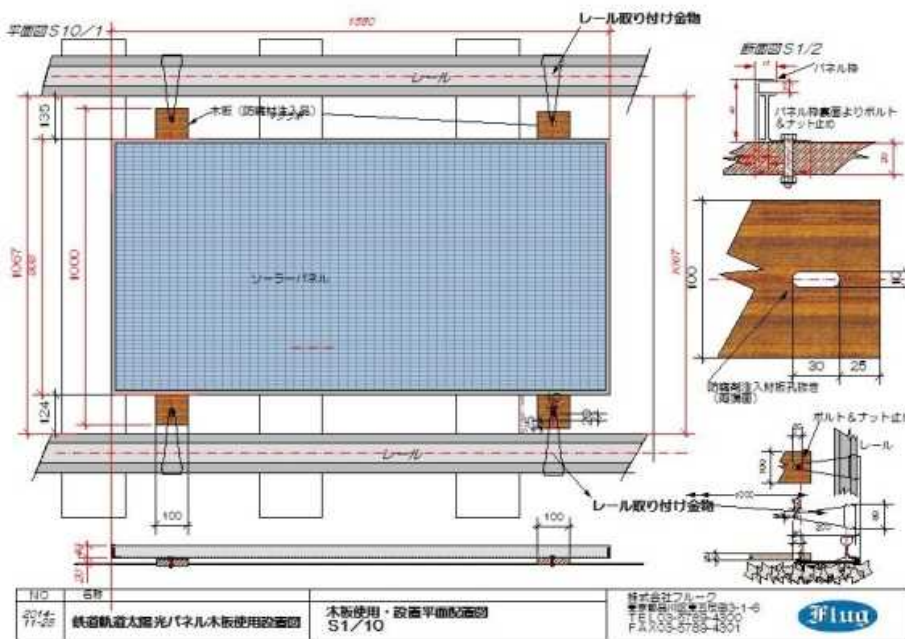
能に成る様に設計をしてある。外注人件費と部品の交換費用は1回500万円が必要になる。パネル移動実験の結果は、8人でパネル20枚の移設は約15分50秒であった。

## 9、普及モデルの仕様のまとめ

### 9.1 木材での絶縁方法のコスト

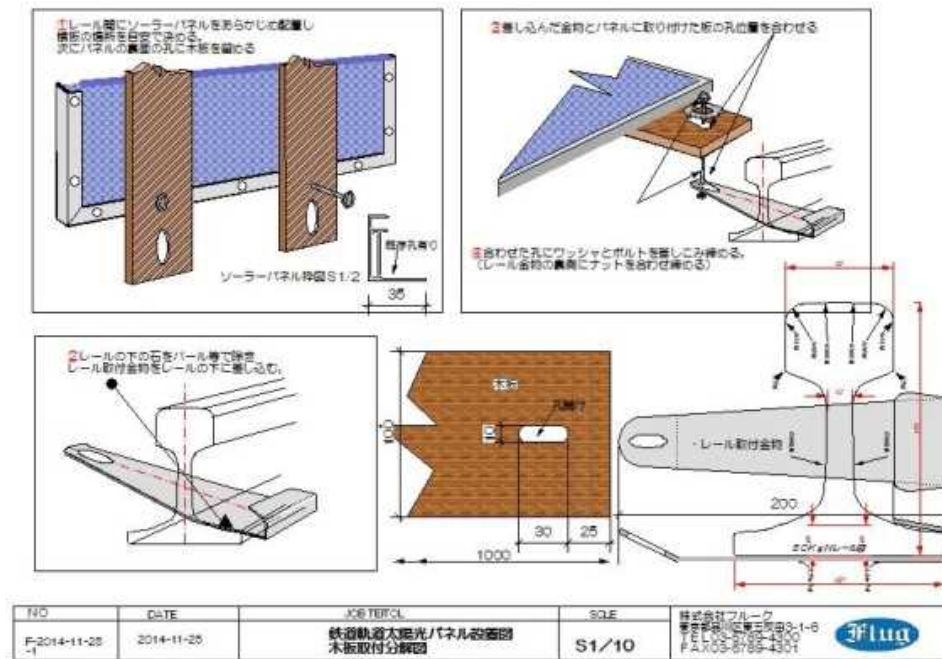
今回の「線路内太陽光発電」実証プロジェクトでの実証実験の結果、絶縁方法はハイテク絶縁ワイヤーではなく、木材（間伐材）に防腐材を注入して絶縁材として使用する方式が抜群であった、全く問題なく絶縁する事が出来る、また費用もハイテク絶縁ワイヤーよりコストダウンが出来る、前項のコスト試算はこの方法で計算をしている。

営業線以外の今後導入が可能な場所は、全国に点在する車両基地或いは軌道敷地内の未使用線、工場引込線、工場専用線等がある



図Ⅲ-2-②-10-22 木材を絶縁材に用いた設置平面図





図Ⅲ-2-②-10-23 木材を絶縁材に用いたパネル設置図

## 9.2 設置可能な他の交通機関

ハンドル固定式ガイドウエーバス、モノレール、BRT、LRT等



図Ⅲ-2-②-10-24 名古屋ガイドウエーバス（イメージ）

### 9.3 廃線跡線路の活用

#### 廃線利用の現状

1980年代後半から赤字路線等を対象に全国に多くの鉄道が廃線に成っている、その線路跡地の利用についてはトロッコ列車の運行やレールサイクリングなど様々な利用方法が試されているが、その多くは有効に活用されていない、多額の費用をかけて線路や枕木を撤去してもその土地の形状から有用な転用が期待できないのが現状である。

重量のある線路は有効な土台となり太陽光パネルを設置する架台になるので、廃線跡を利用した太陽光発電が可能になる。

日当りの良い場所の5kmに太陽光パネルを設置すると、5,000枚の設置が可能で約1.25メガの発電所が出来る可能性がある。

保守・点検の為に脱着の必要が無く、ローコスト太陽光発電所になる。

但し課題は、ケーブルの配線方法であり、効率のよい分割方法であり今後の課題である。



図Ⅲ-2-②-10-25 廃線跡を利用した太陽光発電







図Ⅲ-2-②-10-28 薄膜フレキシブルモジュール

鉄道の保守点検の装置化も実用化の後押しになる。今までは保守担当者の目視による点検が基本であったが、その為に多額の人件費が必要になる、そこで各鉄道会社が点検の装置化を進めている。したがって、線路内に太陽光パネルが設置されていても取り外す必要がなくなる。

地方のローカル線は、本システム導入により、この線路内で発電した電気を売電する事が出来る、そして赤字の補填につながる。地方自治体が税金を投入して救済している場合には、その負担の軽減が期待される。又、再生エネルギーの新電力会社と共同で発電した電気を、エネルギーを地産地消して地方の活性化に繋がる。

全国の鉄道の鉄道敷地内には、既に使用しなくなった未使用線路も多く存在するため、その未使用線路を利用した太陽光発電の検討、さらに各鉄道会社内の車両区、保線区、車庫等の既存線路を利用した太陽光発電の検討、また鉄道会社の廃止路線の残存線路での発電装置検討等が有効であると考えられる。

全国に広がる貨物専用線路や工場引込線への導入もポテンシャルが非常に高い。

#### 今後の課題として

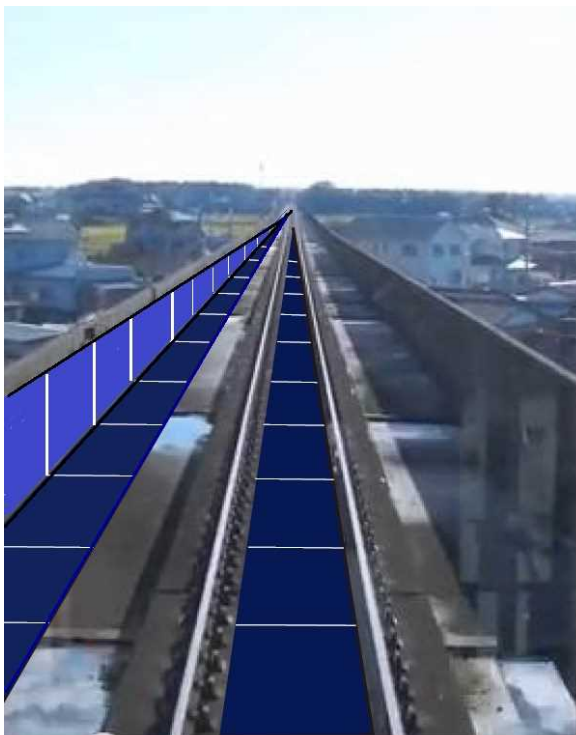
- 電車の架線を利用して太陽光パネルが発電した電力を、電気系統を制御して目的の場所まで送電する手法の検討が必要である。
- 電車の架線がないディーゼル区間の場合、経済的な配線方法はどんな方法があるのか、ケーブルの長さによるロスが生じるので、常識を覆す発想が必要である、例えばレールをケーブルの代用として送電が出来ないか研究する必要がある。
- 降雪地帯の場合、除雪車が除雪をする際に問題のない取付方法を開発する必要があるが、その方法が未解決である、除雪車の必要が無くなる様な発想の転換が必要である。
- レールのつなぎ目で発生する振動によるパネルへの影響は、つなぎ目より2m離せば問題はないが、しかしさらに長期的に実証実験する必要がある。
- ターンバックル、カラビナ等は既製品を利用しているので、このシステムに合った形態の固定金具設計が必要で、更なる設計開発が必要となる。また、ターンバックルに代わるラッチェットでワイヤーのテンションを調節出来れば更に脱着が容易になる。
- 太陽光パネルは既存のアルミ素材の既製品で実験をしたが、線路内の場合最適な素材とフォームのデザインが必要でサイズ、フレーム、表面素材、留め方を含めてまだまだ設計開発が必要である。
- 今後多くの実証実験が必要であるがその為の予算が無い為に、開発がストップしている実験の予算調達が大きな課題である。

### 具体的な検討中事案

和歌山電鉄で、薄膜フレキシブルモジュールとシリコン系モジュールの2案で検討中  
名古屋ガイドウエーバスの軌道の内側に薄膜フレキシブルモジュールを設置する案を検討中。



図Ⅲ-2-②-10-29 ガイドウエーバス軌道に薄膜フレキシブルモジュールを設置する場合（イメージ）



図Ⅲ-2-②-10-30 スラブ軌道の高架線の場合（イメージ）



### 3. 波及効果

廃線跡地に残されている線路を利用して、改装コンテナ貨車を並べ、多目的に使用するアイデア



図Ⅲ-2-②-10-31 廃線跡に改装コンテナ+太陽光発電

全国に広がる工場引込線での導入を促す  
追尾式太陽光パネルを線路を利用して取付けるアイデア  
線路の幅を利用した、ビニールハウスと太陽光発電の組合せ



図Ⅲ-2-②-10-32 廃線跡を利用した追尾式太陽光発電

#### 4. 今後の展開

##### 特別融資制度の必要

この事業を進めて行くにあたり、技術的な課題については前項で述べたが、その他に投資額の調達が上げられる。

地方のローカル線の殆どが赤字で、また第三セクターである、債務超過に陥っている鉄道会社もある、その為に資金調達が難しいのが現状である。

現状の補助金制度では売電の場合は補助金が出ない、鉄道線路内太陽光発電は赤字の垂流しとは別で、数年後には間違いなく投資額は完済される見込みがあるので、新制度の特別融資制度が必要と思う。

##### 地産地消による地方の活性化

線路内で発電した電力を、それぞれの地元で消費するシステムを構築する。

自然エネルギー関連のNGOグループやNPO法人と自治体と共同で一般投資家を募り、地方ローカル線自然エネルギー発電所を設立して、融資の返済にプラスして地元の特産品を使用する様にして特色を出す。

(2) 洪水対策特殊架台の設計及び施工方法の検討  
(株式会社Aスタイル)

1. 成果詳細

1.1 課題と解決



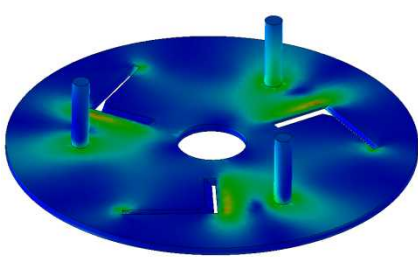
図Ⅲ-2-②-11-1 計画地全景



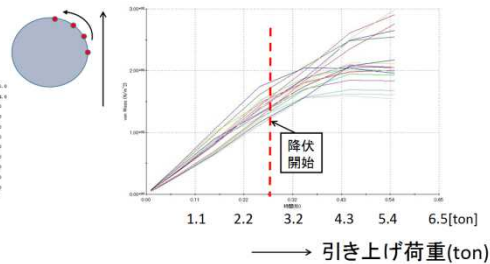
図Ⅲ-2-②-11-2 水流の検討図

a) 架台強度のシミュレーション

FEM や理論解析に基づいて水流を受ける架台基礎杭の強度解析を行い、曲げモーメント分布を明らかにして強度計算のための基礎資料を作成し試作品作成のためのデータとして活用した。



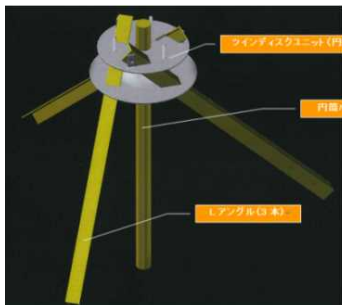
図Ⅲ-2-②-11-3 応力分布



図Ⅲ-2-②-11-4 ボルトまわり各節点の Mises 応力

b) 設計と施工

河川敷における洪水対策の強度数値の抽出、架台基本設計、各フレーム等の形状設計、素材選定、形状による強度検討、耐用年数、製造コスト等の精査を実施し、新素材活用の検討も考慮して架台の設計・製作。重機を使えない当該地での安全な手順や設置方法、長期間の使用に耐える施工方法を考案し当該地で実際の施工を行った。



図Ⅲ-2-②-11-5 特殊杭の説明図



図Ⅲ-2-②-11-6 試作品の写真

## 1.2 評価試験

### a) 試験の種類

試作品の評価試験は 8 種類の試作品のそれぞれを鉛直方向の引張り試験と水平方向の載荷試験の 2 通りの試験を行うこととした。更に評価の精度を高めるため経験の多い自社のスクリー杭も併せて 2 通りの試験を行うこととした。  
番号付けした杭の種類を以下に示す。

表Ⅲ-2-②-11-1 評価試験杭の種類

### 評価試験杭の種類

NO.	種類		試験
1	ナカザ製金属ツインディスク	金属製(1.2Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
2	ナカザ製金属ツインディスク	金属製(1.2Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
3	ナカザ製金属ツインディスク	金属製(1.5Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
4	ナカザ製金属ツインディスク	金属製(1.5Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
5	ナカザ製金属ツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
6	ナカザ製金属ツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
7	ナカザ製金属ツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
8	ナカザ製金属ツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
9	アサヒ工作所製FRPツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
10	アサヒ工作所製FRPツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
11	アサヒ工作所製FRPツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
12	アサヒ工作所製FRPツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
13	大隅化工製FRPツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
14	大隅化工製FRPツインディスク	FRP製(1.2Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
15	大隅化工製FRPツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	引っ張り試験
16	大隅化工製FRPツインディスク	FRP製(1.5Mアングル+パイプ)	水平方向載荷試験
17	A-スタイル製	スクリー杭	引っ張り試験
18	A-スタイル製	スクリー杭	水平方向載荷試験

### b) 引抜き試験

#### i) 試験内容

表Ⅲ-2-②-11-2 引き抜き試験の内容

内 容			
試験基準	地盤工学会基準『杭の鉛直載荷試験方法・同解説』		
最大載荷荷重	Tmax=12 kN 程度		
反力装置	単管パイプの三脚を反力として利用		
載荷荷重	電動油圧ジャッキ 100kN1 台、チェーンブロック		
荷重管理	引張型ロードセル (デジタル指示器)		
測定事項	試験杭杭頭変位量	4 点	デジタルダイヤルゲージ 試験杭変位量 精度 1/100mm ストローク 100mm

ii) 試験装置

試験装置の全体写真を以下の図Ⅲ-2-②-11-7 に示す。中央部に設置した引張型油圧ジャッキによって引抜き力を基礎杭に伝達させ、その荷重と変位量を測定した。基準杭、基準梁の配置にあつては、地盤工学会基準『杭の鉛直載荷試験方法・同解説』第4章試験装置より、試験杭から 5.0D、かつ 2m 以上、仮設反力杭から 3.0D の影響範囲外に設置した。

iii) 測定装置

変位量の測定に当たって、試験杭杭頭変位量の測定は、ひずみ型変位計を用いた。そして各々中継コードにより遠隔操作をして、かつ、プリンターとコンピューター使用によって自動計測とした。

測定点数は、下記のとおりである。

試験杭杭頭変位量----- 4 点

c) 水平載荷試験

i) 試験内容

表Ⅲ-2-②-11-3 水平載荷試験の内容

内 容			
試験基準	地盤工学会基準『杭の水平載荷試験方法・同解説』		
最大載荷荷重	Hmax=10 k N 程度		
反力装置	鋼管杭を反力杭として利用		
載荷荷重	電動油圧ジャッキ 100kN1 台		
荷重管理	引張型ロードセル (デジタル指示器)		
測定事項	試験杭杭頭変位量	2 点	デジタルダイヤルゲージ 試験杭変位量
	載荷点+200mm 変位量	2 点	精度 1/100mm ストローク 100mm or 200mm

ii) 試験装置

試験装置の全体写真を以下の図Ⅲ-2-②-11-8 に示す。中央部に設置した引張型油圧ジャッキによって水平力を基礎杭に伝達させ、その荷重と変位量を測定した。基準杭、基準梁の配置にあつては、地盤工学会基準『杭の水平載荷試験方法・同解説』第4章試験装置より、試験杭から載荷方向に 5.0D、載荷背面に 2D かつ仮設反力杭から 3.0D の影響範囲外に設置した。

iii) 測定装置

変位量の測定に当たって、試験杭杭頭変位量の測定は、ひずみ型変位計を用いる。そして各々中継コードにより遠隔操作をして、かつ、プリンターとコンピューター使用によって自動計測とした。

測定点数は、下記のとおりである。

試験杭杭頭変位量----- 2 点

試験杭杭頭+200mm 変位量----- 2 点





図Ⅲ-2-②-11-7 引抜き試験装置全景 図Ⅲ-2-②-11-8 水平載荷試験装置全景

### 1.3 結果のまとめと発電コスト試算

試験の結果は金属製のツインディスク部、金属製の円筒パイプ及び金属製の L アングルを使った試作品のみが計算した強度数値を上回っていた。従って、この試作品について発電コストの試算をおこなう。

#### a) 検討の工法での基礎のコスト

作業は 2 人で実施（ディスクの水平レベルを確認しながら、電動ハンマーでパイプ・杭を打ち込みます）これにより目標となるコストを算出する。

表Ⅲ-2-②-11-4 目標となる架台の施工と製作費のコスト

名称	仕様	数量	単位	単価（円）	価格（円）
材料費	Disk 小	1	個	10,000	10,000
	Disk 大	1	個	12,000	12,000
	スリーブ	1	個	400	400
	打込みパイプ(中心) L=1500	1	本	1,000	1,000
	打込み杭(Lアングル)	3	本	600	1,800
施工費	土木一般世話役	0.18	人	20,000	3,600
	特殊作業員	0.18	人	17,000	3,060
	諸雑費(労務費×10%)	1	式		666
合計					32,526

検討の工法による 1 基礎あたりのコスト目標を 32,500 円とした



これに対し同様の計算を試作品に適用すると

表Ⅲ-2-②-11-5 試作架台の施工と製作費のコスト

名称	仕様	数量	単位	単価	価格
材料費	ツインディスク部円盤	2	個	600	1,200
	円筒パイプ部(単管パイプ:1m)	1	個	600	600
	Lアングル L=1.5m	3	個	790	2,370
	その他部品、組立て加工代他	1	式	18,830	18,830
施工費	溶融亜鉛メッキ	1	式	2,500	2,500
	土木一般世話役	0.125	人	20,000	2,500
	特殊作業員	0.125	人	17,000	2,125
	諸雑費(労務費×10%)	1	式	463	463
合計					30,588

今回考案した位置基礎あたりのコストは 30,588 円となった。

b) 発電コスト

発電コストの目標は

基礎数 2,000 か所と想定 (1,000kW 規模)

建設費

280,000,000 円 = 基礎部分 + 基礎部分以外

弊社実績 基礎部分 = 15,000 円 × 2,000 (個) = 30,000,000 円

(\*弊社、一般的なメガソーラーの基礎部分材工費)

基礎部分 = 32,500 円 × 2,000 (個) = 65,000,000 円

280,000,000 円 - 30,000,000 円 + 65,000,000 円 = 315,000,000 円

表Ⅲ-2-②-11-6 目標とした発電コストの試算表

コスト項目	単価等	20年間コスト(円)	発電量項目	値
想定出力(kW)*	1,000		年間平均日射時間(hour)*	1,050
想定面積(m <sup>2</sup> )*	17,500		対前年比 発電効率(%)*	99
<b>建設費(円/kW)</b>	<b>315,000</b>	<b>315,000,000</b>	初年度発電量(kWh)	1,050,000
土地造成費(円/kW)	1,500	1,500,000	20年間総発電量(kWh)	19,119,772
土地賃借料(円/年間平米)	150	52,500,000		
修繕費及び諸費(円/年間)	4,480,000	89,600,000		
一般管理費(円/年間)	627,200	12,544,000		
人件費(円/年間)	3,000,000	60,000,000		
廃棄処理費用(円/kW)*	1,500	1,500,000		
20年間コスト合計		<b>532,644,000</b>		

検討の工法による発電コストの目標は

532,644 千円 ÷ 19,119,772kW = 27.86 円/kW



同様の計算を試作品で適用すると

基礎部分 = 30,588 円 × 2,000 (個) = 61,176,000 円

280,000,000 円 - 30,000,000 円 + 61,176,000 円 = 311,176,000 円

表Ⅲ-2-②-11-7 試作品のコスト試算表

コスト項目	単価等	20年間コスト(円)	発電量項目	値
想定出力(kW)*	1,000		年間平均日射時間(hour)*	1,050
想定面積(m <sup>2</sup> )*	17,500		対前年比 発電効率(%)*	99
<b>建設費(円/kW)</b>	<b>311,176</b>	<b>311,176,000</b>	初年度発電量(kWh)	1,050,000
土地造成費(円/kW)	1,500	1,500,000	20年間総発電量(kWh)	19,119,772
土地賃借料(円/年間平米)	150	52,500,000		
修繕費及び諸費(円/年間)	4,480,000	89,600,000		
一般管理費(円/年間)	627,200	12,544,000		
人件費(円/年間)	3,000,000	60,000,000		
廃棄処理費用(円/kW)*	1,500	1,500,000		
20年間コスト合計		<b>528,820,000</b>		

上記から検討の工法による発電コストは

528,820 千円 ÷ 19,119,772kW = 27.66 円/kW となり目標の 27.86 円/kW を達成することができた。

## 2. 実用化・事業化見通し

平成 27 年 5 月本研究の成果である特殊杭による太陽光発電所の建設予定地は自社所有の土地であったが国指定鳥獣保護区特別保護地区にあることから整地のため葦を刈り取った際、県から貴重な野鳥の営巣地であることなどのため刈り取りの中止を要請された。刈り取りの際、卵やヒナを傷つけるなどの行為がないため違法ではなということで行った。また、環境省からラムサール条約登録にも影響するという理由で中止を要請された。さらに平成 27 年 5 月 28 日には潤沼が正式にラムサール条約に登録された。これを受けて環境省に代替地の提供を依頼し、その検討及び回答待ちの状態となっている。そのため本研究の継続が出来ない状態が続いているのが現状である。

## 3. 波及効果、及び今後の展開

太陽光発電所の建設は葦を刈り取った状況で中止を余儀なくされている。



図Ⅲ-2-②-11-9 建設予定地（葦の刈り取り前）



図Ⅲ-2-②-11-10 建設予定地（葦の刈り取り後）





図Ⅲ-2-②-11-11 建設予定地の事業計画構想図

事業計画としては太陽光発電所の下にシジミの養殖場も建設し、環境に配慮した太陽光発電所を目指していたにもかかわらず。自然環境を破壊するかの如く地元紙に報道されたことは非常に遺憾であった。今後の展開のためには少なくとも当初の計画通り 2,000 本の基礎を打ち込んだ太陽光発電所を一か所は建設し発電の実証実験が必要である。また、更なる展開のためにはピンポイントのデータではなく以下の図のような体力表もある程度母体数をもった実証実験から必要となってくると思われる。関係各位のご助力の基、環境省からの代替地の提供が得られ次第取り組んでいく予定である。



図Ⅲ-2-②-11-12 杭基礎を打ち込んだ状況例

表Ⅲ-2-②-11-8 耐力表の例

ディー・アーススクリュー耐力表

UNIT:kN

ディー・アーススクリュー			荷重性能							備考
			引抜き方向		押し込み方向		水平方向			
スクリュー 長さ mm	根入れ 長さ mm	突き出し 長さ mm	極限引抜き 抵抗力	短期許容 引抜き抵抗力	長期許容 支持力	短期許容 支持力	最大 水平抵抗力	長期許容 水平抵抗力	短期許容 水平抵抗力	
1,000	800	200	10.00	6.60	3.30	6.60	7.00	2.30	3.50	
1,300	1,100		18.00	12.00	6.00	12.00	9.00	3.00	4.50	
1,600	1,400		27.00	18.00	9.00	18.00	14.00	4.60	7.00	

※1. 上記値は、粘性土において換算N値4の地盤での試験による。

※2. 引抜き抵抗力及び許容支持力は、極限引抜き抵抗力を用いて国土交通省告示第1113号第5の式により算出したものです。

※3. 水平方向の許容抵抗は、最大水平抵抗力を用いて、建築基礎構造設計指針(日本建築学会)の基準に準じて設定したものです。



### (3) コミュニティ型ベランダソーラーの研究開発 (みんな電力株式会社)

#### 1. 成果詳細

##### 1-1 本研究の開発成果の概要

総務省統計局による平成 25 年住宅・土地統計調査によると、国内の集合住宅は 2209 万戸にのぼる。住宅全体に占める割合は年々増加してきており、25 年時点で 42.4%を占める。今後も増加することが予想されるため、集合住宅向けのベランダ設置型ソーラーのニーズはより高まるであろう。これらに設置する最適小型ソーラーシステムを設計提案することを本研究目的としている。

ベランダはスペースが狭く、従って発生電力も限られてくる。必然的に発生電力は小さいため厳しく更なる低コスト化が要求される。従って従来と異なる取り組みが必要になるとも考えられる。例えば、差込プラグを持つ家電機器を設置するような感覚で取り扱うことなども生じよう。あるいは逆流電力も少ないため“逆流に対する標準的な各種保護回路の取り組みを緩和する。”というようなバリアの低下の必要性も考えられる。各機器において、小容量システムに適するパワーコンディショナー（PCS）の検討、限られた電力でもPV発電では最大電力制御（MPPT）は必要であり、これに適する低コストのMPPTの検討を行う。このように本節ではベランダソーラーに適するPV発電機器を提案し検証する。

一方、PVパネルを設置する場合、昨今の社会状況を鑑みると災害時などの停電に対し、これを利用して給電することなど考えることはより良い方策である。その場合、通常使っている全ての電気機器に通常と同じに給電するのではなく、最小限の社会生活の維持として我慢できる程度の重要な電気機器に給電できるシステムの考え方も必要になるであろう。

以上のようにPV発電利用が拡大してゆく中、集合住宅に居住する住民に対しても、これらの要求に応える方策を検討するものである。すなわち、コミュニティ型アパートにおけるベランダ設置のPVシステムに対し、適応する配線・回路方式、適切な機器の選定や提案などをおこなうものである。一連の研究の取り組みを報告する。

##### 1-2 パワーコンディショナー（PCS）の実用化の見通し

当該のベランダソーラーでは電力も小さく従来の kW 級の大きい容量のPCSと異なる方式を検討すべきである。すなわち容量減少に比例してコストは減少しないからである。コスト低減が大きな目標の一つとなる。本研究では従来かえり見ることのなかったシンプルで低価格方式を検討しなければならない。すなわち従来の kW 級程度以上のPCSでは、基本的にはモータ制御などで用いられる回路で構成され、フルブリッジの高速スイッチング素子、直流電圧の昇圧や直流絶縁などの採用など必然的に必要となり、これらはコスト上昇をもたらす。一般に小容量のコンバータはフォワードコンバータで代表されるようにほとんどの電気機器に採用されているため回路ノウハウや大規模な普及により低コストで得られており、これを利用する。インバータ側では低周波の安価な切り替えスイッチを装着することで安価な小容量PCSが構成され、優位になる可能性が高い。本研究では従来PV発電では採用されていない後者の異なる 3 方式を検証しその採用すべき特質および要件を明確にする。これらは本節末尾に示すようにコストと効率の優先度に従って採択される。

##### 1-2-1 フォワードコンバータ型PCS

図 III-2-②-12-1 は、太陽電池から交流電力系統に電力変換するベランダの小電力に適するPCSについて示している。直流側から全波整流波形が供給され商用電圧と同相に制御されている。商用周波のインバータによって正弦波電流に変換される。一次回路の直流電力は一石のスイッチング素子によるフォワードコンバータによって二次回路に変換される。PVパネル側の異常により直流電力が商用交流系統に流入することは絶縁トランスによって阻止される。このPVパネル

側からの系統への流出阻止は極めて重要なことである。中間トランスを用いるとトランスの巻き数比を変えることにより低いPVパネルの発生電圧は簡単に昇圧させることが出来る。動作は以下のように行われる。主スイッチ $Q_m$ がオンした時、一次巻き線①を通して電流が流れる。二次側は電流が二次巻き線②を通り、ダイオード $D_2$ 、インダクタンス $L_o$ 、更に商用系統の電圧の極性に応じてIGBT、 $Q_1$ 、 $Q_2$ あるいは、 $Q_3$ 、 $Q_4$ に流れる。 $Q_m$ がオフになると、フィルタインダクタンス $L_o$ に蓄積されていた磁気エネルギーによって、電流がフライホイールダイオード $D_4$ を通して、インバータの枝路に沿って商用交流系統に流れる。巻き線③はスイッチ $Q_m$ のオフの期間、コアに蓄積されたエネルギーを放電する。主スイッチの波形制御法において正弦波形のパルス幅は $Q_m$ で行われ、 $Q_1$ -- $Q_4$ において正弦波形のパルス幅制御は $Q_m$ で行われ、 $Q_1$ -- $Q_4$ では低周波の切り替えのみを行う。

以上述べた系統連系太陽光電力変換システムは簡易化したPCSとして提案した3kWの家庭用の太陽光発電システムとして報告されたもので、3kWでの効率は92%の値が得られている。フォワードコンバータは一般には数百Wまでの仕様が一般的であるが、3kWを使ったこのPCSは高性能の高周波スイッチング素子はこの一個のみを使っている。20kHzでの高周波スイッチングに対し、これにロスレススナバを装着し効率上昇が実現した。残りのインバータのための4個の素子は商用周波の低周波スイッチングで、低価格で且つ、順電圧降下も低い。間便なゲート駆動回路を用いることで、直流電力を交流系統に簡単に同期させることが出来る。当該のベランダソーラーでの変換回路は200W/台、内外のものであり、フォワードコンバータシステムは汎用品として市販されているため製作時における技術的ノウハウも豊富である。極めて単純な構成にも係わらず、その総合効率はかなり高く良好な結果が得られた。主スイッチング素子には、ロスレススナバが装着されているが、この回路は非常に簡単に使用でき、この回路に適応している。一般にフォワードコンバータは低電力で使用される。電力を増加しても理想的な効率が得られた。主スイッチング素子にはオフ期間に2倍の電圧がかかるため、素子定格を増やす必要があり、スイッチングノイズも生じる。以上の考察において、本PVのPCSは家庭用のような小容量のシステムに適合していると言えよう。低コストなどから実現性が大きく期待される。

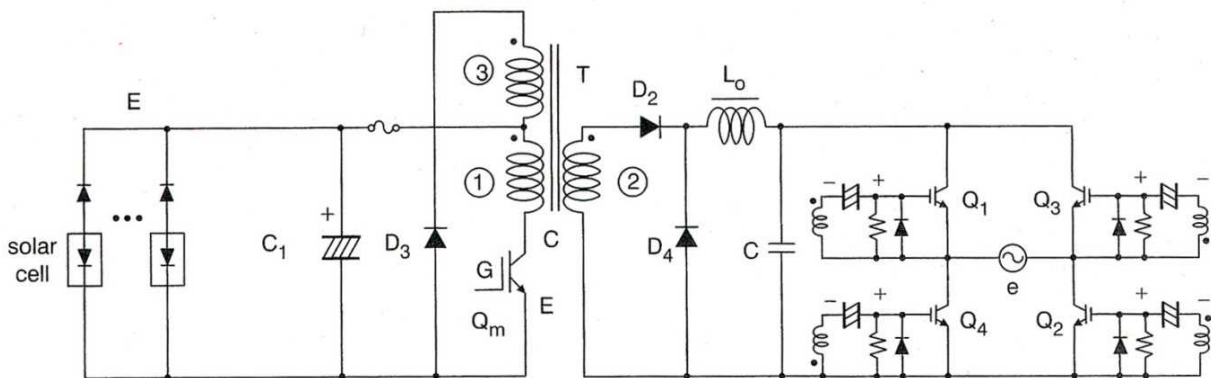


図 III-2-②-12-1 フォワードコンバータ型インバータ回路

回路方式の選定は効率とコストの優先度に従ってなされる。検討を行った他方式の構成は若干異なるが、得られる効率はほぼ同程度であるが、本方式はセンタータップで有効にトランスが利用され小型化するため、その分効率が上昇する。

ベランダソーラーに適する検討した3方式についてその特徴と長短を表III-2-②-12-1にまとめる。

表 III-2-②-12-1 回路方式の特徴と比較

回路方式	特徴と長所	短所
フォワードコンバータ	直流流出が防止できる。出力電圧昇圧が簡単 チョップ・インバータが一体化 高周波スイッチング素子(HFSW)が最少(1個) 制御が簡単	トランスが大きい  (HFSW)に倍電圧が印加 LFSWが多い(4個)
高橋型センタータップ コンバータ <sup>(1)</sup>	直流流出が防止できる。出力電圧昇圧が簡単。トランスが小さい チョップ・インバータが一体化 低周波スイッチング素子(LFSW)が少ない(2個)	高周波スイッチング素子が最も多い(4個) 制御が複雑
二石センタータップ フォワード コンバータ <sup>(2)</sup>	直流流出が防止できる。出力電圧昇圧が簡単。トランスが小さい チョップ・インバータが一体化 高周波スイッチング素子(HFSW)が少ない(2個)	制御が複雑  LFSWが最も多い(6個)

(1) 柴崎・高橋・佐久間「薄型小容量200W太陽光発電用インバータ」

平成10年電気学会全国大会 739(平10-3)

(2) 成瀬・松井・安藤・小林:「2石フォワードコンバータにおける太陽光発電システム」

平成10年電気関係学会東海支部連合大会 189(10-9)

## 1-2-2 PV用PCSにおける最大電力制御

### 1-2-2-1 最大電力制御(MPPT)の理論

PVを最大限効率よく動作させるには、最大電力制御(MPPT)が必要である。小電力といえども理論的にMPPTが必要である。大小を問わず、様々な研究がなされている。よりシンプルで高性能な方式が得られればベストである。低コストを追求する小電力用ではなおさらである。筆者ら以外では使用例がないロジック回路方式をより低コストで速応性のある方式として適用する。ロジック回路で瞬時にMPPTを追求するため後述のように若干電力リプルがあり、PV容量の増加する実験ではこの変動の対策の必要性も考えられよう。

通常はマイコンなどを用いて1分程度ごとに動作点を変更して最大電力点付近で動作しているかどうか判断するいわゆる山登り法などが採用される。本提案システムでは、簡単に瞬時に応答するこの新しいMPPTを使用する。また、電力系統への連系も想定し、電力系統へ電力を回生する場合、この検討方式を用いれば中間の直流電流の最大制御を行えばよいので、電力検出は不要となりPVパネルから出た直流中間回路の電流のみの検出によって制御回路を構成することができコスト低減が可能となるなど優位点が多いことが分かる。

新制御理論でのMPPTは、簡単な電子回路を用い、太陽電池の出力電力と出力電圧の傾きを判別することによって、動作点を瞬時に常時最適動作点に保持できる。その新制御理論は、特性曲線上の動作点の変動した場合において、出力電力 $P$ と出力電圧 $V$ の微小時間 $dt$ に対する変化 $dP/dt$ 、 $dV/dt$ を考えるものである。図III-2-②-12-2のiの区間において、動作点がどちらに変動しても、常に $\{(dV/dt) \cdot (dP/dt)\} > 0$ となる。一方iiの区間では、常に $\{(dV/dt) \cdot (dP/dt)\} < 0$ となる。この原理を応用して求めた値が正ならば出力電圧 $V$ を上げ、負ならば出力電圧、 $V$ を下げていけば、動作点を最適動作点に保持することができる。検討した制御回路で使用した最大電力制御回路の概略は以下のとおりであるすなわち、図を参照し、 $dV/dt$ 、 $dP/dt$ は、太陽電池から検出した出力電圧 $V$ と出力電力 $P$ を、それぞれ微分器に入力することにより求める。また、 $\{(dV/dt) \cdot (dP/dt)\}$ の正負の判別は、Exclusive-OR(不一致回路)より求めている。この信号をPI制御器に通すことによって、制御信号を作り出している。

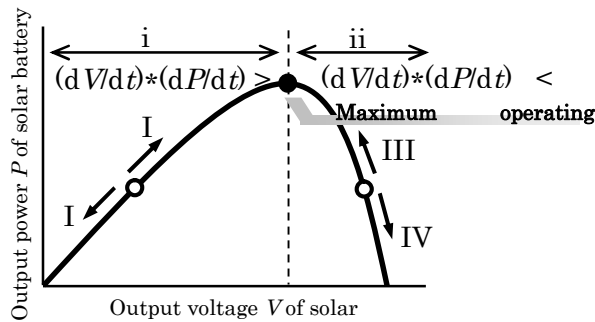


図 III-2-②-12-2 Voltage vs. power characteristic.

### 1-2-3 配線回路構成

実際の屋内配線に際し、本研究では 4 方式について検証を行った。それぞれの項で述べられた長短とコストや優位性に従って採用されよう。各方式は配線方法で違いがあり、優位性と既存の配線状況とその設置コストで選択される。最後の後者 1 方式は 3 方式と比べ若干方式が異なり、最も小容量であり、簡易的なため低コストで実現できよう。

#### 1-2-3-1 擬似系統連系方式

本特徴は手軽で実用性が大きいが接続負荷の容量は最も小さい。既存線路を用いるため簡便であるが、既存の配線状態では限定される

以上の回路方式と若干趣の異なる方式を検討した。上記 3 方式を勘案し本節では擬似系統連系と称し提案する。PVG がオフとなる夜間などでは切替スイッチで瞬時に系統から電力を得る、いわば擬似系統連系と称する方式を検討した。給電する対象の発電電力は小容量の 2~400W 前後の電力であるため、接続される特定負荷も限られてくる。極小容量であることなどから設置コストに比べ売電電力量も少なく殆どすべてが独立運転方式であった。効果的に使用するにはバッテリー付属方式が有効であろうが、バッテリーの維持管理に大きなコストが必要となり設置後の満足度は小さく、持続的使用はなされず、従って普及の程度は低かった。一般に給電されるに必要な負荷は太陽光の日射しの有無にかかわらず夜間といえども給電されることを要するものが多く、これにはバッテリーを備え、必要な時間に必要な電力を給電できるようにする必要があった。このためにはバッテリーの容量も十分に満たされなくてはならない。したがって、システムを設計するにはその容量も十分に余裕をみて設計する必要があり、低コストで容易にシステムを構成することはできなかった。これらの技術が不十分なため、ユーザーも満足した使用状況に到ることはできず、これらの障壁が大幅な普及を阻んでいた。

上記の問題点を解決する方法を図 III-2-②-12-3 の概略図をもとに説明する。太陽光発電電力が低下し、特定負荷の給電が停止した時は、これを UVR (不足電圧継電器) で検出し、COS (切換スイッチ) を直ちに系統側に切り換える。特定負荷は 1、2 サイクルの時間遅れで再度電力が投入されるため瞬断による給電性能の低下は最小限で済む。無視できる程度の瞬断時間を経て特定負荷には切れ目なく給電される。太陽光発電電力が上昇した時は UVR が働き COS を直ちに PV 側に切り替える。このように切り替えの瞬断を除き特定負荷には晴天・雨天あるいは昼夜を問わず電力が供給される。

PVSに接続された接続ケーブルは不足電圧継電器（UVR）と切り換えスイッチ（COS）を内蔵する接続箱に入り、UVRやCOSに接続される。接続箱はアウトレットを備えたテーブルタップ状となり必要に応じて自動・手動開閉器なども内蔵される。一方接続箱よりでた接続ケーブルはアウトレット（差し込みプラグ）などで室内壁面の配電線に接続される。必要な特定負荷に接続されるケーブルは差込プラグにより接続箱の差込口に接続される。設置工事は殆ど不要となり大幅な低コスト化の配慮がなされている。プラグを差し込み利用する家電機器のような感覚で取り扱うことができるため設置のコストは大幅に低減する。

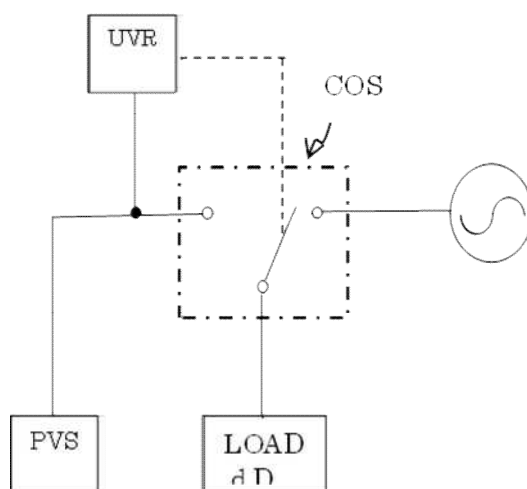


図 III-2-②-12-3 疑似系統連系システムの懸念

表 III-2-②-12-2 に以上の屋内配線方式の特徴と長短を記述する。これらは配線状況に応じて適宜採択されよう。

表 III-2-②-12-2 屋内配線回路方式の比較

屋内配線回路方式	特徴と長所	短所
既存の屋内配線を利用する方式	既設の線路が適切な配線であれば簡単効果的に利用できる 既存線路を利用するためコストが安い	利用できない配線状態であればこの方式は採用できない。 自由に線路を選択できない
専用線路を追加敷設する方式	専用線路を自由に敷設できるため接続負荷選択の自由度が大きい PV電力に合わせた電力を最大限利用できる	新たに敷設するため費用が高い
回路切り替え方式（疑似系統連系システム）	系統から本質的に解列する方式のため系統に与える影響は最小となる 市販の独立型電源がそのまま利用でき低コストである	切り替え時に瞬断（20ms）およびサージ電圧が発生する

#### 1-2-4 実際の製品対象モデル

各種屋内回路配線方式をもとに検討した中で、現時点で最も製品化の可能性が身近にあると考える方式を選び提示する。簡便さ、低コストなどから考え図 III-2-②-12-3 の疑似系統連系方式をもとに製品化する。モデルに選定した理由と特徴も示している。



### 1-2-4-1 本システムの特徴

- ・ソーラーパネルで発電した電力を AC100V へ変換し、一般的な家電製品を使用できるようにしたシステム。
- ・発電した電力は蓄電池に貯められ、夜間などの発電出来ない場合には、蓄電池に蓄電し常時使用できるようにする。
- ・蓄電池の電力がなくなった場合、商用電源に自動的に切り替わり、接続した電気機器を使用し続けられる。
- ・薄型フレキシブルケーブルの採用により、ソーラーパネルの設置のために壁に穴を開けることなく手軽に配線することも出来る。
- ・設置は簡単な配線作業のみ。すぐに発電・蓄電を始められる。
- ・必要な電力は家具調に仕立てた収納ボックス面のコンセントから手軽に得られる。

### 1-3 太陽電池パネル及び発電コストの検討

本プロジェクトでは、屋内で一般的な家電が問題なく使用できる発電量、かつ一般的に電力会社から電気を購入した場合の電力量料金 25 円/kWh を下回るベランダソーラーが成立すればユーザーにとって購入するメリットが出てくると考える。

低コスト化を実現した部材や見える化ツールに加え、太陽電池に関しては、利便性を重視するフレキシブルタイプと、発電量を重視する結晶系パネルについて、それぞれ検討・試算を行った。なお、発電量は、地域により異なり、ベランダという限られた空間に太陽電池パネルを設置するので、最適角度には設定はできないが、ワット当たりの年間発電量を、平均発電量として 1000Wh とした。また、運用期間は 10 年間とした。

モジュール等の具体的なデータ・資料については、各関係メーカー関係者にヒアリングを行った。

なお、発電コストの計算は運用年数を 10 年として、次式に従って行った。

$$\text{発電コスト [円/kWh]} = \frac{\text{材料費 [円]} + \text{工事費 [円]} + \text{運用費 [円]}}{\text{運転年数内総発電量 [kWh]}}$$

材料費：モジュール費、系統連携費、架台・固定金具費 等

工事費：電気配線工事費、据付工事費、廃棄費用 等

運用費：修繕費・部品交換費 等

#### 1-3-1 太陽電池パネルの検討

##### 1-3-1-1 フレキシブルタイプ

フレキシブル太陽電池として、アモルファスシリコンと有機薄膜を採り上げた。5 年後の想定パネル発電効率はそれぞれ 8% で、広さ 5m<sup>2</sup> のベランダ設置サイズでは 400W の最大発電量となる。アモルファスシリコン太陽電池と有機薄膜太陽電池では、モジュールコストに違いがあり、10 年間の運用で、それぞれの発電コストは、21.20 円/kWh 18.10 円/kWh となる。

##### 1-3-1-2 結晶系

太陽電池は、シリコンヘテロ接合太陽電池（単結晶＋アモルファス半導体：HIT）を取り上げた。5 年後の想定発電効率は 22% で、広さ 5m<sup>2</sup> のベランダ設置サイズでは 1,100W の発電容量となる。本太陽電池を用いた場合の発電コストは 10 年間運用で 20.07 円/kWh となる。

以上の通り、5 年後には電力会社から購入した場合の一般家庭の電力量料金 25.91 円/kWh（東京電力）を下回るベランダ太陽光発電が結晶系、アモルファスシリコンや有機薄膜のフレキシブルタイプともに実現可能となる。

#### 1-3-2 発電コストの計算

##### 1-3-2-1 発電量見える化システム

更に、コストの低減という観点から、みんな電力が独自で開発した、Bluetooth を活用したスマートフォン用発電量見える化システムをベランダソーラーに付加する。本見える化システムは、Bluetooth で飛ばした発電量データをスマートフォンの画面で確認するというものであり、別途の

液晶画面が不要となる。

そのため、現在一般的に販売されている液晶画面を使用した見える化システムのコストが 20,000 円程度であるのに対し、みんな電力が開発した本見える化システムを採用することで最低限の基板やアプリだけで済むようになり、コストは 3,000 円程度まで低減することが可能となる。

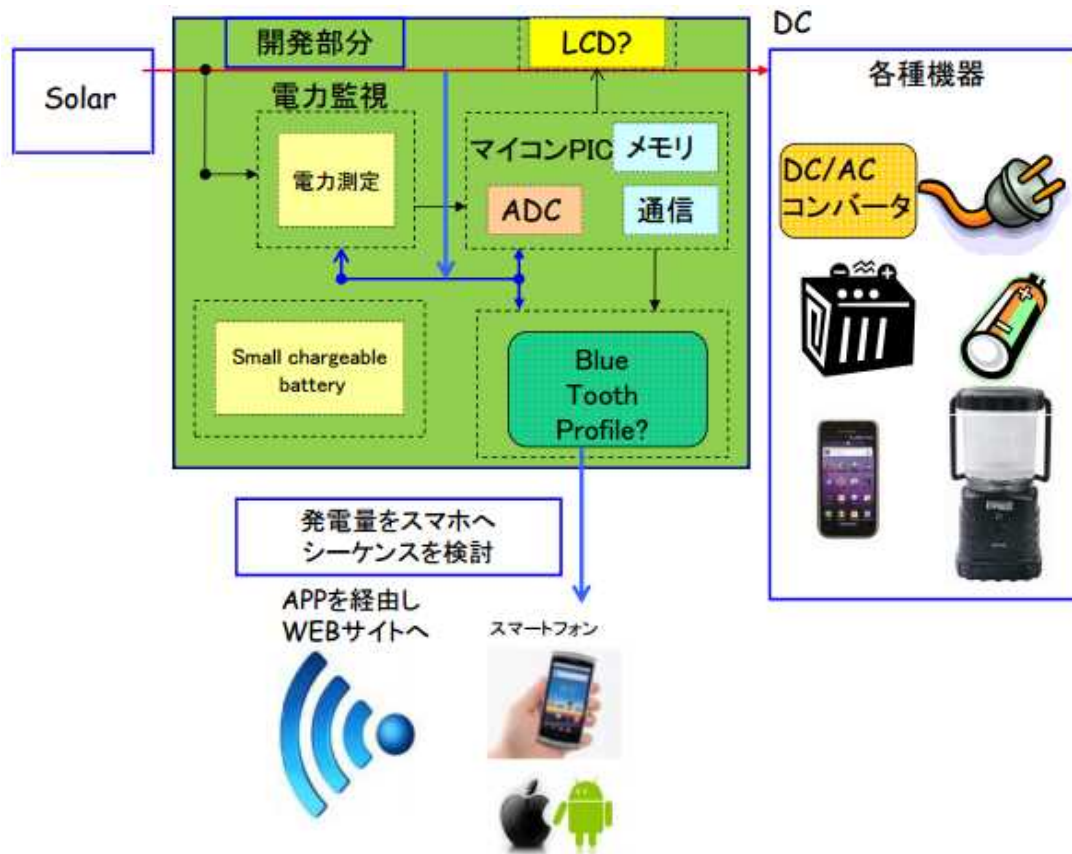


図 III-2-②-12-4 発電量見える化システム

### 1-3-2-2 発電コスト概算内訳

そして、以上をふまえた費用の内訳は下記の通りとなる。

なお、施工に関してはベランダの形状ごとに異なるため今回の検討からは外しており、施工コスト（架台・専用固定金具）はおよそ 10,000 円かかるとして計算している。

表 III-2-②-12-3 発電コスト内訳

		ベランダソーラー400W (5.0 m <sup>2</sup> ) × 10 年間(ア モルアスシリコン) (5 年後、8%)			ベランダソーラー400W (5.0 m <sup>2</sup> ) × 10 年間(有機 太陽電池) (5 年後、 8%)			ベランダソーラー1,100W (5.0 m <sup>2</sup> ) × 10 年間シリコン ヘテロ(HIT) (5 年後、 22%)		
比較 対象	期間内総発電量 (kWh)			4,000			4,000			11,000
	発電コスト (円 /kWh)			21.20			18.10			20.07
		単価	数量	金額	単価	数量	金額	単価	数量	金額
材料費 関連	太陽電池モジュール	6,000	4	24,000	2,900	4	11,600	40,000	4	160,000
	パワーコンディ ショナー			0			0			0
	接続箱			0			0			0
	モニター見える化 システム	3,000	1	3,000	3,000	1	3,000	3,000	1	3,000
	系統連系(パワコ ン)システム	13,000	1	13,000	13,000	1	13,000	13,000	1	13,000
	架台・専用固定金 具	10,000	1	10,000	10,000	1	10,000	10,000	1	10,000
	余剰電力量計			0			0			0
	太陽光発電漏電ブ レーカー			0			0			0
	延長ケーブル			0			0			0
		<b>材料費合計</b>			<b>50,000</b>			<b>37,600</b>		
工事費 関連	電気配線工事費	13,500	1	13,500	13,500	1	13,500	13,500	1	13,500
	主幹ブレーカー工 事費	55,000	0	0	55,000	0	0	55,000	0	0
	パワコン据付工事	28,000	0	0	28,000	0	0	28,000	0	0
	接続箱据付工事	25,000	0	0	25,000	0	0	25,000	0	0
	専用金具架台据付 工事費	160,000	0	0	160,000	0	0	160,000	0	0
	モジュール据付	120,000	0	0	120,000	0	0	120,000	0	0
	自然災害 10 年保 障	10,000	1	10,000	10,000	1	10,000	10,000	1	10,000
	図面作成・電力会 社申請	15,000	0	0	15,000	0	0	15,000	0	0
	竣工検査立会費	25,000	0	0	25,000	0	0	25,000	0	0
	管理・諸経費	120,000	0	0	120,000	0	0	120,000	0	0
	廃棄費用	1,300	1	1,300	1,300	1	1,300	1,300	1	1,300
	<b>工事費合計</b>			<b>24,800</b>			<b>24,800</b>			<b>24,800</b>
運用費 (修理・部品交 換)		10,000	1	10,000	10,000	1	10,000	10,000	1	10,000
<b>10 年間費用合計</b>				<b>84,800</b>			<b>72,400</b>			<b>220,800</b>

#### 1-4. 結び

本プロジェクトを通じて、現状ではP Vパネルの導入が進んでいなかったコミュニティ型の集合住宅居住者に対して、ベランダソーラーの適切な方式および技術的設置の可能性を検討してきた。

規模としては、全国の集合住宅全てに本ベランダソーラーが設置された場合、新たに 4418 万枚 / 5301.6 万㎡のP Vパネルが、即ち、効率 8%のフレキシブル型で全て設置すれば最大 4.24GW、効率 22%の結晶型で全て設置すれば最大 11.7GW のベランダ発電が可能である。

さらに、ベランダのパネル設置を工夫して、5 ㎡ / 戸のパネルを設置すると、効率 8%のフレキシブル型で 8.83GW、結晶型で 24.3GW のベランダ発電が期待できる。

また、ヒアリング結果をもとに、本プロジェクトで明らかにするベランダソーラーを一般的に電力会社から電気を購入するより電力量料金が安くなるシステムと定義し、ユーザーのニーズに応じて選択可能な[有機薄膜 / H I T]それぞれタイプの太陽電池にて提案を行った。

本プロジェクトのP C Sシステムの特徴は、設置工事費を含め更なる低コスト化を追求したことにある。容量低下に伴いP Vパネルのコストは比例して低減するが、P C Sのコストは容量に比例して低下しないためである。小容量に適する方式を提案した。また最小限の配線工事ですむ回路方式も検証した。これらは場合に応じ適宜選択されるであろう。更に、P V発電で必然的に要求されるM P P Tにおいて、当該小容量システムに適する低コストの簡便方式を提案した。本方式は速応性もあるため容量の増加する方式でも採用される可能性もあろう。

固定価格買い取り制度によって太陽光発電が広く普及した事例から、エンドユーザーに対して経済的なメリットを打ち出し実感してもらうことが、社会現象になるほどの太陽光発電の普及を促したのだと考える。

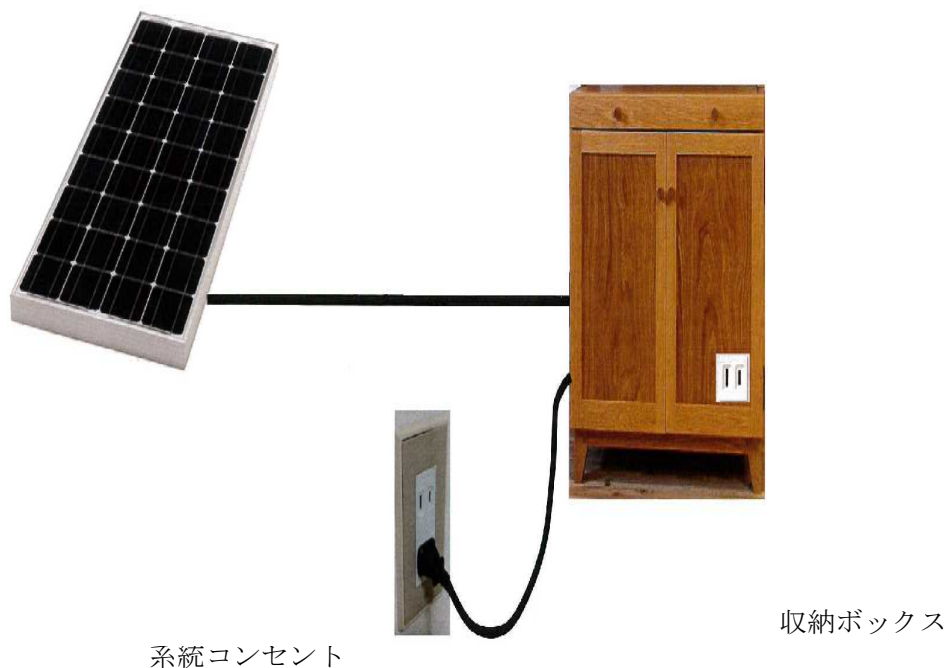


図 III-2-②-12-5 ベランダソーラーシステム

## 2. 実用化・事業化見通し

- ・ソーラーパネルで発電した電力を AC100V へ変換し、一般的な家電製品を使用できるようにしたシステム。
- ・ソーラーパネルで発電した電力は蓄電池に貯められ、夜間などの発電出来ない場合には、蓄電池に蓄電しておいた電力を常時使用できるようにする。
- ・蓄電池の電力がなくなった場合、商用電源に自動的に切り替わり、接続した電気機器を使用し続けられる。
- ・設置は簡単な配線作業のみ。すぐに発電・蓄電を始められる。
- ・必要な電力は家具調に仕立てた収納ボックス面のコンセントから手軽に得られる。

以上の開発してきたインバータに、最近のフレキシブル太陽電池を活用すれば、集合住宅用ベランダソーラーシステムは完成する。

その実用化及び事業化に当たっては、公的資金や民間のベンチャー資金があれば実現できると思われる。

## 3. 波及効果

国内の集合住宅の 2,209 万戸に 1.2 m<sup>2</sup>の太陽電池を 2 枚設置した場合、1 枚当たり 200W クラスを使用すると、8.8GW のポテンシャルが期待できるので、それを世界展開すれば、その少なくとも約 5 倍の 40GW の需要がある。

## 4. 今後の展開

ベンチャー企業を起こして、公的資金及び民間等から開発資金と製造資金を確保して、集合住宅用ベランダソーラーシステムを開発、製造および販売していきたい。そして地球温暖化防止にも貢献していきたい。



### ③太陽光発電高付加価値化技術開発事業

#### (1) 集光型太陽光発電／太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発 (株式会社SolarFlame)

##### 1. 成果詳細

##### 1.1 研究開発項目①「Gyro-CPVの軽量化技術開発・実証試験」

樹脂ミラー(アクリル 1mx1mx3mm)を用いて圧空形成によりフレネル反射構造の樹脂ミラーを試作し(図Ⅲ-2-③-13-1)、1kW発電機の軽量化技術の基本を確立した。



図Ⅲ-2-③-13-1 軽量化した圧空成型(樹脂成型)した集光ミラー

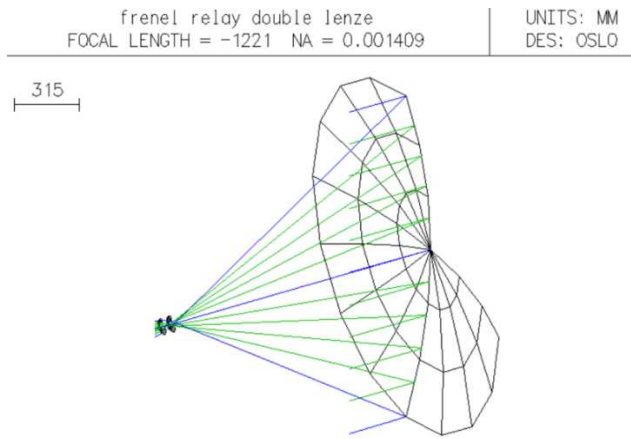
さらに、反射率を高めるために「一体成型フレネルミラープレート」に「アルミミラー(0.5mm厚)=CSPのトラフ型で使用する汎用製品;反射率85%」を張り付け(平成27年度)、ミラーの総荷重が10kg程度にまで軽量化された高反射率のフレネル反射ミラーとすることにより、ヘリオスタットの動きに対して集光像がかなり安定する高性能な製品として商品価値の高いものが開発できた。また、アルミミラー(厚み0.2mm)の平面性を維持したまま張り付ける「特殊貼付け技術」を考案した。

##### 1.2 研究開発項目②「発電性能開発・実証試験」

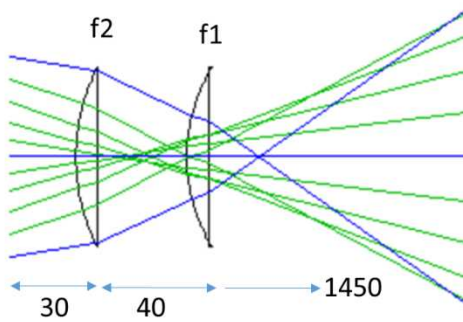
本プロジェクトの最重要課題はフレネル反射ミラー(SolarFlame社PCT出願技術)により集光型太陽電池に適した均一な集光フラックスを発生(ホモジナイザー技術)できるフレネル反射ミラーを量産低価格で製造できる技術を開発することである。これには二段階で開発を進めた。まず、集光像が形状的に優れ、低価格量産可能な「フレネル反射ミラー」の開発に成功し、これに基づき、「二次集光器」と「リレーレンズ方式」による均一化技術の開発を進め、「フレネル反射ミラー」PCV方式(日本独自技術)に適用可能なリレーレンズ方式のホモジナイザー技術をシミュレーションにより開発に成功した。

図Ⅲ-2-③-13-3はリレーレンズとして平凸レンズを2枚適用して最適解を求めた結果である。フレネル反射ミラー( $f_0$ )、リレーレンズ1( $f_1$ )、リレーレンズ2( $f_2$ )の焦点距離とレンズ間距離は、 $f_0=1500$  (1450),  $f_1=75$  (40),  $f_2=86$  (30) (単位mm)である。発電素子モジュールの表面では集光ビームがほぼ均一に拡散し、フラックスの均一化が図れている。中心付近に多少の偏りがあるが、リレーレンズ方式でほぼ均一化できている。また、追尾精度の変化による集光像のズレは本ホモジナイザー技術で吸収でき、発電効率ほぼ100%で追尾が可能ながシミュレーションにより確認された(発電性能の目標値変換効率28%、10A、0.8kW(定格)(FF=0.8))を達成。

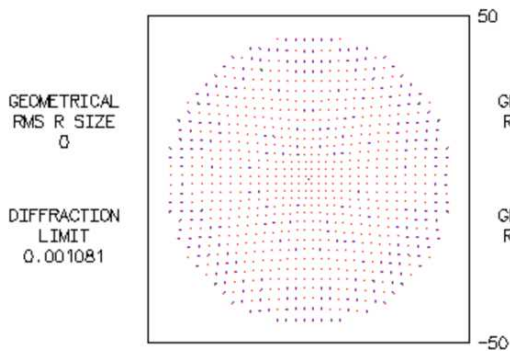
一方、二次集光器は薄いアルミ板(0.2mm)を反射板として自然対流によって熱放散させる方法を採用したが、間接加熱による集光型発電素子モジュールの性能劣化が起こった。「二次集光器による均一化技術」を確立するには、二次集光器を水冷するか高効率放熱のフィン構造により発電モジュールの劣化を防ぐ必要があることが判明した。



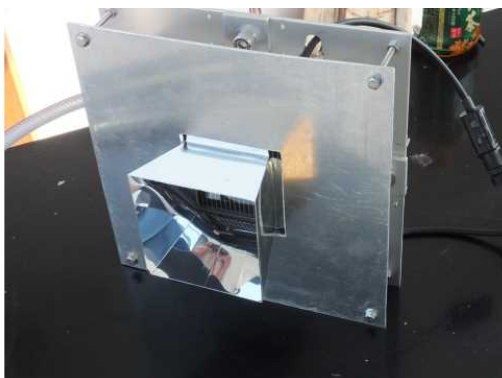
図Ⅲ-2-③-13-2 フレネル反射ミラーからの反射光のリレーレンズへの光線追跡  
 (フレネル反射面の一部は切り取って断面の曲率を図示)



図Ⅲ-2-③-13-3 リレーレンズ(平凸レンズ) f1, f2 による集光ビームの均一化(単位 mm)



図Ⅲ-2-③-13-4 発電素子モジュールの置かれた位置での集光ビームの拡散分布



図Ⅲ-2-③-13-5 発電素子モジュール前面に取り付けた二次集光器

### 1.3 研究開発項目③「追尾・集光性能開発・実証試験」

Gyro 性能はミラー面をあらゆる方向に傾けて重量バランスが取れているかどうかを試験すると同時に、実際に駆動モーターを運転したときの消費電力を測定して評価を行い、目標値 50g 以下(27 年度)、目標値 15g 以下(28 年度)と順次達成した。また消費電力についても平成 26 年度時点で 10W/min (0.17W)を達成し極めて小さい値で(小消費電力)目標値を十分に下回るものであった。

追尾装置は、NS 軸と EW 軸を駆動させる 2 本のアクチュエーターとそれらを制御する制御システムからなり、有線 LAN によりリモートコントロールする制御システムとした。自律追尾方式とは「中央集中制御方式において、ワイヤレスもしくは有線でヘリオスタットが個別に独自の情報を用いて追尾制御する方式」のことを言う。本プロジェクトでの自立追尾方式は、有線によって制御系が完全に独立しており、各ヘリオスタットは有線を通じて個別に独立した動きをする。千葉県八街市の試験場に設置した 9 台のヘリオスタットを有線 LAN 配線した。各ヘリオスタットはコントロールボックスを持ち、中に LAN 接続で自律制御が可能な電子回路基板を開発して取り付けた(試運転で不具合等を改善し、設計通りの追尾機能を確認した)。

表Ⅲ-2-③-13-1 に、試験機Ⅱの追尾精度としてまとめた。追尾精度は、アクチュエーターの長さと同軸角との関係がリニアでないため、追尾位置によって精度が変化する。精度が悪くなるのは EW 軸で日の入前 2 時間の頃で、8.4mR(反射で  $2\theta$ ;  $\theta=16.8\text{mR}$ )である。それ以外では、5mR 以内( $\theta=10\text{mR}$ )である。これらの変化はホモジナイザーで吸収でき発電効率 100%で追尾が可能である(目標値; 追尾精度 5mR 以下(目標値)を達成)。

表Ⅲ-2-③-13-1 ヘリオスタットの追尾精度

追尾位置	精度
軸北側限界位置(水平より少し北側)での角度精度	1.6mrad
アクチュエーター位置検出精度	0.7mm
NS軸南側限界位置での角度精度	2.8mrad
NS平位置での角度精度	3.3mrad
EW軸西側限界位置での角度精度	8.4mrad
EW軸東側限界位置での角度精度	4.7mrad

リレーレンズ方式を適用するにあたっては、レンズが高温度に発熱することを避ける上でレンズへの極端なフラックスの強い像が形成されないように設計することが最も重要である。突出したホットスポットを持たない「フレネル反射ミラー」による集光方式を採用しホットスポットの無い高性能の集光像を得ると同時に未集光によるバックグラウンドを極めて低くする技術開発を「開発目標を超えて」進め、フレネル反射ミラーの高性能化に成功した。ミラーの集光像のガウス分布図は  $\sigma=0.321$ 、バックグラウンドがほぼゼロで、そのガウス分布図では発電素子モジュールのサイズの 7cmx7cm の範囲でガウス分布図に含まれる光量の割合は 94.77%であった。フレネル反射ミラーからの太陽反射光のうち 95%が発電素子モジュール面に到達し入射することが分かった。

以上のように、本プロジェクトでは高集光性能のフレネル反射ミラーシステムを設計し、金型を製造し、そこから実際にモノを製造して集光システムとして組立て、さらにヘリオスタット(ジャイロ型)に搭載して追尾姿勢制御運転を実際に行い、これらの全ての工程の実用化に成功した。事業化に向けた製品化が可能となり本 NEDO 事業の目的は達成された。

### 1.4 研究開発項目④「量産化技術開発・自律自立機構の改良開発・実証試験」

自立性能(①外部からの AC 電源不要で動作すること、②ジャイロ機構による小電力消費であること)についての実証試験をするために、試験機Ⅱ(9 台)の自立電源として、別置きルーバー型太陽電池を発電設備(自立電源)として設置した(250WPV パネル 4 枚)(外部からの AC 電源不要で動作させる)(バッテリー仕様で随時運転可能)。自立性能としての第 2 の条件である、「ジャイロ機構(26 年度開発;自己バランス負荷荷重 100g 以下(開発目標)達成;前述)による小電力消費であること」については、1.8W/9 基 x(1/20)x6h=0.54Wh/9 基(駆動モーター電力;0.2W/1 基)(最終年度最終目標値 5W/1 基を 5 倍上回る高性能化を達成)で、十分なる小電力で自立運転できることが実証でき

た。本試験結果から、「今回開発したジャイロ機構が実際的な小電力消費を実現しており、本プロジェクトの重要な開発項目である小電力消費の Gyro 機構の開発に成功した」と結論した。このジャイロ機構については更に開発を行い、27 年度;自己バランス負荷荷重 50g 以下(開発目標)、最終年度;15g 以下(開発目標)を達成した。制御系(内部電源)はマイコンが電力を消費するため、36-54Wh(一日 6 時間運転)/9 基となった(内部電力 0.67-1.0W/1 基)(最終年度開発目標値;内部電力 8W(制御電源)に十分に目標値達成)。これらの結果を踏まえ、「自立電源用として小型太陽電池(24V)を使用する場合には、5-8 倍の余裕を考慮して 5-8W(上記のように内部電力がほとんどを占めるので目標値 8W 以下を採用=8W 最大)が使用可能」という結論を得た。

さらに、メガソーラー用の製品に必須となる「真の自立機構」(外部電源に非依存で小電力用 PV の自前搭載型)とする開発へと更なる高性能化を進めた(27 年度)。Gyro 機構の重量バランス性を高めた改良型として開発した(平成 27 年度目標値;自己バランス負荷荷重 50g 以下を達成)。この駆動消費電力は 12V での駆動試験において、12V/30mA(0.36W)50mA 以下(3W/min=0.45W 以下)で動作させることができ、「真の自立機構」は「充電余力 8 倍のバッテリーを使用して小型太陽電池 8W(12V)クラスを適用して成立し得る」見通しを得た。これにより、メガソーラーでのフィールドに AC 電源ケーブル配線は不要にできることが確認でき、「真の自立機構(Gyro 機構改良型+自社制御回路)」による新規開発機を完成させることに成功した。ジャイロ機構のさらなる重量バランスを高めるために、重心位置のより正確な位置決めを行う改良を進め、28 年度開発;15g 以下(開発目標)も達成した。

量産化すべき部品は①ジャイロヘリオスタット架台、②ミラーボード、③フレネルミラープレート、④アクチュエーター、⑤制御システム(制御回路基板)である。このうち、②と③は「ミラーボード」と「フレネルミラープレート」を一体成型し、各フレネル反射面にアルミミラーを張り付ける方式(「ボード/プレート+アルミミラー」)を本プロジェクトにおいて量産性を目標に開発した(先述)。これらは一体形成が可能であり、量産性があり、製品の生産管理も容易となる。ミラーボードを従来のスチール製とすると、重量が嵩み、ヘリオスタット架台の強度が必要になるために、コストが増加することにつながる。また、この場合にはガラスミラーを従来技術として用いると、スチール・ガラスを強制的にプレス接着する工程が入るために、養生時間を必要とし量産性での課題が生じる。これに対して、一体成型でボード/プレートをプレス無しで製造できるので養生時間を必要とせず、量産性がある(平成 27 年度開発目標;量産化:接合部・部品数の低減(1/2 減数):目標達成)。

フレネル反射の各面にアルミミラーを接着する工程は、一端、一体成型の工程を終えた後に、今回開発したミラー面に接着後に歪みの発生しない特殊接着方法を適用することになる。この工程は接着剤の乾燥速度が極めて速いことと、極めて少量の接着剤を使用するので、養生時間がほとんど不要で、量産性に優れている。量産性にプレス不要の優れた一体形成方法が開発出来、製品のミラーのコスト低減が可能にできる見通しを得ることに成功した。さらに、ヘリオスタット架台・ミラー・制御システムの量産による生産コストについては、ヘリオスタットの架台部品数を少なくして量産組立のコスト低減を計るようにした。特に、ジャイロ部分については、この字型の天秤構造が 7 部品からなるが、これを止め金具ビス止め 6 カ所のうち 4 カ所を溶接止めとすることにより、量産の組み立て工程を一本化にすることが出来た。

### 1.5 研究開発項目⑤「温度成層型貯湯槽の開発・実証実験」

太陽熱温度成層型貯湯槽コジェネレーションシステムの開発は、太陽光発電素子 CPV の水冷却による集光太陽熱(40~80℃)回収・蓄熱のシングルタンク方式を特長とする「太陽熱温度成層型貯湯槽」(SH-GradST)の熱利用システム高効率化の開発、CPV 冷却ジャケットは入口・出口温度をそれぞれ 40℃、80℃で開発する。

冷却ジャケットの開発では、厚さ方向の一次元伝熱計算のために、PV 板と熱交換器の熱伝達率と厚さを定めた後、冷却ジャケットの熱設計を行った。出口温度 70℃に対して、熱流束  $2.39 \times 10^5 \text{W/m}^2$ 、水の入口部分(水温 40℃)と水の出口部分(水温 70℃)での熱流束方向の温度分布を計算し、平均の発電効率が 30%になるために必要な熱交換器の水側熱伝達は、 $6210 \text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ と計算された。これに基づき、一筆書きの流路によって、冷却ジャケットを設計した。流路高さ H は 5mm 一定、壁厚さ(隣接する流路の距離) t は 1mm と 2mm の 2 種類、および流路幅 D は 1mm と 2mm の 2 種類とした。このような 4 種類の冷却ジャケットについて、出口水温が 50℃と 70℃の場合の熱伝

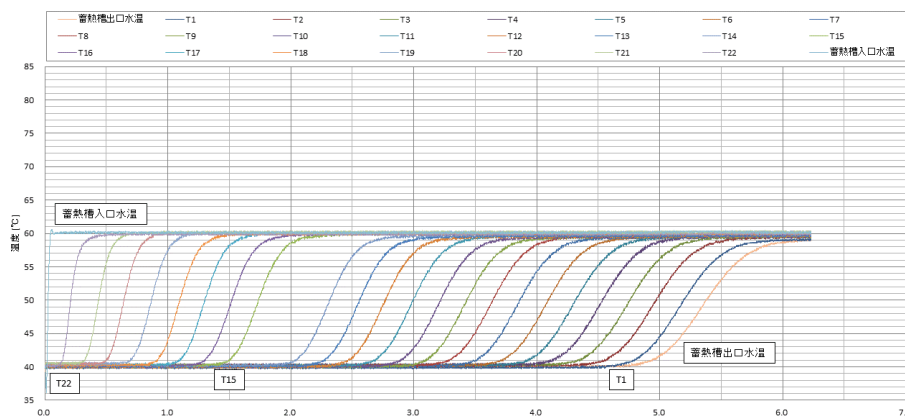
達率を計算し、熱設計で求めた熱伝達率を達成できるか否かを確認した。この熱設計に基づき、実際に試験装置を試作し、実測値により性能を確認した。4 パターンの冷却ジャケットについて、投入熱量（発熱模擬ヒータの出力）が 0.5～1.3kW、冷却水流量が約 0.5～1.5L/min の種々の条件において、性能試験を行った。

温度成層型蓄熱槽の開発について、蓄熱容量は月毎の時刻別の日射量による発生熱量の時刻変化を推定し、最大の発生熱量は 10.5kW（熱 1.167kW×9 機）、3 月の代表日の発生熱量の日量は 75.6kWh/日となった。冷却ジャケットの入口水温の目標値（最終目標）は 80℃以上（出入口温度差 40deg. 以上）を見定め、発生熱量 75.6kWh/日に安全率（1.2）を加味して設計容積を 1.95m<sup>3</sup>（75.6×0.86÷40×1.2）と決めた。また、円筒蓄熱槽で直径 1.2m×高さ 1.8m とした。図Ⅲ-2-③-13-6 に試験装置の全景を示す。写真の中央は温度成層型蓄熱槽であり、黒色の独立気泡構造の断熱材（エアロフレックス）に覆われている。供給水の流量が 3.0～9.0L/min、蓄熱温度が 60～80℃の条件において、蓄熱／放熱運転を行った。蓄熱運転において、蓄熱槽入口水温（蓄熱温度）、蓄熱槽出口水温、および槽内水温（T1～T22）の経時変化を図Ⅲ-2-③-13-7 に示す。槽内水温は蓄熱槽の上部から順番に、初期温度の 40℃から急上昇し、蓄熱槽入口水温に漸近し、温度成層が形成されていることが確認できた。供給水の流量が 9.0L/min の大流量の場合でも、また蓄熱温度が 60℃の比較的低温の場合でも、同様な温度成層が形成されることが確認できた。

太陽エネルギー（日射）に応じた蓄熱槽への供給水温の時間変動が、温度成層や蓄熱温度に与える影響を調べるため、供給水温を変化（ステップ的に変化、蓄熱運転全体では日射に併せて凸型に変化）させて蓄熱運転を行い、さらに温度成層を維持するための制御系について、CFD を活用して検討を行った。その結果、蓄熱槽内の温度成層部の温度をできるだけ高くするためには、その日の最高出力から推定される最高温度を常に維持するように流量を制御すればよいことが見出された。



図Ⅲ-2-③-13-6 試験装置



図Ⅲ-2-③-13-7 蓄熱運転での蓄熱槽入口水温、蓄熱槽出口水温、槽内水温(T1～T22)の経時変化



## 1.6 研究開発項目⑥「Gyro-CPV と統合した熱利用システムの性能試験」

千葉県八街市において総合試験を実施するために実証設備を製作した本設備の主要な構成機器は、2m<sup>3</sup>の温度成層型蓄熱槽（ST）、蓄熱と放熱を行うためのポンプ熱交換器ユニット、冷却塔、各 Gyro 集光型太陽光発電装置（Gyro-CPV）の冷却ジャケット、並びに接続配管である。冷却ジャケットの回収熱を蓄熱槽に貯蔵する①蓄熱運転モード、冷却ジャケットの回収熱を冷却塔で大気放熱する②非蓄熱運転モード、並びに蓄熱槽の熱を冷却塔で放熱する③大気放熱運転モードの3つのモードがあり、それらを自動で切り替えて運転することができる。使用した冷却ジャケットは高砂熱学工業(株)技術研究所で実施した基本特性の試験結果に基づき、伝熱性能と圧力損失を総合的に評価し、実証設備の冷却ジャケットは、流路幅 2mm、流路間の壁厚 2mm、並びに流路高さ 5mm で設計・製作した。冷却ジャケットの下面には、熱伝導性の高い放熱用シリコーン（信越化学工業(株)製オイルコンパウンド G-775）を薄く塗布して、そこに発電素子部を貼り付けた。また、屋外で使用するため、冷却ジャケットの材質はアルミ製とした。

当初の設計では、Gyro-CPV 一台当たりの目標発電量 1.0kW に対して、冷却ジャケットは熱利用率 50%以上を目標として 1.16kW の熱利用量を想定していたが、試運転等を通じてのその後の検討で、発電量は反射集光率や空気等の汚れの影響で、最大でも 0.54kW 程度であることが分かり、それに伴い熱利用量の目標値を最大で 0.63kW とした。



図Ⅲ-2-③-13-8 八街実証設備の総合運転の様子

### 実証試験結果と考察

#### [A 運転条件]

日時：H29/1/6(金) 12:10～14:00

発電中の気温：最低 5.6℃ (12:10)、最高 12.6℃ (13:27)

天候：晴れ

発電 CPV：A-1、A-2、A-3 (高反射鏡)

B-2、B-3 (高反射鏡)

C-1、C-2、C-3 (高反射鏡)

発電量：50～80W 程度 ⇒ 熱利用量の目標値：0.87kW (熱利用率 50%)

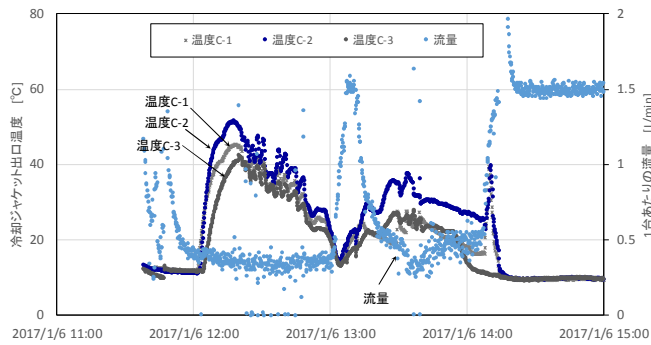
運転モード：蓄熱運転モード

冷却ジャケット入口温度：8.7℃ (12:10) ～9.1 (14:00)、平均 8.5℃

冷却ジャケット流量 (1 台)：0.33L/min と 1.5L/min (平均 0.54L/min)

#### [A 結果・考察]

図Ⅲ-2-③-13-9 に、高反射鏡を搭載した C-1～C-3 の Gyro-CPV の冷却ジャケットの出口温度と流量の試験結果を示す。冷却ジャケット出口温度は、運転開始と共に上昇し、流量を 0.33L/min とした際に、C-1 が最高で 46℃、C-2 が最高で 51℃、C-3 が最高で 41℃程度であった。入口温度が 9℃程度であったことから、ここでの温度差は 32～42℃程度であったことになる。蓄熱槽は温度成層を形成して蓄熱槽の上部から下部にかけて、徐々に熱が貯められ、1 台当たりの熱交換量の測定期間中の平均は 0.68kW(目標値 0.87kW)で、12:30～13:20 の平均は 0.88kW で目標値 0.87kW を上回った。



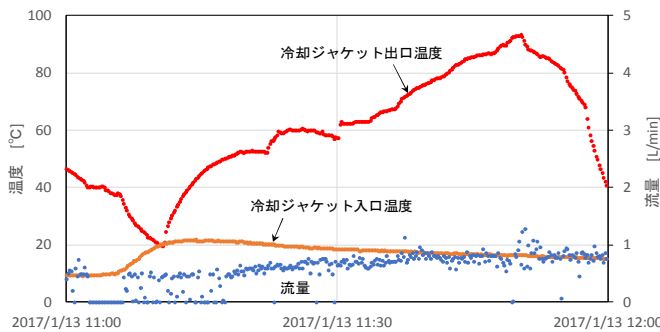
図Ⅲ-2-③-13-9 H29/1/6の熱利用確認試験（C-1、C-2、C-3）

**[B 運転条件]**

日時：H29/1/13(金) 11:12～11:50  
 発電中の気温：平均 10.5℃、最低 9.9℃（11:43）、最高 11.2℃（11:49）  
 天候：晴れ  
 発電 CPV：A-1、A-2、A-3（すべて高反射鏡）  
 発電量：50～80W 程度 → 熱利用量の目標値：0.87kW×3 台=2.61kW（熱利用率 50%）  
 運転モード：蓄熱運転モード  
 冷却ジャケット入口温度：15.9℃（11:47）～21.5℃（11:14）、平均 18.4℃  
 冷却ジャケット流量（3 台）：平均 0.62L/min

**[B 結果・考察]**

3 台の CPV の冷水配管を直列に接続した状態で運転を行った。この方法であれば、冬期であっても冷却ジャケットの出口温度を高くすることができ、また流量が増大し低流量時の流通システムの不安定性を解消できる可能性がある。本試験における冷却ジャケットの出口温度を図Ⅲ-2-③-13-10 に示す。



図Ⅲ-2-③-13-10 直列接続運転での熱利用量確認試験

冷却ジャケット出口温度は、運転開始と共に徐々に上昇し、最高で 93℃に到達した。入口温度が 18℃程度で、温度差は 75℃になる。最大の熱交換熱量は、 $0.62\text{L}/\text{min} \times 4.19\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \times 75\text{℃} \div 60 = 3.25\text{kW}$ （目標値 2.61kW）で、目標値を大きく上回った。運転中、流通系は安定で、運転中に蓄熱された熱交換量の平均値は 2.98kW（目標値 2.61kW）で、これも目標値を上回った。

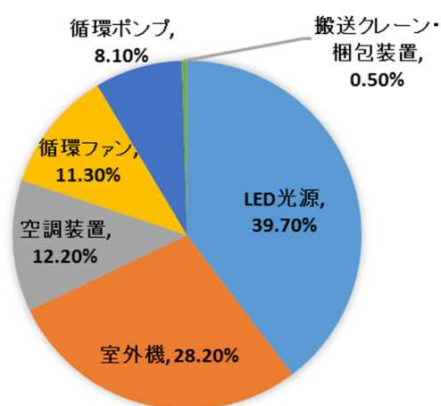
1.7 研究開発項目⑧「閉鎖環境型植物工場・陸上養殖における高付加価値化検討

日本における完全人工光型（制御型）植物工場は、76 工場と推測されている。農林水産省、経済産業省による農商工連携のプロジェクトの補助金を契機にはじまった植物工場第 3 次ブームの当初の 2009 年時点での植物工場は 31 工場であったため、植物工場は 2.5 倍に増加したことになる。栽培方法は、TS ファームをはじめとした全国の TS ファーム、野菜工房、R・S ファームは、噴霧方式を使用しているが、それ以外の工場では多段式の水耕栽培となっている。使用されている光源は、蛍光灯が一番多く 35 の植物工場で、その割合は 46%と半分近くの植物工場で使用されている。LED を光源に用いている工場は、LED 単独では、11 工場 14%であるが、蛍光灯との併用を含めると 17 工場 18%となり、増加傾向になってきていることがうかがえる。植物が光合成に有

効な光波長は 400nm～700nm で、この波長域の光は光合成反応だけでなく、発芽、茎の伸長、葉の形成、花芽の分化と形成、開花などの光形態形成反応を引き起こす。LED は放射スペクトルの半値幅が非常に狭く、ピーク波長を一つだけもつ単色系の光源である。必要な光を自由に選択し、照射できることから、植物の生育に必要な光波長（赤色光、青色光など）のみを選べるため、光エネルギーの無駄がなく、植物工場の光源として適している。

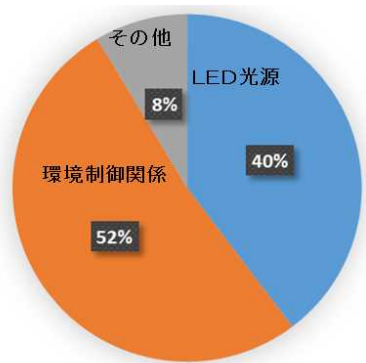
Sci Tech Farm 玉川大学 LED 園に実装されているダイレクト冷却式ハイパワー LED は、光量を調節可能な LED を採用している。各々の LED チップは光変換効率の高い製品を採用しているため、通常の LED と比較して照明電力費を 45% 削減できる。6～7 段の多段式水耕栽培装置を採用し、土壌で栽培するケースと比較して、床面積当たり 6 倍の生産高である。さらに LED 植物栽培ノウハウを生かした野菜生産事業の事業検証を進めている。現在日産 2,800 株を生産している。そこで玉川大学 LED 農園をモデルとして、玉川大学で確立した LED 野菜生産技術、野菜生産の採算性、事業性に基つき本プロジェクトで開発するジャイロ追尾型集光型太陽電池による熱と電力の双方を植物工場に利用する際のエネルギーバランスについて検討した。

玉川大学 LED 植物工場 (Sci Tech Farm) の電力は LED 照明 (光源)、空調装置、水耕装置、環境制御装置、作業用照明、包装機械等に分類されるが、その中で、LED 光源、空気環境調節のための室外機、空調装置、循環ファン、水耕装置の循環ポンプ、作業機械・包装機の搬送クレーン・梱包について、それぞれの月別の電力量を示した。これら電力量の合計は約 1,530,000kWh で、LED 農園 (Sci Tech Farm) において日産 2,800 株のレタス類を生産するために 1,530,000kWh の電力量を消費したことになる。またこれら電力量の電力量全体の割合は、LED 光源 39.7%、室外機 28.2%、空調装置 12.2%、循環ファン 11.3%、循環ポンプ 8.1%、輸送クレーン・梱包関係 0.5% であった。植物の生育のために生育環境の調整をする光源としての LED 光源、空気環境の調節としての室外機および空調装置は、重要なもので電力全体に占める割合は高いものであった。



図Ⅲ-2-③-13-11 植物工場における各使用電力量の割合

LED 光源および室外機を含めた空調装置の電力使用量は電力使用量全体の約 80% で、これら 2 系統の電力量のみで非常に高い割合を占めた。さらにこの 2 系統の電力量に循環ファンを加えた電力量すなわち LED 光源と環境制御関係は約 92% となり、植物の生育のための環境調整の電力量が、電力量全体に占める割合は非常に高く、使用電力量は、LED 光源約 607,000kWh、環境制御関係約 790,000kWh であった。また LED 農園 (Sci Tech Farm) における電力料金は、使用電力量から、約 9,707,000 円/年 であった。



図Ⅲ-2-③-13-12 玉川大学LED農園におけるLED光源と環境関係の使用電力量

LED農園 (Sci Tech Farm) の1年間の消費電力量は1,530,000kWhであり、1日の消費電力量は約4,192kWhとなる。したがって、単純計算ではあるが2MWe(日本全国の平均日照時間約3時間)の集光型太陽光発電システムでは、約2時間程度でLED農園において消費する1日の電力量を供給することが可能であることから、2MWeの集光型太陽光発電はLED農園で消費する電力量を100%供給できるものと考えられる。この1,530,000kWhの電力量は、1年間で9,707,000円のコストであり、ランニングコストの27.6%を占める。これらのことより、LED植物工場の建設にあたり生産規模(日産株数)と消費電力との関係をシミュレーションした。LED植物工場において日産10,000株のレタスを生産する場合、1日の消費電力量は15MWhとなる(日産20,000株の場合は1日の消費電力30MWh、日産40,000株の場合は1日の消費電力量60MWh)。首都圏を東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県に設定にした場合、主要7チェーン(セブンイレブン、ローソン、ファミリーマート、サークルK、サンクス、ミニストップ、デイリーヤマザキ)の店舗数は、東京都7002店、神奈川県3,506店、埼玉県2,673店、千葉県2,484店、合計15,665店となる。本開発システムと日産48,000株(約50,000株)のLED植物工場を富士裾野に建設し、日産50,000株を首都圏のコンビニエンスストアに納品した場合、1店舗あたり3株となる。また、納品店舗を東京都7,000店とした場合は、1店舗あたり7~8株となり、野菜生産後の納品先等の事業化の見通しはある。一方、熱利用に関してはヒートポンプが使われており、本システムの熱湯を冷気生成に利用するシステムを開発する必要がある。本プロジェクトではこの開発は目的外となるので、実施はできなかったが、本システムの太陽熱は蓄熱して24時間利用可能であるので、植物工場の太陽電力と熱の両方を利用するコージェネシステムとして本開発システムは期待される。

熱利用に関してはヒートポンプが使われており、本システムの熱湯を冷気生成に利用するシステムを開発する必要がある。2MWeの発電では3MWh70~80℃の湯熱が得られるので、LED発熱の冷却には太陽熱温湯の温水(70~90℃)を廃熱投入型ガス吸収式冷温水機に投入して冷水を作り冷房に利用する方式が適用可能である。本プロジェクトではこのような高温の熱湯を得ることに成功したので、ソーラークーリングによるコージェネシステムを植物工場に適用できる。



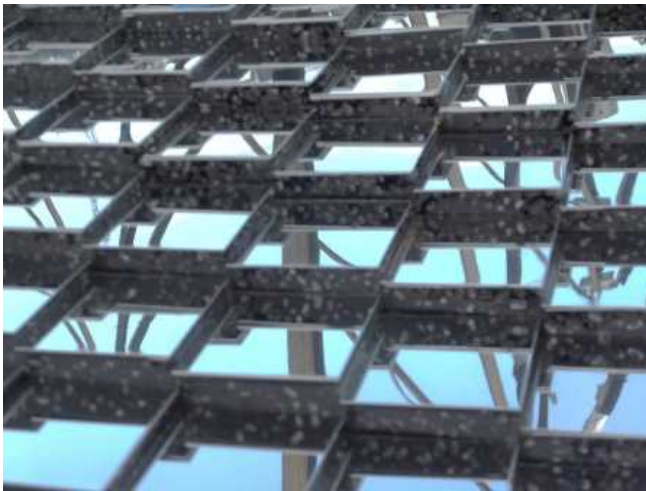
## 2. 実用化・事業化見通し

本研究開発における「実用化・事業化」の考え方は、

- イ) Gyro 集光型太陽光発電装置もしくは Gyro 追尾型太陽コジェネレーションシステムの研究開発に係る目標を達成し、試作品、サービス等の開発を完了した段階を実用化という。
- ロ) また、Gyro 集光型太陽光発電装置もしくは Gyro 追尾型太陽コジェネレーションシステムの研究開発で得られた成果を生かして製品化を行い、商品、サービス等の社会的利用（顧客への提供等）が開始され、その販売や、利用により企業活動（売り上げ、利益等）に貢献する段階を事業化という。

### ① 製品 A（Gyro 追尾型太陽コジェネレーションシステム）

- ・ 平面性に優れかつ高集光性能を有するフレネル反射ミラーの製品化プロトタイプが製作出来、「高平滑面フレネル反射ミラー」の実用化に見通しを得た。



図Ⅲ-2-③-13-13 高平滑面フレネル反射ミラー

- ・ 設定目標をはるかに超える世界最高のフレネル@反射鏡集光像の高均一フラックスを再現できる技術(目標値以上の技術)を完成することに成功し CPV を二次集光器によるものとリレーレンズ方式によるものとの両方で実用化(要 4 年)に見通しをつけた。
- ・ 集光型太陽電池モジュール(7cmx7cm)は月産 1000 個で 3 万円(見積もり;某メーカー)で供給できるとして、ジャイロ追尾架台(自立・自律)・冷却器・フレネル反射ミラー・配管費用が 10 万円以下で実用化(実用化要 5 年)できれば、メガソーラーでの植物工場および医療法人などでのコジェネに対して事業化の見通しがある。
- ・ LED 植物工場と集光型太陽光発電を統合すれば、本開発システムの集光型太陽光発電装置が LED 植物工場における電力量(電力費)と熱との供給が可能となる。コスト的にも有利となる。植物工場の省エネルギー(電力+熱)を自然エネルギーの太陽光で行うビジネスとして本開発システムのメガソーラーでの植物工場への実用化の見通しが得られた。

### ② 製品 B（Gyro 追尾型 PV 発電システム）

- ・ 駆動用電源配線および制御用配線が不要の完全(真の)自立・自律運転技術(b 技術)および軽量化と量産化技術の実用化(要 1 年)が可能であり、メガソーラー配線工事費用が省け、従来のヘリオスタット製品に対するコスト競争力があり事業化(要 2 年)の見通しがある。
- ・ 影ゼロ運転によるジャイロ追尾型太陽光発電装置では固定型の 1.3-1.5 倍発電量が得られ、メガソーラーでの発電所建設の事業化を進める(要 2 年)。
- ・ SolarFlame 社の特許技術(PCT 出願)であるジャイロ型のヘリオスタット技術は従来の経緯台方式のような天頂方向の Z 軸や地面に対して常時平行となる仰角軸を持たない。代わりに、地軸の南北軸と Z 軸を通過する平面内で回転する軸(南北軸と呼ぶ)とその南北軸に常に垂直に



交わる軸(東西軸と呼ぶ)の 2 軸からなっている。このような軸構造では支柱先端がヘリオスタットに搭載したボード(ミラー面)の中心と点でつながり、両軸がミラー面内においてかつ直交して交叉する。直交する二軸が回転軸となって二面が自由に回転できる。これは gyro の語源の意味そのものに相当し、本技術はジャイロ型と呼ぶ。一方、経緯台式は仰角軸のみがヘリオスタット面を横断しその中心に天頂軸(Z 軸)が交叉している。このような軸構造の違いは gyro 型では風荷重のタブランス力はかなり小さくできるトラス構造を形成できることにつながる。つまり、ミラー面内に二軸が直交して横断しているジャイロ型では、この二軸と支柱の間をアーム(アクチュエーター)でつなぐことができ、これら各軸に取り付けたアームを伸び縮みさせることでミラー面を自由な方向に向けることが可能となり、各軸は支柱との間にそれぞれにトラス構造を形成する。そのために、ミラー面のふらつき(タブランス)を従来の経緯台式よりも著しく小さくすることができることになる。タブランス力に対する風荷重を、ミラー面に対して垂直方向に強風 50m/s に相当する荷重(21.6kg)をかけても、たわみはほとんど発生せず、強風時においても本ヘリオスタットの基本架台のタブランスはかなり小さく抑えられるので(耐風速 50m/秒(目標値)達成)、耐風性の優れた製品の事業化に見通しをつけた。

### 3. 波及効果

①世界最高のフレネル反射鏡集光像の高均一フラックスを再現できる技術により、世界で低迷する CPV ビジネスの突破口が開ける。(本プロジェクトではコジェネ製品として事業化を目指す)。

②設定目標にはなかったが、ミラーが太陽方向を向いた時に形成される影が周囲のヘリオスタットのミラーと干渉しないジャイロ追尾運転方法を考案した。この技術によればミラー面同士で生ずる影干渉をゼロにしてコサイン効果を高く維持でき、新しい太陽追尾 PV 事業への展開が期待できる。

③上記の a-技術と b-技術を用いることにより、メガソーラーの太陽追尾型 PV 発電が配線を一切不要とすることができる。この市場は国内外に広く存在するので、太陽エネルギーの事業性として大きく期待できる。メガソーラーの太陽追尾型 PV 発電が配線を一切不要とすることができる(ジャイロ追尾の自立・自律技術による)。この市場は国内外に広く存在するので、太陽エネルギーの事業性として大きく期待できる。

④ジャイロ機構は SolarFlame 社の独自技術(PCT 出願中)(クロスリニア集光用としては米国・EU・インド国際特許登録)であるので、本技術による事業は同業他社に対して国際的競争力がある。太陽熱発電のヘリオスタット反射ミラーとして海外のサンベルト太陽エネルギー市場での事業性が大きく見込まれる。

「太陽追尾による PV パネル発電事業」をメガソーラーで展開する上で有力な技術として評価できる。また、太陽熱発電のヘリオスタット反射ミラーとして海外のサンベルト太陽エネルギー市場での事業性が大きく見込まれる。

⑤冬期のように、水温が 10℃と低い場合であっても 80℃以上の熱湯を得ることができ太陽熱のエクセルギー効率の優れた冷暖房設備を商品化できる可能性がある。

八街実証設備の運転により、冬期のように、蓄熱槽の水温が低い場合であっても、直列運転を行うことで 80℃以上のお湯を得ることができ、目標とした冷却ジャケットの出口温度 80℃が達成できた。またコジェネシステムとして、熱利用量だけで評価すると、熱利用率 50%(目標値 50%)は達成できていた。これらの技術は太陽熱のエクセルギー効率の優れた冷暖房設備を商品化できる可能性がある。また、植物工場のヒートポンプ空調のソーラー代替技術としても利用できる(冬場と夏場の両シーズンに適用可能)。

### 4. 今後の展開

①世界最高のフレネル反射鏡集光像の高均一フラックスを再現できる技術及び本開発研究成果であるジャイロ追尾に関する先端的かつ独自技術により、世界で低迷する CPV ビジネス戦略の新展開を進める。ここで最大の課題は、集光型太陽電池モジュールの量産にめどをつけることにあるが、某メーカーおよび同等の生産ラインを有するメーカーと量産とコストについてまず正確かつ実現

可能性のある目標値を設定する。同時に、下記のようなジャイロ型ヘリオスタットやミラーの生産の量産化ビジネスを推進(製品 B; 現実的にビジネスとして推進)し、製品 A(Gyro 追尾型太陽コジェネレーションシステム)の低コスト化を実現する。

②本開発のジャイロ追尾型の「太陽追尾による PV パネル発電事業」(メガソーラーで展開する上で有力な技術; 真の自立・自律型技術)を進めるが(下記③)、発電量が固定型の 1.3~1.5 倍になることも合わせ、5 年以内での植物工場の電力をソーラーで賄うビジネス(昼間電力のみ)として事業を展開する。合わせて、集光型の冷却器を利用する植物工場のヒートポンプ空調設備としての事業展開を推進し **Gyro 追尾型太陽コジェネレーションシステムを我が国の成長産業へと導く。**

③ジャイロ追尾型に PV パネルを搭載し、真の自律・自立型で、ケーブルリングゼロでの影干渉のない発電量 1.3-1.5 倍のメガソーラー太陽光発電事業へと展開する(製品 B)。現在、これらの技術を用いたジャイロ型追尾太陽光発電の 100kW 実証試験を NEDO のプロジェクトとして南相馬市片倉試験場で実施しており、今後の事業化への見通しを立てているところである。また、片倉試験場には多くの企業が見学に来ており、我が社との共同事業の展開を希望している。今後、これらの企業を中心にコンソーシアムを形成し、本格的に事業を推進する。

④太陽熱発電の電力コストを低減できるので、インド政府が進める蓄熱型の太陽熱発電のベースロードの普及の緊急政策に合わせ、本技術の 5 年以内のインドでの事業化を目指す。太陽光発電のグリッドパリティを超えてのインドでの大量の PV 導入に合わせて、蓄熱型の太陽熱発電のベースロードとしての必要性が高まっている。このニーズに有望な技術として、本プロジェクトの成果である①世界最高水準フレネル反射鏡集光技術、②駆動用電源配線および制御用配線が不要のヘリオスタットの完全(真の)自立・自律運転技術、③ジャイロヘリオスタットの影干渉ゼロの太陽追尾技術、が期待される。これらの技術は、現在インド政府も関心を持っており、今後さらなるインド政府からの発注が期待されている。

⑤本プロジェクトの成果であるヘリオスタットフィールドの太陽追尾制御の電子回路基板とそれらの開発ソフトを、ジャイロ追尾装置の追尾コントロールシステムとして自社製品の生産販売を展開する。

(2) 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発  
(日清紡メカトロニクス株式会社)

1. 成果詳細

(1)研究開発目的

太陽光発電ビジネスの拡大及び新市場創出を図るため、新たな高付加価値化技術が求められている。

高付加価値化技術として、既存の太陽電池モジュールの受光面側で「発電」、裏面側で太陽熱による「温水」製造機能を併せ持つ、太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール(以下、PVTハイブリッドモジュール)の開発を進めた。

本開発手法として、現太陽電池ビジネスの仕組みを活用し、温水製造機器としての導入コストをミニマム化することを狙い、既存の太陽電池モジュール生産ラインで製造可能であつて、外観、重量、形状は、既存の太陽電池と同等のハイブリッドモジュールを目指した。

本事業では、冷却による発電性能向上及び効果的な温水製造能力を兼ね備えた太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールを開発し、本モジュールがFITに頼らない自立可能なデバイスであることの実証を行い、「太陽熱」利用の新たな市場創出を検討した。

(2)太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの仕様

完成した太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの外観および特徴を図Ⅲ-2-③-14-1 に示す。



PVTハイブリッドパネル

(1) 寸法・重量

1.03m × 1.03m × 40mm・26Kg(入水+2kg)

(2) 発電性能・集熱性能

160W・620W

(3) IEC61215試験

DH試験・サーマルサイクル試験	合格
機械的荷重試験(2400, 5400Pa)	合格

(4) 特長

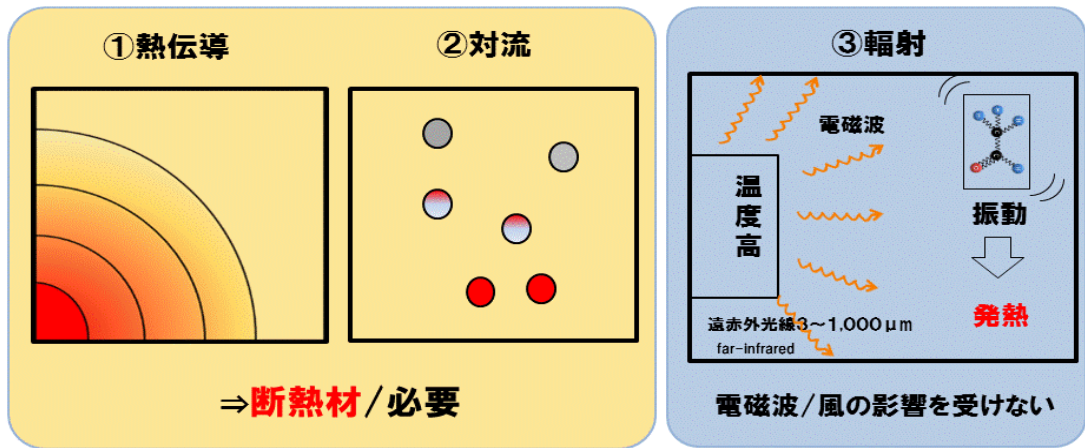
- ・日射強度に対する集熱性能は、気温に影響されない
- ・寒気・風に強い
- ・冷却効果により、発電量が<sup>※</sup>22%向上  
(4～6月実証試験結果)

図Ⅲ-2-③-14-1 製品外観とその仕様

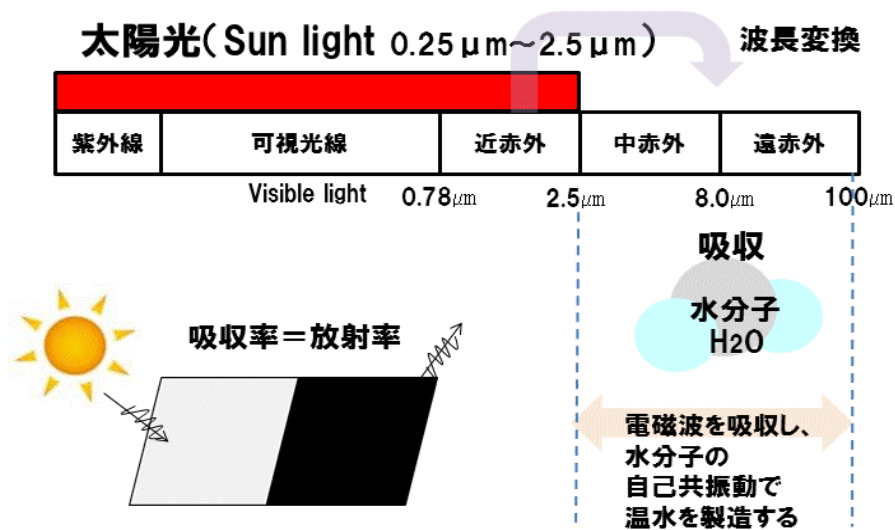
(3)集熱メカニズム

熱は「熱いもの」から「冷たいもの」に流れる。その伝達には、①熱伝導、②対流、③輻射の3通りあることが知られている(図Ⅲ-2-③-14-2)。①と②は、「熱いもの」との接触により熱が伝搬する

一方、③は、接触することなく、熱を伝えることができる。



図Ⅲ-2-③-14-2 熱伝達メカニズム



高放射率材料:カーボンブラック添加EPDMゴム材料 (89%)

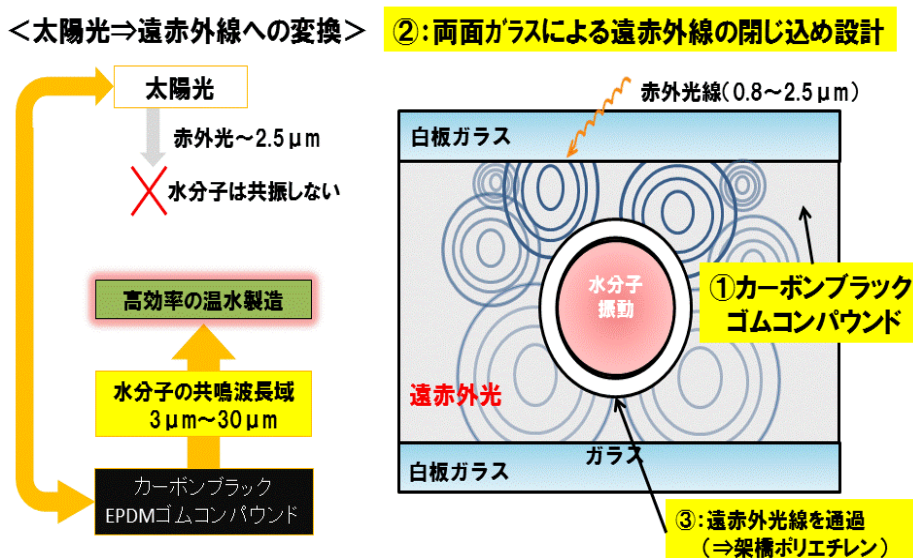
図Ⅲ-2-③-14-3 太陽光スペクトル波長と水分子の共鳴

太陽光線は、大きく分けて、紫外線、可視光線、赤外線からなる(図Ⅲ-2-③-14-3)。その波長域は、0.25 μm ~ 2.5 μm であり、この内の赤外線:0.78 ~ 2.5 μm の波長は、水分子の固有振動数とは異なるため、水分に吸収されず、「温水」にならない。水分子は、3 ~ 30 μm 波長の遠赤外線と共鳴し、自己発熱により「温水」となる。太陽光の赤外線の波長変換機能を有するカーボンブラックを配合した EPDM ゴムコンパウンド(放射率 89%)を開発し、EPDM ゴムシートとして太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールに適用した。

太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの集熱メカニズムを図Ⅲ-2-③-14-4 に示す。

架橋ポリエチレン管は、放射率 89% の EPDM ゴムコンパウンドで包み込まれ、両面ガラスに挟み込まれた構造である。この断面構造において、太陽光線の内、赤外線は、EPDM ゴムコンパウンドに吸収され、遠赤外線を発する。この波長は、水分子に吸収され、「温水」となる。

一方、遠赤外線は、ガラスを通過しないので、内部に閉じ込められ、効率よく、水分子に吸収される。



図Ⅲ-2-③-14-4 太陽光スペクトル波長と水分子の共鳴

架橋ポリエチレン材料は、遠赤外線を通過させる素材である。太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールは、①両面ガラス構造で、②内部に高効率な放射材料を有し、③遠赤外線を通過させる架橋ポリエチレンを通水管として適用したことによって、太陽電池モジュール裏側で、「温水」を製造することができる。

遠赤外線カメラで、架橋ポリエチレン内部の状態を撮影した写真を図Ⅲ-2-③-14-5に示す。

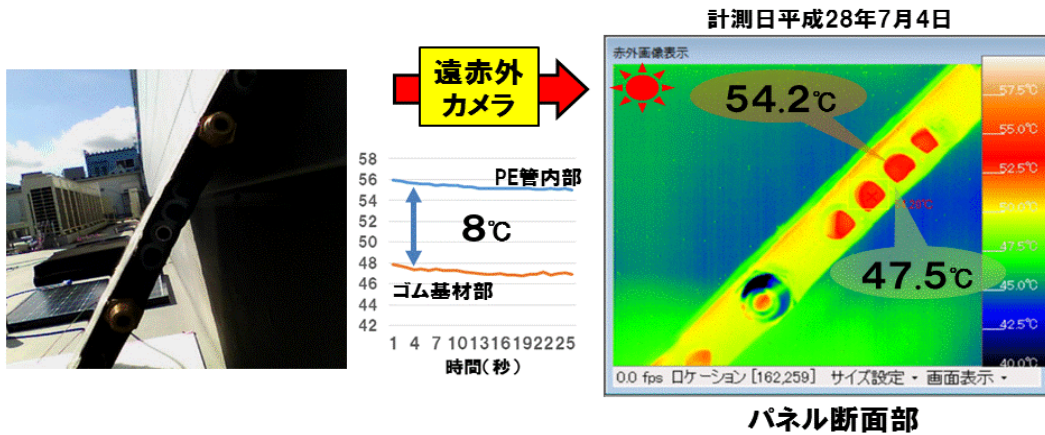
(株)ビジョンセンシング社製遠赤外線カメラは 8~15 $\mu\text{m}$  波長を撮影し、その密度を色分けで示すことができる。青は 42 $^{\circ}\text{C}$ 付近、赤は 55 $^{\circ}\text{C}$ 付近を示す。架橋ポリエチレン直管の断面部を遠赤外線カメラで撮影した結果、その内部に遠赤外線を観測し、その部分の温度は、54.2 $^{\circ}\text{C}$ を示した。その管の周辺部のゴム部材は 47.5 $^{\circ}\text{C}$ を示し、管の内部は、8 $^{\circ}\text{C}$ ほど高温であった。

遠赤外線カメラの映像は、カバーガラスを通過した太陽光(赤外線)により、シリコンセルおよび封止材が発熱し、ここから放射される電磁波は EPDM ゴムコンパウンドに吸収され、上述の集熱メカニズムにより「温水」が製造されたことを裏づけるものである。



ビジョンセンシング社製遠赤外カメラ

検出器	原理	波長域 (μm)
ホロメータ	温度抵抗変化	8~15



図Ⅲ-2-③-14-5 プロトタイプモジュールの遠赤外線カメラ画像

(4)競合比較

開発した太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの競合比較を欧州で市販されている太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール(カタログ値:集熱 719W、発電 260W、サイズ:1640mm×992mm)を用いて行った。発電量は、10:00 から 15:00 の間、晴天時に毎月評価した。英弘精機社製 I-V チェッカを用いた。

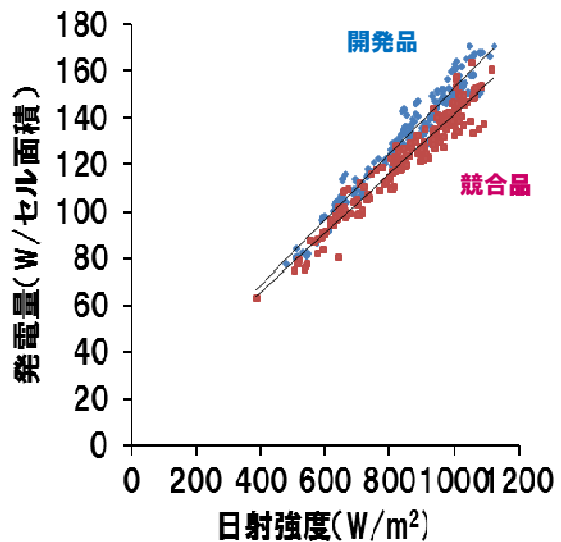
A.発電性能

日射強度に対する発電量 ( $W/m^2$ ) の関係を競合品と比較し、図Ⅲ-2-③-14-6 に示す。

計測は、2016年3月から2017年3月までの結果である。

発電量は、セル面積で除して比較した。水道水量は、200L/hとした。

年間を通じ、競合に比べ、7.9%の向上が観られた。



図Ⅲ-2-③-14-6 発電性能比較

## B.集熱性

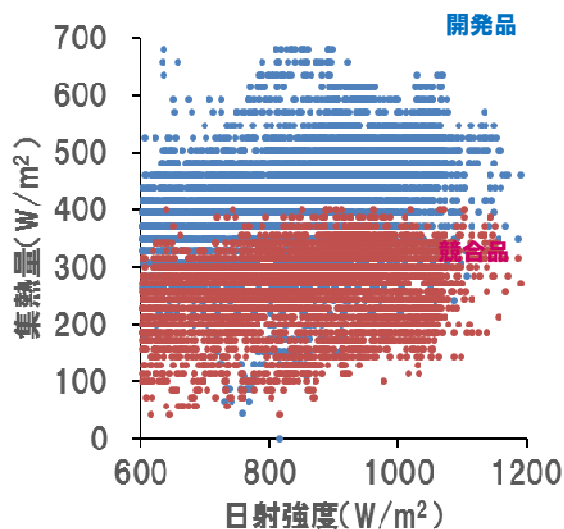
日射強度に対する集熱量( $\text{W}/\text{m}^2$ )の関係を競合品と比較し、図Ⅲ-2-③-14-7に示す。

計測は、2016年6月から2017年3月までの結果である。

JIS A4112で、 $600\text{W}/\text{m}^2$ 以上の条件下での評価が謳われているので、ばらつきの大きい部分は、削除した。

集熱性は、日射強度  $800\text{W}/\text{m}^2$  付近で最大値を示した。

集熱量は、開発品  $680\text{W}/\text{m}^2$ 、競合品は、 $400\text{W}/\text{m}^2$ であり、約1.7倍の性能を有していることが分かった。



図Ⅲ-2-③-14-7 集熱性能比較

## C.パネル表面温度

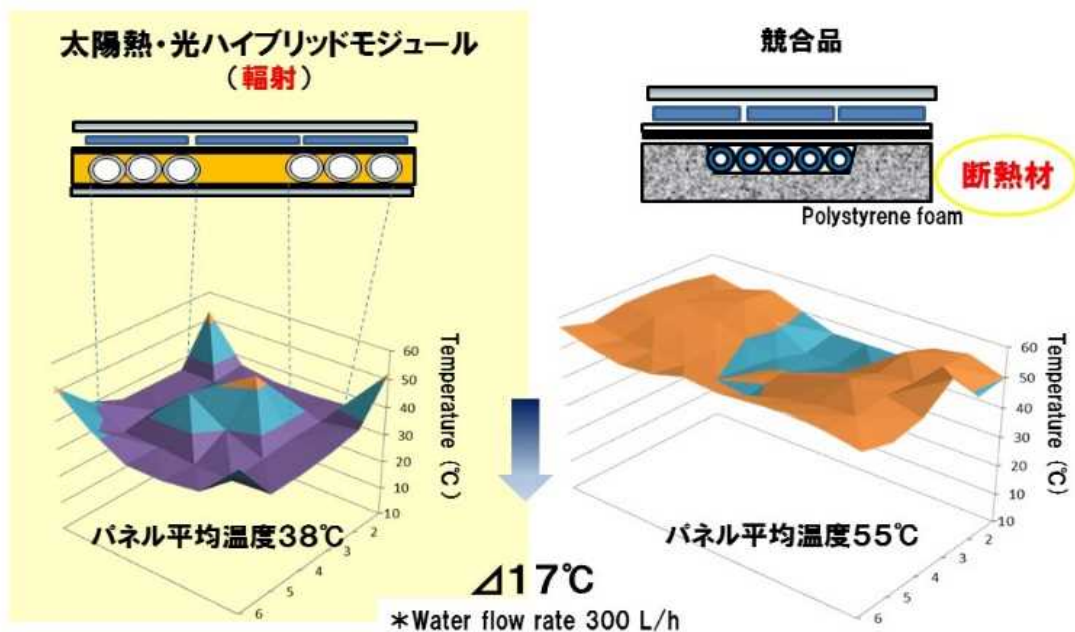
弊社屋外ラボラトリーでの計測状況の写真を図Ⅲ-2-③-14-8に示す。



図Ⅲ-2-③-14-8 計測状況

競合製品と隣同士の設置で、真南対し、設置角度  $30^\circ$  で評価した。10月の快晴時に流量  $300\text{L}/\text{h}$  において、モジュール表面のセル上温度を接触タイプの温度計で計測した。その温度分布を図Ⅲ-2-③-14-9に示す。

太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールは、樹脂管が巻かれた部分は、特に冷却され、ほぼ、水道水温度と同等となった。樹脂管部分のない部分も含めて、表面の平均温度差は  $17^\circ\text{C}$ であった。

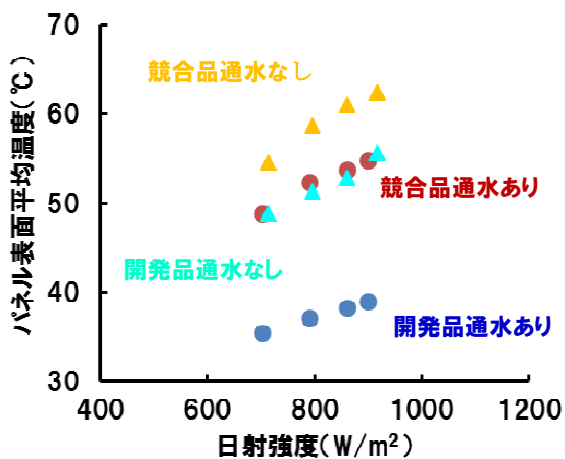


図Ⅲ-2-③-14-9 表面温度分布図

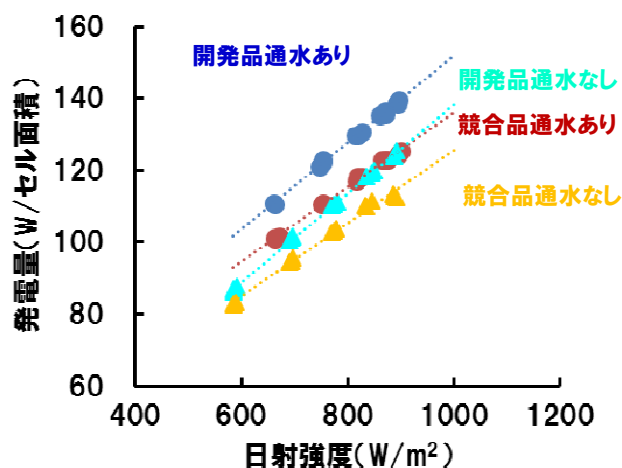
D.通水有無の性能比較

通水あり(流量 200L/h)、なし条件でのパネル表面温度と発電量  $P_{max}$  を計測。計測結果を図Ⅲ-2-③-14-10、図Ⅲ-2-③-14-11に示す。

(計測日 5月29日 快晴 場所:愛知県岡崎市)



図Ⅲ-2-③-14-10 通水有無でのパネル表面温度



図Ⅲ-2-③-14-11 日射強度に対する発電性能

パネル表面平均温度は、通水することで、開発品は 15°C低下し、発電量は日射強度 1,000W/m<sup>2</sup>に対し 152W (10%改善) となった。一方、競合品は、通水時の発電量は 136W (9%改善) であり、開発品に比べ、10%低かった。

- (5)ミニ実証プラントの結果(静岡県掛川市国安 2808-2 大東温泉シートピア)  
 (7枚連結、真南、角度30度。2016年12月より、パネル角度45度に変更)



### プレ実証/大東温泉“シートピア”

【発電性能】 通水による発電改善効果 (日射強度800W/m<sup>2</sup>でのPmax比較)

	9月	10月	11月	12月	2月	3月	5月	6月
PVT/通常	7%	5%	3%	5%	3%	2%	3%	2%

年平均 4%向上

【集熱性能】

換算値:灯油1L =36.7MJ

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
日射量120W/m <sup>2</sup> 以上	42L	56L	28L	37L	35L	45L	53L	40L	46L

換算灯油量(9ヶ月分) ⇒ 509L/年(7枚:総合集熱性 43% )

図Ⅲ-2-③-14-12 ミニ実証(写真)における発電性能、集熱性能

#### ①ミニ実証の評価結果(集熱性・発電性能)

ミニ実証試験の計測は、2015年9月から2016年6月まで実施した。(図Ⅲ-2-③-14-12)

写真の左側に54直229W単結晶モジュール(比較品)5枚連結(1,145W)、右側に36直152W単結晶モジュール(太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール)7枚連結(1,064W)を設置し、発電性能比較を行った。

集熱性能は太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールに水道水を流量230L/hで供給し、1tタンクに貯蔵し、「温水」温度計測した。また、自動計測にて、入口出口温度、流量から集熱量を計算した。集熱性は、換算灯油量で月別の評価を行った。

##### a)発電性能

9月は、既存太陽電池モジュールに比べ、7%の向上、11月は3%の向上、角度変化後の3月は、2%の向上、5月は3%の向上となった。年平均4%の改善効果が認められた。

同場所は、年間平均風速5m/sの強風地域であり、冬場は特に強く、日平均風速10m/sを超える日が何日もあった。そのため、パネル表面温度が下がり、外気温の低下に従って発電性能の改善効果は減少する結果となった。

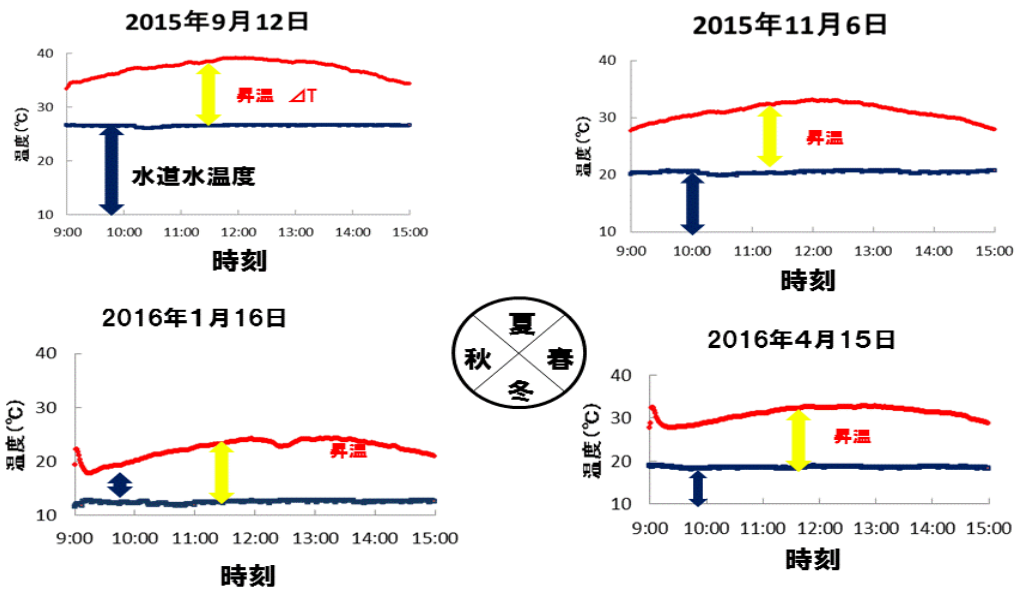
##### b)集熱性能

9月は、灯油換算(1Lの熱量:36.7MJ)で42L/7枚パネル、12月は、37L/7枚パネル、4月は、40L/7枚パネルであった。外気温による集熱性能低下は少なく、月内の晴れ日数の割合が多いほど、灯油換算量が増加する結果であった(図Ⅲ-2-③-14-12)。

集熱性は、外気温に影響されず、月平均42L/7枚パネル、年換算で509L/7枚パネル、総合集熱性能は43%となった。

冬・春・夏・秋の晴天時の時間別の出口温度変化を図Ⅲ-2-③-14-13に示す。

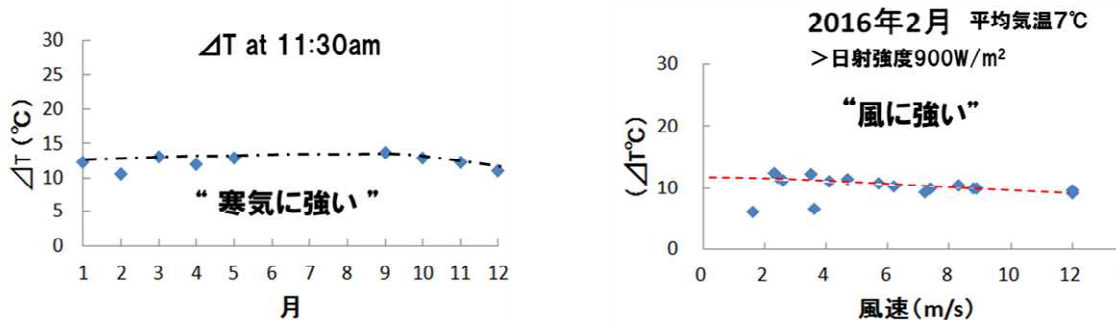
太陽光により製造された「温水」の昇温度合いは、季節(外気温)に依存せず、ほぼ一定であることが分かった。つまり、出口「温水」温度は、入水温度(水道水温)に依存することが分かった。



図Ⅲ-2-③-14-13 晴天時の7枚連結パネルの出口温度

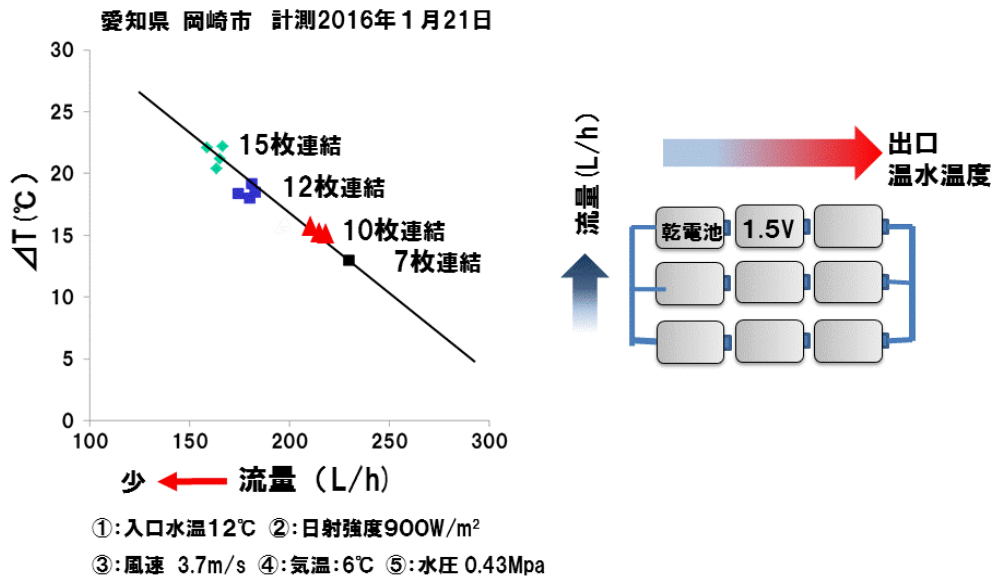
11:30 における昇温： $\Delta T$ (出口温度-入水温度)の季節依存性と風の影響を検討した結果を図Ⅲ-2-③-14-14に示す。

$\Delta T$ は、季節(外気温変化)及び風の影響をほとんど受けないことが分かった。



図Ⅲ-2-③-14-14  $\Delta T$ の季節依存性と風の影響





図Ⅲ-2-③-14-15 出口温度と流量の制御

出口温度に対するパネル連結枚数の影響と流量の関係を図Ⅲ-2-③-14-15 に示す。パネル連結枚数に比例して出口温度が高くなること、また、流量は、減少することが分かった。つまり、出口温度は、直列枚数により制御できる。また、流量は、並列数により制御できることが分かった。

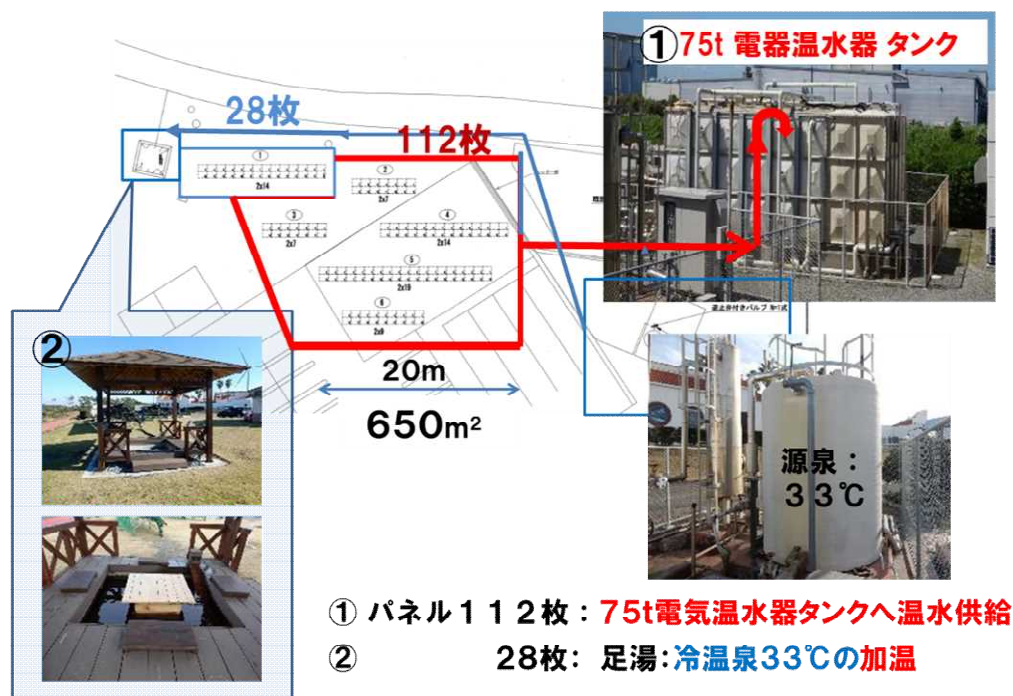
(6)本実証プラント

①プラントレイアウト

大東温泉シートピアの駐車場および芝生部の約 650m<sup>2</sup> に 140 枚パネルを設置した。その外観写真を図Ⅲ-2-③-14-16、図Ⅲ-2-③-14-17 に示す。



図Ⅲ-2-③-14-16 実証プラントの外観と「温水」ラインのパネル連結方法



図Ⅲ-2-③-14-17 実証プラントの設備

140枚パネルの内、112枚（10枚連結、9枚連結の2並列、14枚連結の6並列）は、75t電気温水器タンクに供給、28枚パネル（7枚連結の4並列）は、温泉水（33℃）を太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールで加温し、足湯として活用するラインを設けた。

## ② 「温水」ライン

集熱管に樹脂管を採用した、太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールプラントは、各パネル同士の連結にも架橋ポリエチレン管を用いた。樹脂管はフレキシブルであり、「温水」ライン構築が容易で、その外観はスマートである。

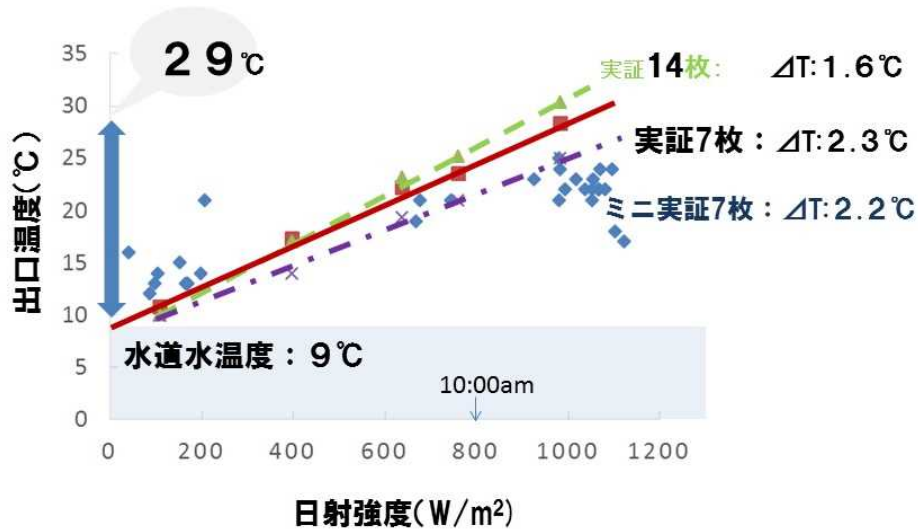
既存の太陽熱温水器は、集熱ポンプ停止時の空焚きにより、200℃程度まで高温化し、装置を破損する場合がある。

一方、太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールは、通常の太陽電池モジュールと同等の温度上昇であるため、「突沸弁」を必要とせず、安価な設置費用でプラント建設できる。

## ③ 本実証プラントの集熱性能及び発電性能

日射強度に対する出口「温水」温度の関係を図Ⅲ-2-③-14-18に示す。計測は、2月3日、冷媒である水道水温は、9℃であった。出口温度は、日射強度に比例して昇温し、当日の最高「温水」温は29℃となった

風速10m/s 実証112枚 プラント $\Delta T$ : 1.5 $^{\circ}\text{C}$



図Ⅲ-2-③-14-18 実証プラントの集熱性能

グラフより、実証プラント内の7枚パネル連結「温水」取出し口からの温度上昇率は、 $\Delta T=2.3^{\circ}\text{C}$ 、ミニ実証プラントでは、 $\Delta T=2.2^{\circ}\text{C}$ であったので、同等の性能を発揮していると判断した。

プラントのパネル連結レイアウトは、14枚連結のラインが6列、10枚連結ラインが1列、9枚連結ラインが2列からなる。各々は、10A樹脂管で集水し、32A架橋ポリエチレン管と連結した10A樹脂管挿入可能な金属ヘッダー部に10A樹脂管を挿入し、タンク上部に上る管を20Aとし、電気温水器75tタンク上部の蓋から「温水」を供給する。

全ラインを14枚連結と仮定した1枚パネル当たりの温度上昇率は、 $\Delta T=1.5^{\circ}\text{C}$ であった。

発電性能は、株式会社NTTスマイルエナジー「エコめがね」による遠隔監視システムにより、日々の発電量を計測している。

設置したパワーコンディショナー(PCS)は18kW容量であり、DC22.4kW/AC18kWの過積載率は、24%である。

④ シートピア実証試験実績(2017年4月～6月)

a) 発電(DC/AC=22.4kW/18kW)



発電量は、遠隔計測システム[(株)NTT スマイルエネルギー：エコめがね]で、毎日計測を実施。

図Ⅲ-2-③-14-19 遠隔計測システム

表. Ⅲ-2-③-14-4 発電実績

	実発電量(kWh)	NEDO 予測(kWh)御前崎	実証/NEDO 予測(比率%)
4月	2,654	2,340	113
5月	2,924	2,301	127
6月	2,454	1,962	125
合計	<b>8,032</b>	<b>6,603</b>	<b>122</b>

発電量は、NEDO 日射量データベース閲覧システムからの予測値に比べ、22%UP であり、冷却による発電量向上が確認できた。また、4～6月実績から、年間売電概算金額(FIT:24円/kWh)を算出すると、80万円/年となる。

実績から得られた売電金額を、研究開発項目最終目標(システム容量40kW, FIT 32円/kWh)に換算すると、184万円/年となる。

b) 集熱(集熱面積 112 m<sup>2</sup>)



運転条件：8～17時まで毎日ハイブリッドモジュール112枚に水道水を1.15t/h 通水し、温水を製造し、75t温水タンクに供給

集熱実績は、遠隔監視システムの実発電量から月平均日射量を求め、同月のミニ実証試験結果より集熱量を算出した。

図Ⅲ-2-③-14-20 75t 温水タンク

表. Ⅲ-2-③-14-5 集熱実績

	ミニ実証 (7枚)(MJ)	実証 (112枚)(MJ)
4月	1,316	25,733
5月	1,516	27,525
6月	1,187	20,253
合計	4,019	73,511

表Ⅲ-2-③-14-5 で算出した 4～6 月集熱実績から、年間削減電力料金を求めると、概算金額(掛川市電力単価: 14.86 円/kWh)は、130 万円/年となる。

実績から得られた集熱金額を、研究開発項目最終目標(システム容量 40kW, 灯油換算 100 円/L)に換算すると、200 万円/年となる。

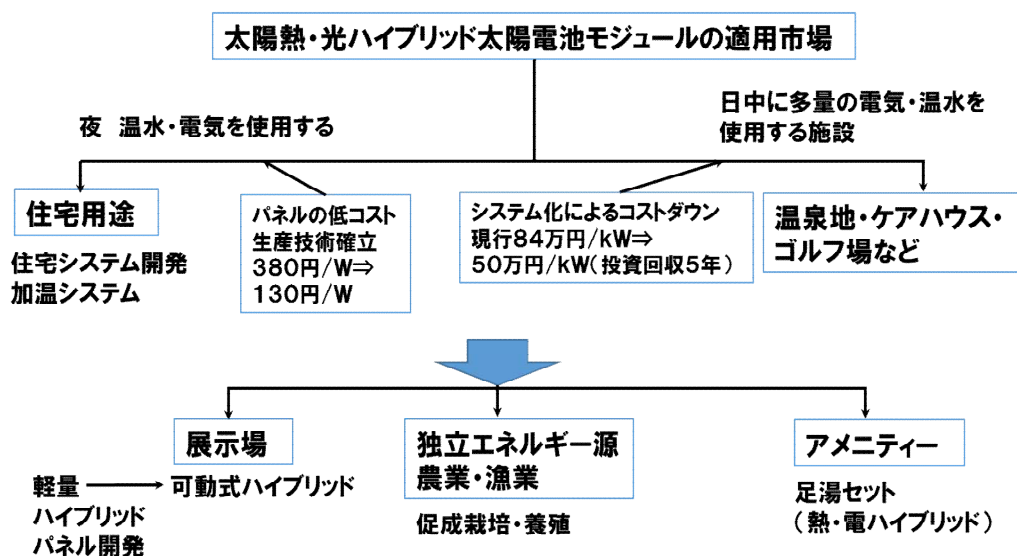
c) 投資回収年

a)、b)で求めた売電、集熱の合計金額は、210 万円/年。実証プラントの設備コストは、1,470 万円。

これより、投資回収年  $\approx$  7 年 [設備コスト / (年間売電 + 集熱金額)]

2. 実用化・事業化見通し

大東温泉シートピアでの実証試験結果を受け、期待通りの発電性能が得られ、製造した温水も既設給湯施設に組み込まれ、3 月 23 日より、営業運転を開始した。本実績により、山奥の「ふるさと村」などでの活用や、ビン洗浄工場、クリーニング工場設備会社からの引き合いを受けている。また、冷泉等の理由で加温が必要な施設を所有している温泉地において、設備老朽化の対応として、本設備の導入を検討しているところが多々ある。



図Ⅲ-2-③-14-21 適用市場

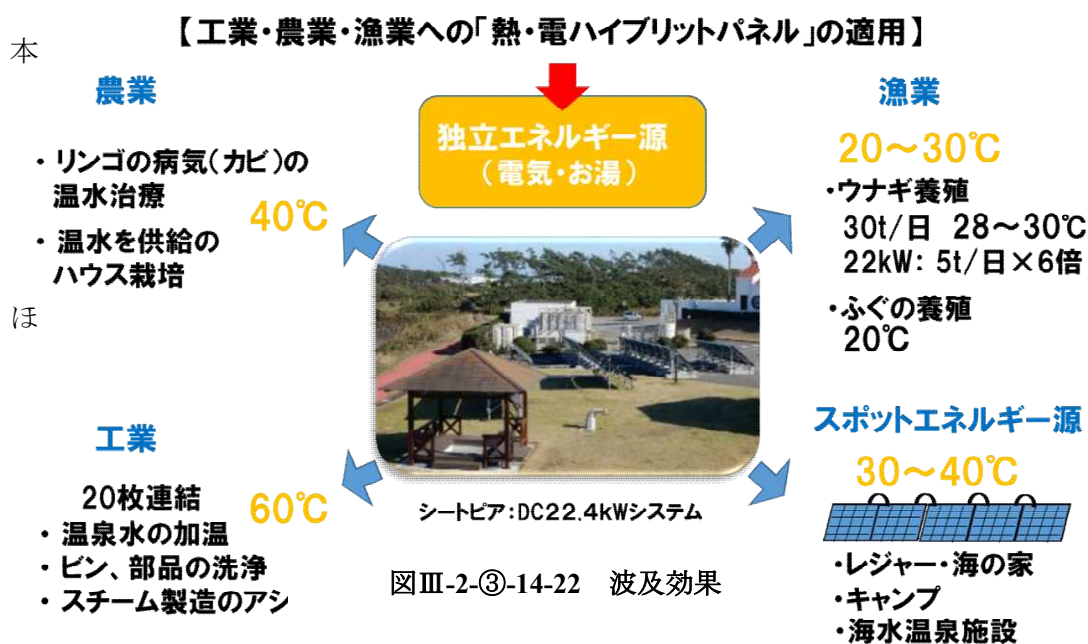


図Ⅲ-2-③-14-21 に事業化の方向性とその市場獲得のための key 技術開発のポイントを示す。現プラントは、システム価格 84 万円/kW であるが、一次目標として、50 万円/kW、最終目標として、40 万円/kW へのコストダウンが普及の鍵である。そのため、モジュール生産速度の向上化技術の確立や大量導入のビジネス構築を検討する必要がある。

一方、住宅向けは、普及のためには、パネル価格 130 円/W(現 380 円/W)までのコストダウンが必要である。これにより、FIT に頼らない「自家消費モデル」が確立する。また、独立エネルギー源としての活用が期待され、「農業」や「漁業」での普及が進むものと考えている。

### 3. 波及効果

図Ⅲ-2-③-14-22 に太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの波及効果を示す。



本モジュールは、太陽光を受けて、「電気」と「温水」を容易に得ることができるので、経済性が高く、太陽「熱」利用を躊躇していた市場が動き出すことが予想される。また、住宅用途では、日中の太陽エネルギーを貯める手段として、「温水」をタンクに、「電気」は蓄電池に仮置きし、夜間使用するライフスタイルが主流となり、温水機器ビジネス、蓄電池ビジネスが大きく伸長し、ZEH:自家消費モデルが急拡大する。

耐薬品性の高い集熱管(樹脂管)を採用しているので、塩分を含む、海水を温めることが可能である。沿岸部にナトリウム温泉地ができたり、一方、非常時の海水の真水化施設の蒸留水製造のアシスト機器としての普及も考えられる。

中東では、再生可能エネルギーへの転換として、太陽光パネルの導入が進んでいる。しかし、そのパネルが高温となることで、「発電量低下」と「寿命低下」が問題となっている。本モジュールは、「冷却」により、発電量の低下改善とパネルの長寿命化を実現できるので、赤道直下の国々で、盛んに導入されると予想している。また、CO<sub>2</sub>削減の「切り札」として、製造メーカー工場で、水道水と温水設備ラインの中間に本モジュールシステムを組み込むことにより、省エネルギー化と温室効果ガス削減に大きく寄与し、そのため大規模に導入されると考えている。

#### 4. 今後の展開

表Ⅲ-2-③-14-6 に太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの 2030 年市場規模予測を示す。

表. Ⅲ-2-③-14-6 2030 年の市場予測 (累積)

導入先	市場 (件)	導入率	導入規模 (KW) / 件	システム金額 (億円)	炭酸ガス (kt)
住宅	20,000,000	15%	3	36,000	19,727
工場	140,000	10%	100	5,600	3,069
学校	60,000	10%	10	240	132
公衆浴場	30,000	10%	20	240	132
老人ホーム	6,000	10%	10	24	13
プール	5,000	1%	1,500	300	164
ゴルフ場	3,000	10%	10	12	7
日帰り温泉	2,000	10%	50	40	22
<b>計</b>				<b>42,456</b>	<b>23,265</b>

2030 年のシステム価格 40 万円/kW を目指し、下記の方策を進める。

- ①安価なパネル成型可能な海外モジュールメーカーにて OEM 生産する。
- ②事業者向けと住宅向けの 2 通りをラインアップし、EPC メーカーと連携して市場ニーズを掘り起こし、導入量を増す。

(3) 採光型太陽光発電ユニットの技術開発  
(岡本硝子株式会社/株式会社エガリム)

1. 成果詳細

1-1. 鋭形ガラスの試作開発

窓枠に配置する太陽電池セルサイズを最小化し、且つ垂直に入射させられるかが、Holo Glass 設計の大きな技術課題である。そのため、ガラス端部にテーパ状の鋭形状を施してその効果を実験により検証した。

試作を行ったガラスを図Ⅲ-2-③-15-1 に示す。ガラス厚みを 5mm とし、 $10.5^\circ$  のテーパ加工を施した。内部散乱を避けるため、表面は鏡面加工とした。後に示す図Ⅲ-2-③-15-5 も同様であるが、このガラスを用いた Holo Glass に光を入射したところ、図Ⅲ-2-③-15-2 のように、下部に採光された光はガラスの端面部分よりもテーパ部分から屈折する形で、散乱射出した。しかしながら、ガラスの端部に設置する太陽セルは、ガラスと接着、もしくはそれに近い状態で配置することから、この散乱による光のロスは無いと想定され、ガラス端部の鋭形化開発は終了とした。



図Ⅲ-2-③-15-1 試作した鋭形化ガラス 図Ⅲ-2-③-15-2 端部からの光散乱

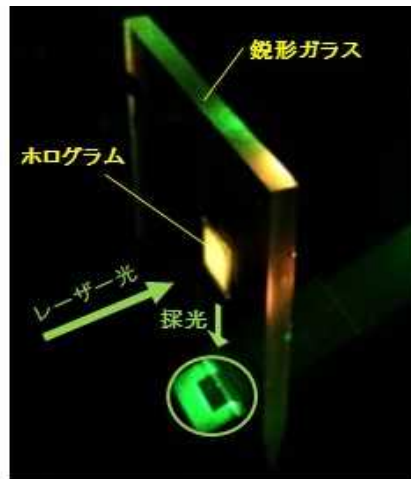
1-2. ホログラムの技術開発・試作評価

入射する光をガラス内面の臨界角以上に増角して光を閉じ込める機能の実現が、Holo Glass の大きな技術課題であった。そのため、専用光学系を用いて実際のホログラムの露光試作開発を行い、特殊光学素子を活用するなど、ガラス端部に向けて光を回折するホログラムを露光（作製）出来るよう、改良を進め、基本動作の原理実証と各種特性の評価を行った。

露光試作した代表的なホログラムの外観写真と、基本動作の原理実証実験結果を図Ⅲ-2-③-15-3 に示す。図Ⅲ-2-③-15-4 の通り、ガラスに貼りつけられたホログラムによって、入射したレーザー光がガラス内面に取り込まれ、全反射を繰り返して端面から採光される事が確認された。



図Ⅲ-2-③-15-3  
露光試作したホログラム外観



図Ⅲ-2-③-15-4  
採光機能の基本原理実証

### 1-3. 仰角制御用ホログラムの基礎開発

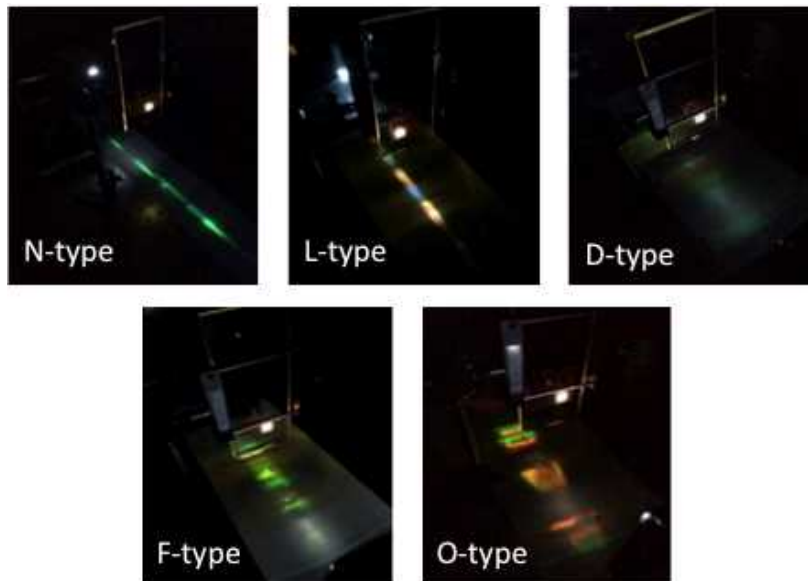
太陽光を効率良く取り込み発電を行うには、春夏秋冬、朝昼夕の太陽光の広い仰角と方位角に対応したホログラムが必要となる。また、太陽光の波長スペクトルを短波長から長波長に至るまで、広い波長帯域で採光する事が求められる。まずは単色レーザーを用いて露光したホログラムにおいて異なる波長の光が採光できるかどうか、基礎的な実験を行なった。

通常、特定の波長のレーザー光で露光したホログラムでは、波長選択性により露光した波長のみを回折するホログラムが出来上がる。そこで、各種光学素子を活用して複雑な干渉縞を形成する露光を行い、採光される光の特徴を観察した。

露光に使用するレーザー光源は従来通りの緑色（波長 532nm）の単色レーザーとし、メディアに入射する物体光を白色光（RGB 波長成分をもつ白色 LED 光源）として照射した。

露光したホログラムを端部鋭形ガラスに貼りつけた簡易的な Holo Glass を用いて、白色光（擬似的な太陽光）を照射した際に採光されて端面から出射される光をスクリーンに投影して観察した。貼付けたホログラムは、露光時の物体光の照射方法の違いにより、N-type、L-type、D-Type、F-Type、O-type を試作した。実験結果を図Ⅲ-2-③-15-5 に示す。

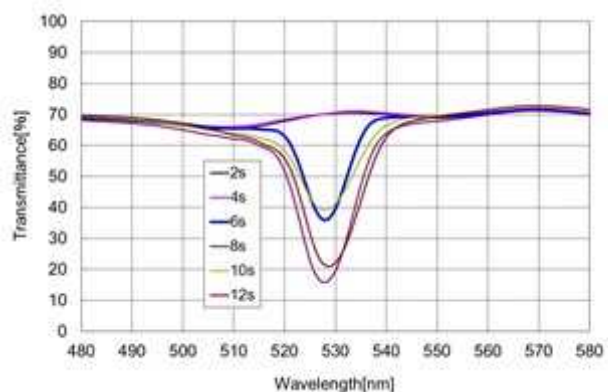
波長 532nm の単色レーザーで露光したにもかかわらず、L-type および O-type では可視域の波長スペクトルを採光されており、広い波長帯域の光を採光する事が可能であることを見出した。また、ほぼ平行な白色光の光束を照射しているにもかかわらず、D-Type、F-Type、O-type では、出射される光が広がりを持っていることから、広い仰角と方位角に対応したホログラムの実現可能性が示唆された。



図Ⅲ-2-③-15-5 露光試作したホログラム外観と採光機能の基本動作原理実証結果

露光に用いた波長 532nm のレーザー光を用い、同じ記録媒体にリップマン型のシンプルな反射型ホログラムを露光形成し、波長透過率の分光特性を測定した。その結果を図Ⅲ-2-③-15-6 に示す。約 12 秒の露光で透過率は 528nm 付近で最も低下し、70%程度あった透過率が 15%程度となった。透過率低下の現象（回折効果）は、528nm 付近を中心に±10nm の範囲に留まっていることから、単純な露光形成によるホログラムでは、記録波長とほぼ同じ波長範囲の太陽光しか取り込めないことが分かる。

以上の結果から、単一波長のレーザー光源を用いて露光されたホログラムでも、各種光学素子を活用して複雑な干渉縞を形成する露光を行うことで、広い波長帯域の光を、広い仰角と方位角で採光することが可能であることが原理的に示された。



図Ⅲ-2-③-15-6 532nm のレーザー光で露光したホログラムの分光透過特性

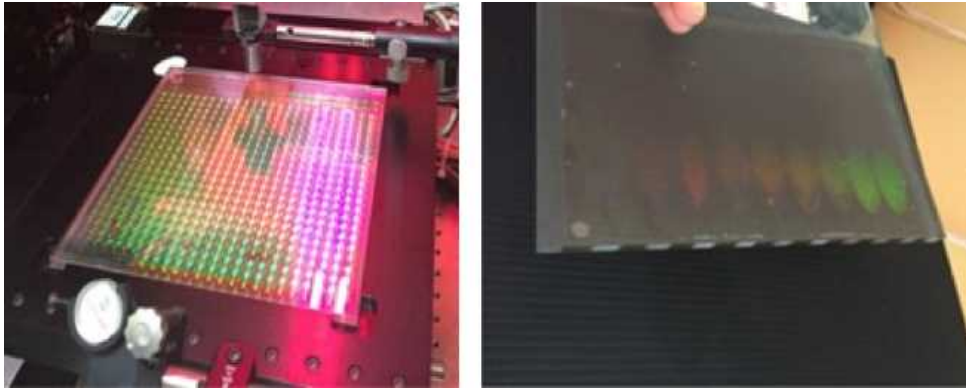
#### 1-4. 大面積ホログラムの基礎開発

窓ガラスによる発電を実用的なレベルで効率よく実現するためには、ガラス全面に渡って差し込む入射光を出来る限り大きな面積で採光することが必須である。これを実現するには、窓ガラスと同程度のサイズの大面積なホログラムが必要となる。

本研究開発では、将来的に大面積なホログラム露光を可能にする、部分的なホログラムを敷き詰めて露光する、大面積ホログラム形成方法の基礎技術開発を行った。

試作された大面積ホログラムのうち、代表的な2つの試作サンプルの外観を参考までに図Ⅲ-2-③-15-7 に示す。試作に用いたホログラム記録媒体はシート状に形成されており、これを 210mm 角のガラスに貼付けたあとにホログラムを露光形成した。波長 532nm の単一波長のレーザー光で露光しているにもかかわらず、周辺的环境光が反射して見える回折光は、赤色から青色まで混ざった波長帯域の光が観察出来る。





図Ⅲ-2-③-15-7 大面積化ホログラムの試作開発例

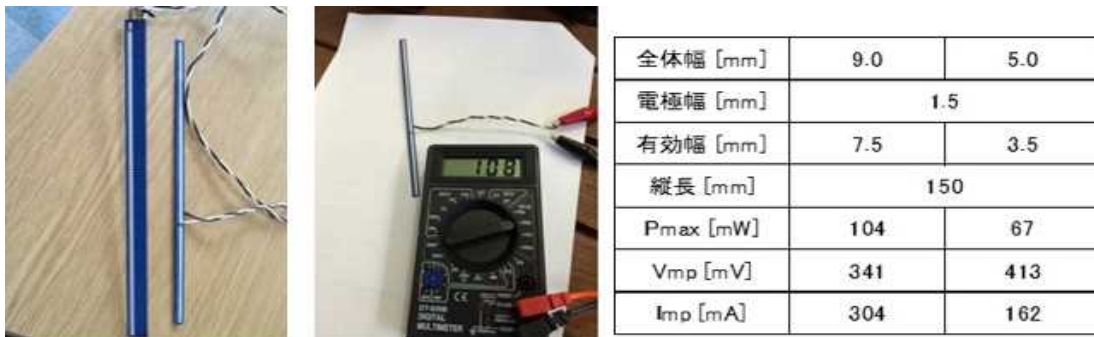
### 1-5. Holo Glass の試作開発

#### 1) リボン状太陽電池セルの試作

採光型太陽光発電にはリボン状の太陽電池セルが必要不可欠であり、リボン状太陽電池セルの試作も課題の一つであった。メーカーへの打診を行なったが、カスタム製作は容易ではない事が分かり、今回は太陽電池の単セル(太陽電池の素子そのもの)を入手し、半導体ウェハー用のダイシング装置にて、電極を切断しないよう電極に沿った方向にて、リボン状に切断することで自作により試作することにした。

試作したセルの外観と、発電特性の基礎評価結果を図Ⅲ-2-③-15-8 に示す。同図右の表に示すように電流が発生することを確認し、発電量はセル幅(有効面積)に比例していることも確認された。

以上より、採光発電の実験には、この自作したリボン状セルを使用することとした。



図Ⅲ-2-③-15-8 試作したリボン状太陽電池セルの外観と、発電特性の基礎評価結果

#### 2) 採光型発電ユニットの試作開発

すでに上述した、「鋭形ガラスの試作開発品」の上に「大面積露光試作したホログラム」を貼付け、更に「リボン状太陽電池セル」を光学接着して、採光型発電ユニットを試作開発した。従来型の太陽光発電ユニットと比較した外観写真を図Ⅲ-2-③-15-9 に示す。

従来の太陽光発電ユニットは、受光エリアが発電素子のエリアと同じであるため、発電量を増す為には素子サイズを大きくしなければならなかった。これに対し、採光型発電ユニットでは、ガラスに貼付けたホログラムが受光エリアとなり、発電エリアとは別になっているため、大面積な受光エリアを実現する場合でも発電素子サイズは小さいままで良いというメリットがある。

また、受光用のホログラムは、特定の角度で入射する特定波長の光だけを採光するため、環境光は透過するという特徴があり、ガラスの裏面に置いたメモ書き「Holo Win.」という文字も、透過して見えている。

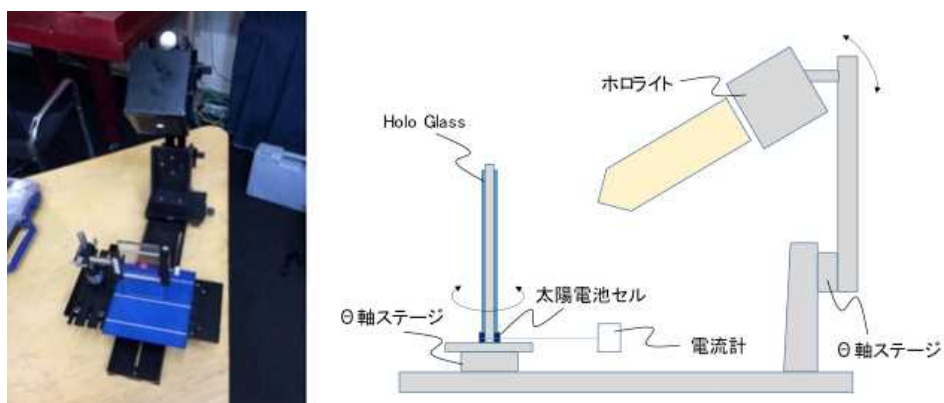


図Ⅲ-2-③-15-9 試作した採光型発電ユニットと従来型太陽発電ユニットとの比較

### 3) 小型発電評価ユニットの作製

各種条件にて試作するホログラム、また Holo Glass の評価を効率良く、かつ再現性良く行うため、各種光学素子の組合せにより、採光型発電による原理実証と各種計測を行なう小型発電評価ユニットを作製した。外観写真と調整機構を持った光学配置の模式図を図Ⅲ-2-③-15-10 に示す。基礎評価も行えるよう、擬似的な太陽光となるホロライト（白色 LED 平行光照明）をセットした。

Holo Glass の評価では、春夏秋冬、朝昼夕の太陽光の方向を表現することが重要となる為、太陽の動きに相当した向きからホロライトの光を照射できる機構を設けた。



図Ⅲ-2-③-15-10 小型発電評価ユニットの外観と光学系構成の模式説明図

#### 4) 採光効率の計測

採光型太陽光発電ユニットは、ホログラムによる光の回折により窓ガラスに差し込む太陽光をガラス内面に導き、光強度を高めながらガラス端面まで導き、窓枠に配置された微小で低コストの太陽電池セルにより発電を行うものである。

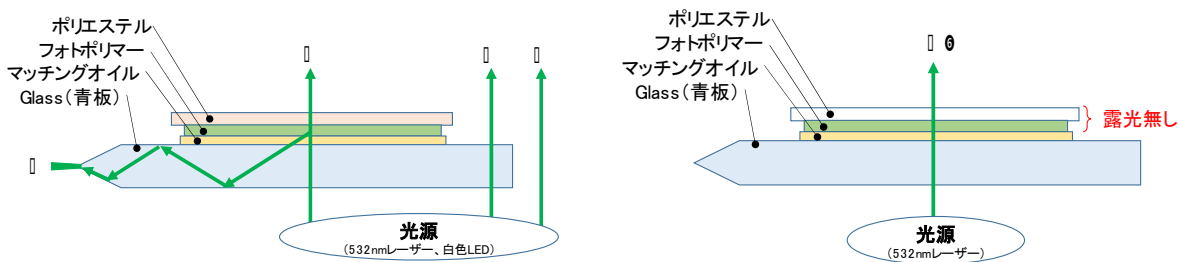
その際、ホログラムによって太陽光をガラス内面へ取り込む際の回折効率や、ガラス内部での多重反射による損失およびガラス内部の光路による減衰など、ガラス面での採光からガラス端面での取り出しまでには、光量の劣化が想定される。本研究開発では、採光から出射までの間に生じる光量の変化の要因を特定して「採光効率」を定義した。

規定した採光効率は、以下の計算式で求められる。

$$\text{採光効率 (\%)} = (\text{端部から採光された光} / \text{ホログラムに到達した光}) \times 100$$

この計測を通じて、入射光の各部／各要因での劣化の度合いを明らかにするとともに、最終的な採光効率として 50%以上の特性を有する Holo Grass の実現を目指して、試作開発を行った。

図Ⅲ-2-③-15-11 は、Holo Glass 試作品の断面構造を模式的に示したものである。ホログラムが貼付けられた部分と無い部分、また、未露光のホログラムの透過率などから、各部で得られた光量 A~D を測定し、計算によって「採光効率」を計測した。図Ⅲ-2-③-15-10 に示した Holo-Glass 試作サンプルにおいて、採光効率 53%を達成した。



図Ⅲ-2-③-15-11 Holo Glass の断面模式図と採光効率の評価パラメータ計測位置

## 2. 実用化・事業化見通し

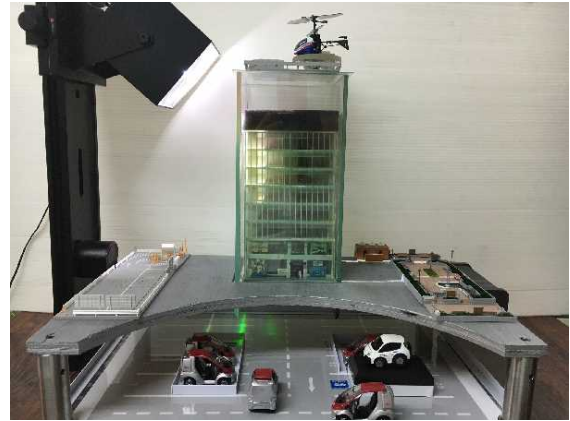
IWH2015、ISOM国際会議、IWH2016での中国研究者、台湾研究者、米国研究者との交流において、中国大気汚染が深刻な状況にあるため、中国政府は各ビル建築において新エネルギーへの取り組みを要求している。従って透明なフィルムで構成されたHolo Grassの設置は、景観を損ねることなく自治区政策として取り組むことができ補助金の対象ともなる。今後開発が加速されている地域においてはHolo Grassの設置を義務付けるという大気汚染対策となる。

UAEにおいて、建物全体がガラスで覆われたビル群が多く、高層ビルでもあるため全く考慮されていなかった建物側面やビルの窓に設置できるメリットは、莫大なものがある。高速道路の防音壁、本格的な普及が見込まれる電気自動車の窓やボディーへの応用や、電力の確保が難しい場所も数多くあるトンネル内で車のヘッドライト光を集光しての各種センサー用電源の確保など、その応用は多岐にわたる。

このように、現状の技術課題を解消する事で、Holo Grass、またはその技術を活用した用途は数多くあり、事業化に向け、具体的な共同開発も開始している。

## 2. 1 小型デモユニットの試作

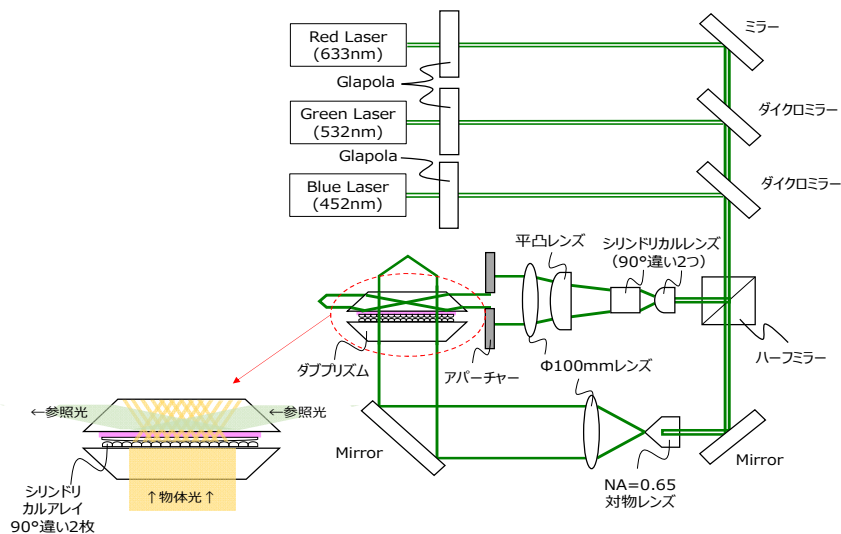
図Ⅲ-2-③-15-12 に示した写真は、2015 年度、NEDO フォーラム・オープンイノベーション協議会で展示した小型発電ユニットの模型である。写真左側上部から白色 LED 光が、窓ガラスに見立てた板ガラスに照射され、地下駐車場部分に光が採光されている様子がわかる。板ガラス内面には光の増角作用をもたらすホログラムを貼り付けており、ガラス内面での反射を繰り返しながら、下部端面へと光が採光されている。波長 532nm のレーザーで露光したホログラムを貼り付けているため、下部に採光される光はレーザー光と同じ色をしていることが分かる。



図Ⅲ-2-③-15-12 小型デモユニットの外観写真

## 2. 2 回折波長領域の拡張

微細セル構造を持つシリンドリカルレンズアレイを  $90^\circ$  違いに重ね合わせた 2 枚を使用し、図Ⅲ-2-③-15-13 の光学系にて露光実験を行った。光源は波長 452nm、532nm、633nm レーザーの混合光とし、レンズアレイを透過した拡散光に近い光と、ダブルプリズム端面から入射した光の干渉によりホログラムを露光した。また、レンズアレイの挿入効果を確認するため、レンズアレイを挿入しない状態でも同じ光学系で露光を行った。

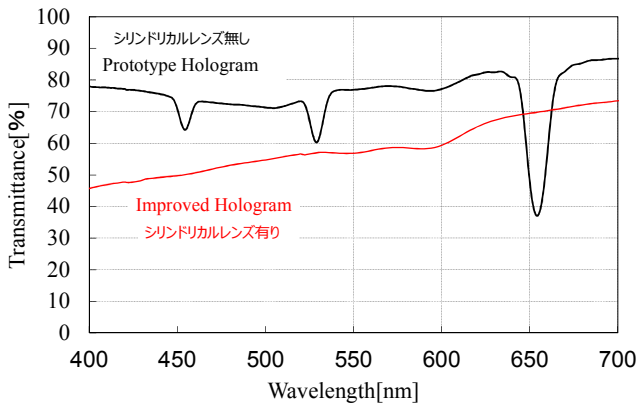


図Ⅲ-2-③-15-13 露光光学系

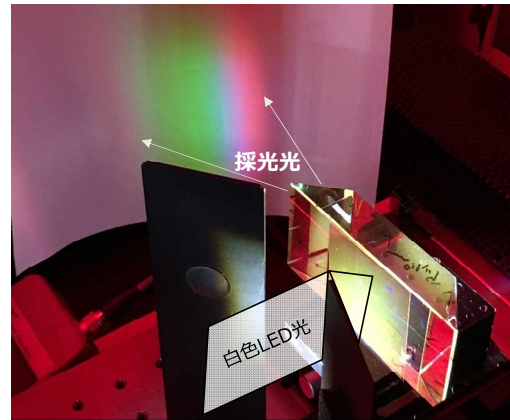
レンズアレイの影響を定量的に観察するため、露光したホログラムの分光透過測定を行った。露光したホログラムは入射した光を「曲げる」回折効果を持つことから、曲げられた光は分光器のディテクタに受光せず、透過率としては低下する。よって、分光透過率の測定は「どの波長の光をどの程度回折しているか」の指標として扱うことが出来る。

図Ⅲ-2-③-15-14 に分光測定結果を示した。レンズアレイを挿入しない露光では、レーザーの波長のみが局部的に回折されている。一方、レンズアレイを挿入した場合は、可視全域の光を全体的に回折していることから、透過率が低下していることがわかる。波長幅を持たないレーザーの光であっても、図Ⅲ-2-③-15-15 の通り、白色 LED 光を受けたホログラムは、RGB の光を効果的に回折していることが視覚的にもわかることから、露光時に光学素子を組込むことにより、幅を持った光の回折が可能となった。





図Ⅲ-2-③-15-14 分光透過測定結果

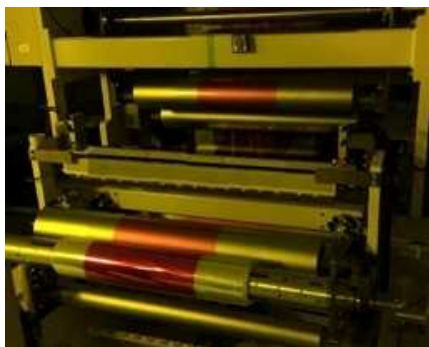


図Ⅲ-2-③-15-15 RGB 光回折の様子

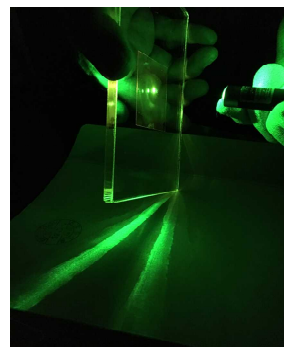
## 2. 3 ホログラム材料の試作開発

ホログラムの材料はフォトポリマーと呼ばれる、光が当たることにより物理的性質が変化する材料を使用する。今現在では、セキュリティ用として使用されるケースが多く、世間一般にはあまり出回っていないことから、2014年度のNEDOプロジェクトでも調達に苦労した経緯がある。また、現状市販されているフォトポリマーは、太陽光に含まれる可視光全体を回折することが出来ておらず、太陽光発電用としては改良が必要であった。このような課題を乗り越えるため、ポリマー材料等を我々自身で調達し、シート塗工の試作を行った。塗工自体は外部のシート塗工機を使用し、業者立会いのもと共同で作業を進めた。

ホログラムメディア試作中の写真を図Ⅲ-2-③-15-16に示す。試作したホログラムメディアは波長488～633nm程度までの光を回折可能なメディアであり、約150nm程度の波長幅の回折が可能である。このメディア使用して、採光型用ホログラムに露光した後、ホログラムに緑レーザーを照射した写真を図Ⅲ-2-③-15-17に示す。写真の通り、図右から入射した光は、ホログラムによって増角反射され、ガラス内面を反射しながら下端部に光が採光されていることが確認された。



図Ⅲ-2-③-15-16  
塗工中のフォトポリマーフィルム

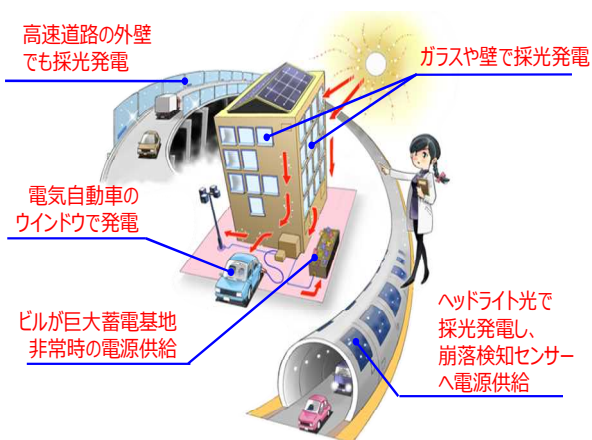


図Ⅲ-2-③-15-17  
採光検証の様子



### 3. 波及効果

本申請のテーマは、特殊なホログラムフィルムを窓ガラスに貼るだけという簡便さで、既存の窓を太陽光発電システムに変身させることを、基本コンセプトとしている。これが実現すれば、施工は熱線反射フィルムを窓に貼るのと同じで、大掛かりな工事は必要無く、部材は極めて軽く、設備費用を最小限に抑えることが可能となる。太陽光発電セルが内蔵された小型の発電ユニット内部には蓄電池と通信デバイスも内蔵されるため、災害時の緊急給電器の機能と通信基地局としての役割も果たす事が期待される。このシステムは、独立運転可能なシステムであるため、都市部のビル群はもとより、郊外や住宅街、送電網の発達していない山村においても同様に利用する事が出来る。すなわち、地域におけるエネルギー需給ギャップの解消にも貢献する。更に、日本発のHolo Grassは、標準化が成されれば世界規模で展開可能であり、次世代型の再生可能エネルギー技術をワールドワイドの普及が期待される。



図Ⅲ-2-③-15-18  
BIPV 市場に新たな高付加価値を創出



図Ⅲ-2-③-15-19  
蓄電池と通信デバイスの内蔵

シャープ社が開発した、シースルー型の太陽光発電は、開口率という表現が示す通り、多量の穴が開いて透明性を実現した太陽電池システムとして、その実現意義は大きい。

しかしながら、開口率が上がる（セルに開ける穴が増える）ことにより屋外の視認性は向上するものの、穴を開けるコストが増えることから製造コストは増大し、また、発電に利用するセルの面積が小さくなることにより視認性を向上すると発電量が低下するというトレード・オフの現象が懸念されている。

硝子協会（エコガラス）によると、複層ガラスの国内市場は年間 90 万戸の新設住宅着工戸数とした場合、年間 3,240 億円～8,100 億円の売り上げ規模とされ、このうち、10%のシェアを獲得すると仮定した場合、324 億円～810 億円の売り上げが見込まれる。また、複層ガラスの普及率は年々上昇傾向であることから、この売り上げ規模は更に拡大されることが予想される。Holo-Glass は、国内に大きなマーケットシェアを持つ旭硝子株式会社に協力を依頼しており、本社ビルでのシステム検証実験等の協力も頂ける体制が整っている。

### 4. 今後の展開

#### 4. 1 既存窓ガラスへの後付け施工

これまでの研究開発の結果より、ガラス端面への太陽電池セルの張り付け作業は、図Ⅲ-2-③-15-20 に拡大部を示すように、配線の引出しなども含めて取扱が非常に繊細で難しいことが分かってきた。また、ガラスと一体化したユニットを既に施工されている既存のビルへ設置する

にはガラスの取替えと同じコストが掛かってしまうため、現実的ではない。また、ユニット自体も大きなガラスの重さと同じになり、輸送コストもかさばる事から、現存する窓ガラスを有効活用出来る新たな商品形態を検討する必要があった。



図Ⅲ-2-③-15-20 Holo Grass 原理試作ユニットの端面に配置される太陽電池セル部

そこで、理想としては、図Ⅲ-2-③-15-21 にイメージ的に示すように、窓に貼る既存のフィルム製品「熱線反射フィルム」の施工と同じ簡便さで、Holo Grass を設置できるようにする技術開発が必要である。これが実現すれば、窓ガラスのコストや太陽電池セルの窓ガラスへ組込むコストが不要となるほか、輸送コストは劇的に削減する事が可能となる。我々はこの新たな方式を Holo-Window と命名し、更なる商品開発を進めている。



図Ⅲ-2-③-15-21 将来の Holo-Window システムの既存窓ガラスへの後付け施工（イメージ）

この Holo-Window を実現するためには、ガラス内部に閉じ込めた太陽光を、ガラスの端面から取り出すのではなく、所望の位置で取り出す技術の開発が必要となる。また、その取り出し位置に、後付けにより簡便に取付けが可能で、発電効率の良い太陽電池セルユニットの開発も必要となる。

#### 4. 2 低光損失型のホログラム開発

基本原理実証を通じて、ガラス内部に取り込んだ太陽光が、太陽電池セルにまで十分に到達しない場合があるという深刻な現象が確認された。ホログラムの露光面積を拡大し太陽電池セルとの距離が離れるほど顕著であったため、図Ⅲ-2-③-15-22 に示すように、薄いガラスにホログラムを貼付けて検証した結果、反射を繰り返すたびに、少しずつ、光が漏れている事が明らかとなった。近年は大きなサイズの窓も多いため、この問題を抜本的に解決することが、

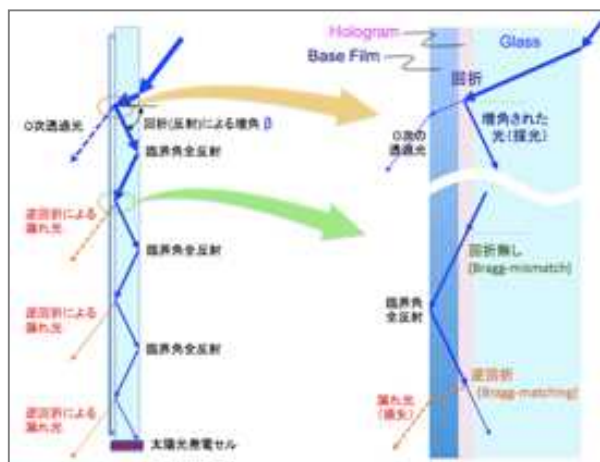
Holo-Window を実用化するための極めて大きな技術課題である。

我々は東京大学の研究グループに協力を依頼し、Holo-Window 内の光の回折、反射、屈折などによる光の伝搬をシミュレートし、図Ⅲ-2-③-15-23 のように仮定している現象で光の漏洩が生じていることを突き止める事を進めており、それを基に、外光の太陽電池セルへの効率良い伝搬が可能であるホログラム露光条件を見出す。

目標は、1mのガラス伝搬距離に於いて、採光効率 50%の実現を目指すことである。



図Ⅲ-2-③-15-22 反射のたびに光量が漏れる現象



図Ⅲ-2-③-15-23 仮定する回折時の光漏れ

#### 4. 3 大面積フォトポリマーフィルムの開発

ホログラムを露光形成するフォトポリマーは、現時点では国産化では初めて、30cm幅のロール状記録媒体の製造に成功しているが、今後は、より大面積なフォトポリマーフィルムの製造技術の確立と、太陽光にさらされる環境下での信頼性の評価、ならびに、基本特性の性能向上に向けた改良なども技術課題として挙げられる。

また、太陽光に含まれる可視光全体を回折することが可能な、より太陽光発電の利用に効率の良い近赤外領域にも感度を持つフォトポリマーフィルムの大面積化の露光技術の確立を目指す。

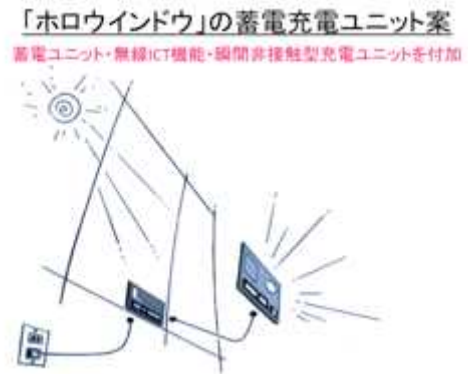
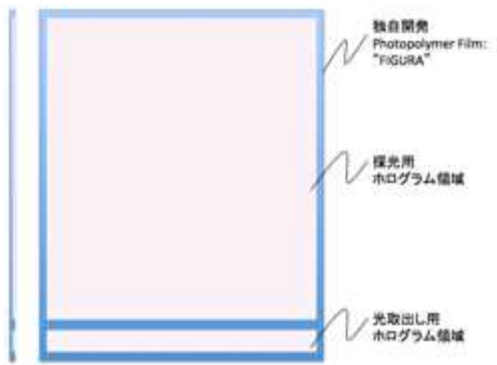
将来の事業化を見据えて、ポリマー材料をはじめとする全ての素材及びケミカル材料を我々のみで調達し、サプライチェーンの確立を行なうとともに、実際のシート塗工による試作開発を行う必要がある。なお、塗工システムの導入には設備投資と塗工技術などのノウハウが必要であるため、塗工工程自体は外部のシート塗工機を使用し、業者立会いのもと共同で作業を進める。最終的に、有効塗工幅 100cm のロール状フォトポリマーの量産試作開発を目指す。



図Ⅲ-2-③-15-24 大型フォトポリマーフィルムの製造イメージ

#### 4. 4 ユニットコンセプトの検討

ガラス内部に閉じ込めた太陽光を、ガラスの端面から取り出すのではなく、所望の位置で取り出す技術の検討を行うとともに、実際の露光によるホログラムの試作開発を行う。また、その取り出し位置に、後付けにより簡便に取付けが可能で、発電効率の良い太陽電池セルユニットの試作開発も行なう。また、蓄電および充電の機能を持たせたユニットのコンセプト検討も行う。



図Ⅲ-2-③-15-25 後付け対応光取出ホログラムの構成模式図と、蓄電充電通信機能付き太陽光発電ユニット案



#### (4) E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発 (有機系太陽電池技術研究組合)

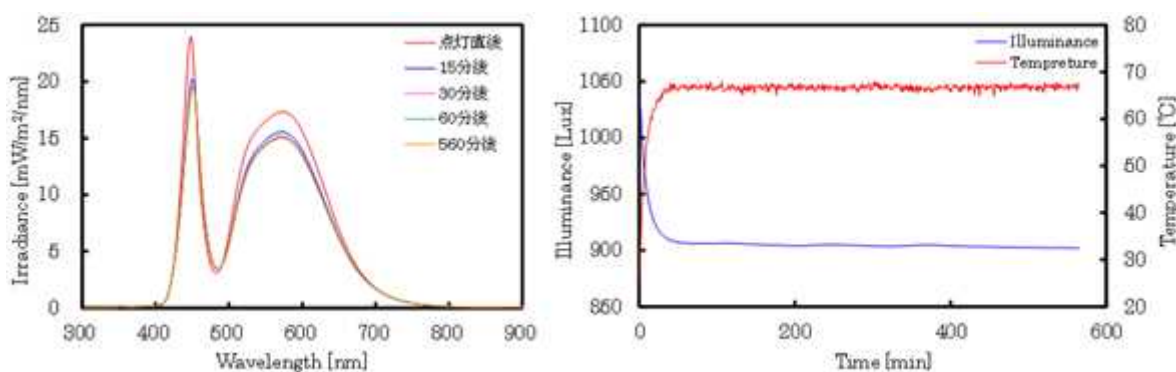
### 1. 成果詳細

本テーマ「E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発」の最終目的は「実用化」であり、3年間の限られた期間の中で、「実用化への課題を明確化する」ことが本テーマの目標である。E-SEGの実際の利用において、低照度の場所での利用が多いことが想定される。これまでに太陽電池を低照度で使うという発想はなく、低照度と太陽電池の発電量に関するデータは必要とされてこなかった。そのため、低照度の太陽電池出力の測定法に関心が低く、低照度でよりよく発電する太陽電池材料や電池構造についても情報が少なかった。こうした背景よりE-SEGを実証試験するためには、低照度環境下での太陽電池測定法やより発電する材料の開発、モジュールの耐久性確保といった要素技術の確立が事前に必要となる。そこでテーマ推進に当たり、業務をより効率的に遂行するため、a) 評価・解析ワーキンググループ、b) 材料ワーキンググループ、c) モジュール・システムワーキンググループという3つのワーキンググループを立ち上げた。各ワーキンググループの成果を中心に報告する。

#### 1. 1 各ワーキンググループの成果

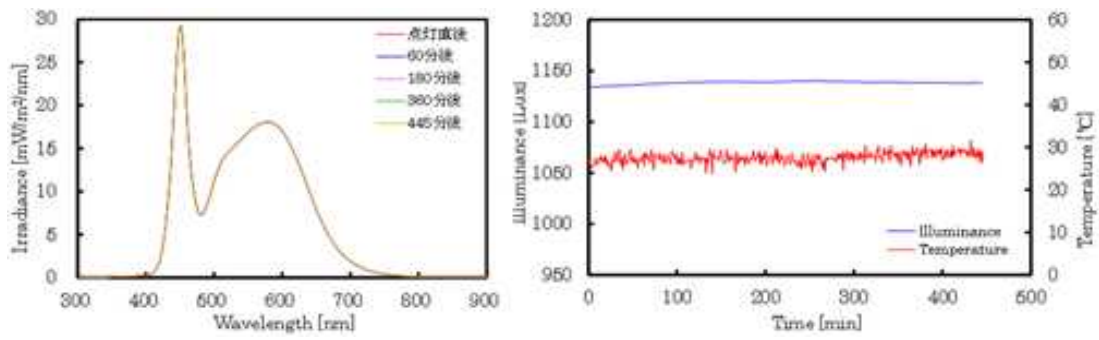
##### a) 評価・解析ワーキンググループの成果

評価・解析ワーキンググループでは、まずE-SEGが使われそうな複数の場所の照度を測定し、システム設計の基本データとして蓄積した。また、低照度で太陽電池をどうすれば精度よく測定できるかの議論を深め、測定のバラツキの原因となる光源を中心に測定法の開発を進めた。光源を試作し、光源の駆動方式を従来の交流(図Ⅲ-2-③-16-1)からプログラマブルな直流電源駆動に工夫することで、LEDの発熱や温度変化を大幅に抑え(図Ⅲ-2-③-16-1-2)、200Luxの測定エリア $\square 50\text{mm}$ で $\pm 0.10\%$ 、 $\square 30\text{mm}$ で $\pm 0.09\%$ の照度ムラに抑えることが出来(図Ⅲ-2-③-16-1-3)、トップレベルの光源に仕立てた。これはその後の太陽電池の低照度での出力測定の安定化に貢献した。また、本テーマ期間中に低照度の太陽電池計測法を標準化していこうという動きが顕在化し、国際標準化を見据え、ISC TC82やTC113委員会の海外の規格化や標準化の動向にもアンテナを張り、国内外で行われる会議にメンバーを派遣し、積極的な情報収集と意見交換・情報発信を進めた。



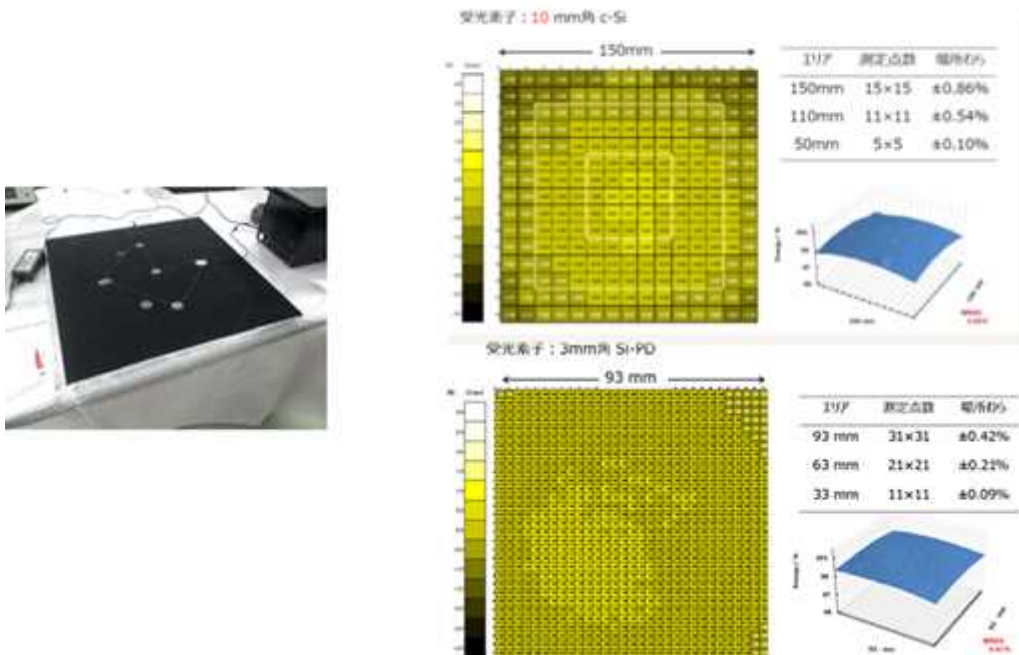
図Ⅲ-2-③-16-1 従来のLED光源の連続点灯のスペクトル、照度・温度変化





図Ⅲ-2-③-1 6-2 開発した光源の連続点灯のスペクトル、照度・温度変化

### LED-200lx 照度分布



図Ⅲ-2-③-1 6-3 開発した評価用光源（左上）と照度分布

## b) 材料ワーキンググループの成果

材料ワーキンググループでは、色素増感太陽電池（DSC）と有機薄膜太陽電池（OPV）の開発を進め、それらが低照度でも高い出力で機能するよう開発を進めた。参加企業の持ち寄った材料の組み合わせで、DSC（表Ⅲ-2-③-16-1）、OPV（表Ⅲ-2-③-16-2）ともに低照度でよりよく発電することが証明できた。また、有機薄膜太陽電池モジュールも試作し、図Ⅲ-2-③-16-4に示すようE-SEGとして仕様に合致し、機能することを確認した。今後は、モジュール・システムWGに自社開発材料の提供を行っていく。

表Ⅲ-2-③-16-1 DSCの照度と発電特性

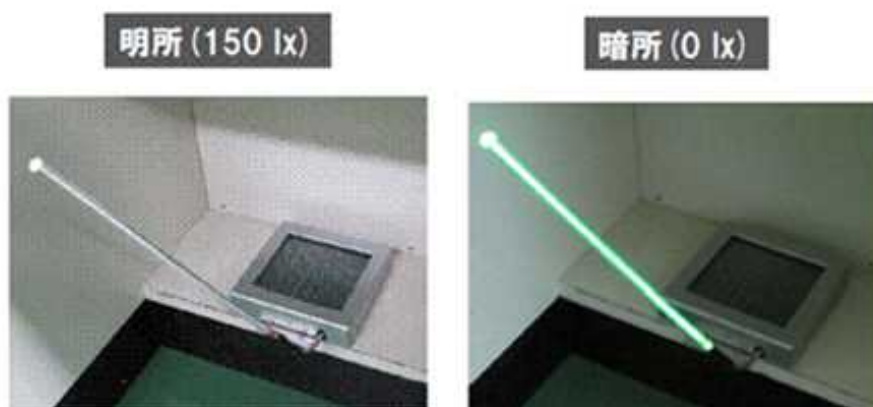
光量	色素	電解液	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	η (%)
200Lx (44.8 μW/cm <sup>2</sup> )	CYC-B11 (K)	livion-152	0.0183	0.396	0.726	11.8
	CYC-B11 (U)	livion-152	0.0202	0.366	0.589	9.7
1sun (100mW/cm <sup>2</sup> )	CYC-B11 (K)	livion-13	12.564	0.653	0.690	5.7
	CYC-B11 (U)	livion-13	12.339	0.630	0.716	5.6

※ 電解液: livion-152(低照度用ニトリル系溶媒)、livion-13(1 sun用イオン性液体)  
TiO<sub>2</sub>電極:P25主体(散乱層あり)、電極膜厚=12~15 μm

表Ⅲ-2-③-16-2 OPVの照度と発電特性

照度 (Lux)	Isc (uA/cm <sup>2</sup> )	Voc (V)	FF	変換効率 (%)	発電量 (uW/cm <sup>2</sup> )
約5	0.634	0.46	0.676	19.7	0.197
約10	1.13	0.48	0.694	18.8	0.377
約1000	92.9	0.65	0.752	22.7	45.4
cf.) 100000*	16000	0.79	0.642	8.12	8116

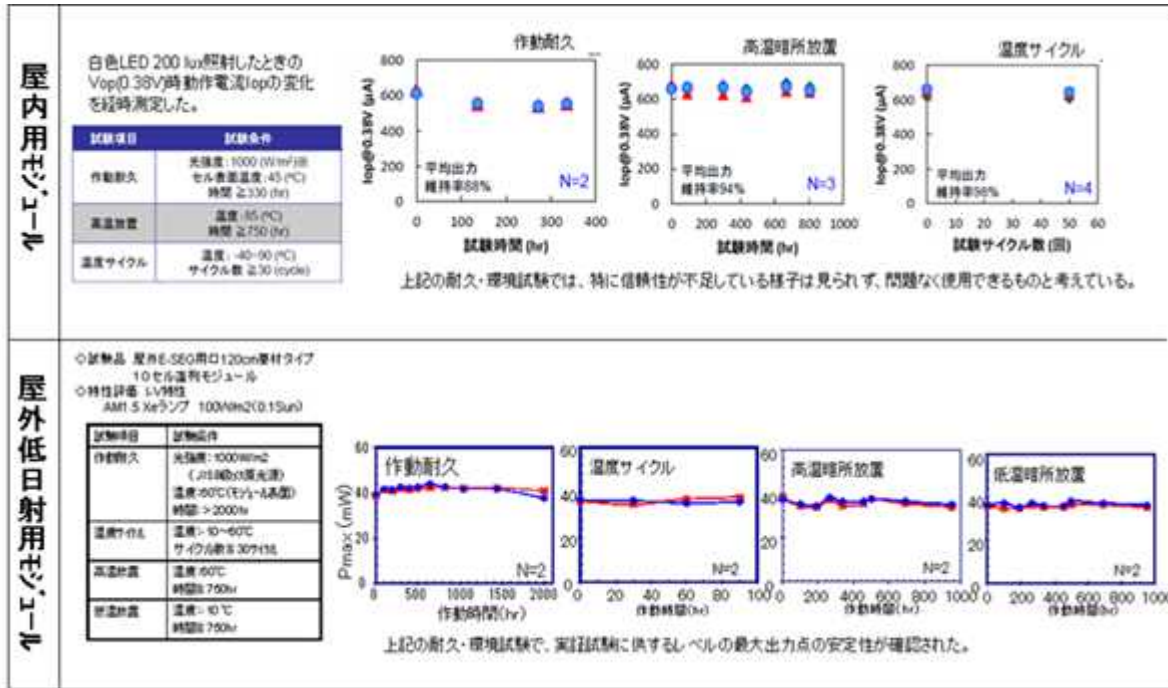
\* AM1.5G, 1sun (Xeソーラーシミュレータ)



図Ⅲ-2-③-16-4 OPVモジュールのセンサーと自発光機能の確認

### c) モジュール・システムワーキンググループの成果

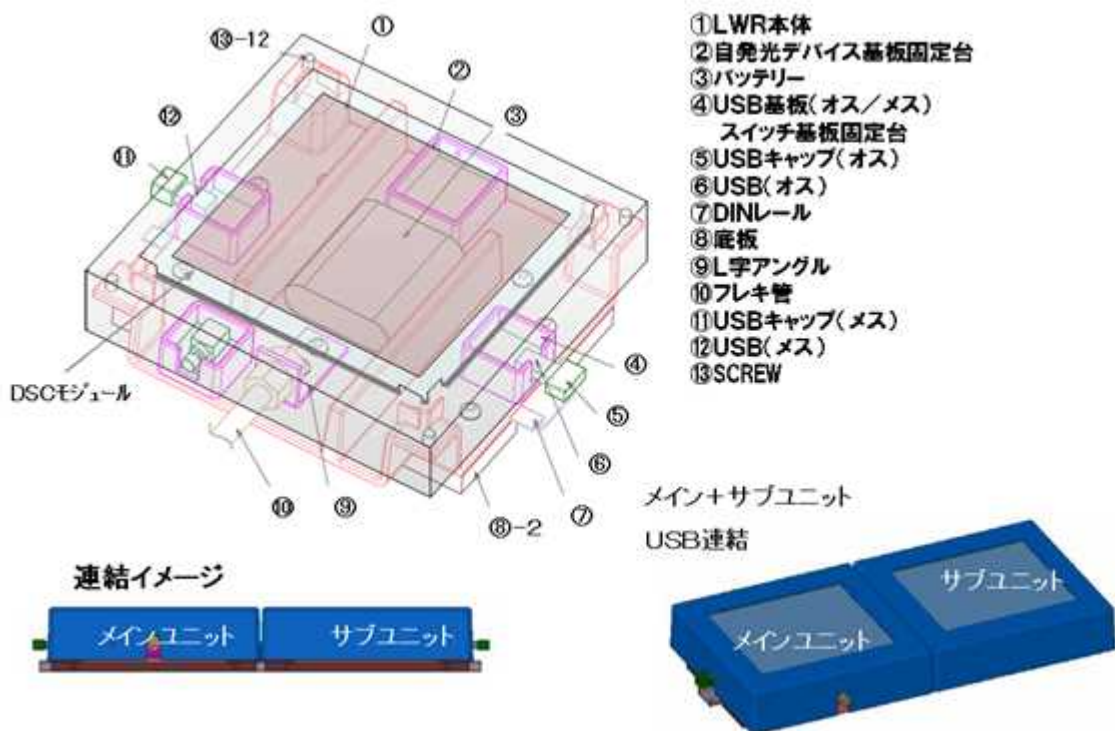
モジュール・システムワーキンググループでは、まず開発してきたDSCモジュールがE-SEG実証試験に耐えるものかどうかを評価した。図III-2-③-16-5に示すよう、屋内用モジュールでは作動耐久、温度サイクル試験、高温暗所放置試験で自主規格をクリアし、屋内での使用に問題がなかった。一方、屋外試験も作動耐久、温度サイクル試験、高温暗所放置、低温暗所放置で規格をクリアし、実用に耐えると判断された。



図III-2-③-16-5 DSCモジュールの耐久試験

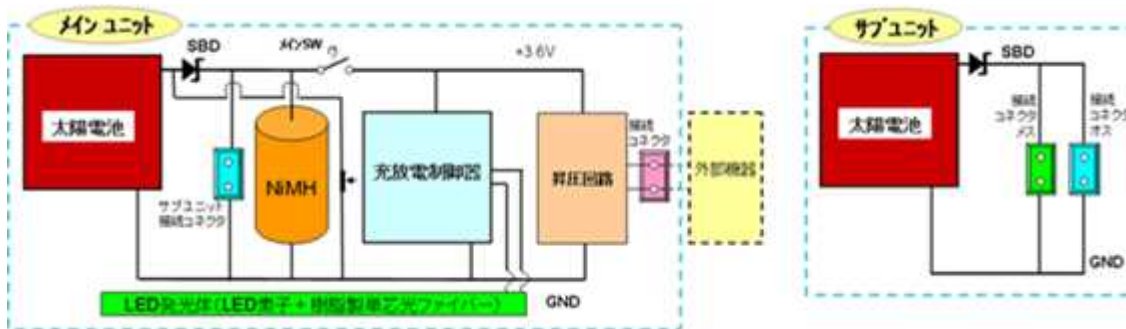
また、E-SEGのコンセプトデザインを決定した。明るい場所では太陽電池が発電し、2次電池に蓄電する。夜間や暗い場所では、2次電池から放電し高輝度LEDを点灯させる。LEDの光は光導波路で線状に発光し、視線誘導するものである。実際に使われる室内や地下街では、照度が場所によって大きく異なることがわかった。

このため、低照度発電用太陽電池と蓄電池で構成したメインユニット（LEDランプと5V入出力端子をもつ親機）と、低照度用発電用太陽電池のみのサブユニット（USBの入力・出力端子をもつ子機）とからなるモジュールを考案した。低照度ではメインユニットとサブユニットとを接続端子同士で連結する。また、照度に応じて複数個のサブユニットを連結することも出来る。一方、屋外では日陰でも屋内光量よりも50~1,000倍程度光量が多くメインユニットだけでE-SEG機能が可能と考え、システムの仕様を決定した。部品レイアウトを考慮した構想図を図III-2-③-16-6に示す。



図Ⅲ-2-③-16-6 E-SEG ユニットの構想図・部品レイアウト

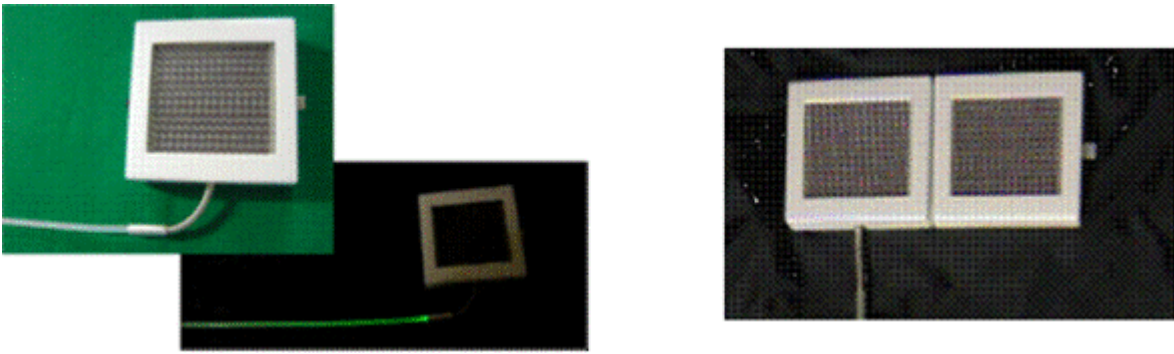
次に太陽電池の発電特性から充放電の制御回路の仕様を決定した。ダイオードを使用するため、電圧降下を考慮すると、3直列のNi-MHの充電に昇降圧回路を経由しない場合太陽電池には（室内の暫定照度とし200Luxで）5.2V以上の電圧出力が要求される。考案した回路のブロック図を図Ⅲ-2-③-16-7に示す。



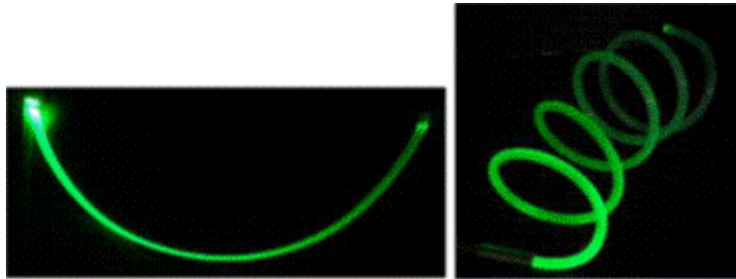
図Ⅲ-2-③-16-7 E-SEGユニット（メイン・サブ）のブロック図

試作したE-SEGを図Ⅲ-2-③-16-8に示す。光導波路にアクリル樹脂製材料を用いる事で、LED1個に対し約1mAの通電で1メートル程度の線状発光が可能になることを確認した。また、この材料は柔軟性があるので、図Ⅲ-2-③-16-9のよう曲線・曲面にも追従する事が可能である。直線以外での発光も可能となり誘導表示のバリエーションを大きく広げる可能性を持っている。





図Ⅲ-2-③-16-8 試作した E-SEG (室内向け) 外観と連結状態



(a) 曲線

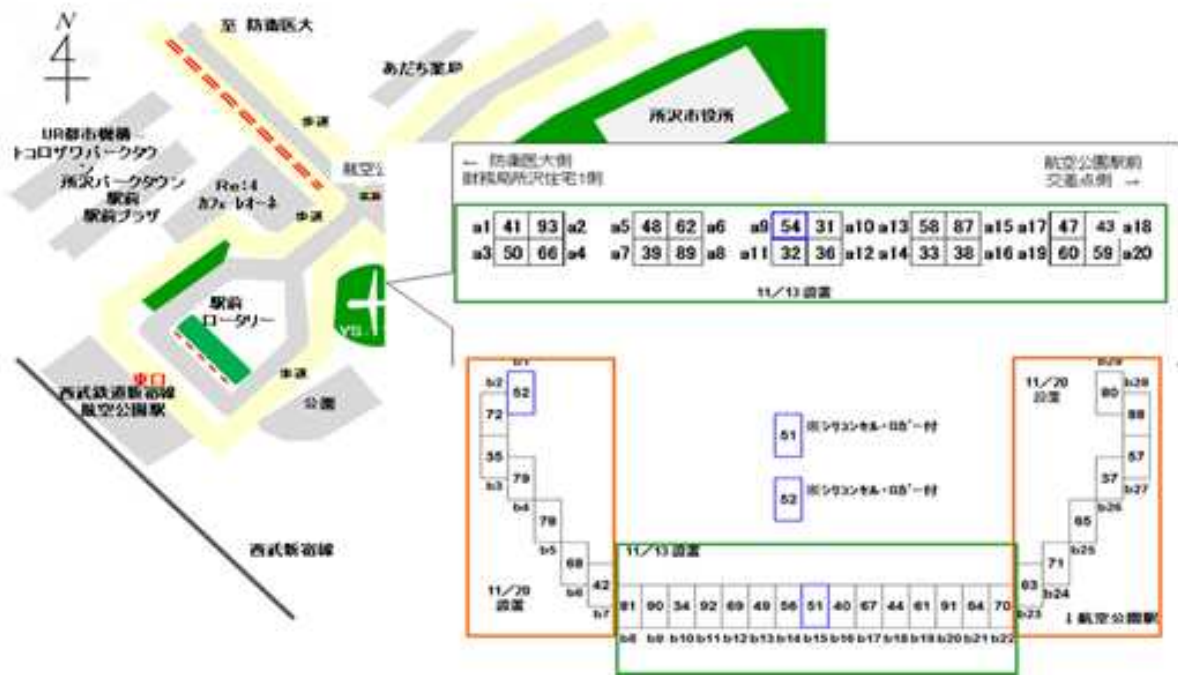
(b) らせん状

図Ⅲ-2-③-16-9 光導波路の発光状態

モジュール・システムワーキンググループでは、E-SEGのシステム設計、およびそれに組み込む太陽電池モジュールの設計・製作を行い、各WGの成果や知見を集め、実証試験に採用できるE-SEGの開発を予定通りに完了したことが成果としてあげられる。







図Ⅲ-2-③-16-11 所沢市航空公園駅前でのE-S E G実証試験配置図



(a) 航空公園駅前のロータリー

(b) 航空公園交差点 西側歩道

図Ⅲ-2-③-16-12 所沢市での実証試験状況

所沢市は、調査に訪れた8月と11月では大きく状況が変化していた。図Ⅲ-2-③-16-13に見られるよう歩道側では、樺並木の街路樹から落葉が舞い始め、落ち葉の量が激増し、埋没するE-S E Gも多数発生した。実証試験の場所を選定している夏場には気にも留めなかった事が、季節の変化を経て大きく変わる。このような状況になると、E-S E Gのライン発光部が見えにくくだけでなく、落葉が光を遮断し太陽電池が発電しないケースも出てきた。





(a) 8月の歩道



(b) 11月の歩道

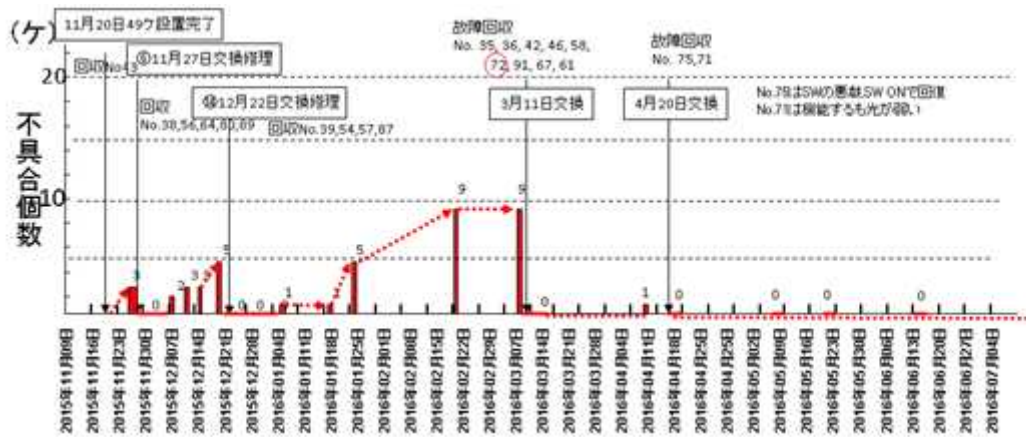
図Ⅲ-2-③-16-13 歩道の状況変化

落ち葉で隠れE-SEGに気付かない自転車や歩行者が、落ち葉で埋もれた歩道を好みの方向に自在に往来し、相互の衝突を避けるため植栽に足や自転車を踏み入れる。そのため、図Ⅲ-2-③-16-14にあるようE-SEGが踏まれて内部の太陽電池に割れが発生した事例が発生している。また、悪戯で光導波路のファイバーが抜かれたり、外れたりするもの、設置金具ごと引き抜かれたり埋め直しされたものも散見された。

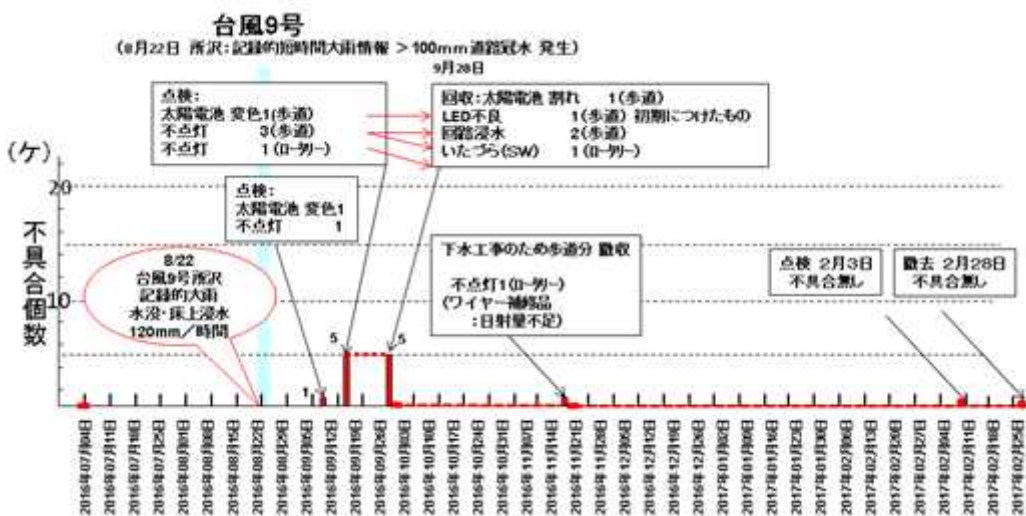


図Ⅲ-2-③-16-14 落ち葉で埋没したり踏まれたE-SEG

実証試験をはじめから定期的に点検をしているが、いくつかの点灯・点滅不良の不具合が発生した。図Ⅲ-2-③-16-15に不具合の発生と頻度を示す。



(a) 2015年11月～2016年6月までの不具合件数の推移



(b) 2016年7月～2017年2月までの不具合件数の推移

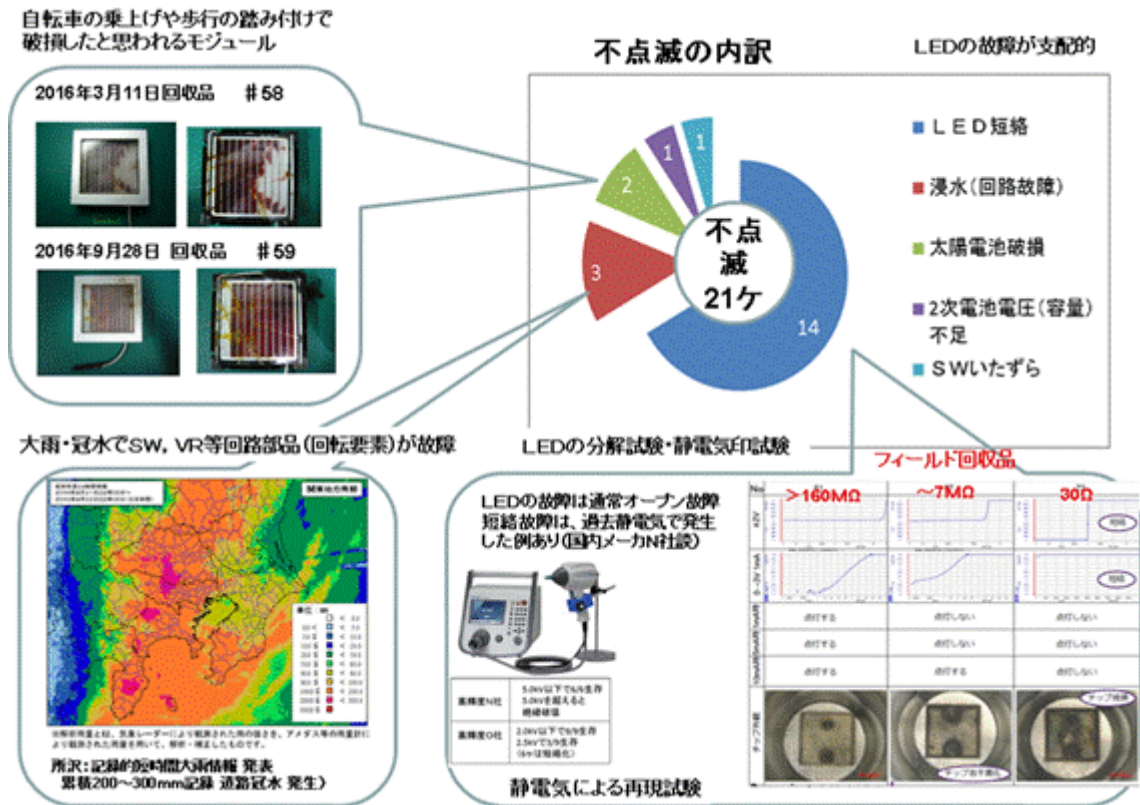
図Ⅲ-2-③-16-15 所沢市の不具合の発生件数の推移

実証試験当初、不具合事例としてLEDの不点灯が散発した。実証試験を開始する事前に屋外で3ヶ月ほど試行を繰り返したが、こうした不具合は全く発生しなかったため、原因が思い当たらず対策を打つことが出来なかった。不具合品を回収し、個別にその故障要因を調査し対策を実施した。その後しばらくは、対策の効果もあって不具合が出ず安定に作動していたが、2016年8月22日所沢に記録的短時間大雨情報をもたらした台風9号で設置場所の歩道が水没して以降、5件の不具合が出た。これらの不具合品も、ひとつひとつ持ち帰り、故障解析を行い、対策を実施している。これまでの不具合品のその層別と、発生原因についての解析を図Ⅲ-2-③-16-16に示す。LEDは、通常の故障はオープン（開放）故障であり、本実証試験では短絡故障が起きており、珍しい不具合である。分析会社やLEDメーカーに調査依頼やヒアリングを実施すると、今ではほとんど見かけないが、LEDの製造・組み付け時に静電気の衝撃を受けると短絡することがあるとの回答を得た。図Ⅲ-2-③-16-16に示す写真も短絡した痕跡が残る。使用した同一ロットのLEDに静電気発生装置で静電気を当て再現試験をすると、一定の確率で短絡が発生した。今回購入した海外のA社製LEDと国産のB社製LEDと比較試験をしても、メーカーによって耐電圧に大きな差があることが判明した。事前に購入し実証試験の試行をしていたA社のLEDと、所沢市での実証試験に用いたLEDのロットは明らかに耐電圧が異なっ



ていた。E-SEGは数的に限定された試作品数のため、LEDメーカーが品質保証する最低数量に満たず直接購買交渉が難しく、通信販売のLEDを用いたことで流通経路が不明となる。品質保証されたロットのLEDを揃えられなかった事が短絡故障の原因と考えられる。その後、メーカーを変更し、受け入れ検査でLEDのダイオード特性を1つ1つチェックすることで不良品を除外した。筐体内にも電荷が溜まらないよう、チャージを積極的に逃がす構造に変更した。こうした対策により、それ以降、静電気が原因でLEDが短絡故障すると思われる不具合は発生しなかった。

所沢市の実証試験では、多くの技術課題が抽出し、その原因究明と対策で課題の解決が進んだ。



図Ⅲ-2-③-16-16 所沢市のE-SEG実証試験の不具合の発生と解析



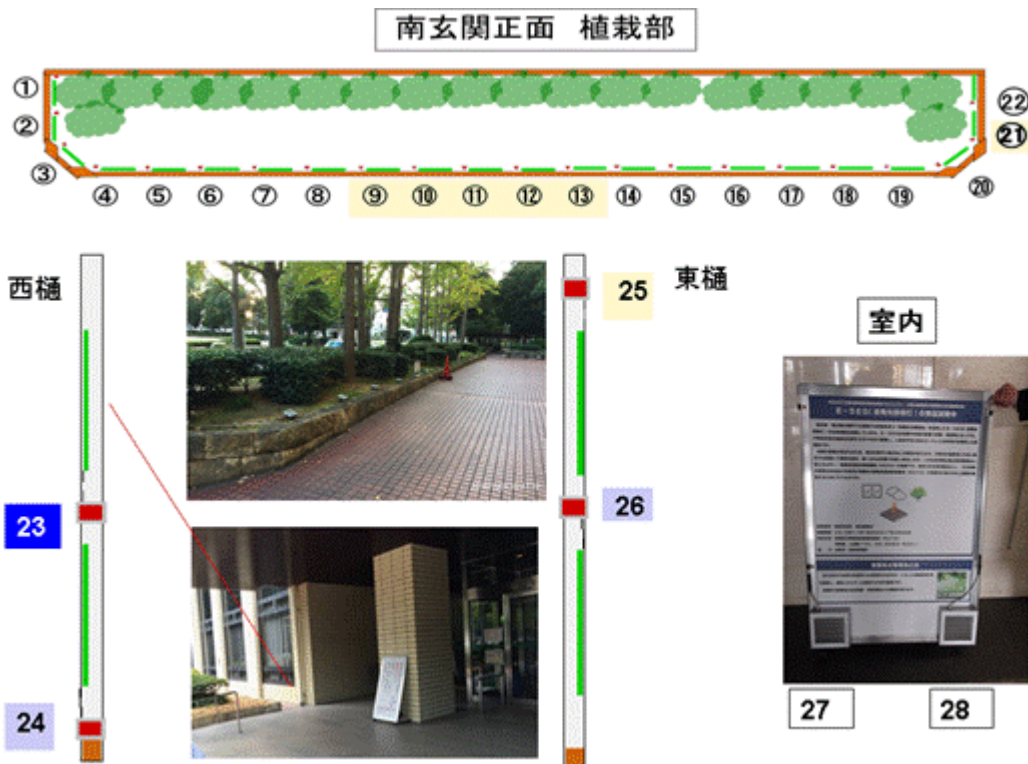
## b) 姫路市市での実証試験と成果

姫路市は、国際観光都市および防災先進都市のひとつとして世界的に知られており、防災に力を入れ防災プラザを設立し独自の工夫で災害から市民を守る意識が高い。姫路市とは平成28年8月から市役所、産業局、商工労働部様との交渉をはじめ、施設の夜間の利用者数、安全性や点検のしやすさ、実証試験品の評価の集まりやすさ、設置にかかる手続き等を考慮し市役所南玄関周辺を選定した。姫路市役所南玄関は、大きなイチョウの植樹があり、日照を和らげてくれる。また、南玄関から庁舎に入ったところには、E-SEGを2機搭載した実証試験説明の立て看板をおいた(図Ⅲ-2-③-16-17)。

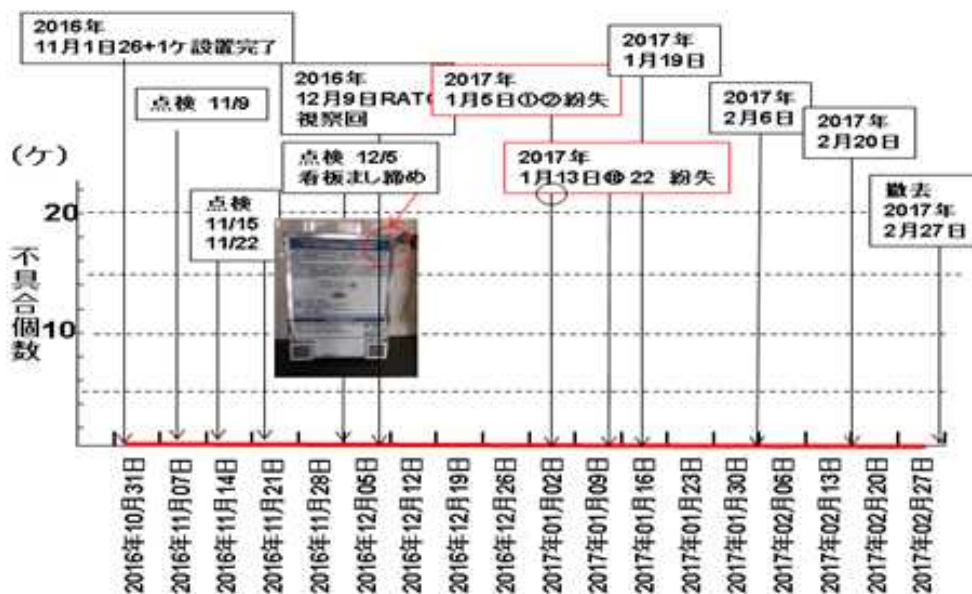


図Ⅲ-2-③-16-17 姫路市市役所南玄関周辺の様子

図Ⅲ-2-③-16-18にE-SEGの設置場所を、図Ⅲ-2-③-16-19に不具合発生件数を示す。所沢市の不具合に対する故障解析とその対策が効を奏し、3ヶ月間ではあるが不点灯・不点滅の不具合発生件数はゼロであった。ここでも所沢市同様にイチョウの落葉が激しかったが、こまめに清掃が入り、終日落葉でE-SEGが埋没していることはなかった。ただ、盗難防止のワイヤーが切られ4ケのE-SEGが紛失した。ここでのエネルギー収支は発電量が消費電力の3倍近くあり、運用には全く問題がなかった。ここで特筆すべきは、有機薄膜(OPV)太陽電池モジュールを搭載したE-SEGを屋外で初めて実験し、実証試験終了時まで故障もなく発電しE-SEGとして機能した。有機薄膜(OPV)太陽電池の適用可能性が拡大したものと考えている。



図Ⅲ-2-③-16-18 姫路市役所南玄関口 E-SEG 設置状況



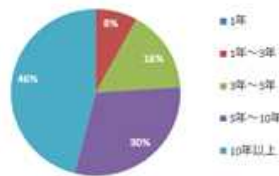
図Ⅲ-2-③-16-19 姫路市の不具合件数の推移

### 1.3 アンケートによる求められる商品の姿

実証試験を通してE-SEGの技術課題は明らかになったが、商品化への課題が明確ではない。E-SEGを利用する顧客が、試作品のE-SEGに対してどのような印象・評価をするか把握することが試験の重要な目的の1つである。求められる商品像を明らかにすることは、課題が明確になり実用化への第一歩を踏み出すことができると考えている。そこで、上記の情報収集のため実証試験終盤に、所沢市、姫路市で施設管理者ならびに施設利用者にアンケート実施の協力を要請した。所沢市から37、姫路市は99の回答があった。アンケートの結果は両市の間では大きく異ならず、商品化への課題が定量化されて得られたと考えている。代表的な回答の一例を紹介する。

■ 回答者の求める商品像：期待寿命  
個人が購入した場合の期待寿命

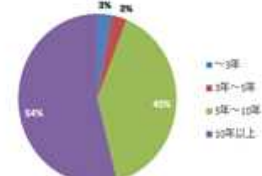
回数	度数	%
1	37	100%
2	0	0%
3	3	8%
4	6	16%
5	10	27%
6	17	46%
7	0	0%



10年以上の寿命を期待するが約半数  
5年以上が全体の3/4を占める

■ 回答者の求める商品像：期待寿命  
公共施設に設置した場合の期待寿命

回数	度数	%
1	37	100%
2	1	3%
3	1	3%
4	15	40%
5	20	54%
6	0	0%



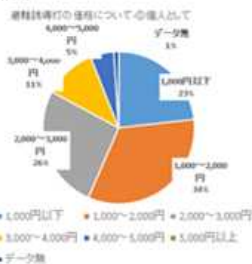
10年以上の寿命を期待するが半数を超える  
5年以上を期待するが全体の95%以上  
個人用でも施設用でも、期待寿命に  
差は認めがたい。

図Ⅲ-2-③-16-20 個人向け、公共施設向けのE-SEGの期待寿命

■ 回答者の求める商品像：購入価格

個人が購入する場合の希望購入価格

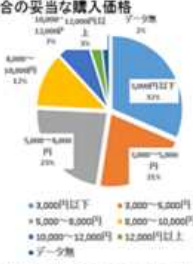
回数	度数	%
1	99	100%
2	23	23%
3	33	34%
4	26	26%
5	11	11%
6	5	5%
7	0	0%



個人向けの用途では、希望購入価格は  
1,000～2,000円が半数を占める。  
3,000円以下を合わせると約8割になる。

■ 回答者の求める商品像：購入価格  
公共施設に設置する場合の妥当な購入価格

回数	度数	%
1	99	100%
2	31	32%
3	21	21%
4	23	23%
5	12	12%
6	7	7%
7	3	3%



公共施設が購入する妥当な価格は  
5,000円以下が3/4を占める  
3,000円以下を約1/3  
公共と個人では購入希望価格に  
開きがある。

図Ⅲ-2-③-16-21 個人向け、公共施設向けのE-SEGの希望購入価格

こうした結果から・製品価格は個人用で2,000円、業務用で5,000円程度が許容額であると思われる。また、製品の寿命はミニマム5年以上必要で、10年以上の寿命を求める人は個人向けで30-46%、公共施設向けで39-54%存在した。こうした災害関連の商品は、そうあってほしいという強い思いから、長寿命を求められる性格の商品であろう。

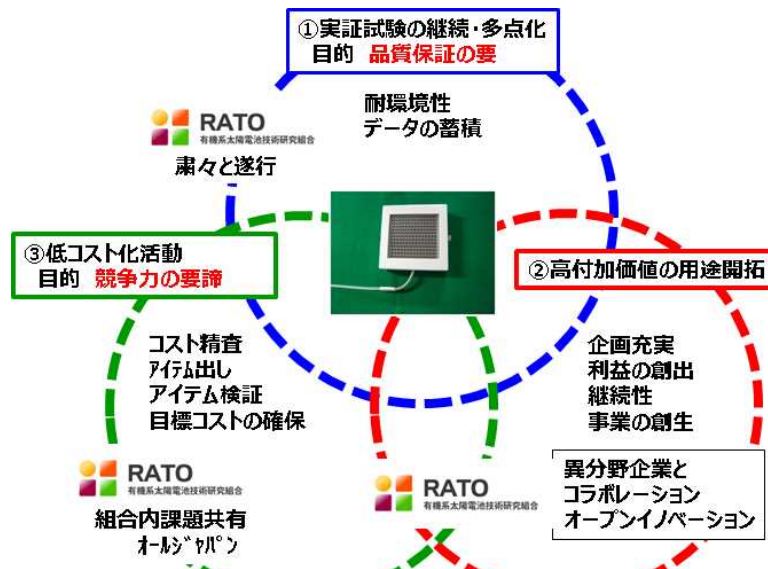
アンケート結果から、E-SEGの潜在需要が強いことが分かってきており、10年以上の寿命のあるものを売価5,000円以下で提供可能であれば新たな市場が創造できる可能性がある。他の設問に対しても、貴重な回答が得られており、商品企画の充実が必要である。

E-SEGはもともと低日射・低光量で機能するマイクロ電源として企画された。アンケートやヒアリングで、受け入れられる土壌もあり、応用商品も数多く逆提案された。10年以上の寿命のあるものを売価5,000円以下で製造可能ならば市場が創造できる可能性がある。また、自発光誘導デバイスにとどまることなく、これらを総合的に鑑み、製品機能に合った性能・品質を確保し、製造・物流・販売・保守を極限まで低コスト化し、一貫したビジネスモデル構築が実用化への課題であることが分かった。



## 2. 実用化・事業化見通し

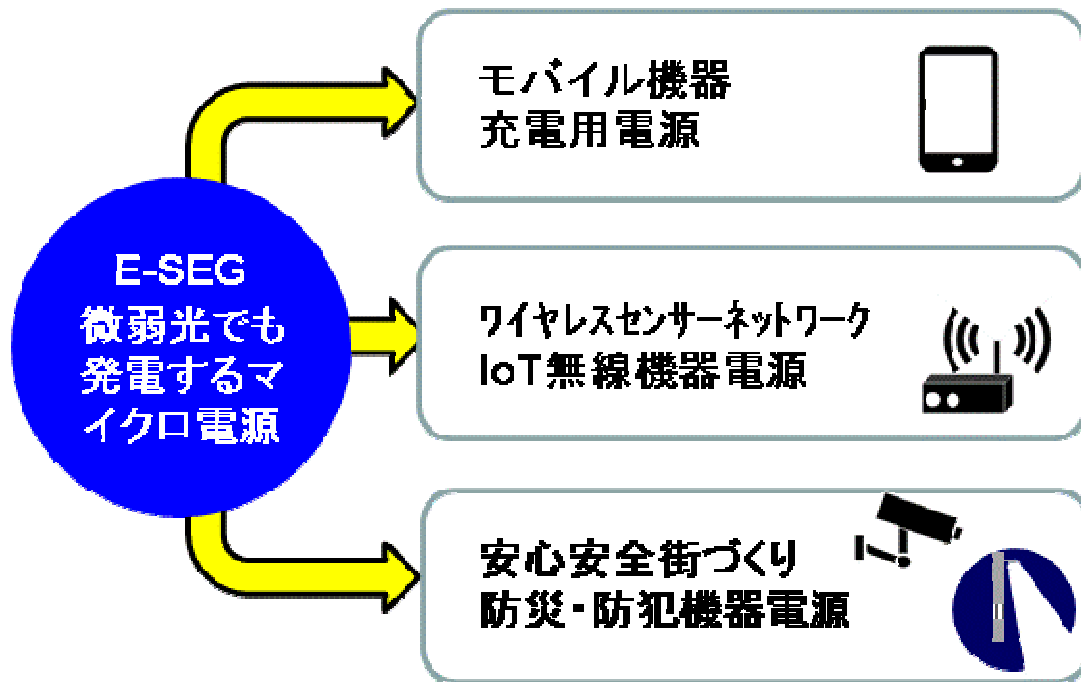
E-SEGの実証試験を通して、技術課題の解決が進み、耐久性も少しずつ実績が出始めた。製品を保証するという視点では、まだ不十分であり、①実証試験の継続・多点化し、耐環境性や耐久限界を見極めることが重要であるため一部で試験継続を進める。また、E-SEGを災害の避難用品としてみた場合、太陽電池を高付加価値化しても、製品は安価で長寿命のものが求められる。万が一の際の人命救助の誘導機器だけでは、なかなか高価な商品にはならない。そこで、商品企画においては、更なる②高付加価値化の用途開拓が必要である。また、実用化、事業化を考慮した場合、③低コスト化がその可否を決定するといっても過言でない。現在のE-SEGで一連のコスト低減活動を行い、低コスト化が可能なことを検証する必要がある。本テーマを機に、継続した耐久・実証試験と、新用途開拓、低コスト化、につとめていく。



図Ⅲ-2-③-1 6-2 2 実用化・事業化に必要な3活動

## 3. 波及効果

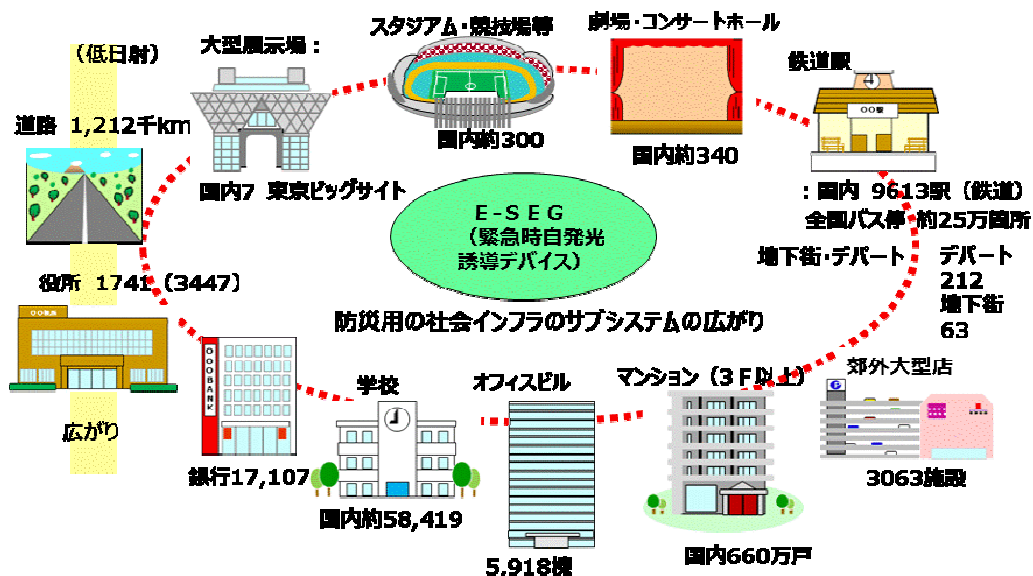
有機系太陽電池の実用化を目指し、その特徴を活かした用途で商品化ができないかとE-SEG（緊急時自発光誘導デバイス）を提案した。微弱な光で発電した電気をコツコツ蓄電し、災害などの緊急時に蓄電池を電源にLEDが発光して被災者の誘導に利用するものであるが、負荷をLEDからセンサーや無線通信のモジュールまで拡大すれば、ますます用途が広がるものと考えられる。こうした意味で、E-SEGはコードレスなマイクロ電源の基本である。実証試験を通して機能と一定の耐久性は確認できた。今後IoTの広がりと共にコードレスなマイクロ電源の需要が拡大すれば、本テーマで蓄積した経験やノウハウ、データが活かされ、開発の短期化が図れるかと思われる。モバイル機器の充電やIoT無線機器の電源、防犯機器や防災機器の電源として広範な利用が期待できる。



図Ⅲ-2-③-16-23 E-SEGの波及効果

#### 4. 今後の展開

E-SEGはもともと低日射・低光量で機能するマイクロ電源である。まずはE-SEGを本来の使い方としてみた場合、想定される市場を 図Ⅲ-2-③-16-24に示す。



図Ⅲ-2-③-16-24 E-SEGの想定市場

また、これらの想定市場に設置可能なE-SEGの個数と市場規模の目論見を表Ⅲ-2-③-16-3に示す。



表Ⅲ-2-③-16-3 E-SEGの想定市場規模

【国内市場】

0.1%普及した場合 1.0%普及した場合

道産	国内施設		設置可能数	総市場 (個数) ヶ	0.1%普及した場合		1.0%普及した場合	
	1,212,000,000 m	1,200,000 ヶ			設置数 0.10% ヶ	0.1%金額 @12,000 円	設置数 1.00% ヶ	1%金額 @12,000 円
巨大展示場	7 ヶ	5,000 ヶ/会場	1,200,000 ヶ	35,000	35	420,000	350	4,200,000
競技場	300 会場	4,000 ヶ/会場	1,200,000 ヶ	1,200,000	1,200	14,400,000	12,000	144,000,000
コンサートH	340 会場	500 ヶ/会場	170,000 ヶ	170,000	170	2,040,000	1,700	20,400,000
鉄道駅	9,613 駅	100 ヶ/駅	961,300 ヶ	961,300	961	11,535,600	9,613	115,356,000
バス停	250,000 停留場	1 ヶ/駅	250,000 ヶ	250,000	250	3,000,000	2,500	30,000,000
デパート	212 店舗	500 ヶ/店舗	108,000 ヶ	108,000	108	1,272,000	1,080	12,720,000
地下街	83 ヶ	500 ヶ/店舗	31,500 ヶ	31,500	32	378,000	315	3,780,000
郊外大型店	3,083 店	2,000 ヶ/店舗	6,128,000 ヶ	6,128,000	6,128	73,512,000	61,280	735,120,000
マンション	6,600,000 戸	100 ヶ/戸	660,000,000 ヶ	660,000,000	660,000	7,920,000,000	6,600,000	79,200,000,000
オフィスビル	5,918 棟	1,300 ヶ/棟	7,693,400 ヶ	7,693,400	7,693	92,320,800	76,934	923,208,000
学校	58,418 校	500 ヶ/校	28,208,500 ヶ	28,210	28,210	350,514,000	282,095	3,505,140,000
役所	1,741 棟	1,300 ヶ/棟	2,283,300 ヶ	2,283,300	2,283	27,159,600	22,633	271,596,000
銀行	17,107 店舗	50 ヶ/店舗	855,350 ヶ	855,350	855	10,264,200	8,554	102,642,000
合計 (単位)	710,101,350 ヶ	710,101 ヶ	8,521,216,200 円	710,101 ヶ	710,101 ヶ	8,521,216,200 円	7,101,014 ヶ	85,212,162,000 円

85.2億円

852.1億円

売価を仮に12,000円としたとき、公共施設に毎年1.0%ずつ普及が進めば、国内市場だけでも852億円/年の市場が創出可能と期待が持てる。今後需要の確からしさを、調査会社など活用しながら精度を上げて調査する必要がある。

(5) グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発  
(株式会社イーダブリュエムジャパン)

1. 成果詳細

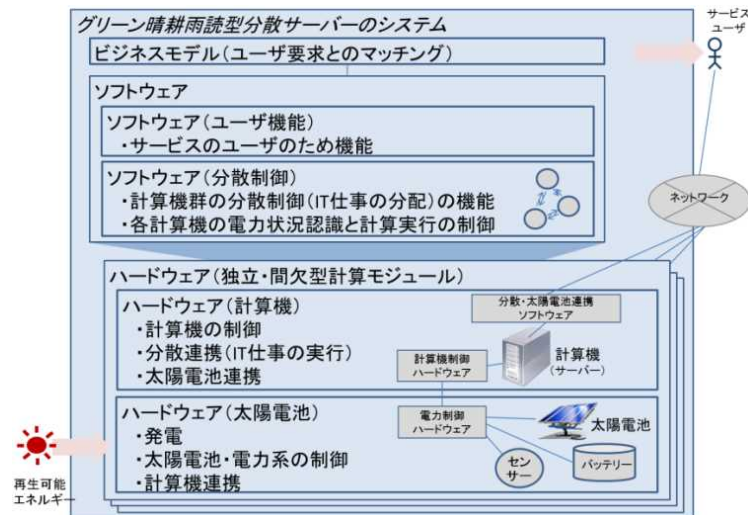
本研究開発は、以下のような大きく3つの内容とその詳細に分類できる。

- サイト内分散制御システムの構築と実証
  - ハードウェア・ソフトウェアの構築・実証
- サイトの運営 (3 サイト)
  - サイト内分散制御システムの維持
  - 制御アルゴリズムの検証・ブラッシュアップ
- 広域分散システムの開発・実証
  - 広域分散制御ソフトウェアの開発
  - 広域分散制御の実証
    - 継続利用モデル (エネルギー消費変動小)
    - 逐次利用モデル (エネルギー消費変動大)

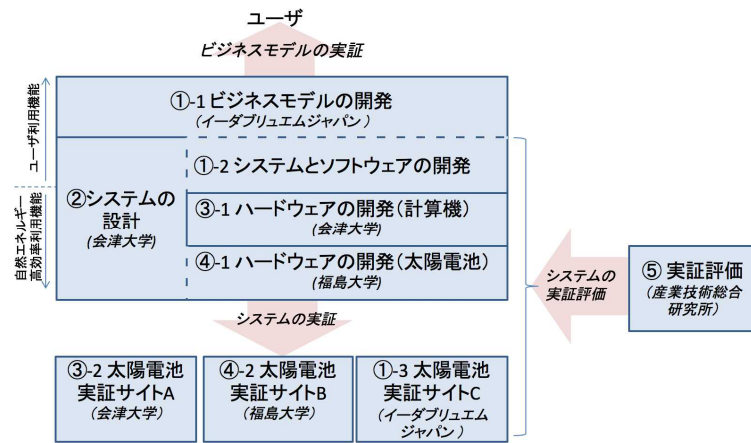
これらの内容について、その開発フェーズと実証フェーズとに分けて以下に詳細を示す。

1.1 研究開発システム

図Ⅲ-2-③-17-1 に示す機能と図Ⅲ-2-③-17-2 に示す分担で、研究開発を進めた。  
開発の結果は当初予定を達成し、さらに実証結果のフィードバックを受けてさらなる改良にも取り組んだ。



図Ⅲ-2-③-17-1. 研究開発機能



図Ⅲ-2-③-17-2. 研究開発における役割分担

## 1.2 実証サイト

会津大学(A)、福島大学(B)、EWM 南会津(C)の、三拠点の太陽電池サイトに、システムを実装した。(図Ⅲ-2-③-17-3 参照) 分散制御システムは期待通り動作し、福島県内三拠点分散の効果は見られた。

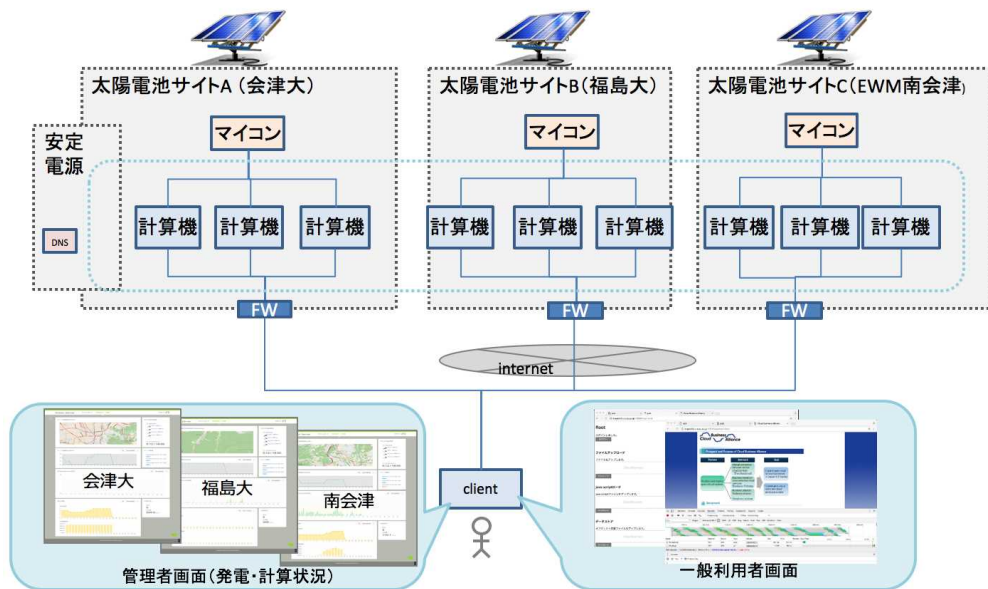
ただし、さらに広範囲に分散し天候の影響を少なくすることの意義が改めて確認された。同様に、グローバルな分散システムによって論理的には無停止のシステムを構築することも可能であることを確信した。

また、長期にわたる実証の末、鉛蓄電池の劣化の問題が確認された。



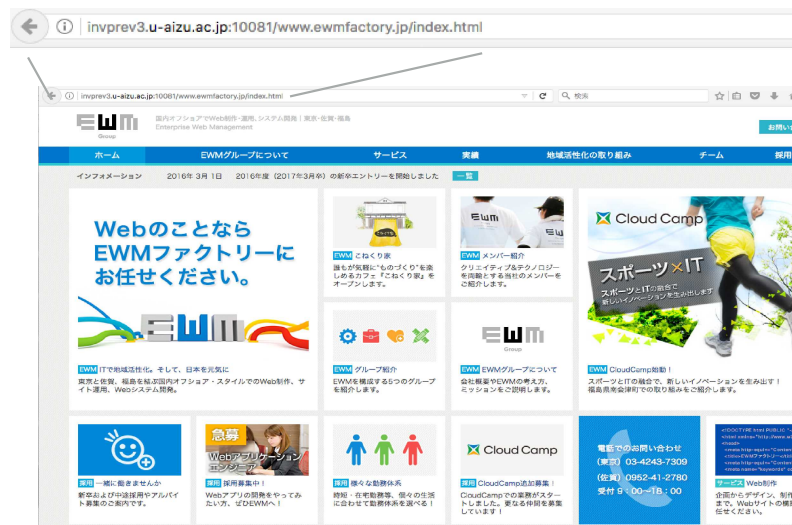
図Ⅲ-2-③-17-3. 三つの実証実験サイト

それぞれの拠点内の計算機が、ネットワークで結ばれて、PV による発電量に応じて協調して動作することで、エンドユーザへ計算機仕事を提供した。協調動作を管理する管理機能も動作する。(図Ⅲ-2-③-17-4) 劣悪な通信環境に対しては、分散制御ソフトウェアのチューニングが必要なことも判明した。ただし、アプリケーションや利用場所にフォーカスしたブラッシュアップが必要な場合がある。

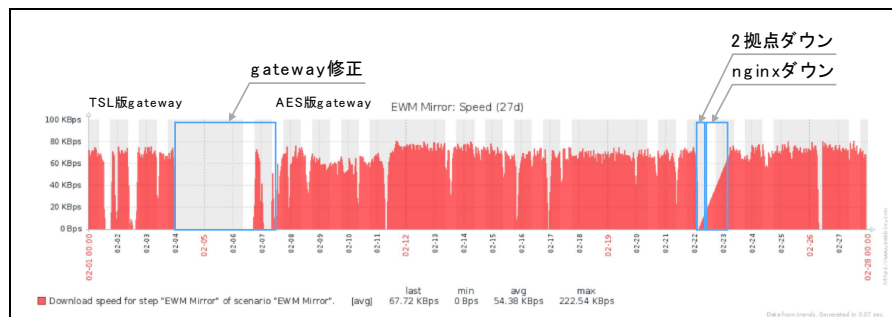


図Ⅲ-2-③-17-4. システム構成

継続的利用モデル例として、Web サイト提供の例を実証し、有効性と課題を明確にした。以下の図は、企業のホームページのミラーサイトの例 (図Ⅲ-2-③-17-5) と、当該サイトの提供状況のデータの例 (図Ⅲ-2-③-17-6) を示す。



図Ⅲ-2-③-17-5. 企業ホームページのミラーサイト



図Ⅲ-2-③-17-6. ミラーサイト提供状況のデータ

逐次利用モデルの実証として、分散サイトの PV エネルギーレベルに応じて処理振り分け制御した科学技術計算を実施した。モンテカルロ法による  $\pi$  計算を分散計算させ、その処理速度等を測定し、その有効性と課題を明確にした。

三年度目のビジネスモデル検討では、アンダー50 への展開や新興国のオフグリッド地域への展開など、最終的な目標を実現するための適用分野を検討した。一方、上記ビジネスモデルの展開には相当の時間と資金を要するため、それまでの短期収益事業を想定して、本研究開発の技術を応用した小型可搬型のモジュールの作成を行った。可搬型モジュールは、体積をアタッシュケース大におさめ、少ない蓄電池容量に対応するために Big/Middle/Little のヘテロジニアス構成のサーバとした。本試作機に関しては、CEATEC Japan 2016 において EWM ジャパンブースで展示を行い、防災関係の視点を中心に高い関心を集めた（図Ⅲ-2-③-17-7 参照）。



図Ⅲ-2-③-17-7. 小型可搬型モジュールの展示



### 1.3 目的に照らした達成状況

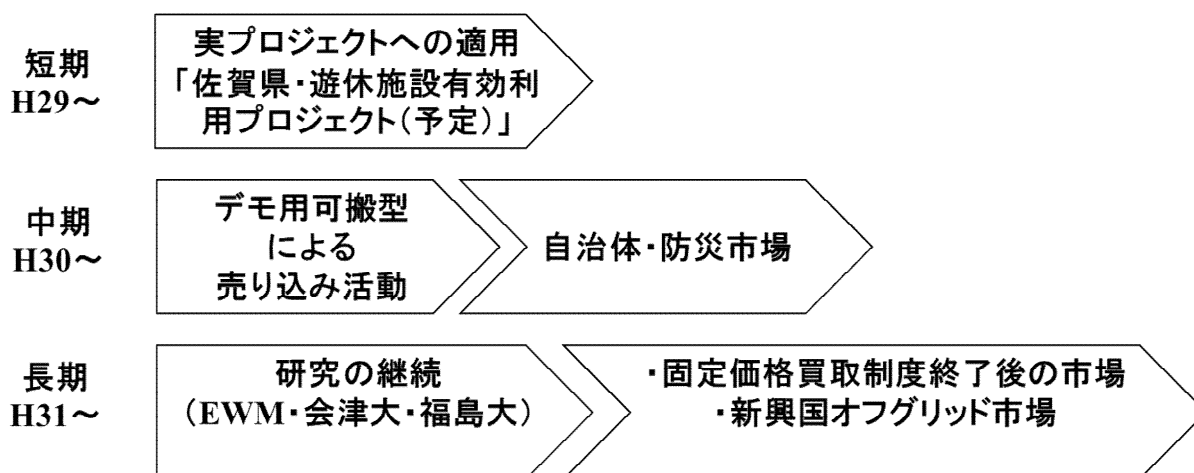
#### 計画書の事業目的

太陽光発電多用途化実証プロジェクト／太陽光発電高付加価値化技術開発事業／グリーン晴耕雨読型分散サーバの開発（以下、本研究開発）は、将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野に対して、普及拡大を促進する太陽光発電の高付加価値化技術を開発し、太陽光発電の導入分野の拡大を加速することを目的とする。

再生可能エネルギーを高付加価値の計算機利用サービスとしてビジネス利用するグリーン晴耕雨読型分散サーバの研究開発を行う。本サーバシステムは、従来のように変動する再生可能エネルギーを集約・安定化してユーザに提供するのではなく、ユーザの計算機仕事を再生可能エネルギー源近くに配備した複数の計算機に高度に分配（分散制御）することで、効率的な再生可能エネルギー利用ビジネスを実現する。

従来のように変動する再生可能エネルギーを集約・安定化してユーザに提供するのではなく、ユーザの計算機仕事を再生可能エネルギー源近くに配備した複数の計算機に高度に分配（分散制御）するグリーン晴耕雨読型分散サーバを開発し実証することで、本方式の有効性を示すことができた。オフグリッドの太陽光エネルギーの計算機利用という将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野に対して、高付加価値化技術が開発できた。また、ハードウェア要素やソフトウェア動作の課題も見えた。

## 2. 実用化・事業化見通し



図Ⅲ-2-③-17-8 実用化・事業化にむけた戦略

本事業により得られた知見により最終的な目的の適用分野の洗い出しと、その実現までの短期・中期的に研究開発を継続するための応用的な収益モデルが設定できた。応用的な収益モデルについては、実用化に向けた基本的な技術課題は解決、もしくは解決策が明確化している。したがって、短期・中期的な実用化・事業化にはすでに着手している。また、最終的な目的のために、さらなる技術開発・ビジネス開発が必要な適用分野も目指しており、そのために本事業の研究開発体制を維持しながら、追加の研究を継続する。(図Ⅲ-2-③-17-8 参照)

#### ① 短期的な見通し

本事業で開発した技術をベースとして、「佐賀県・遊休施設有効利用プロジェクト」へのシステム提案を実施している。本提案が採用されれば、実用化が実現するとともに、追加の研究開発にも活用が可能である。

## ② 中期的な見通し

本事業の応用的なビジネス開発検討から始まった「可搬型システム」のデモシステムをもとに、地方公共団体などに向けた、ヒアリング及び提案活動を開始している。本提案活動が成功すれば、平成30年度からの事業化を見通すことができる。

## ③ 長期的な見通し

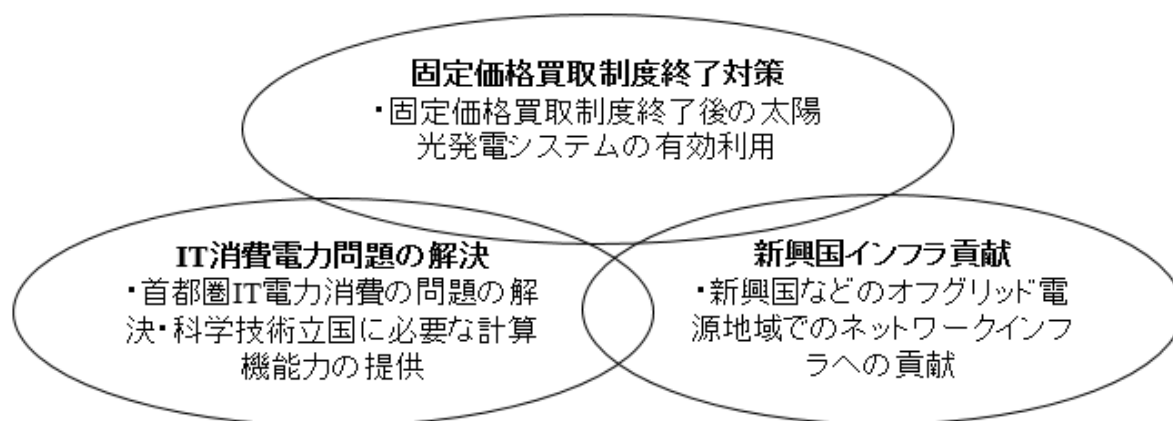
本事業による技術をベースとして、さらなるビジネス開発を促進することによって、新規のビジネスを創出することを目標とする。現時点での具体的なターゲットは、以下の2つである。

- ・ 太陽光発電エネルギーの固定価格買取制度終了後に発電設備を有効利用  
(アンダー50への適用)

- ・ 新興国のオフグリッド電源地域でのネットワークインフラ整備への貢献

さらに、IT分野の抱える首都圏での電力消費問題に関する解決手段としても、継続的に研究開発を続ける予定である。

## 3. 波及効果



図Ⅲ-2-③-17-9 最終目的・波及効果

本研究開発の最終的な目的や、非常電源・エネルギー需給ギャップの解消や、独立運転システムとしての有効利用を含めて、図Ⅲ-2-③-17-9に示すように以下への適用が期待できる。

- ・ 固定価格買取制度終了後の太陽光発電システムの有効利用  
(アンダー50 (28.5GW (90.5万件))の利活用)
- ・ 首都圏IT電力消費の問題の解決 (東京都の電力消費の12%がデータセンター利用による) (国内クリーンホスティング市場 (400億円)へ技術利用)
- ・ 科学技術立国に必要な計算機能力の提供
- ・ 災害時における非常時用の通信とサーバインフラの確保
- ・ 新興国などのオフグリッド電源地域でのネットワークインフラへの貢献
- ・ 既存データセンターに適用した場合、IT機器が消費する電力相当のCO<sub>2</sub>削減効果がある。

また、本研究開発技術を応用して、短期的な収益モデルとして設定した、自治体・防災市場への波及も期待できる。

## 4. 今後の展開

本事業のビジネスモデル検討の結果、最終的な目的のためには、体制面・資金面でさらなる検討が必要であり、相応の時間も必要である。これらの準備を継続しながら、短期的中期的な研究開発の継続のために、本事業の基本技術を応用した、早期に実現可能なビジネスモデルを「災害



## (6) 熱電ハイブリッド集光システム技術の開発 (株式会社カネカ)

### 1. 成果詳細

#### 1.1 諸言

本研究開発は、将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野あるいは新たな市場に対して、普及拡大を促進する高付加価値化技術を開発し、太陽光発電の導入分野や市場の拡大を加速することを目的とする。本研究開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構と、カネカとの共同研究によるものであり、一部を国立大学法人岐阜大学に再委託して実施した。カネカは、「① 熱電ハイブリッド集光システムの技術開発」を実施し、国立大学法人岐阜大学は「② 軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発とその農業利用技術開発」を実施した。本研究開発における成果の詳細を下記に記す。

#### 1.2 熱電ハイブリッド集光システム技術開発

##### a) 熱電ハイブリッド集光システムの概要

本研究開発では、太陽光発電の高付加価値化を目的として、電気エネルギーに加えて熱エネルギーも利用することが可能な低倍率集光太陽電池システムの開発を実施した。熱電ハイブリッド集光システムは太陽光のエネルギーを電気エネルギー、及び、熱エネルギーとして利用するシステムであり、熱エネルギーを利用する点で通常太陽電池システムの高付加価値化を図るものである。本熱電ハイブリッド集光システムは、図. III-2-③-19-1 の概略図に示されているような形状をしており、基本的に放物線形状をしたミラーにより太陽光を受光し、焦点位置付近に設置した太陽電池へと集光して照射させる構造を採っている。このような構造とすることで、光のエネルギーから太陽電池により電気エネルギーを生み出し、電気エネルギーとして利用されないその他のエネルギーを、太陽電池モジュールへの通水により熱エネルギーとして取り出すことができる。集光させることにより、太陽電池出力の向上や熱源が集中することによる熱エネルギーの散逸の抑制が期待できる。

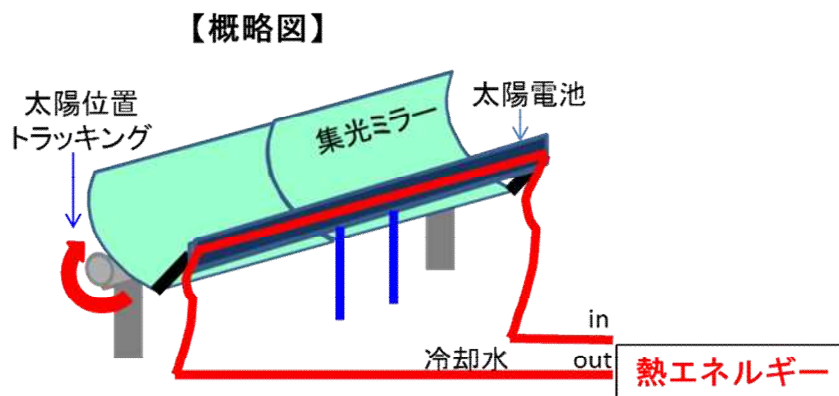


図. III-2-③-19-1 熱電ハイブリッド集光システムの概略図

本研究開発においては、集光倍率を10倍程度と従来の高倍率集光と比較して小さく設定しており、複雑な光学系が必要無く、追尾の精度がある程度低くてもエネルギー収集が行える構造となっているのも特徴である。また、図. III-2-③-19-1 に示されているように同集光システムは、ミラー部と太陽電池部（レシーバ部）が一体となり、太陽位置をトラッキングする機構となっており、地球の自転に従った一日の太陽の動きを追尾するだけでなく、更に公転にも従い年間の太陽高度の変動まで追尾する二軸追尾システムとすることにより、エネルギー変換効率の向上を実現させた。

### b) 熱電ハイブリッド集光システム的设计

熱電ハイブリッド集光システム設計において、電氣的、及び、光学的シミュレーションによるミラー、レシーバの最適化を実施し、太陽電池や配線的设计、及び、光の面内分布や散乱光の取り込み効果を向上させるミラー形状的设计を行うことで、電氣的ロス及び光学的ロスの低減を行った。図. III-2-③-19-2 に実施したシミュレーションの一例として、光線追跡型シミュレーションの結果を示す。図. III-2-③-19-2 a) のように、光線をミラー部に照射することでレシーバ上における光の照度分布を計算し、曲面や平面からなる様々なミラー形状に対して照度分布を調べることで、ミラー形状の最適化を実施した。本検討により、平面ミラーにおいて、各ミラー幅を調整することにより、レシーバ上で、図. III-2-③-19-2 b)、及び、c) に示されているような均一な照度分布が得られ、太陽電池特性の向上が見込めることを見出した。

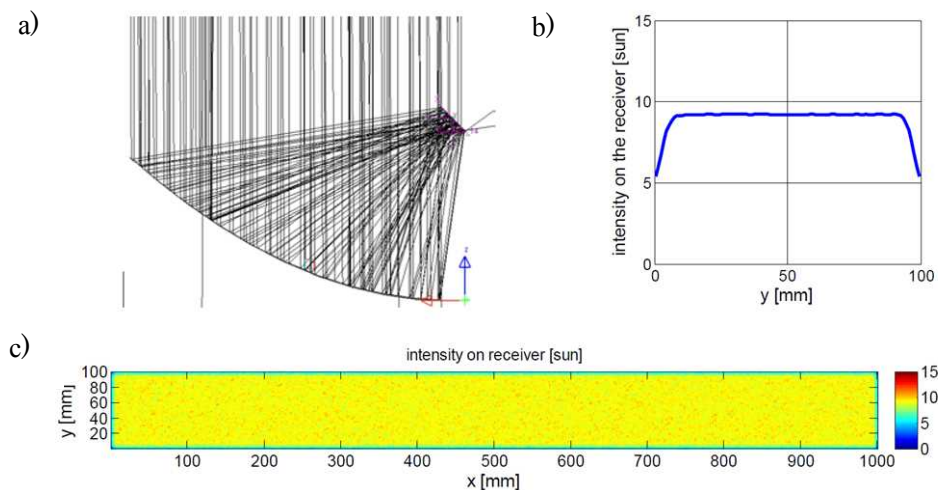


図. III-2-③-19-2 集光システムにおける光学シミュレーション

次に放物線形状のミラーにおいて取り込みの困難な散乱光の取得効果を向上させるため、放物線構造とレシーバ位置の最適化を光学シミュレーションにより実施した。これにより、図. III-2-③-19-3 に示されているような、特定のミラー形状の焦点位置にレシーバを背中合わせに配置し、両面から光を照射させる構造とすることで、散乱光の内、約 17% の光を太陽電池上に照射することを可能とするシステム構造を見出した。これは変換効率の約 1.5 ポイント、熱変換効率の約 6.2 ポイントに相当する。また、対となるレシーバの両面に太陽電池を配置し、受光することにより、太陽電池セルの温度上昇抑制と温水の熱エネルギー確保を両立することが可能となった。

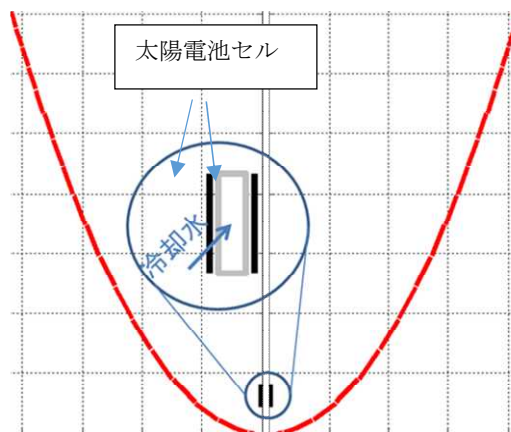


図. III-2-③-19-3 両面受光型集光システムの断面概略図



### c) 熱電ハイブリッド集光システムの作製・評価

前述のシミュレーションによる設計をもとに、図. III-2-③-19-4 に示した二軸追尾式熱電ハイブリッド集光システムの作製を行い、一年以上に渡る屋外での出力評価を実施した。作製したシステムでは、レシーバ部は全部で8枚のモジュールからなり、2枚のモジュールが背中合わせとなり1つのユニットを形成している。図. III-2-③-19-4 では4つのユニットがシステムの長手方向に続いており、その片面の太陽電池が見えている状態が外観写真で示されている。各モジュールには6インチサイズのヘテロ接合太陽電池を4分割したセルが6枚直列にインターコネクトされており、それぞれのモジュールが電氣的に直列に接続されている。各モジュールユニットにおいて、背中合わせに設置されたモジュールユニットの中間を冷却水が流れており、温水となって取り出される。ミラー部、レシーバ部は一体であり、天体望遠鏡における赤道儀と同様の方法によって太陽を二軸追尾するように設計した。

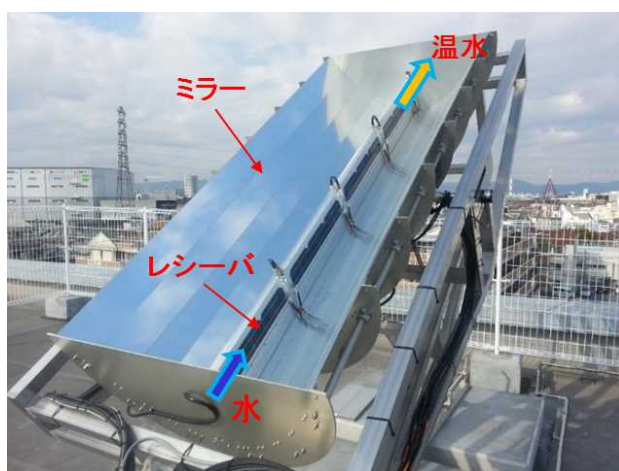


図. III-2-③-19-4 作製した熱電ハイブリッド集光システムの外観写真

表. III-2-③-19-1 熱電ハイブリッド集光システムの晴天時の太陽電池特性

Date	Time	Voc[V]	Isc[A]	F.F.	Pmax[W]
2016/2/18	11:45:00	35.7	9.24	0.716	236

表. III-2-③-19-1 に、本システムの晴天時における太陽電池特性を示し、また、図. III-2-③-19-5 に月毎のシステム出力の変動を示す。ここで、正確に熱エネルギーを評価するために、MPPT 電子負荷装置により I V 測定時以外は常に太陽電池に負荷がかかるようにし、電気エネルギーが熱エネルギーに変換されることによる過大評価が起きないように測定を実施した。

得られた出力データと追尾面全天日射量、直達日射量を解析することにより、概ね設計通りの散乱光が取り込めていることが分かった。更に、電気及び熱エネルギーを合計した総エネルギーにおいて、追尾面全天日射量に対して快晴時で約 5.7%、雨天、曇天時も含めた総平均として約 4.3%の変換効率を得ることができ、一般的に 2.0%前後の変換効率である非集光発電システムの倍以上の変換効率を達成した。電気エネルギーと熱エネルギーの変換効率の内訳は、それぞれ、8.6%と 34.2%であり、直達日射量が追尾面全天日射量の半分以下であることから、散乱光の更なる取り込みにより更なる出力向上が期待される。以上により、通常の太陽電池パネルと比較してシステムエネルギー効率を 20%以上向上させ、システムエネルギー効率向上に関する最終目標を達成した。

また、コスト目標に関しては、本研究開発における熱電ハイブリッド集光システムでは、年間の電気・熱を含めた平均エネルギー収集効率が約 4.3%と、一般の非集光発電システムの倍以上の効率を達成しているため、コストを大きく低減できる可能性が示されている。しかし一方で、

現状の周辺システム（BOS）コストは研究開発用に作製したシステムであるため未だ高価であり、更に太陽追尾のための運転維持コストも追加されるために原価が想定以上に高価となってしまう、コストの低減目標が達成できなかった。今後の更なるコスト低減に向けて、今回の検討で得られた知見をもとに更に構造を簡素化し、太陽光追尾の手法も簡略化することにより架台のコストを低減すれば、20%のコスト低減を達成できるのではないかと考えている。

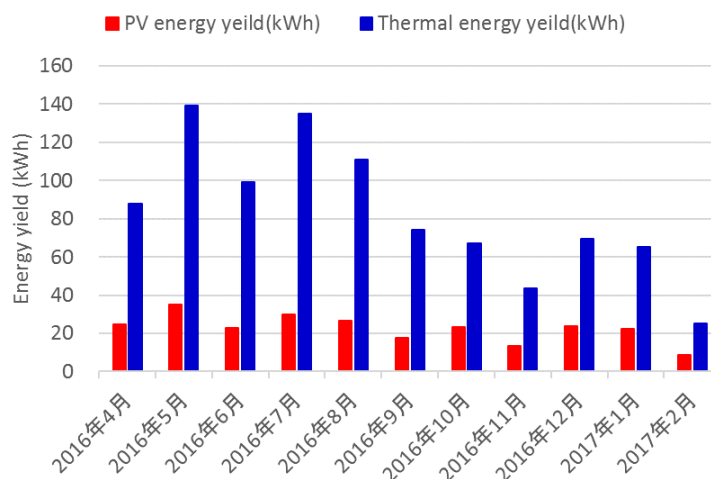


図. III-2-③-19-5 熱電ハイブリッド集光システムにより得られたエネルギー  
(8月：12日間、11月：9日間、2月：14日間のデータ欠損あり)

### 1.3 軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発とその農業利用技術開発

#### a) 軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発

本研究開発では、太陽光発電システムの新たな用途開発として、低倍率集光太陽光発電システムの農業分野での新規用途開拓を目指した。農業利用を考えた場合、低倍率集光太陽光発電システムを使用する場所近傍に設置可能で、必要に応じて設置場所を変えられることが要求される。更に、農地での使用を考えると、そのサイズもコンパクトである必要がある。このため、低倍率集光太陽光発電システムは、軽量・コンパクトかつ移動可能なシステムであることが求められる。しかし、現在一般的に市販されている低倍率集光太陽光発電システムは、固定型で移動させることができず、また架台や集光光学系の重量から、システムの総重量も非常に重い。更にそのサイズも大きい。そこで本研究開発では、使用地近傍に設置可能な軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発を行った。

軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの開発においては、一軸追尾型の1号機と、光の当たり方を改良した疑似二軸追尾型の2号機の設計・製作を行った。図. III-2-③-19-6 に完成した二軸追尾型軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの外観写真を示す。本システムは、軽量かつ移動可能であることに加え、バッテリー搭載により、システムの太陽追尾駆動や温水の循環等も発電した太陽電池の電力により賄うことで、農地における独立運用が可能なシステムとなっている。また、太陽追尾に関しては、一日の太陽光追尾だけでなく、ミラー部を傾斜させ、更にレシーバ部をスライドさせる機構を採用することにより、コンパクトさを保ちながら太陽光の季節変動にも対応させる疑似二軸追尾を実現した。自動二軸追尾制御においては、ラズベリーパイを使用して制御を行っている。装置サイズは、集光ミラーを傾斜させない状態で、高さが227.3cm、幅が161cm、長さが155.5cmで、システム総重量は、6台のバッテリーを含めて約260kgとなり、人力で移動させることが可能なシステムを完成させることができた。



図. III-2-③-19-6 軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システム 2号機の外観写真

#### b) 軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの農業利用技術開発

本研究開発では、軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの農業利用を検討した。一つは温水を用いた土壌消毒および冬季の地温管理への適用であり、もう一つは電気を利用した脱窒抑制による窒素肥料削減効果の検討である。以下に成果の詳細を記す。

##### i) 温水の農業利用

農業分野への温水利用の用途として、主として二つの用途を検討した。一つは、温水による土壌消毒であり、もう一つは温水による冬季の地温管理である。以下各用途への適用を発想するにいたった背景を概説する。

同一の農地において何年も同じ作物を栽培しつづけると連作障害が発生する。連作障害の要因の一つとして特定の病原性をもつ土壌微生物の増加が挙げられる。連作障害への対処法として、化学的な土壌消毒法が用いられてきたが、人体への悪影響等から、化学的な土壌消毒法に代わる土壌消毒法が模索され、代替する有望な方法の一つとして太陽熱消毒が考えられている。太陽熱消毒は、通常、ハウス内において土壌をマルチで覆い、ハウスとマルチによる二重の保温効果のもとに高い土壌温度を実現することにより、消毒を行う方法である。しかし、太陽熱消毒の効果が見込めるのにかかる時間は比較的長く、また十分な効果が得られる深度が表層から20cm程度までと作物の根の深さに対して比較的浅いという課題もある。本研究では、低倍率集光太陽光発電システムにより生成された温水を散布することにより、これらの課題の解決に取り組んだ。

更に、二つ目の地温管理は、上記の土壌消毒と同様の原理を冬季の作物栽培において重要となる発芽促進へ適用する方法であり、この可能性も同時に検討した。

本研究では、圃場を用いた実験、室内実験、および数値シミュレーションを組み合わせることで本課題を検討した。



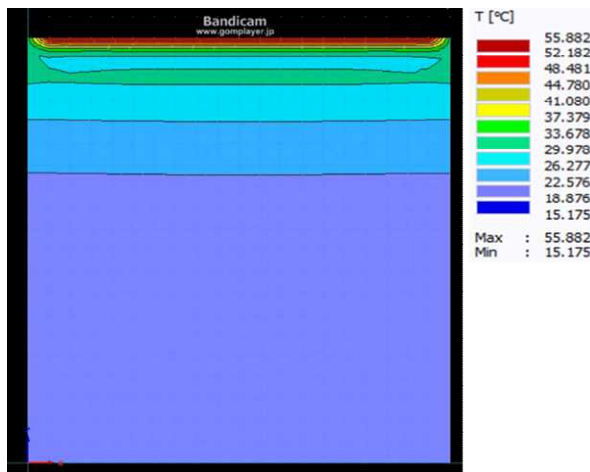


図. III-2-③-19-7 シミュレーションの一例



図. III-2-③-19-8 土壌消毒検証実験

圃場を用いた実験においては、マルチを用いた場合の土壌の温度変化を測定し、土壌下層では消毒効果は余り見込めないということを確認した。次に、圃場でのマルチ実験に加えて、図. III-2-③-19-7 に示したような有限要素法を利用した数値シミュレーションにより温水散布による土壌消毒効果の検証を行った。その結果、60℃～80℃の温水であれば比較的少量であっても、ある程度の消毒効果を短期間のうちに実現可能であることを見出した。加えて、図. III-2-③-19-8 に示したポットを用いた菌散布による温水効果検証実験から、立ち枯れ病を引き起こす病原菌における温水の消毒効果も確認した。このようなポット実験結果と、数値シミュレーションによる土壌中の温度環境の形成条件を定量化することで、温水土壌消毒の効果のある程度示せたと考える。

更に、温水による冬季の地温管理については、本研究で開発した軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの屋外出力をもとに、ビニールハウス1棟につき、電気使用量を50%にするためには、同システムが何台必要かを見積もった。本検討により、軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムを2～3台利用すれば、小型のビニールハウス程度であれば地温管理に必要な温水生成に要する電気を半分に削減できることが示された。

## ii) 電気の農業利用

次に、軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムの温水利用だけでなく、電気を利用する新たな方法を検討した。20世紀初頭、大気中に大量に存在する窒素ガスから窒素肥料を化学合成することが可能となったことにより、それまでの有機物由来の窒素肥料と比べて即効性があり施肥効果が目に見えてわかる化学肥料の使用量が指数関数的に増加し、それにともない食糧増産も進んだ。しかし、従来の農法では、農地における施肥量を厳密にコントロールすることはなく、化学肥料の施肥量は適量よりも過大になる傾向にある。また、アンモニア態窒素 ( $\text{NH}_4^+$ ) の形態で施用されることの多い窒素系の化学肥料は、施肥後すぐに酸化されて硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3^-$ ) に変化するために、溶存して系外に流出し地下水の硝酸汚染を引き起こすことが問題視されている。特に、水田のように人為的に湛水が継続する環境下では、溶存した硝酸態窒素が系外へ流出する可能性がある。一方、自然界には硝酸還元菌による脱窒作用により大気へ窒素ガスを放出するメカニズムがあるため、特に水田のように還元的な状態が一定期間人為的に維持される環境下では、ある程度の硝酸であれば、土壌が還元状態になるとともに脱窒が起こり、大気へ窒素ガスとして戻るために、窒素循環が完結する。しかし、土壌中の窒素成分という観点からは、できる限り脱窒による窒素損失を抑制し、少量の窒素成分により作物を生育することができれば、窒素肥料の施肥量を節約できると考えられる。

このような脱窒作用抑制の観点から、我々は、微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cell: MFC、以下MFCと呼ぶ) に着目した。MFCの原理は、土壌などの媒体中に生息する微生物の代謝作用の過程で利用される電子の一部を、人為的に電気回路を通して奪うことにより電流を生み出し、発電をしようとするものである。土壌中の硝酸還元による脱窒作用にお

いても、負に帯電した有機物から供給される電子が還元過程において重要な役割を果たし、MFCと同様の原理を用いて電流を得ることが可能であると考えられる。そこで本研究では、このMFCの原理を逆に利用して、低倍率集光太陽光発電システムにより発電された電気を逆に印加することにより、土壌中の酸化還元電位をコントロールし、その結果として、脱窒菌の活動制御による脱窒量の抑制をすることができないかと考えた。本研究では、脱窒抑制効果を検討するために、図. III-2-③-19-9 に示したポット実験による検証を行った。

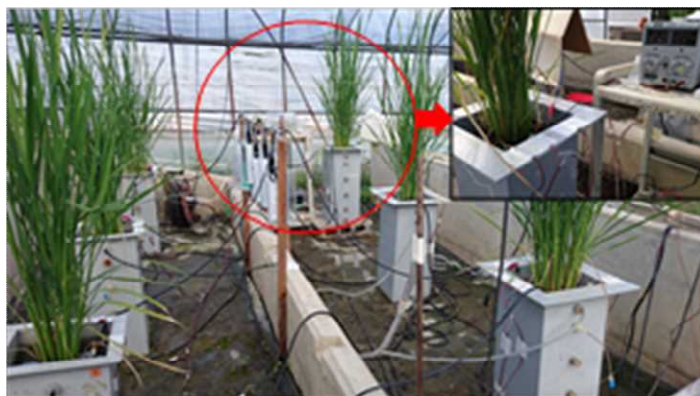


図. III-2-③-19-9 ポットによる電圧印加実験の様子

実験は苗を植えたポット内の土壌に通電することにより、ポット内の脱窒がどのように変化するかを調べた。その結果、電圧印加を実施したポットにおいては、MFC回路を形成していないものに比べて脱窒量が抑制されていることが分かった。苗が定植後の初期成長期、分けつを繰り返す葉量が増加する生育期、そして、実をつける登熟期の三つの生育時期ごとに脱窒量を整理すると、生育初期に脱窒量が多く、生育が進むと同時に脱窒量は減少していく傾向にあることも分かった。以上により、微生物燃料電池の原理を利用して土壌に電圧印加することで脱窒抑制効果が見られることが示され、軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムを水田に導入することにより、太陽光エネルギーを利用して水田における窒素肥料の節減の可能性を見出すことができた。

以上の検討により、軽量かつ移動可能な低倍率集光太陽光発電システムの開発と、農業分野における新たな電気及び熱利用技術の可能性を見出し、目標を達成した。

## 2. 実用化・事業化見通し

### 2.1 成果の実用化・事業化に向けた戦略

昨今の太陽電池市場を鑑みると、非常に安価な太陽電池パネルが販売され、住宅用や産業用途においては、単位面積当たりで如何に出力が得られるかが肝要となっている。このような中、集光による太陽電池システムは、追尾可動域による土地の占有領域が大きく、上記用途における実用化は困難であると考えられる。しかしながら、本研究開発の成果により、熱電ハイブリッド集光システムとして電気だけでなく温水も生成できる点に高付加価値を見出し、集合住宅や公共施設等における新たな市場創出の可能性が期待され、更に、軽量かつ独立運用が可能な太陽光発電システムが農業分野において新たな付加価値を付けられる可能性を見出すことができた。今後、集合住宅や公共施設等、農業用途等における実用化の可能性を、更なる市場探索やシステム開発検討を通じて判断していく必要がある。

集合住宅や公共施設（病院、ホテル、スポーツ施設等）においては、年間約数百  $\text{kWh}/\text{m}^2$  の給湯ニーズがあり、熱電ハイブリッド集光システムによる市場開拓の可能性が十分考えられる。予想される市場規模（2030年）としては、集合住宅においては約9億円、病院、ホテル、ス



ポーツ施設の給湯ニーズから予測した公共施設の市場規模は約30億円と見込んでいる。今後、洗濯業や食品加工業など、電気及び給湯のニーズのある業界において新たな市場開拓を行っていき規模の拡大を図る。熱電ハイブリッド集光システムは、通常の非集光系と異なり、70℃～90℃程度の温水を得ることができる点でメリットがあり、目的に応じて多用途化が可能である。また、ハイブリッドとすることで、電気と温水を限られた面積で生成することができ、都市部の公共施設においても屋上などに設置することで導入が可能であり、また、通水による冷却により通常の集光システムよりも太陽電池出力の向上が見込める点でも優位性がある。更には、高温の温水であることからタンク等の貯蔵スペースも削減することができる。これらの優位性を武器に更なる市場開拓を行い、集合住宅や公共施設における有望分野において実用化を図っていく。

一方で、農業分野への太陽光発電システム適用においては営農型太陽光発電システム（ソーラーシェアリング）の普及も徐々に進み、メガソーラー型のプラント設営のニュースや全国の認可件数が1,000件を超えた報告等もあり今後の市場の成長が見込まれる。通常のソーラーシェアリングシステムでは発電した電気は系統への売電を基本に考えられているため、そのシステムの設置には周囲へ系統線を引き込みする必要性やパワーコンディショナ等の大型機器を設置する必要性がある等、設置場所が限られる可能性が大きく考えられる。

本研究開発にて試作に成功した軽量ムーバブル低倍率集光太陽光発電システムは直流系統のみで構成されているため独立運用が可能である優位性がある。更に発電した電気を窒素肥料削減のために現地で使用することでいわゆる地産地消の構造を採ることにより肥料削減のコスト削減も含めて二重の付加価値を付けることが可能となる。開発したシステムの農業における予想市場規模は、冬場の葉物の地温管理と脱窒抑制を合わせると約30億円と見込まれ、今後の市場開拓により更なる規模の増大が期待される。本研究開発の成果を実用化するために、上記ソーラーシェアリングの手法と本研究開発で確立した軽量太陽光発電システムの技術を組み合わせた新たな農業向け太陽光発電システムの実用化に向けた探索を実施し、実用化の可能性を判断する。

## 2.2 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

本研究の成果を実用化するために、太陽光発電システムの実発電量、総取得エネルギー量のモニタリングを継続してカネカおよび岐阜大学において実施するとともに、システムの発電量シミュレーションをカネカにて実施して年間発電量の推定をおこなうことで本システムの優位性を明確化する。各種システムのシミュレーション技術開発はカネカで現在実施しており平成29年度中に技術確立する計画で進行中である。更にシステムの実用化をおこなう上で特に重要な課題となるコスト削減に関して抜本的なシステム構造の見直し及び海外製造等の選択肢をカネカにて検討し、総エネルギーコストを他のシステムと比較して大きく削減した競争力のあるシステムを創出することを考えている。本研究開発期間中にも要素技術及び市場探索において、国内外の大学と連携し検討を実施してきたが、特にコスト削減においては、国内外の企業等と連携することが肝要と考える。

上記の屋外評価、発電量シミュレーション、コスト低減検討、市場探索を実施することによりシステム優位性の明確化を行うことが可能となり、その上で試作品の完成と顧客開拓により事業化判断を行うことを検討する。

## 2.3 成果の実用化・事業化の見通し

本研究開発にて開発した熱電ハイブリッド集光システムは、上述のように電気と高温の温水を同時に生成でき、また、農業用システムにおいては独立運用が可能である点とエネルギーの地産地消が可能である点で優位性があり、集合住宅や公共施設、系統からの電気利用が難しい農地において競争力を有している。一方で、本研究開発の成果を実用化する際の重要な課題としてシステムコスト削減が挙げられ、現状のシステムコストを削減するため周辺部材コストを低減する必要がある。これらは追尾制御手法の簡略化等抜本的なシステム構造の見直しや、組み立てを海外企業も含めて連携又は外注すること等により解決を図ることができると思う。今後、トータルコストを低減した競争力のあるシステム開発を検討し、実用化の可能性の判断を行う。

### 3. 波及効果

本プロジェクトを通じて、太陽電池システムの農業利用において新たな可能性が示されたが、今後、更なる検証を行っていくことで、商業的な集約的農地や一般の水田等において、ソーラーシェアリングなどで見られる単純な発電用途だけでなく、熱利用も含めた太陽電池の高付加価値化への関心が高まると期待される。その結果、農業に限らず、水産業などの第一次産業等においても、太陽電池の新たな利用価値の創出が波及的に生まれることが期待される。

また、技術開発の観点から、本プロジェクトで開発した低倍率集光太陽電池のモジュール化技術は、通常の太陽電池パネルとは異なる部分も多く、例えばモジュール軽量化技術を運輸業における軽量太陽電池等へと応用するなど、特殊用途向け太陽電池への技術展開が期待される。

### 4. 今後の展開

「2.3 成果の実用化・事業化の見通し」において記載した通り、まずは今後の研究開発における重要な課題であるシステムコスト削減に取り組んでいく必要がある。追尾制御手法の簡略化等抜本的なシステム構造の見直し、及び、海外製造等の選択肢を検討することにより、総エネルギーコストを他のシステムと比較して大きく削減した競争力のあるシステムの創出を図っていく。また本研究開発で検証したシステムの農業利用方法に限定せず、様々なアプリケーションの探索を引き続き行っていくことで、開発したシステムとベストマッチな用途における新しい市場も開拓していく。

### 3. 成果発表の件数

3事業の成果発表件数を表Ⅲ-3-1に示した。

表Ⅲ-3-1 成果発表の件数

事業	特許出願		論文 (査読付)	研究発表 ・講演	新聞・雑誌 等掲載	受賞 実績	展示会 への出展
	国内	海外					
①太陽光発電多用途化実証事業	26	5	0	34	55	0	15
②太陽光発電多用途化可能性検討事業	4	0	3	24	1	1	4
③太陽光発電高付加価値化技術開発事業	8	9	2	14	26	1	10
合計	38	14	5	72	82	2	29

平成29年8月末現在

## 「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」基本計画

新エネルギー部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

## ①政策的な重要性

日本において、2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっている。

## ②我が国の状況

東日本大震災後の電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に導入までに要する期間が比較的短い太陽光発電システムの大量導入実現が期待されている。

NEDOでは、太陽光発電の大量導入実現に向け、これまで発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進してきたが、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことも重要である。しかしながら、平坦な地面や住宅の屋根への設置等、従来から導入されている設置環境（以下、「従来型分野」という。）においては導入量が増え続けている一方で、技術的に導入が困難である、導入コストが従来型環境に比べて高い等の理由により、導入が進まない分野（以下、「未導入分野」という。）も存在している。

## ③世界の取り組み状況

近年のエネルギーセキュリティや地球環境問題への意識の高まりを受け、世界各国で再生可能エネルギー利用システムの導入が活発化しているほか、新たな分野への導入も模索され始めている。

## ④本事業のねらい

本プロジェクトでは、将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未導入分野に対して、普及拡大を促進する技術を開発・実証し、太陽光発電の導入分野の拡大を加速することを目的とする。

## (2) 研究開発の目標

太陽光発電の導入分野の拡大の加速を図るために、下記の2つの目標を設定する。

- ・未導入分野における発電コストの低減
- ・太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場の開拓

## (2) - 1. 未導入分野における発電コストの低減

未導入分野における発電コストの低減のため、研究開発項目①「太陽光発電多用途化実証事業」、および研究開発項目②「太陽光発電多用途化可能性検討事業」について、以下の目標を設定する。

## ①アウトプット目標（事業終了時点）

- ・未導入分野への導入を、すでに普及している分野と同等程度の発電コストで実現するための技術（発電量増加や設置コスト低減等）を開発し、その効果を実証する。
- ・将来有望な設置場所の導入可能量や技術開発課題等を明らかにする。

## ②アウトカム目標達成にむけての取り組み

- ・これまで未導入分野に対して、太陽光発電システムの展開を躊躇していた企業に対して、新たな市場参画への動機付けを働きかけていく。想定される導入先、システムインテグレータやユーザー企業（ハウスメーカー、ゼネコン、建築主等）との連携を通じて、産業界の活性化を図る。

## ③アウトカム目標

- ・2030年以降、農地や水上等のPV未導入分野において、60GW程度の導入が見込まれる。

### (2) - 2. 太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場の開拓

太陽光発電の高付加価値化による導入の加速、新市場創出のため、研究開発項目③「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」について、以下の目標を設定する。

#### ①アウトプット目標（2016年末）

- ・太陽光発電高付加価値化技術を開発し、その効果を実証する。
- ・将来有望な市場の導入可能量や実用化に向けた技術開発課題等を明らかにする。

#### ②アウトカム目標達成にむけての取り組み

- ・太陽光発電関連企業だけでなく、新たな用途・システムに関連する企業に対して、新たな市場参画への動機付けを働きかけていく。想定される導入先、システムインテグレータやユーザー企業との連携を通じて、産業界の活性化を図る。

#### ③アウトカム目標

- ・2020年を目処に事業化可能な市場において、本事業の投入費用に対する市場規模として費用対効果10倍以上を見込む。
- ・2030年を目処に事業化可能な市場において、本事業の投入費用に対する市場規模として費用対効果100倍以上を見込む。

### (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。

[共同研究事業]

- ①「太陽光発電多用途化実証事業」[共同研究（負担率：2／3）]
- ②「太陽光発電多用途化可能性検討事業」[共同研究（負担率：2／3）]
- ③「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」[共同研究（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、国外企業等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）を委嘱又は指名し、その下に効果的な研究を実施する。

また、必要に応じて国内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等についての調査を、効率化の観点から委託事業として実施する。

## （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、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。

## ３．研究開発の実施期間

### ①「太陽光発電多用途化実証事業」

本事業の期間は、平成25年度から平成27年度までの3年間、および平成26年度から平成28年度までの3年間とする。

### ②「太陽光発電多用途化可能性検討事業」

本事業の期間は、採択決定から1年間を限度とする。

### ③「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」

本事業の期間は、平成26年度から平成28年度までの3年間とする。

## ４．評価に関する事項

NEDOは、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、外部有識者による事後評価を平成29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。

## ５．その他重要事項

### （１）研究開発成果の取扱いについて

#### ①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、共同研究先とも普及に努めるものとする。

#### ②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、標準案の提案等を積極的に行う。

#### 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、「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・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、すべて共同研究先に帰属させることとする。

### （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、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

「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1号イ」

6. 改訂履歴

- (1) 平成25年8月、基本計画制定。
- (2) 平成26年3月、研究開発項目③を追加。

## (別紙) 「研究開発計画」

### 研究開発項目①「太陽光発電多用途化実証事業」

#### 1. 研究開発の必要性

近年のエネルギーセキュリティや地球環境問題への意識の高まりを受け、世界各国で新エネルギーや再生可能エネルギー利用システムの導入が活発化している。日本においても、2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっている。これらに加え、東日本大震災後の電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に太陽光発電システムの大量導入を推進していく必要がある。

NEDOでは、太陽光発電の大量導入実現に向け、これまで発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進してきたが、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことが重要となってきた。

#### 2. 研究開発の具体的内容

導入量大きい、市場規模の創出・効果が大きい等の導入価値が高いと考えられる以下の分野について、実証事業を実施する。

##### ①建物

設置想定場所として、「ビル、集合住宅、戸建住宅、学校施設、店舗、駐車場等の建物の壁面や窓、ベランダ部分」、及び「強度が弱い(昭和55年以前の住宅等)既築住宅や非住宅、駐車場等の屋根面」とする。

この分野への導入に必要な課題を克服するために、低コスト化を目指した施工・設置技術、意匠性を考慮したデザイン重視のシステム、場所による発電量のバラツキを考慮した電力を最大限確保するシステム、安全性・耐久性・維持管理性に対応する材料・施工技術、十分な強度を有さない既築住宅でも設置可能な軽量システム等、従来型分野と同等程度の発電コスト(一般建築物の壁面であればメガソーラーと同等程度、集合住宅のベランダであれば住宅屋根置きと同等程度、等)で導入を進めることができる技術(達成目標として、壁面設置時の発電量20%増、システム導入コスト25%減、重量50%低減、等)を開発、実証する。

##### ②農業関連地帯

設置想定場所として、農耕地、耕地けい畔、畜舎、農業用ビニルハウス、等の農業関係地帯とする。作物と太陽光発電システムとの太陽光の共有という点で、形態などへの新規性が考えられる分野でもあるが、この分野への導入に必要な課題を克服するために、作物への影響のない設置方法・設置構造、組み立て性・着脱性を考慮した設置構造、設備の維持管理技術等、従来型分野と同等程度の発電コスト(ビニルハウスであれば住宅屋根置きと同等程度、耕地上空や耕地であればメガソーラーと同等程度、等)で導入を進めることができる技術(達成目標として、分解や組み立てが容易なシステムで設置コストを従来比150%以内で実現、発電量低下を回避、等)を開発、実証する。

### ③傾斜地

設置想定場所として、耕地畦畔、山林、のり面、遮音壁等の傾斜地とする。太陽光の太陽光発電システムへの照射が良好となる設置形状上のメリットを活かされるほか、高速道路の場合では、発電した電力を近くのサービスエリア等へ引き込み、電気自動車等への環境配慮型電力供給スポットとしての活用が想定される。この分野への設置課題を克服するために、安全性を確保した設置技術、不安定な傾斜面への設置技術、設備の維持管理技術等、従来型分野（メガソーラー）と同等程度の発電コストで導入を進めることができる技術（達成目標として、システム発電効率従来比10%向上、等）を開発、実証する。

### ④水上

設置想定場所として、池、沼、湖、海上、等とする。水上は、将来のメガソーラー候補地として有望な空間となる可能性を有している。この分野への設置課題を克服するために、耐水・耐塩構造、低コストフロート構造、水位変動対策システム、高付加価値化技術（光学的あるいは追尾機能による発電量増大、等）、設備の維持管理技術等、従来型分野（メガソーラー）と同等程度の発電コストで導入を進めることができる技術（達成目標として、発電量10%向上、浮体構造コスト50%削減）等を開発、実証する。

## 3. 達成目標

未導入分野への導入における発電コストを、すでに普及している分野と同等程度の発電コストと同等で実現するための技術（発電量増加や設置コスト低減等）を開発する。また、その効果を実証する。

## 研究開発項目②「太陽光発電多用途化可能性検討事業」

### 1. 研究開発の必要性

近年のエネルギーセキュリティや地球環境問題への意識の高まりを受け、世界各国で新エネルギーや再生可能エネルギー利用システムの導入が活発化している。日本においても、2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっている。これらに加え、東日本大震災後の電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に太陽光発電システムの大量導入を推進していく必要がある。

NEDOでは、太陽光発電の大量導入実現に向け、これまで発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進してきたが、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことが重要となってきた。

### 2. 研究開発の具体的内容

下記のケースに該当する分野について、導入した場合の市場規模と波及効果、導入課題等について調査し、有望な市場となり得るか判断するための導入可能性検討事業を実施する。

①導入ポテンシャル量を明確に把握するのが困難だが、主な社会的効果・関連産業への効果等が高いと考えられる分野。

②太陽光発電システムに新たな機能を付加することにより導入ポテンシャル量の拡大やアプリケーションの拡大が期待できると考えられる分野。

本事業では、少なくとも下記事項を実施し、必要に応じて原理機等の試作・評価をおこなう。

- ・導入を妨げる要因調査（有りの場合はその対処法策定、導入時及び導入後の課題等）
- ・開発要素技術の抽出、開発スケジュール案の策定、開発実施者および導入者の調査等
- ・予想される効果検討（発電量、付加価値等）
- ・普及を想定した導入量及び普及コストの検討

### 3. 達成目標

導入可能量、市場規模や技術開発課題等を明らかにし、その課題解決策を示す。



## 研究開発項目③「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」

### 1. 研究開発の必要性

近年のエネルギーセキュリティや地球環境問題への意識の高まりを受け、世界各国で新エネルギーや再生可能エネルギー利用システムの導入が活発化している。日本においても、2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっている。これらに加え、東日本大震災後の電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に太陽光発電システムの大量導入を推進していく必要がある。

NEDOでは、太陽光発電の大量導入実現に向け、これまで発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進してきたが、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことが重要となってきた。

### 2. 研究開発の具体的内容

太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値製品・事業を創出することにより新たな用途が期待できる新市場の開拓を行う。

また、開発した技術の評価や、高付加価値に対してユーザーの評価（導入動機として十分なり得るか）を行い、市場規模を明らかにするとともに、実用化に向けての技術的課題を明らかにし、その対策案を抽出する。

### 3. 達成目標

高付加価値化技術を開発し、その効果を実証する。また、将来有望な導入分野の導入可能量や実用化に向けた技術開発課題等を明らかにする。

具体的には、発電以外の機能（断熱機能や調光機能を有する窓・ブラインドや、太陽光発電により得られた電力を活用して電子機器への充電機能や服の暖房機能を有するウェアラブル太陽電池モジュール、等）を付加した太陽光発電システムでは、コスト、意匠性、使い勝手等がユーザーの要求を十分満たし得るレベルであり、かつ耐久性を確保した高付加価値化技術を開発する。また、移動体（電動バイク、電動自動車、船舶等）と太陽光発電の組合せについては、限られた設置面で、必要な電力量の確保と意匠性等も考慮した太陽光発電システム実装技術を開発する。

## 事前評価書

	作成日	平成25年2月6日
1. プロジェクト名	太陽光発電多用途化技術開発	
2. 推進部署名	新エネルギー部	
3. プロジェクト概要（予定）		
(1) 概要		
1) 背景		
<p>NEDOでは、太陽光発電の普及拡大に向けて、発電コスト低減を主軸に「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」等の事業を推進しているところであるが、今後、更なる大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことが重要となる。しかし、発電コスト以外の付加価値が要求されるケースが多く、「グリッドパリティを目標とする」従来のロードマップ（PV2030+）に基づき設計された従来プロジェクトでは、適切なマネジメントが困難である。そこで、新たなプロジェクトとして、設置場所、用途拡大を目的とした本プロジェクトを企画立案する必要がある。</p>		
2) 目的		
<p>将来的な市場拡大または市場創出が見込まれる未利用領域（耐震強度が弱い住宅やマンションベランダ、ビル側面、池・沼・湖畔等の水上、自動車等）に対し、市場への普及を阻害している課題と対策を検討し、市場として確立できるか見極めを行う。さらに対策機能または高付加価値機構を具備した太陽光発電システムの開発と実証を実施する。これらの調査・実証により、経済性や機能性等の観点からその効果を検証し、当該導入先への普及拡大を促進する。</p>		
3) 実施内容		
<p>すでに導入ポテンシャルが大きいことが判明しているにもかかわらず導入が進んでいない領域について、導入拡大を進めていくことは本研究開発の主軸であるが、現時点で導入ポテンシャルが確定できないものの、導入による社会的効果・関連産業への効果が期待できる等の理由から、そのような領域への導入を検討することも重要である。</p> <p>そこで、下記の2つの体制で研究開発を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「太陽光発電多用途化技術開発・実証」</li> </ul> <p>導入ポテンシャルが概略把握できている領域に関して、導入価値が高いと考えられる5分野（建物、農業関係領域、傾斜地、水上、移動体）について、低コストで設置可能とする新たな設置方法や設置技術の開発や、高付加価値（電力量増大等）を寄与する技術の開発と実証を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「太陽光発電多用途化技術開発・FS」</li> </ul> <p>導入ポテンシャルは未確定だが、主な社会的効果・関連産業への効果等が高いと考えられる領域については、導入した場合の市場規模と波及効果、導入課題等</p>		

について調査し、有望な市場となり得るか判断するために、未利用領域への導入可能性調査（以下、「F S」という）を実施する。

(2)規模 総事業費（一般、需給等）22.5億  
（「実証」、「F S」いずれも共同研究、負担率2/3）

(3)期間 「実証」は平成25年度～27年度（3年間）  
「F S」は平成25年度（1年間）

#### 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

政府は、平成22年6月にエネルギー基本計画を改定し、2020年（平成32年）までに再生可能エネルギーの一次供給に占める割合を10%まで高めるとしている。太陽光発電については、コスト削減や性能向上等のための研究開発及び実証事業を効果的に推進することとしている。また、太陽光発電システムの導入目標として、2020年に現状の20倍（約28GW）とすることを目指している。

こうした中、平成24年7月に固定価格買取制度がスタートした。この制度下では、推算される収入に対していかに支出を抑えるかがポイントとなり、支出の最も大きな割合である初期投資を押さえうる「平地でのメガソーラー」やサプライチェーンが確立された「住宅屋根設置」による導入方式での急速な普及が進んでいる。ただ、定期的な見直しにより買取価格は今後低下していくと予想されており、また一方では、既にメガソーラー用地確保の競争が熾烈化していることが報道されるように、現在の概念でのメガソーラー事業における「適地」は不足していくことが予想される状況では、導入インセンティブは低下していく。既存の導入ポテンシャル調査で導入先としての物理的導入先となりうるスペースは大きい事が報告されているが、導入先として積極的に選定されにくい状況にある。

以上のことから、太陽光発電の普及拡大のためには、現状では設置コストやシステムコストが割高になってしまう設置先や、設置が物理上困難な設置先に対して、経済性をあまり悪化させず導入する対策や方式を検討しておく必要があり、設備導入のための多くの選択肢を用意しておく事が重要と考える。しかし、このような設置先への導入インセンティブは低く、そのために企業における技術開発も相対的には弱いものになってしまうことから、NEDOがこれを後押しして、メガソーラー事業や住宅屋根設置以外の領域の開拓を推進していくことは妥当である。

###### 2) 目的の妥当性

今年7月から始まった固定価格買取制度により、国内における太陽光発電システムを導入したいという意識が非常に高まってきている中、住宅の強度不足の問題で導入が困難であるとか、あるいは土地はあるものの土地の状態

の問題で導入が困難であるなど、導入拡大を妨げる要因が多く存在する。本事業では、これらの要因を速やかに取り去り、市場拡大とそのスピードを加速させる役割を担っており、その目的には妥当性がある。

## (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

本プロジェクトでは、これまで市場に広がって行かなかった新規設置場所に対して、その市場展開を阻んでいた要因について解決策を抽出し、新規設置場所における太陽光発電システムの開発・実証に取り組むことを目的としている。具体的には、耐震強度が弱い住宅や工法等の面で設置が難しいマンションのベランダ、ビル側面、池・沼・湖畔における水上設置、自動車等に対し、コスト負担増等のデメリットを軽減し、また、ユーザーに設置の動機付けできる付加価値をプラスした技術の開発を目指したものであり、太陽光発電システムの更なる普及へつながるものであることから、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

「太陽光発電多用途化技術開発・実証」では、複数の具体的な設置領域を NEDO が設定し、その領域において、普及を阻害する要因の対策案を抽出、改善策として具体的な構造を設計し、また、付加価値機能（追尾機能による電力量の増大化等）も検討し実証をおこなう。実証段階にて実際の発電量評価などおこない、費用対効果の検証を行う。

「F S」では、導入した場合の市場規模と波及効果、導入課題等について調査し、有望な市場となり得るか、最終的に予想される発電量の算出とコスト試算により検討する。

以上の内容でプロジェクトを推進することにより、定量的な評価、判断の議論が可能であり、成果目標としては妥当である。

### 2) 実施計画の想定と妥当性

基本的には、初年度において公募によって共同研究先を採択する。提案時には、「実証」で参画するか、「F S」として参画するか、あらかじめ選択した上で公募参画とする。

「実証」では、すでに導入ポテンシャルも期待できる領域に関する事業でもあり、太陽光発電の更なる普及の趣旨に照らし、3年間の事業としている。

「F S」は、提案の技術により、導入した場合の市場規模と波及効果、導入課題等について調査し、有望な市場となり得るか速やかに判断するために、事業期間を1年間に設定している。

予算としては、年間7.5億円／3年間総額約22.5億円（負担率2/3）を予定しているが、マイルストーンを設定したスケジュール、予算は、実用化の前倒しと目標の着実な達成という観点で妥当と考えられる。

### 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

事業化を企図する企業を主体とした事業とし、太陽光発電システム業者単独の提案または企業連合による提案を想定している。

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。一方、実証試験の結果得られるデータを活用した検証や分析は、シナジー効果等が期待できる面もあることから、共同で実施する事も想定する。

また、NEDOは、実証試験に対する評価委員会を設置することで、共同研究者からの実証データの分析結果、課題抽出、対策検討に対し助言等の支援を行う。

#### 5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

実用化・事業化における課題は、全体のシステムとしてのコストパフォーマンスである。未利用領域では、必ずしもPVモジュールが適性な状態で設置されるとは限らず、従って、場所による発電量のバラツキを考慮し、電力を最大で活用できるシステムの開発が重要である。本実証において、このシステムを完成させることで、コストパフォーマンスを示すことができ、それにより、未利用領域への導入実用化が加速できる。

また、例えば、発電量確保の手段として追尾機構を想定する場合、追尾機器および稼働費（電気代ほか）のコストが、追尾機能による発電量の増加分（利益）より十分低ければ、導入の動機付けに成りうる。

太陽電池モジュールに関しては、先ずは、現状のモジュールを活用した検討を進めるが、例えば有機太陽電池が2010年代後半に効率12～13%が市場にでてくれば、軽量化を生かした未利用領域への展開を加速することができる。

#### 6) 知財戦略の想定と妥当性

(該当せず)

#### 7) 標準化戦略の想定と妥当性

(該当せず)

### (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、太陽電池の新市場の開拓・市場拡大を念頭に置いた取り組みとして適当と考えられる。また、想定する実施体制、実用化・事業化戦略、知財戦略も、本プロジェクトの事業の実施趣旨を十分反映していると考えられる。

### (3) 成果の実用化・事業化の見通しについて

#### 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



本プロジェクトでは、単に未利用領域へのP V設置可能とする設置技術の開発だけでなく、P Vシステムとしてのコストパフォーマンス（未利用領域での不利な場所で電力を最大で活用できるシステムの開発等）を実証により明確に示すとともに、例えば、光学的あるいは追尾機構による発電量増大を実現する技術の開発等により、未利用領域への導入の動機付けをおこなうこととしている。従って、プロジェクト終了後では、技術的な課題、コスト的な課題、および動機付けがクリアされ、未利用領域への導入を速やかに実現することができる。

## 2) 成果の波及効果

本事業により、太陽電池メーカー、機構関係業者、施工業者、光学部材業者等の幅広い業界への波及効果と市場拡大が期待でき、同時に技術革新への動機付けができる。

## (3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

本事業は、未利用領域における太陽光発電システムの普及を促すものであり、これまで普及しなかった要因を明確にし、その対策案を抽出することになるが、ポイントはコストパフォーマンス（コストと発電量）をきちんと検証することである。本事業では、最初の段階で複数の手法について検証し、有効性の高いものについて実証・評価を行う計画である。従って、成果の実用化・事業化の見通しを常に意識した推進計画となっている。

# 事前評価書

作成日 平成26年2月19日

1. プロジェクト名	太陽光発電多用途化実証プロジェクト／ 太陽光発電高付加価値化技術開発事業
2. 推進部署名	新エネルギー部
3. プロジェクト概要（予定）	
(1) 概要	
1) 背景	
<p>我が国の2010年のエネルギー基本計画の改定の中で、資源エネルギーの安定供給、温暖化対策の解決に向けたエネルギー政策強化、エネルギー環境分野での経済成長の牽引役、の3点がポイントとなっているが、東日本大震災以降、電力供給不足への懸念などと相まって、再生可能エネルギー、特に導入までに要する期間が比較的短い太陽光発電システムの大量導入実現が期待されてきた。</p> <p>このような状況の下、2012年7月から始まった固定価格買取制度により、特に非住宅分野での太陽光発電の導入が拡大し、太陽電池の国内出荷量も急増してきている。また、再生可能エネルギーに関して事業性が安定化したことで、これまで発電事業と関わりの薄かった異業種の参入も進み、国内の再生可能エネルギー市場は活性化してきている。</p> <p>急激な太陽光発電導入拡大により、安価で設置が比較的容易な土地の確保がだんだんと困難になってきている状況になっている中で、NEDOでは、大量導入を実現する上では、導入先となる設置場所及び用途を拡大していくことも重要との観点から、平成25年度に「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」を立ち上げ、建物や農地、水上等の未導入分野に対して、発電コストを従来設置型（ルーフトップ、メガソーラー）と同等する技術開発・実証事業を始めたところである。</p>	
2) 目的	
<p>「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」における「太陽光発電多用途化実証事業」では、発電コストを従来設置型並に低減させることにより未導入分野への導入普及を目的としているが、本事業「太陽光発電高付加価値化技術開発事業」では、太陽光発電の高付加価値化により導入者の導入動機を新たに創造し、太陽光発電の導入加速や新市場の開拓を目的とする。この2つの事業により、太陽光発電を早く大量に導入普及させていく。</p> <p>これまでは、住宅の屋根やビルの屋根・壁面、あるいは平地に太陽電池パネルを設置し、主に電力を得る目的で太陽光発電の導入が拡大している状況で</p>	

あり、その導入のスピードは発電コストに大きく影響を与えている。本事業では、太陽光発電に新たな機能の付加や新たな用途を持たせることで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能・効率等を高める効果や、太陽光発電システムと他のシステムの組合せによる相乗効果で性能・効率の向上やコストメリットを得る効果を新たに作り出す。これにより太陽光発電の導入を加速させるとともに、新たな市場を開拓する。

### 3) 実施内容

本事業では、太陽電池セル自体の研究開発は対象とせず、既存の太陽電池セル、あるいは今後市場に出てくる高効率な太陽電池セルを想定したモジュールの使用を前提とする。

太陽光発電システムに断熱機能や遮光機能等の発電以外の機能を付加したり、他の製品等に太陽光発電を付加することで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能向上等を提供するような高付加価値製品・事業を創出することにより新たな用途が期待できる新市場の開拓を行う。

また、開発した技術の評価や、高付加価値に対してユーザーの評価（導入動機として十分なり得るか）を行い、市場規模を明らかにするとともに、実用化に向けての技術的課題を明らかにし、その対策案を抽出する。

#### (2) 規模 総事業費（一般、需給等）

13.5億円（共同研究：NEDO負担率2/3）

#### (3) 期間 平成26年度～28年度（3年間）

## 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

再生可能エネルギーの導入は、エネルギーセキュリティの向上及び地球温暖化の防止の観点から、政府が主導して取り組むべき課題の1つとして位置付けられている。平成24年7月に固定価格買取制度がスタートしたことにより、メガソーラーや住宅屋根への導入は急速に進んでおり、制度開始後1年間の導入量は住宅（1.38GW）、非住宅（2.00GW）あわせて3.4GWに達している。その反面、特にメガソーラー事業における適地が確保しにくくなっている状況になってきている。このような状況下、企業は、新たな導入分野の開拓ができず、土地確保に困難を伴ってきている。これに対し、NEDOでは、新たな導入分野を開拓し導入を進める事業として平成25年度に「太陽光発電多用途化プロジェクト/太陽光発電多用途化実証事業」を開始した。発電コストを従来型分野と同等とする技術を開発・実証することで、事業者および導入者に対して新規分野の市場可能性を示すこ

とを目的としている。

今回の新たな事業である「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電高付加価値化技術開発証事業」では、先の事業とは視点が異なり、高付加価値化による市場拡大とその加速化を狙う目的であり、先の事業と合わせて、太陽光発電導入拡大を推進する重要事業と位置づけている。これは事業者先導でおこなうにはリスクが高いところである。NEDOが市場の可能性を示すことで、事業者および導入者の市場参画が期待できる。

以上の通り、本プロジェクトをNEDOが推進していくことは妥当である。

## 2) 目的の妥当性

現在、ルーフトップやメガソーラーの従来型分野においては、コスト競争に入ってしまった、技術の方向は、如何にシンプルに安く作るか、如何に発電効率を上げるかが主となっており、技術開発の視点からは非常に厳しい段階に位置している。そこに、新たな市場や技術開発課題が生まれれば、産業界の活性化にも繋がる。その意味から、本事業は、新たな市場開拓と新しい技術開発課題を提供できることから、本プロジェクトの役割とフェーズは妥当である。

本事業では、先に実施している「太陽光発電多用途化プロジェクト／太陽光発電多用途化実証事業」との2本柱であり、多用途化では新たな導入分野の開拓であり、本事業では導入の加速化としており、この2本柱により太陽光発電の導入量と導入速度を向上させるものである。したがって、本事業の高付加価値化技術の成果は、十分意義があると認められる。

## (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

「太陽光発電多用途化プロジェクト」は、「太陽光発電多用途化実証事業」と「太陽光発電高付加価値化技術開発証事業」の2つの事業を完成させることで、太陽光発電の導入量拡大と導入の加速化について、最大の効果を得ることができる。したがって、本事業の位置づけ、必要性は妥当である。

## (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

太陽光発電は、従来型分野（ルーフトップ、メガソーラー）においてはすでにデッドヒートの状況にあり、技術動向は、低コスト化、太陽電池の高効率化にあるが、新たな機能の付加やあるいは新たな用途を開発することで市場の拡大と拡大の加速化は期待できる。

本プロジェクトでは、導入者の参画を求めており、ユーザーニーズのマッチングや付加価値に対する評価（コスト換算等）、市場規模の算出等を行うことで、定量的な目標成果の設定が可能であり、成果目標の達成度評価を行う適切な指針は設定可能である。（テーマ毎に設定する）

## 2) 実施計画の想定と妥当性

太陽光発電の更なる普及の趣旨に照らし、3年間の事業としている。基本的には、初年度において公募によって共同研究先を採択して、技術開発に係る検討を進めるとともに、ユーザーへの導入動機付けを強化するための付加価値として十分な性能を見出せるか検討し、1年目の後半からと3年目にかけて、システムの設計、試作、実証試験を行うこととしている。テーマ数も、幅広い分野への導入を期待することから、極力多くのテーマ（～10件）を採用とする。予算としては、年間3億円（3年間総額約9億円）を予定しているが、マイルストーンを設定したスケジュール、予算は、実用化の前倒しと目標の着実な達成という観点で妥当と考えられる。

従来型分野（メガソーラー、ルーフトップ）における太陽光発電システムのシステム価格、発電コストは年々下がってきており、その中で新たな機能の付加をする場合、ユーザーはその付加価値分を高く評価しがたい。したがって、単に機能を付加するだけではなく、如何に安く機能を付加するか、あるいは付加することで過大な効果が得られることが重要であり、そこに、開発要素があり本事業の意義がある。

## 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29年度に実施する。

実用化・事業化を目指したプロジェクトとして、事後評価の評価基準に則して行う予定であり、評価の観点は明確である。

## 4) 実施体制の想定と妥当性

事業化を企図する企業を主体とした事業とし、太陽光発電システム業者単独の提案または企業連合による提案を想定している。したがって、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。一方、実証試験の結果、得られるデータを活用した検証や分析は、シナジー効果等が期待できる面もあることから、共同で実施する事も想定する。

また、NEDOは、実証試験に対する評価委員会を設置することで、共同研究事業者からの実証データの分析結果、課題抽出、対策検討に対し助言等の支援を行う。

## 5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

本事業は、太陽光発電への新たな機能の付加や新たな用途を持たせることで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能・効率等を高める効果や、太陽光発電システムと他のシステムの組合せによる相乗効果で性能・効率の向上やコストメリットを得る効果を新たに作り出し、これにより太陽光発電の導入を加速させることを目的としている。そのため、本事業の公募では、ユーザーニーズ及び市場規模を十分評価した上で、事業として適切なテーマを選定し、事業を推進する。



#### 6) 知財戦略の想定と妥当性

システムとしての設計技術等を中心に必要に応じ知財化を促進する。また、将来市場成長性ある国々での国際出願も促進する。

共同提案の場合、本事業で得られた設計技術等の成果を共同出願する。単独出願の場合は、共同提案者の企業に他の企業よりも有利な条件で実施許諾させる。

#### 7) 標準化戦略の想定と妥当性

成果に関する標準化については、現時点では想定していない。

### (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、太陽光発電の新市場の開拓・市場拡大を念頭に置いた取り組みとして適切と考えられる。また、想定する実施体制、実用化・事業化戦略、知財戦略も、本プロジェクトの事業の実施趣旨を十分反映していると考えられる。

### (3) 成果の実用化・事業化の見通しについて

#### 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

本事業は、太陽光発電への新たな機能の付加や新たな用途を持たせることで、生活環境や各種サービス環境に対して利便性や性能・効率等を高める効果や、太陽光発電システムと他のシステムの組合せによる相乗効果で性能・効率の向上やコストメリットを得る効果を新たに作り出し、これにより太陽光発電の導入を加速させることを目的としている。そのため、本事業の公募では、ユーザーニーズ及び市場規模を十分評価した上で、事業として適切なテーマを選定し、事業を推進する。

以上の通り、成果の実用化・事業化の道筋は明確である。

#### 2) 成果の波及効果

本事業により、太陽電池メーカー、機構関係業者、施工業者、光学部材業者等の他、異分野（移動体等）等幅広い業界への波及効果と市場拡大が期待でき、同時に技術革新への動機付けができる。

### (3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

本事業は、太陽光発電の普及を加速させるものであるが、ポイントはパフォーマンス（発電コスト、付加価値、市場規模）をきちんと検証することである。

本事業では、公募の段階で付加価値の価値、ユーザーニーズとのマッチング、市場規模等について十分検討し、普及加速効果の高いものについて事業を行う計画である。従って、成果の実用化・事業化の見通しを常に意識した計画となっている。

【特許リスト】

①太陽光発電多用途化実証事業

1) 低反射環境配慮型壁面太陽光発電システムの開発

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	(株) カネカ	特願 2014-186499	国内	2014/09/12	出願	太陽電池モジュール及び 壁面形成部材	松尾秀樹 中島昭彦
2	(株) カネカ	特願 2014-188833	国内	2014/09/17	出願	太陽電池モジュール	松尾秀樹 中田年信
3	(株) カネカ	特願 2015-211257	国内	2015/10/27	出願	太陽電池モジュールの取 り付け構造、並びに太陽電 池モジュールの取付方法	門田直樹
4	(株) カネカ	特願 2015-210992	国内	2015/10/27	出願	窓用太陽電池モジュール 及び窓	松尾秀樹
5	(株) カネカ	PCT/JP2015/74275	PCT	2015/08/27	出願	PCT/JP2015/74275	松尾秀樹 中田年信

2) 低コスト太陽光追尾システムの農地での有効性実証

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	ダイキン工業 (株)	特願 2014-199544	国内	2014/09/30	公開	太陽光発電システム	松浦哲哉他
2	ダイキン工業 (株)	特願 2014-199545	国内	2014/09/30	登録	太陽光パネルユニットの 設置用治具、及び太陽光 パネルユニットの設置方 法	酒井利幸他
3	ダイキン工業 (株)	特願 2014-199579	国内	2014/09/30	登録	太陽光パネルユニットの 設置方法	酒井利幸他
4	ダイキン工業 (株)	特願 2014-199982	国内	2014/09/30	公開	太陽光発電システム	安井義貴他
5	ダイキン工業 (株)	特願 2014-199983	国内	2014/09/30	登録	太陽光パネルユニット用 の杭装着部材	安井義貴他
6	ダイキン工業 (株)	特願 2014-200500	国内	2014/09/30	公開	太陽光発電システム	酒井利幸他
7	ダイキン工業 (株)	特願 2014-200506	国内	2014/09/30	公開	太陽光発電パネルユニッ トおよび太陽光発電シス テム	酒井利幸他

8	ダイキン工業 (株)	特願 2014-265386	国内	2014/12/26	公開	太陽光パネルユニット	酒井利幸他
9	ダイキン工業 (株)	特願 2014-265405	国内	2014/12/26	公開	太陽光パネルユニット及 び太陽光パネルユニット の設置方法	安井義貴他
10	ダイキン工業 (株)	特願 2014-265669	国内	2014/12/26	公開	太陽光パネルユニット	酒井利幸他
11	ダイキン工業 (株)	特願 2015-129197	国内	2015/06/26	公開	太陽光パネルユニット及 びそれを用いた太陽光発 電システム	酒井利幸他
12	ダイキン工業 (株)	特願 2015-129219	国内	2015/06/26	公開	太陽光発電システム	安井義貴他
13	ダイキン工業 (株)	PCT/JP2016/002921 (特願 2015- 129197 の外国出 願)	PCT	2016/6/17	公開	太陽光パネルユニット及 びそれを用いた太陽光発 電システム	酒井利幸他

### 3) 強度の弱い畜舎向け軽量発電システム開発

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	旭硝子株式会 社	特願 2014-249301	国内	2014/12/09	出願	太陽電池モジュール本体 およびその製造方法、なら びに太陽電池モジュール およびその製造方法	長野友憲 他
2	旭硝子株式会 社	特願 2014-248761	国内	2014/12/09	出願	太陽光発電装置	長野友憲 他

### 4) 太陽電池屋根設置型ビニールハウス植物工場化プロジェクト

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	ユニバーサリ ー電工 (株)	特願 2015-079273	国内	2015/4/8	公開	ビニールハウスへの太陽 電池パネル装置の設置方 法及び設置構造	中川博文

5) 簡易的太陽追尾型太陽光発電システムの営農型発電設備への応用開発

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	伊藤電工(株)	特願 2015-219889	国内	2015/10/22	出願	太陽光発電装置	伊藤 雅基他

6) 傾斜地用太陽光発電システムの実証

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	株式会社アド テック富士	特願 2014-209603	国内	2014/10/14	出願	パネル施工機	溝口 他
2	株式会社アド テック富士	特願 2015-125373	国内	2015/6/23	出願	パネル施工機及びパネル施 工方法	溝口 他
3	株式会社 NTT ファシリティ ーズ	特願 2016-23891	国内	2016/2/10	出願	パネル架台	田村 他

7) 傾斜地における太陽光発電設置のための小径鋼管杭工法の開発・実証

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	奥地建産株式 会社	特 願 2014- 154828	国内	平成 26 年 7 月 30 日	公開	面状物品の架台用杭 部材の施工方法	奥地建産株式会社

8) 海上・離島沿岸部に適した太陽光発電技術開発及び実証

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	株式会社シリ コンプラス	特願 2014-035794	国内	2014/02/16	公開	太陽電池モジュール	渡辺 栄造 他

9) 米と発電の二毛作

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	(株) 福永博建築研究所	特願 2014-118620	国内	2014/06/10	公開	空中ワイヤによる太陽光発電設備	福永 博
2	(株) 福永博建築研究所	PCT/JP2015/064496	PCT	2015/05/20	出願	SUSPENDED WIRE-BASED PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM	福永 博
3	(株) 福永博建築研究所	10-2016-7030957	韓国	2016/11/4	出願	空中ワイヤによる太陽光発電設備	福永 博
4	(株) 福永博建築研究所	201580024059.7	中国	2016/11/8	出願	空中ワイヤによる太陽光発電設備	福永 博

②太陽光発電多用途化可能性検討事業

1) 鉄道線路内太陽光発電

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	(株)フルーク	特許第 5660555	国内	2014/12/12	公開	「線路内パネル設置構造」	龍田 尚光
2	(株)フルーク	特願 2015-11222	国内	2015/6/7	出願	「太陽光パネル支持構造」	龍田 尚光

2) コミュニティ型ベランダソーラーの研究開発

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	みんな電力(株)	特願 2014-24679	国内	2014/9/130	出願	太陽光発電システムの擬似系統連系システム”	大石英司 松井景樹 梅野正義
2	みんな電力(株)	特願 2016-25783	国内	2016/12/17	出願	“自己昇圧機能を有するインバータ回路”	大石英司 松井景樹 梅野正義



③太陽光発電高付加価値化技術開発事業

1) 太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュールの開発

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	日清紡メカトロニクス(株)	特願 2014-233621	国内	2014/11/18	公開	太陽熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール及びそのフレーム構造	仲濱秀斉他
2	日清紡メカトロニクス(株)	特願 2015-29594	国内	2015/02/18	公開	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
3	日清紡メカトロニクス(株)	PCT/ JP2016/5403	PCT	2016/02/11	出願	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
4	日清紡メカトロニクス(株)	105104678	台湾	2016/02/18	出願	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
5	日清紡メカトロニクス(株)	特願 2015-57152	日本	2015/03/20	公開	太陽電池熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール用ゴム組成物	仲濱秀斉他
6	日清紡メカトロニクス(株)	PCT/ JP2016/05769	PCT	2016/09/26	出願	太陽電池熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール用ゴム組成物	仲濱秀斉他
7	日清紡メカトロニクス(株)	105108353	台湾	2016/03/18	出願	太陽電池熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール用ゴム組成物	仲濱秀斉他
8	日清紡メカトロニクス(株)	特願 2015-136033	日本	2015/07/07	公開	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
9	日清紡メカトロニクス(株)	特願 2015-211290	日本	2015/10/27	登録	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
10	日清紡メカトロニクス(株)	PCT/ JP2016/79881	PCT	2016/10/07	出願	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
11	日清紡メカトロニクス(株)	105134645	台湾	2016/10/27	出願	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他
12	日清紡メカトロニクス(株)	2017-7014916	韓国	2017/05/31	出願	太陽電池熱・光ハイブリッド太陽電池モジュール用ゴム組成物	仲濱秀斉他
13	日清紡メカトロニクス(株)	2017-7014918	韓国	2017/05/31	出願	ハイブリッド太陽電池モジュール	仲濱秀斉他

## 2) 採光型太陽光発電ユニットの技術開発

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	(株)エガリム 岡本硝子(株) 志村 努	特願 2015-097386	国内	2015/05/12	出願	集光装置、光発電装置、集光用シート、光発電シート及び集光装置又は光発電装置の製造方法	堀米 秀嘉 加瀬澤 寿宏 田淵 泰志 志村 努
2	(株)エガリム 岡本硝子(株) 志村 努	PCT /JP2016/064088	PCT	2016/05/12	出願	集光装置、光発電装置、集光用シート、光発電シート及び集光装置又は光発電装置の製造方法	堀米 秀嘉 加瀬澤 寿宏 田淵 泰志 志村 努

## 3) グリーン晴耕雨読型分散サーバーの開発

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	公立大学法人会 津大学と株式会社 イーダブリュー ーエムジャパン	特 願 2014- 139370	国内	2014/07/07	公開	再生可能エネルギーを利用した情報処理システム	福原 英之, 佐 分利 徹

## 4) 熱電ハイブリッド集光システム技術の開発

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	(株) カネカ	特願 2016-139665	国内	2016/7/14	出願	集光型太陽電池システム及び発電方法	宇津 恒 他
2	(株) カネカ	特願 2016-202414	国内	2016/10/14	出願	光起電装置	中野 邦裕 他

【論文リスト】

②太陽光発電多用途化可能性検討事業

1) コミュニティ型ベランダソーラーの研究開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Eiji Oishi, KejuMatsui, Y. Kawata M.Umeno, MYasubayashi HideoUchida, MHasegawa	Minna- denryoku Ltd.  Chubu University	Simple and Sophisticated Maximum Power Tracker for PV Power Generator	Proceedings of IEEE- ISEE,pp.1815-1820	有	2014/4
2	KejuMatsui, Eiji Oishi, Y. Kawata M.Umeno, MYasubayashi HideoUchida, MHasegawa	Minna- denryoku Ltd.  Chubu University	Simple Utility-Interactive Photovoltaic Power Conditioners Installed in Veranda of Apartment House	日本エネルギー学会誌 Vol.94,No.6, pp.456-460	有	2015/6
3	KejuMatsui, Eiji Oishi, Y. Kawata MYasubayashi M.Umeno, HideoUchida, MHasegawa	Minna- denryoku Ltd.  Chubu University	Further Development of Voltage Equalizers for Secondary Batteries including EDLCs using CW circuit	,Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers,pp.148- 153,Vol.3,No.3	有	2015/5

③太陽光発電高付加価値化技術開発事業

1) 採光型太陽光発電ユニットの技術開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	堀米秀嘉 加瀬澤寿宏 田淵泰志 志村努	(株)エガリム 岡本硝子(株) 個人	Holographic window for solar power generation	Optical Review 誌 Vol. 23 No. 4 2016	有	2016/08/20

2) E-SEG (緊急時自発光誘導デバイス) の開発

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Kentaro Kawata <sup>1)</sup> , Koichi Tamaki <sup>1)</sup> , Masahide Kawaraya <sup>2)</sup>	1)Merck Ltd., 2)Reseach Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo	Dye-sensitized and Perovskite Solar Cells as Indoor Energy Harvestors	Journal of Photopolymer Science and Technology vol.28(3)415-417(2015)	有	2015/06/15