

次世代材料評価基盤技術開発／
研究開発項目②有機薄太陽電池材料の評価基盤技術開発
(中間評価) 分科会 資料 5-1

「次世代材料評価基盤技術開発／
研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発」

事業原簿
【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部
-----	--

目次

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性 I -1

1.1. NEDO が関与することの意義

1.2. 実施の効果

2. 事業の背景・目的・位置付け I -7

2.1. 事業の背景

2.2. 事業の目的及び意義

2.3. 事業の位置付け

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標 II -1

2. 事業の計画内容 II -6

2.1. 研究開発の内容及び全体スケジュールと予算

2.2. 研究開発の実施体制

2.3. 研究の運営管理

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

3. 情勢変化への対応 II -16

3.1. 外部有識者の意見の反映

3.2. NEDO 追加配分による研究開発の加速

3.3. 体制の変更

4. 評価に関する事項 II -20

III. 研究開発成果について

1. 評価基盤技術開発の全体像

1.1. 事業全体の成果 III -1-1

1.2. 中間目標の達成と成果の意義 III -1-2

2. 成果の詳細

2.1. 有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発 A(ペロブスカイト太陽電池) . . III -2.1-1

- 2.1.1. 低分子材料・ハイブリッド材料基準セル作製技術の開発・・・Ⅲ-2.1-1
 - 2.1.1.1. 背景
 - 2.1.1.2. 基準素子設計
 - 2.1.1.3. 基準素子作製手法の確立
 - 2.1.1.4. 基準素子初期特性
 - 2.1.1.5. これまでの成果のまとめ

- 2.1.2. 有機薄膜太陽電池材料の性能・劣化評価技術の開発 A・・・Ⅲ-2.1-6
 - 2.1.2.1. 評価技術の開発

- 2.1.3. エネルギー準位状態評価技術の開発・・・Ⅲ-2.1-7
 - 2.1.3.1. エネルギー準位評価装置の概要

- 2.1.4. 周辺材料の性能・寿命評価技術の開発 A・・・Ⅲ-2.1-9
 - 2.1.4.1. はじめに
 - 2.1.4.2. 酸素・水分の寿命への影響

- 2.1.5. フレキシブル基板基準素子作製技術の開発 A・・・Ⅲ-2.1-11
 - 2.1.5.1. はじめに
 - 2.1.5.2. フレキシブル基板基準素子の設計
 - 2.1.5.3. フレキシブル基板上への素子作製における課題抽出
 - 2.1.5.4. フレキシブル基板素子の特性

- 2.2. 有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発 B(バルクヘテロ接合太陽電池)Ⅲ-2.2-1
 - 2.2.1. 有機薄膜太陽電池材料の性能・劣化評価技術の開発 B・・・Ⅲ-2.2-1
 - 2.2.1.1. 基準素子作製方法の確立および初期特性

 - 2.2.2. キャリア状態解析技術の開発・・・Ⅲ-2.2-3
 - 2.2.2.1. 研究目的
 - 2.2.2.2. キャリア状態解析まとめ
 - 2.2.2.3. ESR による電荷トラップ種の同定

 - 2.2.3. 寿命予測を可能にする試験方法の検討・・・Ⅲ-2.2-5
 - 2.2.3.1. 初期劣化寿命 T_{S80} の決定方法
 - 2.2.3.2. 高強度光 (Multi Sun) 照射加速試験による寿命予測の方法論

 - 2.2.4. 周辺材料の性能・寿命評価技術の開発 B・・・Ⅲ-2.2-8
 - 2.2.4.1. はじめに

- 2.2.4.2. 酸素・水分の寿命への影響
- 2.2.4.3. 基準セル B1 における酸素・水分の影響
- 2.2.4.4. 基準セル B5 における酸素・水分の影響
- 2.2.4.5. まとめ

2.2.5. フレキシブル基板基準素子作製技術の開発 B・・・・・・・・・・・・・・・・・・ III-2.2-10

- 2.2.5.1. はじめに
- 2.2.5.2. フレキシブル基板素子の設計
- 2.2.5.3. フレキシブル基板への素子作製における課題抽出

2.3. 使用環境別試験方法の検討・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ III-2.3-1

- 2.3.1. 実使用環境における新規試験の開発・・・・・・・・・・・・・・・・ III-2.3-1
 - 2.3.1.1. バルクヘテロ接合太陽電池とペロブスカイト太陽電池の市場
 - 2.3.1.2. 実試験について

IV. 成果資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ IV-1

- (添付資料 1) ナノテク・部材イノベーションプログラム基本計画
- (添付資料 2) プロジェクト基本計画
- (添付資料 3) 技術戦略マップ
- (添付資料 4) 事前評価書

概要

最終更新日 平成 27 年 8 月 11 日

プログラム (又は施策) 名	次世代材料評価基盤技術開発プロジェクト		
プロジェクト名	研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発	プロジェクト番号	P10029
担当推進部 /担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 久芳 完治 (平成 27 年 7 月～現在) 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 杉崎 敦 (平成 26 年 4 月～現在) 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査 沖 博美 (平成 25 年 9 月～平成 26 年 3 月)		
0. 事業の概要	<p>我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。「次世代材料評価基盤技術開発」では、次世代化学材料に関し材料メーカーとユーザーが共通して活用できる評価基盤技術を開発する。これにより、次世代化学材料に関する材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案力の強化を図る。評価基盤の必要性の観点から、有機 EL 材料を最初の対象として、研究開発項目①「有機 EL 材料の評価基盤技術開発」(H22fy～H27fy)を実施してきた。次のプロジェクトとして、今後の市場見通し、海外との技術的ポジション、評価基盤の必要性等の観点から、研究開発項目②「有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発」(H25fy～)を実施する。</p>		
I. 事業の位置 付け・必要 性について	<p>近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。</p> <p>現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけることができなくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、結果的に摺合せに長時間を要している。</p> <p>こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。</p> <p>本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。</p> <p>材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。</p> <p>本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>【中間目標】(平成 27 年度末) ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有</p>		

	<p>機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。</p> <p>【最終目標】（平成 27 年度末） 有機薄膜太陽電池材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。</p>							
事業の計画内容	主な実施事項	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy		
	① -1 ガラス基板 材料評価技術 の開発					→		
	① -2 ガラス基板 解析技術の開発					→		
	② フレキ基板 材料評価技術 の開発					→		
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	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	H29fy		総額
	一般会計							
	特別会計	321	315	343				
	開発成果 促進財源		327					
	総予算額	321	642	343				
	(委託)	321	642	343				
開発体制	経産省担当 原課	産業製造局化学課						
	プロジェクト リーダー	PL:次世代化学材料評価技術研究組合 理事 富安 寛 SPL:次世代化学材料評価技術研究組合 GM 山岸 英雄						
	委託先(*委託 先が管理人 の場合は参加 企業数および 参加企業名も 記載)	次世代化学材料評価技術研究組合(参加11社1機関) 内、研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発 (参加6社1機関) (株)カネカ、JNC(株)、富士フイルム(株)、三菱化学(株)、 積水化学工業(株)、東レ(株)、(国研)産業技術総合研究所 【共同実施先】 九州大学、九州先端科学技術研究所、山形大学、 京都大学(2領域)、(国研)物質・材料研究機構						

<p>情勢変化への対応</p>	<p>進捗状況や技術推進委員会の結果をふまえ、加速的に研究を進捗させることで当該技術分野における国際競争上の優位性を確立できることが期待される研究内容に関して、年度内の更なる追加配分を平成 26 年度に行った。 また、平成 26 年度に体制の変更として、ペロブスカイト型太陽電池の評価技術開発加速のために、(国研)物質・材料研究機構と京都大学化学研究所(構造有機化学研究領域)を共同実施先に追加、さらに 27 年度には京都大学化学研究所(分子材料化学研究領域)を共同研究先に追加し、事業の研究開発加速のために優れた技術・知見を有する大学陣を加えた。</p>	
<p>中間評価結果への対応</p>		
<p>評価に関する事項</p>	<p>事前評価</p>	<p>平成 25 年度実施</p>
	<p>中間評価</p>	<p>平成 27 年度 中間評価実施予定</p>
	<p>事後評価</p>	<p>平成 30 年度 事後評価実施予定</p>
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>基本計画の【中間目標】(平成 27 年度末)である「ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。」は、下記の個別目標が達成状況から鑑みて、平成 25 年度末に達成見込みといえる。</p> <p>① -1 ガラス基板 材料評価技術の開発 1) 基準素子作製基礎技術確立 達成見込 2) 性能評価手法確立 達成見込 3) 加速寿命評価のための要素技術確立 達成見込</p> <p>① -2 ガラス基板 解析技術の開発 1) 劣化に関する基礎物性評価手法の開発 達成見込</p> <p>② フレキシ基板 材料評価技術の開発 1) フレキシ基準素子作製技術確立 達成見込 2) フレキシ基板用素子性能評価手法確立 達成見込 3) フィルム特有の加速寿命評価手法の要素技術確立 達成見込 4) 酸素透過率と水蒸気透過率/バリア性能評価要素技術開発 達成見込</p>	
	<p>投稿論文</p>	<p>2 件</p>
	<p>特 許</p>	<p>6 件 特記事項：有機薄膜太陽電池材料そのものの特許は材料メーカーが個別に出願するものとし、材料メーカーの知的財産の保護と事業化を推進。</p>
	<p>その他の外部発表 (プレス発表等)</p>	<p>学会発表：6 件、プレス発表：1 件</p>
<p>Ⅳ. 実用化の見通しについて</p>	<p>本事業の成果の実用化を、「研究開発成果である『材料評価手法』『基準素子』が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること」と定義し明確化することで、実施者である CEREBA と組合員と実用化イメージを共有している。 事業実施期間中から、実際に確立した評価技術を使うユーザーの意見を吸い上げるために、アドバイザー委員会(組合委員企業、パネルメーカー、利用メーカー、パネルを利用したサービス企業)を作り、想定課題の抽出、解決の取組を行い、実用化を推進している。また、評価基盤技術の構築とともに、成果のドキュメント化を行い、組合材料メーカーでの実用化を推進するとともに、ユーザーも活用できるオープン評価書の検討も行っている。 以上に代表される実用化に向けた取組を行っており、実用化の見通しは十分あるといえる。</p>	

V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 23 年 1 月 制定
	変更履歴	平成 25 年 2 月 研究開発項目①有機 EL 材料の評価基盤技術開発の中間目標及び最終目標を修正したことによる変更。 平成 25 年 6 月 事業名称の変更。研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発を新たに追加したことによる変更。 平成 26 年 3 月 根拠法変更に伴う改訂。

プロジェクト用語集

用語（日本語）	English	用語の説明
（純水）接触角	angle of contact	固体表面上に液体が接している状態で、液体の縁の表面に引いた接線と固体表面と成す角度を接触角という。本研究では液体として純水を用いている。
2重共鳴 SFG 法	Doubly-resonant sum-frequency generation	SFG 分光において、和周波光の周波数と対象とする試料系の光学遷移が近接する場合、SFG スペクトルの強度が飛躍的に増強される現象を利用した測定法。
ALD	Atomic Layer Deposition	原子層堆積法。薄膜を原子層単位で堆積する手法。
ALD (PE-ALD)	Plasma-enhanced ALD	プラズマを用いることにより反応活性を高めた ALD。 熱 ALD に比べ低温成膜が可能。
AQPassR	AQPassR	AQPassR（アルバック理工社製）は等圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過水蒸気を露点法により評価し水蒸気透過度を算出する。
Ca 腐食法	Calcium corrosion test	カルシウム腐食法では金属 Ca が水蒸気と反応（腐食）し（ $\text{Ca}+2\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{H}_2$ ）、物性が変化する性質を利用する水蒸気透過度測定方法である。腐食による変色部の面積を測定する方法（腐食面積測定法）、光の透過率変化を測定する方法、電気抵抗変化を測定する方法等が提案されている。 腐食面積測定法では、経過時間に対する腐食面積を画像処理により測定し水蒸気透過度を算出する。
CVD	Chemical Vapor Deposition	化学気相堆積法。成膜法の一つで、気相での化学反応を伴う成膜法。
CVD (PE-CVD)	Chemical vapor deposition, Plasma-enhanced CVD,	ドライプロセスの薄膜形成法の 1 種。ガス状原料の化学反応生成物を基板表面に供給して薄膜を形成する方法。ガスの反応にプラズマを用い反応物を励起して薄膜形成効率を上げる場合は PE-CVD と呼ぶ。

DELTAPERM	DELTAPERM	DELTAPERM (TECHNOLOX 社製) は差圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過側セル内の圧力上昇を圧力センサーで計測し水蒸気透過度を算出する。
FTO	Fluorine doped Tin Oxide	フッ素ドープ酸化スズ。ITO に比べ、耐熱性の高い透明導電膜。
GRAMS/AI	Graphic Relational Array Management System	スペクトログラムおよびクロマトグラムなどを取り込み、データディスプレイ、データ処理、リレーショナルのデータベース構築ができる分析化学用のソフトウェア。
HIL	Hole injection layer	ホール注入層。
ITO	Indium Tin Oxide	インジウムスズ酸化物。主にスパッタ法で成膜され、透明導電膜として使用される。
IZO	Indium Zinc Oxide	インジウム亜鉛酸化物。スパッタ法により成膜され、透明導電膜として使用される。
L/L 部	Load Lock	外部と異なる環境のプロセスチャンバーへの外部から物の出し入れを行う中間室。プロセスチャンバーの環境維持を目的とする (プロセスタクト短縮)。
PEN	Polyethylene naphthalate	ポリエチレンナフタレート。酸成分のナフタレンジカルボン酸と、グリコール成分のエチレングリコールとの重縮合物を骨格鎖とする結晶性熱可塑性ポリエステル。
PERMATRAN	PERMATRAN	PERMATRAN (MOCON 社製) は等圧法に分類される水蒸気透過度測定装置の製品名。透過水蒸気を IR (赤外) センサーにより検出し水蒸気透過度を算出する。
PET	Polyethylene terephthalate	ポリエチレンテレフタレート。ポリエステルの 1 種、テレフタル酸とエチレングリコールの重縮合体。
pn 接合	PN junction	連続体である半導体において、一方が p 形、他方が n 形の構造をもつ半導体の接合。
Q-MS (四重極型質量分析計)	quadrupol mass spectrometer	分子やイオンの質量電荷比を求めるときに使用される質量分析法の 1 種。Q-MS は、イオンを 4 本の電極内に通し、電極に高周波電圧を印加することで試料に摂動をかけ、目的とするイオンのみを通過させる分析法である。

TGA (熱重量分析)	Thermogravimetric Analysis	物質は、温度変化によって融解やガラス転移などの相転移、あるいは熱分解などの化学反応が進行する。熱分析では、物質の温度を制御しながらその物理的または化学的性質の変化を測定することで、物質の特性を知る。TGAは熱分析の1手法で、加熱または冷却しながら質量変化を測定する方法である。
UV オゾン	UV Ozone	酸素が184.9nmの紫外線を吸収してオゾン(O ₃)を生成する。
UV 硬化エポキシ	UV Epoxy Resin	エポキシ基を有する高分子でUV光により架橋ネットワーク化させることで硬化する樹脂。
UV 照射	UV irradiation	封止や表面平坦化膜形成などにおいて用いる紫外線硬化樹脂を硬化させる際の紫外光照射。
WVTR(水蒸気透過度)	Water vapor transmission rate	水蒸気透過率。フィルム、バリアフィルムのガス透過度を示す物性値(g/m ² ・dayで表記されることが多い)。所定の温度および湿度の条件で単位時間に単位面積の試験片を通過する水蒸気の量と定義される。
XPS(X線光電子分光)	X-ray Photoelectron Spectroscopy	光電子分光の1種。サンプル表面にX線を照射し、生じる光電子のエネルギーを測定することで、サンプルの構成元素とその電子状態を分析することができる。ESCA(Electron Spectroscopy for Chemical Analysis)とも呼ばれる。
XRD	X-ray Diffraction	X線が結晶格子で回折する現象。物質の結晶構造を調べることが出来る。
X線光電子分光法	X-ray photoelectron spectroscopy, XPS	X線照射による光電子分光法で、内殻準位を調べられ、元素分析や化学状態分析に用いられる。
アウトガス	Outgas	材料から気体中に放出されるガス成分を意味する。
アクセプタ	Acceptor	多数キャリアとして正孔を供給するための微量添加物。シリコン太陽電池の場合、ボロンなどがある。
アナターゼ	Anatase	酸化チタンの3種の結晶形態の一つ。

アニール処理	Anneal treatment	熱処理のこと。加熱による膜質の改質、応力の緩和や溶媒除去(乾燥)などの目的でもちいられる。
アライメント精度	Alignment accuracy	薄膜パターンを形成するためのマスク、ヘッドなどの位置精度。薄膜パターンの目的位置からのずれに対応する。ある対象となる基準（薄膜パターン）となる位置を相手側（マスク・ヘッド）の基準に正しく合わせる精度。
イオン化エネルギー	Ionization energy	物質から電子を1つ取り出すのに必要な最低エネルギー。真空準位と HOMO のエネルギー差に相当する。
インピーダンス分光	Impedance spectroscopy	測定対象に交流電圧を印加し、電流応答との振幅比と位相差（複素インピーダンス）を求める。それを、広い周波数範囲にわたってスキャンすることにより、電氣的スペクトルを得る計測法。光とは直接の関係がないことに注意。
ウェットプロセス	Wet process	液状（ウェット）媒体を塗布・乾燥させて行う表面処理（洗浄）および薄膜製造する工程。通常、大気圧で製造されるため製造設備が真空装置に比べ軽微で、量産に適することが期待されている。
エアマス	air mass (AM)	地球大気に入射する直達太陽光が通過する路程の、標準状態の大気（標準気圧 1013 hPa）に垂直に入射した場合の路程に対する比。AM と略記することが多い。
エリプソメトリ	Ellipsometry	物質の表面で光が反射するときの偏光状態の変化（入射と反射）を観測し、そこから物質に関する情報を求める方法
キャビティリングダウン分光法 (CRDS)	Cavity ring down spectroscopy	水蒸気による赤外線吸収から微量水蒸気を検出する方法。CRDS 検出器にガス供給ユニットを組み合わせたバリア性評価装置を開発して活用している。本装置の CRDS 検出器は外部校正されており、トレーサビリティが確保されている。

キャリアバランス	carrier balance	有機 EL 素子中の正孔電流と電子電流の割合。どちらかが大きいと再結合効率が 1 にならず無駄に電流が流れてしまう。
クラスタ蒸着機	cluster type vacuum deposition equipment	クラスタとは群れ、集団の意味で、基板搬送ロボットを中心に設置して基板仕込み室、前処理室、有機蒸着室、電極蒸着室、基板取出し室等が放射状に配置され搬送ロボットで各室に搬送されるタイプの蒸着装置のこと。
グローブボックス	Glove box	内部を窒素や脱水環境に保持した前面が透明なチャンパーであり通常は常圧。内部で手袋（グローブ）を介して作業する。
クロマトグラフィー	Chromatography	物質を分離し、分析するための方法。様々な計測法(各種分光法、質量分析法など)を用いることにより、色を持たない物質を検出でき、2つの相間(固定相と移動相)での物質の分配や吸着を利用する分離法はすべてクロマトグラフィーと呼ぶ。移動相が液体、気体のときにそれぞれ液体クロマトグラフィー(LC)、ガスクロマトグラフィー(GC)と呼ばれる。移動相として超臨界流体が用いられることもある。ろ紙を用いるペーパークロマトグラフィー、板状の固定相を用いる薄層クロマトグラフィー、ガラスやステンレスなどの筒内に充填された固定相を用いるカラムクロマトグラフィーなど、固定相の形状によって分類されることもある。
ケルビンプローブ法	Kelvin probe method, KP	参照電極を近づけ、振動させることで、試料との間の電気容量の変化による誘導電流から電極と試料の仕事関数差を求める方法。
シート抵抗	Sheet resistance	一様な厚さを持つ薄膜の抵抗を表す方法の 1 種。
シュタルク効果	Stark effect	物質に一様な外部電場 E をかけたときに、エネルギー準位が分裂を起こすため、スペクトルにエネルギー変化が起きる現象。

スパッタ	Sputtering	ドライプロセスの薄膜形成法の1種。イオン化したアルゴン等を電氣的に加速してターゲット（供給源）に衝突させて、はじき飛ばされた成分を基板に薄膜形成する方法。セラミック（代表的にはITO、IZOなどの透明導電膜）や金属の薄膜形成に利用される。
スピコート	Spin coat	基板を回転させて液体を塗布して均一な膜を得る方法。
セルアパーチャ面積	cell aperture area	ガラス基板などのセルの周囲から光が回り込まないようにマスクを付け、電極を含むセル全体を、このマスクの内側に位置するようにしたときの、マスク内のセル面積。
ソーラシミュレータ	solar simulator	試験目的に応じて要求される放射照度、均一性、及びスペクトル合致度を満足する、太陽電池などへの照射光源。太陽電池の特性試験、信頼性試験などを屋内で行うために使用する。装置の構成は、光源としてキセノン、ハロゲン又はメタルハライドランプを用い、エアマス値補正フィルタ及びインテグレートレンズ系から成る。
ダイコート スリットダイ	(Slit) Die coat	液体をスリットから吐出させて塗布すること。吐出するユニットがスリットダイである。
ダンサーロール	Dancer roll	フィルムを搬送するロールの芯が可動できるロールを言う。連結するロールとの間隔調整によるフィルムの蓄積、払い出し、ロールにかかる張力の検出や調整に用いられる。
ディスペンサー	Dispenser	液状物をニードルから吐出させる装置。吐出ヘッドあるいは基板を走査して軽量した量の液状物を基板表面に塗布することができる。
デガス	Degas	脱ガス。プラスチックフィルムの表面、内部の水分やガスを放出させること。このガス放出や脱ガスの工程をデガスと称する。
ドーパント	Dopant	低抵抗化等の特性向上のために入れる少量の添加物。

ドライプロセス	Dry process	液状媒体を介することなく真空または常圧プロセスで実施する表面処理および薄膜製造する工程。真空蒸着、スパッタ、CVDなどが該当する。
トレーサビリティ	traceability	不確かさがすべて表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準に結びつけられ得る測定結果または標準の値の性質。基準は通常、国家標準または、国際標準。
ニップロール	Nip roll	搬送するフィルムをロールに密着させ、対向部に対し、圧力をかけて押さえこむロールを言う。フィルムの搬送のための駆動力を伝える目的で利用される。
バイポーラーデバイス	Bipolar device (BPD)	素子中に電子及びホールを注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの電極に、電子に対しては仕事関数の小さな金属、正孔には仕事関数の大きな金属を用いることによって実現できる。素子内で、電子と正孔の再結合が起こった場合は、発光が観察されることがある。
バリア層	Barrier layer	プラスチックフィルムの表面に形成されたガスの透過を抑制する層（セラミック、金属）。
フィルム封止	Film encapsulation	有機薄膜太陽電池の封止にフィルムを用いること。基板がフィルムの場合、フィルムに挟み込んだ形態で素子が形成できる。フレキシブル素子に必要な封止技術。
フェルミ準位	Fermi level	固体中の電子が占有されうる準位の中でも最もエネルギーの高い準位。金属の場合は価電子帯の上端と一致する。
プラズマ	Plasma	原子や分子から電子が離れて、イオンと電子が混在した状態をさす。スパッタ成膜法では、ターゲット表面に高電圧を印加することにより形成する。
ブランクセル	Blank cell	当組合での造語であり、フィルムと接着剤から構成される素子周辺部材の封止性を評価するためのセルを示す。

ペロブスカイト構造	Perovskite Structure	結晶構造の1種。もともとはチタン酸カルシウムの結晶構造の名前であるが、これと同じ結晶構造をペロブスカイト構造と呼ぶ。
ホールオンリーデバイス	Hole only device (HOD)	素子中に正孔を注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの両電極に、仕事関数の大きな金属を用いることによって実現できる。
ホール輸送材料	Hole Transport Layer	正孔を電極に輸送する層。
ホスト材料	host material	有機 EL の有機層を形成する母体材料でドーパントを添加することにより特性改善が図れる。
暗電流	dark current	光を照射しない状態で、太陽電池に流れる電流。
加速試験	accelerated aging test	加速条件により劣化挙動の加速を行う方法。
開放電圧	open circuit voltage	太陽電池セル・モジュールの出力端子を開放したときの両端子間の電圧。
外挿法	extrapolation	実験的に得られた劣化挙動の時間関数により輝度寿命を推定する方法。
外部量子効率	external quantum efficiency	発光素子の発光層に注入する電子数に対して、発光素子外部に放射される光子数を割合で示したもの。
逆光電子分光法	Inverse photoelectron spectroscopy, IPES	UPS の逆過程を利用し、電子を照射し脱励起によって放出される光の強度から空準位を調べる方法。
曲線因子	fill factor (FF)	最大出力を、開放電圧と短絡電流との積で除した値。
空間電荷制限電流	Space charge limited current	電荷密度にはよらずに、電荷移動度で大きさが支配される電流。電流密度が、印加電圧の二乗に比例することで特徴付けられる。

空乏層	Depletion layer	太陽電池セルの p 形層と n 形層との界面で発生する、電界のある非常に薄い領域。
顕微ラマン分光	Raman microscopy	分光器に光学顕微鏡を組み込むことで、レーザ照射されたミクロンオーダの微小領域から生じるラマン散乱光のスペクトルを測定する。コンピュータ制御による試料台の移動あるいはレーザ光のスキャンにより広範囲の測定(マッピング)を行うこともできる。
光起電力効果	photovoltaic effect	光電効果の 1 種で、光の照射によって起電力が発生する現象。主に半導体の接合で生じる。
光度	luminous intensity	光源からある方向に向かう光束の単位立体角当たりの割合。
構造相転移	Structural Phase Transition	物質の持つ構造が外的条件により他の構造に相転移すること。結晶が対称性の異なる構造に変わる現象のこと。
差圧法	Differential pressure method	水蒸気バリア性を評価する手法のうち、フィルムを境にガスの供給側より透過側の方が全圧を低くする手法を意味する。フィルムの片面からガスを供給する(供給側)。
最高占有準位軌道, HOMO	the highest occupied molecular orbital, HOMO	電子が占有されているもっとも高いエネルギーにある電子準位。
最高被占軌道	Highest Occupied Molecular orbital (HOMO)	電子に占有されている最もエネルギーの高い分子軌道の事であり、有機半導体では、外部へ引き抜かれた電子が抜けた正孔や励起子分離により発生した正孔がキャリアとして伝導することができる。
最大出力	Maximum power	太陽電池セル・モジュールの電流電圧特性曲線上で電流と電圧との積が最大になる点での出力。
最低空軌道	Lowest Unoccupied Molecular orbital (LUMO)	電子に占有されていない最もエネルギーの低い分子軌道の事であり、有機半導体では、外部から注入もしくは励起子分離により発生した電子がキャリアとして伝導することができる。

最低非占有軌道,LUMO	the lowest unoccupied molecular orbital, LUMO	電子が占有されていないもっとも低いエネルギーにある電子準位。
仕事関数	Work function	電子を1つ固体より取り出す必要最小のエネルギー。
紫外光電子分光法	Photoelectron spectroscopy, UPS	光電効果を利用し、紫外線照射によって放出された電子の運動エネルギー分布を調べることで価電子準位を調べる方法。
昇華精製	sublimation refining	物質を昇華させることによって精製すること。有機 EL 材料の不純物を取り除くために真空中で各物質の蒸発（昇華）温度を利用して、所望の有機材料と不純物の混合物から所望の有機材料だけを昇華させ、低温部で再凝集させて高純度な状態に取り出す方法。
照度	illuminance	放射を受ける面の単位面積当たりに入射する光束。単位：ルクス [lx]
色度	chromaticity	CIE で定められた光源や物体の「色相」、及び「彩度」で決められた色の尺度。一般的には XYZ 表色系における色度座標 x,y,z で表す。
真空準位	Vacuum level	物質の外へ放出される電子の最低エネルギーに位置する準位。フェルミ準位とのエネルギー差が仕事関数に相当する。
正孔輸送層	hole transport layer	有機 EL において、陽極から注入された正孔を発光層へ効率的に輸送する層。
静電チャック	Electrostatic chuck	ガラスや樹脂フィルムをプレート上に静電気で吸着保持・脱離する機構。
積分型透過曲線	Integral transmission rate	水蒸気を添加してからの経過時間（横軸）に対して、水蒸気透過度の積算量（縦軸）をプロット。
接合	Junction	半導体材料の接する部分。一般に、互いに異なる物性の半導体同士を合わせる。

太陽エネルギー	solar energy	太陽の放射エネルギー。太陽エネルギーの源は水素の核融合反応であり、その放射スペクトルは約 6 000 K の黒体のそれに近い。
大気圧イオン化質量分析法 (API-MS)	Atmospheric pressure ionization/Mass spectrometry	API-MS は大気圧イオン化質量分析計である。これにガス供給ユニットを組み合わせたバリア性評価装置が日本 API より市販されている。これは等圧法に分類される手法である。透過水蒸気を API-MS により ppb(10^{-9})以下のレベルで検出しガス透過度を算出する。
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ときの両端子間に流れる電流。単位面積当たりの短絡電流を特に J_{sc} で表すこともある。
遅れ時間	Lag time	実験では、積分型透過曲線の定常状態の間を回帰直線で近似し、縦軸成分がゼロになる点での経過時間と定義されている。
直列抵抗	series resistance	太陽電池に対し直列的に作用する抵抗。直列抵抗は、主に表裏面にあるオーミック電極及び薄い表面層に起因している。直列抵抗が大きくなった場合、変換効率は低下する。
低エネルギー逆光電子分光	Low energy inverse photoelectron spectroscopy, LEIPS	IPES 法での電子照射による試料損傷を抑えるために入射電子のエネルギーを低くして測定する IPES 法。
定常状態	Steady state	水蒸気バリア性の評価においては、膜の両側の濃度差が一定に保たれた状態を意味する。一般的に水蒸気バリア性は、定常状態について評価する。
電荷トラップ	Career trap	電子や正孔の電荷を捕獲する能力を持つ準位で禁制帯中に存在する。熱的に励起される浅いトラップと長時間捕獲する深いトラップが有る。結晶中での欠陥や不純物、分子の状態などが原因となる。
電荷発生層 (CGL)	carrier generation layer	マルチフォトンエミッション素子において、縦に重ねて作られる各素子に電荷を注入させるために素子間に挿入された層。電荷発生層から、一方の素子には電子、他方の素子には正孔を注入させることができる。

電界誘起効果	Electric field induced effect	SFG や光第 2 次高調波発生(SHG)等において、試料に電場が印加された際に、かかる電場に応答して信号強度が増減する現象。SFG や SHG が 2 次の非線形光学効果で起こるのに対して、電界誘起効果は 3 次の非線形光学効果になる。
電子オンリーデバイス	Electron only device (EOD)	素子中に電子を注入・伝導させることができる構造のデバイス。例えば、電極でサンドイッチされたデバイスの両電極に、仕事関数の小さな金属を用いることによって実現できる。
電子親和力	Electron affinity	物質に電子を導入するのに必要な最小エネルギー。真空準位と LUMO のエネルギー差に相当する。
電子輸送層	Electron transport layer	電子を電極に効率的に輸送する層。
電流効率	(luminous) current efficiency	(正面)輝度を単位面積あたりの入力電流で除した値。単位:カンデラ毎アンペア [cd/A]
電流電圧特性	current-voltage characteristic	太陽電池の出力電圧に対する出力電流の関係を示す特性。
等圧法	Equal pressure method	水蒸気バリア性を評価する手法のうち、フィルムの両面の圧力を同等とする手法を意味する。
等価回路	Equivalent circuit	考察対象の電気特性を、容量や抵抗などの電気要素を直列または並列に接続した素子として理解するための仮想的な電気回路。
熱硬化エポキシ	Epoxy resin	エポキシ基を有する高分子で熱により架橋ネットワーク化させることで硬化する熱硬化性樹脂。

熱刺激電流	thermally stimulated current (TSC)	試料に電界を印加することにより試料内部に分極や電荷トラップを生じさせ、主に昇温過程での脱分極現象や脱トラップ現象により流れる電流である。
白色バイアス光	white bias light	被測定太陽電池セルにチョッピングした単色光を照射して分光感度特性を測定するとき、太陽電池セルを動作状態にして測定するためにチョッピング単色光に重畳して照射する定常白色光。
微分型透過曲線	Differential transmission rate	水蒸気を添加してからの経過時間（横軸）に対して、水蒸気透過度（縦軸）をプロット。
標準比視感度	spectral luminous efficiency	標準的な分光視感効率として、CIEにおいて合意された値。
表面抵抗	Surface Resistivity	試料の単位面積当たりの抵抗を表す。
分光感度特性	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。
分子軌道計算 (法)	Molecular orbital method	分子の中の電子が原子核や他の電子の影響を受けて分子全体を自由に動きまわるものとして分子の構造を決定している。この分子の分子軌道は、構成している原子の各原子軌道を用いた式で表現され、この式を解くことで分子軌道すなわち、分子の電子状態を求めることができる。この式を解く計算を分子軌道計算という。
平坦化層(UC)	Undercoat layer	基材の表面を平坦化する目的で形成される層。
並列抵抗	shunt resistance	太陽電池に対し並列的に作用する抵抗。並列抵抗は、主に接合面の不純物及び結晶の品質に起因している。並列抵抗が小さくなった場合、変換効率は低下する。

有機太陽電池	organic photovoltaic cell	植物の光合成のように、有機物を分子レベルで光化学反応させることによって、光発電現象を行う太陽電池。
溶解係数	Solubility coefficient	フィルム内部に溶解する水蒸気等の質量分率または体積分率等を意味する。
連続フィルム製造プロセス (R2R)	Roll to roll film process	ロール状のフィルム基板を巻出し、表面に薄膜を連続で形成し、ロール状に巻き取る製造プロセス。原料／製品ともロール形態となるためロールツーロールプロセスと呼ばれる。
和周波発生分光	Sum-frequency generation spectroscopy	パルスレーザーから取り出した 2 つの周波数の異なる光を試料に照射した際に発生する 2 つの周波数の和の周波数をもつ光を検出する分光法。和周波(SFG)光は反転中心のない系で発生するため、表面や界面などの対称性の破れた場所から発生する。用いる入射光の一方を波長可変の赤外光として、赤外光の波長を掃引しながら和周波光の強度を測定することで表面や界面の振動スペクトルを取得することができる。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1. NEDO が関与することの意義

我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネス環境は激化している(図 1.1-1)。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。

「次世代材料評価基盤技術開発」プロジェクトでは、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

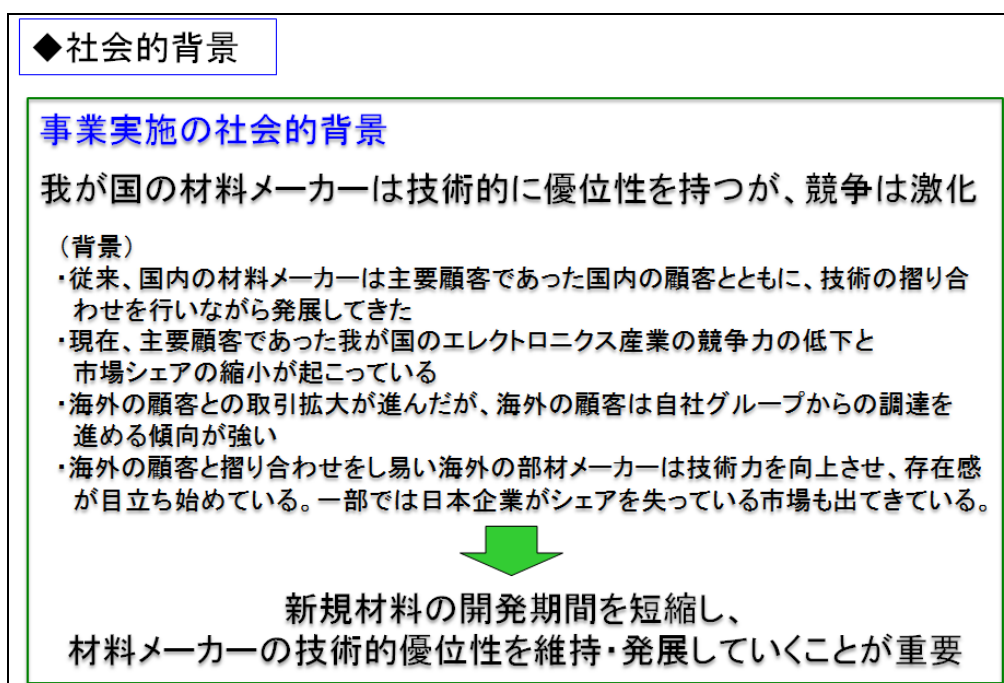


図 1.1-1 事業の社会的背景

本プロジェクトでは、今後の需要の拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち、以下に示す有機 EL 材料及び有機薄膜太陽電池材料を対象として実施しており(図 1.1-2)、本事業原簿は研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発に係るものである。

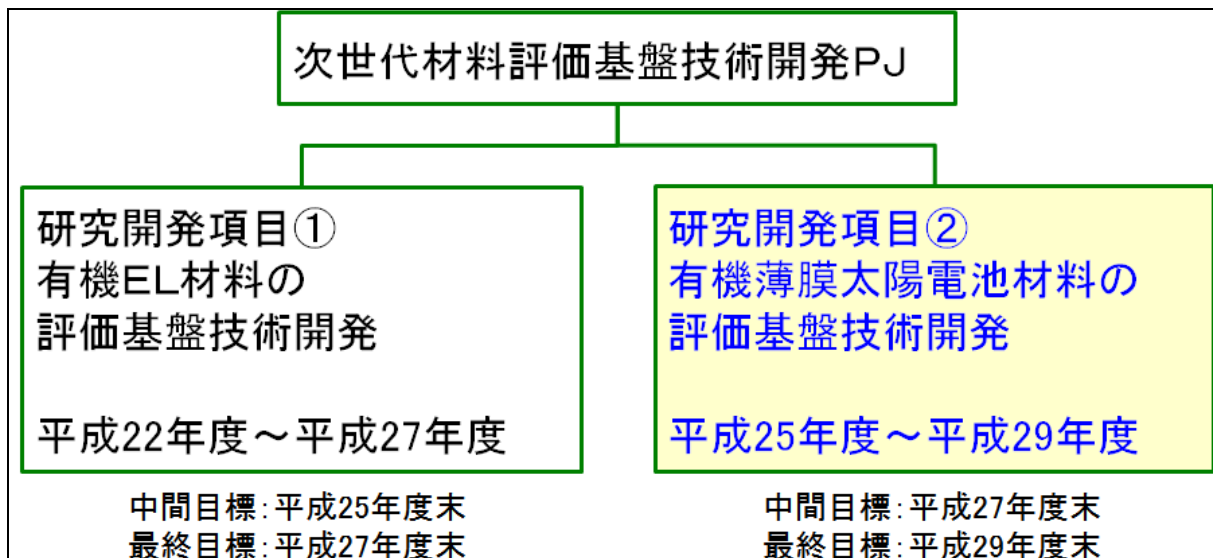


図 1.1-2 「次世代材料評価基盤技術開発」プロジェクトの構成

再生可能エネルギーとして市場が急激に拡大している太陽電池の中で、有機薄膜太陽電池は、従来の太陽電池と比較して軽量化や低コスト化の面で優位性があるため実用化・普及が期待されている。

有機薄膜太陽電池に必要とされる有機半導体材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等といった材料は、技術的に我が国の材料メーカーが優位性を持っている。したがって、この分野での優位性を維持・発展させ、早期に実用化していくことが重要となっている。

本プロジェクトは、我が国の材料メーカーの競争力強化に資するものであり、今後の需要拡大が予想されている有機薄膜太陽電池およびハイブリッド（ペロブスカイト型）太陽電池を対象としていることから、社会的必要性が大きいといえる。

また、目標としている評価基盤の構築は技術開発の難易度が高く、評価基盤構築そのものは収益を望める事業とはいえないこと、また、目標達成のためには本来競合である複数の材料メーカーの参画が必要であることから、民間企業単独での実施が困難であるといえる。

さらに先行する①有機EL材料の評価基盤技術開発との技術とインフラの両面でのシナジー効果が期待できる。

社会的必要性の大きさ、民間企業単独での実施の困難さ、先行するNEDOプロジェクトとのシナジー効果から、NEDOによる事業推進が妥当である（図 1.1-3）。

材料メーカーとユーザーが共通して活用できる有機薄膜太陽電池材料の評価手法開発を目指す本プロジェクトは、

社会的必要性が大きい

- 我が国の材料メーカーの競争力強化
- 有機薄膜太陽電池材料およびハイブリッド太陽電池材料は、今後需要が拡大

民間企業単独での実施が困難

- 目標としている材料の評価基盤構築そのものは収益を望める事業とは言えない
- 本来競合である複数の材料メーカーの参画が必要
- 技術開発の難易度が高い

NEDOによる事業推進が妥当

図 1.1-3 NEDO 事業として取り組む必要性

研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発事業において、NEDOは、独自の材料開発技術を持った複数の産学の科学的知見を結集し、有機薄膜太陽電池材料を対象とし、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立し、有機薄膜太陽電池材料の評価基盤を構築する。これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を行うとの事業方針に基づき、本事業を実施するものである。

1.2. 実施の効果

従来、材料メーカーは自社内で開発した材料の特性、例えば、線膨張係数、収縮率、弾性率、粘度、Tg、水蒸気透過率などの評価を実施する。一方、有機薄膜太陽電池などエレクトロニクス分野では、素子化をして初めて初期特性や寿命などのデバイス特性が分かるため、材料メーカーは、ユーザーに材料を供試して評価を実施してもらってきた。しかし、材料メーカーにとってユーザー評価は、評価可能なサンプル数が限られる、評価期間が長い、また評価結果としては材料が良いか悪いかのみしか返ってこないために、材料開発へのフィードバックをかけにくい状況があった。

逆にユーザーにとって、材料メーカーから示される材料データは、各社各様の評価手法により取得されたものであり、新規材料の有用性をデータから判断することが難しく、ユーザー自らが材料の初歩的な特性から改めて評価を行っている状況があった。

結果的に材料メーカーとユーザーの間では、新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分に取れず、摺り合わせに長時間を要していた。

本事業成果である材料評価基盤を活用し、材料メーカーが自ら有機薄膜太陽電池素子として評価することにより、材料開発設計に反映可能な評価結果のタイムリーな取得、材料の問題点や課題の明確化が可能となる。迅速な開発材料へのフィードバックによる開発の効率化とともに、ユーザー供試時には、材料と同時に統合的ソリューション提案も可能となる。

つまり、本事業の成果である、評価ツールとしてユーザー類似のシンプルな構造をもつ材料評価用有機薄膜太陽電池基準素子と、それを用いた材料評価手法からなる材料評価基盤の活用により、材料の開発期間短縮が可能となり、組合員企業である材料メーカーの競争力維持・強化に繋がる（図 1.2-1）。

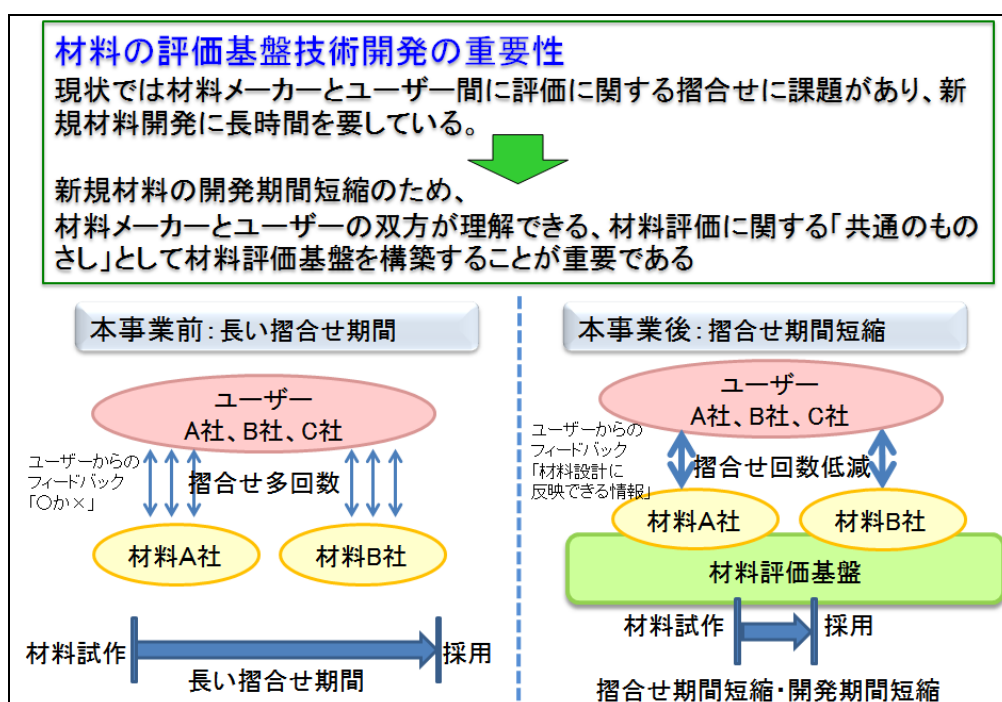


図 1.2-1 材料の評価基盤技術開発の重要性

本事業の評価対象は有機薄膜太陽電池材料であり、これは有機薄膜太陽電池層（発電材料、電子輸送材料、正孔輸送材料）のみならず、フレキシブルフィルム基板、バリア材料、接着剤、光学膜材料等の有機薄膜太陽電池を構成する周辺材料も含めるものとする。これらは実施組合である次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBA）の組合員企業の製品である。図 1.2-2 に有機薄膜太陽電池市場の見通しを示す。

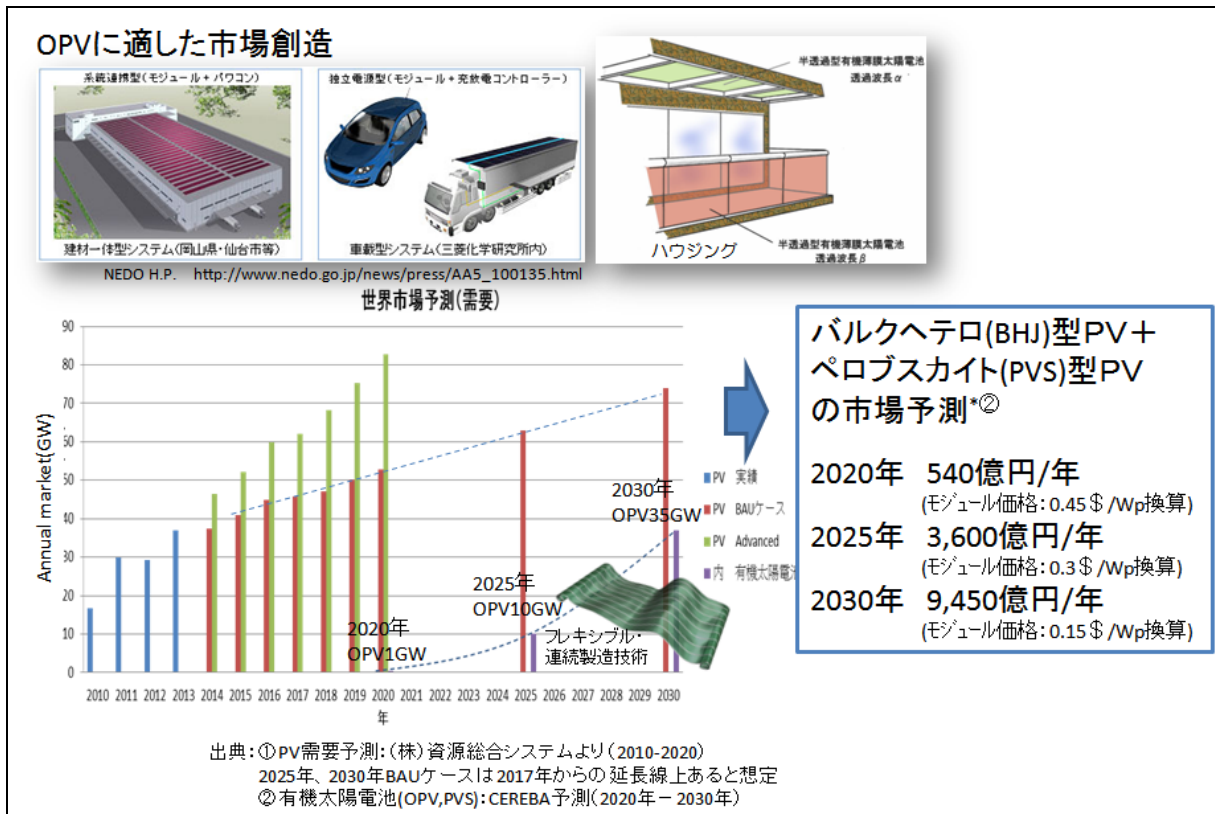


図 1.2-2 有機薄膜太陽電池の市場見通し

有機薄膜太陽電池としては、バルクヘテロ (BHJ) 型とペロブスカイト (PVS) 型を想定した。上市時期を 2018 年 (平成 30 年) と想定し、上記、有機薄膜太陽電池の市場は、2030 年 (平成 42 年) には約 9,500 億円規模*と見積もった。

*市場規模は、(株)資源総合システム社等のデータを参考に独自に推定

平成 42 年度の市場規模のうち材料が占める比率 (金額) を 20%、本事業を実施することで日本企業が 40% のシェアを獲得すると仮定した場合、有機薄膜太陽電池市場における実施の効果は年間約 750 億円と想定できる。

また、平成 42 年度における国内の発電電力における太陽電池の割合を 6% 程度、有機薄膜太陽電池のシェアを 10% とすると、OPV 発電による発電量は 60 億 kW と見積もることができ、これは CO₂ 削減量にして 330 万 t の CO₂ に相当する削減効果が見込まれる。

本事業は平成 25 年度から平成 29 年度の事業期間 (約 5 年間) で、総事業費約 20 億円 (想定) を、委託事業として実施するものである。図 1.2-3 に年度毎の内訳を示す。

有機薄膜太陽電池材料市場における実施の効果は、本事業の総事業費に対して、十分妥当なものだといえる。

◆ 予算と実施の効果

[単位: 億円]

(平成28,29年度は想定)

	平成 25年度	平成 26年度	平成 27年度	平成 28年度	平成 29年度
本予算(エネ特)	3.2	3.2	3.4	(3.3)	(3.5)
NEDO追加配分	-	3.3	-	-	-

- 平成25年度～平成29年度の約5年間の
総事業費(想定) 20.0億円



平成42年(2030年)有機薄膜太陽電池(OPV,PVS)材
料市場*1で期待される実施の効果

年間約750億円

期待される省エネ効果(CO₂削減量*2)

年間約330万tCO₂

1: <仮定>有機薄膜太陽電池(OPV,PVS)市場を9,450億円、材料比率を20%、本事業によるシェアアップ分を40%とする。
2: NEDO算出による

図 1.2-3 事業費と効果

2. 事業の背景・目的・位置付け

2.1. 事業の背景

近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。

現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、摺合せに長時間を要している。

こうした状況を解決するため、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という）における過去の取り組みには、半導体に関する化学材料の評価基盤技術開発として、「次世代半導体ナノ材料高度評価プロジェクト」（平成 15 年度～平成 17 年度）、「次世代高度部材開発評価基盤の開発」（平成 18 年度～平成 20 年度）、「半導体機能性材料の高度評価基盤開発」（平成 21 年度～平成 23 年度）がある。これらの事業では、材料メーカーとデバイスメーカーが共通して活用できる、半導体プロセス適合性に関する材料評価手法と評価・解析ツールである試験用素子（TEG：テストエレメントグループ）を開発した。事業の成果を用いて、材料メーカーは開発された評価手法と TEG を用いて自社材料の評価を行い、デバイスメーカーに対して信頼性の高い材料評価結果を付した新規材料の提案ができるようになった。これらは、半導体の材料開発に関して材料メーカーとデバイスメーカーとの間のコミュニケーションの活発化と、材料メーカーからのソリューション提案力の強化に繋がったものとして高い評価を受けた。

2.2. 事業の目的及び意義

本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

さらに具体的な効果としては下記のことが挙げられる。

イ. 材料の正確な評価

本事業で開発する評価手法を活用することにより、自社製品の正確な実力把握が可能となる。また粗悪品との差別化が可能となる。

ロ. 材料評価の高度化

材料メーカー自身がユーザープロセスモデルをベースとする評価結果を取得することができるので、技術の摺合せを頻繁に行う必要があるユーザーに対して、その評価データや評価に基づくソリューションと同時に材料を提供することが可能になる。

ハ. 開発戦略の明確化・再構築

材料の正確な評価で自社製品の实力把握ができることから、研究開発の方向を明確に判断することができ、各組合員企業での事業の選択と集中に繋げることができる。このことは、研究開発投資の再配分等といった側面でも、組合員企業各社における研究開発投資効率の向上が期待できる。

ニ. 顧客信頼度の向上

材料評価基盤を活用した評価結果を顧客に提示することで、対等のディスカッションが可能となること、またクレーム・トラブルに対し素早い対応ができるようになることから、顧客との信頼関係が向上する。

ホ. 研究者の知識向上、技術習得

本事業で研究者は組合員に出向し、研究員として従事し、有機薄膜太陽電池素子評価を行う。材料評価だけでなく、有機薄膜太陽電池素子としての評価を実際に行うことで、有機薄膜太陽電池についての知識を高めることができる。デバイス作製を手掛けていない材料メーカーの研究者は通常ユーザー技術者との深い議論は経験できないことであり、情報収集力向上、ソリューション提案力向上に大いに役立つ。

有機薄膜太陽電池材料メーカーの競争力維持・強化には、ユーザーが望むタイミング、スピードで、必要特性を兼ね備えた材料を提供することが必要であり、つまりは材料の開発期間短縮が非常に重要であることに他ならない。

その解決のため、ユーザーの製造条件をモデル的に再現できる設備や高精度測定機器を使用して材料評価技術の研究開発を行い、材料評価基盤を構築することが重要である。

材料評価基盤を活用し、従来ユーザーで行ってきたプロセス適性の評価を材料メーカーが自ら行うことにより、開発材料設計に反映可能な評価結果を取得すること、材料の問題点や課題を明確に認識すること、またユーザー工程を考慮したプロセスフローを構築することが可能になる。つまり材料開発の効率化と、ユーザーへの材料提供と同時にソリューション提案が可能となる。

2.3. 事業の位置付け

本事業は図 2.3-1 に示す上位政策に対応するものである。

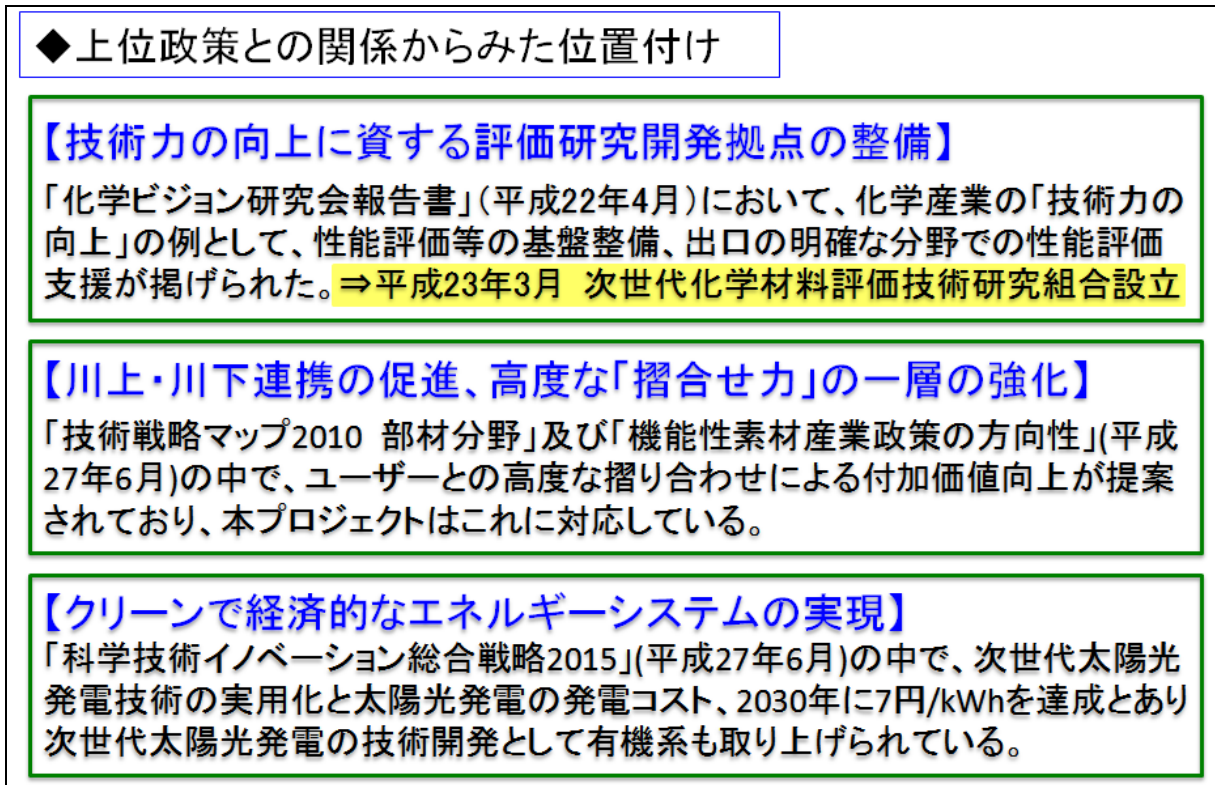


図 2.3-1 上位政策との関係から見た位置付け

それぞれの政策について記述する。

【技術力の向上に資する評価研究開発拠点の整備】

「化学ビジョン研究会報告書」(平成22年4月)において、化学産業の課題と対応すべき4つの方向性として、「国際展開」「高付加価値化(ビジネスモデル・企業間連携)」「サステナビリティ(環境・安全安心)の向上」「技術力の向上」が挙げられている。

「技術力の向上」については、摺合せ期間の短縮、設備の重複投資の排除、摺合せ先の実質的維持等の観点から、性能評価や安全評価といった評価技術のニーズが高まりつつあるとして、化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効であるとしている。さらに、具体的な出口が明確な分野における性能評価・安全評価支援も重要であるとしている。

以下関連箇所を抜粋する。

『<化学分野における評価研究開発拠点の整備>

先端分野の素材の開発においては、ユーザーであるセットメーカーから実装を想定したデータの提供を求められることが多く、素材開発とその評価技術の開発を表裏一体で進めることが極めて重要となっている。しかしながら、評価技術の開発のための

試作設備や評価設備には、高額なものや製造装置をトータルで揃えねばならないもの、あるいはノウハウが必要なものも多く、これらを素材側の個別の企業がそれぞれ整備することは困難である。一方、先端素材そのものの開発に比べて、性能評価や安全性評価といった、共通の評価技術基盤の整備は、競合企業であっても連携することが十分可能である。さらに、優れた素材メーカーの集積がユーザーを呼び込み、新たなユーザーとの垂直連携を生み出す効果も期待できる。

このため、独立行政法人（現 国立研究開発法人）産業技術総合研究所の化学関連部門を始めとする政府関係機関の設備やノウハウを活用した、化学分野における評価研究開発拠点の整備を進めていくことが有効である。政府においては、ロードマップに基づき、企業ニーズの掘り下げ、政府関係機関のポテンシャルの把握等を通じ、その具体化に向けた作業に着手する。さらに、具体的な出口が明確な分野における性能評価・安全評価支援も重要である。』

この提言を受けて、平成 23 年 3 月に次世代化学材料評価技術研究組合（CEREBBA）が設立された。

【川上・川下連携の促進、高度な「摺合せ力」の一層の強化】

「技術戦略マップ 2010」部材分野における出口を見据えた革新的部材開発の取り組み（ナノテク・部材イノベーションプログラム）の 6 領域の 1 つとして、「材料・部材領域」が設定されており、ここでは「極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域についてユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進し、高度な部材産業群の「摺合せ力」を一層強化」が重要であると記されている（図 2.3-1）。

また「機能性素材産業政策の方向性」（経済産業省製造産業局 化学課機能性化学品室平成 27 年 6 月）の中でも改めて「機能性素材メーカーと直接顧客とのコミュニケーションの仕組みの再構築により共同開発の強化、開発スピードを高め、付加価値向上を図る」ことが提案されている。

【クリーンで経済的なエネルギーシステムの実現】

「科学技術イノベーション総合戦略 2015」（平成 27 年 6 月）の中で、次世代太陽光発電技術の実用化と太陽光発電の発電コスト、2020 年に 14 円/kWh を達成、2030 年に 7 円/kWh を達成とあり、次世代太陽光発電技術開発として有機系も取り上げられている。

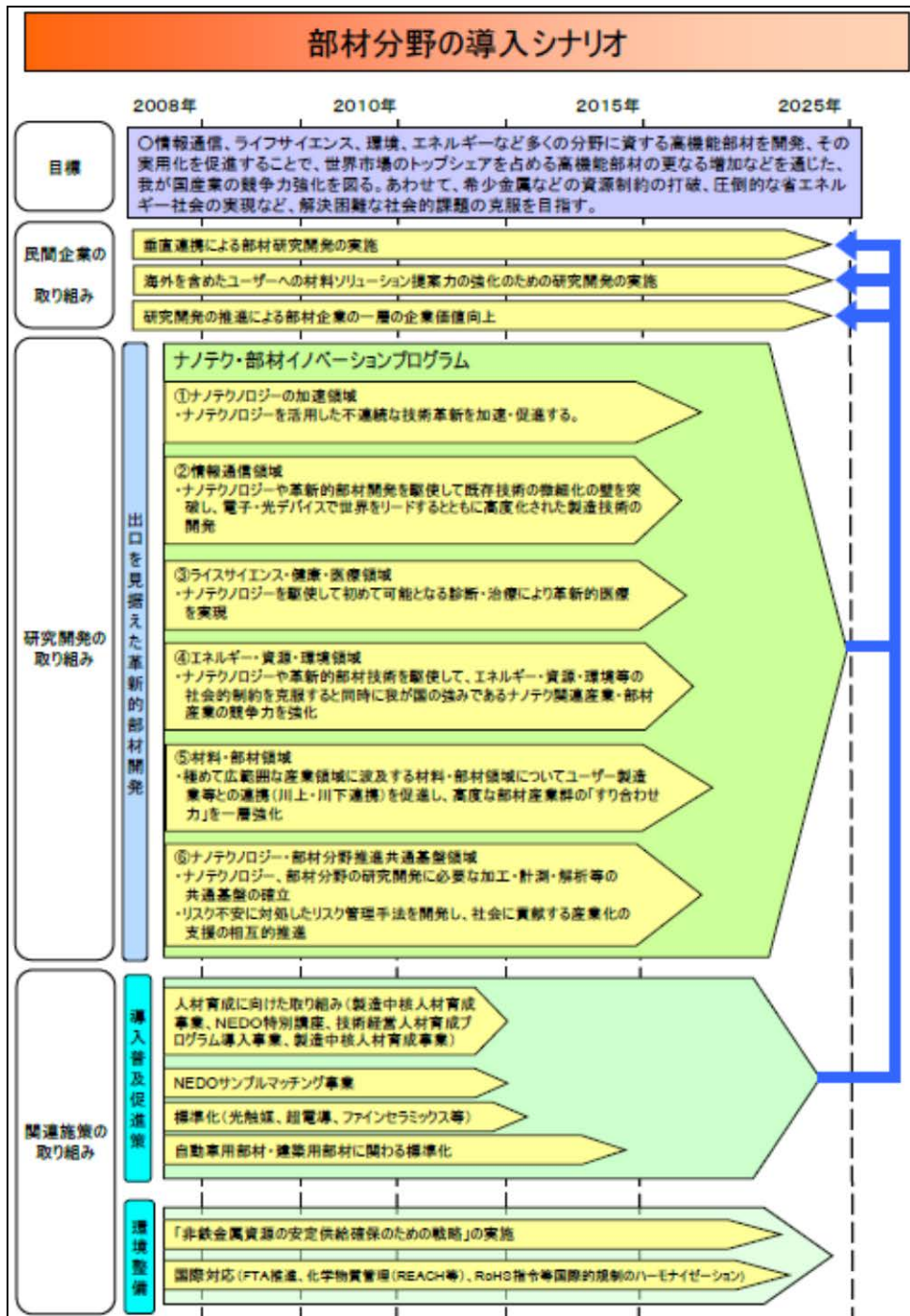


図 2.3-2 「技術戦略マップ 2010」 部材分野の導入シナリオ

【ナノテクノロジー・材料分野は重点を置き優先的に資源配分を行うべき分野の1つ】
 「第3期科学技術基本計画」(平成18年3月閣議決定)において、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野は、特に重点的に研究開発を推進すべき分野とし、優先的に資源配分を行うとある。

以下関連箇所を抜粋する。

『2. 政策課題対応型研究開発における重点化

(1) 「重点推進4分野」及び「推進4分野」

第2期基本計画において、国家的・社会的課題に対応した研究開発の中で特に重点を置き、優先的に資源を配分することとされたライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野については、次のような観点から、引き続き基本計画においても、特に重点的に研究開発を推進すべき分野（「重点推進4分野」という）とし、次項以下の分野内の重点化の考え方に基づきつつ優先的に資源配分を行う。

- ① 3つの基本理念への寄与度（科学技術面、経済面、社会面）が総合的に見て大きい分野であること。
- ② 国民の意識調査から見て期待や関心の高い分野であること。
- ③ 各国の科学技術戦略の趨勢を踏まえたものであること。
- ④ 戦略の継続性、研究現場への定着等実際的な観点からも適切であること。』

【「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点】

「第4期科学技術基本計画」（平成23年8月19日閣議決定）において、化学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化の例として「産学官協働のための「場」の構築」が示されており、「国は、基礎から応用、開発の段階に至るまで、産学官の多様な研究開発機関が結集し、非競争領域や前競争領域における共通基盤技術の研究開発を中核として、「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点を形成する。特に、大学や公的研究機関が集積する拠点において、相乗効果を発揮し、イノベーションを促進するため、機関の垣根を越えた施設、設備の利用、研究成果の一体的な共有や発信を推進する。」とある。

以下関連箇所を抜粋する。

『5. 科学技術イノベーションの推進に向けたシステム改革

(1) 科学技術イノベーションの戦略的な推進体制の強化

③ 産学官協働のための「場」の構築

科学技術によるイノベーションを効率的かつ迅速に進めていくためには、産学官の多様な知識や研究開発能力を結集し、組織的、戦略的に研究開発を行う連鎖の「場」を構築する必要がある。東日本大震災は、特に東北及び関東地方において、研究施設、設備等に直接的な被害をもたらし、研究開発システムにも深刻な影響を及ぼした。我が国として、震災からの復興、再生を早期に実現するためにも、領域横断的な連携など産学官の多様な研究者の連携を強化し、知を結集するための取り組みを強化していく必要がある。

これまで我が国では、筑波研究学園都市や関西文化学術研究都市をはじめ、国際的な研究開発拠点の整備を進めてきたが、すでに集積の進んだ拠点の一層の発展に向けて、機能強化を図る必要がある。諸外国では、産学官の総合力を発揮する体制や機関の役割がますます重視されるようになっており、これも参考に、イノベーションの促進に向けて、産学官の多様な研究開発能力を結集した中核的な研究開発拠点を形成する。また、国の総力を結集して革新的技術の研究開発に関する推進の仕組みや制度の整備を行う。

<推進方策>

- ・国は、基礎から応用、開発の段階に至るまで、産学官の多様な研究開発機関が結集

し、非競争領域や前競争領域における共通基盤技術の研究開発を中核として、「競争」と「協調」によって研究開発を推進するオープンイノベーション拠点を形成する。特に、大学や公的研究機関が集積する拠点において、相乗効果を発揮し、イノベーションを促進するため、機関の垣根を越えた施設、設備の利用、研究成果の一体的な共有や発信を推進する。

- 国は、革新的技術の研究開発に関して、産学官の連携を主導し、事業化までを見据えた研究開発体制を構築するとともに、継続的な支援を行う。また、国は、ここで得られた成果の活用、普及を促進するため、国際標準化を促進する。
- 国は、産学の間で設定された研究領域で緊密な産学対話を行いつつ、従来の組織の枠を越えて、協働して研究開発と人材育成を行うバーチャル型の中核拠点（「共創の場」）の形成を推進する。
- 国は、産学協働によるイノベーションの場として「先端融合領域イノベーション創出拠点」の形成を推進する。』

以上のように、様々な観点からみても、本事業は重要であるといえる。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本事業は、平成 25～29 年度の期間で実施するもので、その目標は基本計画に記載の通りである。

研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発（平成 25～29 年度）

【中間目標】（平成 27 年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等の有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

【最終目標】（平成 29 年度末）

有機薄膜太陽電池材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーの双方が活用できる基準素子、性能評価、寿命評価手法を確立する。

本事業で対象とする有機薄膜太陽電池材料は、発電材料、電子輸送材料、正孔輸送材料の有機薄膜太陽電池材料と、バリア&フィルム基板、接着剤、光学膜材料等の周辺材料に大きく 2 分類できる。また、開発すべき評価手法は、初期特性、寿命、プロセス適性、劣化解析の大きく分けて 4 種類である（図 1-1）。

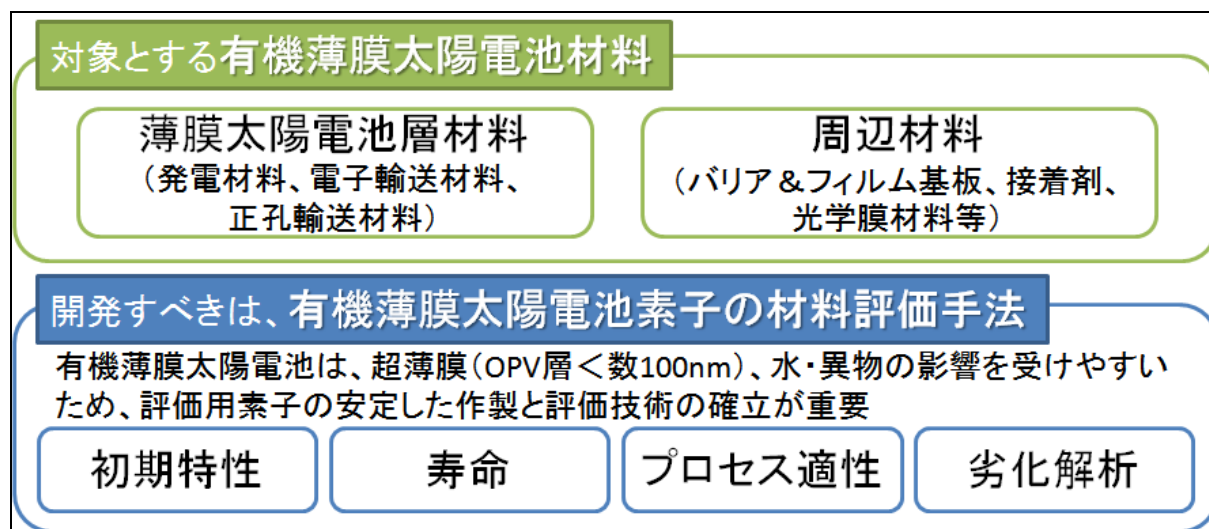


図 1-1 対象材料と開発すべき材料評価手法

材料の正確な評価を行うためには、ばらつきなく評価サンプルを作製する必要がある。標準的な評価用モデル素子（以下、基準素子という）を作製する。基準素子は、ガラス基板及びフレキシブルフィルム基板（以下、フレキ基板という）といった基板種、バルクヘテロ型、ペロブスカイト型といった有機薄膜太陽電池の種類と構成、評価目的に応じた基本性能といった観点で、シンプルな構造のものとして、必要最小限

の種類を作製する。

評価材料と材料評価手法/基準素子の使用例を図 1-2 に示す。

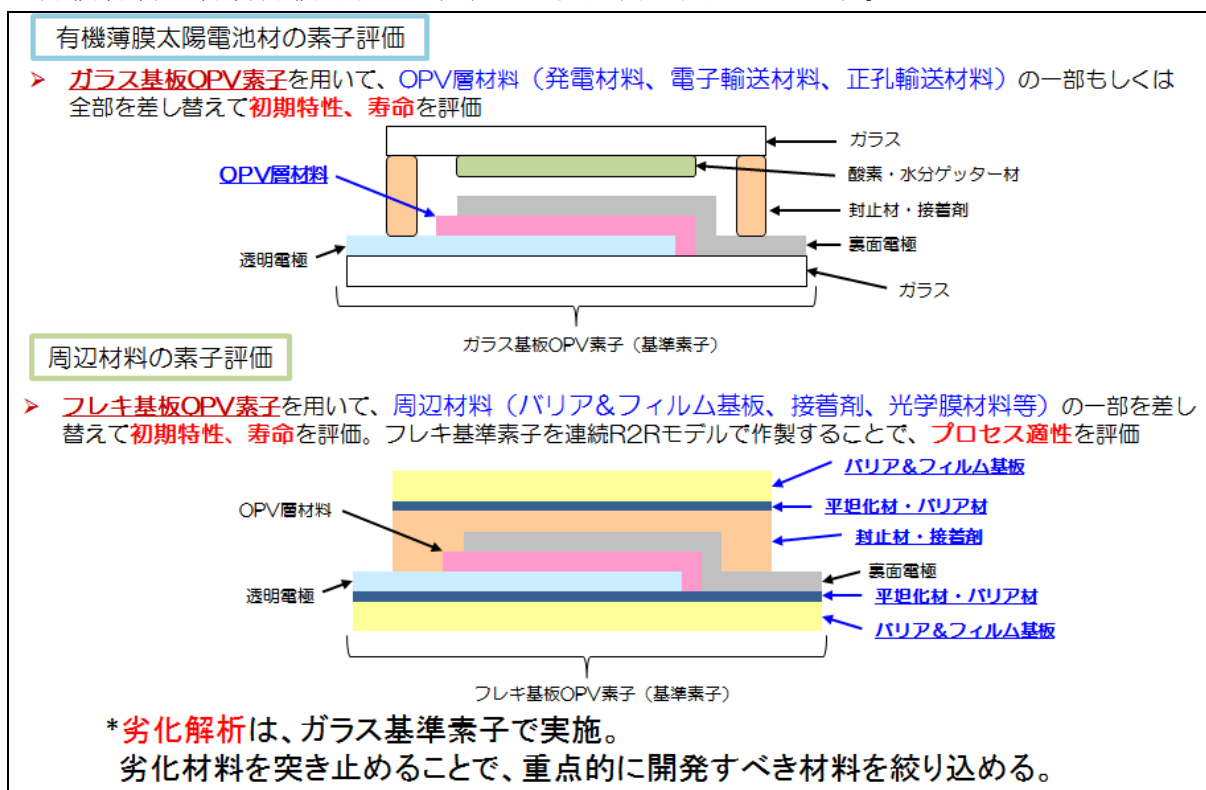


図 1-2 評価材料と材料評価手法/基準素子の使用例

有機薄膜太陽電池層の評価においては、その他の材料の影響をできるだけ排除した上で評価することが望ましいため、ガラス基板有機薄膜太陽電池素子（ガラス基板基準素子）を用い、初期特性評価と寿命評価を実施する。公知の材料からなるガラス基板基準素子の有機薄膜太陽電池層の一部もしくは全部を新材料に差し替えて作製した評価用素子と基準素子の双方を同時評価することで、新材料の優劣を判断できる。

周辺材料の評価においては、フレキ基板有機薄膜太陽電池基準素子を用い、初期特性評価と寿命評価を実施する。公知の材料からなるフレキ基板基準素子の周辺材料の一部を新材料に差し替えて作製した評価用素子と基準素子の双方を同時評価することで、新材料の優劣を判断できる。新材料との比較ができればよいので、必要に応じてガラス基準素子も活用できる。さらに、このフレキ基準素子を連続 R2R モデルプロセスで作製し、その評価を行うことで、新材料のプロセス適性を評価できる。

有機薄膜太陽電池層材料の劣化解析については、ガラス基板素子およびフレキ基板素子への応用を目指し、まずは最も簡単な構成のガラス基板素子を用い、解析を行う。

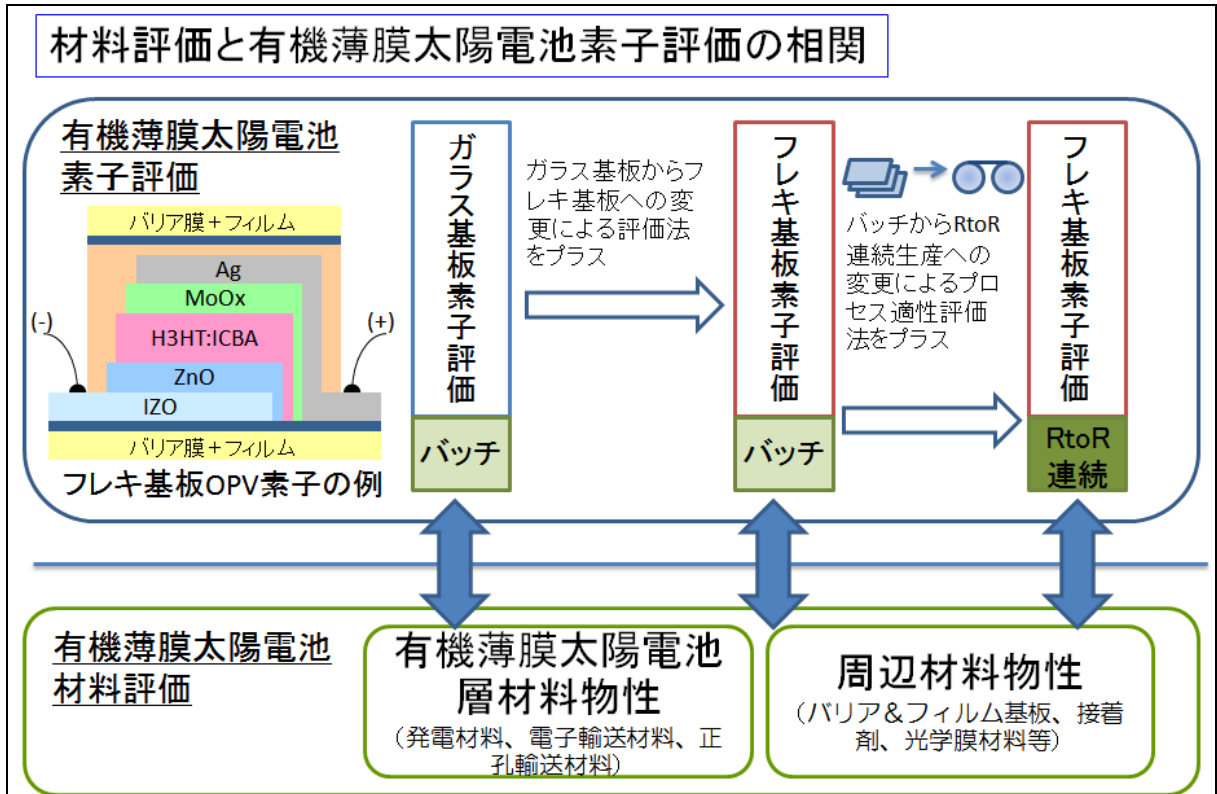


図 1-3 材料評価と有機薄膜太陽電池素子評価の相関

図 1-3 は、本事業で実施する有機薄膜太陽電池材料の評価手法の概念図である。確立した材料評価手法は活用しやすいようにドキュメント化を行う。また、本プロジェクトの目的である、「材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーの双方が活用できる」ために、成果ドキュメントの一部をユーザーと共有する「オープン評価書」の作成を推進する。

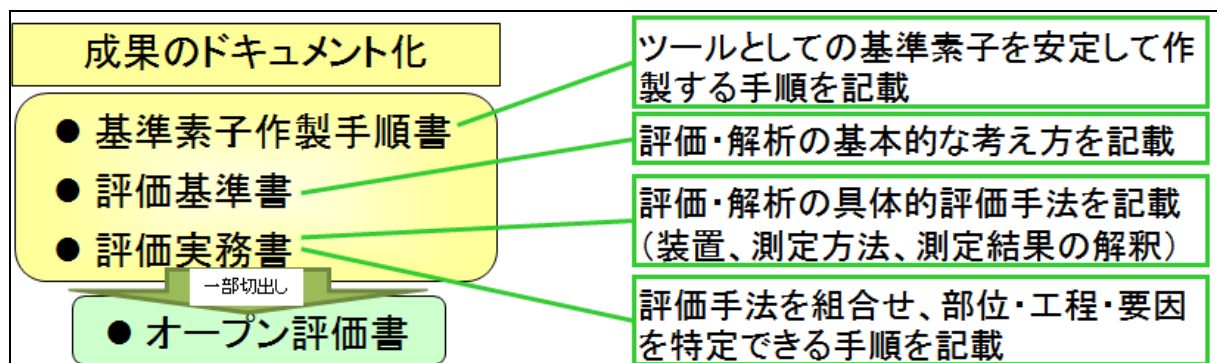


図 1-4 成果のドキュメント化内容

基本計画の目標を達成するための個別目標（要素技術）と根拠を表 1-1 に示す。

表 1-1 具体的目標（要素技術）とその設定根拠

		最終目標	根拠
ガラス基板	①-1 材料評価技術の開発	1) 安定的な高効率基準素子設計と素子作製手法確立 バルクヘテロ：変換効率10%以上基準セル3種 ペロブスカイト：変換効率10-15%の基準素子	評価基盤に必要な基準素子は安定であることが最重要であると同時に、効率は世の中の最高効率の70%程度のものであれば評価に十分使用できるため
		2) 高効率基準素子対応の性能評価手法確立	世の中の最高効率の素子についても評価が可能となる
		3) 加速寿命評価法確立	長期間使用する太陽電池の評価に於いて基本的な加速劣化評価は重要な位置を占める
	①-2 解析技術の開発	1) 劣化部位の非破壊箇所・構造変化特定手法確立。基礎物性データの蓄積と活用	最先端の解析技術を駆使し素子劣化のメカニズムの解明は実用化に必要
フレキ基板	② 材料評価技術の開発	1) 高効率フレキ基準素子設計・作製手法確立 バルクヘテロ：変換効率5-9%の基準素子 ペロブスカイト：7-11%の基準素子 R2Rプロセス作製手法確立	実用化においてはコストが重要な要件であるためフレキでの高効率基準素子は重要である。 特にR2Rでの作成手法確立はキーとなる
		2) フレキ基板基準素子特有の性能評価手法確立	フレキには特有の特性があり、実用化においてその評価方法を確立する必要がある
		3) フィルム特有の加速寿命評価法の開発	フィルム特有の劣化を加味した加速評価は実用化に大きく貢献する
		4) 酸素透過率と水蒸気透過率/バリア性能評価要素技術開発	周辺材料としてのバリア性能の把握は、実用化における設計指針となり重要である

①-1 ガラス基板 材料評価技術の開発

- 1) 変換効率 10%のバルクヘテロ型基準素子と変換効率 15%のペロブスカイト型基準素子の安定的な高効率基準素子設計と素子作製手法確立

ガラス封止により不確かなパラメータを排除し、共通の構造で誰もが入手できる既知特性の材料で構成し、性能・寿命の安定性を保つために素子作製手法の確立をおこなうことで新規材料を使用した素子の評価が正確にできる。

- 2) 高効率基準素子対応の性能評価手法確立

変換効率、配光感度、面内均一性など有機薄膜太陽電池の性能評価が可能になる。測定条件、測定解析法等の実例を挙げることで、材料メーカーは活用しやすくなる。

- 3) 加速寿命評価法確立

長時間を要する寿命評価を、理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルを短縮し、効率化できる。

①-2 ガラス基板 解析技術の開発

- 1) 劣化部位の非破壊箇所・構造変化特定手法確立

薄膜の積層からなる OPV 素子で、不具合を起こした材料を特定することができる。材料メーカーは重点的に改良すべき材料を知ることができる。

② フレキ基板 材料評価技術の開発

- 1) 高効率フレキ基準素子設計と素子作製手法確立・R2R プロセス作製手法確立

周辺材料の OPV 素子での評価が可能になる。製造条件については、バッチだけでなく、コストダウンが可能として将来主流となる R2R プロセスへの適用性を確認できる評価用素子作製が可能となる。

2) フレキ基板基準素子特有の性能評価手法確立

①-1-2)に加え、フレキ特有の可干渉性バリアフィルム基板での素子性能変化の評価手法や、プロセスの機械的適合性の評価手法を追加することで、フレキ OPV 素子での性能評価が可能となる。

3) フィルム特有の加速寿命評価法確立

長時間を要する寿命評価を、理論的に裏付けられた加速試験により短時間化することで、材料評価開発サイクルを短縮し、効率化できる。

4) 酸素透過率と水蒸気透過率・バリア性能評価法確立

フレキ基板有機薄膜太陽電池素子で必要とされている高レベルのバリア性能が評価できるようになる。

基本計画の目標を達成するための具体的な目標を設定し、研究開発を実施していることから、研究開発目標は妥当であるといえる。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容及び全体スケジュールと予算

2.1.1. 具体的中間・最終目標

具体的な中間・最終目標を下記に示す（表 2.1.1-1）。

表 2.1.1-1 基本計画を達成するための具体的中間・最終目標

		中間目標	最終目標
ガラス基板	①-1 材料評価技術の開発	1) 基準素子作製基礎技術確立 (バルクヘテロ型&高温プロセスペロブスカイト型) バルクヘテロ: 変換効率5%以上基準セル3種 ペロブスカイト: 変換効率8-12%の基準素子	安定的な高効率基準素子設計と素子作製手法確立 バルクヘテロ: 変換効率10%以上基準セル3種 ペロブスカイト: 変換効率10-15%の基準素子
		2) 性能評価手法確立 (バルクヘテロ型+高温ペロブスカイト型基準素子)	高効率基準素子対応の性能評価手法確立
		3) 加速寿命評価のための要素技術確立 (内的・外的要因評価、加速条件設定等)	加速寿命評価法確立
	①-2 解析技術の開発	1) 劣化に関する基礎物性評価手法の開発	劣化部位の非破壊箇所・構造変化特定手法確立。 基礎物性データの蓄積と活用
	フレキシ基板	② 材料評価技術の開発	1) フレキシ基準素子作製技術確立 (バルクヘテロ型&ペロブスカイト型プロトタイプ)
2) フレキシ基板用素子性能評価手法確立 (ガラスベースの手法+フレキシ対応)			フレキシ基板基準素子特有の性能評価手法確立
3) フィルム特有の加速寿命評価手法の要素技術開発			フィルム特有の加速寿命評価法の開発
4) 酸素透過率と水蒸気透過率/バリア性能評価要素技術開発			酸素透過率と水蒸気透過率/バリア性能評価技術開発

2.1.2. 全体スケジュール

全体のスケジュールについて、図 2.1.2-1 に示す。具体的目標毎にスケジュールを設定し、研究開発の確実な推進を行っている。

フレキシ基板に係る開発は、ガラス基板の成果を活用して有効に実施する。

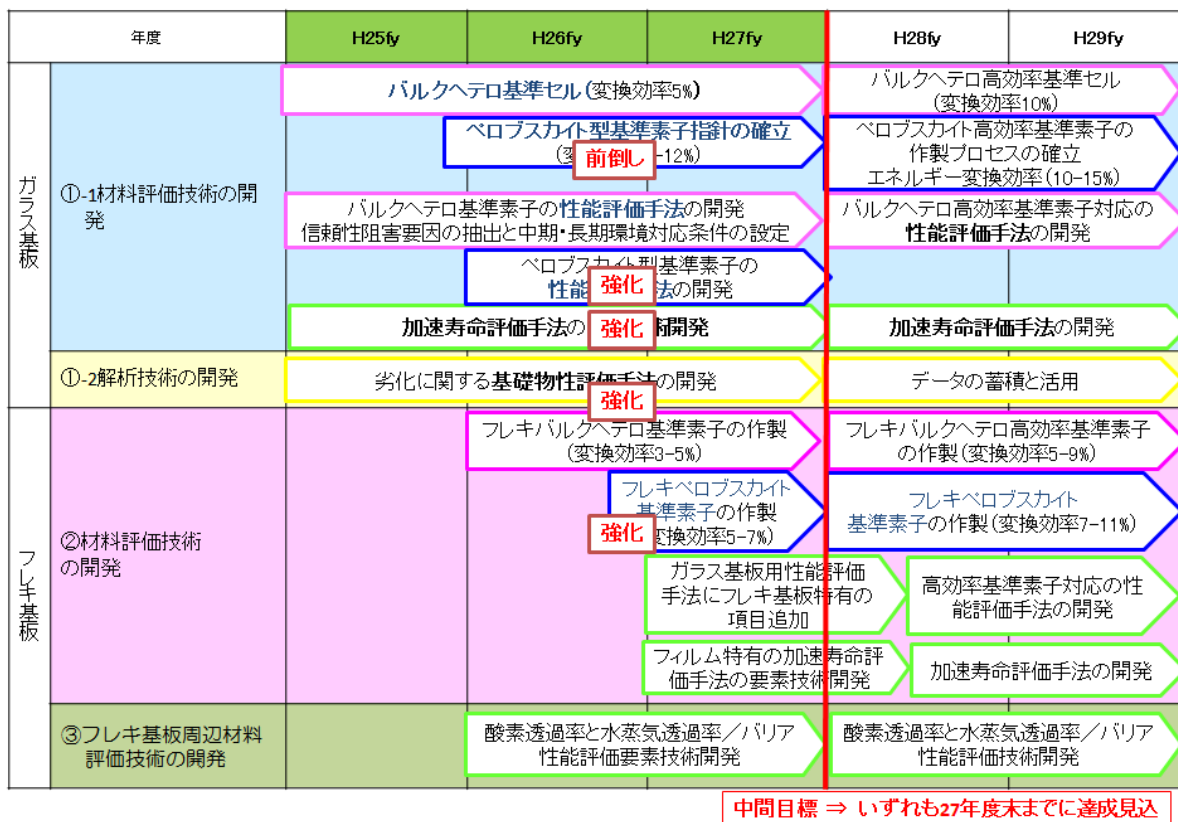


図 2.1.2-1 事業の実施計画

2.1.3 予算

I.1.2. 実施の効果に記載のように、本事業の年度毎の予算は図 2.1.3-1 の通りであり、事業全体の総事業費は 20.1 億円を想定している。

[単位: 億円]

(平成28,29年度は想定)

	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
本予算(エネ特)	3.2	3.2	3.4	(3.3)	(3.5)
NEDO追加配分	—	3.3	—	—	—

図 2.1.3-1 事業の予算

2.2. 研究開発の実施体制

2.2.1. 事業体制

本事業は、NEDO が公募によって選定した次世代化学材料評価技術研究組合 (CEREB A) により、平成 25 年度から平成 29 年度の約 5 年間にわたり実施するものである。CEREB A は、下記の国内有力材料メーカー12 社及び国立研究開発法人産業技術総合研究所を組合員とする技術研究組合である。

組合員： 旭化成株式会社
株式会社カネカ
コニカミノルタ株式会社
JSR 株式会社
JNC 株式会社
住友化学株式会社
日本ゼオン株式会社
日立化成株式会社
富士フイルム株式会社
三菱化学株式会社
積水化学株式会社
東レ株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所

この中で、「次世代材料評価基盤技術開発/②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発」を実施する研究グループは、

組合員： 株式会社カネカ
JNC 株式会社
富士フイルム株式会社
三菱化学株式会社
積水化学株式会社
東レ株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所

の 6 社及び国立研究開発法人産業技術総合研究所である。

また下記大学陣と本事業の共同実施を行っている。

国立大学法人九州大学
公益財団法人九州先端科学技術研究所
国立大学法人山形大学
国立大学法人京都大学
国立大学法人京都大学 化学研究所構造有機化学研究領域
国立大学法人京都大学 化学研究所分子材料化学研究領域
国立研究開発法人物質・材料研究機構

NEDO は、本事業の目的を達成するため、CEREBA 理事 富安寛をプロジェクトリーダーとして、CEREBA 研究部 OPVGr. GM 山岸英雄をサブプロジェクトリーダーとして以下の実施体制とする（図 2.2.1-1）。

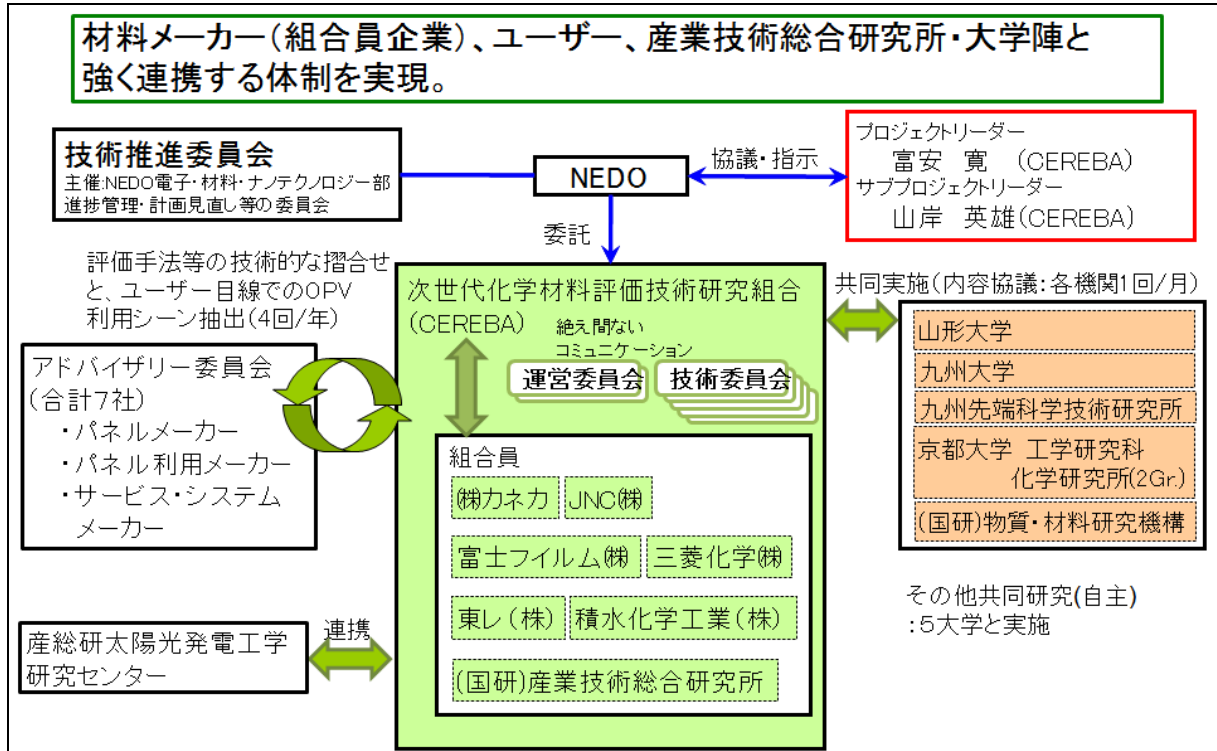


図 2.2.1-1 実施体制

組合員である材料メーカーはそれぞれ立場が異なるが、各メーカーでの実用化（事業化への貢献）を目指し、各種委員会での討議に加え、NEDOによるアンケート及びヒアリングやプロジェクトリーダーによる組合員企業理事との打合せ結果をプロジェクトに反映させている。

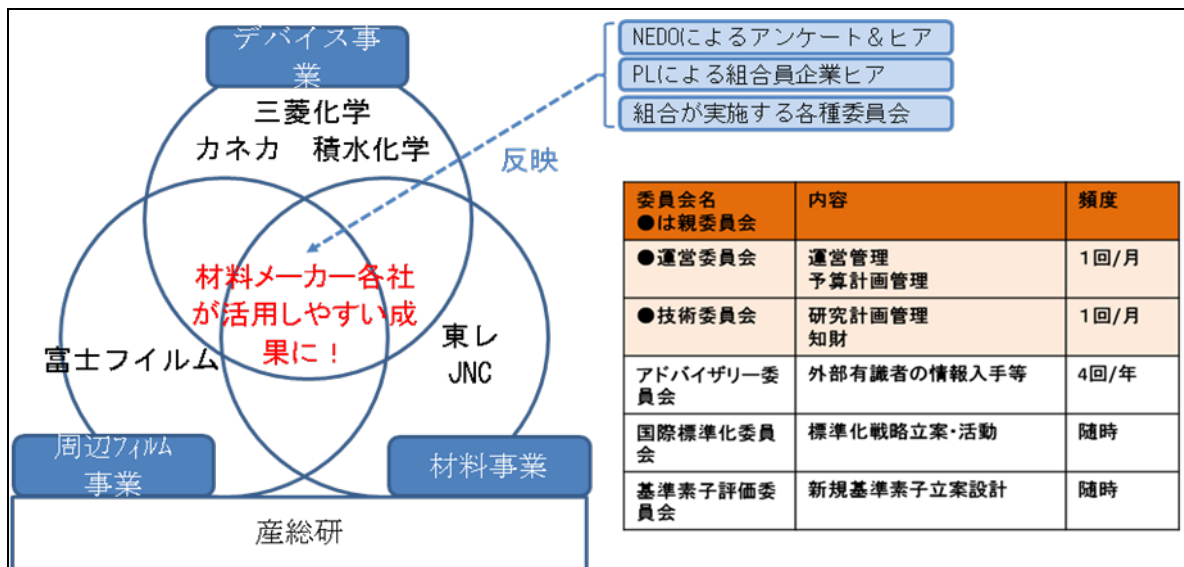


図 2.2.1-2 組合員の協力体制

2.2.2. プロジェクトリーダーおよびサブプロジェクトリーダー

NEDO が実施・管理を行う当事業の、より効率的な開発の推進を図るため、研究開発の現場において指示、指導、調整の任にあたり、研究開発計画原案の策定、研究成果のとりまとめ等の役割を実施するプロジェクトリーダーとして CEREBA 理事 富安寛を、サブプロジェクトリーダーとして CEREBA 研究部 OPVGr.GM 山岸英雄を配置した。プロジェクトリーダーの役割を表 2.2.2-1 に示す。サブプロジェクトリーダーはプロジェクトリーダーを補佐する。

表 2.2.2-1 プロジェクトリーダー（PL）の役割

組織関係	<ul style="list-style-type: none"> 研究体の研究室の設置、廃止等の組織構成の決定 研究体のサブリーダーの選任と解任
研究体所属研究者関係	<ul style="list-style-type: none"> 大学、産総研、企業が提出する研究者候補リストの中からの研究体所属研究者の選任 研究体所属研究者の任期の設定および変更に関する調整 研究体所属研究者の担当研究項目の決定 その他研究体所属研究者の総合的な統括
予算、研究場所、研究設備および装置等	<ul style="list-style-type: none"> 実施時における予算の配分の調整 研究体の活動に割り当てられた研究場所の配分、模様替え等の調整 研究設備および装置等の使用範囲等の調整
研究計画および報告	<ul style="list-style-type: none"> 年度毎の概算要求案（年間研究計画書案、実施計画書案の策定） 研究計画の変更（実施計画書変更申請案の策定） 軽微な研究計画の変更（実施計画書変更届出書の策定） 研究経過の報告（成果報告書案、その他必要に応じた研究報告書案の策定） 研究終了報告（研究終了報告書案の策定）
研究評価	<ul style="list-style-type: none"> 研究内容の研究体内での評価 研究者の研究体内での評価
研究成果	<ul style="list-style-type: none"> 別途定める研究体知的財産権取扱規程の施行およびその遵守に関する指導管理 論文発表等による公開を、知的所有権による保護に優先させるか否かの判断
第三者との共同研究、研究者等の招聘	<ul style="list-style-type: none"> 第三者との共同研究の実施と管理（①共同研究および共同研究契約に対する要望事項の取り纏め、②共同研究契約書案の策定、③各種報告書案の策定） 外部研究者（産総研、大学、企業等）の調整および

	選任
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・ 研究体の研究活動推進のための総合調整 ・ 経済産業省、NEDO、大学、企業に置かれた各種関係会議への対応、総括 ・ ワークショップ、シンポジウム等、事業計画の策定および実施

2.2.3. 技術推進委員会の開催

事業開始（平成 25 年 6 月）以降、約 2 年間の進捗状況を把握するとともに、今後の事業の推進判断に資することを目的として開催した。その開催内容を以下に記した。

【第 1 回技術推進委員会】

- ・ 実施時期： 平成 27 年 3 月 18 日
- ・ 評価方法： 外部有識者による評価（表 2.2.3-1）
- ・ 事務局： NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部
- ・ 評価項目、基準： 1)事業の位置付け・必要性
2)研究開発マネジメント
3)研究開発成果
4)実用化

表 2.2.3-1 第 1 回技術推進委員会外部有識者委員

	氏名	所属	役職
委員長	吉川 暹	国立大学法人京都大学	名誉教授
委員	太和田 善久	国立大学法人大阪大学 日本太陽エネルギー学会	招へい教授 会長
委員	工藤 一浩	国立大学法人千葉大学 大学院工学研究科	教授
委員	芋生 誠	鹿島建設株式会社 環境本部	専任役
委員	石田 建一	積水ハウス株式会社 環境推進部・温暖化防止研究所	環境推進部長 兼 温暖化防止研究所長

2.3 研究の運営管理

CEREB Aでは理事会、運営委員会、技術委員会を設置し、事業の運営管理をCEREB A外からも管理する体制をとっている。

理事会は、組合員理事で構成され、事業の進捗状況の妥当性、重要な設備投資、運営の妥当性等の最終的な判断をしている。

運営委員会は、CEREB Aと各組合員からなる運営委員で構成され、毎月開催し、日

常的に運営状況の妥当性を判断する。

技術委員会は、CEREBAと各組合員からなる技術委員で構成され、毎月開催し、研究進捗状況の妥当性の判断と研究開発の推進を行っている。下部に、4つの委員会をもつ。

- ・アドバイザー委員会
…ユーザー7社との摺合せの場であるアドバイザー委員会の企画・運営を討議する。
- ・国際標準化委員会
…有機薄膜太陽電池、フレキ、バリアといった分野の国際標準化活動へのCEREBAの関わり方を討議する。
- ・基準素子評価委員会
…基準素子策定や評価手法について討議する。

また、学会など外部発表等については、報告内容を技術委員会にて精査し、組合内稟議を経て認可を与えた。

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

1)研究開発マネジメント

材料メーカーが共通して活用できる材料評価基盤を構築するには一材料メーカーの力では非常に困難なことであり、競合する材料メーカーが参画する体制を構築する必要があった。また材料開発に関わるプロジェクトにユーザー技術者が参加する体制を構築する必要があった。

平成22年度からスタートした先行するプロジェクト「次世代材料評価基盤技術開発/①有機EL材料の評価基盤技術開発」に引き続き、本プロジェクト「次世代材料評価基盤技術開発/②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発」を立ち上げ、本プロジェクトでは、先行するプロジェクトのインフラ及び技術のシナジーを最大限に活用した。

また、研究開発を加速できる大学陣との共同実施体制を構築した。事業開始時の国立大学法人九州大学、公益財団法人九州先端科学技術研究所、国立大学法人山形大学、国立大学法人京都大学に加え、平成27年度からは新たに国立大学法人京都大学化学研究所（構造有機化学研究領域、分子材料化学研究領域）、国立研究開発法人物質・材料研究機構の3機関を追加し、研究開発を加速した。

2)運営マネジメント

各種委員会の実施により、組合員（材料メーカー、産業技術総合研究所）、大学陣およびユーザーとの連携強化を行った。

3)知的財産マネジメント

材料評価に関わる知的財産はCEREBA、開発材料に関する知的財産は材料メーカーに帰属するとし、知的財産の保護と事業化を推進した。

工業所有権情報・研修館（INPIT）の知財プロデューサー派遣制度を活用し、知財プロデューサーとCEREB A 研究員による戦略マップ作成を推進している。

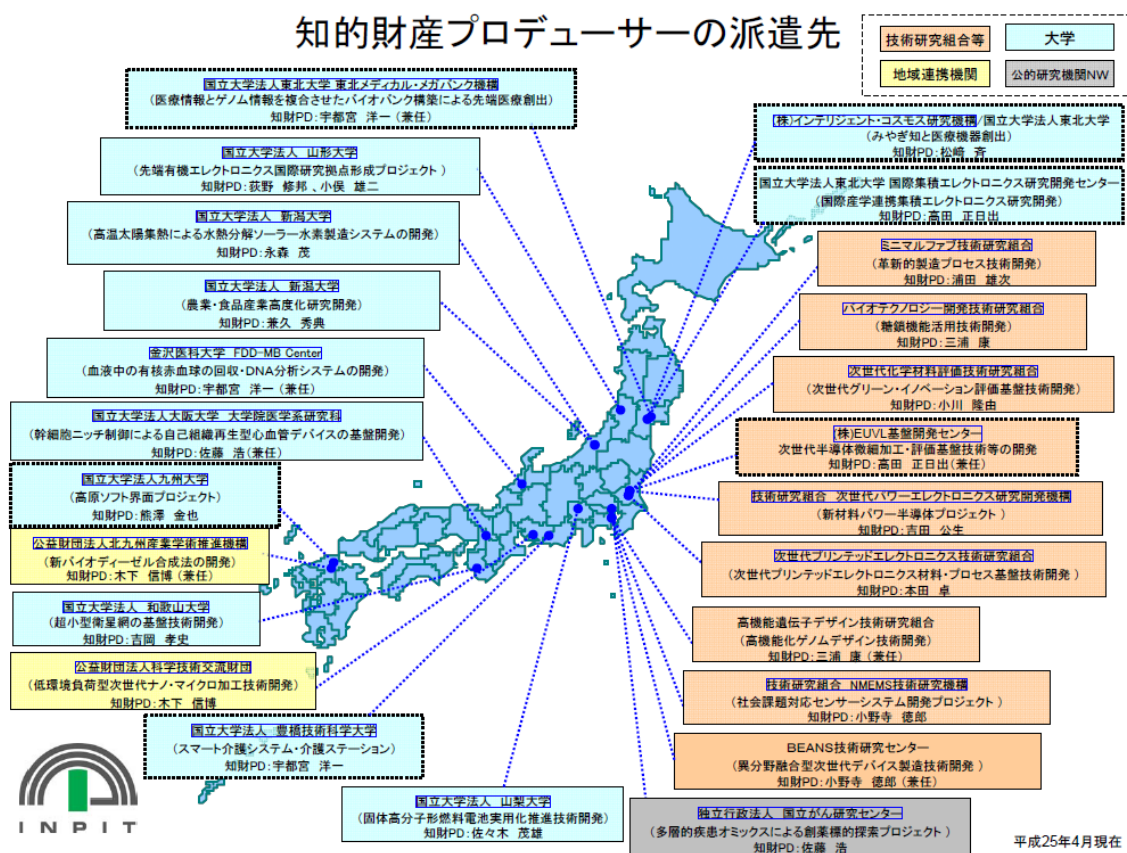


図2.4-1 知財プロデューサーの派遣先

4) 関連する他のNEDOプロジェクトとの連携

- ・次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER A）、CEREB A 及び産総研の3機関共同で、プリンテッドエレクトロニクスの国際標準化事業（三菱総研の「省エネルギー等国際標準開発事業」の委託）に取り組んでいる。第一期（平成24年度-26年度）は材料（インク・基材）を中心に進めた。第二期（平成27年度から）は設計ルールや製造などについて取り組む。
- ・CEREB A 主催、JAPER A 協賛で「国際標準化講演会」を2015年2月に開催した。講師は経済産業省産業技術環境局基準認証政策課 佐藤文一課長で、タイトルは「研究開発と標準化について」であり、講演後質疑を行った。
- ・JAPER A と LIBTEC と個別に、「知財マネジメント（オープン&クローズ戦略）、特許帰属の考え方や特許活用、特許出願状況と課題など」について意見交換を行った。2014年5月、12月。
- ・CEREB A、JAPER A の共催で「知財講演会」を2014年7月に開催した。講師は、知財立国研究会の主宰者であるヘンリー幸田先生で、タイトルは「日本企業のための理想的知財戦略～パテント強国アメリカ 秘密の知財戦略～」であり、講演後質疑を行った。

- ・27年度開始の新エネ部プロジェクト「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」との積極的連携を推進する。

5) 実用化につなげるマネジメント

本事業の成果の実用化を「研究開発成果である『基準素子を活用した材料評価基盤技術』が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること」と定義し明確化することで、実施者である CEREB A と組合員と実用化イメージを共有している。

また、実用化に向けて、次の3ステップを考え、それぞれ「共通のものさしの開発」「ものさしの検証」「ものさし利用の仕組みと更新」とし、実施者である CEREB A、プロジェクトリーダー及び NEDO で、プロジェクト終了後の体制構築までを含めた検討を既に開始している（図2.4-2）。

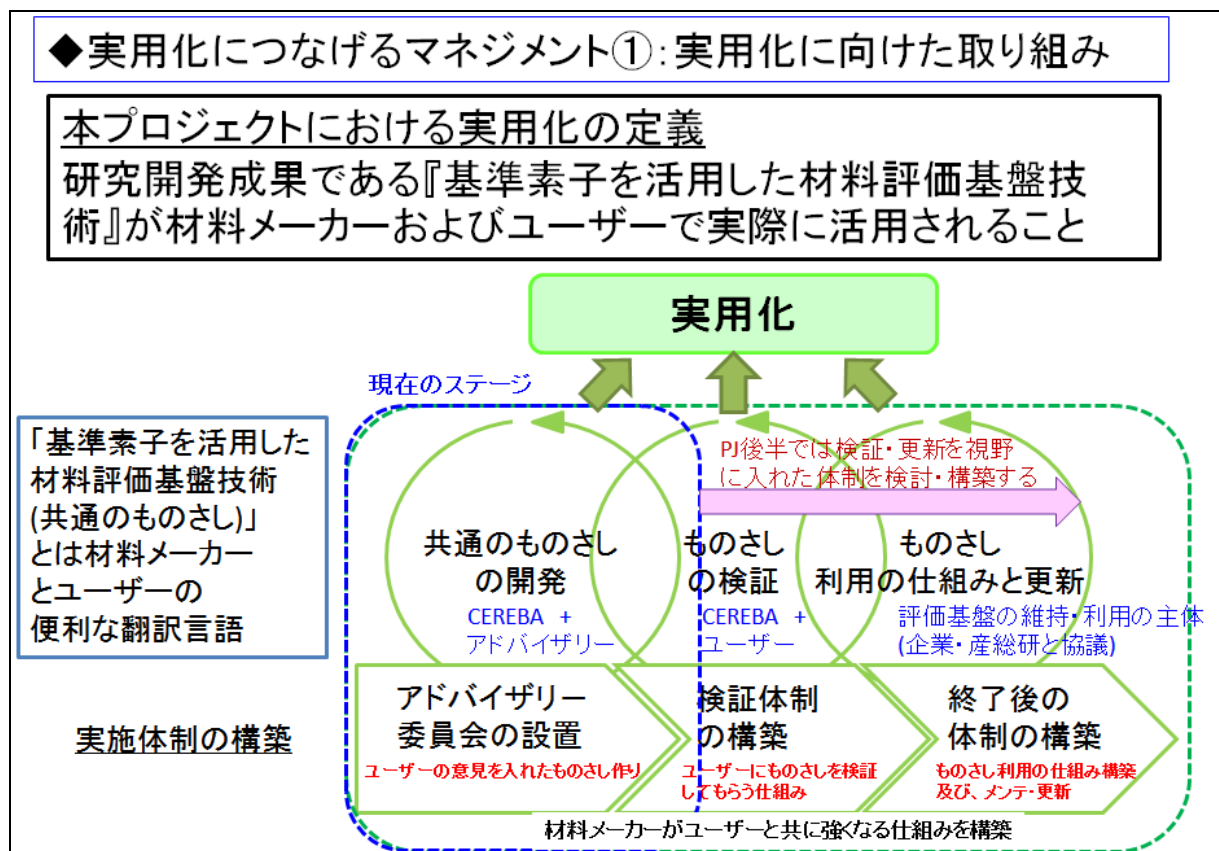


図 2.4-2 実用化に向けた取り組み

平成26年度に本格的にアドバイザリー委員会を立ち上げ、ユーザー側の視点を積極的に取り入れ、ユーザーにも活用されやすい評価手法の開発、アプリケーションを想定した評価手法の開発を行うとともに、今後はユーザーであるアドバイザリー委員の各社に実証や共同研究等の形で積極的に参画を促していく予定である。これらの取り組みにより、実用化を促進する。

成果のドキュメント化を行うことで、実用化の一番の担い手である材料メーカーへの技術移転を、事業期間中から実施している。また、今後成果ドキュメントの一部を

ユーザーと共有するオープン評価書の作成を行う。

戦略を立てるために必要な事業・研究・標準化等に関する調査をCEREBEAが行い、組合員に提供することで、組合事業をサポートし、成果活用を場を拡げる(図2.4-3)。

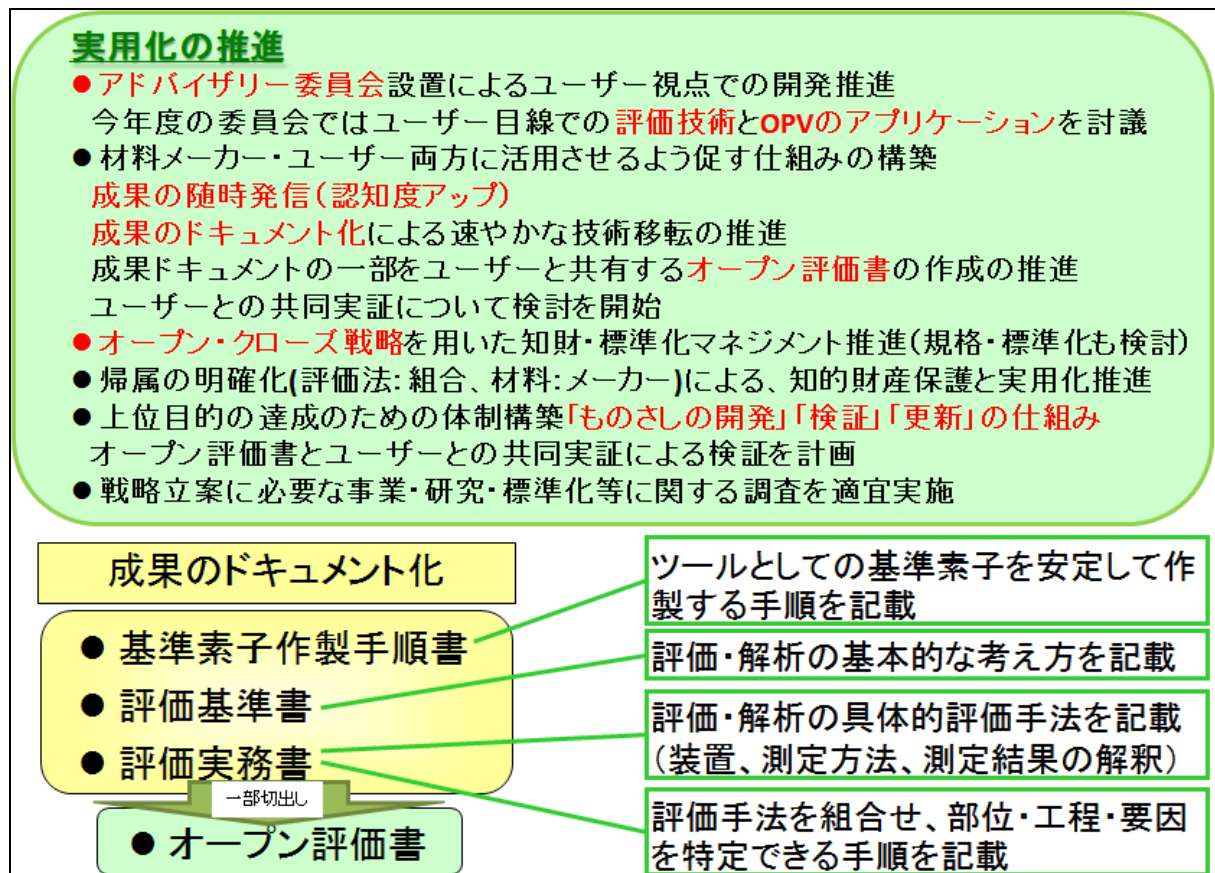


図2.4-3 実用化に向けた具体策の推進

以上のように、NEDOの研究開発成果の実用化に向けたマネジメントは妥当であった。

3. 情勢変化への対応等

情勢変化への対応として、3.1.外部有識者の意見の反映、3.2.NEDO追加配分による研究開発の加速、3.3.体制の変更、の3つの対応を実施した。

3.1. 外部有識者の意見の反映

Ⅱ.2.2.3.技術推進委員会でも記述したが、事業開始（平成25年6月）以降、約2年間の進捗状況を把握するとともに、今後の事業の推進判断に資することを目的として開催した。委員会では、

「OPV 特に、ペロブスカイト型太陽電池の効率は大幅な変換効率向上が見られている。一方で、特性劣化、寿命に関しては未だ不明点が多い。本プロジェクトは、その課題点の解決に向け、基礎物性、性能評価手法の基盤技術を確立するものであり、事業の位置付け、必要性について高く評価できる。」

「製品の対象出口を定め、ユーザーとの連携を推進すること。その際、有機薄膜太陽電池製造メーカーだけでなく、エンドユーザーも重視すること。」

「有機系太陽電池実用化の最大の課題は劣化・寿命であり、優先順位をつけてそのメカニズムも含め重点的に取り組むこと。」

との評価およびコメントを受けた。

評価を受けて、NEDO、プロジェクトリーダー、CEREBA で協議を行い、成果の有効活用を目指し、下記の研究開発への反映を行うことにした。

- ・ 評価基盤の実用化に向けて、技術開発だけでなく、検証、体制づくりも含めた取り組みを検討する。
- ・ アドバイザリー委員会に最終ユーザーを加える。
- ・ 有機薄膜太陽電池についてアドバイザリー委員会を活用し出口を想定する。
- ・ 出口（アプリケーション）を考慮した評価技術を具体化して進める。
- ・ バルクヘテロ型、ペロブスカイト型別の評価内容の精査を行い、優先順位付けを実施する。
- ・ メカニズムも含めた信頼性・寿命の評価技術及びアプリケーションを考慮した評価に注力をする。

◆外部有識者の意見をプロジェクトマネジメントに活用

NEDO電子材料部主催で「技術推進委員会」を平成27年3月18日に開催。評価基盤の具体的取組みに関する外部有識者の意見を反映させた。

技術推進委員会（敬称略）

委員構成	氏名	所属・役職
委員長	吉川 暹	京都大学名誉教授
委員	太和田 善久	大阪大学特任教授 太陽エネルギー学会長
委員	工藤 一浩	千葉大学大学院工学研究科教授
委員	芋生 誠	鹿島建設(株) 環境本部専任役
委員	石田 建一	積水ハウス(株) 環境推進本部長 兼 温暖化防止研究所長

【委員会の提言と対策】

項目	委員会提言	対策方針
PJ全体	OPV特にペロブスカイト型の効率向上は目覚ましい。一方で、特性劣化、寿命に関しては未だ不明点が多い。本プロジェクトは、その課題点の解決に向け、基礎物性、性能評価手法の基盤技術を確認するものであり、事業の位置付け、必要性について高く評価できる。	評価基盤の実用化に向けて、技術開発だけでなく、検証、体制づくりも含めた取り組みを検討する
ユーザーとの連携	製品の対象出口を定め、ユーザーとの連携を推進すること。その際OPV製造メーカーだけでなく、エンドユーザーも重視すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・アドバイザー委員に最終ユーザーを追加 ・OPVについてアドバイザー委員会を活用し出口を想定 ・アプリケーションを考慮した評価を具体化
優先順位	有機系太陽電池実用化の最大の課題は劣化・寿命であり、優先順位をつけてそのメカニズムも含め重点的に取り組むこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・バルクヘテロ型、ペロブスカイト型別の評価内容の精査を実施し、優先順位付けを実施。 ・メカニズムも含めた信頼性・寿命の評価技術及びアプリケーションを考慮した評価に注力。

図 3.1-1 技術推進委員会の反映

3.2. NEDO 追加配分による研究開発の加速

平成 26 年度には、「ハイブリッド有機薄膜太陽電池（ペロブスカイト型太陽電池）の評価」に関わる研究開発、実用化を促進させるために追加配分を実施した。

当初より、有機／無機ハイブリッド材料による太陽電池の評価技術開発は実施計画に盛り込まれていたが、国際的な動向を鑑み、競争力強化に資する評価基盤を実現するためには、ペロブスカイト型太陽電池の研究計画を前倒し、開発目標値を引き上げる必要が生じた。

ペロブスカイト型太陽電池は、2014年にはSi太陽電池の効率に迫る世界最高17.9%の効率が報告され、20%が視野に入る急激な技術進展が見られた。中国、韓国、英国がトップグループを形成しており、早急に対応しなければ手遅れになる可能性が高い。

本分野の進捗として、当初、色素増感太陽電池の一種と考えられていたペロブスカイト構造の太陽電池が、色素増感太陽電池では必須であるTiO₂なしでの発電が示された(2013年)ことから、別種の太陽電池であることが分かった。これにより、有機薄膜太陽電池の発電層として応用が可能になるというブレークスルーがあった。その結果、最初に太陽電池に応用した桐蔭横浜大学、オックスフォード大学、ケンブリッジ大学のトップグループはじめ、有機分子の蒸気利用で効率12%を達成のUCLA、鉛の代わりに錫を用いたノースウェスタン大学、高効率の原因を示した成均館大学、2段階蒸着法で15%を達成したEPFL、国内で12%レベルを達成している京都大学、兵庫県立大学などが、鉛の有無、TiO₂の有無、TiO₂の種類、蒸着、塗付、基板（ガラス・フレキ）などの、異なる材料・構造・作製手法で高効率化を目指したペロブスカイト型太陽電池開発に

しのぎを削っている。

ペロブスカイト型太陽電池が実用化されるためには、メカニズムも含めた寿命や信頼性の評価を実施し、これを材料及びデバイス設計にフィードバックしていく必要がある。本追加配分は、これに対応したものであり、ペロブスカイト型基準素子作製だけでなく、加速寿命等の評価技術の強化および劣化メカニズム解析に必要な評価・解析システムを拡充したものである。

一方、本プロジェクトの対象であるもう一つの有機薄膜太陽電池であるバルクヘテロ型有機薄膜太陽電池は、透過性、着色可能という意匠性の面でこれまで使用されなかった用途、例えば透過型フェンスや、広告、ファッションナブルな商店のガラス面、Bosh とダイムラーが共同して提案している車載用などに利用可能であり、ペロブスカイト型太陽電池との住み分けが可能である。

両者は、軽量、フレキブルという共通の特徴を持ち低コスト化が可能でありながら、意匠性に優れ新用途開拓が期待できるバルクヘテロ型、高効率で Si 系太陽電池の置き換えまで視野に入るペロブスカイト型と、それぞれ特徴を生かした市場ポジションを形成することが期待できるため、ペロブスカイト型太陽電池の評価基盤を加速的に構築することと、バルクヘテロ型太陽電池の評価基盤を計画に沿って構築することは並行して実施されなければならない。

本追加配分により、安定的に変換効率 8%~12%を達成するペロブスカイト構造のハイブリッド材料基準セル設計および作製手法の確立を行い、さらに平成 27 年度以降加速寿命等の評価技術および劣化メカニズム解析に注力していく。

追加配分の実績を図 3.2-1 に示す。

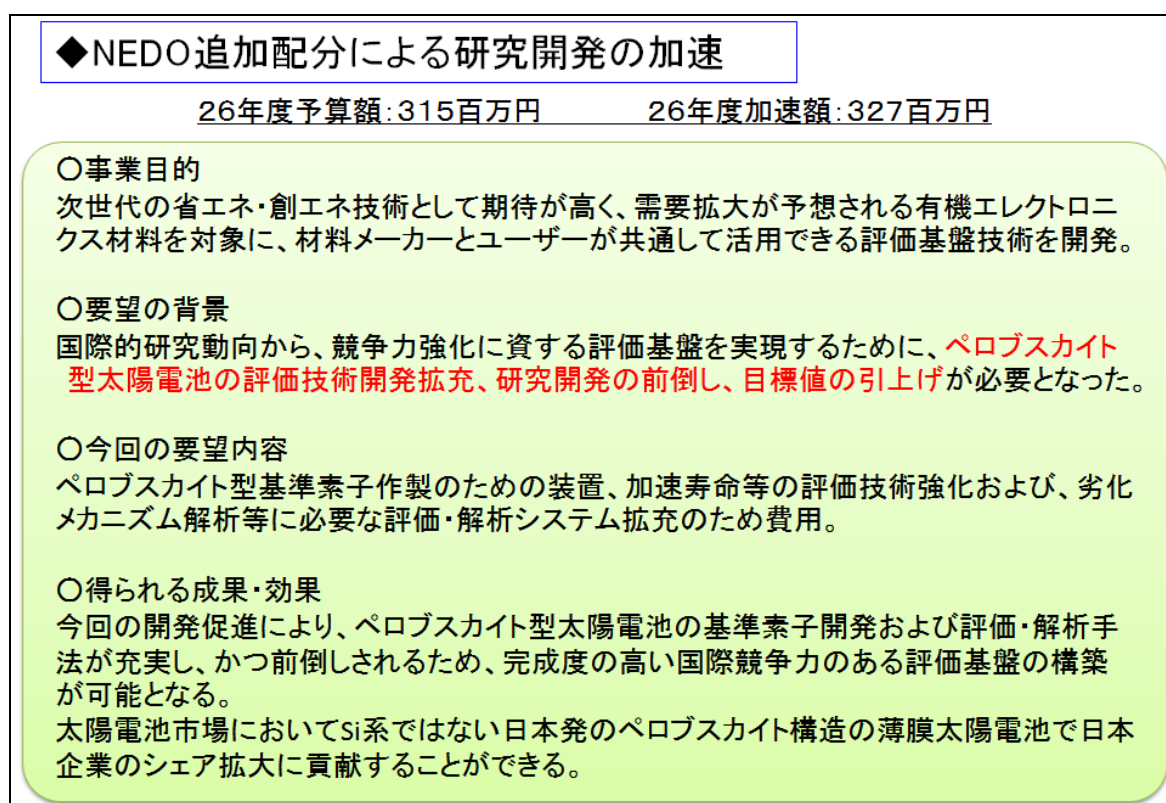


図 3.2-1 NEDO による追加配分

3.3. 体制の変更

体制の変更として以下のことを行った。

- ・ パネルメーカー出身のサブプロジェクトリーダーの設置
- ・ プロジェクトの実施体制として、事業の目標達成を加速するために、優れた技術・知見を有する大学陣等を共同実施先として平成 27 年度から追加した。

4. 評価に関する事項

NEDO は、国の定める技術評価に係わる指針及び NEDO が定める技術評価実施要領に基づき、技術的及び実用化の観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、事前評価、中間評価、事後評価を実施する。

平成 25 年度に実施した事前評価の結果は、事前評価書を参照（添付資料 4）

中間評価は平成 27 年度に実施し、中間評価の結果を踏まえて、事業の加速、縮小、中止等の見直しを迅速に行う。

事後評価は平成 30 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に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 評価基盤技術開発の全体像

1.1. 事業全体の成果

表 1.1-1 は基本計画の中間目標と項目ごとの達成度である。計画の項目ごとの流れを、図 1.1-1 に示す。素子を形成するために必要な基礎物性の評価技術を開発、蓄積し、それを活用しながら材料評価基盤確立の核となる安定作製可能な基準素子群を開発する。これらの基準素子を介して基本性能、信頼性、および、実使用上で要求される性能を評価することにより材料評価技術の構築をめざす。特に、有機機能材料の特徴を鑑み、フレキシブル化を念頭にした周辺材料の評価も併せて実施する点に特徴がある。

平成 27 年度末の中間目標「ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。」は、表 1.1-1 に示す個別目標の達成状況を鑑み、達成の見込みである。

表 1.1-1 項目別達成度

項目	27年度目標	達成見込	
1.有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発	1-(1) バルクヘテロ基準素子作製&評価技術の開発	・効率>5% 逆構成素子作製手法確立 ・熱・光劣化評価手法の確立 ・フレキシブル基準セルの安定的作製手法の確立 ・機械的物性評価課題抽出	◎
	1-(2)ペロブスカイト基準素子作製&評価技術の開発	・効率8-12%ペロブスカイト素子作製手法の指針の確立 ・光・水・酸素の複合影響評価手法の確立	○
	1-(3)周辺部材の性能・寿命評価技術の開発	・OTR<10 ⁻¹ WVTR<10 ⁻³ のバリア性評価技術の確立 ・酸素・水蒸気透過度とフレキシブル基板の寿命との相関の明確化	○
	1-(4)フレキシブル基準素子作製技術の開発 (ペロブスカイト&バルクヘテロ)	・安定的に効率5-7%ペロブスカイト基準素子および安定的に効率3-5%バルクヘテロ基準素子作製手法確立	○
2. 使用環境別試験方法の検討	2-(1)寿命予測を可能にする試験方法の検討	・寿命評価条件の最適化および寿命支配因子の抽出 Multi-Sunによる劣化促進試験技術の確立	○
	2-(2) 実使用環境における新規試験の開発	・想定使用環境に対応した劣化試験法策定 ・絶対値分光感度測定装置評価試験方法の確立	○
3.基礎物性評価技術の開発 (解析)	3-(1) エネルギー準位状態評価技術の開発 (膜物性評価)	・LUMO測定データ蓄積及び評価技術の確立 ・接合界面測定の課題抽出	○
	3-(2) 電荷トラップ状態評価技術の開発 (構造の評価)	・分子配向太陽電池の基準セル作製手法確立 ・3種基準セル構成材料のTSC評価	○
	3-(3)キャリア状態解析技術の開発 (動作特性解析)	・熱劣化とキャリアダイナミクスの相関評価技術の確立	○

最終目標である効率10%以上の基準素子の安定作製に成功

パネルメーカーユーザーとの協業による実使用環境評価への取組み

◎: 中間目標以上達成見込み
○: 中間目標達成見込み

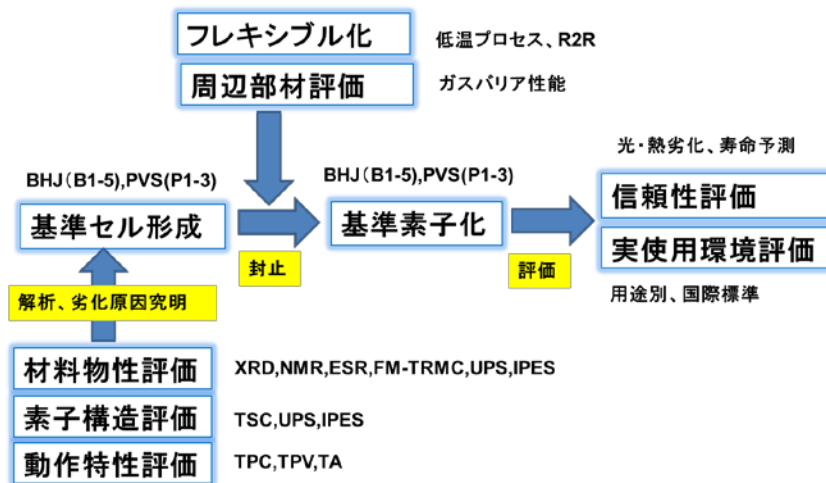


図 1.1-1 実施項目の流れ

1.2. 中間目標の達成と成果の意義

1.2.1. 背景と対象太陽電池

現在 Si 系の太陽電池が 90%以上のシェアを占めており主に系統連系用途に用いられている。研究開発が進められている有機系の薄膜太陽電池においては、フィルムが基板に用いられており、軽量化、フレキシブル性や低コストで優位性がある。

本プロジェクトでは薄膜有機太陽電池の内、意匠性や波長選択性などの機能性で新市場開拓が期待されるバルクヘテロ接合素子と、近年の急激な性能の進展で効率が 20%超えのペロブスカイト素子の評価・解析技術を開発し、評価基盤を構築することで、事業化に寄与することを意図している。図 1.2.1-1 に本プロジェクトの検討対象太陽電池を含む太陽電池の関連図を示す。

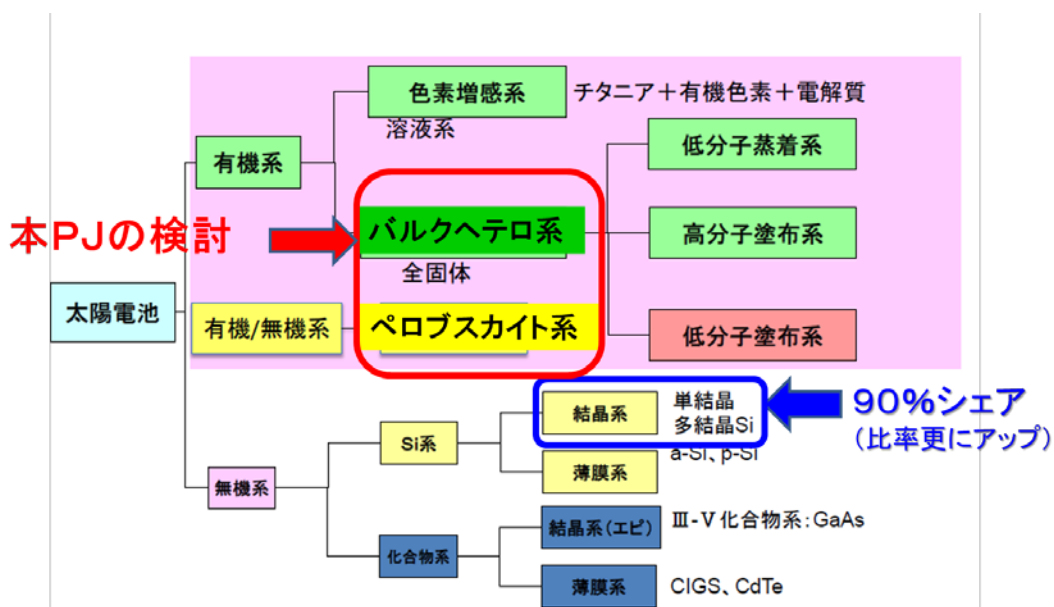


図 1.2.1-1 本プロジェクトの検討対象太陽電池

1.2.2. 戦略と戦術

図 1.2.2-1 に各太陽電池の特徴一覧を示す。

モジュールコストおよび効率の状況と、有機薄膜太陽電池における軽量、薄膜という基本的な特徴に加え、バルクヘテロ接合太陽電池では意匠性や機能性を活かした新規市場を、ペロブスカイト太陽電池では、太陽光発電開発戦略[1]（NEDO PV Challenges）で¥7/kWhの根拠とされた低コストによる系統連系発電の用途を設定した。いずれも重量などの理由で従来設置できなかった場所への展開が開けたことは今後のアプリケーション開発にとって大きな原動力となる。

材料による分類	小分類	市場シェア 2014 ²⁾ %	現状の変換効率 ¹⁾ モジュールセル	モジュールコスト ¹⁾ \$/Wp	特徴課題	
シリコン	単結晶	90.1 ↑	22.7	27.6	0.6 ²⁾	高効率、安定、資源多消費に難
	多結晶		17.0	20.4		高効率、安定、資源多消費に難
	薄膜Si	2.0 ↓	10.4	13.4	<0.6	低コストで大面積可、薄膜&軽量、低効率、光劣化(⇔結晶混合)
化合物半導体	III-V	—	36.1	30.8	—(高い)	超高効率(宇宙用)、高コスト、資源問題に難
	CIGS	2.9	13.6	20.4	0.99	薄膜&軽量、高コスト、大面積効率難
	CdTe	4.7	14.4	18.7	<0.67 ⁴⁾	低コスト、Cd問題(⇔リサイクル&市場限定)
有機太陽電池	色素増感	—	—	11.4	<0.3	低コスト、薄膜&軽量、色低効率、液体使用
	バルクヘテロ	—	—	11.1	<0.3 ⁵⁾	低コスト、薄膜&軽量、色低効率、光劣化
	ペロブスカイト	—	—	20.1	<0.3	低コスト、高効率、薄膜&軽量、課題大(安定性、鉛)

戦略
新市場創出
7円/kWh PV challenge
UP可能性大

有機太陽電池以外は発電体自身は寿命・耐久性問題無

1) M.A.Green et al. Solar cell efficiency
 2) 資源総合システム“太陽光発電マーケット2013”
 3) NREL 4) First Solar Inc. In wikipedia.org
 5) AIST Report 6) Heliatec Report

図 1.2.2-1 各種太陽電池の特徴

評価基盤構築においては、基準セル（Standard cell）及び基準素子（封止された Standard cell）を用い評価手法の確立を目指す。技術開発ステージの進んでいるバルクヘテロ接合素子においては、評価用基準素子の安定作成と劣化解析に加え、出口（アプリケーション）を明確にし市場での実用評価を行い、ペロブスカイト素子に於いては劣化評価と解析に重点を置いた評価を行っている。

図 1.2.2-2 に本プロジェクトの基本戦術を示す。

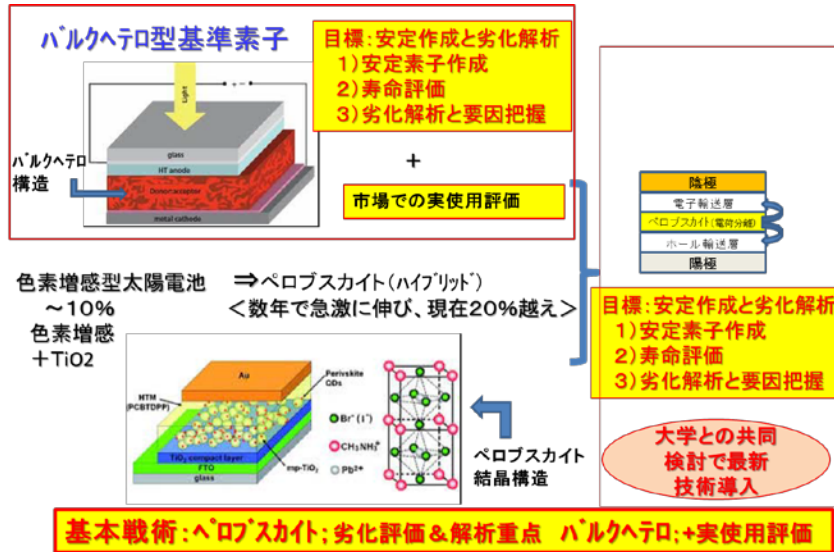


図 1.2.2-2 本プロジェクトの基本戦略

中間目標および基準素子・セルと評価の関係を図 1.2.2-3 に示す。

本プロジェクトにおける基準素子は、材料メーカーとユーザーが共通に評価のために用いる素子であり封止を有する。基準セルは、同じ目的であるが封止のないものを指し、発電層および正孔/電子輸送層、集電電極の劣化に注目した評価を行うために用いる。

実用化に活用されることを念頭に置いているため、最終的に R2R プロセスへの対応が必要であり、その前段階でフレキシ基板での評価、さらにその前の段階でのガラス基板での評価を行い、それぞれの段階での材料および素子の評価を行う。

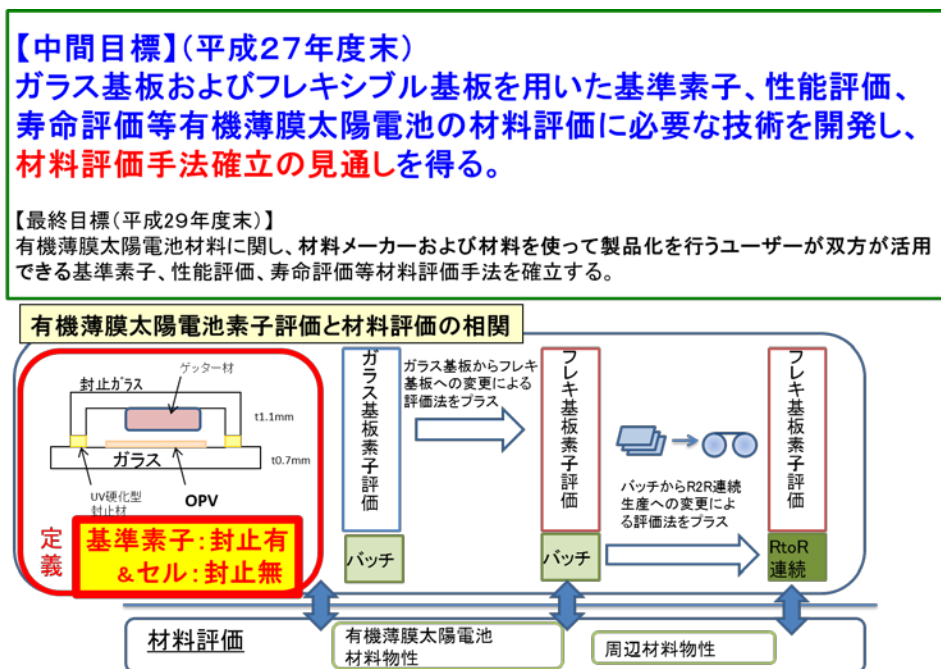


図 1.2.2-3 中間目標と基準素子・セルと評価

本プロジェクトの目標実現のため、産総研つくば内に拠点を有する CEREBa は産総研太陽光発電センターと連携し評価基盤構築を進めると同時に、それぞれの得意とする分野、領域で各大学と共同実施、共同研究を進め、評価技術の確立および現象の解析を行っている。さらに先行している研究開発項目①有機 EL 材料の評価基盤技術開発におけるバリア評価技術、解析技術、フレキ関連の技術を導入しシナジー効果を発揮している。

また外部の有識者にアドバイザーを委嘱しユーザーからの意見の取り込みを図っている。特にバルクヘテロ接合太陽電池の実試験は外部ユーザーとアドバイザー委員の構成で実現し、実施に即した試験を検討中である。

図 1.2.2-4 に中間目標実現のためのスキームを示す。

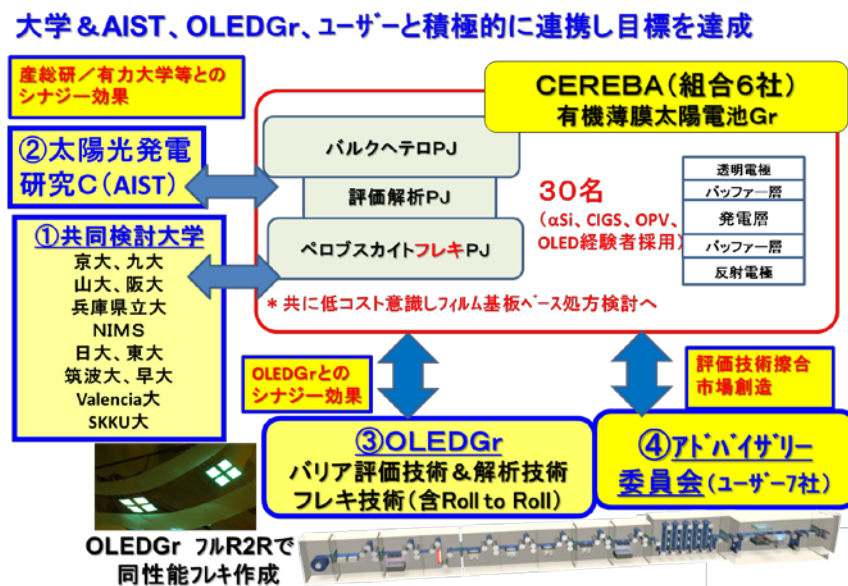


図 1.2.2-4 中間目標実現スキーム

次世代化学材料評価技術研究組合(CEREBa)は、一般の研究開発組織とは若干異なる成果を目指している。有機系太陽電池の領域において代表的な太陽電池となっているバルクヘテロ接合太陽電池と有機/無機ハイブリッド太陽電池(ペロブスカイト太陽電池)を対象として評価技術の開発を進めてきた。これらの素子に対する CEREBa の取り組み姿勢を表 1.2.2-1 に示す。

表 1.2.2-1 業界および学会の研究開発動向と CEREBA の取り組み姿勢

	項目	業界および学会の動向	CEREBAの基本戦略と取り組み
ペロブスカイト 太陽電池	変換効率	$\eta > 20\%$ 、記録更新中	基準素子の安定作製技術確立を優先
	信頼性	情報不足、見解が分かれる	系統的な信頼性試験を実施 実用面での見極め
	フレキシブル化、 低温プロセス	一部で試作例	低温プロセスを中心課題に設定
	その他： 非鉛化	複数の非鉛化材料の提案あり	必須と判断 共同研究等で評価基盤構築をめざす
バルクヘテロ接合 太陽電池	変換効率	$\eta > 10\%$	必要基準素子を設定。高レベルを維持
	信頼性	研究あるが体系化されていない	系統的データ蓄積 解析技術駆使して劣化解明に取り組む
	フレキシブル化、 低温プロセス	多くは、フレキシブル化に対応可	フレキシブル化実施 性能面やプロセス面の課題を抽出
	その他： 製品応用分野	潜在市場で要求性能が不明確	アドバイザー委員会等を通じ、実用的評価 技術を模索

各素子については単なる光電変換効率の向上にとどまらず、評価のための安定的作製技術の確立を優先して取り組むとともに、光や熱に対する信頼性評価に重点的に取り組んできた。また、業界の流れである R2R を可能とする低コスト化、フレキシブル化が可能な低温プロセスを前提として検討を進めている。さらに、バルクヘテロ接合太陽電池では製品の応用分野をにらんだ実用性能評価を、ペロブスカイト太陽電池については、非鉛化への取り組みをそれぞれ重要な項目として取り組んできた。

本プロジェクトにおける重要な位置を占める基準素子(セル)の評価スキームを図 1.2.2-5 に示す。

設計作製された基準素子はバルクヘテロ接合太陽電池 5 系統、ペロブスカイト太陽電池 3 系統に及ぶ。

いずれも基本的に同じ仕組みで、初期評価を経て劣化評価がなされる。そのためそれぞれの素子の各種評価条件が同じになり、評価・解析の精度・効率の向上に寄与している。

基準素子(セル)を基本評価&解析

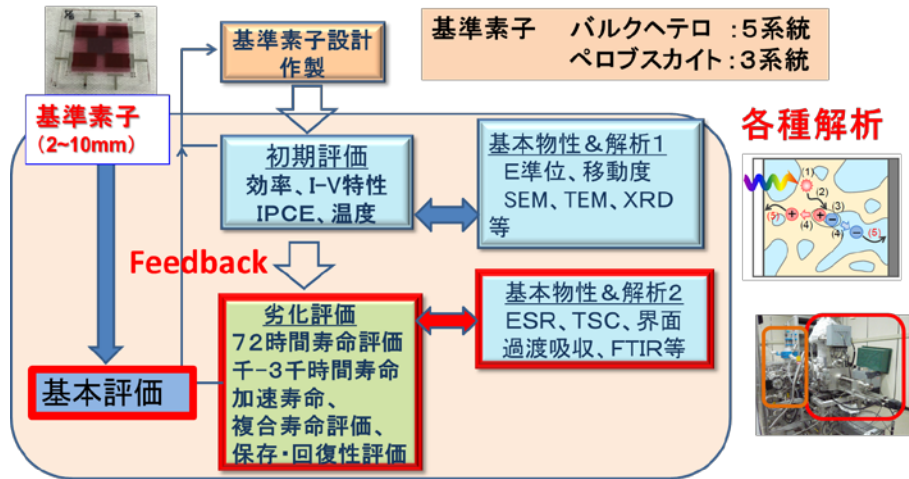


図 1.2.2-5 基準素子 (セル) の評価スキーム

参考文献

[1] <http://www.nedo.go.jp/content/100575154.pdf>

1.2.3. 実施計画と状況

図 1.2.3-1 にガラス基板とフレキシ基板に分類した時の実施計画を、表 1.2.3-1 に技術カテゴリー別の 27 年度目標と達成状況および図 1.2.3-1 との関係を色付き矢印で示す。

表 1.2.3-1 及び図 1.2.3-1 の青色、桃色、緑色、橙色の各矢印はそれぞれ、ペロブスカイト太陽電池の技術開発関連、バルクヘテロ接合太陽電池の技術開発関連、寿命評価関連、解析関連を示している。

世の中のペロブスカイト太陽電池の研究開発状況を鑑み中間評価までにペロブスカイト素子作製および評価関連の前倒しと強化を図った。

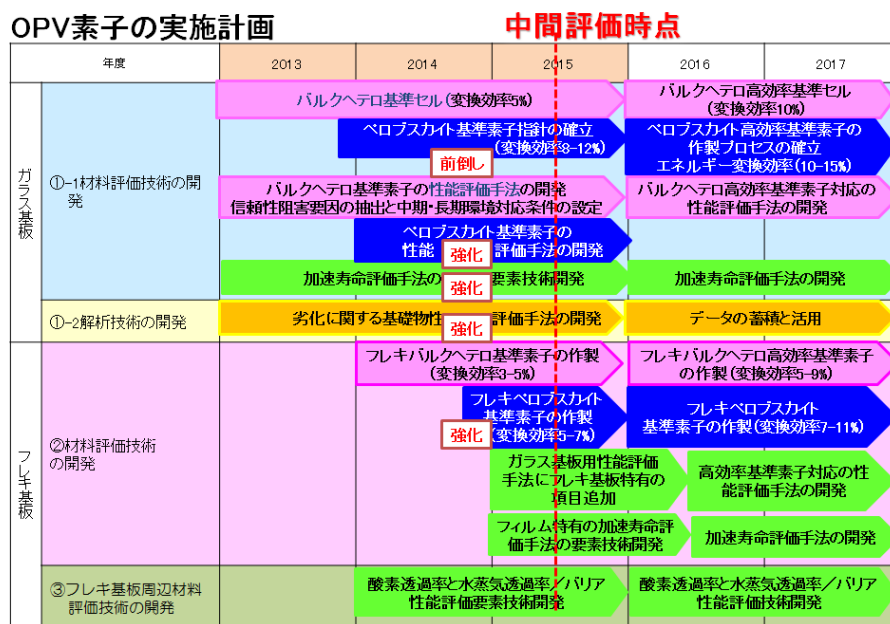


図 1.2.3-1 実施計画

表 1.2.3-1 技術カテゴリー別の 27 年度目標と達成状況

項目	27年度目標	達成見込	
1.有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発	1-(1) バルクヘテロ基準素子作製&評価技術の開発 バルクヘテロ	・効率>5% 逆構成素子作製手法確立 ・熱・光劣化評価手法の確立 ・フレキシブル基準素子の安定的作製手法の確立 ・機械的物性評価課題抽出	◎
	1-(2)ペロブスカイト基準素子作製&評価技術の開発 ペロブスカイト	・効率8-12%ペロブスカイト素子作製手法の指針の確立 ・光・水・酸素の複合影響評価手法の確立	○
	1-(3)周辺部材の性能・寿命評価技術の開発 評価関連	・OTR<10 ⁻¹ WVTR<10 ⁻³ のバリア性評価技術の確立 ・酸素・水蒸気透過度とフレキシブル基板の寿命との相関の明確化	○
	1-(4)フレキシブル基準素子作製技術の開発 (ペロブスカイト&バルクヘテロ)	・安定的に効率5-7%ペロブスカイト基準素子および安定的に効率3-5%バルクヘテロ基準素子作製手法確立	○
2. 使用環境別試験方法の検討	2-(1)寿命予測を可能にする試験方法の検討	・寿命評価条件の最適化および寿命支配因子の抽出 Multi-Sunによる劣化促進試験技術の確立	○
	2-(2) 実使用環境における新規試験の開発	・想定使用環境に対応した劣化試験法策定 ・絶対値分光感度測定装置評価試験方法の確立	○
3. 基礎物性評価技術の開発 (解析)	3-(1) エネルギー準位状態評価技術の開発 (膜物性評価) 解析関連	・LUMO測定データ蓄積及び評価技術の確立 ・接合界面測定の課題抽出	○
	3-(2) 電荷トラップ状態評価技術の開発 (構造の評価)	・分子配向太陽電池の基準セル作製手法確立 ・3種基準セル構成材料のTSC評価	○
	3-(3)キャリア状態解析技術の開発 (動作特性解析)	・熱劣化とキャリアダイナミクスの相関評価技術の確立	○

最終目標である効率10%以上の基準素子の安定作製に成功

パネルメーカーユーザーとの協業による実使用環境評価への取組み

* 色はガラス・フレキに分類した線表の枠色に対応 ◎: 中間目標以上達成見込み ○: 中間目標達成見込み

1.2.4. 成果とその活用

知的財産関連は 3 件出願済 3 件出願準備中であり、今後も積極的に取得する予定である。また学会発表 6 件、シンポジウム 5 件、プレス発表 1 件、国際標準化での規格化やコンビナー就任などが成果として挙げられる。

これらの成果の活用のため今後積極的なオープン戦略をとっていく。

表 1.2.4-1 に年度ごとの成果を、図 1.2.4-1 に成果とその活用の図を示す。

この 4 象限の図は横軸に技術の利用環境（左から Open と Close）を、縦軸に情報の利用環境（上から Open と Close）を示した図である。なお Open には部分的な Open も含まれる。

左上は横軸 Open-縦軸 Open で、公開公報や学会情報など、一般的に入手可能な情報である。実施許諾される特許もこのエリアに分類される。まずはこのエリアにおいて、市場拡大のため成果の活用、有機薄膜太陽電池の有用性のアピールを積極的におこなっていく。

表 1.2.4-1 年度毎の特許、論文、外部発表の件数

	2014 年度	2015 年度	計
特許	0	6	6
学会発表	2	4	6
シンポジウム等開催	3	2	5
プレスリリース	1	0	1

オープン・クロス戦略による国際競争力アップ

知財（6件）学会発表（6件） コンフェス（5件）、プレス（1件）
 国際標準化（2件：IEC/TC113（室内評価コンテナ）とISO/TC61（パリア：IS化））

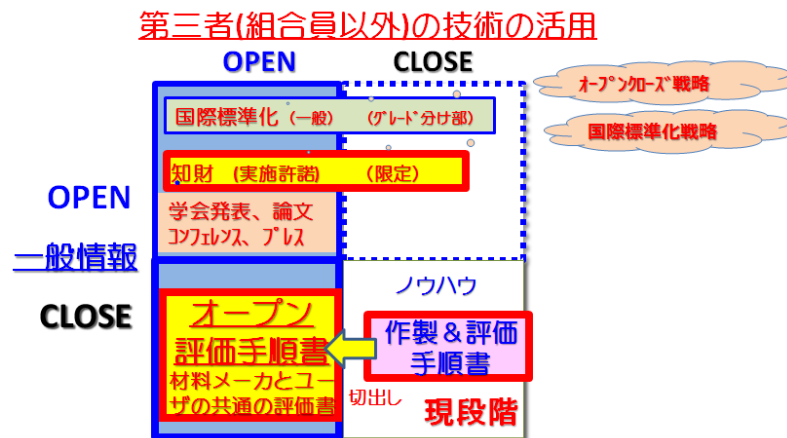


図 1.2.4-1 成果とその活用

最終的に成果に結びつく現段階の達成状況を図 1.2.4-2 に示す。

これらの技術内容が、基準素子、各種手順書、特許や論文などとして形となって活用される。

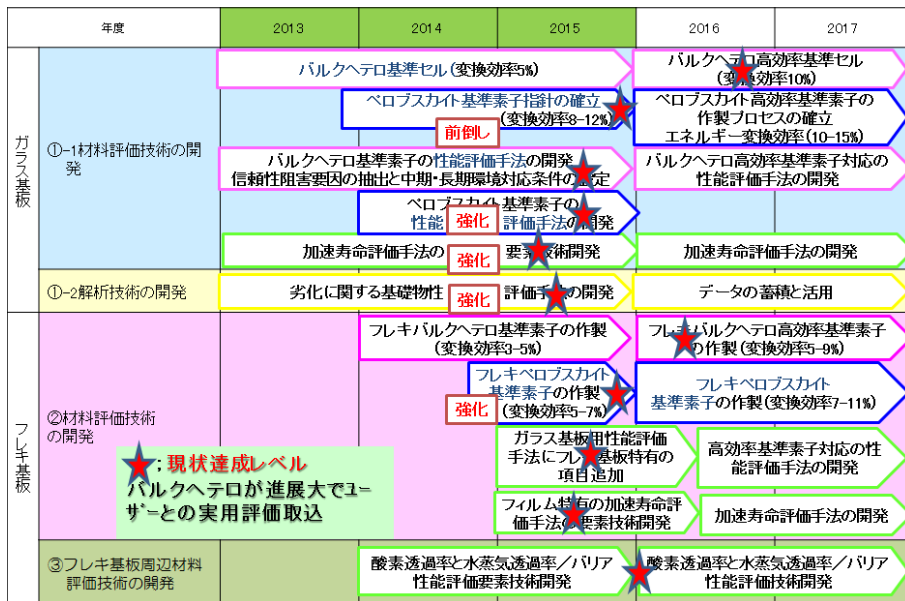


図 1.2.4-2 現段階の達成状況

今まで示したきたガラス、フレキシを軸とした開発項目とペロブスカイト太陽電池、バルクヘテロ接合太陽電池のステージを重ねた最終目標への道筋を図 1.2.4-3 に示す。

バルクヘテロ接合基準素子は従来からの技術の蓄積があるために先行しており、ガラスにおける基礎的な基準素子作製を含む評価基盤の構築から、高効率素子対応およびフレキシにおける評価基盤の構築へ移行している。

ペロブスカイト基準素子は基礎的な基準素子作製を含む評価基盤の構築を中心に評価解析に軸足を置いている。今後バルクヘテロ接合太陽電池同様、図 1.2.4-3 における青点線枠から赤点線枠へ中心が移動する。

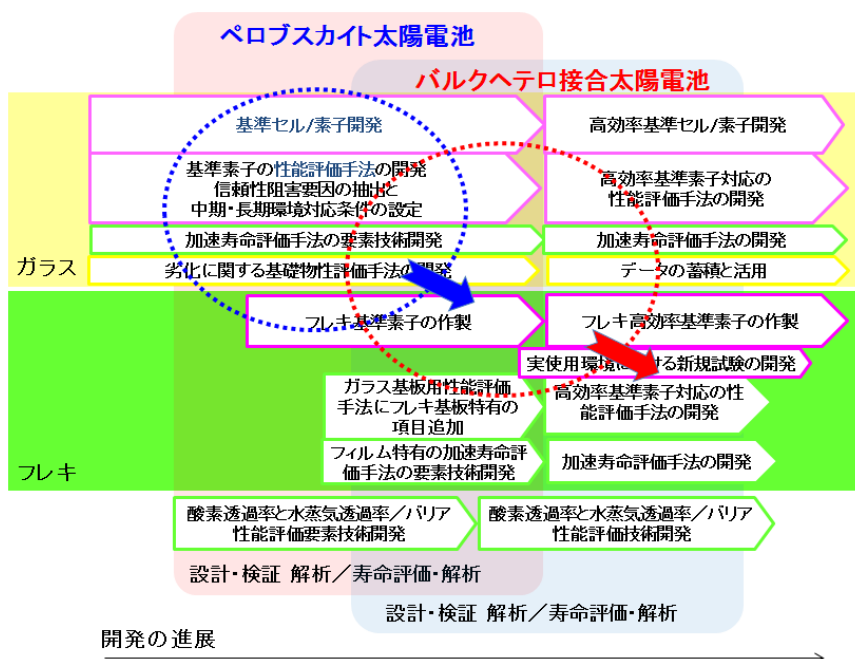


図 1.2.4-3 最終目標への道筋

1.2.5. 成果の実用化可能性

本プロジェクトにおける実用化とは

“研究開発成果である『基準素子を活用した材料評価基盤技術』（＝共通のものさし）が材料メーカーおよびユーザーで実際に活用されること”である。

実用化の定義と実用化へのスキームを図 1.2.5-1 に示す。

現在（前期）は“共通のものさし”を開発している状況である。

“共通のものさし”が材料メーカー視点の独りよがりのもとならないように、外部の有識者へアドバイザーを委嘱し、アドバイザリー委員会において、各段階のユーザーの意見を取得している。後半では“共通のものさし”の検証を行うとともに、プロジェクト終了後のものさし利用の仕組みと更新を視野に入れた体制も検討・構築し、スムーズな終了後の移行を図る。

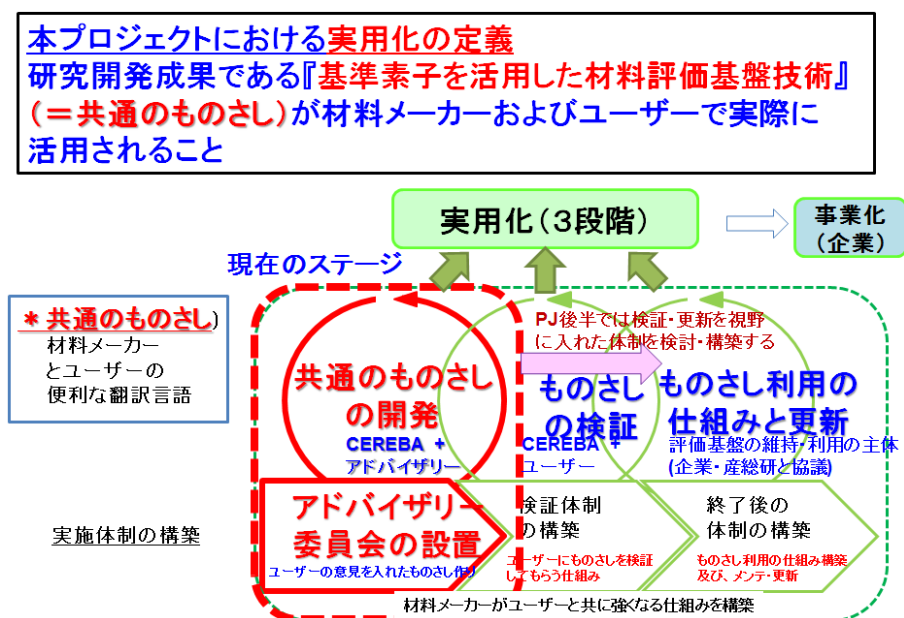


図 1.2.5-1 実用化の定義と実用化へのスキーム

実用化にあたって実使用評価は重要な位置を占める。

図 1.2.5-2 に基本評価と実使用評価の関係を示す。

実使用評価に関しては一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）における屋内評価の規格化へオブザーバーとして参加しデータの提供などに貢献した。

アドバイザリー委員会メンバーおよび外部のユーザーも含めた屋外市場評価、国立研究開発法人産業技術総合研究所 九州センターにおける屋外耐久評価の検討を開始した。

これら実使用評価で得られた情報は、材料評価基盤技術にフィードバックされる。

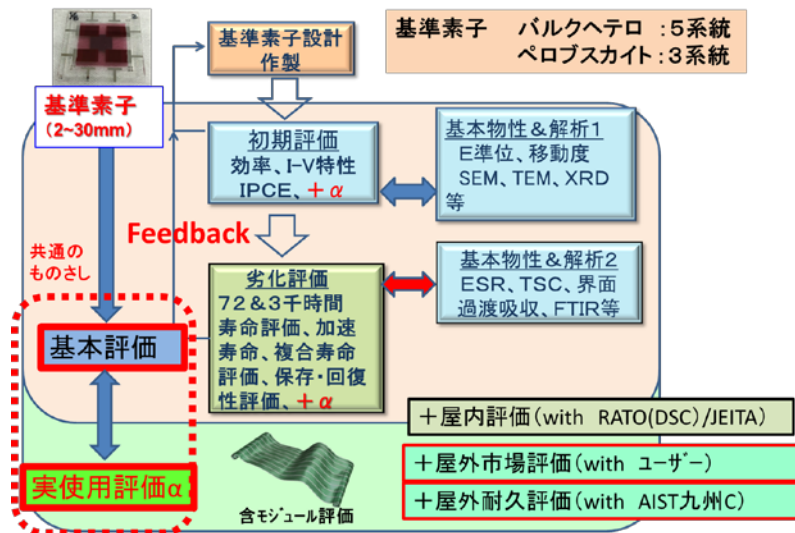


図 1.2.5-2 基本評価と実使用評価の関係

1.2.6. 実用化に向けた取り組み

アドバイザー委員会を年4回開催し、市場での実使用関連を議論している。
 図 1.2.6-1 にアドバイザー委員会構成イメージ図を示す。

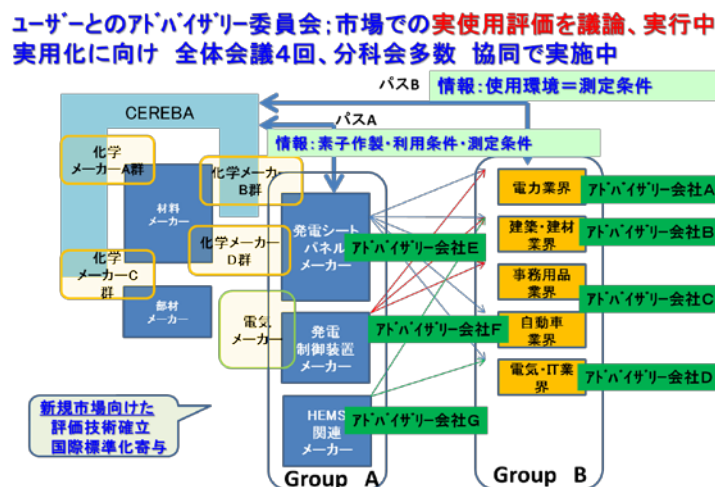


図 1.2.6-1 アドバイザー委員会構成イメージ図

新市場での実使用評価に向けたアプリケーションマップを図 1.2.6-2 に示す。

横軸はシステム価格であり、縦軸はほぼ用途別に分類されている。

図下部黒塗り部分は既存太陽光パネルの市場を示す。

バルクヘテロ接合太陽電池は防災、ウェアラブル、表示・広告のほか、ZEF（ゼロエネルギーファーム）、ZEB（ゼロエネルギービルディング）、ZEH（ゼロエネルギーハウス）、アミューズメントなどが挙げられる。

ペロブスカイト太陽電池は低価格であることからインフラ・社会・企業用途があり、とくに軽いという点で、従来では重量の点で使用できなかった場所への利用が注目されている。

既存太陽光市場ではない新市場での実使用評価技術α

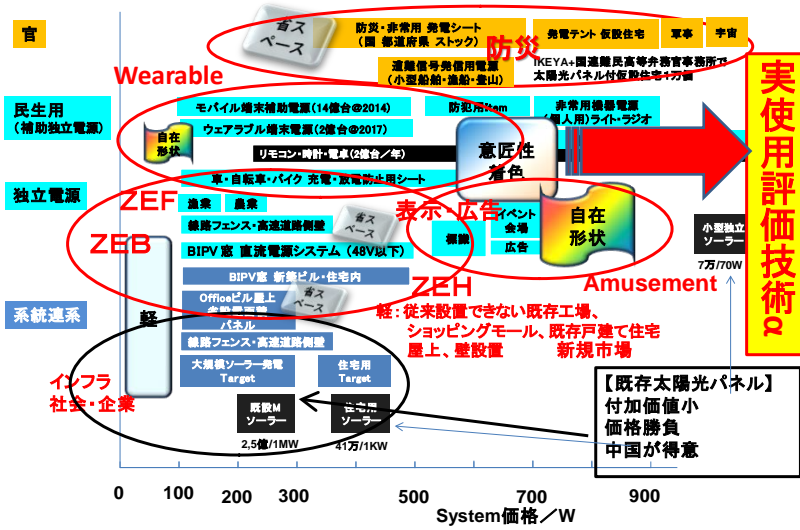


図 1.2.6-2 アプリケーションマップ

実用化推進のため最終目標として、ユーザーとの“共通のものさし”である『オープン評価書』をユーザーと構築する予定であり、その基本となる作製・評価手順書を構築中である。『オープン評価書』と作製・評価手順書の位置付けを図 1.2.6-3 に示す。

作製・評価手順書は、本プロジェクトで検討した内容を詳細にドキュメント化したもので前期に構築を行い、その一部をプロジェクト後期で『オープン評価書』とし、“共通のものさし”を確立する予定である。図 1.2.6-4 に作製・評価手順書のイメージ例を示す。

ここで関連する右下のエリアは横軸 Close—縦軸 Close で Black Box となるノウハウに類する内容が相当する。左下のエリアは横軸 Open—縦軸 Close で、一部ユーザーと組合員企業が共有する Open 評価書が代表的なものである。

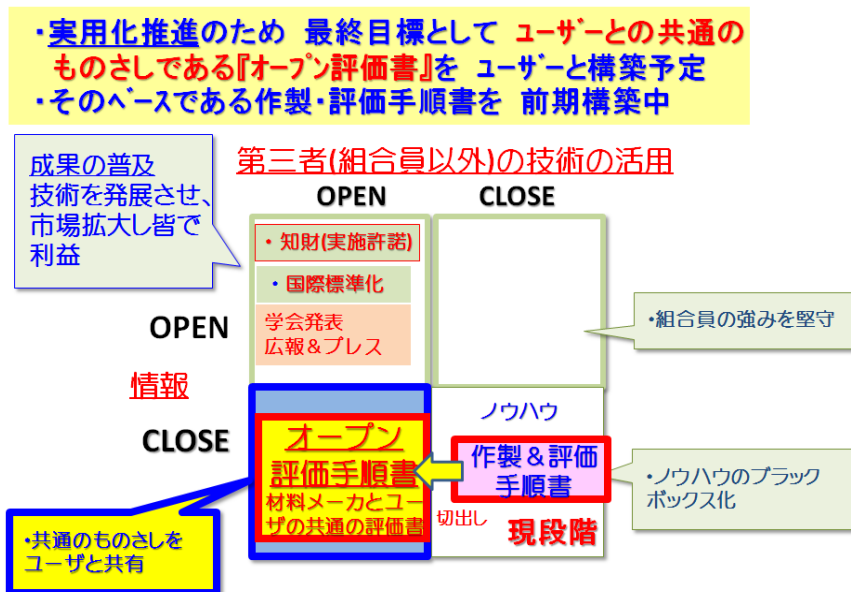


図 1.2.6-3 『オープン評価書』と作製・評価手順書の位置付け

前期 検討を作製&評価手順書としドキュメント化し、
後期一部を取出しオープン評価書とし共通のものさしを確立予定

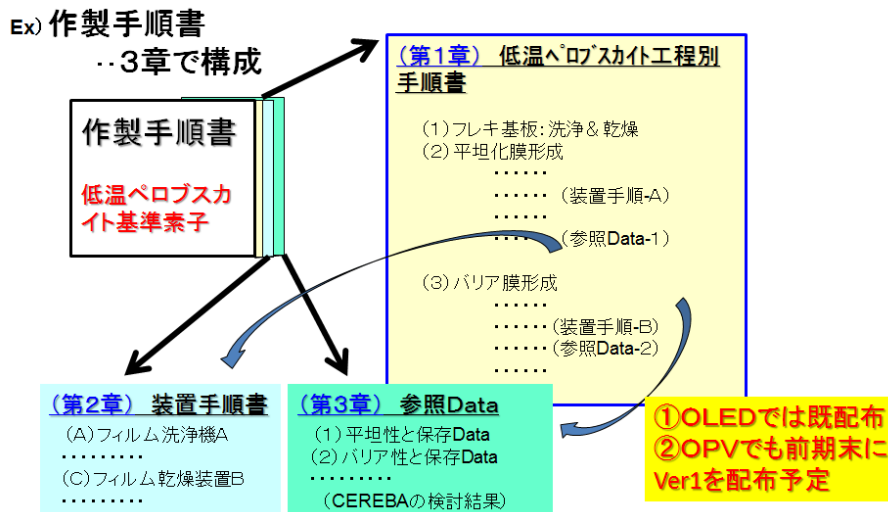


図 1.2.6-4 作製・評価手順書 イメージ例

1.2.7. 評価基盤技術開発の全体像まとめ

本事業の中間目標は、先にも述べたように達成見込みである。

中間目標における具体的な重要達成項目を図 1.2.7-1 に示す。

実用化のために必要な技術課題を明らかにすること、実用上必要とされる評価技術を明確にすることなどを通じた評価基盤の構築は、組合企業やそのユーザーのバルクヘテロ接合太陽電池、ペロブスカイト太陽電池、および、その材料の事業化に繋がるものである。

中間目標は達成の見通し

- 1) **バルクヘテロ基準素子**は5系統、**ペロブスカイト基準素子**は3系統作製し 評価解析実施。(各フレキシ素子も作製)
- 2) 共に**封止必須であるがその要因(水蒸気、酸素、UV等)と共に寿命と劣化原因の検討に集中し進展。**
- 3) 屋内外での新規市場での評価を**アドバイザー委員会中心に開始し共通のものさし(基本&実使用評価)に着手。**
- 4) オープンクローズ戦略に基づき成果普及に取り組む。
- 5) 成果の実用化に向け、現段階のものさしの開発から、ものさしの検証、ものさしの利用のしくみ・更新を視野に入れた体制を検討・構築する。

フレキシブルペロブスカイト基準素子

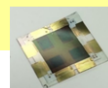


図 1.2.7-1 中間目標重要達成項目

2. 成果の詳細

2.1. 有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発 A (ペロブスカイト太陽電池)

2.1.1. 低分子材料・ハイブリッド材料基準セル作製技術の開発

2.1.1.1. 背景

- ・ペロブスカイト素子の開発経緯

有機/無機ハイブリッドペロブスカイト (PVS) 材料による太陽電池が、塗布プロセスでありながら 20% 以上の変換効率の達成がされ、世界中で更なる高効率の研究が進んでいる。

本事業ではハイブリッド素子の一つとして、提案時から本素子作製技術の確立、その劣化評価の開発を極めて重要として位置付けている。

PVS 基準素子作製技術の導入として、一般的な 500°C 焼成を伴う高温プロセス基準素子 P1 の確立を行った。

次いで、低コストフレキ素子に繋がる低温 (130°C) プロセス素子として、透明電極基板上に PEDOT:PSS 正孔輸送層を有する、順構成タイプ基準素子 P2 の作製、さらに、PEDOT:PSS の代わりに TiO₂ 電子輸送層を使用する逆構成タイプ基準素子 P3 の作製技術を検討した。その結果、1sun 照射テストにおいて、PEDOT:PSS を有する基準素子 P2 は光照射により PVS が退色、急速な変換効率の劣化が見られたのに対して、基準素子 P3 は長期的に安定な性能が得られており、後述する PVS 基準素子の性能評価、劣化解析評価技術の開発において低温プロセス PVS 基準素子として採用した。

- ・各 PVS 基準素子の構成と特徴

基準素子 P1 は、一般的な 500°C 焼成を伴う高温プロセスで作製される。特に PVS 層形成工程に 2 段階成膜法を採用、PbI₂ 被覆メソポーラス TiO₂ 足場上で PVS 結晶成長を促進させることで、高い信頼性と高い変換効率 (10%) が得られている。

基準素子 P1 について、水分補足剤付きキャップ封止を設ける前のセルと、それを設けた素子との 1sun 照射テストの結果を比較すると、封止により大気への侵入を抑制することで大幅に変換効率 PCE の劣化改善が見られ、信頼性評価には封止が必須であることが明らかになった。

次いで、R2R フレキ素子に繋がる 130°C 低温プロセス素子を目指し、ガラス透明電極基板上に PEDOT:PSS を正孔輸送層として有する、順構成タイプ基準素子 P2 の作製を行った。

基準素子 P2 においては、PVS 層の形成に 1 段階成膜法を採用し、平滑な高純度 PVS 膜を形成させることで、8% 以上の高変換効率を達成した。

一方、基準素子 P2 は、1sun 照射テストにおいて 120hr で PVS の退色がみられ長期安定性に問題があった。比較テストとして、本素子の構成から PEDOT:PSS 層を除いた素子を用いて同様の 1sun 照射テストを行ったところ、変換効率 PCE が 3% と低いものの 3% で長期にわたって安定であり、そのことから、PEDOT:PSS と PVS が共存する素子は長期安定性が低いことが明らかになった。

高効率と共に長期光安定性の向上を目標に、TiO₂ 電子輸送層を使用する逆構成タイプ基準素子 P3 の検討を行った。

一方、初期の変換効率が低下した素子の PVS 層を取り出し、XRD を解析したところ、

XRD のピークの変化は認められなかったことから、光照射による PVS の分解は起こっていないことが明らかになった。現在、基準素子 P3 を用いて PVS 太陽電池の詳細性能および劣化解析評価の開発が本格化している。

2.1.1.2. 基準素子設計

2.1.1.2.1. 基準素子 P3 のジオメトリー

P3 素子のジオメトリーとして、基板サイズが 42mm×42mm の 1sun 照射用ジオメトリーと基板サイズが 26mm×28mm の Multi-Sun 照射用のジオメトリーの 2 種類を用いた。

2.1.1.2.2. 基準素子 P3 の素子構造

基準素子 P3 の素子構造を図 2.1.1.2-1 に示す。0.7mm 厚のガラス基板の上に ITO があらかじめパターンニングされた基板を用いて、その上に TiO₂ 膜を成膜する。その後、ペロブスカイト層の塗布成膜を行う。ペロブスカイト太陽電池は水分及び酸素の影響を受けやすいと考えられるため、素子基板と封止缶を貼り合わせる。

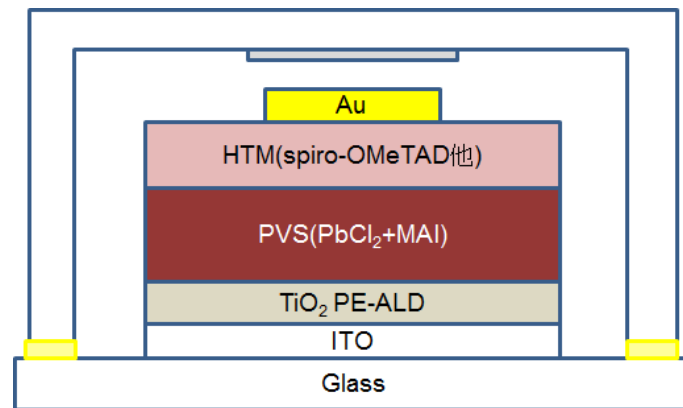


図 2.1.1.2-1 P3 素子の素子構造

2.1.1.2.3. 酸化チタン膜の特性（設計用基礎データ）

日大の早川らの報告[1]で、スパッタ法による TiO₂ 膜に紫外線を照射することにより抵抗値が変化すること及び TiO₂ 膜を暗所保管することにより抵抗値が上昇することが示されている。

素子を構成している TiO₂ 膜でこのような抵抗変化が起こっていることを念頭に基準素子 P3 の評価を行う必要がある。

参考文献

[1] http://www.cit.nihon-u.ac.jp/kouendata/No.38/2_denki/2-033.pdf

2.1.1.3. 基準素子作製手法の確立

低温ペロブスカイト太陽電池素子では正孔輸送材料として PEDOT:PSS が用いられている論文が多い。この理由は、PEDOT:PSS が水分散液であることから、その上に DMF 等の有機溶媒に PbCl_2 と MAI を溶解させた溶液をコートしても、溶媒により PEDOT:PSS 膜が溶けることが無いことが一つの理由である。そこで我々は低温ペロブスカイト素子として PEDOT:PSS を用いた P2 素子の検討をはじめに行った。しかし、PEDOT:PSS と PVS が共存する素子は長期安定性が低いことが分かったため、高効率と長期光安定性の向上を目標に、 TiO_2 電子輸送層を使用した逆構成タイプ基準素子 P3 の検討を行った。

2.1.1.3.1. 基準素子 P3 の作製手順

基準素子 P3 の作製手順を以下に示す。

1. ITO 基板の洗浄方法

- ① パターニングされた ITO 基板を UV オゾン洗浄装置で 30min 間 UV オゾン洗浄を行う。



2. ペロブスカイト膜の成膜

基板を酸素及び湿度の無いグローブボックスの中に入れ、モル比 $1(\text{PbCl}_2):3(\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I})$ の DMF 溶液(41.1wt%)を TiO_2 上にスピコートする。

3. 電極蒸着

基板を蒸着機に入れ真空引きを行い、Au を約 100nm 蒸着する。

4. 封止行程

- ① ディスペンサーに接着剤と基板をセットして、接着剤を塗布する。
- ② 接着剤が塗布された封止ガラスをグローブボックス中に入れる。
- ③ 封止用治具に封止ガラスをセットする。
- ④ UV 照射を行う。

2.1.1.4. 基準素子初期特性

- ・外部量子効率 (IPCE)

基準素子 P3 の外部量子効率を図 2.1.1.4-1 に示す。

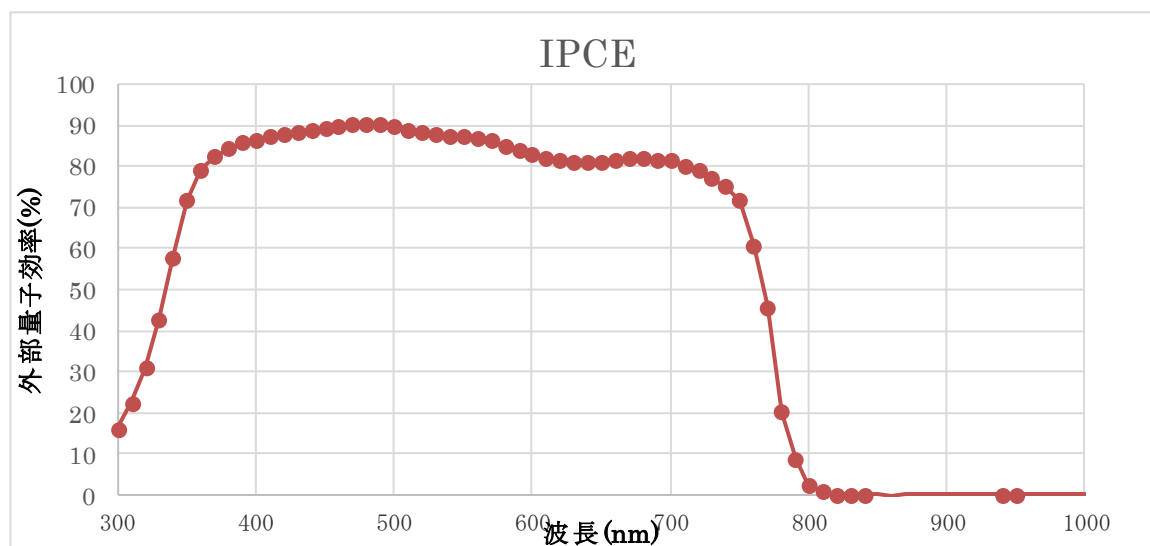


図 2.1.1.4-1 基準素子 P3 の外部量子効率

基準素子 P3 はハロゲン化 Pb を用いている事から吸収波長端が 800nm であり、測定した結果も 800nm まで光吸収をしていることがわかる。また、量子効率が 90%程度まで得られている。

2.1.1.5. これまでの成果のまとめ

低分子材料、ハイブリット材料基準セル作成技術の開発では、平成 27 年度末までに、フレキ PVS 素子に繋がる低温の変換効率 8-12% PVS 基準素子を、封止、PVS 結晶成長工程、1sun 照射テストの検討から安定に作製する技術の確立を目標としてきた。

- ・基準素子

フレキ素子に使用されるフレキ基板はガラスに比べ耐熱性に劣るため、低温でペロブスカイト素子を作製しなければならず、変換効率 (PCE) が低く、光照射下での寿命が短いなどの問題を抱えていた。

- (1) 1 段階製膜法によって、リーク抑制効果が期待される平滑な表面の高純度 PVS 膜が得られ、12%の高い変換効率の基準素子が安定して得られた。

- ・劣化機構と要因の解明

低温 PVS 素子では、高温ガラス基板素子と共通の初期素子性能評価と共に、低温 PVS 素子特有の評価として、1sun 照射下の素子寿命に絡む劣化機構と劣化因子の解明を行い、劣化要因を解明する手法を開発した。

- (1) 低温 PVS 素子の評価では、1sun 光照射初期において見かけ上、変換効率の低下が見られたが、XRD 解析から光照射後の PVS 膜は結晶ピーク及び、移動度に変化が見られないことから、現状では PVS は光に対し安定であることを明らかにした。
- (2) 低温 PVS の 1sun 照射テストを行ったところ、初期の効率に減衰が見られたが、その後安定化、長期的には外挿で 1000hr を超える T_{S80} の寿命が得られた。

【平成 27 年度末までの実施方針】

低温 PVS 素子に対する 1sun 照射テストで、 TiO_2 層を採用することで寿命が改善できたが、初期劣化に関してはさらに、初期劣化と膜厚、材料等の素子構造因子との相関を調べ、劣化要因解明とその対応を進め初期劣化を改善し、変換効率 8-12% の安定したペロブスカイト基準素子作製手順書 1 の作成を行う。

【平成 29 年度末までの実施方針】

フレキシ素子の基板或いはまたカバーフィルムをガラス板に変更したガラス板素子を比較に用い、効率と寿命だけではなく、湿度温度などの加速環境因子と素子性能との相関を広く調べ、課題の発生要因を解析するフレキシ特有の評価手法の開発を行う。さらに、ガラス素子と同等の性能を有するフレキシ素子の作製技術を確立し、変換効率 10-15% の安定したペロブスカイト基準素子作製手順書 2 の作成を行う。

2.1.2. 有機薄膜太陽電池材料の性能・劣化評価技術の開発 A

2.1.2.1. 評価技術の開発

2.1.2.1.1. 基準素子技術開発および評価のプロセス

基準素子の設計から作製検証、評価解析の一連のプロセスをフローチャートに落とし込み、プロジェクトを遂行している。

今回留意した点の一つにカルテの導入がある。

素子作製時点から、作製者、作製条件などの一連の情報を記載し、どのような測定を行ったかを、病院などのカルテと同じ手法で管理、使用した。

各プロセスの履歴を同じルールで記録することにより、各種現象の解明が容易になることを目的としている。またきちんと記録することで、各担当の意識が高まり、不具合も少なくなる効用が確認されている。

素子設計においては、エネルギー準位を基本に設定し、HTL、発電層、ETL の選択を行い試作した。

作製した素子の検証結果と当初の狙いが異なる場合は、その時点での原因の究明を行った。

検証は 0 次評価として作製直後の初期評価（J-V 特性、IPCE、X 線（PVS）、SEM LBIC など）を測定した。特に試作初期の時点でこれらの測定を実施したことは有益であった。基本評価には各種（温度・照度・角度）依存性などの評価を行った。

0 次評価、基本評価の結果は素子設計にフィードバックされ設計に反映された。

0 次評価、基本評価で所定の性能が得られたものは、次に各種劣化評価を行った。

今回実施したフレームワーク（全体）を図 2.1.2.1-1 に示す。

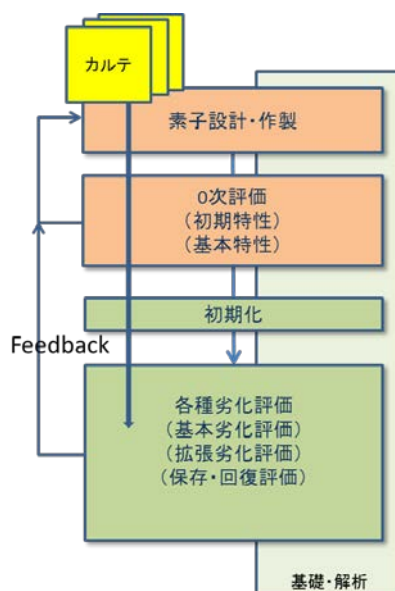


図 2.1.2.1-1 基準素子技術開発及び評価フレームワーク

2.1.3. エネルギー準位状態評価技術の開発

2.1.3.1. エネルギー準位評価装置の概要

有機太陽電池などのエレクトロニクス素子において、エネルギー準位状態を評価することは素子の電気特性を理解するうえで重要な情報である。最高占有準位軌道 (HOMO) は正孔、最低非占有準位軌道 (LUMO) は電子を輸送するエネルギー位置に対応し、電極を含めた複数の層構造から成る有機太陽電池素子ではそれぞれの界面でのそれぞれの準位のエネルギー差がキャリアを注入・抽出するための障壁となるため、素子の構造を模した積層膜でのエネルギー準位評価が必要となる。さらに開放端電圧 (V_{oc}) は接合材料のイオン化エネルギーと電子親和力によるため、これらのパラメーターの決定は素子特性を理解するうえで必要不可欠である。

有機薄膜材料の HOMO 準位の評価は紫外光電子分光 (UPS) 法や大気下光電子収量分光法が一般的に広く用いられてきて、これまでに有機太陽電池材料を含む多くの有機薄膜の評価がされてきた[1]-[6]。一方、LUMO 準位を直接観測できる逆光電子分光 (IPES) 法は、取得信号強度も弱く、電子線照射によって有機薄膜は損傷を受けやすい、などの理由より、信頼できるデータを得ることが困難と考えられてきた。この問題に対し低エネルギー逆光電子分光 (LEIPS) 法[7],[8]は、電子線のエネルギーを下げることで、有機薄膜材料測定に耐える手法であり、LUMO 準位評価手法として注目されている。

そこで、HOMO 準位および LUMO 準位を同一試料かつ同一装置内で評価できるエネルギー準位評価装置を導入した。また、X 線光電子分光 (XPS) 法も測定でき、試料の損傷や素子の劣化の定量的な評価ができるようになった。

上記の測定手法に加えて、試料導入室に薄膜試料の仕事関数を測定するケルビンプローブ (KP) を設置した。

本手法は励起源を必要としない、非接触の手法で基準電極に対する仕事関数の相対値を決定できる。紫外線や電子線照射のない非接触のため、得られた測定値の信頼は高い。UPS 法でも仕事関数を決定できるが、紫外線照射による影響を考慮する必要がある。そこで、KP 法で決定された仕事関数の値と UPS で得られる仕事関数を比較することで、UPS 法で懸念される試料帯電などの影響を検証し、結果の信頼性を確保することを可能とした。

さらに、測定時の環境が真空下である必要はないことも特徴で、酸素暴露や光照射などの周囲の環境変化におけるエネルギー準位の変化もリアルタイムで調査することが可能であり、そのための装置改良を計画中である。これにより、酸素や光によって素子特性が変化する構造で、エネルギー準位がどのように変化するかを追跡でき、素子の劣化機構に重要な知見を与えることが期待される。

有機薄膜およびペロブスカイト薄膜においては、外部の製膜装置で作製した試料を、大気にさらすことなく測定装置に導入する必要がある。そのため、試料導入部に真空グローブボックスを接続した。作製した試料は搬送用の密閉容器に封入し、窒素ガス雰囲気下にあるグローブボックスを経由することで大気にさらすことなく測定装置に試料を導入できる構造とした。

参考文献

- [1] H. Ishii, K. Sugiyama, E. Ito, K. Seki, *Adv. Mater.* Vol.11 (1999) 605.
- [2] I. G. Hill, D. Milliron, J. Schwartz, A. Kahn, *Appl. Surf. Sci.* Vol.166 (2000) 354.
- [3] S. H. Park, J. G. Jeong, H. Kim, S. Park, M. Cho, S. W. Cho, Y. Yi, M. Y. Heo, H. Sohn *Appl. Phys. Lett.* Vol.96 (2010) 013302.
- [4] A. Calloni, G. Berti, A. Ferrari, A. Brambilla, G. Bussetti, E.V. Canesi, A. Petrozza, L. Duò, *Thin Solid Films* Vol.560 (2014) 39.
- [5] Y. Nakayama, T. L. Nguyen, Y. Ozawa, S. Machida, T. Sato, H. Tokairin, Y. Noguchi, H. Ishii, *Adv. Energy. Mat.* Vol. 4 (2014) 1301354.
- [6] C. Wang, C. Wang, X. Liu, J. Kauppi, Y. Shao, Z. Xiao, C. Bi, J. Huang, Y. Gao, *App. Phy. Lett.* Vol.106 (2015) 111603.
- [7] 吉田弘幸、応用物理、第 84 卷、2015 年、pp.245-249
- [8] H. Yoshida, *Chem. Phys. Lett.* Vol.539-540 (2012) 180.

2.1.4. 周辺材料の性能・寿命評価技術の開発 A

2.1.4.1. はじめに

セルの劣化は、セルに対して種々の劣化要因がストレスとして加わることで生じる現象である。劣化挙動を正しく理解するためには、屋外、屋内、車載など、素子の利用方法に即したストレスを適切に制御して再現することが重要である。以下に、各種の劣化要因（ストレス）を記す。

[環境ストレス]

- ・ 熱（または低温）
- ・ 光（放射強度、波長）
- ・ 化学種
 - 水分
 - 酸素（活性種を含む）
 - その他活性ガス（NO_x、SO_x、NH₃ など）

[電気的ストレス]

- ・ 帯電
- ・ 絶縁破壊

[機械的ストレス]

- ・ 曲げ
- ・ 引っ張り
- ・ せん断

最終的な製品（素子状態）では、上記環境ストレスの影響を抑制するためにガラスやフィルムを用いて封止を行うことが前提となる。その封止が劣化抑制にどれくらい効果を示しているかを知るためには、封止をしていないセル状態で継時的な劣化測定を行い、それぞれを比較することが必要となる。そこで、上記劣化要因の中から水分、酸素の影響について経時劣化試験を行った。本項ではペロブスカイト基準セル 1 種類の結果について触れ、バルクヘテロ接合基準セル 2 種類の結果については後の 2.2.4 項に記す。

2.1.4.2. 酸素・水分の寿命への影響

2.1.4.2.1. 評価方法（小型複合劣化加速装置）

セルに制御されたストレスを加えて、前後の特性の変化、および構造・物性の変化を調べることが劣化評価・解析の基本となる。その際、分布やばらつき、欠陥などにより必ずしも再現性が良いとは限らず、また非常に小さな変化を議論することもあり得る。そこで、セル劣化評価の際には、複数のセルにストレスを与え、統計的に意味のあるデータにすることが肝要である。そのため、各種劣化要因を統計的に解析できるように、例えば、各層の膜厚や面積、構造などを変えたセルを設計・作製した。

また、このように作製した複数のセルを、通常的环境試験機内だけではなく、各種劣化要因を精密に制御可能な複合劣化加速装置内に設置して評価を行った。各サンプルは、その場で太陽電池特性を評価できるようにして、リアルタイムで特性の変化をモニターするこ

とが望ましいが、一定時間毎に特性を評価することでも可能であり、有効性とコストを加味して採用した。

2.1.5. フレキシブル基板基準素子作製技術の開発 A

2.1.5.1. はじめに

フレキシブル有機薄膜太陽電池の特徴の一つは薄く、柔軟性を有することである。フレキシブルなデバイスとなることで、これまで出来なかった場所への太陽電池の設置が可能となるとともに、意匠性にも配慮したデザイン性も兼ね備えることができる。

このようにフレキシブルデバイスは、有機薄膜太陽電池の市場を拡大させることができる可能性を有している。

この項では、基準素子となる構造を提案し、その素子を実現するための検討項目および検討内容について述べる。

2.1.5.2. フレキシブル基板基準素子の設計

ガラス基板を用いた基準素子とフレキシブル基板を用いた基準素子の構造について説明する。一般的にガラス基板の素子は屈曲させることはないため、中空構造にして乾燥剤等を封入することで、十分な信頼性が確保されている。一方でフレキシブル基板素子は、薄くて柔軟性のある特徴を損なわないために、素子の封止にはフィルムを貼り合わせるなど、その柔軟性を損なわない構造とした。

またフレキシブル基板に使用される樹脂フィルムは、水蒸気など素子の特性劣化を引き起こす成分を透過するため、それらを防ぐためのバリア層の製膜を考慮に入れた。

2.1.5.3. フレキシブル基板上への素子作製における課題抽出

フレキシブル基板上に基準素子 P3 を作製するにあたり、ベースとなるバリア基板は過去に OLED 用に開発しており、それを転用することができた。使用する樹脂フィルムに PEN を使用したので、基板上に基準素子 P3 を形成することは耐熱性の点では問題なかった。一方で、耐溶剤性などの影響を確認する必要があった。また電極の変更や封止工程によって素子特性にどの程度の影響があるかを調べた。

2.1.5.3.1. 封止工程の検討

フレキシブル基板基準素子を実現するには、貼り合わせによる封止工程が重要である。まずロールラミネータを用いて、封止フィルムと封止用接着シートを貼り合わせた。

2.1.5.4. フレキシブル基板素子の特性

フレキシブル基板での素子作製においても、ガラス基板素子に近い初期特性を得られることがわかった。今後、現段階の特性はガラス基板上に作製したペロブスカイト太陽電池と比較評価を行い、フレキシブル基板素子特有の課題を抽出し、フレキシブル基板基準素子の安定した作製とそれを用いた素子性能評価技術の確立に着手した。

2.2. 有機薄膜太陽電池材料評価技術の開発 B (バルクヘテロ接合太陽電池)

寿命を決定する劣化要因は材料依存性が大きく、更に素子として組み合わせた場合は封止のための周辺部材によっても異なる。そこで、正しく劣化の状況を把握し、要因毎に切り分け、適切に評価するための基準が必要である。材料評価技術の妥当性・有用性を判断するベンチマークとして基準セルおよび基準素子を開発する。有機半導体、バッファ層、電極などの有機薄膜太陽電池材料の評価用として「基準セル」を、バリアフィルム、充填材料（接着、光学制御）、封止材料などの周辺部材の評価用として、基準セルを周辺部材に組み込んだ「基準素子」を開発した。

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準セル、基準素子を用いて、種々の劣化要因と劣化モデルとの相関を明らかにすることを目的として、有機薄膜太陽電池材料の性能・劣化評価技術の開発を行った。

最終的には基準素子を用いた劣化要因と劣化モデルの相関を明らかにすることを目的として、周辺部材の性能・劣化評価技術の開発を行う。

2.2.1. 有機薄膜太陽電池材料の性能・劣化評価技術の開発 B

性能・劣化評価のツールとなる基準セルの作製手法を確立し、順構成および逆構成等の組み合わせにより、ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準セルを3種以上作製する。また、開発した基準セルを用い、性能・劣化評価手法として、劣化加速方法および非破壊評価方法を確立することを中間目標とした。

最終目標として、より高い変換効率を実現する光閉じ込めなどの新規構造を導入し、変換効率10%以上の基準セルを3種以上作製する。また、これら新規基準セルに対応した性能・劣化評価手法を確立する。

平成25年度には、セル作製装置の導入および太陽電池の変換効率や分光特性等の基本的な性能評価用装置の導入を進め、ガラス基板基準セルの作製環境を整備した。順構成のガラス基板基準セルの設計試作に向けて、ドナー材料にP3HT、アクセプター材料にICBAを用いた高分子塗布系の古典的な変換効率4%程度のセルを安定的に作製できる手法を確立し、これを基準素子B1とした。また、それを用いた光劣化の各種評価・解析手法の有用性検討を行った。

平成26-27年度には、高効率ドナー材料を用いた系及び低分子蒸着系の検討を進め、それらをB2-B5とした。現在、8.4%程度の変換効率で安定的に作製する方法を確立しており、今後はこの材料系B5を用いたガラス基板素子を用いてセルの劣化の評価・解析手法のさらなる検証を進めるとともに、周辺材料の評価方法の確立およびプロセスの課題抽出のためのフレキシブル基板への素子作製検討を進める予定である。

2.2.1.1. 基準素子作製方法の確立および初期特性

2.2.1.1.1. 基準素子 B1 の作製方法および初期発電特性

平成25年度には古典的な材料系を用いた順構成ガラス基板基準セルを安定的に作製できる手法の確立を行った。得られた素子を基準素子B1とした。作製したセルの平面ジオメトリーを図2.2.1.1.1-1に、断面模式図を図2.2.1.1.1-2に示す。42mm×42mmのITO/ガラ

ス基板の上に7mm角のセルが4個作製される。電流取出のために金属電極の蒸着部分がUV接着部分を超えて封止外部まで伸びている。発電層には、ドナー材料として poly(3-hexyl thiophene) (P3HT) を、アクセプター材料として C60-indene bis adduct (ICBA) を用いた。

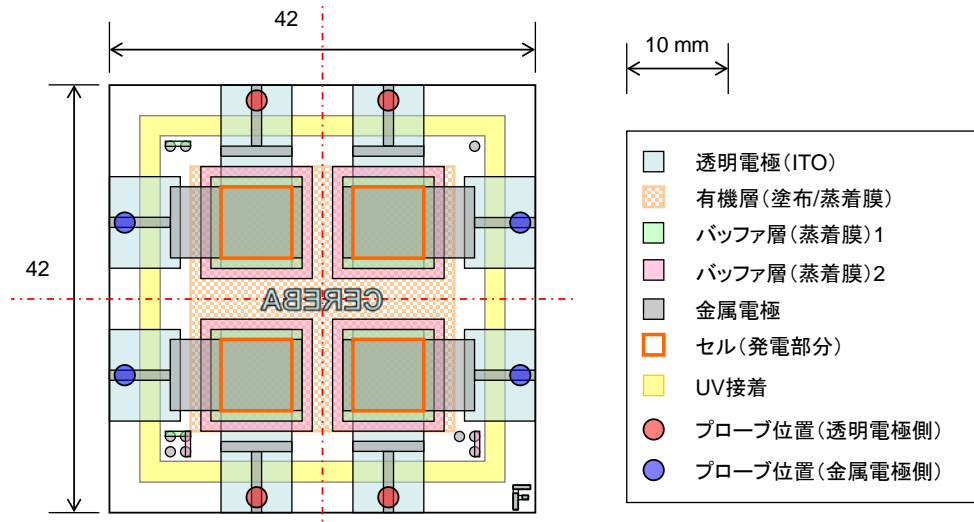


図 2.2.1.1.1-1 基準素子 B1 の平面ジオメトリー

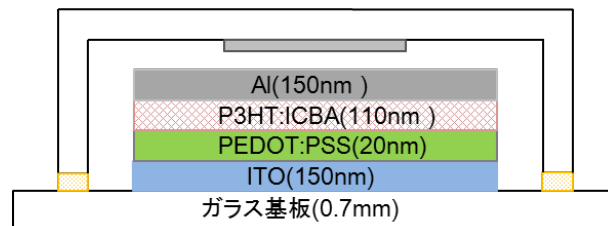


図 2.2.1.1.1-2 基準素子 B1 (順構成 P3HT:ICBA 素子) の断面模式図

2.2.2. キャリア状態解析技術の開発

2.2.2.1. 研究目的

2.2.2.1.1. 全体目標

活性層で発生した励起子は電子ドナー/アクセプター材料の接合界面において、ポテンシャル差と内部電場により電荷キャリア（正孔と電子）に分離し、適切な電極に輸送・回収されることで光電流として外部回路へ取り出される。有機薄膜太陽電池の研究開発は、平面ヘテロ接合（PHJ）太陽電池からバルクヘテロ接合（BHJ）太陽電池、順構成から逆構成、へとその中心が移ってきており、BHJ 太陽電池は効率向上のポテンシャルは大きいものと期待されているが、その不定構造ゆえ素子ばらつきが大きく、基準素子としての評価技術は確立されていない。

本プロジェクトでは、基準素子として要件を備えている順構成、逆構成を基本として技術開発が進められるが、BHJ 太陽電池で顕著にみられる電荷再結合の振る舞いを把握することは、実用上重要な意味をもっている。具体的には、BHJ 太陽電池内部のナノ相分離構造中では、発生した電荷キャリアの一部は電極に到達する前に、接合界面を介した二分子再結合、電極界面などでの表面再結合、あるいは生成電荷対の直接再結合により消失する。これらの電荷ロス過程は電極への輸送・回収過程と競合し、太陽電池の光電変換効率に大きな悪影響を及ぼす。このようなキャリア再結合挙動の解明は光電変換特性向上に重要であり、現象を正確に把握する評価方法の開発が必要である。また、素子の劣化にともなう光電変換効率の低下は、素過程の変化として捉えるべきものであり、その機構を解明し耐久化を図ることが、有機薄膜太陽電池を実用化するためには喫緊の課題である。

本研究項目では、過渡吸収分光法を中心とした種々の分光手法によりこれらキャリア再結合挙動を測定し、評価方法を開発することを目的としている。中間目標として、過渡吸収分光を用いたキャリア状態解析方法の策定を行い、劣化モード（熱劣化、光劣化）とキャリアダイナミクスとの関連評価技術を確立しつつある。また最終目標として、光劣化、熱劣化、アウトガス劣化、複合劣化における光電変換素過程の変化を過渡吸収分光法により追跡、評価する技術を確立する。

2.2.2.2. キャリア状態解析まとめ

基準素子 B1 についてフェムト秒ならびにマイクロ秒過渡吸収分光法、過渡光起電力・光電流測定法を用いて、励起子の生成・拡散ならびに電荷の生成・再結合、電極回収に至る一連の光電変換素過程を定量的に観測した。光劣化前後の基準素子についてこれら素過程の効率を比較することで、素子劣化を追跡、評価する手法について検討した。具体的には、フェムト秒過渡吸収測定の結果から、励起子生成から電荷生成までの初期過程において光劣化は見られないことを明らかにした。また、マイクロ秒域での観測により光劣化後はドナー材料に電荷トラップが生成していることがわかった。

以上まとめると、基準素子 B1 に対して種々の分光測定を行い、分光測定手法が劣化解析を進める上で有力な要素技術であることを実証した。また光劣化の主要因はエネルギー準位の低い電荷トラップの生成であることを明らかにした。電荷キャリアがトラップに捕捉されることで電荷の輸送・回収効率が低下し、短絡電流密度および曲線因子を低下させ

る。またエネルギー準位の低いトラップを介した電荷再結合が起こることで、開放電圧の低下をもたらすと考えられる。

参考文献

- [1] J. Guo, H. Ohkita, H. Benten, and S. Ito, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 16869 (2009).
- [2] Y. Tamai, Y. Matsuura, H. Ohkita, H. Benten and S. Ito, *J. Phys. Chem. Lett.*, **5**, 399 (2014).
- [3] J. Guo, H. Ohkita, H. Benten and S. Ito, *J. Am. Chem. Soc.*, **132**, 6154 (2010).
- [4] J. Guo, H. Ohkita, H. Benten and S. Ito, *J. Am. Chem. Soc.*, **132**, 9631 (2010).
- [5] A. Maurano, C. G. Shuttle, R. Hamilton, A. M. Ballantyne, J. Nelson, W. Zhang, M. Heeney and J. R. Durrant, *J. Phys. Chem. C*, **115**, 5947 (2011).
- [6] T. Kirchartz and J. Nelson, *Phys. Rev. B*, **86**, 165201 (2012).
- [7] T. M. Burke, S. Sweetnam, K. Vandewal, and M. D. McGehee, *Adv. Energy Mater.*, doi: 10.1002/aenm.201500123 (2015).

2.2.2.3. ESR による電荷トラップ種の同定

近年、電子スピン共鳴(ESR)分光法は、有機半導体デバイスなどの劣化やそのメカニズムを観測する手法として注目を集めている[1],[2]。その ESR 法を用いることで、基準素子 B1 の光劣化に伴う化学種の特定することを試みた。

2.2.2.3.1. ESR 法による解析まとめ

今回の結果から、素子内部の ESR シグナルの由来となる箇所への電荷蓄積が太陽電池の光劣化に関与している可能性を見出すことができた。この ESR シグナルの同定は光劣化の一因を解明する重要な情報となるため極めて重要な課題である。

参考文献

- [1] T. Nagamori, K. Marumoto *Advanced Materials*, **25**, 2362-2367 (2013).
- [2] D. Liu, T. Nagamori, M. Yabusaki, T. Yasuda, L. Han, K. Marumoto, *Applied Physics Letters*, **104**, 243903-1-243903-5 (2014).

2.2.3. 寿命予測を可能にする試験方法の検討

現行の太陽電池（結晶系、化合物系、薄膜系など）は、ルーフトップやメガソーラーに代表される屋外使用を想定した試験方法が適用されている。具体的には、JIS8917（結晶系太陽電池モジュールの環境試験方法及び耐久性試験方法）、JIS8938（アモルファス太陽電池モジュールの環境試験方法及び耐久性試験方法）等の試験方法が実施されている。しかしながら、材料、デバイス構造、モジュール形態の異なる有機薄膜太陽電池で、従来の試験方法、特に各種試験における手順などを用いる妥当性は全く議論されていない。光照射試験における事前照射時間の手順などは、アモルファスシリコン材料の光劣化の理解に基づくものであり、必ずしも有機薄膜太陽電池に適したものとは言えず、有機薄膜太陽電池の劣化現象を理解した上で寿命を正確に予測する手法が必要である。

一方、有機薄膜太陽電池は、屋外使用が主であった従来型太陽電池とは大きく異なり、屋外でも建材一体型（BIPV）や、屋内などでの多様なアプリケーションも想定されることから、それぞれ使用環境に適した試験も今後必要となってくる。

そこで、劣化評価で得られた知見に基づいて、従来の試験方法の妥当性の検証を行うと共に、加速劣化試験をベースとした寿命予測を可能とする試験方法の確立を行う。更に、多様なアプリケーションに対応すべく、屋外以外の実使用環境での新規試験方法の開発を行う。

本プロジェクトの中間目標として、有機薄膜太陽電池の劣化機構に基づく寿命評価条件の最適化および光照射試験、耐熱試験等の有機薄膜太陽電池特有の寿命支配因子の抽出を行っている。また、Multi-SUN のソーラーシミュレーターを用い、バルクヘテロ接合太陽電池に加えペロブスカイト太陽電池の光による劣化促進試験方法の要素技術開発を進めている。最終目標として、寿命予測方法に基づいた有機薄膜太陽電池のための適切な劣化促進試験方法を開発する。

2.2.3.1. 初期劣化寿命 T_{S80} の決定方法

光・熱・酸素・湿度等の外部ストレスが有機薄膜太陽電池(OPV)の出力特性に与える影響を評価し、寿命を予測する方法を検討している。OPV の劣化は OPV 素子の作製完了直後から既に始まっており、ストレス印加による劣化開始時点では、OPV 自身の自然な劣化が既にある程度進んでしまっていると考えられる。Krebs ら[1]によると、OPV の劣化を記述する際には、作製最終工程完了時刻 (T_0) に加え、ユーザーが任意に決めることのできる劣化評価開始時刻 (T_S)、さらにこの2つの時刻での変換効率 (E_0 および E_S) を基準として各々が 80% まで低下する時刻 (T_{80} および T_{S80} 、そのときの変換効率は E_{80} および E_{S80}) を加えた4種類の時刻を記述することが望ましい、と述べられている。

上で述べた自然な劣化（短期劣化）の影響はストレス印加による劣化（長期劣化）が始まってからもある程度の時間は残っているが、ある時点に達すると無視できるほど小さくなると考えられる。

そこで、より正確な寿命予測を行うには、自然な劣化とストレス印加による劣化を切り分け、自然な劣化が無視できるほど小さくなる時刻を劣化カーブ（変換効率 vs.経過時間）から決定し、この時刻以降の劣化カーブのみを予測に用いることが望ましい。そして、

ユーザーが任意に決められる時刻 T_S としてその時刻を採用することで、 T_S の決め方に統一性を与え、ユーザー間の寿命予測結果のばらつきを低減することができるはずである。

このような2種類の劣化現象を同時に記述できる関数の適用を検討したところ、劣化カーブに含まれるノイズの影響により回帰曲線が変化すること、これが T_S および T_{S80} の計算結果に少なからず影響を与えることが課題として見つかった。

今後については、まず選定した劣化関数に回帰すること自体の正当性を、N 増しおよび長期試験により検証する予定である。また、得られた回帰結果が実際の劣化現象とどのように対応しているのかを、明らかにしたいと考えている。さらに、カット波長別の劣化試験データを増やすことで、カット波長と寿命の相関関係を明らかにする予定である。

参考文献

[1] F. C. Krebs 編 *Stability and Degradation of Organic and Polymer Solar Cells*, p. 236 (Wiley)

2.2.3.2. 高強度光 (Multi Sun) 照射加速試験による寿命予測の方法論

本プロジェクトでは評価の基準となる OPV 基準素子の作製、特性把握と並行し、OPV 素子の重要課題の一つである信頼性、素子寿命の評価手法の開発を行っている。特に、素子寿命は、現実的な使用条件 (1sun) では非常に長い試験時間が必要となり、材料及び素子開発のボトルネックとなる。そこで、素子劣化を促進させる加速試験を利用し、短時間に素子の寿命を予測することが要求されている。そのためにはまず利用できる加速試験手法の確立が必要である。加速試験により短時間で劣化素子入手できることは、劣化メカニズムの評価解析にも不可欠である。

寿命予測は劣化メカニズムからのアプローチが本質的であるが、複雑な現象が絡み合っている劣化から新材料、新構造素子の寿命を予測するには特性の経時変化を現象論的に扱うことも、開発現場において実用性が高い。ここでは標準的な動作条件における寿命を見積もるために、劣化加速及び加速試験を用いて短時間で寿命予測を行う現象論的手法の検討状況と考え方について述べる。

【まとめと今後の予定】

基準素子 B1 の高強度光照射加速試験を実施した。高強度光照射加速試験では PCE を支配する OPV 性能指標として J_{SC} の劣化が主に加速されることがわかった。 J_{SC} 劣化を関数によるカーブフィッティングを用いて、時間スケールパラメーターを抽出することにより解析し、加速係数法により短試験時間のデータによる寿命予測を行った。単純な加速係数法では予測精度は不十分である。これは、温度上昇の影響が考慮されていないためと考えられる。

今後、再現性の良い基準素子を用いて高強度光照射加速試験の条件抽出及び寿命予測手法の開発を実施する。その際、素子温度の上昇を把握することが重要であると考えられ、光照射中の OPV 素子の有機層温度を測定する方法の開発も並行して行い、OPV 素子開発に有効な加速試験技術及び寿命予測手法の確立を目指す。また、OPV は従来の太陽

電池とは異なる用途が期待されており、それら用途の条件（光の波長、照度、温度など）での寿命予測を可能にする必要がある。

2.2.4. 周辺材料の性能・寿命評価技術の開発 B

2.2.4.1. はじめに

2.1.4 項で PVS 基準セル P3 の水分、酸素の影響による経時劣化試験の結果を報告した。BHJ 基準セル 2 種類 (B1 及び B5) でも同様の評価を行った。

2.2.4.2. 酸素・水分の寿命への影響

2.2.4.2.1. 評価方法 (小型複合劣化加速装置)

BHJ 基準セル 2 種類 (B1 及び B5) の酸素及び水分による影響を調査するために小型複合劣化加速装置を用いて、短絡電流密度 (J_{sc})、開放電圧 (V_{oc})、曲線因子 (FF) 及び変換効率 (PCE) の経時変化を測定した。

2.2.4.3. 基準セル B1 における酸素・水分の影響

基準セル B1 における酸素あるいは水分 (湿度) 雰囲気での単独劣化試験、及び各雰囲気において 1sun 光を照射した複合劣化試験を行い、劣化後のセル状態の観察を行った。

基準セル B1 の酸素・水分の影響については、光 (1sun) 照射の有無を問わず、酸素より水分による影響の方が大きい結果となった。特に光を照射しない Dark 試験 (酸素または湿度の単独劣化試験) では顕著な差が見られ、酸素ではほとんど劣化しないのに対し、水分 (湿度) は迅速に劣化していく傾向だった。そしてその劣化メカニズムは、発電領域が縮小していくモードであることが判明した。

2.2.4.4. 基準セル B5 における酸素・水分の影響

先述の基準セル B1 と同様に基準セル B5 においても酸素及び水分 (湿度) による単独劣化、及びそれらに 1sun 光を照射した複合劣化の試験を行い、劣化後のセル状態の観察を行った。

基準セル B5 の酸素・水分の影響については、光照射を行わない Dark 試験の場合では、酸素より水分による影響の方が大きくなり、光 (1sun) 照射試験の場合は逆に水分より酸素による影響の方が大きくなる傾向となった。また、この基準セル B5 は、開放状態で酸素または水分 (湿度) + 1sun 光照射の複合劣化試験時に析出物が発生し、短絡不良を引き起こすことが判った。

2.2.4.5. まとめ

バルクヘテロ接合太陽電池の基準セルでは、B1 と B5 の 2 種類について酸素及び水分の影響について調べた。まず、酸素と水分の影響の大小について、B1 は光照射の有無を問わず水分による影響の方が大きかったのに対し、B5 では光照射の有無によって酸素と水分の影響度合いが反転する結果となった。また、水分の影響による劣化について、B1 では発電領域の縮小による劣化モードであるのに対し、B5 では光との相乗効果で析出物が発生するモードであった。同じ「バルクヘテロ接合太陽電池」という括りのデバイスであっても、構成する材料や層構成が異なれば、酸素や水分の影響度や劣化の仕方に違いが生じていると考えられる。B1 及び B5 それぞれの試験で起こった現象に対して、セルの分析等を行ってより詳細な劣化のメカニズムを検証すること及び、酸素濃度や湿度のパラメーター、あ

るいは光の質（光量、波長選択など）を変えることによる影響の大小を検証することを考えており、今後取り組んでいく。

2.2.5. フレキシブル基板基準素子作製技術の開発 B

2.2.5.1. はじめに

柔軟な樹脂フィルム上に有機薄膜太陽電池を作製することで、フレキシブルデバイスの実現が可能である。この項では、フレキシブル基板を用いた評価基準素子となる構造を提案し、その素子を実現するための検討項目および検討内容について述べる。

2.2.5.2. フレキシブル基板基準素子の設計

ガラス基板を用いた基準素子とフレキシブル基板を用いた基準素子の構造について説明する。通常ガラス基板の素子は屈曲させることはないため、中空構造にして乾燥剤等を封入することで、十分な信頼性を確保することができる。一方でフレキシブル基板素子は、薄くて柔軟性のある特徴を損なわないために、素子の封止には薄膜封止やフィルムを貼り合わせなど、その柔軟性を損なわない構造が求められる。

またフレキシブル基板に使用される樹脂フィルムは、水蒸気など素子の特性劣化を引き起こす成分を透過するため、それらを防ぐためのバリア層の製膜が必要となる。特に注意しなければならない点は、樹脂フィルムがガラス基板と異なり水蒸気や酸素を透過するため、評価素子においてそれらの影響を排除することが重要である。

また評価にあたっては、水分や酸素の有機薄膜太陽電池にどの程度影響するかを把握することが必要である。

フレキシブル基板素子に求められる要求項目は、有機薄膜太陽電池であればバルクヘテロ接合太陽電池でもペロブスカイト太陽電池でも概ね同じになる。これは、有機薄膜太陽電池が水蒸気や酸素から守るためにバリア層を設ける必要があることや、樹脂フィルム自体の耐熱性に配慮する必要があるためである。

2.2.5.3. フレキシブル基板への素子作製における課題抽出

封止工程、電極、ZnO 塗布工程（低温焼成）、および発電層の塗布・焼成工程に分け、それぞれの工程での技術的課題の抽出を行った。

2.3. 使用環境別試験方法の検討

有機薄膜太陽電池は軽い、曲がる、意匠性などの多くの特徴を有しており、これらの特徴を活かし、従来のシリコン系の太陽電池とは異なる多種多用の用途が想定されている。そのため評価方法も光源だけでも屋内、屋外の環境それぞれの評価法が必要となり、さらに多くの異なる条件での評価が想定される。

本事業は評価基盤として、材料メーカー（0次ユーザー）とパネルメーカー（1次ユーザー）が共通して活用できる材料評価手法を開発することでスタートしたが、

ユーザーはパネルメーカーだけではなく、パネルを製品に組み込み利用する企業（2次ユーザー）、また自らの事業でパネルを使用する企業、例えばサービス業などで常日頃パネルを使用している企業（3次ユーザー／エンドユーザー）も視野に入れることが指摘され、実際にパネル事業を想定している企業と、それを使う企業に声をかけ27年度から実環境試験を検討しつつある。

また初年度から開催されているアドバイザリー委員会も技術的内容中心からアプリケーションまで幅広い内容になっている。

一方、世の中の流れも有機薄膜太陽電池の製品化が見えてきているため、屋内における規格化の動きもあり、CEREBA としても一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）に参加して規格化への貢献を行っている。

2.3.1. 実使用環境における新規試験の開発

2.3.1.1. バルクヘテロ接合太陽電池とペロブスカイト太陽電池の市場

バルクヘテロ接合太陽電池の市場は省スペースを利用した、通常保管し災害時に使用する発電シート、仮設用の発電テント、住宅、軍用機器、宇宙用、遭難信号発信電源などに使用が想定される。ペロブスカイト太陽電池の市場は、7円/kWh以下の低コスト化ポテンシャルが高く、Si代替の大規模発電用および軽量な特徴を活かした従来重量の点で使用できなかった既存工場や既存住宅向けが想定される。

2.3.1.2. 実試験について

CEREBA 及びアドバイザリー委員会で議論し、想定できるアプリケーションをリストアップし、その中から可能と思われる内容に関し、パネルメーカーとアプリケーションを実施する会社数社を訪問し、参加いただける会社と実試験の検討を進めている。

IV. 成果資料

1. プレスリリース

No.	掲載紙	年月日	タイトル
1	日本経済新聞	2014/7/8	曲げられる有機 EL 照明、世界初の量産技術 化学品メーカーなど出資の研究組織

2. シンポジウム等開催

No.	開催日	名称	開催場所
1	2014/9/22	第 1 回フラウンホッファー&CEREBA・JWS	つくば
2	2014/11/23-27	WCPEC-6 サテライト共催	京都
3	2015/2/20	国際標準化講演会 研究開発と標準化について	霞が関
4	2015/9/4	SECOM 小松崎様講演会	秋葉原
5	2015/10/9	第 2 回フラウンホッファー&CEREBA・JWS	ドイツ・ドレスデン

3. 学会発表

No.	発表日	発表者	所属	題名	学会等の名称	備考(開催場所)
1	2014/11/22	山岸英雄	次世代化学材料評価技術研究組合	Approach to the Development of Evaluation Technologies for Flexible OPV at CEREBA	WCPEC-6	京都府 京都市
2	2015/3/12	玉井康成 大北英生 辨天宏明 伊藤紳三郎 宮前孝行 山成敏広	京都大学、 産業技術 総合研究 所、 次世代化 学材料評 価技術研 究組合	有機薄膜太陽電池における光劣化挙動の分光学的考察	第 62 回応用物理学 会春季学 術講演会	神奈川県 平塚市

3	2015/4/23	吉田弘幸	千葉大学	Low energy inverse photoemission spectroscopy: A new tool to examine the unoccupied states of organic semiconductors	KPS Spring Meeting	韓国 大田市
4	2015/5/12	吉田弘幸	千葉大学	Origin of the orientation dependence of ionization energy and electron affinity in organic crystalline films	E-MRS Spring Meeting	フランス リール
5	2015/5/12	浦野年由	次世代化学材料評価技術研究組合	Evaluation of flexible organic and hybrid perovskite photovoltaic device stability	HOPV15	イタリア ローマ
6	2015/9/14	山岸英雄	次世代化学材料評価技術研究組合	ペロブスカイト太陽電池の信頼性評価技術の開発	2015年 第76回応用物理学会	愛知県 名古屋市

4. 特許

出願中（公開前）3件、出願準備中3件

「次世代材料評価基盤技術開発（旧：次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発）」
基本計画

電子・材料・ナノテクノロジー部

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

我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。また、平成21年制定のナノテク・部材イノベーションプログラムにおいても、我が国の部材産業の強みを活かし、部材産業の付加価値の増大を図ること等が求められた。

本事業では、次世代の省エネルギー、創エネルギー技術として期待が大きく、今後の需要拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料を対象に、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる評価基盤技術を開発する。これにより、次世代材料に関する材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案力の強化を図ることとする。

②我が国の状況と本事業の必要性

近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。

現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料の特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけるにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、結果的に摺合せに長時間を要している。

こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施

する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間が短縮化され、デバイスとしても早期の実用化が期待できる。

③NEDOにおける過去の取り組みとその結果

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、半導体に関する化学材料の評価基盤技術開発として、「次世代半導体ナノ材料高度評価プロジェクト」（平成15年度～平成17年度）、「次世代高度部材開発評価基盤の開発」（平成18年度～平成20年度）、「半導体機能性材料の高度評価基盤開発」（平成21年度～平成23年度）を実施した。これらの事業では、材料メーカーとデバイスメーカーが共通して活用できる、半導体プロセス適合性に関する材料評価手法と評価・解析ツールである試験用素子（TEG；テストエレメントグループ）を開発した。事業の成果を用いて、材料メーカーは開発された評価手法とTEGを用いて自社材料の評価を行い、デバイスメーカーに対して信頼性の高い材料評価結果を付した新規材料の提案ができるようになった。これらは、半導体の材料開発に関して材料メーカーとデバイスメーカーとの間のコミュニケーションの活発化と材料メーカーからのソリューション提案力の強化につながったものとして高い評価を受けている。

④本事業のねらい

本事業では、次世代化学材料に関する評価基盤として、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化される。

本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。

本事業の対象としては、次世代の省エネルギー、創エネルギー技術として期待が大きく、今後の需要拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち、以下に示す有機EL材料及び有機薄膜太陽電池材料とする。

【有機EL材料】

有機ELは我が国において世界に先駆けて開発され、現在も研究開発の最先端にある分野であり、省エネルギー型ディスプレイや次世代の照明として大きな期待が寄せられている。有機EL市場は年々拡大しており、ガラス基板を用いるものとフレキシブル基板を用

いるものを併せて平成30年に数兆円市場まで成長すると見込まれている。

有機ELを構成する材料である、発光材料、電子・ホール注入・輸送層材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等は、我が国の材料メーカーが技術的には優位性を持っているが、近年競争が激化しており、この優位性を維持・発展させ、早期に実用化していくことが重要となっている。

【有機薄膜太陽電池材料】

再生可能エネルギーとして市場が急激に拡大している太陽電池の中で、有機薄膜太陽電池は、従来の太陽電池と比較して軽量化や低コスト化の面で優位性があるため実用化・普及が期待されている。

有機薄膜太陽電池に必要とされる有機半導体材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤等といった材料は、技術的に我が国の材料メーカーが優位性を持っている。したがって、この分野での優位性を維持・発展させ、早期に実用化していくことが重要となっている。

(2) 研究開発の目標

①アウトプット目標

本事業では、有機EL材料と有機薄膜太陽電池材料それぞれを対象として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立する。確立した材料評価手法は活用しやすいようにドキュメント化を行う。

それぞれの開発目標は以下のとおりである。

研究開発項目① 有機EL材料の評価基盤技術開発（平成22～27年度）

【中間目標】（平成25年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機ELの材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

【最終目標】（平成27年度末）

有機EL材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。

研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発（平成25～29年度）

【中間目標】（平成27年度末）

ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。

【最終目標】（平成29年度末）

有機薄膜太陽電池材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立する。

②他事業との連携

NEDOは有機ELに関して、「次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発」（平成21年度～平成25年度）、有機薄膜太陽電池に関して、「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」（平成22年度～平成26年度）を実施している。

また、「最先端研究開発支援プログラム／低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」（平成22年度～平成25年度）では研究支援をしている。

本事業では、対象とする有機EL材料及び有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術それぞれについて、上記の事業の成果を積極的に取り込んで活用するとともに、本事業で評価技術として得られた知見については情報交換等により関連する事業間で相互に連携する。

③アウトカム目標

確立した材料評価手法を材料メーカーとユーザーが共通して広く活用することにより、新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化および材料メーカーからのソリューション提案が強化され、我が国の材料メーカーの競争力の向上に資する。また、材料メーカーとユーザー両者の研究開発が効率化されることで、優れたエネルギー性能を有する有機ELや有機薄膜太陽電池等の実用化を加速し、これら電子デバイスの大幅な普及につなげる。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の項目について研究開発を実施する。本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して行う事業であり、委託事業として実施する。

研究開発項目① 有機EL材料の評価基盤技術開発（平成22～27年度）

材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化を目的として、材料メーカーとユーザーの双方が活用できる有機EL材料の評価手法を確立する。

具体的な材料評価手法としては、有機EL照明及び有機ELディスプレイ用の新規材料の実用性評価を目的とした基準素子、性能評価手法、適切な加速条件による寿命評価手法、周辺材料の評価手法、駆動による輝度低下時の劣化部位の非破壊特定手法、客観的評価が可能な高感度な水蒸気バリア性評価手法等を開発する。これらの開発においては、材料メーカーやユーザーのニーズを適確に取り入れて、事業終了後も様々な有機EL素子の開発に広く活用されるものとする。

研究開発項目② 有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発（平成25～29年度）

材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化を目的として、材料メーカーおよびユーザーの双方が活用できる有機薄膜太陽電池材料の評価手法を確立する。

具体的な材料評価手法としては、有機薄膜太陽電池用の新規材料の実用性評価を目的とした基準素子、性能評価手法、適切な環境・加速試験条件による耐久性評価手法、周辺材料の評価手法、実使用環境下による劣化部位の非破壊特定手法等を開発する。これらの開発においては、材料メーカーやユーザーのニーズを適確に取り入れて、事業終了後も様々な有機薄膜太陽電池の開発に広く活用されるものとする。

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、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む。）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から、公募によって研究開発実施者を選定し委託により実施する。

各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDOが選定した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）、次世代化学材料評価技術研究組合 理事／研究部長 富安寛氏の下で、各実施者がそれぞれのテーマについて研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任と決定権を有する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、事業の目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じてプロジェクト推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時事業の進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本事業の期間は、テーマ毎に以下のとおりとする。

研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発

本テーマの期間は、平成22年度から平成27年度までとする。

研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発

本テーマの期間は、平成25年度から平成29年度までとする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、(1) 事業の位置付け・必要性、(2) 研究開発マネジメント、(3) 研究開発成果、(4) 実用化に向けての見通し及び取り組みの4つの評価項目について、研究開発テーマ(研究開発項目①、②)毎に外部有識者による中間評価及び事後評価を以下のとおり実施する。

研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発

中間評価を平成25年度、事後評価を平成28年度に実施する。

研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発

中間評価を平成27年度、事後評価を平成30年度に実施する。

なお、中間評価結果を踏まえ、必要に応じて事業の加速・縮小・中止等、見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該技術開発に係る技術動向、政策動向や当該技術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

①成果の普及

研究開発実施者は、研究成果を広範に普及するよう努めるものとする。NEDOは、研究開発実施者による研究成果の広範な普及を促進する。

②標準化等との連携

得られた研究開発成果については、標準化等との連携を図るため、標準化に向けた開発済みの評価手法の提案、データの提供等を積極的に実施する。

③知的財産権の帰属

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

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、第三者の視点からの評価結果、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

本事業は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第一号イ及びニに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成23年1月、制定

(2) 平成25年2月、研究開発項目①有機EL材料の評価基盤技術開発の中間目標及び最終目標を修正したことによる変更。

(3) 平成25年6月、事業名称の変更。研究開発項目②有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発を新たに追加したことによる変更。

(4) 平成26年3月、根拠法変更に伴う改訂。

部材分野

我が国の材料技術の国際優位性を支えているものは、①過去数十年にわたる多くの研究者・研究機関の弛まぬ努力と研究の蓄積に加えて、②多様な垂直連携・水平連携のメッシュの中で極めて濃密且つ迅速な摺り合わせの連鎖を最大の強みとする高度部材産業の集積にあると言える。

高度部材産業の集積は、自動車や情報通信機器等の産業に高信頼で高性能な部材を提供することで我が国の経済社会の発展を支えている基盤である。一方で、昨今の国際競争の激化において、材料の汎用的な加工等では、アジア諸国の技術向上による国内産業の空洞化が懸念されている。このため、高度な材料技術とナノテクノロジーを始めとする先進的な科学技術を活用した部材の高付加価値化が強く求められている。

これまでの部材分野の技術戦略マップでは、部材としてその出口の最終製品から求められる機能、性能等を強く意識し、それを達成する部材やその製造・開発に必要な共通基盤技術を技術マップとしてまとめてきた。今回、近年の技術開発動向により、注目すべきニーズが刻々と変化している状況を踏まえ、ニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰するため、材料・プロセス側からの視点を新たに追加した。また、技術ロードマップでは、それぞれの部材開発にあるべき方向性を示し、必要なスペック、技術等を時間展開してとりまとめた。

部材分野の技術戦略マップ

I. 導入シナリオ

(1) 部材分野の目標と将来実現する社会像

情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど多くの分野に資する高機能部材を開発、その実用化を促進することで、世界市場のトップシェアを占める高機能部材の更なる増加などを通じた、我が国産業の競争力強化を図る。あわせて、希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会、低炭素社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

世界市場規模の大きい情報通信機器や自動車分野と比較すると、それらの分野を支える中間部材の市場規模は必ずしも大きくないが、中間部材市場における日本企業のシェアは非常に高い。この部材製品が自動車やエレクトロニクス製品など川下側の産業と連携していることが、我が国の国際競争力の源泉となっている。【参考資料1：我が国主要産業の国際競争力ポジション（2008年）】しかし、アジア地域をはじめとする他国メーカーの技術力の向上や、コスト面に影響を及ぼす種々の不利な構造のため、より一層の技術競争力強化を求められているのが現状である。2008年の世界同時不況以降の厳しい業績の中で、企業は将来の成長が見込める有望分野、例えば太陽電池、リチウムイオン電池などの環境、エネルギー分野、炭素繊維などの高付加価値成長分野などに投資を集中させており、この傾向は今後も続くものと思われる。

資源やエネルギーの制約を克服し、人類の活動と環境との調和を図りながら、安心、安全で快適な生活を営むことを目指す上では、そのための製品・システムに必要な革新的部材の開発を進めることが必要である。我が国はこの分野で高い国際競争力を維持しつつ、このような社会の実現に努めることが責務であろう。

(2) 研究開発の取組

部材分野の研究開発は、その対象が非常に広範であり、また波及効果が間接的であることが多いため、その成果が見えづらく産業化のスピードが遅いといった指摘がある。そのため、研究開発プロジェクトの実施に当たっては、その出口となるターゲットを明確にするとともに、川上と川下や異業種・異分野の連携体制を構築することで、研究開発プロジェクトにおいて確立した技術シーズを効率よく産業化に結びつけることが重要である。そこで、NEDOにおける部材分野の研究開発プロジェクトでは、コアとなる共通基盤技術と、コア技術をベースとして明確な出口に向けた応用開発を組み合わせるハイブリッドタイプの研究フォーメーションを導入している。今後とも様々な研究フォーメーションを工夫しながらイノベーションの加速することが重要である。

(3) 関連施策の取組

部材分野の研究開発成果を普及させるためには、サンプル提供を通じた実用化のス

ピードアップ、人材育成、標準化等の導入普及促進策推進と共に、国際対応等の環境整備も重要である。これらに対応する経済産業省の主な施策を以下に示す。

〔導入補助・支援〕

我が国では、部材の最先端技術を中小企業が持っている場合が多くみられる。しかし、多様化する消費者ニーズを捉えた最終製品を製造する企業等からの製品スペック等に関する情報が伝わりにくくなっており、川上中小企業者においては、必要以上に設備投資リスクが増大したり、逆に研究開発活動を必要最小限の分野に限定したりする可能性が高まっている。そこで、経済産業省では、我が国製造業を支える基盤技術を担う川上中小企業者と、最終製品を担う川下の産業間の緊密なコミュニケーションを通じた「川上中小企業が行う技術開発の不確実性の低減」「情報の非対称性の解消」を図るため、「川上・川下ネットワーク構築支援事業」を実施している。

〔実用化促進〕

NEDO ではナノテクノロジー・材料分野の研究開発を実用化に繋げるため、出口（製品）を見据えた材料研究開発プロジェクトにおいては、プロジェクトの途中で絞り込みを行うマネジメント（ステージゲート方式）を活用し、生産者とユーザーが一体となった垂直連携体制による研究開発を推進している。また、特に部材分野においては国の研究開発成果の最大化を図るために展示会への出展も効果的である。NEDO では極力、サンプルという目に見える形で研究開発成果を提示することでシーズとニーズのマッチングの促進を図っている。

〔基準・標準化〕

各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。

（例）ファインセラミクス関連の標準化（ISO/TC206）として、光触媒についての性能試験方法の国際標準化を提案し、2009年6月にISO 27447（光触媒材料の抗菌性能試験方法）、7月にISO 27448（光触媒材料のセルフクリーニング性能試験方法-水接触角の測定）が発行した。他の試験方法についても引き続き標準化の整備を行っている。

〔人材育成〕

NEDOでは、優れた成果を生みつつあり、大学が技術の中核となっている研究開発プロジェクトをコアとして、そのプロジェクトリーダーの所属大学に特別講座の拠点を設ける人材育成講座を通じて部材分野の人材育成を推進している。例として「先端機能発現型新構造繊維部材基盤技術の開発」、「高機能複合化金属ガラスを用いた革新的部材技術開発」での人材育成事業がある。

（４）海外での取組

諸外国においても材料・部材技術とナノテクノロジーを様々な産業に波及する共通

基盤技術として位置付け、国家戦略に基づき予算配分がなされている。

〔米国〕

- ・ 2000年に省庁横断的な「国家ナノテクノロジー戦略 (NNI: National Nanotechnology Initiative)」を制定しており、この中でナノテクノロジーを駆使した部材開発の重要性が述べられている。政権交代後も NNI は継続され、米国のナノテクノロジー・部材開発のグランドプランとなっている。2011年の予算教書では研究開発方針として、次世代先端技術材料・製造技術の促進が謳われている。
- ・ エネルギー省 (DOE) の R&D 活動の中心の一つである科学局 (Office of Science) は連邦政府において大規模に材料科学と化学分野における研究支援を実施している。
- ・ また米国では、ナノテクノロジー等、多様な学術分野にまたがる知識を融合・統合する場としての研究拠点を整備・対外開放し、研究者・企業を世界から集めての研究開発を推進している。例えばニューヨーク州オルバニーのナノエレクトロニクス開発拠点等の例がある。
- ・ 商務省の国立標準規格技術研究所 (NIST) では、科学技術・測定法・標準規格を開発することをミッションとし、材料科学工学研究所などでセラミックス、金属、ポリマーなどの研究が行われている。

〔欧州〕

- ・ 「第7次フレームワークプログラム (FP7: 2007-2013年)」において、部材に関する研究開発が、支援強化すべき9項目の1つとして、ナノテクノロジー、新生産技術と共に位置づけられている。目標として、欧州産業界の競争力を向上、融合技術領域において応用に向けた知識のブレークスルーの創出、資源集約型産業の知識集約型産業への変質が挙げられている。手段として、高性能材料、知識集約型材料、信頼性の高い設計やシミュレーション技術、高度複雑系、環境との適合性、工業化学産業・材料加工産業におけるナノ分子のマクロレベル統合、新規のナノ材料、バイオ材料、ハイブリッド材料、これら部材の設計・制御に関する新しい知識の創出が挙げられている。
- ・ 米国同様にナノテクノロジーの開発拠点の動きが盛んになっている。ベルギーでは州政府の支援のもと、世界最大のナノテクノロジー研究拠点”IMEC“の拡充が進んでいる。フランスでは、国立電子情報研究所と国立工科大学グルノーブル校が連携の下、ナノテク研究拠点“MINATEC”が2006年6月に開設された。

〔アジア〕

- ・ 近年、部材研究開発におけるアジア各国の台頭が見られる。中国政府は2020年に向けて国家中長期科学技術開発計画の策定を開始、2005年末から実施されている。部材関係は新材料技術として重点分野に位置づけられている。研究に関しては、主に中国科学院が研究開発を担っている。
- ・ シンガポールでは、科学技術庁傘下にある情報通信・材料工学関係の7つの国立研

研究所を集約した世界に開かれた研究開発拠点「フュージョノポリス」を整備している。

(5) 改訂のポイント

- (1) 部材分野の目標と将来実現する社会像において、最近の研究開発情勢について言及した。
- (3) 関連施策の取組〔基準・標準化〕において、光触媒の性能試験方法についての国際標準の発行について追加した。
- (4) 海外での取組において、最新の海外の研究開発動向について言及した。(独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センターの各種資料を参照。)

II. 技術マップ

(1) 技術マップ

部材分野は、ライフサイエンス、情報通信、環境などの広範囲な分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献し、産業振興や人間の豊かな暮らし、安全・安心で快適な社会などを実現する重要な技術である。我が国の部材分野の技術は、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化に至るまで全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっている（第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略 IV. ナノテクノロジー・材料分野より）。

昨年度版までの技術戦略マップでは、出口産業群を強く意識した形での整理を行ってきた。しかし、近年の技術開発動向により、注目すべき出口側のニーズは刻々と変化している。従来の技術戦略マップにおいても、各ニーズに関連するシーズは多岐に渡ってカバーしているが、一方でシーズ側から見通すことは困難となってきた。

部材分野においてはニーズ側とシーズ側の両面からより幅広く俯瞰し、両者の同期化を図ることが重要であり、今後この観点から部材分野を順次再構築していく予定である。今年度は昨年度版までの出口側からの整理に加え、シーズ側、部材別の観点を加えた整理の双方を示した。

ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理については、今年度①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野、の2分野について、技術開発の課題を項目毎に整理し、個々の技術開発がどのような製品、他の技術に関連するのかという観点から、分野別の技術を俯瞰するマップを策定した。なお、各分野についての導入シナリオを併せて示した【別紙1：素形材プロセス分野の技術戦略マップ】【別紙2：ニューガラス分野の技術戦略マップ】。今後、他の技術分野についても、順次策定を行っていく予定である。

一方、出口側からの整理については、部材の重要な出口産業群として、燃料電池、情報家電、医療・福祉／安全・安心、環境・エネルギー等の4分野を設定した。これら4分野に関してそれぞれの最終製品から部材に求められる機能を抽出し、その機能

を発現する高度部材の名称等を研究開発の対象として記載することによって、材料創製技術を俯瞰するマップを策定した。さらに、そのような部材を製造するための共通基盤技術について、材料製造技術、加工技術、計測・評価・検査技術、シミュレーション技術の4分野に大別して俯瞰した。詳細については、2009年版までのマップを参照されたい。なお出口側からの整理については、今後大幅な改訂を行わず、順次後述のシーズ側、部材別の観点を加えた整理へ収れんさせていく予定である。

(2) 重要技術の考え方

2007年以降に策定した技術マップについては、各指標に基づいて重要技術を抽出し、これについてロードマップ化を行っている。本年策定の①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野の指標についての考え方は別紙1, 2にそれぞれ示す。これらの評価指標によって重要と選定された技術要素について、技術ロードマップ化を行った。なお、2008年度以前に策定したマップについての指標については、2009年度版を参照されたい。

(3) 改訂のポイント

- ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理を新たに追加した。今年度は①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野を策定した。
- 出口側からの整理について、最近の研究開発動向を踏まえ、4. 環境・エネルギー分野等について、自動車部材、建築部材にアルミニウム部材関連の小項目を追加した。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

技術ロードマップについては、前述の技術マップから重要技術として選定されたものについて、各重要技術の年次展開を、目標とすべきマイルストーンと共に時間軸上に示している。

本年策定の①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野の2分野の指標についての考えについては、は別紙1, 2にそれぞれ示す。

2008年度以前に策定したマップについては、「出口から部材に求められる機能」、「求める機能を実現する高度部材」、「研究開発の方向性」を示した。次いで、各重要技術の年次展開を、目標とすべきマイルストーンと共に時間軸上に示している。また2007年以降ロードマップ化した技術については、標準化に関わるロードマップを平行して策定し、必要に応じて技術ロードマップに挿入した(背景に桃色の斜線を入れた)。これは研究開発成果の普及や国際競争力強化の観点から、研究開発戦略と標準化戦略の一体化を図るためである。但し、製品規格に関する標準化については省略した。

なお、ロードマップで取り上げた以外の部材・技術が重要でないということは意味しない。技術ロードマップについては、今後ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理について、幅広い材料分野を俯瞰するよう、順次策定を行っていく予定である。

(2) 改訂のポイント

- ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理について、①素形材プロセス分野、②ニューガラス分野、の技術ロードマップを策定した。
- 出口側からの整理について、現状の技術開発動向の現状を踏まえ、6. 4-01 環境エネ自動車用部材、7. 4-02 環境エネルギー建築にアルミニウム部材関連の追加を行った。

IV. その他の改訂ポイント

○ 国際競争ポジション（ベンチマーキング）の更新

- 部材分野の国際競争力比較のため、世界市場における日系企業のシェアを示す資料を 2008 年度の数字に更新した。

➤ 部材分野の技術戦略マップの構成

導入シナリオ

部材分野の導入シナリオ

(ニーズ側とシーズ側の双方の観点を加えた整理)

(別紙 1)

素形材プロセス分野の技術戦略マップ

(別紙 2)

ニューガラス分野の技術戦略マップ

技術マップ

(出口側からの整理)

1. 燃料電池分野
2. 情報家電分野
3. 医療・福祉／安全・安心分野
4. 環境・エネルギー分野
0. 共通基盤技術分野

技術ロードマップ

(出口側からの整理)

1. 燃料電池分野
2. 情報家電分野
3. 医療・福祉／安全・安心分野
4. 環境・エネルギー分野
0. 共通基盤技術分野

(注) 上述の数字は各分野に伏した ID 番号を表す。

部材分野の導入シナリオ

2008年 2010年 2015年 2025年

目標

○情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど多くの分野に資する高機能部材を開発、その実用化を促進することで、世界市場のトップシェアを占める高機能部材の更なる増加などを通じた、我が国産業の競争力強化を図る。あわせて、希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

民間企業の
取り組み

- 垂直連携による部材研究開発の実施
- 海外を含めたユーザーへの材料ソリューション提案力の強化のための研究開発の実施
- 研究開発の推進による部材企業の一層の企業価値向上

研究開発の
取り組み

出口を見据えた革新的部材開発

ナノテク・部材イノベーションプログラム

- ①ナノテクノロジーの加速領域
・ナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を加速・促進する。
- ②情報通信領域
・ナノテクノロジーや革新的部材開発を駆使して既存技術の微細化の壁を突破し、電子・光デバイスで世界をリードするとともに高度化された製造技術の開発
- ③ライフサイエンス・健康・医療領域
・ナノテクノロジーを駆使して初めて可能となる診断・治療により革新的医療を実現
- ④エネルギー・資源・環境領域
・ナノテクノロジーや革新的部材技術を駆使して、エネルギー・資源・環境等の社会的制約を克服すると同時に我が国の強みであるナノテク関連産業・部材産業の競争力を強化
- ⑤材料・部材領域
・極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域についてユーザー製造業等との連携(川上・川下連携)を促進し、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化
- ⑥ナノテクノロジー・部材分野推進共通基盤領域
・ナノテクノロジー、部材分野の研究開発に必要な加工・計測・解析等の共通基盤の確立
・リスク不安に対処したリスク管理手法を開発し、社会に貢献する産業化の支援の相互的推進

関連施策の
取り組み

導入普及促進策

- 人材育成に向けた取り組み(製造中核人材育成事業、NEDO特別講座、技術経営人材育成プログラム導入事業、製造中核人材育成事業)
- NEDOサンプルマッチング事業
- 標準化(光触媒、超電導、ファインセラミックス等)
- 自動車用部材・建築用部材に関わる標準化

環境整備

- 「非鉄金属資源の安定供給確保のための戦略」の実施
- 国際対応(FTA推進、化学物質管理(REACH等)、RoHS指令等国際的規制のハーモナイゼーション)

部材分野の技術マップ(1/36)

1. 燃料電池分野

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
1-01-01	自動車用 燃料電池 (PEFC/ 水素ガ ス)	スタック	低コスト化、スタック構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-01-02		セル	低コスト化、セル構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-01-03		電解質膜電極複合体 (MEA)	低コスト化	低コスト化	次世代MEA (貴金属量低減、低コスト電解質膜、低コスト電解質材料利用、低コストプロセス等の採用。触媒活性改善、電解質膜や電解質材料の特性改善、拡散層の特性改善、改善したMEA構造設計・新規概念の電極構造、触媒の電解質被覆率向上、触媒層専用電解質の開発、触媒-電解質分散解析・制御技術の向上。カソード触媒の耐久性改善、電解質膜や電解質材料の耐久性改善、拡散層の耐久性改善、燃料不足時・起動/停止時・凍結⇄解凍サイクルなどへの対応)
			発電性能向上	発電性能向上	
			耐久性の向上	耐久性の向上	
1-01-04		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期)	撥水性維持(短期・長期)	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立)
			低コスト化	低コスト化	カーボン系ガス拡散基材(製造プロセス改善)
			高性能化	高性能化	カーボングラス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と評価)
1-01-05		触媒・担 体	アノード触媒	貴金属量の低減	ナノ触媒、微細構造制御触媒(粒子サイズ、形状の最適化)
貴金属量の低減				貴金属フリー水素酸化触媒(白金と同等の水素酸化性能を達成する新材料探索)	
カソード触媒			貴金属量の低減	高分散化・構造制御・利用率向上型触媒(粒子サイズ、形状の最適化、酸素還元活性向上(微量元素添加など))	
			酸素還元活性の向上	貴金属フリー酸素還元触媒(白金と同等の酸素還元性能を達成する材料探索)	
			高温作動化	触媒担体-触媒相互作用型酸素還元触媒(触媒担体-触媒の相互作用の解明・最適化)	
			耐久性の向上(酸素還元活性低下抑制)	助触媒利用型酸素還元触媒(補助触媒の探索・利用・最適化)	
1-01-07		電解質膜	低コスト化	低コスト化	合金触媒型酸素還元触媒(合金触媒の探索・最適化)
			劣化抑制	劣化抑制	高分散合金触媒(合金触媒の探索・最適化)
	リサイクル性		リサイクル性	高耐久性触媒・担体(形態や組成、構造制御による触媒粒子成長抑制・溶出抑制、担体劣化や担体表面構造変化を生じない新材料の探索。)	
	高温・低加湿対応膜の開発 (-20℃での起動から、1気圧、120℃での低加湿(20~30%の湿度)運転への対応)		高温・低加湿対応膜の開発 (-20℃での起動から、1気圧、120℃での低加湿(20~30%の湿度)運転への対応)	フッ素系膜(合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
	炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)		炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	フッ素系膜、炭化水素系膜(新材料開発(炭化水素系膜)、膜構造の改良、ハイブリッド化など)	
1-01-08	セパレー タ	カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。大面積化	フッ素系膜(リサイクル技術開発、フッ素原子による二次汚染問題の解決)	
炭化水素系膜(リサイクル技術開発)			炭化水素系膜(リサイクル技術開発)		
金属系セパレータ		耐触性改善	触媒・酸化物分散フッ素系膜、非フッ素系膜(炭化水素系膜、触媒・酸化物等無機物質と炭化水素系ポリマーのハイブリッド電解質、ポリマーエマルジョン、高プロトン導電性ガラス電解質)(新材料、構造の探索⇒耐久性・劣化特性の把握⇒量産化技術、リサイクル技術)		
1-01-09	シール	低コスト化	低コスト化	(流路構造の最適化(流路最適化ソフトウェア))	
1-01-10		導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。	カーボン樹脂モールドセパレータ(ガス不透過性を確保しつつ、ひずみ量と破壊じん性値を高めるための材料開発。環境強度試験技術開発。生産プロセスの改良(大面積化)、リサイクル技術)		
1-01-11	補器類	低コスト化	低コスト化	プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐触材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	
1-01-12	水素貯 蔵系	液体水素貯蔵	液化効率向上 ボイルオフガス低減	(プロセス面の改善、接着工程の自動化)	
1-01-13		水素吸蔵合金貯蔵	水素貯蔵量の増大、サイクル耐性の向上、安全性の担保	高効率冷凍・液化技術開発、高断熱容器	
1-01-14		炭素系・無機系貯蔵材	水素貯蔵量の大幅な増大、サイクル耐性の向上、安全性の担保	高容量水素吸蔵合金(高容量・高サイクル寿命水素吸蔵合金の開発、安全性評価技術)	
1-01-15		高圧ガスタンク	高圧貯蔵タンク(70MPa級)の軽量化、貯蔵量の増大	新規材料	
1-01-16				70MPa級軽量高強度水素貯蔵容器部材、高効率圧縮機(高圧軽量高強度材料開発、複合材料の強度改善、薄肉容器開発、容器システムの安全性・信頼性技術検証、圧縮機(補器)の性能向上)	
1-02-01	家庭用燃 料電池 (PEFC: 燃料改質 型)	スタック	低コスト化技術 スタック構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-02-02		セル	低コスト化技術 セル構造最適化	(下部構造・部材の最適化)	
1-02-03		電解質膜電極複合体 (MEA)	低コスト化	低コスト化	(貴金属量低減、低コスト電解質膜、低コスト電解質材料利用、低コストプロセス等の採用)
			発電性能向上	発電性能向上	次世代MEA(触媒活性改善、電解質膜や電解質材料の特性改善、拡散層の特性改善、改善したMEA構造設計・新規概念の電極構造、触媒の電解質被覆率向上、触媒層専用電解質の開発、触媒-電解質分散解析・制御技術の向上)
			耐久性の向上	耐久性の向上	(カソード/アノード触媒の耐久性改善、電解質膜や電解質材料の耐久性改善、拡散層の耐久性改善、燃料不足時・起動/停止時・凍結⇄解凍サイクルなどへの対応)
1-02-04		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期)	撥水性維持(短期・長期)	高温・低加湿対応、炭化水素系MEA(炭化水素系電解質膜の性能向上)
			低コスト化	低コスト化	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立)
			高性能化	高性能化	カーボン系ガス拡散基材(製造プロセス改善)
1-02-05			(活性向上、利用率向上、高温作動化)	カーボングラス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と評価)	
1-02-06		アノード触媒	貴金属量の低減	貴金属量の低減	ナノ触媒、微細構造制御触媒など(粒子サイズ、形状の最適化)

部材分野の技術マップ(2/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
1-02-07		触媒・担体 カソード触媒	貴金属量の低減	高分散化・構造制御・利用率向上型触媒(粒子サイズ、形状の最適化、酸素還元活性向上(微量元素添加など))	
			酸素還元活性の向上	触媒担体-触媒交互作用型酸素還元触媒(触媒担体-触媒の交互作用の解明・最適化) 補助触媒利用型酸素還元触媒(補助触媒の探索・利用・最適化)	
			耐久性の向上(酸素還元活性低下抑制)	合金触媒型酸素還元触媒(合金触媒の探索・最適化)	
1-02-08		電解質膜	低コスト化	高耐久性触媒・担体(形態や組成、構造制御による触媒粒子成長抑制・溶出抑制。担体劣化や担体表面構造変化を生じない新材料の探索。)	
			劣化抑制	フッ素系膜(合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
			リサイクル性	炭化水素系膜(材料開発、合成プロセス、膜製造法の見直し、量産化技術の開発)	
			高温・低加湿対応膜の開発(温度-20℃での起動から、90℃での低加湿(60%の湿度)運転への対応)	フッ素系膜、炭化水素系膜(新材料開発(炭化水素系膜)、膜構造の改良、ハイブリッド化など) フッ素系膜(リサイクル技術開発、F原子による二次汚染問題の解決) 炭化水素系膜(リサイクル技術開発)	
1-02-09			流路構造の最適化	(流路最適化ソフトウェアの活用)	
1-02-10		カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。大面積化	カーボン樹脂モールドセパレータ(ガス不透過性を確保しつつ、ひずみ量と破壊じん性を高めるための材料開発。環境強度試験技術開発。生産プロセスの改良(大面積化)、リサイクル技術)	
1-02-11		金属セパレータ	耐蝕性改善	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐蝕材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	
1-02-12		シール	低コスト化	(プロセス面の改善)(接着工程の自動化)	
1-02-13		補器類			
1-02-14		改質器	耐久性向上 窒素レスDSS運転への対応 効率向上/低ロード運転 低コスト化 多燃料化	高性能・低コスト改質器、多様な燃料(LPG,DMEなど)対応改質器、低温(500℃程度)対応メンブレン改質器(低コスト水素選択透過膜の開発、膜と一体化した触媒膜(メンブレンリアクタ)開発。多様な燃料対応改質器の開発)	
1-02-15		触媒(改質器用)	低コスト化、多様な燃料改質への対応、長寿命化	灯油LPG用改質触媒、非貴金属系変成触媒、高性能貴金属触媒、低酸素添加CO選択酸化触媒(灯油LPG用改質触媒の開発、非貴金属系変成触媒の開発、貴金属触媒の低減(3g/kW以下)、低酸素添加CO選択酸化触媒の開発)	
1-03-01	モバイル燃料電池(DMFC)	スタック	高濃度メタノール水溶液への対応、出力密度向上、小型実装・長時間作動、低温作動、有害反応生成物放出低減	(エネルギー密度向上、小型実装・長時間作動、低温作動、有害反応生成物放出低減、生成水の循環、各種モバイル用途に合わせた方式(ポンプとアクティブなど)の開発)	
1-03-02		MEA	耐久性向上(MEA、高濃度メタノール水溶液への対応)、出力密度向上、低コスト化、低温作動化、各種モバイル用途に合わせたMEA構造の開発	耐久性向上MEA、高濃度メタノール水溶液用MEA、高出力密度MEA、低コストMEA、低温作動MEA、(貴金属低減、膜・電極接触界面抵抗の低減、触媒層と電解質膜との接合性向上、電解質膜の膨潤特性改善、触媒・電解質の分散解析/制御技術の向上、触媒の電解質による被覆率改善、低温作動化)	
1-03-03		ガス拡散基材	撥水性維持(短期・長期) 高性能化	カーボン系ガス拡散基材(最適撥水特性の評価試験の確立) カーボンクロス系基材、非カーボン系材料(新材料探索と表化)	
1-03-04			高性能化 使用量低減	カーボンナノホーンや酸化物材料等の無機材料など(担体)	
1-03-05		触媒・担体	アノード触媒	貴金属量の低減	MeOH酸化活性向上貴金属触媒(白金-ルテニウム系)(メタノール酸化活性の向上(触媒サイズ、形態制御))
				MeOH酸化活性の飛躍的な向上	貴金属フリー酸化活性触媒(AuやPtの超微粒子、多元合金触媒、有機錯体など)(新たな触媒材料の探索)
				耐久性の向上	新規合金触媒等(新規合金触媒材料の探索) MeOH酸化活性劣化防止触媒、ルテニウムの溶出抑制触媒(触媒表面状態変化の抑制技術開発、ルテニウムの溶出抑制技術開発)
1-03-06		カソード触媒	貴金属量の低減	貴金属フリー酸素還元触媒(AuやPtの超微粒子、多元合金触媒、有機錯体など)(白金と同等の酸素還元活性(MeOH存在下))を発揮する貴金属フリー触媒材料の探索	
			酸素還元活性の向上	触媒担体-触媒交互作用型酸素還元触媒(MeOH存在下)(触媒担体-触媒の交互作用の解明・最適化) 補助触媒利用型酸素還元触媒(MeOH存在下)(補助触媒の探索・利用・最適化) 合金触媒型酸素還元触媒(MeOH存在下)(合金触媒の探索・最適化)	
1-03-07			電解質膜	クロスオーバー低減、低コスト化	新電解質膜(新規炭化水素系膜、フッ素系膜)、膜のリキャスト、化学修飾、メタノール防止層形成、コンポジット膜(クロスオーバー量低減とプロトン伝導性の両立、寸法安定性、低コスト化、耐久性向上、機械的強度向上、高メタノール燃料接触時の高プロトン伝導性)
1-03-08			流路構造の最適化	(流路最適化ソフトウェア)	
1-03-09		カーボン系セパレータ	電気抵抗、機械的強度、安定性、成形性の性能改善。更なる薄型化と軽量化。	カーボン樹脂モールドセパレータ(ガス不透過性を確保しつつ、ひずみ量と破壊じん性を高めるための材料開発。環境強度試験技術開発。生産プロセスの改良(大面積化)、リサイクル技術)	
1-03-10		金属セパレータ	耐蝕性改善	導電性金属析出ステンレス、クラッド材料、表面コーティング材料、Ti系など耐腐食材料。プレス成形セパレータ(価格と耐腐食性を両立させるための材料開発。表面処理(コーティング)技術、耐蝕材料の生産プロセス改善による材料コスト低減など)	

部材分野の技術マップ(3/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
1-03-11		有機材料セパレータ	耐蝕性、長時間耐久性、低価格化	(一体成形、プレス成形など)
1-03-12	水素供給型モバイル燃料電池(燃料電池本体の技術は基本的にPEFCと同様。ここでは中核的な補機のみを示す)	マイクロ改質器型モバイル燃料電池補器類	周辺機器の小型化、低消費電力化	超小型低消費電力ポンプなど(周辺機器全体の小型化、低消費電力化)(MEMS技術の適用、精密加工、構成材料の軽量化(プラスチック化)を前提とした耐久性向上)
1-03-13		マイクロ改質器	起動性の速い改質器・変成器、安全性(CO濃度10 ppm以下)	超小型メタノール改質器・変成器(MEMS技術の適用、精密加工。低温動作可能な触媒など)
1-03-14		水素吸蔵材貯蔵型モバイル燃料電池補器類	周辺機器の小型化、低消費電力化	超小型低消費電力ポンプなど(周辺機器全体の小型化、低消費電力化)(MEMS技術の適用、精密加工、構成材料の軽量化(プラスチック化)を前提とした耐久性向上)
1-03-15		小型水素吸蔵材料タンク	高い水素吸蔵量、耐久性/コスト	水素吸蔵量4 wt%以上の合金
1-04-01	小型及び可搬型SOFC(500~700℃)	スタック	スタック出力密度向上 長寿命化 低コスト化 起動時間の短縮	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-04-02		単セル	高集積化膜製造技術 低温作動	(プロセス技術の確立, 低コスト化)
1-04-03		燃料極	燃料の多様化、燃料不純物への対応(ダーティーな燃料への対応)。耐酸化還元性能、起動/停止への耐性、ランタンガレート系等新規電解質との両立性、カーボン(固体)を使える燃料極、新規セル構造への対応、高集積、金属基体	Ni系サーメット電極、酸化物電極、酸化物ベース材料(金属分散)、CeO ₂ , SrTiO ₃ , LaCrO ₃ 系等。硫化物、炭化物等。Ni-サーメット系、酸化物系(Ni系電極の高機能化、特性改善(合金化、微細構造制御、多層膜化等)、酸化物ベース燃料極材料の探索、中小規模と同様の開発課題、高集積化への対応、構造最適化、燃料供給系との一体設計)
1-04-04		空気極	低温作動、金属インターコネクタからのCr、プロトン導電体電解質への対応、ナノ技術、MEMSマイクロSOFCでの利用	(La,Sr)CoO ₃ または(La,Sr)(Fe,Co)O ₃ 系、但し、YSZ, ScSZ電解質ではCeO ₂ 系中間層。La(Fe,Ni)O ₃ 系等新規材料。新規プロセス、新規材料(界面微細構造制御による低温での活性向上、界面の安定性向上。表面構造・組成制御による高活性化、耐Cr被毒化、熱膨張挙動の改善。機械的挙動の改善。新規材料探索、複合材料化。プロトン導電体電解質に適合するカソード材料の探索、ナノ技術、MEMS技術による高度集積)
1-04-05		電解質	高集積化、低温作動、電極材料との両立性	薄膜ScSZ、薄膜ランタンガレート、薄膜セリア、薄膜YSZ、SrCeO ₃ , BaZrO ₃ 等のプロトン導電体(高集積化のためのプロセス技術の確立。MEMS技術によるより高度な集積化。プロトン導電体の利用可能性検討)
1-04-06		インターコネクタ	インターコネクタ信頼性、長寿命化	合金系。セラミックス系。多層構造(最適インターコネクタ構造/材料の検討)
1-04-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性>10000サイクル、耐急速昇降温	(急速な熱サイクルに対する優れたシール材開発)
1-04-08		幾何学的構造	体積効率向上、耐急速昇降温	(マイクロ集積構造(チューブ、平板、ハニカム)、断熱・放熱構造、微細加工技術(MEMS)(反応面積増大による体積効率向上、高集積、断熱、放熱が重要、セルユニットの微細化))
1-04-09		集電極・集電線	導電率、熱伝導率の高い低コスト集電材、集電ロスの低減、耐久性	金属系多孔質材料
1-04-10		補機類	高集積セルへの燃料/空気供給系、熱管理(断熱、熱交換、放熱)	(耐熱金属材、微細加工(マイクロSOFCでのガス分配、熱管理、MEMS-SOFCでの燃料制御系(マイクロポンプ等)との一体設計、微細加工製造プロセス技術の開発))
1-05-01	中温(中~小規模)SOFC(600~800℃)	スタック	高効率化 長寿命化 低コスト化 スタック出力密度向上	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-05-02		単セル	プロセス技術の高信頼性、特性の高安定性	(製造プロセスの改良による高信頼性、低コスト化、動作時、作製時の破壊挙動のモニタ手法の確立、共焼結法)
1-05-03		燃料極	燃料の多様化、燃料不純物への対応(ダーティーな燃料への対応)、耐酸化還元性能、起動/停止への耐性、ランタンガレート系等新規電解質との両立性、カーボン(固体)を使える燃料極	Ni系サーメット電極、酸化物電極、酸化物ベース材料(金属分散)、CeO ₂ , SrTiO ₃ , LaCrO ₃ 系等。硫化物、炭化物等(Ni系電極の高機能化、特性改善(合金化、微細構造制御、多層膜化等)、酸化物ベース燃料極材料の探索)
1-05-04		空気極	低温作動、金属インターコネクタからのCr	(La,Sr)CoO ₃ または(La,Sr)(Fe,Co)O ₃ 系、但し、YSZ, ScSZ電解質ではCeO ₂ 系中間層。La(Fe,Ni)O ₃ 系等新規材料(界面微細構造制御による低温での活性向上及び界面の安定性向上、表面構造・組成制御による高活性化及び耐Cr被毒化、熱膨張挙動の改善、機械的挙動の改善、新規材料探索、複合材料化)

部材分野の技術マップ(4/36)

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
1-05-05		電解質	低温での高イオン伝導性 長期安定性 電極材料との両立性	ScSZ、ランタンガレート、セリア、薄膜YSZ(中低温用電解質材料の長期安定性向上、プロセス技術、ナノイオニクス効果などの新規概念の適用可能性を検証)
1-05-06		インターコネクタ	長期耐久性、 低コスト	鉄系合金、コーティング(金属インターコネクタの長寿命化(耐酸化性、Cr蒸発抑制)、低コスト化)
1-05-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性の向上	ガラスセラミックス(ケイ酸塩系等)、金属、セル構成材料および作動雰囲気との安定性(金属セパレータの場合)(熱膨張係数のコントロール、耐熱サイクルに優れたシール材開発、金属、無機系複合材料および表面コーティング)
1-05-08		幾何学的構造	体積効率向上 発電規模、作動温度に応じた幾何学構造の構築	(高信頼性、低コスト、高集積も必要。廃棄物分解ガスなどのダーティーな燃料に対応できるとSOFCの適用が拡大するマイクロチューブ、ハニカム構造の実現。(体積効率向上、平板型の高信頼性化と低コスト化(と高集積化)。))
1-05-09		集電極・集電線	低抵抗、可とう性 長期耐久性 集電ロスの低減、耐久性	導電性セラミックス、金属、金属または酸化フェルト、繊維の材料開発と使いこなし(炭素析出の抑制、長寿命化、低コスト、セル構成材料および作動雰囲気との安定性。)
1-05-10		補機類	低コスト化 電力ロス、放熱ロスの低減	低コストな補機類用部材:高性能低コスト断熱材、低コスト金属部材、耐熱性ポリマーなど。(高温部位:高性能断熱材の低コスト化、中低温部位:金属代替耐熱性ポリマーの適用技術、部材量産化(ニアネットシェイプなど)低コスト技術) 低コスト・高性能断熱材(補機類(プロワ等)の低消費電力化に資する部材、インバータの高効率化に資する部材、高性能断熱材の適用性向上)
1-06-01	高温型 (大~中規模) SOFC (850°C以上)	スタック	高効率化 長寿命化 低コスト化 スタック出力密度向上	(構造・下部階層の最適化組み合わせ)
1-06-02		単セル	プロセス技術の高信頼性、 特性の高安定性	(製造プロセスの改良による高信頼性、低コスト化、動作時、作製時の破壊挙動のモニタ手法の確立、共焼結法)
1-06-03		燃料極	長期安定性(高電流密度、高燃料 利用率条件)、耐硫黄、耐ハロゲン、 炭素析出抑制、低コスト	Ni-YSZサーメット、Ni-ScSZ、CeO2等サーメット、微細構造制御、酸化物等新規アノード材料(Ni-YSZサーメット電極の長期安定性の検証と改善、硫黄、ハロゲンの影響の定量的把握・対策の検討、原料中の不純物の影響、微細構造制御による長期安定性、酸化物材料の利用可能性の検証)
1-06-04		空気極	高活性、長期安定性、低コスト	(La,Sr)MnO3系等、微細構造制御、組成・添加物制御、(La,Sr)(Fe,Co)O3系/CeO2系中間層(可能性の検証)、(劣化原因の特定、界面構造・組成制御による高性能・高安定化、低コスト化、代替電極の可能性検証)
1-06-05		電解質	高安定性、機械強度	YSZ、ScSZ、ランタンガレート系(YSZの不純物制御による高性能化、低コスト化、中温域のSOFCで開発された電解質の適用可能性を検証(特に長期安定性)、最適化)
1-06-06		インターコネクタ	(円筒型) 長期耐久性向上>4万hr (平板型) 低コスト化	LaCrO3系酸化物、Ti系酸化物等((円筒型)電極部材との反応性抑制による長寿命化) LaCrO3系酸化物、Ti系酸化物等((平板型)低コスト化)
1-06-07		シール	ガスシールの信頼性、耐熱サイクル性	ガラスセラミックス(ケイ酸塩系等)、金属、自己シール構造(酸化物インターコネクタの場合)(耐熱サイクルに優れたシール材開発、自己シール構造の低コスト製法、金属表面処理)
1-06-08		幾何学的構造	効率最大・コスト最小	高信頼性、低コスト材料(電流経路最短化、重量あたりの出力密度向上、円筒型の低コスト化)
1-06-09		集電極・集電線	集電材高機能化、低コスト化 集電ロスの低減、耐久性、炭素析出の抑制	導電性セラミックス、Ni系金属材料、Ni代替金属材料、導電性セラミックス・金属複合材(Ni系金属材料:焼結抑制、機能コーティング、Ni代替金属系接続材の開発、導電性セラミックス・金属複合接続材の開発)
1-06-10		補機類	低コスト化 電力ロス、放熱ロスの低減	低コストな補機類用部材:高性能低コスト断熱材、低コスト金属部材、耐熱性ポリマーなど。(高温部位:高性能断熱材の低コスト化。中低温部位:金属代替耐熱性ポリマーの適用技術、部材量産化(ニアネットシェイプなど)低コスト技術) (補機類(プロワ等)の低消費電力化に資する部材、インバータの高効率化に資する部材、高性能断熱材の適用性向上)

部材分野の技術マップ(5/36)

2. 情報家電分野

技術番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		
2-01-01	半導体関連部材	パワーデバイス材料	大電流・高電流密度・処理性能・低コスト・導電性・高硬度	窒化物半導体/SiC/ダイヤモンド/CNTパワーデバイス、有機・無機ハイブリッド材料		
2-01-02		層間絶縁材料	低誘電率、低誘電損失、高速化、微細化、低消費電力化	ブロック共重合体、フッ素系、有機無機複合		
2-01-03		LSIプロセス用材料	微細加工対応(光反応性・平坦化性・高精密性)、高易加工性	脂環式高分子レジスト、無機有機複合CMP材料、高易加工性材料(NiW)、高精密金属金型材料(WC)		
2-01-04		超ホール輸送材料、横方向輸送材料	電荷輸送性	高分子、複合材料、ナノ誘電体		
2-01-05		ローパワーデバイス材料	小電流化、低電流密度	アンチモン化インジウム、high-k材料		
2-02-01	素子・センサー部材	熱電変換素子	高効率変換、耐久性、非環境汚染	金属間化合物、熱電用ナノヒスラー合金		
2-02-02		電子放出素子	電子放出特性、量産性	ダイヤモンド、CNT		
2-02-03		高周波素子関連材料	ミリ波帯域電磁波吸収、電子機器の誤作動防止	シート状・塗料状電磁波吸収材料、誘電・電気伝導特性制御材料		
			高周波特性	ダイヤモンド/CNTデバイス、固体テラヘルツ波発生素子		
			高密度低温焼結性	機能性ナノ構造電子部品(無機)		
2-02-04		強電用電気絶縁材料	高耐電圧、高熱伝導性	有機系電気絶縁材料(メタルアルコキシドハイブリッド)		
2-02-05		電源材料	高効率、軽量、小型化	ナノ組織制御圧電、誘電無機材料、大容量電池材料、高効率マイクロインダクタ(高機能複合化金属ガラス)		
2-02-06		アクチュエータ部材	応答性、小型・高出力密度	高圧電性能部材、高パワーダイヤモンドMEMS、CNT複合材料(圧電ポリマーとの)		
2-02-07	環境適応電子部品	有害物質不使用	非鉛系圧電セラミックス(集積化)			
2-02-08	センサー	高感度、選択性、高速応答性、耐久性、フレキシブル、リモート計測性	高速応答高選択反応性部材(無機)、多孔質酸化物、プラズマ診断用計測フレキシブル高温センサー、窒化アルミセンサー、応力発光計測材料、ケイ素ポリマー/ナノシートハイブリッド材料、圧力センサー部材(金属ガラス)			
2-03-01	実装部材	封止、接着部材	加熱剥離防止、外部衝撃緩衝、非吸水性	熱膨張率制御複合材料、有機材料、分子配向性有機無機複合水バリア材料		
2-03-02		基板部材	高周波配線対応、耐熱性向上、平滑性、親和性(界面制御)、高精密性	セラミックス、無機有機複合、環状・縮環系耐熱樹脂、複合材料、有機材料		
2-03-03		高リサイクル・環境適応部材	リサイクル性、審美性、電磁波遮蔽性、有害物質非含有	高機能軽量筐体(マグネシウム・チタン)、有機系電磁波吸収材、Cr-freeハンダ、Be-free銅合金(高機能複合化金属ガラス)		
2-04-01	光学部材	光メモリ用光学部材	光ピックアップ用光学部材	紫外透過、低損失	ワイドバンドギャップ無機材料(微量成分添加ハイブリッド化、耐熱性の向上)、高純度ポリマー材料(高純度化、耐熱性の付与)	
2-04-02			光記録媒体(ホログラフィ、光テープ)	高精度化、高アスペクト比化	一次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成、製造コスト低減)	
2-04-03			超高密度光メモリ用記録再生部材	高速性、低電力、高S/N 高密度化	高屈折率変化フォトポリマー材料(高感度化、多重度の増加) 無機材料(相構造変化)、スーパーアトム(構造制御)、多層化(焦点深度内薄膜多層化)	
2-04-04		撮像用光学部材	結像マイクロレンズ	短焦点・無収差	高屈折率・低分散ガラス(希土類、重元素、ハロゲン添加、無鉛化)、屈折率制御ガラス材料(屈折率制御)、高屈折・低分散ポリマー材料(ナノ粒子分散、屈折率温度無依存性(アサーマル))	
2-04-05			無反射コート膜	無反射	2次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)	
2-04-06		空間光制御部材	表示機構	偏光制御	1次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成)、LCD用各種フィルム(製造コストの低減)	
2-04-07				反射制御	3次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)	
2-04-08			フィルター	干渉制御	有機電子発光材料(製造速度向上)	
				位相制御	1次元サブ波長構造体(製造速度向上)	
2-04-09			FPD用光学部材	界面コート膜	波長制御	IRカットフィルター(色素分散形成)
2-04-10			液晶プロジェクションディスプレイ用光学部材	透明電極膜	透明、低電気抵抗、低価格	ワイドバンドギャップ透明電極(AZO,GZO,TiO2など)(インジウム代替の酸化物および導電性高分子)
	無反射			多層膜(大面積・高強度・広波長帯域化技術)		
2-04-11	FPD用関連部材	隔壁部材	高精細発光セル部材	1次元サブ波長構造体(回折型(矩形周期構造形成)、反射型(ワイヤーグリッド形成))、微粒子分散材料(吸収型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御などによる可視域透過型構造形成))、近接場相互作用ナノ構造部材(旋光型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御))		
2-04-12	防湿部材	防湿部材	低透湿	リブ基板(高速成形) 低透湿多層膜(低透湿材料合成)		

部材分野の技術マップ(6/36)

技術番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	
2-04-13	光回路部材	機能光素子用光学部材	光変調・スイッチ用光学部材	高速性、低消費電力 低損失、高集積化、室温動作化	2次非線形光学材料(ガラス結晶化技術、有機単結晶の高品質化)、熱光学材料(TO)、電気光学(EO)材料、光-光学(PO)材料(ポリマー材料での応答速度向上) 量子ドット構造を利用した無機量子機能材料(化合物半導体組成比調整/金属ナノ構造形成)
2-04-14			光増幅用光学部材	ゲイン、周波数特性	発光イオン添加ガラス(発光イオン共添加技術の確立)、有機無機ハイブリッドポリマー(色素添加技術、デバイス薄膜化)、高利得ポリマー材料(高輝度長寿命有機リン光応用)
2-04-15			回路素子用光学部材	バッファメモリー 遅延	巨大非線形材料、高Q光共振器(非線形光学材料感度向上 共振器の低損失、高速応答) バンドギャップ構造体(高精度周期構造)、3次非線形材料(原子分子配列制御)
2-04-16		受動光素子用光学部材	波長分波・フィルタ用光学部材	高消光比、低挿入損失	多層膜(基板フリー化技術)、回折格子(高効率化、光学バンドギャップ応用技術)
2-04-17			波長多重選別フィルタ	低損失、高波長選択性	金属ナノドット構造部材(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御)
2-04-18			偏光選別フィルタ	低損失、高偏波選択性	2次元ナノ金属構造部材(非対称微小金属構造形成)
2-04-19		光配線・光接続用光学部材	信号処理の高速化、高機能化、小型化・集積化		光インターコネクション(高集積化・省スペース化、高速化)
2-04-20			光接続用光学部材	高効率、光路変換、簡易接続、安定、アサーマル化	光感応性ポリマー(導波路自己形成、多光子吸収導波路形成)、45°端面マイクロミラー(作製精度(位置、形状)、回折格子(周期、形状制御、屈折率制御、位置精度)、マイクロレンズ(アレー化、実装精度向上)
2-04-21			光配線回路用光学部材	省スペース 広帯域	ポリマー 受発光素子埋め込み(低コスト化、簡易接続の実現) 屈折率制御材料(高密度アレイ化、広帯域化、低損失接続)
2-04-22		ホームLAN/機器内光インターリンク部材	簡易接続 低分散		光異性化色素、光重合樹脂(自由分岐技術) 屈折率の波長依存性のない新規樹脂材料(新樹脂材料の開発とPOF化)
2-04-23	車載用光伝送部材		耐熱性	低膨張・高融点酸化物、イミド系ポリマー(新材料開発による耐熱化、被覆材による耐熱化)	
2-04-24	基幹系光情報通信関連部材	光伝送部材	光ファイバー部材	低分散、偏波保持、耐熱性	フッ素化ポリマー/フッ素・重水素化材料(新規合成法、新規ポリマーによる低コスト・低損失化)、シリカファイバー(低偏波分散)、屈折率制御ポリマー材料(耐熱・低屈折材料開発)、フォトニック結晶ファイバー(フォトニック結晶材料設計)
2-04-25			光導波路部材	低損失、耐熱	低損失・耐熱ポリマー系導波路(ポリマー系光導波路開発)、低損失ガラス導波路(高濃度ドーパ添加)
2-04-26		光中継機部材		高効率、低雑音、高帯域、高速	光増幅器(広帯域光アンプ開発)、1R増幅器(非線形効果の利用)、3R増幅器(光3R回路の開発)、光MUX/DEMUX回路(光回路チップの開発)
2-04-27		光交換機部材	バッファ	高速化、全光化、集積化	フォトニック結晶など利用光バッファ回路・光ノードチップ(フォトニック結晶小型化)
2-04-28			スイッチ	低電圧化、高速化	マトリクススイッチ(低電圧化、高速化技術開発)
2-04-29			制御回路部材	高速化、低消費電力化、集積化	光ノード制御回路(リコンフィギュラブルチップ)
2-04-30		光通信用発光素子		発光強度、安定性	発光材料(有機、無機)、酸化亜鉛基固体発光素子(無機)
2-05-01	ディスプレイ部材	駆動用半導体		AmSi並の移動度、高オンオフ比	CNT分散有機半導体
2-05-02		回路部材		導電性、透明性、柔軟性、耐熱性、低価格化	印刷による回路形成用導電性高分子(ペースト)、分子導細線、CNTピア配線材料
2-05-03		ガラス代替パネル		軽量化、低価格化、可とう性、透明・軽量	プラスチックパネル・膜(透明高分子)
2-05-04		基板		可撓性、低膨張係数	有機材料、有機無機複合材料
2-05-05		透明多機能膜		超低透水性、ガスバリア性、光位相制御、柔軟性、防汚性、表面反射抑制、光利用効率、耐熱性、耐候性、紫外透過	有機膜材料、機能ガラス、ナノ加工・アトソグラフィによる微小光学部材(ナノファイバー)、有機-無機ハイブリッド材料、偏光子
2-05-06		ブラックマトリクス		遮光性、光反応性	高分子、有機材料
2-05-07		発光材料(光源)		高輝度、高効率、長寿命、低エネルギー	燐光、蛍光発光材料(有機)、無機LED、有機EL(高分子、低分子、 dendrimer)、高効率低速電子励起発光材料(無機)
2-05-08		絶縁膜材料		表面化学特性制御、機械特性、均一薄膜形成	ケイ素系基板適合低誘電率材料
2-05-09		FED電子源		高導電性、易電子放出特性、低価格、均一性	スーパーグロスCNT
2-06-01	記録部材	新規不揮発性メモリー		高密度、信頼性	無機系不揮発性メモリー、フォトクロミック有機分子
2-06-02		超高密度ハードディスク、大容量光ディスク		表面化学特性制御、磁気特性制御(高磁化特性、軟磁性特性等)、高機械特性発現、均一薄膜形成、高比剛性(低モーメント性)、微細転写性	ケイ素系基板適合低誘電率材料、マグネシウム精密鑄造部材、磁気記録材料(高機能複合化金属ガラス)

部材分野の技術マップ(7/36)

3. 医療・福祉／安全・安心分野

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		評価指標						
					名称	特徴・概要	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	市場性	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材とし ての研 究開発 の必要 性		
3-01-01	自動車用部材	衝突安全用部材	運転者・搭乗者安全用部材	窓・ミラー	視認性向上	ガラス、ミラー（特にフロントガラス）		○	○	○			
3-01-02				車台・外板	衝撃エネルギー吸収	Al、Mg合金ポーラス材製衝撃吸収材	低耐力・高延性・高エネルギー吸収		○	○	○	○	○
3-01-03						高強度衝撃吸収鋼材	DP鋼、TRIP鋼等の衝撃吸収に優れ、かつ高強度の鋼材、部材	○	○	○	○	○	
3-01-04						エネルギー吸収CFRP部材	CFRP筒状体（圧縮破壊型・引張破壊型）	○	○	○	○	○	
3-01-05				メンバー・ピラー	高剛性の維持（衝突変形抑制）	高剛性鋼材	DP鋼、TRIP鋼等の衝撃吸収に優れ、かつ高強度の鋼材、部材	○	○	○	○	○	○
3-01-06				エアバック	有害物質不使用	非アジ系ナトリウムエアバック	毒性のない作動ガス		○	○	○		
3-01-07				シートベルト・シートなど	局所的障害低減（むち打ちなど）	シート・ヘッドレスト	頭部衝撃を緩和		○	○	○		
3-01-08						衝撃吸収ステアリング	ドライバーのうける衝撃を緩和	○	○	○			
3-01-09													
3-01-10		歩行者等安全用部材	車台・外板	衝撃吸収	衝撃吸収部材（エラストマーetc）	バンパーなどの外装部品に用い衝突時のエネルギーを吸収し歩行者への被害を軽減する					○	○	
3-01-11					衝突安全フード（CFRP）	逐次破壊・エネルギー吸収能の付与	○	○	○	○	○	○	
3-01-12					衝撃吸収フード（金属）	衝撃吸収構造（波板、コーン構造など） エンジンとの間隔確保（デプロイابل・ボンネットなど）	○	○	○	○	○	○	
3-01-13		運転支援用部材	運転支援用部材	電装系	制御の高度化	金属ガラス製圧力センサ	高強度、低ヤング率の金属ガラスをブレーキ油圧制御用圧力センサに使用し、高精度化を図る。		○	○	○	○	

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標				
						サステナビリティへの寄与	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材とし ての研 究開発 の必要 性
3-02-01	構造安全用部材		骨格	高強度化	震度Ⅷ弾性構造システム用鋼材	○	○		○	○
3-02-02			骨格		超高強度コンクリート	○	○		○	○
3-02-03			開口部		開口部補強システム	○	○		○	○
3-02-04			骨格		震度Ⅷ弾性構造システム用複合部品	○	○		○	○
3-02-05			骨格	高韌性化	高韌性鋼材	○	○		○	○
3-02-06			骨格		鋼材補強用FRP	○	○	○	○	○
3-02-07			骨格・外装		高韌性コンクリート（高強度繊維補強）		○	○	○	○
3-02-08			骨格		簡易基礎補強材料	○	○	○	○	○
3-02-09			開口部	ガラス耐力壁		○		○		
3-02-10			骨格	制振材料		○	○	○	○	
3-02-11			骨格	構造用複合材料				○	○	
3-02-12			システム用	振動エネルギー吸収・減衰	制振・免震ダンパー用鋼材		○	○	○	○
3-02-13			部品		ダンパー		○	○	○	○
3-02-14			システム		制振部品・システム		○	○	○	○
3-02-15			システム		免震部品・システム		○	○	○	○
3-02-16			内装	FRP耐震パネル						
3-02-17			システム	損傷制御	損傷制御機構	○		○		
3-02-18			システム	損傷制御設計（プレストプレキャストコンクリート工法）				○		

部材分野の技術マップ(8/36)

ID番号	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標					
					サステナビリティへの寄与	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	学際・業 際研究 開発の 必要性	部材としての研究開発の必要性	
3-02-19	建築用部材	火災安全用部材	外装・内装・骨格	不燃化・難燃化	不燃化木材				○	○
3-02-20			骨格	耐火性の付与	耐火鋼材		○			○
3-02-21			外装・骨格		耐火塗料		○			○
3-02-22			外装	熱流遮断	断熱塗料			○		○
3-02-23			骨格		耐火被覆材		○			○
3-02-24			システム		火災断熱・遮熱システム		○			○
3-02-25	健康安全用部材	内装	脱VOC化	非VOC建材	○	○	○	○	○	
3-02-26			室内空気等浄化	化学物質・ウイルス等吸着建材(ナノポーラス・ゼオライト等)	○	○	○	○	○	
3-02-27				化学物質・ウイルス等分解建材(光触媒等)	○	○	○	○	○	
3-02-28				システム	VOC吸収・有害物質防御加工繊維	○	○	○	○	○
3-02-29				開口部	化学物質・ウイルス等吸着フィルター		○		○	
3-02-30				開口部用部品	花粉防止スクリーン		○		○	
3-02-31		自然換気システム		○	○		○	○		
3-02-32	快適住環境用部材	内装・開口	吸音・遮音	高性能吸音材		○	○	○	○	
3-02-33				高性能遮音材		○	○	○	○	
3-02-34				床衝撃音遮断床材		○	○	○	○	
3-02-35				内装	電波吸収	電波吸収材		○	○	
3-02-36	開口部	結露防止	無結露窓(窓+窓枠)	○	○					
3-02-37	防犯・セキュリティ用部材	開口部(窓)	侵入防止	超高強度窓材		○	○	○	○	
3-02-38				防犯窓用フィルム		○				
3-02-39				システム	IT利用防犯システム		○	○		
3-02-40	リフォーム用部材	外装・骨格	補強	耐熱塗料		○			○	
3-02-41				基礎	簡易基礎補強材料	○	○	○	○	○
3-02-42				骨格・外装	ひび割れ充填材	○	○	○	○	○
3-02-43				システム	摩擦ダンパー	○	○			
3-02-44				システム	簡易耐震用部材		○	○		
3-02-45				システム	外付耐震補強工法	○	○			

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
3-03-01	生体適合部材	遺伝子治療用部材	安全性、導入効率、疾患部位指向性、細胞取り込み性、遺伝子移行の効率、特異的細胞認識	ナノファイバー／炭酸アパタイトコンポジット
3-03-02		バイオチップ	高精度、高感度、高密度化	DNAチップ、プロテインチップ(ダイヤモンド、DLC)
3-03-03		再生医療用部材	細胞増殖性、組織形成特性、細胞培養特性	繊維径制御材、細胞培養基質、ES細胞の大量・高効率培養
			生体適合性	医療用ゲル、止血剤

部材分野の技術マップ(9/36)

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
3-03-04	生体適合部材	生体軟組織代替部材	生体非反応性、高寿命	人工皮膚、筋肉部材、臓器被覆、縫合可能面状材料、人工神経、繊維部材
3-03-05		生体硬組織代替部材	生体適合性	セラミック球の化学的安定性、ナノボロジカルマテリアルの創出
			生体適合性、生体非反応性、高寿命	人工骨、歯用生体部材、骨充填剤
3-03-05		生体適合性、症例に適したフレキシブルなニアネット成形性、生体親和性・高耐食性、生体組織結合性	高分子金属ハイブリッド材料、Niフリーステンレス鋼、生体用Ti(合金)・セラミックス・高分子、ロータス型合金(Ti, Niフリー)、DLCコーティング治療部品(血管、ステント、ガイドワイヤ)	
3-04-01	防護服	生体活性部材	生体活性、健康増進	ダイナミクスステイウェア
3-04-02		耐熱繊維	耐火性、耐熱性	強化繊維、高放熱性繊維(高分子、ガラス、炭素繊維)
3-04-03		耐衝撃繊維	防刃防弾	強化繊維、高剪断繊維(高分子、ガラス、炭素繊維)
3-04-04		特殊機能繊維	ガス・毒性品除去素材	軽量吸収剤(ナノ繊維、多孔質吸着剤)
			フィルタリング機能素材	マイクロフィルター、抗原抗体反応制御(多孔質、ナノ繊維)
			耐中性子	原子カプラント材料(重原子繊維)
3-04-04		閃光高速遮光	レーザー光遮光、多光子遮蔽材(非線形光学材)	
3-04-04		超軽量化、安全性向上	ナノファイバーコーティングを用いたスマートファブリック	
3-04-05		ウェアラブル電源	低温度差発電、軽量・フレキシブル、高出力	高効率熱電変換材料
3-05-01	分析機器用反応部材	診断用医療機器	(製造)時間短縮	バイオクリスタル(ナノファイバーによる三次元マトリックスに細胞を固定したもの)
			生体非反応性	Ti(合金)、センシング素子用生体高分子、DLCコーティングプローブ(DDS対応)、Niフリー合金部材
			バイオ素子選択機能	ナノ空間制御部材
			高速応答性、高感度選択性	センサ部材、高感度ダイヤモンドセンサ(酸素、抗原等)
			量子光学特性	高輝度ナノ粒子蛍光材
3-04-02		ポータブル分析機器	微小空間反応性、耐食性	マイクロ化学材料、マイクロ空間化学部材
			耐食性、触媒性、反応性	局所表面エネルギー改質部材
			非汚染性	マイクロチップエンジニアリングプラスチック(表面改質)、マイクロ流路(UV硬化レジン、ダイヤモンド)
			化学的安定性、半導体デバイスとの適合性、触媒とのアフィニティー、微小デバイスとのコンパティビティーが高い、加工容易性	物理化学チップデバイス
4-10-03	器産業用部材	耐食部材	耐食性	高耐食性表面加工鋼材
4-10-04		電磁波吸収体	高周波電磁波の吸収	CNT透明電磁波吸収体

部材分野の技術マップ(10/36)

4. 環境・エネルギー分野等

新規追加分

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(中項目)	対象部材(小項目)	出口から求められる機能	求められる機能を発現する高度部材		評価指標						
					名称	特徴・概要	目的への貢献・ポトルネック性	他機能への影響	市場性	学際・業際研究開発の必要性	部材としての研究開発の必要性		
4-01-01	軽量化・高強度化用部材		車台・外板	CFRP、Mg・Al等鉄系以外の材料による軽量化・高強度化	展伸用Al合金製骨格構造部材(バンパー、ボディー、ドア部材等)	軽量、減衰能	○		○	○	○		
4-01-02					枯渇元素低減アルミ合金の開発	軽量、減衰能	○			○			
4-01-03					展伸用Mg合金製骨格構造部材(バンパー、ボディー、ドア部材等)	軽量、減衰能	○		○	○	○		
4-01-04					CFRP外板部材	比剛性の極めて高い超軽量外板	○		○	○	○		
4-01-05					CFRTPボディー部材	軽量・高剛性・高強度	○		○	○	○		
4-01-06			ヒラー・メンバー等			ダイカスト用マグネシウム合金製骨格部材(ピラー、ドアインナ等)	軽量・高耐力・高延性・一体構造化、減衰能	○		○	○	○	
4-01-07						金属ガラス板材	強度が鉄鋼の3倍の金属ガラスをボディー外板に使用することで、薄肉化による軽量化が図れる。	○		○	○	○	
4-01-08			内装部品			ダイカスト用マグネシウム合金製内装部品(シートフレーム、インパネ等)	軽量・一体構造化、減衰能	○		○	○	○	
4-01-09						樹脂系内装部品材料	耐久性・質感etc		○	○			
4-01-10			車台・外板			超高強度ハイテン車体部材	成形性の良い980MPa級以上のハイテンを開発し車体用鋼板をゲージダウンする	○	○	○	○	○	
4-01-11						高ヤング率鋼板車体部材	鋼板のヤング率を向上させることにより、車体用鋼板をゲージダウンする			○	○	○	○
4-01-12			タイヤ			高強度鋼線(スチールラジアルタイヤ用)	高強度のラジアルタイヤ用鋼線 耐久性、燃費(軽量化)、安全性		○	○	○	○	
4-01-13			窓材			透明部材代替	プラスチックウインドウ	剛性・耐候性にすぐれたプラスチック製	○		○	○	○
4-01-14			電装系			電子部品用部材の高性能化	軽量電子部品	小型化、軽量化を図った電子部品		○	○		○
4-01-15							高強度・高導電性接点部材	銅-ベリリウム合金を上回る強度、バネ特性、および導電性を有する複合化金属ガラスを電気配線のコネクタに使用することで、小型化・軽量化を図る。		○			○
4-01-16	省エネルギー・CO2削減用部材		シリンダヘッド・ブロックなど	エンジン本体の軽量化	プラスチック系光ファイバー	軽量・高情報伝送量・高耐久性の光ファイバー	他の技術戦略マップ(光学部材)で検討済み						
4-01-17					AC4Cシリンダヘッド、シリンダーブロック	AC4Cアルミ合金は、熱疲労寿命特性に優れ、高出力エンジンにおける高負荷、高温環境下ですぐれた耐久性を有する	○	○	○				
4-01-18					耐熱マグネシウム合金製エンジン周辺部品(シリンダーブロック、トランスミッションケース、オイルパン、エンジンクレードル等)	エンジン鋳物部品へMg(軽量、減衰能)を適用する(Alの代替)	○		○	○	○		
4-01-19					カーボンナノファイバー強化マグネシウム合金製エンジン部品(ピストン等)	軽量、低摩擦係数、耐摩耗性、減衰能	○		○	○	○		
4-01-20					鉄(超微細粒鋼板、部分強化型高強度部材)	組織の微細粒化により強度と成形性の両者を向上 必要な部分を高強度化し部品の軽量化を図る	○		○	○	○		
4-01-21			エンジンの小型・軽量・高効率化用部材	電子部品	電力の有効利用	省電力デバイス	エンジン制御デバイスの省エネ化促進	○	○	○	○	○	
4-01-22						車載用電力回生機器システム	超軽量、高効率電力回生システム		○	○	○	○	
4-01-23			燃料噴射用部材			燃料供給の効率化	超高圧コモンレール材料(ディーゼル)	現行耐圧を大幅に上回る軽量コモンレール		○	○	○	○
4-01-24							(セラミック)ノズルインジェクター	燃費と排ガス対応のため、噴孔が益々小径化する傾向		○	○	○	○

部材分野の技術マップ(11/36)

4-01-24	自動車用部材	ボルト	部品の軽量化	高強度ボルト	ボルトを高強度化(20T以上)することにより締結部位を小型軽量化する	○	○	○	○	○		
4-01-25		コンロッド		軽量コンパクトコンロッド	エンジンの軽量化・静粛性	○	○	○	○	○		
4-01-26		パネ		金属ガラスパネ材	高強度、低ヤング率の金属ガラスをエンジン用弁パネに使用し、軽量化と小型化を図る。	○		○	○	○		
4-01-27				高強度弁ばね	主として鋼を高清浄化することにより、ばねを小型軽量化する	○		○	○	○		
4-01-28		センサー		金属ガラス製圧力センサ	高強度、低ヤング率の金属ガラスを燃料噴射制御用圧力センサに使用し、高率化と小型化を図る。				○	○		
4-01-29	エンジン摺動摩擦低減のための部材	エンジン部品全般	エンジン内部での摩擦損失低減	ピストンリング、ピストンスカート、シリンダー	摩擦損失低減、耐摩耗性向上/低フリクション化とガスシール、バランシング性が要求される	○			○	○		
4-01-30				カーボンナノファイバー強化マグネシウム合金製エンジン部品(ピストン、シリンダーブロックの部分複合化等)	軽量、低摩擦係数、耐摩耗性、減衰能	○			○	○	○	
4-01-31		接触界面	高潤滑性金属	ギア等の摩擦抵抗を削減	○	○						
4-01-32		オイル	低フリクションエンジンオイル	エンジンの摺動部に用いられるオイル	○	○	○					
4-01-33	動力伝達の高効率化のための部材	歯車	伝達ユニットの小型化・高効率化	高疲労強度・高衝撃強度歯車	動力を伝達する歯車強度を向上させることによりトランスミッション、デフレンシャルユニットを小型化する	○	○	○		○		
4-01-34		ベルト		ベルト(歯付ベルト、Vベルト)	自動車エンジンカムシャフトを駆動する歯付ベルトとオルタネータなどの補機を駆動するベルト、レイアウト自由度と効率的な伝動が可能	○	○	○		○		
4-01-35		オイル	高トラクションオイル	トランスミッション用オイル	○	○	○					
4-01-36	燃料の多様化に対応するための部材	燃料タンク・供給系	バイオエタノール・ガスホル対応など	高耐食性燃料タンク・供給系部品	エタノール、バイオディーゼル、DM E、GTL等の新規燃料に対して十分な耐食性を有する材料	○	○	○	○	○		
4-01-37	排気ガスのクリーン化・無排気ガス化用部材	排気ガス中有害物質削減用部材	触媒コンバータ等本体	長寿命・高効率化	ディーゼル排ガス浄化システム	ナノPM捕集・高効率NOx浄化機能等を有する高次構造制御フィルタ	○	○	○	○	○	
4-01-38					高性能排ガス浄化触媒ユニット(担体)	リサイクル性にも優れた高性能排ガス浄化触媒(3元触媒)	○	○	○	○	○	
4-01-39					排気系	長寿命・耐熱・耐食	排気マニフォールド	高温排気ガスを触媒コンバータへ送る	○		○	○
4-01-40		無排気ガス化用部材	モーター	ハイブリッド自動車燃料電池自動車電気自動車などの実用化	駆動用モーター	高性能モーター用部材—小型超強力磁石の開発	○	○	○	○	○	
4-01-41					高性能電磁鋼板	モーターの小型化を可能とする高性能電磁鋼板	○	○	○			
4-01-42			電気ストレージ		省エネシステム用電気系統/電源	高耐性小型コンデンサ等電子部品・高性能二次電池・小型燃料電池	○	○	○	○		
4-01-43					大容量キャパシタ	高エネルギー密度かつ高速充放電	○	○	○	○		
4-01-44			燃料電池セル・スタック		電解質膜	中高温(100~200°C)で動作し高効率	他の技術戦略マップ(燃料電池関連)で検討済み					
4-01-45					非白金系燃料電池	白金以外の触媒を使用						
4-01-46					低コスト燃料電池電極	性能は現行品同等で安価						
4-01-47	水素タンク	軽量、高耐圧の圧力容器										
4-01-48	水素供給系	水素インフラ用材料	水素インフラを構築するための脆化抑制などを目的とした材料									
4-01-49	3R化対応部材	リデュース化対応部材	金属部全般	製造工程最適化	稀少金属使用削減技術	稀少金属使用量を最小限とした材料	○		○	○	○	
4-01-50				代替添加元素探索	希土類元素等の稀少資源削減化技術(Mg合金)	低コスト化、安定供給を促進	○		○	○	○	
4-01-51		表面(メッキ部)	代替工法	亜鉛代替高性能めっき技術	亜鉛を代替する新しいめっき	○		○	○	○		

部材分野の技術マップ(12/36)

4-01-52	3R化 対応用 部材	リサイクル 化対応 部材	車台・外板、 内装など	易再資源化	鉄化促進	リサイクルの観点からの鉄鋼材料の 使用量拡大	○		○			
4-01-53					銅使用量削減技術	鉄鋼リサイクルと銅リサイクルの分離	○	○	○			
4-01-54					シュレッダーダスト0化	シュレッダーダストの発生削減を極 限まで追及した素材	○		○	○	○	○
4-01-55					水平・アップグレードリ サイクル技術(Mg合金)		○		○	○	○	○
4-01-66					7μm高度リサイクル技術	展伸材から展伸材へのリサイクル 技術開発(高速合金選別)	○				○	
4-01-56	再生可 能資源 化対応 用部材	バイオ プラス チック の利用 等のた めの部 材	車台・外板、 内装など	バイオプラス チック	バイオコンポジット外板 類	天然繊維+バイオ由来プラスチック からなりカーボンニュートラル	○		○	○		
4-01-57					ポリ乳酸部材(含繊維)	植物由来のポリ乳酸を使うためカー ボンニュートラル	○		○	○	○	
4-01-58					バイオポリオレフィン部 材(バンパーなど)	バイオ原料から製造したカーボン ニュートラルなポリオレフィンを用い る	○	○			○	
4-01-59					バイオエンブラ部材	バイオ原料から製造したカーボン ニュートラルなナイロンなどを使う	○	○			○	
4-01-60	その 環境 負荷低 減のた めの部 材	製造時 の環境 負荷低 減・投 入エネ ルギー 削減用 部材	金属部品一般	製造工程の削 減・高効率化	高強度ダイカスト部材 (Al、Mg合金)	高品質・一体構造化による部品点 数削減	○		○	○	○	
4-01-61					双ロール鋳造法による 直接薄板製造技術(Al、 Mg合金)と圧延技術	低コスト・高効率製造	○	○	○	○	○	
4-01-62					高強度鋳造部品	鍛造部品に匹敵する鋳造部品製造 技術		○	○			
4-01-63					マグネシウム溶湯用 SF6フリー溶解・鋳造技 術	地球温暖化効果削減	○	○	○	○	○	
4-01-64					省エネ型鋳造システム 用型部材	例えばナノボア分散により耐スポー リング性、難濡れ性、強度、耐食性 にすぐれた鋳造用セラミック部材を 用いて、熱ロスの少ない鋳造プロセ スを確立する			○	○	○	○
4-01-65					洗車・ メイン テナンス に係る 環境 コスト の低減	金属部材(耐 蝕性が要求さ れる部品全 般)	超寿命化・耐 久性向上	金属ガラス板材	ステンレスの1万倍の高耐食性を活 かしてボディ外板や足回り部品、消 音機等の耐久性が向上		○	○

ID番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (中項目)	対象部材 (小項目)	出口から部 材に対し求 められる機 能	求められる機能を発現する高度部材	評価指標(サステナビリティ への寄与は技術マップに掲載 する前提条件)					
						目的へ の貢 献・ポ トル ネック 性	他機能 への影 響	学際・ 業際研 究開発 の必要 性	部材と しての 研究開 発の必要 性		
4-02-01	環境負荷低 減用部材	外装・内 装・骨格	外装・内 装・骨格	リサイク ル・廃資 源の再 利用 (廃材の削 減・高付加 価値化)	アップグレードリサイクル金属系建材	○		○	○		
4-02-02					内装	新リサイクルアルミ建材	○		○		
4-02-03					外装・内装	リサイクルプラスチック建材	○		○	○	○
4-02-04					外装・骨格	リサイクル無機建材	○		○	○	○
4-02-05					内装	植物系資源 利用(再生 可能資源の 利用)	生分解性プラスチック			○	
4-02-06					外装・内 装・骨格	高性能化木材	○		○	○	○
4-02-07					骨格	希少資源の 不使用・使 用量削減	レアメタル等不添加高強度鋼	○		○	○
4-02-08					骨格・固定 部品	軽量化(製 造・輸送・ 施工の容易 化)	高強度化軽金属材料	○	○		○
4-02-09					骨格・固定 部品	FRP構造材	○	○			○
4-02-10					屋根・外装	緑化対応コンクリート	○		○	○	○
4-02-11					骨格	屋上・壁面 等の緑化 (環境改 善)	緑化構造材	○		○	○
4-02-12					屋根仕上げ	軽量土壌	○		○	○	
4-02-13					外装・屋根	生物塗料	○		○	○	

部材分野の技術マップ(13/36)

4-02-14		骨格	リユース・リサイクル容易性 (再利用のためのコスト低減)	リユース鋼構造システム			○	○			
4-02-15		開口部		単一素材サッシ			○	○			
4-02-16	建築用部材	長寿命化用部材	長時間耐久性の付与	高耐久性鋼材			○	○			
4-02-17				骨格	震度Ⅷ弾性構造システム用鋼材			○	○		
4-02-18				外装・内装・骨格	高耐久性軽金属建材			○	○		
4-02-19				外装・内装	高耐久性無機建材			○	○		
4-02-20				内装	高耐久性樹脂建材			○	○		
4-02-21				骨格	FRC			○			
4-02-22				外装・屋根等仕上げ	高耐久性表面処理材(塗料など)			○	○		
4-02-23				外装下地	高耐久性シーリング材			○	○		
4-02-24				骨格固定部	超高強度ボルト			○	○		
4-02-25				外装・骨格等	乾式接合法			○	○		
4-02-26				外装・屋根仕上げ	メンテナンス性の改善	セルフクリーニング(耐汚染性表面処理)			○	○	
4-02-27				省エネルギー用部材	省エネルギー型環境制御	新エネルギー利用型環境制御	高性能断熱材(壁材)			○	○
4-02-28							開口部	高性能断熱材(窓材)			○
4-02-29	外装・内装	高性能蓄熱材						○	○		
4-02-30	内装	発熱・放熱繊維						○	○		
4-02-31	外装仕上げ	高反射塗料						○	○		
4-02-32	外装仕上げ	高性能保水建材						○	○		
4-02-33	内装	高性能調湿建材						○	○		
4-02-34	開口部	太陽エネルギー制御材料						○	○		
4-02-35	開口部	機能性窓						○	○		
4-02-36	開口部	次世代換気システム	換気システムについては「健康安全で記載」								
4-02-37	外装・開口部	省エネルギー型室温制御機構						○	○		
4-02-38	内装	FPDパネル						○			
4-02-39	屋根	高性能太陽電池材料	別途エネルギー関連の技術戦略マップで検討								
4-02-40	外装	高性能熱電変換材料									
4-02-41	屋根	太陽電池パネル									
4-02-42	システム	空気集熱型空調システム									
4-02-43	システム	燃料電池システム									
4-02-44	リフォーム用部材	内装接合部	リフォームの容易化	易分解接着剤			○	○			
4-02-45		内装		ユニット化建材			○	○			

部材分野の技術マップ(14/36)

ID番号	対象部材(大項目)	対象部材(小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
4-03-01	環境負荷低減部材	センサー	検出濃度範囲の拡大、正確性、高感度、高速応答性(即応性)、高選択性、高耐久性、小型、低価格	センサーデバイス(機能化・集積化・マルチセンサー化)
				分子認識部位(ナノ粒子・空間制御、界面形成・制御、高次構造形成・制御、抗体設計、再生)
				トランスデューサ(電気・電子式トランスデューサ:超小型化、高速電子移動材料利用による感度・応答性向上、共振・表面弾性波などを利用したトランスデューサ:超小型化・高周波化による感度・応答性向上、光利用トランスデューサ:新燐光・蓄光材料/粒子の開発、磁気利用トランスデューサ:磁気共鳴などを利用した感度・分解能向上)
				質量分析計関連部材(小型化、集積化、低消費電力化)
				センサー補機類(前処理関連部材:加工技術の改善による生産性向上、校正標準関連部材:校正・標準化機能の小型化・内蔵、統合型センサー用部材:補機類の小型化、省電力化、軽量化、リモート型センサー用部材:低消費電力化、無線/LAN機能の複合、小型化、低価格化)
4-03-02	フィルター	高耐熱性、除去率向上、高濾過効率、高効率除去、耐熱性、低圧損、高透過性、ナノ粒子除去、耐熱性、低圧損、高透過性、水処理、吸着性・広表面積、イオン交換特性、吸着特性、環境浄化性能	高性能・超耐熱性ナノフィルタ、環境浄化用触媒担持ナノフィルタ、有害物質除去用高効率光触媒、超微粒子状物質の捕集用多孔体セラミックス・ナノ繊維・多孔体の空隙(形態制御)、排気ガス浄化用フィルター、アクティブ多孔体(表面制御による機能付与)、分離膜、選択透過膜(ナノ繊維、吸着膜、ろ過膜)、ケイ素系規則性ナノ多孔材料分離膜及び土壌改質、室内環境浄化・土壌浄化材料	
4-03-03	吸着剤	ガス吸着性	粒状物質捕捉(多孔体セラミックス)	
4-03-04	高度水浄化	高効率電気分解	ダイヤモンド電極	
4-03-05	グリーン触媒	触媒特性など物理化学的特性	ケイ素系規則性ナノ多孔材料	
4-03-06	(光)触媒	防汚性、高感度、耐食性、高効率、VOC分解	光触媒材料、高密度高アスペクト加工が可能な耐食性、触媒作用を持つ材料、光触媒表面処理鋼板等の適用技術の開発、環境改善技術開発	
4-03-07	構造材	リサイクル性、他ポリマーとの複合性、低毒性、マイクロ波による重合特性、低摩擦抵抗、特定条件発泡性、高靱性、高強度、軽量、高耐熱、低温・短時間反応	ポリ乳酸、ナノ繊維、海洋生分解プラスチック、生分解性ポリマー、低摩擦抵抗生分解性コーティング剤、発泡性材料、構造制御されたFRP、建材・構造材(エンジニアリングプラスチック)	
4-04-01	プラント用部材	耐環境流体回路部材	耐熱性・耐久性、耐食性・耐放射線、耐食性・緻密性、耐クリープ性	化学プラント配管(チタン、耐熱浸炭鋼)、原子力プラント材料(金属材料)、廃棄物発電用部材(蒸気管・過熱器管等)、プラント用配管類(高効率発電用ボイラーチューブ、反応器、油井管)、熱交換器耐食材料
4-04-02		耐環境シール部材	耐熱性・耐久性	オイルシール、ガスバリア(有機無機複合材料)
4-04-03		耐環境構造部材(耐蝕、耐熱、耐圧、等)	耐久性、省エネ、耐摩耗性、耐熱性、耐食性、高強度、低コスト	超高温タービン翼部材(タービン翼)、ボイラ部材(ウェアリングノーズ等)、ディーゼル発電用部材(ピストンリング・シリンダライナ等)、塩素等の腐食雰囲気強い耐熱構造部材
4-05-01	太陽電池	発電材料	高性能化、大面積化、省資源、省生産エネルギー、低コスト化、光触媒機能	薄膜シリコン合金材料、Inフリー化合物半導体材料、アンテナ系・光電荷分離系材料、高分子固体型色素増感材(高分子材料)、サブ波長構造形成有機太陽電池部材(有機)
4-05-02		電極材料	低抵抗化、低温製造、高透過率、省資源、バンド整合、電荷輸送性	非In系材料、多元系材料、高湿度低湿度対応プロトン伝導膜、異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)
4-05-03		基板材料	低コスト、低温製造、軽量化、薄膜化	高バリア性ポリマー、長寿命ポリマー、超精密軽量セパレータ部材

部材分野の技術マップ(15/36)

4-06-01	移動体用軽量発電機	熱電変換部材	高出力、システムコンパクト化、低温度動作、小型化	熱電変換モジュール
4-07-01	二次電池・キャパシター	高エネルギー密度キャパシタ	高エネルギー密度、高出力密度	高エネルギー密度キャパシタ
4-07-02		高出力スーパーキャパシタ	高出力、長寿命	高出力スーパーキャパシタ
4-07-03		スーパーキャパシタ用高誘電体材料	絶縁性、高誘電率	HIGH-k材料(有機無機複合材料)
4-07-04		二次電池電解液	電解特性 薄膜化 耐熱性、耐久性、耐食性	電解液(イオン性流体) 高分子配列材料(強靱薄膜) フッ素、ケイ素材料、有機蓄電材料
4-07-05		二次電池用活性物	電極性能、繰り返し特性	高出力活物質制御、電気二重層制御(レドックス材料)、ヒステリシスループ制御(可逆性材料)
4-08-01	光触媒水素製造部材	色素増感材	光触媒機能	高分子固体型色素増感材(高分子材料)
4-08-02		光合成太陽電池材料	光触媒機能	アンテナ系・光電荷分離系材料
4-08-03		光触媒半導体材料	電荷輸送性	異方性輸送(ナノ誘電体)、超ホール輸送材料(高分子、複合材料)
4-08-04		隔壁	耐熱耐久性	高強度多孔質材料
4-09-01	水素製造部材	超イオン伝導電解質	イオン導電性	超イオン伝導電解質材料(高分子材料、イオン性流体)
4-09-02		イオン選択透過材料	選択透過性	イオン選択透過性材料(多孔質、フッ素材料、フッ素代替)
4-09-03		ガス(分子)選択透過材料	選択透過性	ガス選択透過性材料(多孔質、複合材料)、分子選択透過セラミックス材料
4-10-01	産業機械用部材	構造材	制振性、比剛性	結晶性・微細構造制御部材、多孔質金属(鉄系、アルミ系、合金系金属)
4-10-02		摺動部材	耐摩耗、高温強度、耐食性	Ti-Si-C三元系化合物セラミックス
4-11-01	ロボット用部材	骨格用構造材	高弾性・強靱性、高比剛性、高比強度	バネ材料(金属材料、高分子材料)、軽量骨格材料(セラミックス、有機無機複合材料)、重量骨格材料(金属材料、セラミックス) 軽量金属(マグネシウム・チタン)構造部材
4-11-02		駆動用部材	繰返特性・高出力、超微細駆動制御、圧電変換、高速応答性、低ヒステリシス性、圧電変換機能	高弾性変形、自己修復材(エラストマー、ゲル材料) 形状記憶金属人工筋肉(ニッケル-チタン等)、圧電変換材(高分子材料)、超微小ギア(高機能複合化金属ガラス)
4-11-03		駆動用構造部材	迅速応答	ソフトマテリアル(ネットワーク材料、エラストマー)
4-11-04		センサー	耐久性・耐候性、高精度感受性、スマートデバイス	耐擦過材料(無機コーティング)、光学アレイ(透明材料、接着) インテリジェント材料、MEMS
4-11-05		表面部材	高品位、耐久、耐候、撥水撥油、セルフクリーニング、熱伝導、触感、質感	分散、高品位、耐久、耐候塗料(微粒子塗装)、撥水撥油(ナノ多孔表面)、光触媒、比熱制御(ゲル材料、複合材料)、ソフトマテリアル(エラストマー、ゲル材料、保湿材料)

部材分野の技術マップ(16/36)

0. 共通基盤技術分野/計測・評価

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-1-01	計測、評価、検査	構造材特性、信頼性評価	力学的特性(弾性率)計測
0-1-02-01		誘電体・半導体等材料特性・信頼性評価	熱的特性計測
0-1-02-02			電気的特性計測
0-1-02-03			磁気特性計測
0-1-02-04			光学的特性計測
0-1-02-05			物性特性計測
0-1-03-01		化学的特性計測	化学組成計測(化学分析、質量分析計、陽電子消滅法、プラズマ診断)
0-1-03-02			化学組成分布計測(EPMA、オージェ、SIMS/RBS、XPS)
0-1-04-01		光学的特性計測	屈折率、反射率
0-1-04-02			非線形光学特性
0-1-05-01		生体適合性等・生化学的評価	in vitro分子レベル計測(レーザー蛍光法、バイオチップ、プロテインチップ)
0-1-05-02			in vitro生態学的安定性計測(生体代行部材の化学的安定性、生体適合性)
0-1-05-03			細胞内微細構造計測、分子動態計測
0-1-05-04			in vivo計測(生体内での長期安定性、生体適合性)
0-1-6		非破壊検査(ライン検査)	エリブソメトリー、光干渉法、画像処理などによる非破壊ライン検査
0-1-7		反応プロセス計測	in situ計測(時間分解計測、反応場の直接計測)
0-1-8		ナノ計測	(ナノテク分野のナノ計測のロードマップを参照)

0. 共通基盤技術分野/シミュレーション

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-4-01	シミュレーション	ナノシミュレーション	(ナノテク分野のナノシミュレーションのロードマップを参照)
0-4-02-1		流体・熱・電気シミュレーション	流体シミュレーション(ナビエストークス)(FEM、BEM、FDTD)
0-4-02-2			回路・電場・デバイスなど設計シミュレータ
0-4-02-03			マイクロ流体回路設計シミュレータ
0-4-03		固体シミュレーション	材料変形シミュレータ、組織形成シミュレータ
0-4-04		インフォマティクス	バイオインフォマティクス、ケモインフォマティクス
0-4-05	DB	物性予測シミュレータ、コンビナトリアル計算	

0. 共通基盤技術 / 計測・評価 / 動的プロセス計測技術

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-01-01	FPD	(塗布型)有機EL照明及びディスプレイ	組成物溶液塗布・乾燥プロセス	電極表面への分子吸着・濃縮・析出・配列・配向・分極・相転移挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fsec~100nsec~緩和過程~10sec 熱伝播過程~100nm	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	多重増強ラマン法(MERS)により、界面一分子の吸着配向挙動からバルク内部への配列挙動までを従来の10万倍以上の高速高感度に動的測定し、角度自動可変SPR法によって分極構造が構成されていく様子を同一光軸上で同時に計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-02		塗布組成物溶液	混合・溶解/分散	溶解状態/分散状態(凝集状態)のリアルタイム計測	1nm~100μm	100μs~10ms	ラマン分光法	分散機中の高速せん断過程及び分散操作後の凝集過程の機壁界面と粒子界面の分子挙動と分散・凝集現象をラマン分光で高感度に検出する技術を確立する。場合により破砕・磨耗現象の計測も対象とする。	○	○	○	○
0-1-9-01-03							GHz超音波計測	超音波の速度変化と強度減衰から、分散液中の分散・凝集状態を高感度に検出する技術を確立する。場合により、超音波分析(さざなみ分光など)を応用することも視野に入れる。	○	○	○	○
0-1-9-01-04							光配向型液晶配向膜	光重合反応による配列組織の形成プロセス	基板界面の分子配列挙動から、液晶分子配向に十分な分極構造の発現までの挙動	平面10nm~100μm 深さ 一分子レベル	照射直後 100fs~100ns~緩和過程~10s	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法
0-1-9-01-05		動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○						○
0-1-9-01-06		赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○						○
0-1-9-01-07		多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高速高感度に測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○						○
0-1-9-01-08		有機光学制御膜	光学異方性を持つ高分子(液晶)溶液の塗布乾燥プロセス	基板界面の分子配列挙動から、所定のマクロな配向に至るまでの挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fs~100ns~緩和過程~10s 熱伝播過程~100nm	動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-09							赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-10							テラヘルツ分光法	テラヘルツ分光法は長周期の規則性発現との相関が発現する過程の検出に用いる	○	○	○	○
0-1-9-01-11							多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高速高感度に測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-12		有機半導体デバイス	多層有機膜デバイスの界面形成プロセス	主に有機/有機界面整合過程の分子配列から分極構造の安定化、電子機能発現に至る挙動	ppb不純物元素レベル	塗布直後 100fs~100ns~緩和過程~10s	動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し、配列・結晶化過程をリアルタイムに計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-13							赤外自由電子レーザー分光	高強度の赤外レーザー光を用いて、界面分子の配列変化や結晶化に伴う振動スペクトル変化を計測する。	○	○	○	○
0-1-9-01-14							テラヘルツ分光法	テラヘルツ分光法は長周期の規則性発現との相関が発現する過程の検出に用いる	○	○	○	○
0-1-9-01-15	合成工程						重合度、立体規則性精密制御、不整合	0.1nm	1ps	多重増強ラマン分光法(MARS)	合成過程の分子量の直接把握が可能	○
0-1-9-01-16	有機半導体材料(ディスプレイ、デバイス、エネルギー)	組成物分散工程	分散プロセス	10nm	1μs	超音波計測法	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○			○	
0-1-9-01-17						超音波計測法	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○			○	
0-1-9-01-18						レーザー散乱法	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○			○	

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(18/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標							
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D				
0-1-9-01-19	大画面ディスプレイ用カラーフィルター	塗布・乾燥工程	塗布・乾燥工程	電極表面への分子吸着・濃縮・析出・配列・配向・分極・相転移挙動	平面 10nm~10μm 深さ 一分子レベル	塗布直後 100fs~ 100ns~緩和過程~ 10s 熱伝播過程 ~100nm	多重増強ラマン分光+角度自動可変SPR法	角度自動可変SPR法による界面一分子の挙動を動的に計測する技法と、バルク内部の挙動を従来の10万倍程度の高感度で測定できる多重増強ラマン法とを同軸上に構築し同時計測する。	○	○	○	○				
0-1-9-01-20				フォトソングラフィまたはインクジェット法による微細画素の均一化及び無欠陥大面積形成プロセス	塗布、濡れ、拡張、乾燥プロセスの欠陥生成過程の検出	平面 100nm~3m 深さ 10nm	塗布直後100ps~100ms~緩和過程~10s 熱伝播過程~100nm	高速度VTR	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-21								全焦点レーザー顕微鏡	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-22								超音波計測	塗布乾燥における外形画像及び内部対流、粒子分布状態の変化過程を把握し、欠陥形成過程を予測抽出する技術の開発	○	○	○	○			
0-1-9-01-23				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	色彩特性(RGB 3原色のコントラストと輝度)	100 nm	10 ms	マルチ光センサ画像観察装置	RGB 3波長の吸光度バランスと強度を吸光分光光度計で測定する。大画面を短時間でリアルタイムに測定するため、マルチ光センサ(またはCCDイメージセンサなど)を用いて画像観察を行い、データ解析により画像のパターン認識を行う。	○	○	○	○		
0-1-9-01-24				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	水分など不純物の分布	10 nm	100 ms	インライン型顕微FTIRシステム	検出器としてFTIRを搭載したインライン型顕微分析システムで、ナノレベル領域での水分や不純物の分布を調べる。	○	○	○	○		
0-1-9-01-25				TFT液晶、PDP、有機ELなど複合機能性材料製造	アレイ製造および貼り合せ、塗布工程	品質管理	10 μm		テラヘルツ分光・イメージングシステム(時間領域分光法)	テラヘルツパルスの波形を時間分解計測をし、ナノレベル領域での特性を測定する。	○	○	○	○		
0-1-9-02-01	ナノコンポジット(含インキ)	ナノ粒子(顔料)分散プロセス	マクロに凝集した粒子がナノ分散化して安定化する挙動	100nm~1mm	10ps~10s	多重増強ラマン分光法	多重増強ラマン分光法によるナノ粒子や壁面のナノ界面挙動と分散状態との相関把握可能なシステム	○	○	○	○					
0-1-9-02-02						ラマン分光法	分散液中の高速せん断過程及び分散操作後の凝集過程の機界面と粒子界面の分子挙動と分散・凝集現象をラマン分光で高感度に検出する技術を確立する。場合により破砕・磨耗現象の計測も対象とする。	○	○	○	○					
0-1-9-02-03						GHz超音波計測	超音波の速度変化と強度減衰から、分散液中の分散・凝集状態を高感度に検出する技術を確立する。場合により、光音響分析(さざなみ分光など)を応用することも視野に入れる。	○	○	○	○					
0-1-9-02-04						有機半導体分子(高速化、低電圧化)	精密合成	分子量分布制御	1mm	1ns~1ms	多重増強型ラマン分光法	分子同士が配列構造を決定する過程で、そのサイズを一定の範囲に規制しておくことが、均一な電子構造体を実現する上で必要	○	○	○	○
0-1-9-02-05						環境調和型高分子の高機能化(2軸延伸フィルム)	ポリオレフィン、ポリエステルの延伸プロセス(新機能を奏する延伸組織の形成過程)	延伸過程における、知る無物性を決定付ける特異な組織構造の発現	100nm~	10ps~10s	動的X線回折	角度自動可変型、または入射角及び検出角をマルチチャンネル化した機器を開発し延伸過程における分子の配列・配向・組織構造化に至る過程を環境条件や延伸条件への依存性を把握するシステム	○	○	○	○
0-1-9-02-06											多重増強ラマン分光法	多重増強ラマン分光法による延伸過程における分子の配列・配向・組織構造化に至る過程を環境条件や延伸条件への依存性を把握するシステム	○	○	○	○
0-1-9-02-07						金属溶融めっき	溶融めっきプロセスの界面における開始過程	金属界面でのめっき溶融金属との界面組織形成過程	空間10nm~1mm 深さ 一原子レベル	1ns~1ms	動的X線散乱・回折装置	ナノ界面の融合過程は高速で把握できていなかった。このナノレベルのメカニズムを動的に把握する	○	○	○	○
0-1-9-02-08	環境制御透過型電子顕微鏡	ナノ界面の融合過程は高速で把握できていなかった。このナノレベルのメカニズムを動的に把握する	○	○	○						○					
0-1-9-02-09	触媒粒子	触媒製造技術	実環境下における触媒粒子成長過程のその場観察	~0.1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、触媒反応における触媒粒子の形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○	○	○					

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(19/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標				
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D	
0-1-9-02-10	化学	微粒子	微粒子製造技術	微粒子等の成長過程のその場観察	~0.1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、機能性材料など各種微粒子の形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○	
0-1-9-02-11		微粒子	微粒子分散技術	微粒子の分散・凝集状態観察	~1nm		実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場の制御」を実現し、触媒粒子や機能性材料など各種微粒子の分散状態への影響をナノレベルで可視化する(+特に液層の場を制御する)。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○	
0-1-9-02-12		量子ドット	ナノ粒子製造	核成長	数μm	-	時空変換	マイクロ流路を使った定常フロー製造により、時間変化を空間変化に変換する。マイクロ流路であるため温度・流速・圧力等の制御を極めて厳密に行うことができるので、そのような安定した定常状態を作り出すことが可能である。	○	○		○	
0-1-9-02-13		排出ガス浄化触媒	自己ナノ粒子形成による活性化・自己修復	還元による金属析出・酸化による結晶固溶	X線吸収により厚み方向が限定される<1mm	~ms	in-situ XAFS	触媒活性センターである貴金属の微細構造変化を計測。		○	○		
0-1-9-02-14		医薬品(血圧降下剤)・有機EL・液晶	カップリング反応	酸化的付加・還元の脱離	溶液中の計測対象の濃度がppmオーダー	s~m	in-situ XAFS	触媒活性種の微細構造変化を計測。特に化学状態・価数変化を計測することが必要。	○	○	○	○	
0-1-9-02-15		燃料電池(太陽電池)・電極部材組成物	電極部材組成物の配合・分散工程および輸送・保存工程	溶媒選択性分散・凝集・分布の分散構造制御、環境安定性、経時変化	10nm	10ms	超音波計測法(光音響分光法exさざなみ分光法)	分散系溶液中のナノレベルの分散度の把握には超音波の速度計測が有効である。レーザー光をプローブとする音響解析を応用したさざなみ分光法などにより動的計測が可能とみられる。	○			○	○
0-1-9-02-16			粘り調整・攪拌・送液・塗布・乾燥工程	界面形成多孔質構造形成活性物質表面形成	0.1nm	1ms	赤外多角入射分解分光法	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-17							ラマン分光法(SERS)	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-18							赤外自由電子レーザー分光法	塗布工程における界面一分子の吸着配列の動的計測を起点とし、乾燥や光・熱反応の進展に伴ってこれに続くバルク内部の電極構造化への道筋がミリ秒レベルでリアルタイムに把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-19			高機能紙製品	水系組成物塗布工程	水の構造と活性等による水中の紙表面極性変化	0.1nm	1ns	近赤外・ラマン分光法	塗布工程における水との接触から乾燥に至る紙の界面分子の配向・配列の変化挙動がナノ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○
0-1-9-02-20		エコロジーパルプ製品(耐水性・透明性基材)	紙表面処理	ナノ表面・界面組織変成過程	1nm	100ns	近赤外・ラマン分光法	紙基材の物性を保持しながら、表面変成を行うにあたり、変成の質と深さをナノレベルで把握しながら開発、製造ができる。	○			○	
0-1-9-02-21		光メモリー材料	薄膜形成工程	核形成・薄膜組織成長	0.1nm	1ps	多重増強ラマン分光法(MARS)+高速度赤外多角入射分解分光法システム	成膜工程における核生成を起点とし組織成長の速度とできた組織配列の均一性が把握でき、特にラマンはピコ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-22		有機・無機ナノ顔料	・ナノ粒子形成・分散安定化	・核生成・粒子成長工程・破碎+粒度分別工程・表面処理	1nm	100ns	多重増強ラマン分光法(MARS)	造粒工程における核生成から粒子成長展するに伴って形状と構造の変化をピコ秒レベルで把握できる。	○	○	○	○	
0-1-9-02-23							環境制御型TEM	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(20/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標				
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D	
0-1-9-02-24		ナノ機能性粒子(ハイブリッド粒子/ナノカプセル/吸着・除放粒子)	・液相あるいは超臨界状態からのナノ構造粒子形成 ・破砕+粒度分別 ・ナノ分散安定化 ・ナノ空隙構造形成	・ナノ組織構造形成過程 ・ナノ形状形成過程	0.1nm	ms	電子損失分光法(EELLS)	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	
0-1-9-02-25							多重増強ラマン分光法(MARS)	ナノ構造粒子の造粒工程における組織成長するに伴って形状と構造の変化を把握できる可能性がある。	○	○	○	○	
0-1-9-03-01	高分子	ポリマー	ブレンド/重合	オンライン物性測定		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-02							時間分解広角X線回折	ポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○	
0-1-9-03-03							遠紫外分光法	ポリマーブレンド/重合の物性測定を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○	
0-1-9-03-04				結晶化の進行のモニタリング	100ms	時間分解赤差走査熱量測定	時間分解赤差走査熱量測定を用いてポリマーの結晶化の進行過程を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-05						時間分解広角X線回折	時間分解広角X線回折を用いて結晶化をモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-06				反応モニタリング	50ms	時間分解近赤外分光法/時間分解ラマン分光法	時間分解近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンド/重合の反応をモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-03-07				Melt Flow Rate測定	50ms	時間分解近赤外分光法/時間分解ラマン分光法	時間分解近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドのMelt Flow Rateを非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-03-08				ブレンド	ブレンド比測定	100ms	近赤外分光/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドのブレンド比を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-09					添加物の検出および定量分析	100ms	近赤外分光/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてポリマーブレンドの添加物の検出および定量分析を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-10				分子量分布	100ms	赤外分光/近赤外分光/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマー分子量分布をオンラインモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-11						動的光散乱	動的光散乱を用いて分子量分布をモニタリングする		○	○	○		
0-1-9-03-12				結晶化度/立体規則性	数~数10 μm	100ms	赤外分光/近赤外分光/ラマン分光法	分光分析法を用いて結晶化度/立体規則性をオンラインモニタリングする	○	○	○	○	
0-1-9-03-13				重合	ブロックポリマー成分の空間分布の時間発展	数10 μm	数分(三元)	X線ホログラフィー	試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化することで、僅かな密度差を可視化する	○	○	○	○
					結晶/非晶質部分の空間分布の時間発展								
0-1-9-03-14					機能性無機粒子の高分子マトリクス中での分散状態の時間空間変化	数 μm	100ms	近赤外イメージング	近赤外イメージングにより高分子中における機能性無機ナノ粒子の分散状態を動的に計測する	○	○	○	○
0-1-9-03-15				コーティング		数~数10 μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてコーティングを非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○
0-1-9-03-16				フィルム	配向		100ms	赤外分光/近赤外分光法/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマーフィルムの配向をオンラインモニタリングする	○	○	○	○
0-1-9-03-17					架橋		100ms	赤外分光法/近赤外分光法/ラマン分光法	分光分析法を用いてポリマーフィルムの架橋をオンラインモニタリングする		○		○
0-1-9-03-18	オンライン物性測定	数 μm	100ms		近赤外イメージング/赤外イメージング	近赤外/遠赤外イメージングを用いてフィルム物性を非破壊でオンラインモニタリングする		○	○	○			

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(21/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標													
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D										
0-1-9-04-01	医薬	細胞培養・診断システム用支持体	iPS細胞などの発生・分化状態を細胞表面分子から内部への挙動変化として検出しその動的変化挙動から選り分け可能な培養部材の開発に資する動的計測機器開発(変異や薬剤作用の原点的変化の早期段階からの検出)	iPS細胞などの発生成長に適し、成長過程の細胞分化等の表面分子の特性変化と内部反応の相関を増強ラマン基板上で把握する	100nm	10ns~100s	多重増強ラマン分光法	細胞の特性に応じた、また目的とする材料機能に応じたさいぼう表面特性の変化と、それに関連した細胞内部の変化挙動を相関させて把握する、多重増強基板と相関解析手法の目的別設計開発	○	○	○	○										
0-1-9-04-02									混合	混合均一性	数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	混合工程を近赤外/ラマン分光法によりオンラインでモニタリングし、十分均一に混合された時点工程を終了させる	○	○	○	○				
0-1-9-04-03										混合		1s	近赤外イメージング	薬品成分の混合割合の変化を可視化できる	○	○		○				
0-1-9-04-04									造粒	水分量、粒度		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	造流工程を近赤外/ラマン分光法によりオンラインでモニタリングし、目標粒度に達した時点で工程を終了させる。または水分量を適切にコントロールする	○	○	○	○				
0-1-9-04-05													テラヘルツ分光法	造流工程をテラヘルツ分光法によりオンラインでモニタリングし、目標粒度に達した時点で工程を終了させる。または水分量を適切にコントロールする	○							
0-1-9-04-06													数10μm	1s	近赤外イメージング	プロセスの精密制御	○			○		
0-1-9-04-07													打錠	打錠障害	数~数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	打錠された製剤を全数モニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○	○	○	○
0-1-9-04-08									1s	近赤外イメージング	打錠された製剤を全数イメージングでモニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○				○	○					
0-1-9-04-09									テラヘルツイメージング	打錠された製剤を全数イメージングでモニタリングし、打錠障害により欠けるなどした不良品を排除する	○	○				○						
0-1-9-04-10									コーティング	品質(コーティングの均一性)、良品不良品の判別		数~数10μm	100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて、製剤のコーティングの状態を全数検査する	○	○		○			
0-1-9-04-11													100ms	赤外分光法	プロセスの精密制御	○	○		○			
0-1-9-04-12													100ms	蛍光分光法	プロセスの精密制御、蛍光法は不純物の検出に用いる	○	○		○			
0-1-9-04-13													1s	テラヘルツイメージング	イメージング装置を用いて、製剤のコーティングの状態を全数検査する	○	○		○			
0-1-9-04-14									洗浄	洗浄効果			100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて、製造後の実機の洗浄が十分であるか確認する	○	○	○	○			
0-1-9-04-15									物性測定	結晶化度		数~数10μm	1s	時間分解広角X線回折	時間分解広角X線回折を用いることにより結晶化の度合いをミリ秒オーダーで追跡できる	○	○		○			
0-1-9-04-16														時間分解示差走査熱量測定	時間分解示差走査熱量測定を用いることにより結晶化の度合いをミリ秒オーダーで追跡できる	○	○		○			
0-1-9-04-17														水和	数~数10μm	100ms	近赤外イメージング	溶質の水和状態を近赤外イメージングでモニターする	○	○		○
0-1-9-04-18														キラリティー	数~数10μm	100ms	時間分解近赤外円偏光二色性	近赤外分光法で分子のキラリティーを測る	○	○		○
0-1-9-05-01										原油精製	蒸留			100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて原油の精製過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(22/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標					
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D		
0-1-9-05-02	石油	石油製品	ナフサ	分留、成分測定、温度測定		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いて分留、成分測定、温度測定過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-05-03			ガソリン精製	蒸留		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてガソリン精製過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-05-04			ガソリンブレンド	混合		100ms	近赤外分光法/ラマン分光法	近赤外/ラマン分光法を用いてガソリンブレンド過程を非破壊でオンラインモニタリングする	○	○	○	○		
0-1-9-06-01	繊維	繊維	繊維染色加工における無地バッチ染色プロセス	染色液の色素成分濃度計測、染色助剤反応度計測		1s	近赤外分光法	染色の仕上がり色を正確にコントロールするために、染色工程で染液が薄くなる(繊維へ色素が着色する)過程をモニタする装置	○	○	○	○		
0-1-9-06-02			繊維(糸・生地)に機能加工を施す工程	繊維製品への添加物の吸尽プロセス	1.5mm幅を1cm刻みで測定	10s	近赤外分光法	様々な機能加工処理における薬剤やそれを担持するためのバインダー材の吸着度合いを工程中でモニタする装置	○	○				
0-1-9-06-03			繊維(糸・生地)に機能加工を施す工程	繊維製品加工時に使用する有機溶媒の製品残留		10s	赤外分光法/近赤外分光法/ラマン分光法	製品製造工程ではホルマリン、トルエン、IPAなどの有機溶媒を用いた処理が施されるが、その処理製品から揮発するVOCガスの濃度をモニタする装置	○	○				
0-1-9-07-01	金属	鉄鋼	高炉・還元反応	原料成分	数cm	数ms	原料成分のオンライン計測	鉄鉱石・コークス・石灰の成分を高炉投入時にリアルタイムに測定する	○	○	○			
0-1-9-07-02				原料内不純物	数cm	数ms	低質原料・有害成分のオンライン計測	鉄鉱石・コークス・石灰の不要成分を高炉投入時にリアルタイムに測定する	○	○	○			
0-1-9-07-03				温度分布・濃度分布・成分分布・流速分布等	数10cm	数s	高炉内反応モニタ	高炉は層状に投入され徐々に下降する固体中を高温気体が上昇しながら反応が進む。しかしこの現象は未だに外部からモニタし得ない。	○	○				
0-1-9-07-04		鋼	製鋼・転炉	温度分布・濃度分布・成分分布・流速分布等		数s	転炉内動的モニタおよび制御	投入原料を正確に把握し製造条件を正確に制御する。	○	○				
0-1-9-07-05				不純物・スラグ	数10μm	数ms	転炉内不純物・スラグ挙動モニタおよび制御	以後の介在物発生の原因となる不純物を初期段階からとらえ、製造条件を正確に制御する。	○	○	○			
0-1-9-07-06		鋼スラブ	連続鋳造	タンディッシュ湯面	数10cm	数s	タンディッシュ湯面計測および制御	不純物の巻き込み、欠陥の発生を防ぐためにキーとなる測定量。	○	○	○			
0-1-9-07-07				モールド上端状態	数cm	数ms	モールド湯面・温度分布・不純物分離度計測および制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-08				温度・流速・圧力・湯面・不純物分布・相変化・結晶成長・介在物	数cm	数s	鋼片内溶鋼挙動・状態変化・相変化モニタおよび制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-09				不純物流動	数μm	数ms	溶鋼内介在物析出・流動モニタおよび制御	液体から固体に変わる製鋼の最も重要な段階。不純物の巻き込み、欠陥の発生などの多くがここで生じていて、ほとんどは以後に回復不可能である。	○	○	○			
0-1-9-07-10				微小介在物	数μm以下	数μs以下	スラブ表面・内部介在物検出	固体化する際に結晶粒界などに析出する不純物を検出し、適切な処理により以後のプロセスで完全無欠な鋼板に仕上げる。	○	○	○			
0-1-9-07-11				鋼材	熱延・熱処理	温度・変形・圧力・相変化・結晶成長・介在物・磁性	数cm	数ms	状態変化・相変化モニタおよび制御	鋼材の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○	○	
0-1-9-07-12						垂直温度分布・結晶成長	数μm	数ms	垂直温度分布・結晶成長モニタおよび制御	鋼材の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○		
0-1-9-07-13		熱延	機械的変形・物質流動			数cm	数ms		圧延時のマクロ的な形状変化を追跡し制御する。	○	○			

A: 出口への貢献/ボルトネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(23/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-07-14	金属材料	鋼板	冷延・表面処理	変形・圧力・相変化・結晶成長・介在物・磁性	数 μ m	数 μ s	表面疵・状態変化・相変化モニタおよび制御	薄板の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○	○	○
0-1-9-07-15			連続焼鈍	温度分布・結晶成長・形状変化	数 μ m	数ms	焼鈍時鋼板状態モニタおよび制御	薄板の形状・相変化・結晶成長をオンラインでモニタし制御する。	○	○		
0-1-9-07-16			メッキ・塗油	成膜・合金化	数 μ m	数ms	メッキ層・合金化層・油層性状モニタおよび制御	表面処理の状態を正確に把握することにより、製品の品質や以後の加工プロセスの高度化を可能にする。	○	○	○	
0-1-9-07-17		電磁鋼板	冷延・磁気異方性制御	変形・圧力・相変化・結晶成長・磁性・析出物	数 μ m	数 μ s	実時間磁気光学映像法	回転磁界による励磁、ファラデー結晶による磁気光学変換、時間相関イメージセンサによる2次元同期振幅位相復調により、鋼板表面の磁界分布を実時間で高密度に画像化する。	○	○		○
0-1-9-07-18		鋼管	成型・溶接	形状・溶接状態・結晶状態変化	数mm	数ms	実時間超音波ホログラム映像法	レーザのヘテロダイン干渉と時間相関イメージセンサによる2次元同期振幅位相復調により鋼板内部の超音波伝搬を高分解能で把握し、溶接欠陥や付近での性状変化を実時間で高密度に画像化する。	○	○		
0-1-9-07-19		冷延鋼板	冷延	表面・内部欠陥	素 μ m	数 μ s	実時間表面欠陥探査映像法	複数の方向から複数の偏光状態で入射する光の表面での反射を時間相関検出することにより欠陥を検出し定量化する。	○	○	○	○
0-1-9-07-20		金属材料	金属微粒子	金属等の腐食のその場観察	~0.1nm	s~m	実環境動的観察透過電子顕微鏡	試料周囲の雰囲気制御システムを搭載したTEMを利用する。試料温度制御(加熱)を併用することで、より高次の「場」の制御を実現し、金属材料の腐食作用に伴う形態や構造の変化過程をナノレベルで可視化する。その場観察手法により変化のプロセスを動画記録する。	○	○		○
0-1-9-08-01		電子部品	ウエハプロセス	異常放電		数 μ m	1 μ s	アコースティックエミッション(AE)測定	LSIなどを作製するためにプラズマエッチングが必要である。プラズマエッチングを行うときに、異常放電が発生する場合があります。シリコンウエハ上などの位置がダメージを受けたのかを、ウエハ近く3個以上のAEセンサを設置し、検出時間の差より、発生位置を特定する。	○	○	○
0-1-9-08-02	ウエハ温度の不均一性				数mm	数10ms	超音波測定	音速の不均一性を測定することでウエハ温度の不均一性を動的に計測する	○	○	○	○
0-1-9-08-03	基板表面の活性種の種類、エネルギー ・物性変化、表面反応、形状、損傷				10nm	1ns	質量分析、レーザー分光分析、発光分光分析、表面結合状態測定	基板表面の活性種の種類、エネルギーを成膜中に動的に計測する。				
0-1-9-08-04	MPUゲート製造プロセス			・ドーパント原子位置 ・結晶歪み	0.29~0.05nm (2010~2020)	他のプロセスで決まるタクトタイムを増加させない	in-line non-destructive microscopy	製造ラインに組み込んだ電子顕微鏡により、製造工程中での不良を検出する。	○	○	○	
0-1-9-08-05	洗浄			・ゴミ付着	18~6nm (2010~2020)	他のプロセスで決まるタクトタイムを増加させない	微粒子検出	製造工程中の洗浄プロセスにおけるゴミの付着の有無をモニターする。	○	○	○	
0-1-9-08-06	化合物半導体	結晶成長	欠陥形成		nm~ μ m	s~m	X線トポグラフ	結晶中を透過するX線が欠陥により強く反射してコントラストを生じることを利用した方法で二次元マッピングが可能。	○	○	○	
0-1-9-08-07			微小欠陥生成		~ μ m	s~m	ラマン散乱分光	ポリタイプ起因のラマンバンドが欠陥(積層欠陥)により、強度・形状が変化することを利用する。ラマン禁制配置により、高S/Nで計測が可能。	○	○	○	○
0-1-9-08-08			欠陥準位・状態		100 μ m~mm (深さ~1 μ m)	s~m	フォトルミネッセンス	光励起された過剰の電子・正孔が再結合する際に生じる発光の分光測定により、結晶中の不純物種や欠陥種を同定する。	○	○	○	○
0-1-9-08-09			界面欠陥形成		~mm	100ns~ μ s	パルスESR(スピンエコー)	対電子をもつESR活性な欠陥が近接した準位にある場合、マイクロ波パルスに対するESR信号の時間応答により分離し、目的の欠陥だけを検出する。	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポテンシャル
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(24/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-08-10	半導体			成長中の結晶内における温度分布	数mm	数10ms	超音波CT	・音速の不均一性を測定することで結晶内における温度の不均一性を動的に計測する ・結晶が回転しているのでCT化が容易である。	○	○		○
0-1-9-08-11		プリント基板	電子部品マウンタ及び半田付け	部品の正確な位置、ハンダボールの形状や異常	数100nm	数μs	オンライン超高速三次元画像計測・形状計測技術	時間相関イメージセンサなどの高機能イメージセンサと光干渉、モアレなどを用いて、製造プロセスを動的かつ精密に監視し、部品実装時の不良の発生を抑える。	○	○		○
0-1-9-08-12		ドクターブレードによるグリーンシート成型(原料粉末の分散状態の時間空間変化	空間分解能を損ねない「シャッタースピード」が必要	増強ラマン散乱光顕微鏡	電場増強機能を持った基板上にドクターブレード法でセラミックススラリーを塗布し、そこからのラマン散乱光を画像化すれば、有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○			
0-1-9-08-13					走査型紫外弾性散乱光顕微鏡	原料粉末の粒子径に見合う波長の光を照射し、その弾性散乱光強度を画像化すれば、粒子の密度分布が分かる。		○		○		
0-1-9-08-14					フォノン散乱	試料中の粗密の分布が分かる。		○	○			
0-1-9-08-15					ダイナミックX線散乱	無機/有機薄膜が基板上で成長する過程をその場観察する。原子・分子の配列状態、粒子サイズ、膜厚、界面ラフネスなどがわかる。新規な高輝度X線光源、ビーム収束系、高分解能・高速検出器を用いて試料と線源、光学系を固定したまま測定する。				○	○	
0-1-9-08-16					X線顕微鏡	セラミックス粒子の濃度分布を調べる素直な方法		○	○		○	
0-1-9-08-17					MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。			○	○		
0-1-9-08-18					【電子セラミックス】 ・積層セラミックコンデンサ ・MEMS用圧電素子	脱脂/乾燥	有機物の分解、有機物あるいは水の蒸発	増強ラマン散乱光顕微鏡	電場増強機能を持った基板上にドクターブレード法でセラミックススラリーを塗布し、そこからのラマン散乱光を画像化すれば、有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○
0-1-9-08-19		走査型紫外弾性散乱光顕微鏡	原料粉末の粒子径に見合う波長の光を照射し、その弾性散乱光強度を画像化すれば、粒子の密度分布が分かる。		○				○			
0-1-9-08-20		X線顕微鏡	セラミックス粒子の濃度分布を調べる素直な方法		○			○		○		
0-1-9-08-21		MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。					○	○			
0-1-9-08-22		フォノン散乱	試料中の粗密の分布が分かる。					○	○			
0-1-9-08-23		質量分析	乾燥(焼結)時に排出される気体の成分が実時間でわかる。					○	○	○	○	
0-1-9-08-24	焼結	原材料粉末の融着	数百μm	数ms	実環境TEM			粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。	○	○	○	○
		プラズマプロセス(エッチング、あるいは成膜)	プラズマからウエハーへの活性種や電子の飛来、プラズマの発光状態、酸化窒化、ウエハー温度									

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(25/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標			
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D
0-1-9-08-25		MEMSデバイス	成膜加工	成膜原子・分子のウエハーへの飛来、吸着様式、膜中分子の配向、ドメイン形成、ウエハー温度	数mm~数nm	数10ms~数μs	オンウエハーモニタリング(質量分析、レーザー分光分析、発光分光分析、表面結合状態測定、ラマン分光分析、赤外分光、SNOM/AFM、STM/STS)	加工を施すSiウエハー上に、あらかじめ各種MEMSセンサーデバイスを複数個配置し、ウエハー加工の各プロセスをモニターする。予め測定値と得られる形状をDB化しておき、シミュレーション技術と組み合わせることで、計測データから深堀された3D構造や生じた欠陥の分布などを予測する。	○	○	○	○
めっきプロセス			・基板表面の活性種の種類、エネルギー ・物性変化、表面反応、形状、損傷									
0-1-9-09-01	セラミック	【構造セラミックス-複雑形状品】 ・ターボチャージャーローター	射出成型	・原料粉末の分散状態の時間空間変化	数μm(三次元)⇒μmレベル	数s(三次元)	X線CT	通常の吸収を見るタイプ 吸収係数の差が大きなもの(例えば筋肉と骨、有機物と無機物)の識別ができる。	○	○	○	○
0-1-9-09-02							X線ホログラフィー	X線CTの1種: 試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化。吸収係数が小さなもの(例えば氷と水や有機物同士)を識別できる。	○	○	○	○
0-1-9-09-03							超音波CT	試料中の粗密の分布が分かる。		○	○	
0-1-9-09-04							近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○
0-1-9-09-05							MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○
0-1-9-09-06			脱脂/乾燥	有機物の分解、有機物あるいは水の蒸発	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-07					MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○		
0-1-9-09-08			焼結	原材料粉末の融着	数百μm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。		○	○	○
0-1-9-09-09			研削加工	クラック発生前兆	-	数ms	アコースティックエミッション	研削速度が速すぎると部材内部にクラックが生じるが、その前段階として異常な振動が生じると考えられる。それを検出する。	○	○		○
0-1-9-09-10	セラミック	【構造セラミックス-単純形状品】 ・各種セラミックロール	CIP成型	・原料粉末の分散状態の時間空間変化	数μm(三次元)⇒μmレベル	数s(三次元)	X線CT	通常の吸収を見るタイプ 吸収係数の差が大きなもの(例えば筋肉と骨、有機物と無機物)の識別ができる。	○	○	○	○
0-1-9-09-11							X線ホログラフィー	X線CTの1種: 試料を透過したX線と参照X線との位相差を画像化。吸収係数が小さなもの(例えば氷と水や有機物同士)を識別できる。	○	○		○
0-1-9-09-12							超音波CT	試料中の粗密の分布が分かる。		○	○	
0-1-9-09-13							近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(26/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	大区分	出口(製品・部品)	対象とする製造プロセス	着目する現象	必要な空間・時間分解能		動的計測技術名称	技術概要	評価指標						
					空間分解能	時間分解能			A	B	C	D			
0-1-9-09-14					数10μm	数m(三次元)	MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。		○	○	○			
0-1-9-09-15					脱脂/乾燥	有機物の分解、有機物あるいは水の蒸発	数10μm	数m(三次元)	近赤外CT	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	○	
0-1-9-09-16										MRI	有機物あるいは水の分布が分かる。さらには、セラミックス粒子表面に吸着している有機/水分子と吸着していない有機/水分子との比の分布が分かる。	○	○	○	
0-1-9-09-17					焼結	原材料粉末の融着	数百pm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。	○	○	○	○	
0-1-9-09-18					研削加工	クラック発生前兆	—	数ms	アコースティックエミッション	研削速度が速すぎると部材内部にクラックが生じるが、その前段階として異常な振動が生じると考えられる。それを検出する。		○			
0-1-9-09-19					【機能性セラミックス】 ・触媒担持 ・フィルター ・水素吸蔵 ・酸素イオン透過	実使用時	・形状変化 ・結晶構造変化 ・組成変化	数百pm	数ms	実環境TEM	粒形状の変化、組成均一化過程、結晶構造変化が分かる。			○	○
0-1-9-09-20	機能性セラミック	ヘテロ組織形成のための焼結過程	境界領域融合組織形成過程	空間 一分子レベル	~1ms	環境制御透過型電子顕微鏡	粒子界面の溶融挙動は、環境や素材により多様性があり、この動的挙動の環境依存性を把握する	○	○	○	○				
0-1-9-10-01	発酵	食品・バイオ	発酵プロセス	種母	数μm	数ms	空中浮遊バクテリアセンサ	種母の状態や置かれた環境を常時モニタする							
0-1-9-10-02				原料	数mm		発酵原料・糖濃度 オンラインモニタおよび制御								
0-1-9-10-03				シード培養			種母の濃度、活性度のオンラインモニタおよび制御								
0-1-9-10-04				菌体濃度	菌体のオンラインモニタおよび制御		単なる条件出しでの製造から生命現象を含む内部の状態を正確に把握しつつ製造効率の向上と菌体等の活性の維持を両立する	○	○	○					
0-1-9-10-05				菌体活性度	菌体のオンラインモニタおよび制御		単なる条件出しでの製造から生命現象を含む内部の状態を正確に把握しつつ製造効率の向上と菌体等の活性の維持を両立する	○	○	○					
0-1-9-10-06				基質濃度・生成物濃度・イオン濃度	発酵プロセスのオンラインモニタおよび制御		生物現象でありプロセスと生成物の濃度や分布が非常に複雑なため、高効率生産のための条件の維持も困難を極める。また、高温蒸気による殺菌処理に耐えるセンサが求められる。	○	○	○					
0-1-9-10-07				排出物において	数s		発酵プロセスのオンラインモニタおよび制御	環境の悪化の原因となる臭気の発生をモニタする。人間の嗅覚に対応できる幅広く高感度な検出能力が求められる。			○				
0-1-9-11-01	食品	加工食品	原材料受け入れ	微生物・微量物質・残留農薬・異物(石、プラスチック、虫、毛髪等)	数μm	数μs	原材料のオンラインモニタ	原材料の全てをモニタして安全を確保し、同時に以後の最善の加工方法の情報を得る。	○	○	○	○			
0-1-9-11-02			調理・造粒	味・食感・香り		数ms	味・食感・香りのオンライン計測	味センサ、臭いセンサ・食感センサなどを高速化・並列化して人間の感性を満足させる製品を製造する	○	○	○	○			
0-1-9-11-03			充填	微生物・微量物質・残留農薬・異物(石、プラスチック、虫、毛髪等)	数μm	数μs	製品充填のオンラインモニタ	雑菌、空気等の混入を防ぎ、流通から消費までの安全を確保する。	○		○				
0-1-9-11-04			包装	改竄防止・検出	数mm		製品の包装状態モニタ・改竄検出	流通段階で、毒物等が混入されるのを防ぎ、またそのような事態を不可逆かつ容易に発見可能にする。	○		○				

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 基盤性
 D: 実現性

部材分野の技術マップ(27/36)

0. 共通基盤技術分野/加工技術

ID番号	大項目	中項目	小項目
0-2-01	加工技術	付加加工	基板コーティング技術
0-2-02			3次元コーティング技術
0-2-03			めっき技術
0-2-04			微粒子担持技術
0-2-05		機械加工	切削、研削、研磨
0-2-06			圧延、鍛造、プレス
0-2-07			射出成形加工、塑性変形加工
0-2-08			リアクティブプロセッシング、材料創製成形加工一体化技術
0-2-09			フィルム化、ロール化、延伸技術
0-2-10			薄膜化技術
0-2-11			リインフォースト技術・繊維複合技術・紡糸技術
0-2-12			プロセスメタラジー(時効析出、組織粒制御)
0-2-13		化学加工	エッチング(異方性エッチング)
0-2-14			電気化学反応利用(電解研磨、電解析出)
0-2-15			接着/離形制御、異種接合(セラミックス、金属、ガラス、樹脂等)
0-2-16		エネルギー加工	熱エネルギー加工(溶接、固体接合)、レーザー加工
0-2-17			光エネルギー加工(フェムト秒レーザー加工)
0-2-18			電子線(イオン)利用加工(電子線リソ、電子線グラフトなど表面改質、重合)
0-2-19			放射線(X線など)利用加工(X線リソ的なもの+ γ 線照射による表面改質、重合)
0-2-20			クラスターイオンビーム(ソフトエッチング、極微量堆積膜)
0-2-21			エアロゾルデポジション(厚膜形成)
0-2-22		新製造プロセス	印刷プロセス(インクジェットプリント、スクリーン印刷、コンタクトプリント)
0-2-23			融合・複合プロセス(LIGAプロセス、3D光造形、3Dソフトリソグラフィ造形、シート積層造形、ヘテロ積層造形、精密キャスト・アSEMBL)
0-2-24			自己組織化利用プロセス(自発的高次構造の創出)
0-2-25			微粒子分散プロセス
0-2-26			高機能過熱水蒸気製造(電磁誘導)および利用プロセス
0-2-27			コールドスプレーによる表面ナノ改質・重厚皮膜生成・部材直接造形
0-2-28			攪拌摩擦接合

部材分野の技術マップ(28/36)

0. 共通基盤技術分野／製造技術

ID番号	大項目	中項目	小項目			
0-3-1-01	材料製造技術	液相プロセス	融液バルク製造プロセス(熔融凝固、鑄造、単結晶育成、方向凝固)			
0-3-1-02			溶液バルク製造プロセス(熱水合成)			
0-3-1-03			溶液薄膜製造プロセス(液相エピタキシー、電析法)			
0-3-1-04			精密化学物質製造プロセス	反応強化・分離用技術(製造経路最適化段階用装置技術)	複合反応場・協奏的反應場用技術(マイクロ空間(ナノ反応場)／マイクロリアクタ複合化、MW/超臨界流体、イオン性液体・マイクロリアクタ複合化、集積反応場、並列多重方式集積及び直列シーケンス方式集積構造)	
0-3-1-05					反応剤(反応開始剤)(環境負荷の低い酸化剤を活用できる新触媒の開発)	
0-3-1-06					触媒(分子触媒、固体触媒、酵素(生化学触媒))	
0-3-1-07					ナノ・マイクロ空間技術(メソポーラス材料、ゼオライト、シリカゲル、CNT、層状化合物等)	
0-3-1-08					外部場による化学反応強化用技術(マイクロ波(MW)利用反応強化技術、超音波利用反応強化技術、光・レーザー利用反応強化技術、高圧利用反応強化技術、電気利用反応強化技術)	
0-3-1-09					マイクロ流体回路利用反応強化技術(反応温度精密制御技術、流れ(物質輸送)を精密制御可能な流体回路、滞留時間の制御技術、マイクロ空間を利用した新反応場技術、界面利用構造(液液・気液)利用技術、機能壁技術)	
0-3-1-10					新溶媒(非環境汚染溶媒・無溶媒、超臨界流体、イオン性流体、水溶媒、インテリジェント溶媒)	
0-3-1-11					分離・分割用技術	複合分離(多様な手法の最適組み合わせ)
0-3-1-12						膜分離用技術(キラル分離膜、分子認識膜)
0-3-1-13						クロマト分離技術(キラル分離樹脂、分子認識樹脂)
0-3-1-14			溶媒分離用技術(分子認識抽出剤の開発)			
0-3-1-15			キラル空間分離技術(空間構造の精密制御によるキラル分離)			
0-3-1-16			高効率生産プロセス用技術	マイクロリアクタ装置技術	プロセス技術(オンサイト・オンデマンド生産、多品種生産、モニタリング)、活性種生成・供給技術(滞留時間極小化、高活性化、活性種瞬時供給)、マイクロ反応容器本体、エネルギー交換器技術、混合器技術、分離器技術、装置技術(耐蝕、耐圧、非閉塞、形状設計)、計測制御技術(小型化、複合化、知能化)、エネルギー供給技術(光、マイクロ波、レーザー、電気エネルギー供給技術)	
0-3-1-17				ナノ・マイクロ空間技術	ナノ・マイクロ空間技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-18				MWプロセス装置技術	MWプロセス装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-19				メンブレンリアクタ装置技術	メンブレンリアクタ装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-1-20				擬似移動層装置技術	擬似移動層(SMB)装置技術(量産プロセスへの適用)	
0-3-3-1	気相プロセス	気相プロセス	気相バルク製造プロセス(SiCのレイリー法合成、ダイヤモンド単結晶のプラズマCVD法)			
0-3-3-2			気相薄膜製造プロセス(CVD、PVD、VAD、MBE)			
0-3-3-3			気相微粒子製造プロセス(レーザーアブレーションによる微粒子合成、マイクロ空間利用化学合成)			
0-3-4-1	固相プロセス	固相プロセス	固相バルク製造プロセス(焼結、相変態利用組織強化)			
0-3-4-2			固相微粒子製造プロセス(メカニカルミリング)			
0-3-4-3			複合材料技術(アロイ、ブレンド、コンポジット、ハイブリッド)			
0-3-5-1	複合プロセス	高効率セラミックス製造プロセス(エネルギー投入技術、粒子表面修飾、組成傾斜技術)				

部材分野の技術マップ(29/36)

0. 共通基盤技術/材料製造技術/結晶成長技術・結晶性薄膜成長技術

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パラメータ・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標		技術(シーズ的)指標		
										A	B	C	D	E
0-3-6-01	高集積メモリ、LSI用基板	Si	18インチ径Si単結晶	B	450mm径の低転位Si単結晶	CZ法	H	石英るつぼにSi多結晶を收容して溶融し融液を形成。上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げて単結晶を成長する結晶成長技術。	シーディング、テール形成時の転位発生抑制。結晶の落下防止。析出物の発生抑制。		○	○	○	○
0-3-6-02				B	大口径(100~125mm)、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	昇華法	H	黒鉛坩堝にSiC原料および基板を入れ、SiC粉末or多結晶を高温(約2000°C)で昇華させ、低温部に設置した基板上に単結晶成長させる技術。		○	○	○	○	○
0-3-6-03				L~B	大口径、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	CVVD法	H	原料ガスとして主にモノシランとプロパン、キャリアガスとして水素を用いる気相成長技術	マイクロバンプフリー、多形制御、多結晶化抑制、伝導性制御、高速成長	○	○	○	○	○
0-3-6-04	パワーデバイス、高温デバイス、GaN系青色・紫外発光素子用ヘテロエビ基板		高純度・低欠陥密度、低転位密度・大面積SiC単結晶(6H,4H,3C)	B	大口径、低欠陥・低転位密度・有極性、無極性基板	高温フラックス法	H	Siとフラックス成分(Ti系など)、基板をカーボン坩堝に入れて高温炉中に保ち溶融育成する技術		○	○	○	○	○
0-3-6-05		SiC		B	6インチ径、低欠陥、低転位、4H-SiC単結晶	液相成長法(MSE:準安定溶媒溶液成長法)	S	Siの極薄液溶媒を介して二枚の多結晶SiC板を対峙させることにより、一方の面に4H多形制御によるSiC種結晶を等温環境にて発生させ、さらに薄液内を横方向に高速成長させる新しい液相成長法。SiC結晶多形間の化学ポテンシャル差のみを成長駆動力に用いることから、温度差が不要。さらにSi溶液への不純物添加なしで低温で高速成長可能。装置構成が単純なため大面積化が容易。一方の多結晶SiC板を単結晶SiCに置き換えることにより高品位エビ成長も可能。	成長機構・欠陥低減化機構の解明と制御、原材料の高純度化、電気特性制御、厚膜化制御	○	○		○	○
0-3-6-06	高周波パワー電子素子		低欠陥2H-SiC単結晶	B	SiCの多形の中で最も禁制帯幅と移動度が大きい材料	Liフラックス法	H	SiとCとLiからなる融液中で、SiとCを反応させ結晶を育成する技術	大型化、育成速度高速化。自然核発生制御、3C-SiC相生成の抑制による2H-SiCの単相化。	○	○	○	○	○
0-3-6-07	省エネ用パワーデバイス		高品位・伝導型制御・多結晶SiC基板	B	粒界・不純物制御による大面積導電性基板	CVVD法	H	多結晶基板上に原料成分を輸送し、基板上で反応させる	粒界制御、エビ層への欠陥引継ぎの抑制				○	○
0-3-6-08	携帯電話用パワーアンプ・スイッチなどの高周波デバイス用基板		8インチ径半絶縁性GaAs結晶	B	200mm径の高抵抗($\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$)GaAs結晶	LEC法	H	pBNるつぼにGaAs多結晶又はGaとAs、酸化ホウ素を收容し、多結晶を溶融するかGaとAsを反応させて酸化ホウ素で封止されたGaAs融液を形成。上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げて単結晶を成長する結晶成長技術。	・リニエジ、多結晶化の抑制。・結晶のクラック抑制。・結晶長さ方向の比抵抗均一化。・結晶長尺化。	○	○		○	○
0-3-6-09		GaAs		B	200mm径で転位密度が低い($EPD < 1E4 / \text{cm}^2$)、高抵抗($\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$)GaAs結晶	垂直容器成長法(VB法、VGF法)	H	pBNるつぼにGaAs多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。	・リニエジ、多結晶化の抑制。・結晶長さ方向の比抵抗均一化。・結晶長尺化。	○	○	○	○	○
0-3-6-11	高輝度LED用基板(表示用、プリンタ用LED)		8インチ径導電性GaAs結晶	B	150~200mm径で転位密度が非常に低い($EPD < 1E3 / \text{cm}^2$)GaAs結晶			pBNるつぼにGaAs多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。ドーパントとしてSiを添加。	・双晶抑制。・低転位密度化。・結晶長尺化。			○	○	○
0-3-6-12	IC用基板	InP	6インチ径半絶縁性InP結晶	B	150mm径で転位密度が低い($EPD < 1E4 / \text{cm}^2$)、高抵抗($\rho > 1E7 \Omega \text{cm}$)InP結晶	垂直容器成長法(VB法、VGF法)	H	pBNるつぼにInP多結晶を收容して溶融し、下端に收容した種結晶から固化する単結晶成長技術。ドーパントとしてFeを添加。	・双晶抑制。・低転位密度化。・結晶長尺化。	○	○	○	○	○
0-3-6-13	赤外線センサー、ホール素子	InSb	高純度InSb単結晶	B	高純度(不純物濃度 $< 1E16 \text{cm}^{-3}$)	チョクラスキー法	H	InSb多結晶原料をるつぼに入れ、上軸先端に取り付けた種結晶を融液に浸して回転させながら引き上げる単結晶成長技術。	・高純度化			○	○	○

- A: 出口への貢献/ポトルネック性
- B: 市場・社会へのインパクト
- C: 技術的優位性
- D: 基盤性
- E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(30/36)

(注)指標はページ左下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標		技術(シーズ的)指標				
										A	B	C	D	E		
0-3-6-14	青色・紫外発光デバイス、パワーデバイス・高周波デバイス	GaN	高純度・低転位密度・大面積GaN単結晶	B	6インチ径、低欠陥、低転位、4H-SiC単結晶	液相成長法	H			○	○		○	○		
0-3-6-15						100~150mm径で転位密度の低い(EPD<1E6/cm2)結晶	HVPE法	H	GaCl3とNH3ガスを高温(約1000°C)で反応させ、基板上にGaN結晶を堆積させる。	・大口径化(歪み、クラック、反り)・転位低減・結晶長尺化	○	○	○	○	○	
0-3-6-16						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	水素化ガリウムを用いたVPE法	H	水素化ガリウムガス、および酸化ガリウムガスを基板上でNH3と反応させて成長させる技術	伝導性制御、低欠陥・低転位密度化、高速成長、大口径化、長時間育成	○	○	○	○	○	
0-3-6-17						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	金属GaとNH3の直接成長法	H	金属GaとNH3を直接基板上で反応させる技術	伝導性制御、低転位密度化、高速成長、大口径化		○			○	○
0-3-6-18						低転位密度(<1E4/cm2)で2インチ以上のGaN結晶	Naフラックス法	H	Naなどの低融点金属にGaを溶解させ、窒素をガス相から供給してGaN結晶を育成する技術	長時間成長時の不純物汚染抑制、高品質種基板の確保。成長速度と結晶品質のトレードオフ。高圧化による成長高速化。	○	○	○	○	○	
0-3-6-19						低転位密度結晶内部歪みに起因するソリがない大面積基板(任意の方位(無極性、半極性など)の基板)	アモノサルマル法(安熱合成法)	H	超臨界アンモニア中(温度400~600°C、圧力100~300MPa)での溶解析出反応を利用して種結晶上に単結晶を成長させる技術	高温高強度耐食材料による装置製造技術開発、成長速度の向上、不純物制御技術、導電率制御技術(ドーピング)、大型化	○	○	○	○	○	
0-3-6-20						ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	高温高圧法	S	1600°C程度の高温、1~2GPaの高圧化で窒素を溶解し、成長させる技術	伝導性制御、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○	
0-3-6-21				緑色LED		無極性GaN結晶	B	50mm径のm面,a面GaN結晶	HVPE法	H	HVPE法でc面厚膜結晶を成長してCa面あるいはm面で切断して種基板を採取、または特定方位のサファイア基板上にHVPE法で成長する。	・大口径化(50mm)・厚膜化・導電性制御		○	○	○
0-3-6-23	紫外LED	AlGaN	低転位AlGaN結晶	B	50mm径で転位密度低い(EPD<1E6/cm2)AlGaN結晶	HVPE法	H	GaCl3とAlCl3又はAlCl3とNH3ガスを高温(約1000°C)で反応させ、基板上にAlGaN結晶を堆積させる。	・高Al組成での結晶性・実用的結晶成長速度の実現・厚膜化・低転位密度化。		○	○	○	○		
0-3-6-24	青色・紫外発光デバイス、ハイパワーデバイス・高周波デバイス	AlN	高純度・低転位密度・大面積AlN単結晶	B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	HVPE法	H	塩素ガスと金属Alを反応させて生成したAlCl3をNH3とともに基板上に供給する技術	石英管との反応抑制、石英管軟化温度以下での高速成長、低転位密度化、伝導性制御	○	○	○	○	○		
0-3-6-25	深紫外LED/LD			B	50mm径で転位密度低い(EPD<1E6/cm2)AlN結晶	昇華法	H	AlN粉末or多結晶を高温(約2000°C)で昇華させ、SiCやAlNの基板上に結晶を堆積させる。	・多結晶核発生抑制・大口径化(50mm)・実用的結晶成長速度の実現。	○	○	○	○	○		
0-3-6-26	白色LED、青色LD、高周波パワー電子素子			L	低転位密度(<1E6/cm2)で2インチ以上のAlN結晶	フラックス法	H	Alとフラックス成分、基板を坩堝に入れて高温炉中に設置し、窒素圧と温度を一定に保ち溶液成長させる技術	育成速度高速化、核発生制御、窒素溶解度制御技術	○	○	○	○	○		
0-3-6-27	青色・紫外発光デバイス、ハイパワーデバイス・高周波デバイス			L	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度・有極性・無極性基板	AION	H	サファイア基板をCO+N2混合ガスで直接窒化し、サファイア基板上にAlNを成長させる技術	伝導性制御、高純度化、高速成長、大口径化		○	○	○	○	○	
0-3-6-28	紫外線発光デバイス	BN	低転位密度・大面積BN単結晶	B	h-BN単結晶	常圧フラックス法	H	アルカリ土類フラックス法で育成する技術	大型化、成長速度高速化、核発生制御、窒素溶解度制御技術	○	○	○	○	○		
0-3-6-29				B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口径・低転位密度基板	高温高圧法	S	バリウム系溶媒を用いた高温(1500~1750°C)、高圧(4~4.5万気圧)で合成する技術	伝導性制御、高純度化、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○		

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(31/36)

(注)指標はページ左下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標				
										A	B	C	D	E
0-3-6-30	深紫外LED、パワーデバイス、電子源	ダイヤモンド	低転位密度・大口径ダイヤモンド単結晶	L~B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度基板	気相合成法	H	メタンと水素からなる原料ガスをプラズマ中で反応させ、1000°Cの基板上に成長させる技術	単結晶ウエハ作成技術、ホモエピタキシャル成長技術、ヘテロエピタキシャル成長技術、電気伝導制御による低抵抗化	○	○	○	○	○
0-3-6-31					B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度基板	高温高圧法	H	カーボンを高温(1500°C)、高圧(5万気圧)下で成長させる技術	核発生制御、高品質高速成長、低圧下ダイヤモンド安定領域での結晶成長	○	○	○	○
0-3-6-32	紫外発光デバイス 紫外線センサー 超高速シンチレータ 耐高温電子デバイス 耐放射線電子デバイス	ZnO	低転位密度・大面積ZnO単結晶	B	ドーピングによる伝導性制御可能な高純度の大口徑・低転位密度・有極性、無極性基板	ハイドロサーマル法(水熱合成法)	H	亜臨界〜超臨界の水溶液中(温度300〜400°C、圧力80〜150MPa)で原料を溶解し種子結晶上へ再析出させることにより結晶を成長させる技術	不純物の低減、低転位化、導電率制御、成長速度の向上	○	○	○	○	○
0-3-6-33						フラックス法	H	酸化マグネシウム、酸化アルミニウムを含むフラックス中に酸化亜鉛を溶解し、基板上に成長させる技術	不純物濃度制御、大口徑化	○	○	○	○	○
0-3-6-34	偏光、アイソレータ	ルチル	単結晶	B	偏光材料	ベルヌーイ法	H	化学量論組成の作製方法	1インチが実現されている。すでに実用化	○		○	○	○
0-3-6-35	青色発光デバイス用基板	サファイア	低欠陥濃度単結晶	B	各種酸化物との格子マッチング性良好	ベルヌーイ法	H	化学量論組成の作製方法	化学組成の制御	○		○	○	○
0-3-6-36			大型バルク単結晶	B	安価、高耐性(耐熱、耐化学薬品)	引き上げ法(C軸引き上げ)	H	坩堝内で原料を熔融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	a軸引き上げでは既に実用化。材料歩留まり向上のためにはC軸引き上げによる成長が必要。サブグレインフリー化、ポイド低減、欠陥低減、高品質化	○	○	○	○	○
0-3-6-37	圧電素子、光学素子	SiO ₂ (石英)	低欠陥大型単結晶	B	大型、低コスト、安定供給	水熱合成法	H	高温高圧水溶液中で原料を溶解し、温度差により生じた過飽和度によって種子結晶上に化粧成長させる	既に工業化された技術。特殊な光学用途に向け更なる低歪み化。精密エッチング加工に対応した低転位化、低欠陥化。		○	○	○	○
0-3-6-38	全固体紫外線レーザー光源用波長変換素子	CLBO、CBO、LBO	ポレート系酸化物非線形光学結晶	B	大型非線形光学結晶	高温溶液成長法	H	溶液を攪拌しながら育成する技術	レーザー光出力化、低欠陥化、化学量論組成化、レーザー光発生長寿命化・短波長化	○	○	○	○	○
0-3-6-39		BaB ₂ O ₄ (BBO)	非線形光学結晶	B		準安定相の引き上げ法	H	特殊調合した原料メルトからの引き上げ法により、準安定相を育成することが可能になる	欠陥制御、高速育成	○	○	○	○	○
0-3-6-40	圧電デバイス、可視から赤外域の高効率波長変換素子	LiNbO ₃ , LiTaO ₃	低欠陥濃度単結晶	B	分極反転などメイン制御可能	2重るつぼチョクラルスキー法	H	原料を供給しながら育成することで極めて化学量論組成に近い結晶育成が可能	量産性の向上	○	○	○	○	○
0-3-6-41	デバイス	Pb(Mg ^{1/3} Nb ^{2/3})O ₃ -PbTiO ₃ Pb(Zn ^{1/3} Nb ^{2/3})O ₃ -PbTiO ₃	低欠陥濃度単結晶	B	大型化可能	ブリッジマン法	H	4金属元素を含む単結晶の均質化	組成均一化と低欠陥化		○	○	○	○
0-3-6-42	圧電、強誘電、フォトレフレクティブ	BaTiO ₃	低欠陥濃度単結晶	B	高誘電率	LPE	H	大型化と高品質化	欠陥制御		○	○	○	○
0-3-6-43	大口徑・高品位・低コスト・Ga ₂ O ₃ 単結晶基板	Ga ₂ O ₃	低欠陥濃度・低転位密度・大口徑FeSi ₂ 単結晶	B	GaNと格子整合	Fz法	H	溶融体を原料と種ではさんだ上で溶融体を移動させ、結晶を成長	大口徑化		○	○	○	○
0-3-6-44	基板	SrTiO ₃ , 他ペロフスカイト	低欠陥濃度単結晶	B	各種酸化物との格子マッチング性良好	ベルヌーイ法、チョクラルスキー法	H	オーソドックスなバルク成長技術	大型結晶化、低欠陥濃度化		○	○	○	○
0-3-6-45	発光デバイス、太陽電池	β-FeSi ₂	低欠陥濃度・低転位密度・大口徑FeSi ₂ 単結晶	B	高純度の大口徑、低欠陥濃度・低転位密度基板	溶液成長法	S	FeSi ₂ 合金をGaまたはZn等の溶媒中に溶解し基板上に成長させる技術	低欠陥濃度、低転位密度、高速成長、大口徑化	○	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(32/36)

(注)指標はページ左最下部に記載

ID番号	用途(期待される性能・特徴)	材料系	部材名称	薄膜(L) / パルク・厚膜(B)	部材の特徴	製造技術名称	基板・種などが不可欠(H) / 自発的に成長可能(S)	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニーズ的)指標					技術(シーズ的)指標					
										A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	
0-3-6-46	発光デバイス、太陽電池	カルコバライト型半導体単結晶	低欠陥密度、低転位密度・大面積カルコバライト型半導体単結晶	B	高純度の大口径、低欠陥密度・低転位密度基板	溶液成長法	S	Cu等の溶媒を用いて溶解度を上げ、基板上に成長させる技術	低欠陥密度、低転位密度、高速成長、大口径化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-47	電界センサー(高感度、高速応答)、テラヘルツ波光源(高出力、広帯域)	有機非線形材料	DAST, DASC, BNAなどの有機非線形光学結晶	B	低欠陥単結晶	低温溶液成長法	S	溶液を攪拌しながら育成する技術	高品質化、大型化、核発生制御、クラスター制御、形状制御技術	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-48	有機化合物構造解析(創薬)	有機低分子化合物	各種有機低分子化合物結晶	微小単結晶	単一相単結晶	レーザー核発生法	S	溶液にレーザー照射をして核発生を誘起する方法	多形制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-49	フレキシブル電子デバイス(軽量、低環境負荷)	有機半導体材料	ルブレシ、ペンタセン、フルレシ、チオフェン系化合物などの低分子有機半導体結晶	L	高品質単結晶薄膜・結晶	低温溶液成長法、昇華法、蒸着法	S	溶液攪拌など、結晶周囲環境を均一にして育成する技術	高品質化、核発生制御、クラスター制御、形状制御、基板上への結晶配置	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-50	タンパク質構造解析(医療・創薬・バイオ)	タンパク質	タンパク質結晶	微結晶	高品質結晶	レーザー核発生+溶液攪拌法	S	溶液にレーザー照射をして核発生を誘起し、溶液攪拌により大型高品質結晶を育成する方法	原理の解明と成功確率の向上	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-51	リソグラフィ用硝材	フッ化物単結晶	CaF2	B	紫外域での高透過率	引き上げ法	H	坩堝内で原料を溶融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	ArFレーザー波長193nmにおける透過率、低歪化、低欠陥化、屈折率分布の安定化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-52	リソグラフィ用高屈折率材	フッ化物単結晶	BaLiF3	B	高屈折率、紫外域での高透過率	引き上げ法	H	坩堝内で原料を溶融させ、種結晶を接触させ引き上げることで単結晶を成長させる技術	ArFレーザー波長193nmにおける透過率、低歪化、低欠陥化、屈折率分布の安定化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-53	透明電極	ZnO	透明導電性エピタキシャル薄膜	L	透明性・電気導電性	スパッタ、反応性プラズマ蒸着法、MBE	H	化学量論組成での薄膜堆積ドーバント原子の均一分散	電気特性(抵抗率など)の膜厚依存性と透明性、低温成長	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-54	キャパシタ	チタン系酸化物	組成均質誘電体エピタキシャル薄膜	L	高誘電率、高耐圧、低損失誘電体の大面積化	スパッタ、パルスレーザー堆積法	H	化学量論組成での薄膜堆積と緻密化および低クラック性	高誘電率薄膜開発	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-55	圧電素子	PZT	組成均質圧電エピタキシャル薄膜	L	高いd33値を有する高品質大面積化	スパッタ、パルスレーザー堆積法	H	Pb, Zn, Ti原子の化学量論組成での薄膜堆積と緻密化	大面積化技術確立による低コスト化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-56	圧電素子	非鉛系	組成均質圧電エピタキシャル薄膜	L	高いd33値を有する高品質大面積化	CVD、パルスレーザー堆積法	H	非鉛系原子の化学量論組成での薄膜堆積と緻密化	高品質薄膜と大面積化	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-57	不揮発性抵抗変化メモリ	複合金属酸化物	2元系遷移金属酸化物	L	半導体テクノロジーとの整合性が高い	反応性スパッタ成膜	H	酸化状態を制御しながらナノメートルオーダーで金属酸化物を積層する	酸化物の均一性、成膜速度、金属/酸化物界面の平坦性制御	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0-3-6-58	廃熱利用、マイクロ発電、電子デバイスの局所冷却や温調	遷移金属酸化物、テルル化物、窒化物、SiGe系	熱電変換素子用薄膜	L	高い熱起電力、低い電気抵抗率と熱伝導率を有し、高性能なバルク熱電材料に匹敵、あるいはこれを凌駕する熱電性能を有する	物理蒸着、化学気相法などさまざまな薄膜製造技術が適用可能	H	良質な結晶性を有する薄膜製造技術に加えて、熱伝導率低減のためのナノ構造(超格子、ナドット等)を導入できる製造技術	・精密な結晶性、ナノ構造制御技術 ・高速製膜、厚膜化技術の開発 ・低コスト基板材料への製膜技術 ・メンブレン構造など、熱の有効利用ができる三次元的な構造の実現	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

A: 出口への貢献/ポトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与

0. 共通基盤技術/材料製造技術/結晶粒制御技術・アモルファス化技術

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	出口(ニール)		シーズ的指標		
								A	B	C	D	E
0-3-7-01	FPD/バックライト・照明	アルカリホウケイ酸ガラス	蛍光材料	ガラス中にナノ〜ミクロンサイズの蛍光結晶が均一に分散した蛍光ガラス	熱処理(分相-結晶化)	溶融後に熱処理法を行い、分相させることで組成を制御した後、ナノ〜ミクロンサイズの蛍光体結晶を有する高輝度なガラスを得る。	・ガラス組成、熱処理条件の最適化による粒子組成、界面状態の制御 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-02		酸化ガラス	蛍光材料	ガラス中にナノ〜ミクロンサイズの蛍光結晶を析出させることによって得られる蛍光ガラス	熱処理	ガラス組成と熱処理温度を適切に制御することで蛍光体結晶(nm〜μm)を析出させ、高輝度な蛍光板を得る	・ガラス組成、熱処理条件の検討による粒子組成、界面状態の制御 ・高濃度分散 ・デバイスへの複合化技術 ・部材の特徴を最大限に生かしたデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-03		酸化ガラス	蛍光材料	ガラスの中に希土類化合物ナノ結晶が析出した透明蛍光ガラス	ナノ細孔利用結晶析出	ナノ細孔を有するガラスの細孔にナノ結晶を析出させ高輝度蛍光ガラスを得る(焼成により緻密化する場合があります)	・構造制御されたナノ母材の低コスト製造方法 ・ナノ構造の制御による高輝度化が容易 ・部材の特徴を生かしたデバイス設計(板材)	○	○	○	○	○
0-3-7-04		酸化ガラス	透明蛍光材料	ガラス膜の中にナノオーダーの微粒子が析出した蛍光ガラス	ゾルゲル法	ゾルゲル法によってナノ粒子蛍光体を内部に固定化して高輝度蛍光ガラスを得る。	・膜、固定化粒子の安定性 ・高輝度化 ・コスト削減 ・ゾルゲル法の生産性の向上	○	○	○	○	○
0-3-7-05	省電力照明	Sr ₂ MgSi ₂ O ₇ 系	蓄光材料	ケイ酸系のガラス中に希土類化合物ナノ結晶が析出した蓄光材料	熱処理(分相法を含む)	溶融-熱処理によってμm〜nmのサイズの蓄光体結晶を生成させたガラスを得る。	・発光保持時間長寿命化(熱処理条件、ガラス母組成) ・新規な高性能蓄光材料組成の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-06	(光学)異方性フィルム	ポリオレフィン	結晶構造制御材料	分子配向を自在に制御した力学的異方性材料	異方性結晶制御技術	結晶の成長方向を制御することにより、流動方向のみならずさまざまな方向への分子配向を可能とする	分子構造設計と触媒、重合方法の探索 もしくは助剤、加工方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-07	光操作素子	BaO-TiO ₂ -GeO ₂ , BaO-TiO ₂ -SiO ₂ 等	非線形光学材料(SHG発生)	ガラス内部・表面に結晶層が析出した波長変換材料	熱処理、電場-熱ポリング	ガラス基板を熱処理することでナノ結晶相を選択的に析出させたガラス(熱)、ナノ結晶化ガラス表面に電場を印加し、熱処理をすることで結晶方向を配向させたガラス。(電場)	・配向制御 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-08		各種酸化物(Ba ₂ TiO ₆ (BO ₃) ₂ など)	非線形光学材料(SHG発生)	ガラスの特定部位にナノ結晶が析出または、配向したナノ結晶が析出したガラス。	レーザー照射	レーザー照射によって結晶の位置や配向を制御したガラス	・配向制御 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-09		フッ化物ガラス、酸化ガラス	波長変換、光増幅材料	ガラス中に波長変換能を有するナノ結晶が存在するガラス	熱処理	熱処理によってナノサイズ結晶を内部に析出したガラスを得る	・組成の最適化 ・適切なデバイス作製方法	○	○	○	○	○
0-3-7-10	レーザー発振、高屈折レンズ	BaTi ₂ O ₅	真球ガラス高屈折率	通常の急冷法で作製不能なガラス	浮遊溶融法	無容器プロセスによる新規材料作製法	高速化と大型化	○	○	○	○	○
0-3-7-11	窓材	TiO ₂ -B ₂ O ₃ , TiO ₂ -P ₂ O ₅ 系	光触媒用材料	ガラスの内部、または表面にチタニアが分散した光触媒用材料	熱処理	溶融-熱処理によりガラス中(表面)にチタニアを選択的に析出させたガラス	・実用化可能なコスト、耐久性を満たす組成開発	○	○	○	○	○
0-3-7-12	透明プラスチック代替	ポリオレフィン	高透明	球晶サイズの均一・微細による高透明材料	微細球晶の形成技術	・溶融時における結晶前駆体の制御 ・γ晶生成制御による超高密度化 ・超臨界利用による造核剤の微分散化 ・末端修飾ポリプロピレンと造核剤の反応制御による微分散化	結晶核剤の分散状態の制御	○	○	○	○	○
0-3-7-13		ポリエチレン	透明材料、接着材料	極性基・分岐構造含有ポリエチレン	極性基・分岐構造含有ポリマー製造技術	超高压ラジカル重合法で製造している極性基含有ポリエチレンを、低圧触媒重合法で製造することで、省エネルギー化とポリマー分岐構造制御による高品質化(高強度材料)を図る。	・新規シングルサイト重合触媒の開発 ・分子構造設計と触媒、重合方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-14		ポリオレフィン	ナノ結晶	らせん構造精密制御により微細結晶	分子構造制御技術	・連鎖長を精密制御したポリオレフィン ・剛直モノマーユニットを導入したポリオレフィン	触媒、重合技術の開発	○	○	○	○	○
0-3-7-15		各種金属酸化物系ナノ粒子	電子デバイス用材料	数ナノnm〜数10nmの粒径の金属酸化物および金属の高結晶化粒子	CVD法、PVD法、溶液反応法など	気相、液相中でのnmオーダー微粒子の製造	微粒高結晶と溶液中の分散性の両立	○	○	○	○	○
0-3-7-16	配向性セラミックス	無鉛圧電デバイス用材料	Sr-Bi-Nb-O系など、無鉛圧電材料の結晶方位を任意の方向にそろえたセラミックス	テンプレート焼結法、一方凝固法など	テンプレート(種結晶)や温度勾配により結晶方位制御しながら焼結させる	所望の圧電特性を満たす結晶配向構造を実現するための焼結プロセス制御	○	○	○	○	○	
0-3-7-17	電子部品用材料	多層構造セラミックス	テラヘルツデバイス用材料	電磁波の特性波長に整合した周期構造(1次〜3次元)を持つセラミックス	積層焼結法など	電磁波の変調にかなうフォトニック結晶構造体を成型して焼結	電磁波変調にかなう周期構造と精度を持った構造体実現	○	○	○	○	○
0-3-7-18	有機無機コンポジット	フィルムコンデンサ用材料	10nm以下のセラミック粒子をポリプロピレン系などの有機系材料のマトリックスが囲んだ構造の数μm厚みのシート	混練・延伸法など	高分子材料とnmオーダー無機材料のコンポジット化	有機マトリックス中への無機粒子の分散技術	○	○	○	○	○	

A: 出口への貢献/ポルトネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(34/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標					
								出口(ニール)		シーズ的指標			
								A	B	C	D	E	
0-3-7-19		強相関電子系材料	スイッチングデバイス用材料	粒内、粒界の原子レベルでの構造制御	焼結法、スパッタ法など	製造法としてバルク焼結法と薄膜法の両方の可能性がある	特性発現のための粒界構造制御	○	○	○	○	○	
0-3-7-20		半導体配線	Cu, Ag等の高電気伝導度材料	高耐久性配線材料	結晶粒径が50nm以下のナノ結晶材料の内部に数nmの間隔でツイン(双晶)が形成された金属配線材料	ナノ制御電解析出技術	溶液中に電圧を負荷し析出させる電解析出法等で製造する。	・ナノ組織制御安定化技術の確立 ・インプロセス残留応力除去技術の確立 ・水素等不純物除去技術の確立	○	○	○	○	○
0-3-7-21		高精度磁気センサ	金属ガラス	高透磁率・低鉄損磁気センサ素子	ナノ結晶化組織制御された金属ガラスによる高透磁率・低鉄損特性	熱処理によりナノ組織を最適化制御した金属ガラス軟磁性材料	金属ガラス軟磁性材料の熱処理等によるナノ組織制御技術	・デバイスに合致した金属ガラスの特性制御 ・低コスト高スループット生産プロセス確立	○	○	○	○	○
0-3-7-22		硫化物ガラス	リチウムイオン電池用固体電解質	アモルファスのリチウムイオン伝導性ガラス	メカノケミカル	メカノケミカル法によりアモルファス化して高いイオン伝導性ガラスを得る。	コンポジット化等のデバイス化技術	○	○	○	○	○	
0-3-7-23		硫化物ガラス・セラミックス	リチウムイオン電池用固体電解質	メカノケミカル法、超急冷法を用いて作製した硫化物ガラスを加熱結晶化する。または硫化物融液を冷却凝固することにより、焼成法では安定に製造できない高伝導結晶相を析出させる	ガラスの熱処理、融液凝固	超急冷法によりガラス中に焼成法では安定に製造できない高伝導結晶相を析出させる	・結晶相の濃度向上、熱的安定化 ・新規組成の探索 ・接合等のデバイス化技術	○	○	○	○	○	
0-3-7-24		CsHSO4ガラス	燃料電池用プロトン電解質材料	シリカ等の酸化物ガラス中にCsHSO4のナノ結晶が存在するプロトン伝導性材料	ナノ細孔利用結晶析出	貫通したナノ細孔中に伝導性結晶相を析出させることにより、得られる高プロトン伝導電解質	・組成の改良による安定性の向上 ・デバイス化技術	○	○	○	○	○	
0-3-7-25		量子ドット系材料	表示素子、太陽電池、医療用等材料	10nm以下の半導体(金属・酸化物)粒子、およびこの粒子を有機系のマトリックスが囲んだ構造の材料	溶液反応法など	10nm以下の半導体粒子の製造と有機系界面活性剤の付与	量子効果が発現する粒径の精密制御、マトリックス中での自己配列化、Cdなどの有害物質のフリー化	○	○	○	○	○	
0-3-7-26		燃料電池用材料	チタン・チタン合金	燃料電池用セパレータ	結晶粒径が1μm以下でランダムな結晶方位集合組織を持つチタン材料	微細複相組織創製技術	純チタン、αもしくはnear α合金、700℃程度の温度領域で累積しずみ2程度の強さみ塑性加工を施す。	・最適な加工前組織制御および温間加工技術の確立	○	○	○	○	○
0-3-7-27		MgB2系超電導材料	超伝導線材	超伝導線材	極微細なMgB2粉末が金属ソース内に充填されたテープ状あるいはワイヤー状の超伝導線材	微細粉末を用いた高密度微細構造生成技術	微細原料粉末(Mg+B)を金属管に充填して、線材に加工後、熱処理をする。	・線材におけるMgB2コア充填率の向上 ・MgO2結晶粒の微細化による磁束ピン止め効果の導入 ・MgOなどの不純物の低減による超伝導電流経路の確保	○	○	○	○	○
0-3-7-28		超伝導線材	ビスマス系超電導材料	超伝導線材	微細なビスマス系酸化物超伝導体フィラメントが金属(銀)基材に多数埋め込まれたテープあるいはワイヤー状の超伝導線材	加工・熱処理法による高密度、高配向度結晶集合体製造技術	原料粉末を金属管に充填して丸棒に加工し、これらを再度金属管に充填してテープやワイヤーに加工する。その後熱処理し、再度加工を行って最終線材とする。	1) 線材におけるビスマス系酸化物超伝導体結晶の充填率の向上 2) 線材におけるビスマス系酸化物超伝導体結晶のc軸配向度の向上 3) ビスマス系酸化物超伝導体結晶の粒界における不純物相の低減	○	○	○	○	○
0-3-7-29		Nb3Al化合物超電導材料	超電導線材	超電導線材	微細なNb3Al超伝導体フィラメントが金属基材に多数埋め込まれたテープあるいはワイヤー状の超伝導線材	急加熱・急冷/変態法による微細結晶製造技術	Nb/Alの金属複合前駆体線材を急加熱・急冷させて得たNb-Alの準安定なbcc過飽和相から、化学量論組成のNb3Al微細結晶を析出させる。	1) 線材中のNb3Al結晶の更なる微細化 2) 線材中のNb3Al結晶粒内における双晶などの構造制御 3) 線材中のNb3Al結晶の組成揺らぎの制御	○	○	○	○	○
0-3-7-30		磁石・モーター用部材	Nd-Fe-B系	バルク型異方性ナノコンポジット磁石材料	均一の超微細結晶が高配向したナノ構造材料	拘束型巨大ひずみ負荷・異方性制御技術	最適組成の鑄造材を、密閉圧延あるいは押し出し成形機を用いて、高ひずみ付与する事で配向させる	鑄造材組成の最適化、局所的不均一変形による元素偏析の軽減、微細化プロセス条件の最適化	○	○	○	○	○
0-3-7-31		メモリ	Fe2O3-BaO-SiO2系	磁性材料	ガラスの内部にフェライトが配向して存在するガラス	圧伸-熱処理	溶融-双ロール法により特定方向に相させたガラスからフェライト粒子を析出させたガラス	・配向制御 ・適切なデバイス設計	○	○	○	○	○
0-3-7-32		精密部品	ナノ結晶分散金属ガラス	高強度精密機械部品	金属ガラスにナノ結晶等を分散させた高強度、耐摩耗性等に優れた部材	急冷・ナノ結晶析出制御技術	高度に成分(組成)設計された金属ガラスを熱処理することでナノスケールの析出相を得る。	組成の最適化とコストダウン。熱処理方法の検討。熱処理にともなう構造緩和と脆化の抑制。ニース開拓。	○	○	○	○	○
0-3-7-33		小型機械部品	高延性金属ガラス	高強度高延性精密機械部品	金属ガラスの安定化局所構造を利用した延性に優れた高強度、耐摩耗性等に優れた部材	合金設計技術および急冷・核生成制御技術	核生成制御された安定化局所構造を有する延性と機械的特性に優れた金属ガラス。	合金設計(組成の最適化)とコストダウン。作製技術の検討。ニース開拓。	○	○	○	○	○
0-3-7-34		超精密微細成型用金型	金属ガラス	ナノ形状転写用金型	非晶質構造に起因するナノ形状精度部材	金属ガラスの過冷却液体状態を利用したナノインプリント技術	過冷却液体温度領域に加熱した金属ガラスに金型モデル形状を転写することにより超精密微細成型用金型の量産が可能	材料のコストダウン。量産化技術、材料の品質保証	○	○	○	○	○
0-3-7-35		ナノインプリント用部材	金属ガラス	ナノインプリント用金属材料	高性能構造材料、耐食・磁性等高機能材料、超精密微細成形特性	プリフォーム鑄造と粘性成形加工	精密鑄造、射出成形等一次加工によるプリフォームの形成と過冷却液体温度領域での粘性加工による超平面部材の創製	材料のコストダウン。量産化技術、材料の品質保証	○	○	○	○	○
0-3-7-36		個人認証ホログラム	金属系	金属ガラス薄膜ホログラム	ナノレベル転写金属ガラス薄膜	金属ガラスの過冷却液体状態を利用したナノインプリント技術	ガラス遷移温度以上に加熱した金属ガラスに精密転写型を押し付け、表面に微細パターンを創製しホログラムとして活用する	・金属ガラス薄膜の創製プロセスの開発 ・インプリント用微細パターン金型の創製 ・インプリントの大量生産技術確立	○	○	○	○	○

- A: 出口への貢献/ボトルネック性
- B: 市場・社会へのインパクト
- C: 技術的優位性
- D: 基盤性
- E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(35/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標						
								出口(二)		シーズ的指標				
								A	B	C	D	E		
0-3-7-37	航空機材料	チタン合金	航空機用部材	母相β結晶粒径が5μm以下で、0.1ミクロン以下のα析出相を均一分散させた複合組織	微細複相組織創製技術	溶解法や粉末法でバルク体を形成したのちに熱間/温間加工熱処理を行う。	・粒成長を抑制する第二相粒子の微細分散化技術の確立 ・加工熱処理条件の最適化 ・材料化学成分の低コスト化 ・室温延性の確保	○				○	○	
0-3-7-38		Ti系耐熱材料	ジェットエンジンタービンブレード	母材結晶粒径が10μm以下で、1ミクロン以下の析出相を分散させた複合組織	微細複相組織創製技術	溶解法や粉末法でバルク体を形成したのちに熱間加工熱処理を行う。	・強化粒子の微細分散化技術の確立 ・熱間温間加工熱処理条件の最適化 ・材料化学成分の低コスト化 ・室温延性の確保	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-39		自動車・航空機用構造材	Al-Fe系	高強度材料	ナノ結晶部材	超急冷・ナノ結晶化複合技術	急冷凝固技術の最適制御(Fe-Feダイマーの高密度化)によるナノ結晶化	超急冷法の新規技術の構築	○	○	○	○	○	○
0-3-7-40		環境エネルギー	Mg-Ca系	耐熱・高強度部材	微細均一組織を有する構造材料	超急冷大型連続鍛造技術	急冷連続鍛造による塊組織の微細均一化	急冷技術の大型化、溶湯の均一性の確保、脱ガスなどの溶湯処理技術の確立	○	○	○	○	○	○
0-3-7-41	チタン合金		自動車用車体部材	結晶粒径が1μm以下のαおよびβ相とランダムな結晶方位集合組織を持つチタン材料	微細複相組織創製技術	最適組成の鍛造材に熱間/温間で加工熱処理を施す。	・鍛造組成の最適化 ・低温/高速超塑性加工技術の確立 ・製造コストの低減	○			○	○	○	
0-3-7-42	Fe系軽量金属材料		車両フレーム軽量プレス部材	母材が集合組織制御された微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの析出粒子が均一分散された鉄鋼材料薄板	微細複相組織創製技術	連続鍛造により作製したスラ部材に加工熱処理を施す。	・低温圧延技術の確立 ・圧延後急速冷却技術の確立 ・製造負荷を低減可能なプロセス条件の最適化		○	○	○	○	○	
0-3-7-43	Mg系		車両フレーム部材	母材が微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの準結晶粒子が均一分散されたMg合金	巨大ひずみ加工制御技術	圧延や押出加工のプロセス温度と速度を高精度に制御し、強ひずみ加工を施す	大型化技術の構築	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-44	Mg系軽量金属材料		車両フレーム軽量部材	母材が微細結晶粒(2μm以下)からなり、ナノメートル・オーダーの準結晶粒子が均一分散されたMg合金	ナノ準結晶分散制御技術	圧延や押出加工のプロセス温度と速度を高精度に制御し、強ひずみ加工を施す	・マイクロメートル・オーダー粗大準結晶相の微細分散化 ・準結晶相体積率低減による希土類元素の使用量削減 ・希土類フリー準結晶相の探索 ・母相結晶粒の超微細化 ・母相結晶方位ランダム化促進加工プロセス開発	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-45	鉄鋼		超微細フェライト粒高強度熱延薄鋼板	粒径約1μmの超微細粒フェライト組織を有する単相または複相組織鋼材	超微細粒薄板熱延法	多パス高圧下仕上げ圧延とその後の急冷により板厚1~5mmの熱延薄鋼板を製造	高炉一貫製鉄所用の大型設備設計技術および、大量生産操業技術の確立	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-46	鉄鋼		超々微細フェライト粒組織を有する純鉄系熱延鋼板	粒径0.1μmレベルの極細粒フェライト組織の純鉄系鋼材(純鉄系超強度材:現時点での究極の鉄鋼材料)	超超微細粒薄板熱延法	フェライト温度域で大せん断歪を付与できる圧延加工により板厚1~5mmの薄板を製造する方法	材料基本特性の解明と大型材料の製造プロセス確立(現状は20φ×11程度の微小バルク材製造が限界)	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-47	ポリエチレン		結晶構造制御材料	伸び切り鎖結晶の制御	伸びきり鎖結晶製造技術	・絡み合いを抑制できる構造もしくは成形を可能とする ・重合場の制御で重合しながら伸びきり結晶もしくは編み込んだロープ構造を作る	・伸び切り易い樹脂構造と成形方法の探索 ・触媒、反応場、伸び切り、もしくは編む機構の探索	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-48	ポリプロピレン		発泡材料	微細セル・高発泡倍率・高剛性・高耐熱性が特徴となるポリプロピレン系発泡材料	半溶融状態成形技術	結晶融解挙動を制御し、半溶融状態における弾性を利用することで優れた発泡体を得る	半溶融状態の制御	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-49	ポリプロピレン		耐衝撃性高結晶性	高いアモルファス成分を含有する高結晶化度のポリプロピレン	高耐衝撃性高結晶性PP製造技術	・高結晶性インバクトコポリマー製造触媒の開発(高結晶性ポリプロピレン製造用触媒+高ゴム成分の合成) ・微細混練化技術	プロピレン重合触媒の立体特異性の高度化並びに高ゴム成分の微分散化	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-50	ポリプロピレン		高結晶性	高結晶化度	高結晶性PP製造技術	高結晶性ポリプロピレン製造用触媒の開発(高立体特異性化、造核作用成分含有)	プロピレン重合触媒の立体特異性の高度化並びに高効率な造核形成	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-51	ポリオレフィン	ナノ核剤、高結晶材料	ナノ技術による低エネルギーで本来混合が困難な物質を混合し物性改良を図る ポリオレフィン非晶部分に数十ナノメートルの改質無機フィラーを低エネルギーで混練を行ない物性向上を図る	ポリオレフィン系ナノコンポジットの分散性制御技術	・新製造核剤の開発 ・微細混練化技術	核剤の分子設計・分散技術	○	○	○	○	○	○		
0-3-7-52	建築用構造材	Fe系高靱性材料	シャフトやボルト	結晶粒径が1μm以下で特定の結晶方位集合組織を持つ鉄鋼材料	微細複相組織創製技術	化学成分は従来材と同じ。500°C程度の温度領域で累積ひずみ2程度の塑性加工を施す	・最適金属組織と破壊機構の確立 ・金型を含めた温間加工技術の確立	○	○	○	○	○	○	
0-3-7-53	Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラタービン用パイプ	Cr濃度の低いレスアロイ(9%Cr程度)でも、表面にCrが異常に濃化したCr2O3のナノスケールの酸化被膜が形成された構造材料	表面ナノスケール形成予酸化技術	Arガス中予備酸化等のプロセス条件と微量Si等の材料条件の最適化。熱間鍛造熱間圧延の通常プロセス後に熱処理を行う。	・環境条件最適化(酸素分圧、予備酸化温度時間など) ・材料条件最適化(Cr、Si濃度、転位密度など) ・Cr2O3ナノ酸化スケールの密着性、耐はく離性の評価試験法確立	○	○	○	○	○	○		

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与

部材分野の技術マップ(36/36)

(注) 指標はページ左最下部に記載

ID番号	出口(主要製品)	材料系	部材名称	組織・構造面の特徴	製造技術の名称	製造技術の概要	実用化に向けた課題	指標					
								A	B	C	D	E	
0-3-7-54	プラント用配管	Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラ・タービン用パイプ	粒界に100nm以下のM23C6炭化物が長時間まで均一に微細分散する構造材料	粒界第2相の粒成長抑制技術	ボロンと窒素の添加量最適化。100-150ppmボロン添加と、窒素は80ppm以下に制御。	・窒素濃度制御溶解技術(80ppm以下) ・ボロン分布の解析評価技術(粒界偏析、第2相中濃縮など) ・ボロン化合物の観察-評価技術(窒化ホウ素、タングステンボライドなど)			○	○	○	
0-3-7-55		Fe-Cr系耐熱材料	発電プラントボイラ・タービン用パイプ	溶接熱影響部でも細粒化せず、母材と同じサイズの結晶粒(50-100μm)を有する溶接継手	溶接熱影響部の細粒化抑制技術	ボロンと窒素の添加量最適化。100-150ppmボロン添加と、窒素は80ppm以下に制御。従来の溶接施工法(ガスタングステンアーク溶接)の適用。	・窒素濃度制御溶解技術(80ppm以下) ・ボロン化合物の観察-評価技術(窒化ホウ素、タングステンボライドなど) ・溶接欠陥解析技術(高温割れ評価など)			○	○	○	
0-3-7-56		プラント用・船舶用構造材	高耐食性金属ガラス	高耐食性部材	高耐食性金属ガラス被覆部材	溶射法により高耐食性金属ガラスが被覆された部材	溶射法による金属ガラスの被覆および被覆材の過冷却液体領域での精密加工	基材界面との接合強度、溶射材の密度、コストダウン		○	○	○	○
0-3-7-57			鉄鋼	超微細粒組織を有する厚鋼板	板厚方向に部分的あるいは全面に1μmレベルのフェライト粒など超微細粒組織を含む厚鋼板	超微細粒厚板圧延法	過冷却オーステナイト温度域あるいはフェライト温度域での大圧下レバース圧延+急冷プロセスにより板厚10~50mmの厚鋼板を製造する方法	大圧下圧延用耐高荷重圧延設備技術と大型設備の設計技術及び大量生産操業技術	○	○	○	○	○
0-3-7-58		汎用機能材料	金属ガラス	エネルギー吸収部材	金属ガラスからなる多孔質体	ポーラス化粘性流動変形	金属ガラス中に発泡剤もしくは高圧気泡を分散させ過冷却液体状態の粘性流動によって発泡し、ポーラス化する	ポーラス孔の寸法制御、分布制御。	○	○	○	○	○
0-3-7-59		精密加工技術	Fe-Cr系	超微細細線	異なる形状断面(マイクロオーダー)	超精密異形状断面線引き成形加工技術	最適組成の素材材をベースに、高精度伸線技術(金型技術)により製造する	素材の組成および組織の最適化、金型素材の最適化、潤滑問題の最適化、引き抜き設備の改良など	○	○	○	○	○
0-3-7-60		高リサイクル性軟質プラスチック	ポリオレフィン	ナノ結晶	主鎖非晶性、長鎖α-オレフィン側鎖結晶により微細結晶化	透明軟質ポリオレフィン製造技術	主鎖非晶/側鎖結晶性を持つポリオレフィン	触媒、重合技術の開発	○	○	○	○	○
0-3-7-61			ポリオレフィン	結晶構造制御材料	結晶部位がきちんと分子鎖につながった構造	結晶構造制御技術	分子内の結晶部位と非晶部位の規制	分子構造設計と触媒、重合方法の探索	○	○	○	○	○
0-3-7-62		省エネルギー(プラスチック)+高機能化	ポリオレフィン	高機能性材料	高温熔融重合による直接成形	高温低圧チューブラー反応器重合技術+高温熔融重合技術	プラグフロー可能なチューブラー型反応器により「高温低圧気相重合」を行い、機能性付加のため各種の共重合を行えるようにする。最終的に重合熱を利用して、パウダーを溶融し、ペレット化せず、直接成型機に供給する。グレード切替の速い小型反応器で「高温高圧熔融重合」を行い、溶融状態のポリマーを、ペレット化せず、直接成型機に供給する究極の重合プロセスを開発する。既存の造粒工程と成形工程で重複する再溶融過程を省き、大幅な省エネを図る。	・高温超高活性触媒の開発 ・気相法チューブラー反応器の開発 ・直接成形システムの開発	○	○	○	○	○
0-3-7-63		安全・安心	建築用耐火鋼材	Fe系耐火合金材料	高層ビル用耐火鋼材	600°C以上の鉄原子が動き始める温度域で固溶元素やピンニング、粒界構造により鉄の軟化挙動を抑制できる組織構造材料	鉄鋼製造プロセス冷却能自在制御製造技術	汎用の高炉法プロセスで、その鋼材製造プロセスの熱処理、冷却技術を駆使し、材料設計をナノレベルで制御可能な技術	・鋼と被覆材の組合せ技術 ・単独鋼材における700°C以上での降伏耐力の維持 ・将来的には構造工学設計とのマッチング	○	○	○	○
0-3-7-64	ガスバリア膜		ポリエチレン	高結晶材料	トランスクリスタルの生成により結晶化度を十分に高めた高剛性/高ガスバリア性ポリエチレン	高結晶層を形成した積層フィルム製造技術	結晶核剤となる基材に押出コーティングし、成形条件を制御することでトランスクリスタルの成長を促す	・結晶核剤となる基材の探索 ・成形条件の制御	○	○	○	○	○
0-3-7-65	イノベティブ用補助材料		金属系	ポーラス金属ガラス製生体適合材料	ポーロシティ制御金属ガラス	ポーロシティ制御による機械的性質を最適化した生体適合材料	高圧水素中で溶解した金属ガラス形成合金溶湯を急冷することによるポーラス金属ガラスの創製技術	・ポーラス金属ガラスの創製プロセス確立 ・医学と工学の異分野連携研究開発 ・金属ガラスの生体適合性検証		○		○	
0-3-7-66	医用材料		チタン合金	民生/生体用の超弾性合金薄膜およびワイヤー	超微細ナノ結晶の高度配向組織	巨大歪み加工・異方性制御技術	最適組成の鍛造材を、冷間強圧延あるいは伸線で高ひずみ付与し結晶配向させる	・鍛造材組成の最適化 ・強冷間圧延、伸線技術の確立 ・制御冷却技術の確立	○		○	○	○

A: 出口への貢献/ボトルネック性
 B: 市場・社会へのインパクト
 C: 技術的優位性
 D: 基盤性
 E: サステナビリティへの寄与



太陽光発電開発戦略

(NEDO PV Challenges)

2014年9月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

はじめに

我が国における太陽光発電に関する本格的な技術開発は、1973年のオイルショック後、通商産業省（現在の経済産業省）が石油代替エネルギーの技術開発に取り組んだ「新エネルギー技術研究開発計画」、通称「サンシャイン計画」から始まった。1974年の同計画開始から、今年で40年を迎えることとなる。

NEDOは、1980年の設立時からサンシャイン計画の推進を担う機関として太陽光発電技術の開発に取り組んできた。それまでサンシャイン計画で取り組まれていたシリコン原料の開発や、結晶シリコン系及び化合物系太陽電池の開発を引き継ぎ、低コストシリコン原料の開発や角形キャストウエハ作製技術等のシリコン基板作製技術等、実用化を支えるための技術開発も推進した。1986年には六甲アイランドで太陽電池の電力系統との連系実証実験を行う等、少しずつ技術開発の成果を社会に導入するための準備を進めてきた。系統連系実証等の成果をもとに、1992年には太陽光発電の系統連系が認められ、現在では一般的となった戸建て住宅の屋根に太陽電池を設置する住宅用太陽光発電システムの導入が始まった。

サンシャイン計画は1993年に「ニューサンシャイン計画」へと改編されたが、太陽光発電の技術開発は継続された。太陽電池は、電卓等の民生用製品や独立電源として一部実用化していたものの、電力用途として一般に普及するためには、さらに太陽電池の低価格化を進める必要があった。そこで、太陽電池の低コスト化を目指した技術開発（シリコン原料の製造工程での使用低減、省シリコンで製造可能な薄膜シリコン型、脱シリコンを目指したCIS型、GaAs型等の新たな化合物太陽電池の開発等）もNEDOプロジェクトとして開始した。

ニューサンシャイン計画は2000年で終了したが、それまでの成果が結実し、2000年代前半には、太陽電池の国内出荷額は1,000億円を超えた。また2003年には生産量、導入量とも世界の約45%を占める世界最大の太陽電池最先進国となる等、NEDOの技術開発は、太陽光発電の「初期マーケット形成」に大きな貢献をしたと言える。

2004年には、太陽光発電の更なる普及と太陽光発電産業の持続的成長を実現するための技術開発指針として、NEDOは太陽光発電ロードマップ「PV2030」を策定した。その後、ドイツをはじめとしたフィードインタリフ（Feed-in-Tariff）制度の導入等による先進国市場の拡大、太陽電池生産での新興国の躍進、太陽光発電市場の中心が欧州に移行する等の変化を考慮して、2009年にPV2030を「PV2030+」へと改定している。

その後も、太陽電池モジュール価格の大幅下落や、価格競争力を有する中国等の新興国の太陽電池メーカーのシェア拡大等、太陽光発電市場の状況は大きくかつ急速に変化した。国内の導入量も、技術開発の進展や生産規模拡大による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 2012年5月17日）等、着実に進展してきたが、2012年7月の固定価格買取制度が開始によって、太陽光発電の導入はさらに加速（制度前の2012年6月末国内導入量は5.6GWであったが、2013年度末には14.3GWまで拡大（資源エネルギー庁HP））した。

平成26年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、再生可能エネルギーは「現時点では、安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できること

から、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で重要な低炭素の国産エネルギー源」と位置付けられており、中でも太陽光（発電）は、「個人も含めた需要家に近接したところで中小規模の発電を行うことも可能で、系統負担も抑えられる上に、非常用電源としても利用可能である」として期待されている。

我が国のエネルギー安定供給の確保や、低炭素社会実現の観点から、再生可能エネルギーの導入拡大を進めることは非常に重要である。その一翼を担う太陽光発電に関しては、その特性を十分に理解し、また、その特長を活かした導入形態を模索していくことで、太陽光発電システムの適正な導入を実現し、エネルギー供給量を着実に拡大していく事が求められる。そのためには、引き続き発電コストの低減を進めると同時に、電源としての信頼性向上電力系統への負荷軽減、新たな導入形態及び用途の拡大等、様々な開発課題の解決を進め、同時に、太陽光発電産業の発展につなげる必要がある。

本報告書では、こうした太陽光発電を取り巻く状況の急速な変化をふまえ、今後大量導入社会を着実に実現するための課題を整理した。さらに、それらを解決するための方策について検討を進め、新たな「太陽光発電開発戦略」としてとりまとめた。

本報告書は、概論、本論、参考資料で構成し、本論を以下の7章で構成している。

1. 太陽光発電戦略の目的
2. 太陽光発電をめぐる環境の変化
3. これまでの NEDO の技術開発の成果とその評価
4. 太陽光発電大量導入社会における課題
5. 太陽光発電の目指すべき姿
6. 太陽光発電開発戦略
7. 今後の技術開発の方向性

目次

I. 概要	1
II. 本論	5
1. 太陽光発電戦略の目的	6
2. 太陽光発電をめぐる環境の変化	7
2. 1 太陽光発電の導入状況（世界）	7
2. 2 太陽光発電の導入状況（国内）	9
2. 3 太陽光発電の産業動向（生産）	10
2. 4 太陽光発電の価格動向	13
2. 5 太陽光発電における産業構造の変化	16
2. 6 太陽光発電の発電コスト	23
2. 7 技術開発動向	26
3. これまでの NEDO の技術開発の成果とその評価	32
3. 1 過去の NEDO の技術開発	32
3. 2 最近の主な成果	33
3. 3 評価と課題	36
4. 太陽光発電大量導入社会における課題	37
4. 1 【課題 1】国民負担の増大	39
4. 2 【課題 2】長期・安定な発電能力維持の必要性	39
4. 3 【課題 3】立地制約の顕在化	42
4. 4 【課題 4】廃棄物大量発生への対応	45
4. 5 【課題 5】グローバル競争の激化	45
5. 太陽光発電の目指すべき姿	47
6. 太陽光発電開発戦略	49
6. 1 発電コスト低減に必要な取り組み	49
6. 2 信頼性の向上	59
6. 3 立地制約の解消	60
6. 4 リサイクルシステムの確立	61
6. 5 産業の高付加価値化	62
7. 今後の技術開発の方向性	66
7. 1 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発	67
7. 2 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト	67
7. 3 太陽光発電多用途化実証プロジェクト	68
7. 4 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト	70
7. 5 太陽光発電多用途化実証プロジェクト（高付加価値化）	71
III. 参考資料	73
作成体制	90

I . 概要

NEDO は、太陽光発電の早期普及を目指す技術開発戦略として太陽光発電ロードマップ (PV2030,PV2030+) を策定し、これにもとづいた技術開発を行ってきた。

しかし、2009 年の PV2030+ 策定以後、太陽電池モジュール価格の大幅下落、価格競争力を有する中国等新興国企業のシェア拡大等、太陽光発電をとりまく状況は大きく変化した。また、国内においては、固定価格買取制度の開始によって太陽光発電の導入は加速し、我が国は太陽光発電の大量導入社会の実現に着実に近づきつつある。

NEDO は、こうした太陽光発電を取り巻く状況の変化を踏まえ、今後実現する大量導入社会を支えるために必要となる課題を整理し、それらを解決するための技術的方策について検討を進め、新たな「太陽光発電開発戦略」としてとりまとめた。

本戦略の策定にあたっては、以下の点に留意した。

- (1) 太陽光発電の普及を進めるための戦略ではなく、太陽光発電普及後の社会を支える戦略として検討する。
- (2) 「発電コストの削減」だけでなく、太陽光発電の大量導入社会に必要な課題を包括的に検討する。
- (3) 我が国の太陽光発電産業の基盤強化の視点を盛り込む。

これらを踏まえ、今後の太陽光発電の発展に必要な課題として、5つの課題、すなわち「大量導入社会実現を支える4つの課題（発電コストの低減、信頼性向上、立地制約の解消、リサイクルシステムの確立）」と「産業競争力強化に必要な1つの課題（産業の高付加価値化）」を提示するとともに、それぞれの課題に対する対処方針を示した。

要点は以下のとおり。

【2020 年に業務用電力価格並の発電コスト達成】

大量導入社会での国民負担を軽減するため、業務用電力価格並の発電コスト 14 円/kWh 実現の見通しを得た。

⇒ ヘテロ接合技術やバックコンタクト技術を用いた結晶シリコン太陽電池の高効率化、大面積化、モジュール化、量産化技術の開発等により実現。

【2030 年に基幹電源並の発電コストへ】

究極の低発電コスト（従来火力発電並の発電コスト 7 円/kWh）を目指す。

⇒ 結晶シリコン太陽電池の性能向上・コスト低減追求、超高効率太陽電池の量産技術開発、真空や高温プロセスを要しない新たな太陽電池の実用化、システム効率向上、高信頼性モジュールの開発等により実現。

【新たな価値創造で世界をリード】

導入形態の多様化や新たな利用方法の開発によって、太陽光発電の裾野を拡大。2030 年の世界の太陽光発電市場を睨み、高付加価値産業（システム・サービス、新規用途）の開拓等、“世界で勝てる分野”を開発強化。

⇒ 着色、透明、フレキシブル等の意匠性、熱回収と発電のハイブリッド機能等の多機能化による太陽電池モジュールの付加価値や、独立電源利用時の配線コスト削減効果等の発電電力以外の経済価値創出、新たな低コスト設置技術の開発による導入先開拓や配電ビジネス等川下産業への展開等により実現。

発電コストの低減に向けて、太陽光発電設備の設置形態別（非住宅用システム、住宅用システム）の「発電コスト低減シナリオ」を以下に示す。

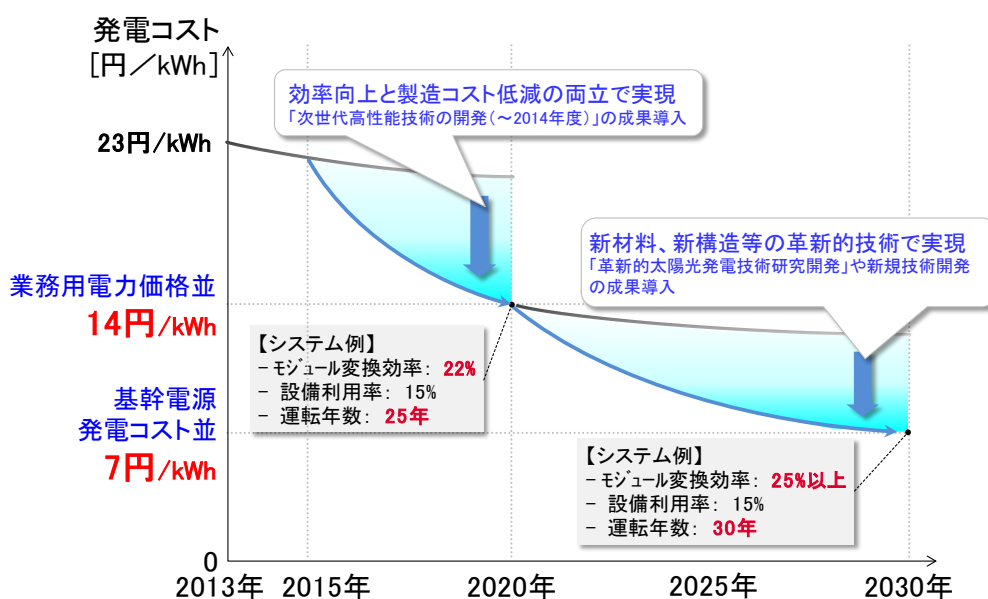


図 1-1 非住宅用システムの発電コスト目標と低減シナリオ

出典： NEDO 作成

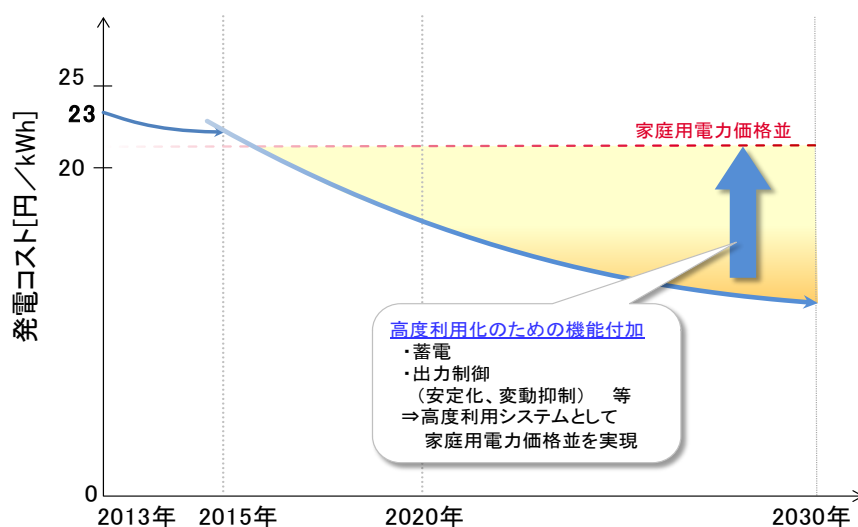


図 1-2 住宅用システムの発電コスト低減シナリオ

出典： NEDO 作成

II. 本論

1. 太陽光発電戦略の目的

NEDOは、太陽光発電の早期普及を目指す技術開発指針として太陽光発電ロードマップ（PV2030, PV2030+）を策定し、これに基づき太陽光発電に関する技術開発を行ってきたが、2009年のPV2030+策定以後、太陽電池モジュール価格の大幅下落、価格競争力を有する中国等の新興国の企業のシェア拡大等、太陽光発電をとりまく状況は大きく変化した。また、国内では固定価格買取制度の開始によって太陽光発電の導入が急激に加速し、我が国は、太陽光発電の大量導入社会の実現間近の状況にある。

本報告書では、こうした太陽光発電を取り巻く状況の急速な変化をふまえ、大量導入社会を着実に実現し、それを支えていくために必要となる課題を新たに抽出するとともに、主として技術的方策を示すことを目的に、それらを解決する新たな「太陽光発電開発戦略」を策定した。

なお、本戦略の策定にあたっては、以下の点に留意した。

- （1）太陽光発電の普及を進めるための戦略ではなく、太陽光発電普及後の社会を支える戦略として検討する。
- （2）「発電コストの削減」だけでなく、太陽光発電の大量導入社会に必要な課題を包括的に検討する。
- （3）我が国の太陽光発電産業の基盤強化の視点を盛り込む。

これらを踏まえ、今後の太陽光発電の発展に必要な課題として、5つの課題、すなわち「大量導入社会実現を支える4つの課題」と「産業競争力強化に必要な1つの課題」を提示するとともに、それぞれの課題に対する対処方針を示した。

2. 太陽光発電をめぐる環境の変化

本章のポイント

- (1) 導入量は順調に増加。市場の中心は欧州から中国、日本を中心とするアジア及びアメリカへ。
- (2) 中国、台湾などの新興国メーカーが製造設備への投資を進めた結果、需要を上回る製造能力が存在。価格競争が激化。
- (3) セル・モジュールメーカーの多くが、発電事業への展開を強化。新たな事業モデルが求められている。

本章では、近年の太陽光発電に関連する環境の変化について、太陽光発電の導入状況、太陽光発電産業の動向、太陽光発電の価格低下の要因分析等の観点からまとめた。

2. 1 太陽光発電の導入状況（世界）

太陽光発電の導入量は順調に増加してきた。図 2-1 に世界の主要国における太陽光発電の年間導入量の推移を示す。2012 年には欧州市場の後退もあって、成長率は伸び悩んだが、2013 年は中国や日本における導入が拡大し、同年における世界の導入量は 39GW を突破したと見られている。また、表 2-1 に示すように多くの国が太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギー導入に関する政策目標を掲げていることから、これらの国々での市場の成長が全世界的な導入量を引き続き伸ばしていくと見る報告は多い。

一方で、国別の導入量に着目すれば、導入量が急増、急減している国があることがわかる。これらの国は、固定価格買取制度によって導入量が急拡大し、買取価格の低下や制度見直しによる事業性低下によって導入量が減少した国である。すなわち、太陽光発電が未だ政策主導の市場となっていることを示している。

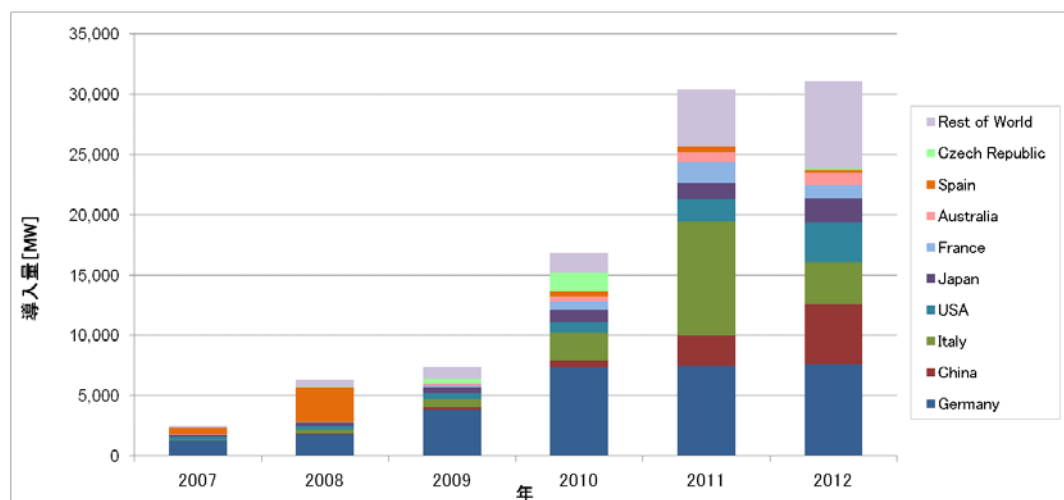


図 2-1 世界の太陽光発電の導入量推移

出典：2006～2010 年は、Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016 (2012,EPIA) , 2011～2012 年は、 Global Market Outlook for Photovoltaics 2013-2017 (2013,EPIA) をもとに NEDO 作成

表 2-1 再生可能エネルギー・太陽光発電の導入目標例

	再生可能エネルギー全体	太陽光発電
日本	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月）で、「これまでのエネルギー基本計画で示した水準を更に上回る水準の導入を目指し」としている。 「2030 年のエネルギー需給展望」（総合資源エネルギー調査会 需給部会、2005）において、2010 年の新エネルギーの対一次エネルギー供給比を、3.0%に引き上げる導入目標を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> 2008 年の福田ビジョンにおいて「2020 年までに現在の 10 倍、2030 年までに 40 倍」、2009 年の麻生総理（当時）スピーチにより、「2020 年までに現在の 20 倍」という目標を設定。
EU	<ul style="list-style-type: none"> 2007 年に、2020 年までに EU 全体の最終エネルギー消費量に占める再生可能エネルギーの割合を 20%とする戦略を決定。 2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、上記目標達成のための国別目標値を設定。 欧州連合加盟各国は国家再生可能エネルギー行動計画（NREAP）を提出 	<ul style="list-style-type: none"> 欧州再生可能エネルギー評議会は、左記指令の目標を達成するために必要な太陽光発電導入量を、2010 年に 20TWh、2020 年には 180TWh と試算。 欧州エネルギー技術戦略計画（SET-Plan）において、2020 年までに EU の電力消費量の 12%を太陽光発電でまかなう目標を設定。 NREAP による 2020 年の導入目標は 80GW。
米国	<ul style="list-style-type: none"> 多くの州で、電力部門における再生可能エネルギー利用義務制度（RPS）を策定。オバマ大統領は、2025 年までに 25%導入という連邦 RPS 制度を提案。 オバマ大統領は「New Energy for America」で再生可能エネルギー由来の電力量割合を、2012 年に 12%、2025 年に 25%とする目標を発表。 	<ul style="list-style-type: none"> RPS について、16 の州が太陽光発電でまかなうべき電力の割合を規定。
中国	<ul style="list-style-type: none"> 第 12 次 5 ヶ年計画において、2015 年までにエネルギー消費量に占める新エネルギーの割合を 9.5%にするという導入目標を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 2013 年に国家能源局は、太陽光発電の発電設備容量を 2015 年までに 35GW、2020 年までに 100GW を目標として設定すると発表。
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 政府発表によると、一次供給エネルギーに占める再生可能エネルギーの比率を 2015 年に 4.3%、2020 年に 6.1%、2030 年に 11%を目標として設定。 2012 年より、政府が発電事業者に対して総発電量の一定比率を再生可能エネルギーで供給することを義務付ける制度(RPS)を導入。 	<ul style="list-style-type: none"> RPS 制度の中で、太陽光発電については、2012～2015 年の 4 年間で 1.2GW の導入が義務付けられている。
インド	<ul style="list-style-type: none"> 各州において、RPS 制度を実施。 “National Action Plan for Climate Change(NAPCC)”において、再生可能エネルギー由来の電力購入義務を 2020 年に 15%と設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 2009 年 11 月に“National Solar Mission”を発表。2022 年までに系統連系型太陽エネルギー利用の発電設備を 20GW 導入する目標を設定。
中東	<ul style="list-style-type: none"> UAE は 2020 年までに再生可能エネルギーによる発電の割合を 7%とする目標。 チュニジアは「チュニジア・ソーラー・プラン」において、総発電容量に占める再生可能エネルギーの割合を 2016 年に 16%、2030 年に 40%と目標設定。 	<ul style="list-style-type: none"> UAE では太陽光発電のみの目標値はないが、左記目標は主に太陽エネルギーにより達成される見込み。 「チュニジア・ソーラー・プラン」において、2016 年までに合計 40MW の太陽光発電プロジェクトが計画されている。
東南アジア	<ul style="list-style-type: none"> タイは「AEDP 2012-2021」において、2021 年までにエネルギー消費量に占める再生可能エネルギー（NGV 含む）の割合を 25%とする目標を設定。 マレーシアは、国家再生可能エネルギー政策・アクションプランにおいて、再生可能エネルギーの発電容量を 2020 年までに 2,065MW、2030 年までに 3,484MW にする目標を掲げている。 	<ul style="list-style-type: none"> タイは左記計画において、太陽光発電の導入目標を 2021 年までに 2GW と設定。 マレーシアは左記計画において、太陽光発電の発電容量を 2020 年までに 175MW、2030 年までに 854MW にする目標を掲げている。
豪州	<ul style="list-style-type: none"> 電力供給量の 20%を、2020 年までに再生可能エネルギーから調達するという目標（Renewable Energy Target = RET）を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> 左記目標達成に向けて、太陽光発電と太陽熱発電の合計で 1,000MWh の発電量を目標にした ソーラー・フラッグシップ・プログラムを実施。

出典：“Technology Roadmap Solar photovoltaic energy”（2010, IEA）、Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC、“Renewable Energy Technology Roadmap 20% by 2020”（2008, EREC）、DSIRE ホームページ（<http://www.dsireusa.org/>）、“New Energy for America”（2009, Barack Obama and Joe Biden）、海外電力（2008 年 10 月号、2010 年 3 月号、海外電力調査会）“Annual Report2013”（IEA-PVPS）、“National Action Plan On Climate Change”（2008,インド政府）、“Jawaharlal Nehru National Solar Mission”（2009, インド政府）、UAE Yearbook 2010、“Tunisian Solar Plan”（2010,STEG）、“AEDP 2012-2021”（タイ王国エネルギー省・代エネ・効エネ局(DEDE)）、“Renewable Energy Development in Malaysia”（2011, Waste Management Conference 2011 マレーシア政府資料）、オーストラリア貿易促進庁ホームページ、“PV IN AUSTRALIA 2011”（2012, ASI）,PVPS Annual Report 2011

2. 2 太陽光発電の導入状況（国内）

2013 年度末までの国内導入量を図 2-2 に、2012 年の固定価格買取制度の開始の前後における導入量を表 2-2 に示す。

まず、固定価格買取制度開始前では、2006 年の住宅用補助金の終了により一時ペースダウンするものの、2009 年の補助金再開の効果もあって、導入量は増加傾向にあったといえる。その内訳は、多くが住宅用であり、非住宅用システムの導入割合が 1~2 割程度であった。

一方、固定価格買取制度開始後は、急速に導入量が増えており、制度開始後 2 年足らずの 2013 年度末までに 8.7GW もの設備が導入、稼働した。このうち、約 74%が非住宅用システムとなっており、制度開始前までと大きく異なる構成を示している。これは、発電事業を意図した中大規模設備導入が急速に拡大したことが大きな要因として挙げられる。また、住宅用システムについては、構成比としては低下したものの、導入量としては堅調な導入が進んでいると見ることができる。

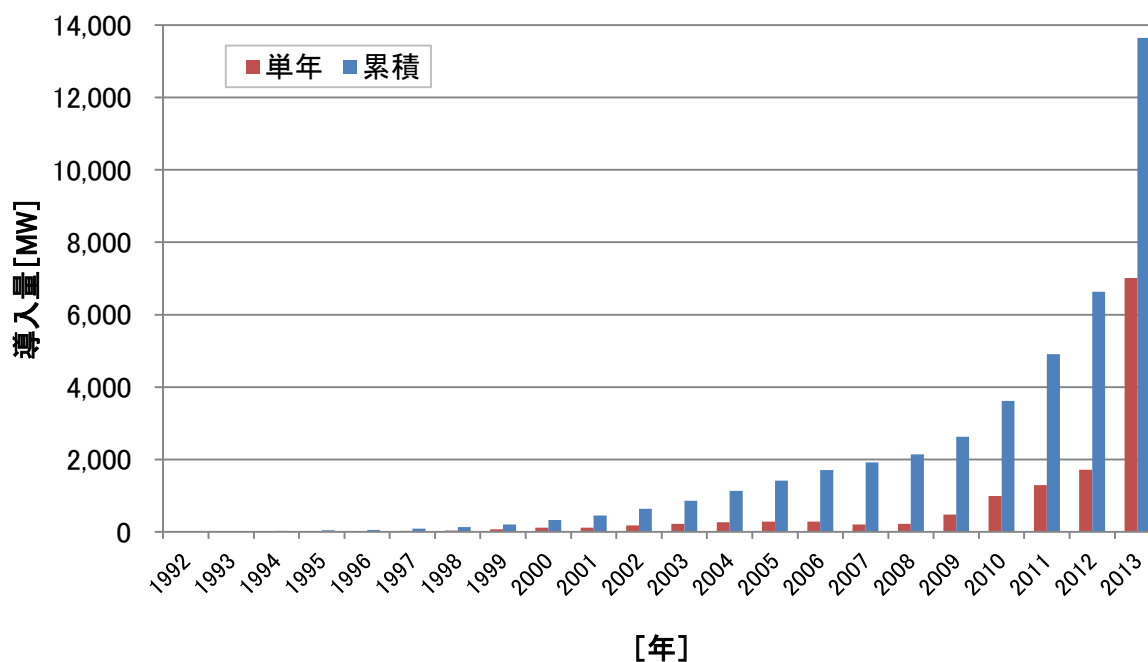


図 2-2 日本における太陽光発電の導入推移（累積・単年）

出典：IEA PVPS, Trends in photovoltaic applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2012(2013/11)及び PVPS Report Snapshot of Global PV 1992-2013(2014/3)をもとに NEDO 作成

表 2-2 再生可能エネルギー発電設備の導入状況について（2014年3月末時点）

再生可能エネルギー発電設備の種類	設備導入量（運転を開始したもの）			認定容量
	固定価格買取制度導入前	固定価格買取制度導入後		固定価格買取制度導入後
	平成24年6月末までの累積導入量	平成24年度の導入量（7月～3月末）	平成25年度の導入量	平成24年7月～平成26年3月末
太陽光（住宅）	約470万kW	96.9万kW	130.7万kW	268.8万kW
太陽光（非住宅）	約90万kW	70.4万kW	573.5万kW	6,303.8万kW
風力	約260万kW	6.3万kW	4.7万kW	104.0万kW
中小水力	約960万kW	0.2万kW	0.4万kW	29.8万kW
バイオマス	約230万kW	3.0万kW	9.2万kW	156.5万kW
地熱	約50万kW	0.1万kW	0万kW	1.4万kW
合計	約2,060万kW	176.9万kW	718.5万kW	6,864.2万kW (1,199,482件)
		895.4万kW (619,701件)		

出典：資源エネルギー庁 HP(http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi/201403setsubi.pdf)

2.3 太陽光発電の産業動向（生産）

（1）太陽電池生産地の変化

太陽光発電の世界市場は、かつて日系太陽電池メーカーが大きなシェアを占めていた。2006年までシャープが世界第一位の生産量（発電容量ベース）を誇り、一時はシャープの他、京セラ、パナソニック、三菱電機を含めて、上位5社のうち4社を日本勢が占める等、非常に高いシェアを有していたが、コスト競争力を持つ中国・台湾勢が大きくシェアを伸ばし、2009年になるとトップ10に入る企業は2社となり日本企業のシェアは10%、2012年には日本企業はトップ10から姿を消し、シェアも6%にとどまった。太陽電池セル生産量地域別シェアの推移を図2-3に示す。

日系太陽電池メーカーが世界シェアを落とした理由には様々なものがある。

2000年代半ばには、シリコン原料調達が大きな要因となった。当時、世界的な太陽電池需要の拡大と、半導体需要の拡大が重なった結果、シリコン原料の価格が大きく上昇するとともに、シリコン原料の需給が逼迫し、各太陽電池メーカーはシリコンの長期購入契約を行うことで素材の長期的な安定調達に動き、シリコン原料を確保し、生産規模拡大を行ったメーカーがシェアを伸ばした。結果としてQ-cells（独）が首位となった。

また、2008年前後から、当時需要が伸びていた欧州市場を狙って、中国・台湾系太陽電池メーカーが設備投資を積極的に行う一方、日系や欧州系太陽電池メーカーは出遅れたため、世界の生産量の大半を中国・台湾系太陽電池メーカーが占める状況となった。2013年現在、ヨーロッパ市場の需要が減退しつつあるが、中国・台湾系太陽電池メーカーは、米国・日本など需要が伸びつつある国々への輸出を積極的に行うと同時に、中国国内での太陽光発電の導入を進めている。

このように新たな太陽電池メーカーが急速に台頭した背景には、太陽電池製造装置産業のビジネスモデルも関係する。主流である結晶シリコン太陽電池は、高効率、高信頼性が競争力を得る重要な差別化要素であり、太陽電池メーカーはこれらの技術開発を競っているが、欧米の太陽電池製造

装置メーカーがこれらの改善技術を吸収し、ターンキー製造装置として供給しているため、特段の先進技術開発実績がない新規参入企業であっても最新生産ラインを調達でき、ある程度の性能（品質）の製品を生産できる状況となっている。

ところで、2013年は日本国内市場活況の影響もあり、日本メーカーの出荷量は大きく伸び、シェアも若干回復した。このモジュール出荷量の急増は海外メーカーへの生産委託によって支えられた面もあるが、それが実現できた要因の一つに、上記最新生産ラインを有する海外企業の存在があったことは否定できない。一方で、海外企業に生産委託せずに出荷量、シェアを伸ばした日本企業もある。このことは、太陽電池セル・モジュール製造においても、国内の生産を維持しつつ、競争力を向上させることが可能であることを示唆している。

上記のいずれの企業においても、高い技術力があつたからこそ、生産委託先企業の見極め、自社製品の競争力強化に成功したとしており、技術開発に力を入れていることに留意すべきである。

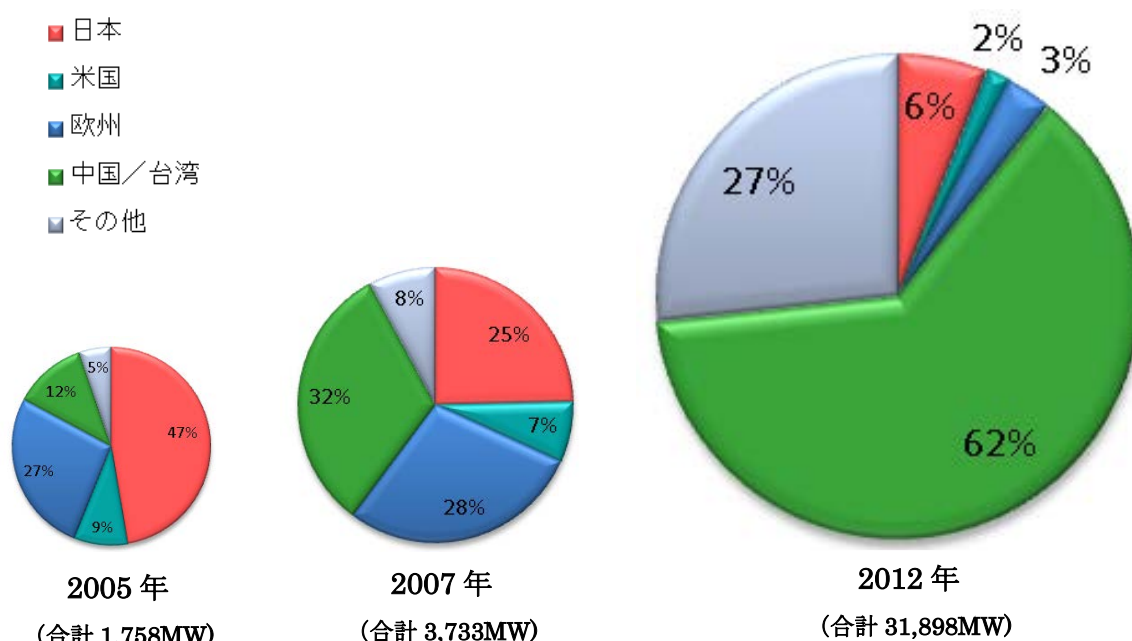


図 2-3 太陽電池セル生産量地域別シェアの推移

出典： PV News Volume 25, Number 4, April 2006、Volume 29, Number 5, May 2010、Volume 30, Number 5, May 2011 をもとに NEDO 作成

(2) 国内における海外製品シェアの変化

太陽電池セル・モジュールの国内出荷量と割合の推移を図 2-4 及び図 2-5 に示す。2011 年後半以降の輸入製品の割合が上昇し、輸出向け出荷の割合が低下している。これは、固定価格買取制度による太陽電池モジュールの急激な需要増加により輸入が増加したものと考えられる。海外メーカーが国内市場へ参入が増加してきたことで、国内においても競争が激化してきているといえる。図 2-6 に国内の太陽電池モジュール出荷量に占める日本企業のシェアを示す。

一方、輸入品の中には、日本のモジュールメーカーが海外の生産拠点から調達しているものや、

日本のメーカーが生産委託しているものも含まれており、全てが海外メーカーブランドの太陽電池モジュールというわけではないことにも留意しなければならない。図 2-7 にパネルの出荷量に占める国内生産のシェアを示す。

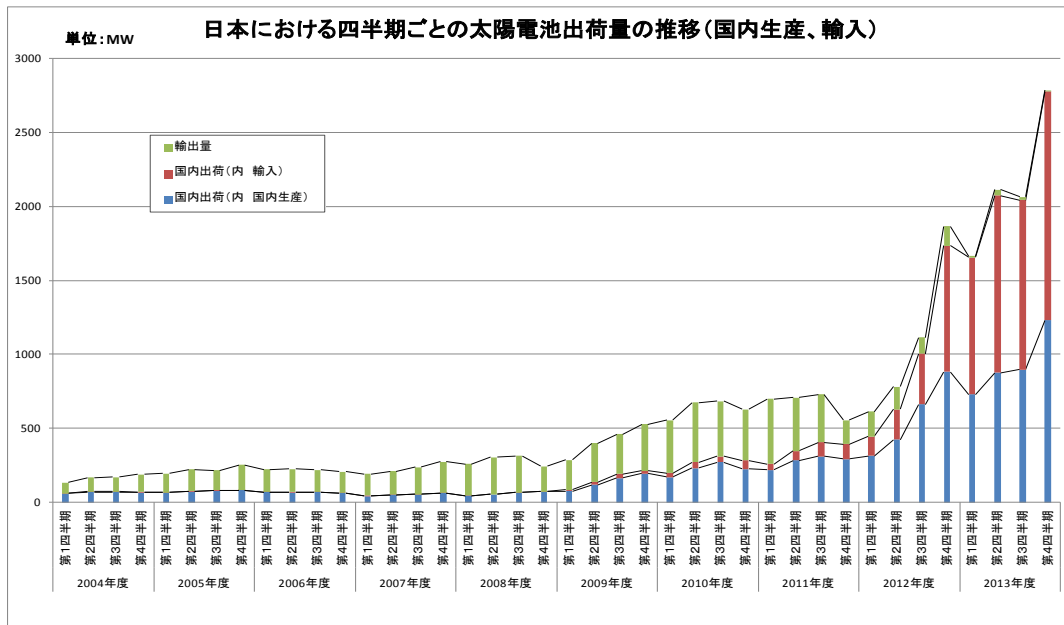


図 2-4 日本における四半期ごとの太陽電池出荷量の推移 (2013 年度第 4 四半期まで)

出典：太陽光発電協会の出荷統計をもとに NEDO 作成

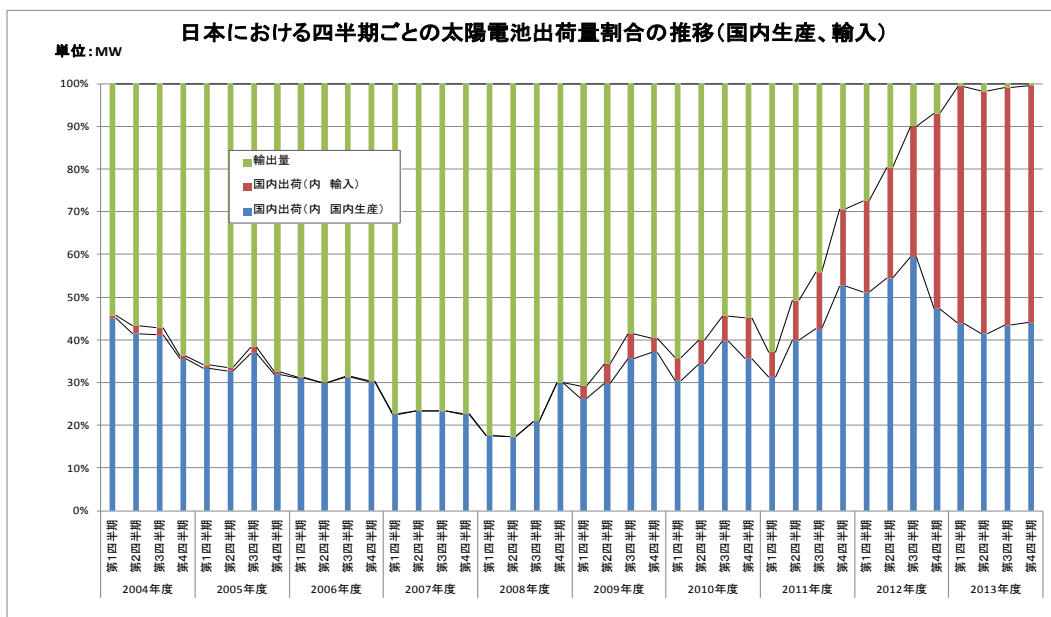


図 2-5 日本における四半期ごとの太陽電池出荷割合の推移 (2013 年度第 4 四半期まで)

出典：太陽光発電協会の出荷統計をもとに NEDO 作成

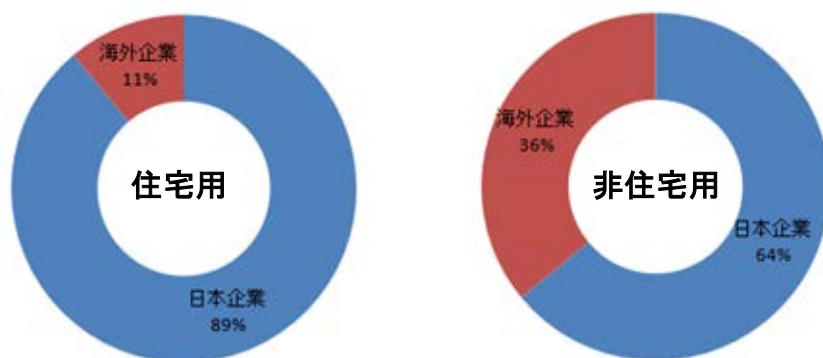


図 2-6 パネルの出荷量に占める日本企業のシェア（平成 26 年 1-3 月期）※容量ベース

出典： 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会（第 1 回）資料 3

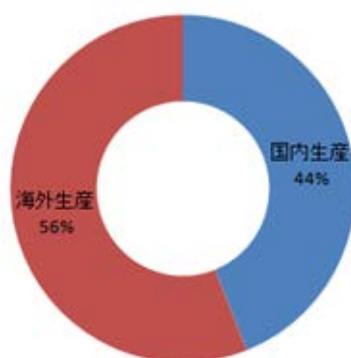


図 2-7 パネルの出荷量に占める国内生産のシェア（平成 26 年 1-3 月期）※容量ベース

出典： 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会（第 1 回）資料 3

2. 4 太陽光発電の価格動向

近年、太陽光発電のシステム単価（※）は全世界的に低下を続けている。主要国における太陽光発電システム単価の推移を図 2-8 に示す。これは太陽電池モジュールについても同様で、図 2-9 に示すように各国において価格下落傾向が見られ、特に 2008 年前後からの急激な下落が確認できる。

図 2-10 は日本における住宅用太陽光発電システムの価格推移及び大まかな内訳である。これによると、システム単価の低減は、機器類の価格低減に起因するところが多い。なお、システム単価で大きな割合を占める太陽電池価格の低減は絶対値としての下落幅が大きいことから、この背景について述べておく。

※ ここでいう「システム単価」とは、「太陽電池モジュール」、BOS（Balance of System）と呼ばれる「インバータ」「その他周辺機器」、ならびに「設置に係る工事費」で構成される「システム価格」と同義である。

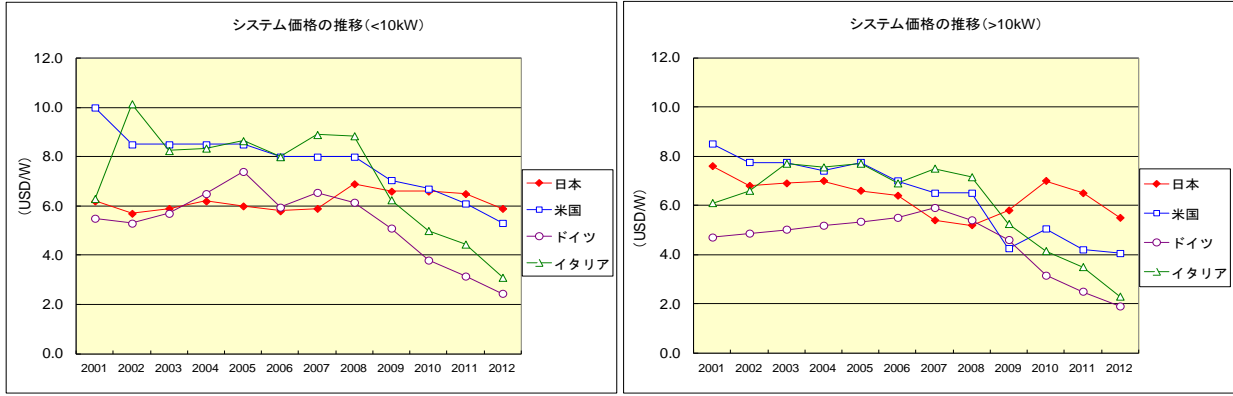


図 2-8 主要国の太陽光発電システム単価 (万円/kW)

出典： IEA PVPS Trends Report をもとにみずほ情報総研 (株) 作成

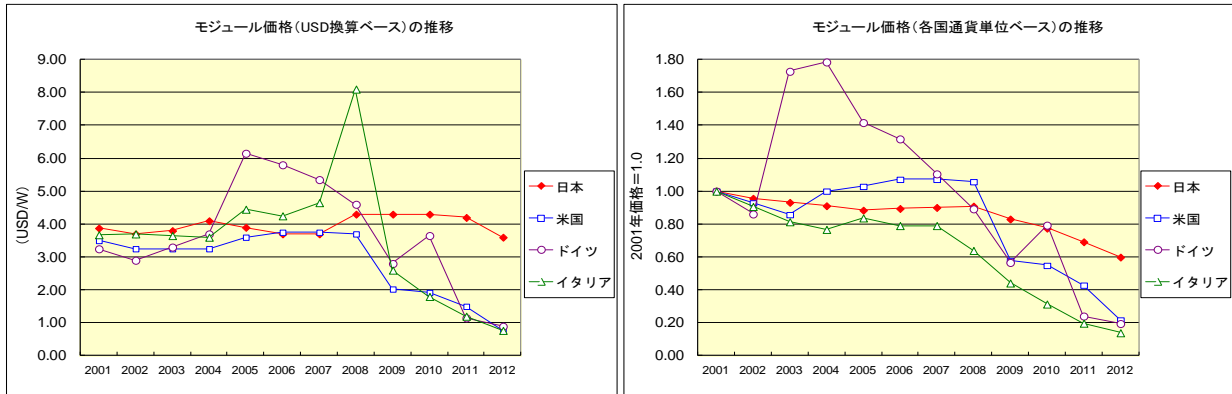


図 2-9 主要国の太陽電池モジュール単価 (万円/kW)

出典： IEA PVPS Trends Report をもとにみずほ情報総研 (株) 作成

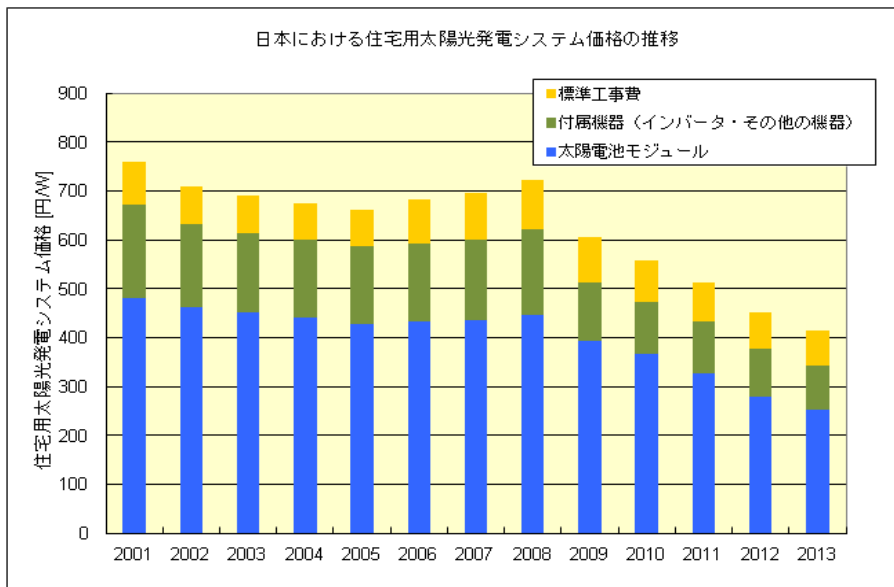


図 2-10 日本の住宅用太陽光発電システム平均単価

出典： (株) 資源総合システム「太陽光発電マーケット 2014」をもとにみずほ情報総研 (株) 作成

太陽電池の価格低下の主な原因は、主流である結晶シリコン太陽電池の価格低下である。さらに、結晶シリコン太陽電池の価格が低下した主な理由としては、「シリコン原料価格の低下」と「太陽電池モジュールの世界的生産容量増加による供給過剰」が挙げられる。

シリコン原料価格の推移を図 2-11 に示す。また、その需給バランスと価格の推移について表 2-3 にまとめた。2005 年から 2008 年頃までは、欧州を中心に進められる導入補助政策により需要が拡大すると見通しから、シリコン原料製造設備および太陽電池製造設備が増強されたが、需要の伸び悩みにより供給量が過剰となり、2009 年にはシリコン原料と太陽電池モジュールの価格が急落した。その後、需要の立ち直りによって一時価格下落は減速したものの、需要回復は予想より小さく、供給過剰状態となり価格は漸減した。

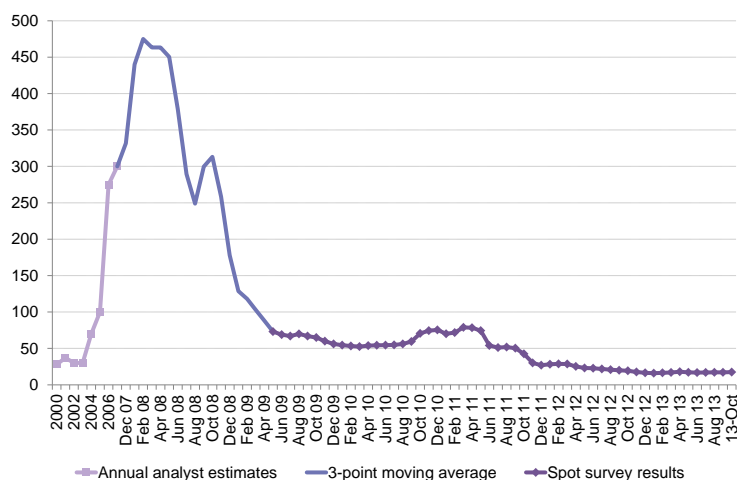


図 2-11 シリコン原料の価格推移 (\$/kg)

出典：Bloomberg “Solar spot price Index, October 2013”

表 2-3 シリコン原料の需給バランスと価格の推移

年	需給バランス	価格	概要
2005～2008	需要 > 供給	↑	シリコン原料不足によりスポット価格が高騰。長期売買契約における取引価格も徐々に上昇。
2009	需要 < 供給	↓	シリコン製造設備の増強、シリコン原料の需要低下（リーマンショック等による不況）により供給過剰に。スポット価格が暴落。長期売買契約価格とスポット価格が同水準となる。
2010	需要 = 供給	→	需要が立ち直りを見せ始め、需給バランスが改善したことで価格下落が減速。
2011	需要 < 供給	↓	需要増加の予想により一時的に価格がやや上昇したものの、予想より需要は少なく供給過剰となり、スポット価格が下落。スポット価格との価格差が広がる長期売買契約については価格の見直しが行われるが、その間もスポット価格は継続的に下落。

出典：NEDO 作成

なお、この過剰な価格競争は、企業経営にも悪影響を及ぼしている。セル、モジュール生産量上位の企業においても利益を得にくい状況であり、価格競争に耐えうるコスト低減技術の開発はもちろん、差別化技術・製品の開発が期待されている。また、セル、モジュール生産のみならず、利益を得る機会を得やすい発電事業等、川下の産業に進出する企業も見られる。

2013 年は、若干の価格回復の兆しがあるとの指摘もあるが、図 2-12 に示すとおり、供給過剰の状態はしばらく続き、引き続き現状の価格水準で推移するものと見込まれる。

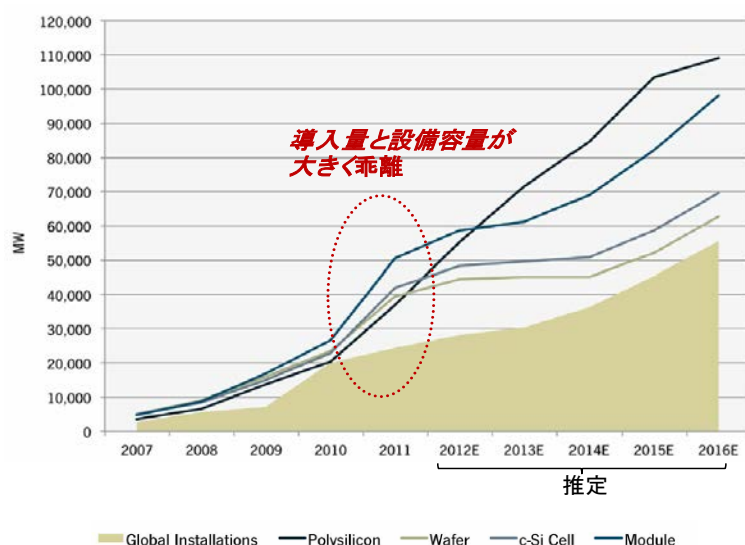


図 2-12 導入容量と工程別製造装置容量の比較

出典： GTM Research “PV TECHNOLOGY, PRODUCTION AND COST OUTLOOK: 2012-2016”

2. 5 太陽光発電における産業構造の変化

図 2-13 は、シリコン原料から BOS に至るまで、機器製造に関するバリューチェーンを示したものである。セル生産、モジュール生産に関するフェーズでは特に事業収益が低く赤字となっているが、これは供給過剰における競争激化により太陽電池モジュールの価格が下落し、事業悪化に至っているためと考えられる。また、事業性改善のため、利益を得る機会を得やすい発電事業に進出する企業も見られる。

国内では、2012 年 7 月の固定価格買取制度開始によって、10kW 以上の非住宅分野において全量売電が可能となり、太陽光発電事業という産業が国内にも創出され、重電メーカー、建設会社、ガス事業者、通信会社等、様々な業種の企業が参入している。また、固定価格買取制度による売電収入を収益源とした発電事業プロジェクトを実施する特定目的会社の設立も増加している。

さらに、太陽光発電事業者を支援するための産業も成長している。具体的には、メガソーラー等の大規模な太陽光発電所の設計から調達、施工までを実施する EPC 等の施工事業の拡大、最終ユーザーにとっての「商品」としての発電電力を維持管理するための O&M (Operation & Maintenance) 事業等である。その他、メガソーラー事業に関するプロジェクト開発やファイナンス等の役割を持つ商社、金融、コンサルティング等も新しい事業を広げている。

図 2-14 に太陽光発電の費用構造、図 2-15 に FIT 導入によるバリューチェーンの変化を示す。

以下に、バリューチェーンの変化で大きく影響があった、(太陽電池モジュール市場からみて) 川下市場である「発電事業」「施工」および「発電支援」に関する市場についてその概況を整理した。

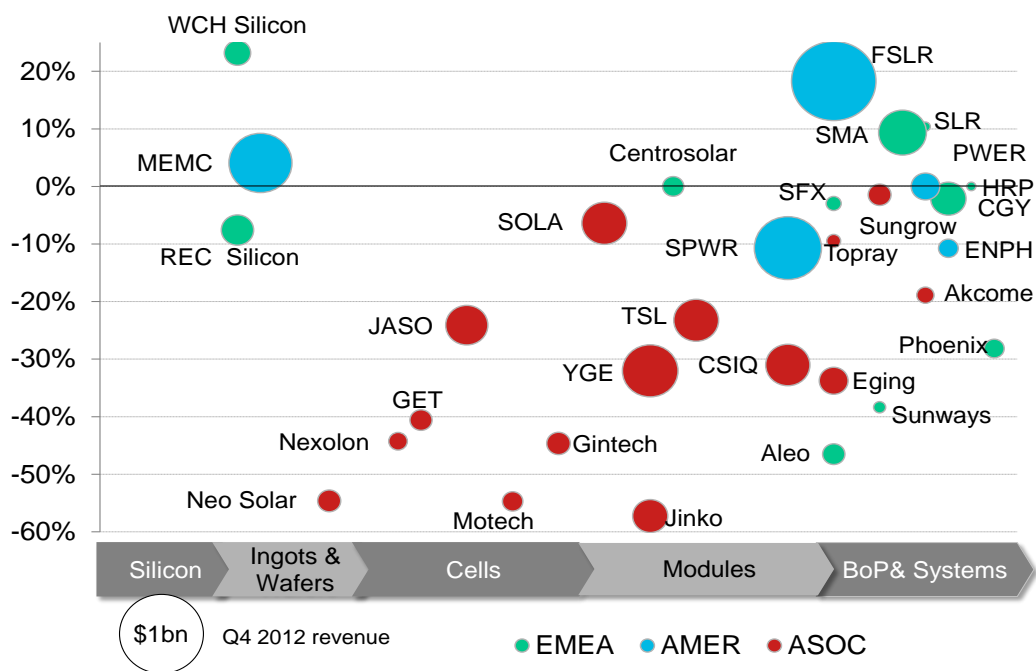


図 2-13 2012 年第 4 四半期における製造業者の EBIT (Earnings before Interests and Taxes)

出典： Bloomberg “PV MARKET OUTLOOK, Q2 2013”

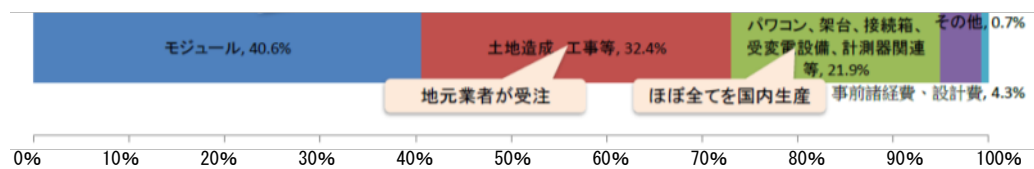


図 2-14 太陽光発電の費用構造 (2MW 級)

出典： 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会 (第 1 回) 資料 3

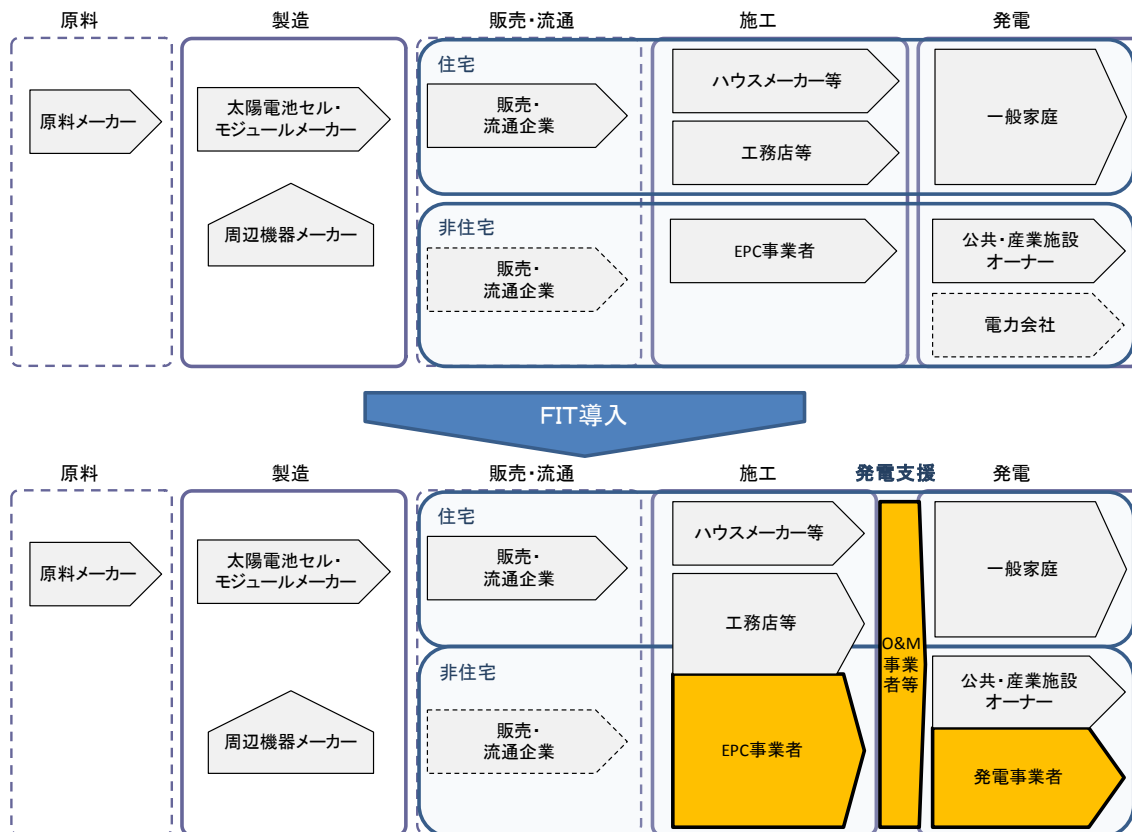


図 2-15 太陽光発電市場におけるバリューチェーンの変化

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014年2月）

（1）発電事業市場

発電事業市場では FiT 以降、従来の電力会社以外に様々な事業者が参入し、多くのプロジェクトが開発されている。

2012年7月の FiT 開始後の太陽光発電の認定設備容量の累積量を図 2-17 に示す。2014年3月末までの合計認定設備容量 65GW のうち、一般的にメガソーラーと区分される 1MW 以上の非住宅が 37GW と、認定設備容量の増加を牽引していることがわかる。

ただし、資源エネルギー庁は、2012年度に固定価格買取制度の認定を受けた中・大規模（400kW 以上）の設備のうち、認定から 10ヶ月以上経過した 2014年1月末の時点でも運転開始済の設備は 22%であったと 2014年2月に発表している。

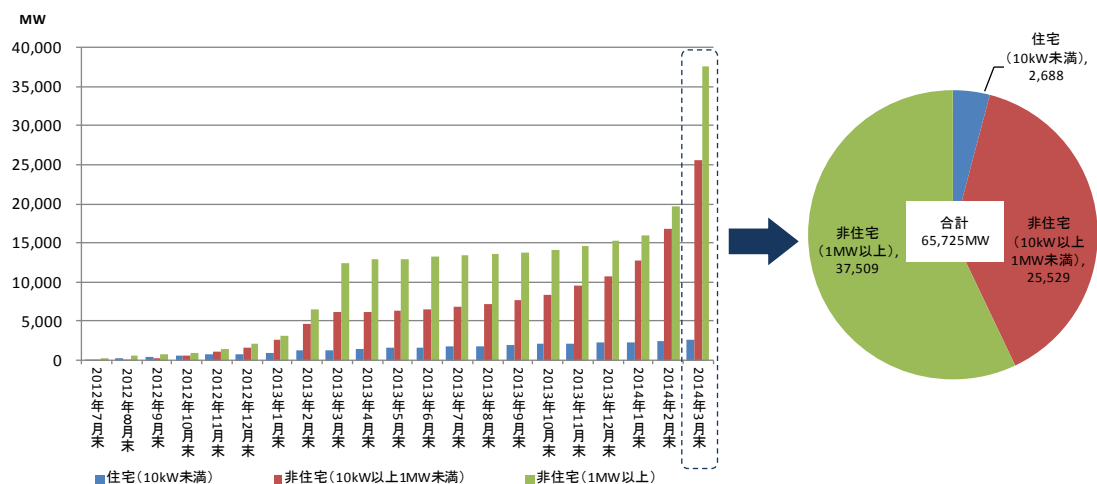


図 2-16 固定価格買取制度による太陽光発電設備認定状況 (各月末までの累積量 (MW))

出典： 資源エネルギー庁 HP

(http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi/201403setsubi.pdf) をもとに NEDO 作成

(2) 施工市場

施工市場でも、発電事業市場の構築に影響を受けて大きな変化がある。本項では、FiT 導入前の 2009 年度と、FiT 導入後の 2012 年度の施工市場の状況について比較した。図 2-17 に示すように住宅、非住宅分野共に、FiT 後の導入量は大きく伸びており、それと共に施工市場への参入企業も増加している。

主な施工企業のシェアを図 2-18 に示す。住宅では、多くの参入企業があり、各社のシェアが相対的に低減傾向にある。

非住宅についても参入企業が増加しており、各企業のシェアが低くなる傾向がある一方、大規模なメガソーラー案件などを積極的に受注し、市場拡大とともにシェアも拡大している企業も存在する。

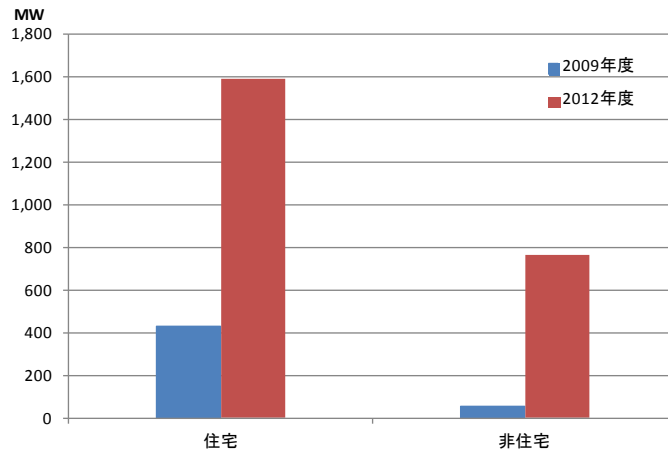


図 2-17 太陽光発電システム導入量推移

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014年2月）

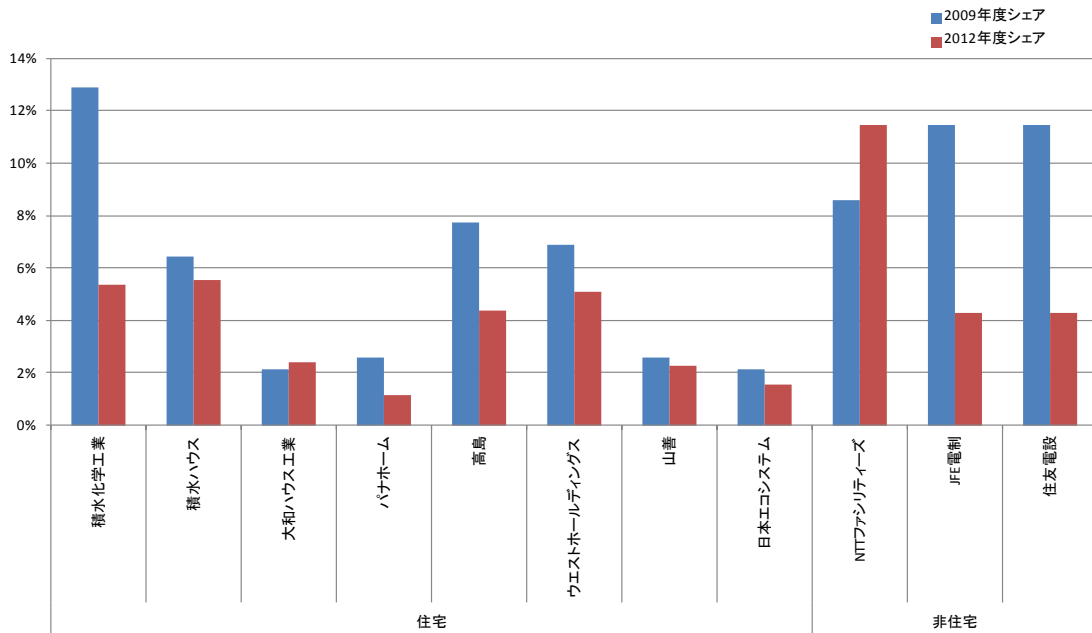


図 2-18 主な施工企業シェア変化

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014年2月）

施工市場への主な参入企業を表 2-4 に示す。FiT 以降、様々な企業が参入しているが、いずれも現時点では、国内資本の企業が中心となっている。

具体的には、非住宅用では、メガソーラー等、大規模案件のプレイヤー層が広がり、従来の重電メーカー、電力系サブコンに加え、エンジニアリング企業、建設会社などが参入している。また、非住宅の低圧案件には、工務店やリフォーム業者等、住宅用市場からの参入企業も見られる。

住宅用では、国内ハウスメーカーの他、数多くの中小地場工務店等が、市場拡大へ対応している。

表 2-4 太陽光発電施工市場への参入企業例

	業種	主な企業例
非住宅	モジュールメーカー	シャープ、京セラ、三菱電機
	エンジニアリング企業	住友電設、JFE 電制、NTT ファシリティーズ、パナソニック環境エンジニアリング、テス・エンジニアリング、東芝プラントシステム等
	電力系サブコン	関電工（東京電力）、きんでん（関西電力）、トーエネック（中部電力）、九電工（九州電力）、中電工（中国電力）、四電工（四国電力）等
	建設会社	鹿島建設、竹中工務店、清水建設、大林組、大成建設、西松建設、前田建設工業等
	重電メーカー	東芝、日立製作所、富士電機、日新電機、明電舎、荏原電産等
	その他、 地場施工業者・住宅系等	シャープ・エネルギー・ソリューション、ウエストホールディングス、エクソル、新出光、新興マタイ、日本エコシステム/日本ソーラーパワー、ネクストエナジー・アンド・リソース、山善、大和ハウス工業等
住宅	ハウスメーカー	積水化学工業、積水ハウス、大和ハウス工業、ミサワホーム、パナホーム等
	その他	ウエストホールディングス、高島、エクソル、山善、長府工産、新興マタイ/鈴与商事、日本エコシステム、サニックス、大阪ガス、その他中小地場工務店等多数

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014年2月）

（3）発電事業支援市場

発電事業を支援するための、O&M 事業等の新しい市場が生まれている。O&M は、大きく2つに分けられる。1つ目は、電気事業法等の法律を遵守するための安全に関わる保守管理業務を実施するためのサービス、2つ目は、発電事業を収益事業として成立させるための継続した発電能力の維持や、的確な発電量の予測などの太陽光発電の性能維持に関わるサービスである。

1つ目の例としては、電気保安協会などの事業がある。国内では、50kW 以上の太陽光発電設備には保安管理を行う電気主任技術者の設置が義務付けられているが、そのうち、2,000kW 未満の太陽光発電設備については、電気保安協会などの特定の事業者には保安管理を外部委託することが可能となっている。これらの外部委託件数は図 2-19 に示すように、メガソーラーの拡大と共に、大きく増加しており、2012 年度末から、半年間で出力ベースにして約 2.7 倍に急増している。

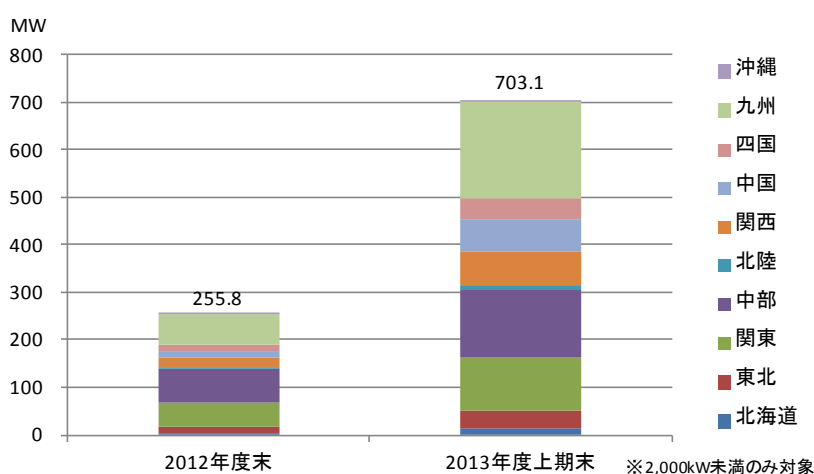


図 2-19 電気保安協会の太陽光発電設備保安管理「外部委託」受託数（出力）

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014年2月）

また、発電事業は電力を商品として販売する事業であり、継続した発電能力の維持や、障害の回避、的確な発電量の予測などが重要な課題になると考えられる。これらの課題へ対応する O&M やモニタリング等の事業分野も今後バリューチェーンの重要な位置を占めるものと予想される。

例えば、米国 First Solar は表 2-5 に示すような O&M サービスを実施している。

これら O&M 市場の年間ポテンシャルを試算した結果を図 2-20 に示す。O&M 市場は太陽光発電システム累積導入量に比例する市場であり、導入累積量が大きくなる 2030 年における規模は非常に大きいものとなる。また、太陽光発電システムの販売モデルと異なり、契約期間に亘って継続的に収入が見込まれる安定した市場となり得る。

特に非住宅では、住宅に比較すると、システム全体のうち O&M にかかる費用が高いことから、非常に大きな市場になっており、今後の太陽光発電産業のうち重要な市場の 1 つを占めるようになると考えられる。

表 2-5 First Solar の O&M サービスメニュー

分類	内容
オペレーションサービス	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 24×7 プラントモニタリング ✓ 24×7 アラーム通知 ✓ ユーティリティインターフェース ,NERC/FERC レポート ✓ 月間パフォーマンスレポート ✓ PlantView ウェブポータル
メンテナンスサービス	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 予防的保全 ✓ 保証管理 ✓ 年間運営計画、レポート ✓ 事後保全
パフォーマンスエンジニアリング	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ADvise ウェブポータル ✓ 週間パフォーマンスエンジニアリングレビュー ✓ DC ヘルスパフォーマンス推奨 ✓ 月間パフォーマンスレポート
アセットマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 利用可能性保証 ✓ 生涯資産メンテナンス/マネジメント ✓ 予備部品調達&マネジメント ✓ 天候&発電予測

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」（2014 年 2 月）

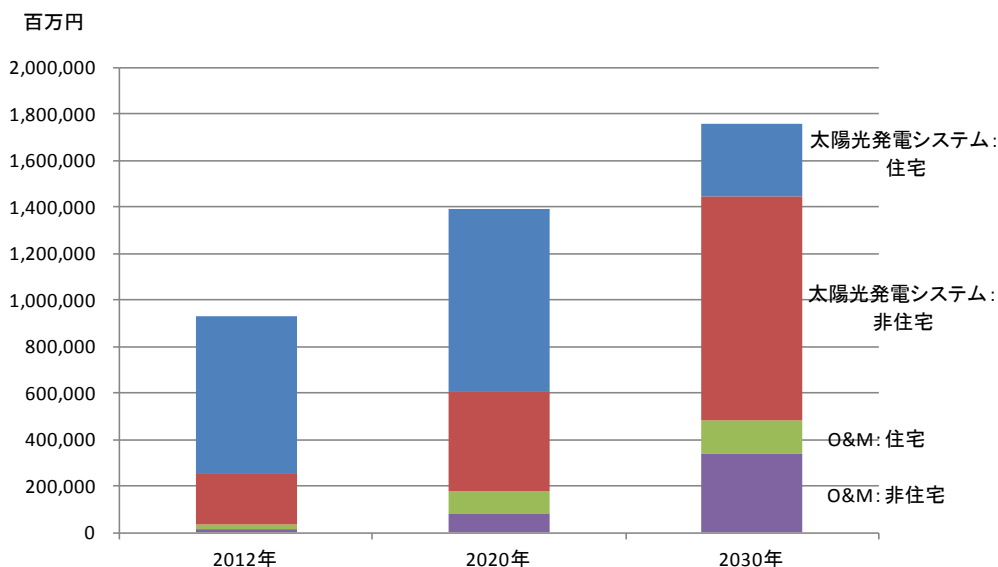


図 2-20 国内 O&M 市場規模試算 (年間ポテンシャル)

出典： NEDO 成果報告書「太陽光発電における産業構造等に関する分析」(2014年2月)

2. 6 太陽光発電の発電コスト

(1) 太陽光発電における事業性の追求と発電コスト算出方法の変化

発電コストの算出方法等は、用いられる費目やその条件、算出方針等によって様々である。そこで、固定価格買取制度の買取価格算定や、海外のロードマップなどで発電コスト算定に用いられている情報を表 2-6 に整理した。

PV2030 及び PV2030+では、発電コストの算出式を具体的に示しておらず、算出の考え方がいくつか示されているが、基本的には、初期費用であるシステム単価と、期待される発電電力量から発電コストを試算する方法を取っていた。今回の発電コスト算出においては、太陽光発電システムの導入が進展してきた今日の実態に則した考え方で算出すべきとの見地から、より多くの費用も考慮して算出することとした。今回の試算で用いた発電コストの算出式を式 2-1 に、用いた諸元を表 2-7 に示す。

本報告書では、発電コストの算出にあたり、原則として我が国の固定価格買取制度の「買取価格」を決定している調達価格等算定委員会で提示されている値を諸元として使用し、適宜コスト等検証委員会の情報で補完をした。また、「発電コスト」の算出が目的であるため、当該委員会において想定されている発電事業における利潤検討の条件 (IRR (内部収益率)) は考慮せず、かわりに割引率を設定する等、一部調整を行った。

これらは、具体的な発電コスト算出方法の一例であり、背景となる各種制度の変更等も想定されるため、この考え方は適宜更新が必要であることに留意しなければならない。

表 2-6 発電コスト算出の入力項目に関する比較

		今回の算出方法		国内				(参考) 海外のロードマップ			
				PV2030+ (2009)	コスト等検証 委員会 (2011)		調達価格等 算定委員会 (2012~)		IEA PV Technology roadmap (2010)	A Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology (2011)	SunShot Vision Study (2012)
					非住宅 (10kW 以上)	住宅 (10kW 未満)	メガ ソーラー	住宅			
考慮する項目	前提	運転年数	●	●	●	●	●	●	●	●	
		割引率	●	●	●		●	●	●	●	
		IRR					●				
		法定耐用年数	●		●	●					
		固定資産税	●		●	●					
		法人事業税					●				
	建設費	システム単価	●	●	●	●	●	●	●	●	
		系統接続費	●				●				
		土地造成費	●				●				
	年間経費	運転維持費	●		●	●	(システム価格の1%/年)	(システム価格の1%/年)	(PCS使用年数、交換費用も考慮)		
	収益	年間発電量(算出根拠)	● (設備利用率)	● (設備利用率)	● (設備利用率)	● (設備利用率)	● (システム出力係数&日射量)	● (システム出力係数&日射量)	● (システム出力係数&日射量)		
		出力劣化率							●		
撤去費用	廃棄処理費	●		●	●						
備考			考え方の提示のみ。算出はしていない。			コストではなく買取価格を算定しているためIRRを考慮。					

出典： NEDO 作成

式 2-1 発電コスト算定式

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

<各費目の算出例>(定率償却の場合)

$$\text{運転年数内総発電量}[\text{kWh}] = \sum_{k=1}^N ((C * (1-d)^{k-1} * 24 * 365 * u) / (1+r)^k)$$

$$\begin{aligned} \text{建設費(償却費)}[\text{円}] &= \sum_{k=1}^{n-1} (((P+Lc+G)*C)*(1-\text{償却率})^{k-1} * \text{償却率}) / (1+r)^k && \dots \text{「}n\text{」は改定償却率が適用される年数} \\ &+ \sum_{k=n}^N (((P+Lc+G)*C) - \sum_{i=1}^{n-1} (((P+Lc+G)*C)*(1-\text{償却率})^{i-1} * \text{償却率})) * \text{改定償却率} / (1+r)^k && \dots \text{「}n\text{」は残存簿価が1円になる年数} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{運転維持費}[\text{円}] &= \sum_{k=1}^N (((P + Lc+G)*C)*(1-\text{減価率})^{k-1} * 0.014 / (1+r)^k) && \dots \text{固定資産税 (N年以内に資産評価額が取得価格の5%となる場合、式の修正が必要。)} \\ &+ \sum_{k=1}^N (M / (1+r)^k) && \dots \text{運転維持費} \end{aligned}$$

$$\text{廃棄処理費}[\text{円}] = ((P + Lc+G)*C) * f / (1+r)^N$$

出典： NEDO 作成

表 2-7 入力パラメータと諸元

項目	記号	例：住宅用(10kW未満)	例：非住宅用(10kW以上)	参照元	
前提	運転年数	N [年]	20 [年]	20 [年]	非住宅は「調達価格等算定委員会」の「平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見」より調達期間を参照。住宅用も、非住宅と同等という前提をNEDOにて設定。
	割引率(金利)	r [%/年]	3 [%/年]	3 [%/年]	「コスト等検証委員会」における報告書(2011年12月19日)より。
	IRR	-	-	-	
	法定耐用年数	17 [年]	17 [年]	17 [年]	平成25年度現在で適用されている法定耐用年数。
	償却率と改定償却率	償却率/改定償却率	0.118 / 0.125	0.118 / 0.125	減価償却資産の耐用年数等に関する省令別表第十
	固定資産税	1.4 [%/年]	-	1.4 [%/年]	「コスト等検証委員会」における報告書(2011年12月19日)より。
	法人事業税	-	-	-	考慮に加えるかは検討中だが、現時点では考慮していない。
初期費用(建設費)	システム容量	C [kW]	4 [kW]	2,000 [kW]	「第3回調達価格等算定委員会」(2012年3月19日)におけるJPEAヒアリング結果より。
	設置に必要な面積	S [m ² /kW]	-	15 [m ² /kW]	「第3回調達価格等算定委員会」(2012年3月19日)におけるJPEAヒアリング結果より。
	システム単価(モジュール等機器費用+工事費用)	P [円/kW]	385,000 [円/kW]	275,000 [円/kW]	「第13回調達価格等算定委員会」(2014年2月17日)より。
	系統接続費用	G [円/kW]	-	13,500 [円/kW]	「第3回調達価格等算定委員会」(2012年3月19日)におけるJPEAヒアリング結果より。
	kWあたり土地造成費	L _c [円/kW]	-	4,000 [円/kW]	「第13回調達価格等算定委員会」(2014年2月17日)より。
	面積あたり土地造成費	L _c [円/kW] / S [m ² /kW]	-	267 [円/m ²]	「第13回調達価格等算定委員会」(2014年2月17日)を参考にNEDO算出。
年間経費	運転維持費	M [万円/kW/年]	0.36[万円/kW/年]	0.8[万円/kW/年]	「第13回調達価格等算定委員会」(2014年2月17日)より。
収益(発電能力)	設備利用率	u [%]	12 [%]	13 [%]	「第13回調達価格等算定委員会」(2014年2月17日)より。
	出力劣化率	d [%/年]	-	-	「調達価格等算定委員会」の「平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見」より。
廃棄	廃棄処理費用	建設費のf [%]	-	建設費の5 [%]	「調達価格等算定委員会」の「平成24年度調達価格及び調達期間に関する意見」より。

(備考) 太陽電池モジュールの変換効率は、「システム単価」と「設置に必要な面積」に影響する。たとえば、変換効率が向上した場合、架台物量や工事人工等の低減、造成面積・土地賃借面積の縮小によって、費用の低減が期待される。

出典： NEDO 作成

(2) 我が国における発電コストの現状

前項の方法により、2013年現在の我が国における太陽光発電の発電コストを試算したところ、以下の結果となった。なお、表 2-7 に示すとおり、法人事業税、出力劣化率等、考慮していない変数もあるため、あくまで参考値である。

<2013年における発電コスト(参考値)>

平成25年度調達価格等算定委員会の諸元を参考にNEDO試算。

- ・住宅用システム : 23.5 円/kWh
(システム単価 38.5 万円/kW (新築住宅導入システム)として算出)
- ・非住宅用システム : 23.1 円/kWh
(システム単価 27.5 万円/kW (1MW以上システム)として算出)

システム単価に差があるにもかかわらず発電コストが同等となるのは、非住宅用システムの発電コスト試算においては、住宅用システムの発電コスト試算時よりも、システム単価以外にも考慮する項目(費用)が多いためであり、初期費用としては土地造成費や系統連系費等、運転時の費用としては維持費や土地賃借料等がコスト増加要因となっている。

また、参照したシステム単価について、住宅用システムの価格分布としては図 2-21 に示すように現時点で最も安いデータを参照している。これらの発電コストは、いまだ系統電力価格以下の水準

にあるとはいえない（参考資料「Ⅲ-4. 日本国内における電力価格試算」を参照）。特に高圧や特別高圧での系統連系が多い非住宅用システムにおいては、その買電価格をいまだ大幅に上回っている状況にある。また、図 2-22 に示すように太陽光発電が他の電源との比較においても、まだ高価な電源であることは否定できない。

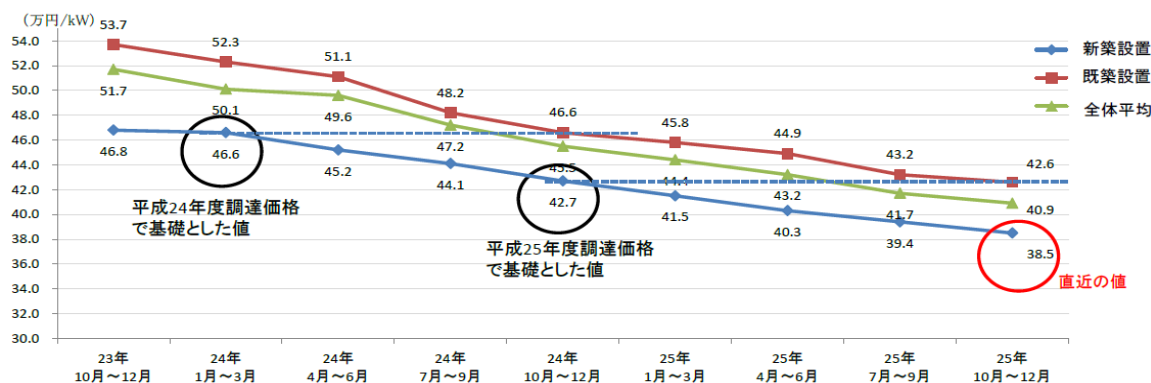


図 2-21 住宅用太陽光発電システム単価の動向

出典： 第 13 回調達価格等算定委員会 資料 2

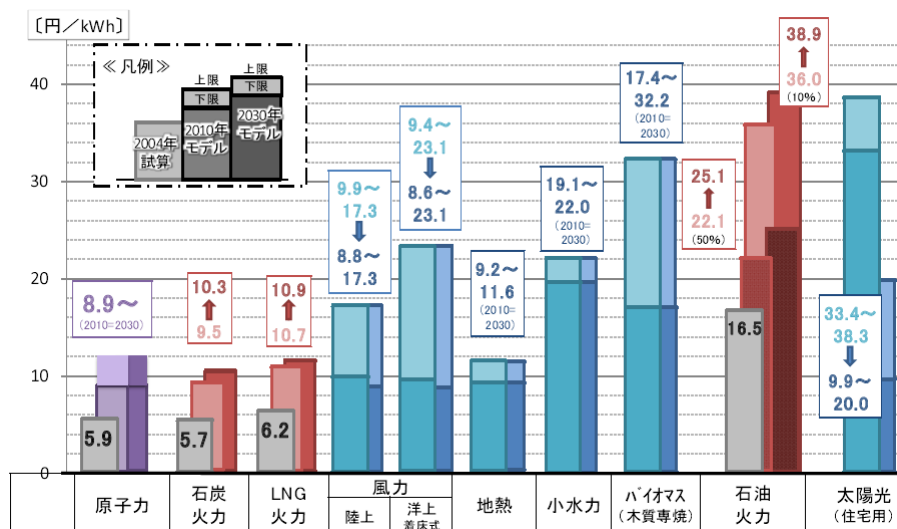


図 2-22 主な発電方式の発電コスト比較

出典： 「コスト等検証委員会報告書」（2011年12月19日，エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会）

2. 7 技術開発動向

(1) 太陽電池の性能向上（高効率化）技術

太陽電池モジュールの変換効率を向上させることは、太陽光エネルギーから効率的に発電電力量を得るというだけでなく、発電設備設置における物品コストや施工コストの低減、また、製造プ

プロセスにおける製造能力向上や材料コスト削減にも寄与するため、太陽光発電技術開発では重要とされているテーマである。

太陽電池は様々な種類が存在するが、実用化されているのは、主として結晶シリコン太陽電池、薄膜シリコン太陽電池、CIS太陽電池、CdTe太陽電池であり、状況は表2-8に示すとおりである。2010年までドイツに設置されたシステムに使用された各種太陽電池のモジュールの変換効率は、結晶シリコン太陽電池では平均14.5%、最大19.7%で、薄膜シリコンやCIGS等の薄膜系太陽電池では、最高はCIGS太陽電池の13%、平均値は8%であった。図2-23は、市場に投入されたもっとも効率の高い太陽電池モジュールの変換効率の変遷である。

また、研究開発段階における太陽電池セル・サブモジュールの性能状況は表2-9（2014年6月現在）に示すとおりである。

最も普及している結晶シリコン太陽電池では、技術開発によって実用上の変換効率はこの数年で2%（絶対値）程度向上し、製品レベルでもモジュール変換効率20%を超えるものが販売され始めるなど、製品技術競争は20%以上の高性能セルの量産技術の開発に移りつつある。一方、CIS等化合物太陽電池も変換効率を着実に向上させており、結晶シリコン太陽電池の効率水準にはとどかないものの、徐々にその差を縮めつつある。また、量産体制には至っていないものの今後の技術開発が期待される太陽電池として色素増感太陽電池や有機系太陽電池、Ⅲ-V族太陽電池が挙げられる。

色素増感太陽電池及び有機薄膜太陽電池は材料費や製造費の大幅な低減が期待されることから、低コスト化に有望な太陽電池と言えるものの、耐久性に課題が多く、実用化には至っていない。また、変換効率の面でも研究レベルでの小面積セルの変換効率は約14%であり、結晶シリコン太陽電池に競合していくためには、今後低コスト化と信頼性向上を両立した上での量産化が求められる。

また、Ⅲ-V族太陽電池については、多接合型の太陽電池として製造され、非常に高い変換効率を実現しているものの、製造コストが非常に高いことから、人工衛星への搭載等の特殊な使用が主であった。しかし、集光2軸追尾システムと組み合わせることによる太陽電池使用量の低減により発電コストを抑えて実用化へ近づける技術開発がなされており、直達日射光が豊富な環境や、FITによる高い買電価格等、好条件下では事業性成立の可能性があり、海外での大規模な導入事例も報告されている。現在、研究レベルでのⅢ-V族多接合型太陽電池の効率は40%（集光時）を超える結果が得られており、多くの電力量を得られる発電装置として期待されるため、その量産化技術の確立、電池製造コスト及び集光2軸追尾システムのコスト低減は引き続き実用化に向けた課題である。

表 2-8 各種太陽電池の生産状況 (2013 年現在)

種類	生産量 (シェア[%])	モジュール 効率[%]	備考	
結晶シリコン太陽電池 (単結晶、多結晶)	27.8GW (87%)	~20	<ul style="list-style-type: none"> ・主流の製品 ・単結晶/多結晶=約 4/6 の比率 ・技術開発で高性能化が進む (>+2%)、 ・n型単結晶で高性能品(効率 20%)を超え、多結晶は擬単結晶高性能化(>18%) ・高性能ターンキー装置が普及 ・原料シリコン供給体制が進展 	
薄膜シリコン太陽電池	1.0GW (5.0%)	~9	<ul style="list-style-type: none"> ・開発段階での効率は 12%程度(研究では 16%台も) ・光劣化が課題 ・大面積化が進むものの、性能向上が発展の鍵 ・シースルータイプ、フィルムタイプ等の特徴を活かし、他と異なる需要創出を模索 	
CdTe 太陽電池	2.0GW (6.0%)	~13	<ul style="list-style-type: none"> ・生産は FirstSolar1 社 ・開発が進展: 効率 14%台の性能。 ・低コストで価格低下を牽引(0.7\$/W 台のコスト) ・生産拡大中 	
CIGS 太陽電池	0.7GW (2.0%)	~14	<ul style="list-style-type: none"> ・ソーラーフロンティアが生産を拡大中 ・高性能薄膜として期待 ・開発段階サブモジュール>17% ・フレキシブルなど多様化も 	
有機系 太陽電池	有機薄膜 太陽電池	—	(セル効率) ~11	<ul style="list-style-type: none"> ・研究段階 ・主な課題は性能向上と耐久性向上
	色素増感 太陽電池	—	(セル効率) ~12	<ul style="list-style-type: none"> ・研究段階 ・主な課題は性能向上と耐久性向上 ・電力用途外では商品化事例あり
	有機/無 機ハイブ リッド型 太陽電池	—	(セル効率) ~18	<ul style="list-style-type: none"> ・研究段階 ・主な課題は性能向上と耐久性向上
III-V 族系太陽電池	—	(セル効率) ~38	<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙用等特殊用途で使用されている ・集光時のセル効率は 40%以上 	

出典: NEDO「太陽光発電技術開発動向等の調査 平成 24 年度成果報告書」(株資源総合システム編)をもとに NEDO 作成

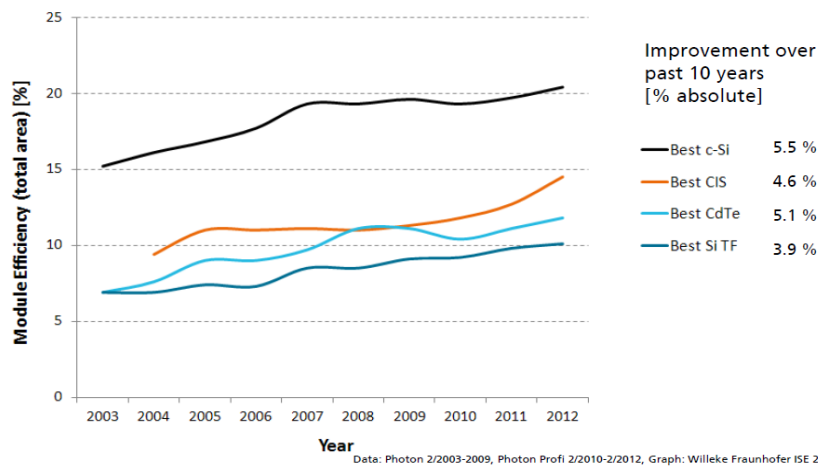


図 2-23 製品化されたもっとも効率の良い太陽電池モジュールの変換効率の変遷

出典: Fraunhofer Institute For Solar Energy Systems Ise, Photovoltaics Report(2012/12/11)

表 2-9 研究開発における太陽電池セル・サブモジュールの性能

Classification ^a	Efficiency (%)	Area ^b (cm ²)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	Fill factor (%)	Test centre ^c (date)	Description
Silicon							
Si (crystalline)	25.6 ± 0.5	143.7 (da)	0.740	41.8 ^d	82.7	AIST (2/14)	Panasonic HIT, rear-junction [4]
Si (multicrystalline)	20.4 ± 0.5	1.002 (ap)	0.664	38.0	80.9	NREL (5/04) ^e	FhG-ISE [21]
Si (thin film transfer)	20.1 ± 0.4	242.6 (ap)	0.682	38.14 ^f	77.4	NREL (10/12)	Solexel (43 μm thick) [22]
Si (thin film minimodule)	10.5 ± 0.3	94.0 (ap)	0.492 ^g	29.7 ^g	72.1	FhG-ISE (8/07) ^e	CSG Solar (<2 μm on glass; 20 cells) [23]
III-V Cells							
GaAs (thin film)	28.8 ± 0.9	0.9927 (ap)	1.122	29.68 ^h	86.5	NREL (5/12)	Alta Devices [24]
GaAs (multicrystalline)	18.4 ± 0.5	4.011 (t)	0.994	23.2	79.7	NREL (11/95) ^a	RTI, Ge substrate [25]
InP (crystalline)	22.1 ± 0.7	4.02 (t)	0.878	29.5	85.4	NREL (4/90) ^e	Spire, epitaxial [26]
Thin film chalcogenide							
CIGS (cell)	20.5 ± 0.6	0.9882 (ap)	0.752	35.3 ^d	77.2	NREL (3/14)	Solibro, on glass [5]
CIGS (minimodule)	18.7 ± 0.6	15.892 (da)	0.701 ^g	35.29 ^{g,i}	75.6	FhG-ISE (9/13)	Solibro, four serial cells [27]
CdTe (cell)	19.6 ± 0.4	1.0055 (ap)	0.8573	28.59 ^j	80.0	New port (6/13)	GE Global Research [28]
Amorphous/microcrystalline Si							
Si (amorphous)	10.1 ± 0.3 ^k	1.036 (ap)	0.886	16.75 ^l	67.8	NREL (7/09)	Oerlikon Solar Lab, Neuchatel [29]
Si (microcrystalline)	11.0 ± 0.3 ^m	1.045 (da)	0.542	27.44 ^d	73.8	AIST (1/14)	AIST [9] Dye sensitised
Dye sensitised							
Dye sensitised	11.9 ± 0.4 ⁿ	1.005 (da)	0.744	22.47 ^l	71.2	AIST (9/12)	Sharp [30]
Dye sensitised (minimodule)	29.9 ± 0.4 ^o	17.11 (ap)	0.719 ^g	19.49 ^{g,i}	71.4	AIST (8/10)	Sony, eight parallel cells [31]
Dye (submodule)	8.8 ± 0.3 ^p	398.8 (da)	0.697 ^g	18.42 ^{g,i}	68.7	AIST (9/12)	Sharp, 26 serial cells [32]
Organic							
Organic thin film	10.7 ± 0.3 ^q	1.013 (da)	0.872	17.75 ^l	68.9	AIST (10/12)	Mitsubishi Chemical (4.4 × 23.0 mm) [33]
Organic (minimodule)	9.1 ± 0.3 ^r	25.04 (da)	0.794 ^g	17.06 ^{g,d}	67.5	AIST (2/14)	Toshiba (four series cells) [10]
Organic (submodule)	6.8 ± 0.2 ^s	395.9 (da)	0.798 ^g	13.50 ^{g,i}	62.8	AIST (10/12)	Toshiba (15 series cells) [10]
Multijunction devices							
InGaP/GaAs/InGaAs	37.9 ± 1.2	1.047 (ap)	3.065	14.27 ^l	86.7	AIST (2/13)	Sharp [34]
a-Si/nc-Si/nc-Si (thin film)	13.4 ± 0.4 ^p	1.006 (ap)	1.963	9.52 ^l	71.9	NREL (7/12)	LG Electronics [35]
a-Si/nc-Si (thin film cell)	12.3 ± 0.3 ^t	0.962(ap)	1.365	12.93 ^l	69.4	AIST (7/11)	Kaneka [36]
a-Si/nc-Si (thin film minimodule)	11.8 ± 0.6 ^u	40.26 (ap)	1.428 ^g	12.27 ^{g,d}	67.5	FhG-ISE (4/14)	TEL Solar, Trubbach Labs [13](10 serial cells)

^aCIGS, CuInGaSe₂; a-Si, amorphous silicon/hydrogen alloy; nc-Si, nanocrystalline or microcrystalline silicon.
^bap, aperture area; t, total area; da, designated illumination area.
^cFhG-ISE, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme; AIST, Japanese National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.
^dSpectral response and current-voltage curve reported in present version of these Tables.
^eRecalibrated from original measurement.
^fSpectral response and current-voltage curve reported in Version 41 of these Tables.
^gReported on a 'per cell' basis.
^hSpectral response and current-voltage curve reported in Version 40 of these Tables.
ⁱSpectral response and current-voltage curve reported in Version 43 of these Tables.
^jSpectral response and/or current-voltage curve reported in Version 42 of these Tables.
^kLight soaked at Oerlikon prior to testing at NREL (1000 h, 1 sun, 50°C)
^lSpectral response reported in Version 36 of these Tables.
^mNot measured at an external laboratory.
ⁿStability not investigated. References 37 and 38 review the stability of similar devices.
^oStability not investigated. References 11 and 12 review the stability of similar devices.
^pLight soaked under 100 mW/cm² white light at 50°C for over 1000 h.
^qStabilised by manufacturer.
^rSpectral response and current-voltage curve reported in Version 39 of these Tables.
^sStabilised at test centre for 132 h to the 2% IEC criteria.

Classification ^a	Efficiency (%)	Area ^b (cm ²)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	Fill Factor (%)	Test centre (date)	Description
Cells (silicon)							
Si (crystalline)	25.0 ± 0.5	4.00 (da)	0.706	42.7 ^d	82.8	Sandia (3/99) ^e	UNSW PERL top/rear contacts [15]
Si (large crystalline)	25.0 ± 0.7	120.94 (t)	0.726	41.5 ^f	82.8	FhG-ISE (2/14)	SunPower rear junction [16]
Si (large multicrystalline)	19.5 ± 0.4	242.7 (t)	0.652	39.0 ^g	76.7	FhG-ISE (3/11)	Q-Cells, laser-fired contacts [46]
Cells (III-V)							
GaInP	20.8 ± 0.6	0.2491 (ap)	1.4550	16.04 ^h	89.3	NREL (5/13)	NREL, high bandgap [47]
Cells (chalcogenide)							
CIGSS (Cd free)	20.9 ± 0.7	0.5192 (ap)	0.6858	39.91 ^f	76.4	FhG-ISE (3/14)	Show a Shell on glass [17,48]
CIGSS (Cd free module)	16.6 ± 0.8	660.3 (ap)	26.7	0.895 ^f	69.5	NREL (1/14)	Avancis (monolithic)
CdTe (thin film)	20.4 ± 0.5	0.4778 (da)	0.8717	29.47 ^f	79.5	New port (12/13)	First Solar on glass [18]
CZTSS (thin film)	12.6 ± 0.3	0.4209 (ap)	0.5134	35.21 ^f	69.8	New port (7/13)	IBM solution grow n [19]
CZTS (thin film)	8.5 ± 0.2 ⁱ	0.2382 (da)	0.708	16.83 ^h	70.9	AIST (1/13)	Toyota Central R&D Labs [49]
Cells (other)							
Perovskite (thin film)	17.9 ± 0.8 ^j	0.0937 (ap)	1.1142	21.8 ^f	73.6	New port (4/14)	KRICT ^k [20]
Organic (thin film)	11.1 ± 0.3 ^g	0.159 (ap)	0.867	17.81 ^k	72.2	AIST (10/12)	Mitsubishi Chemical [33]

^aCIGSS, CuInGaSSe; CZTSS, Cu₂ZnSnS₄/Se; CZTS, Cu₂ZnSnS₄.
^bap, aperture area; t, total area; da, designated illumination area.
^cAIST, Japanese National Institute of Advanced Industrial Science and Technology; NREL, National Renewable Energy Laboratory; FhG-ISE, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme; ESTI, European Solar Test Installation.
^dSpectral response reported in Version 36 of these Tables.
^eRecalibrated from original measurement.
^fSpectral response and/or current-voltage curves reported in present version of these Tables.
^gSpectral response reported in Version 37 of these Tables.
^hSpectral response and current-voltage curves reported in Version 42 of these Tables.
ⁱStability not investigated.
^jKorean Research Institute of Chemical Technology.
^kSpectral response and current-voltage curves reported in Version 41 of these Tables.

出典 : Progress in Photovoltaics: Research and Applications Volume 22, Solar cell efficiency tables(version 44)
 Table I ,III(2014/6)

(2) 低コスト化技術

変換効率向上とあわせて進められているのが、セル、モジュール製造コスト低減技術や設置コスト低減技術の開発である。

最も普及している結晶シリコン型太陽電池セルの製造コスト低減技術としては、基板薄型化や切代（カーフロス）低減技術の開発等の取り組みが進められている。表 2-10 は、2008 年と 2012 年の結晶シリコン型太陽電池セルやシリコン原料の単価の変化を示したものである。2.4 で述べたとおり、近年の太陽電池価格低下の主な要因は急激なシリコン原料価格の低下と過剰生産とされるが、技術の向上による効果も少なくない。製造工程でのコスト低減にはは、太陽電池の要求品質を考慮したシーメンス法の操業改善によるコストダウン（de-bottlenecking 技術といわれている）や、基板工程でのキャストインゴットの大型化（250kg⇒450kg）、基板薄型化（～150 μ m）、切代低減（～140 μ m）、高生産性でスラリーが不要なダイヤモンドワイヤソーの採用等が、コストダウンに貢献している。

表 2-10 2008 年及び 2012 年の結晶シリコン型太陽電池に関する価格等の変化

項目	2008 年	2012 年
結晶シリコン太陽電池モジュール 価格	3.5～4.5 ドル/W	0.8～1.5 ドル/W
結晶シリコン太陽電池モジュール 効率	13.5～19%	14.5～20%
多結晶シリコン基板（156 角）価 格	>3.5 ドル/枚	1.0～1.5 ドル/枚
単結晶シリコン基板（156 角）価 格	>4 ドル/枚	1.5～2.0 ドル/枚
シリコン原料価格	50～100 ドル/kg	25～40 ドル/kg
シリコン原単位	7～9g/W	5.5～8g/W

出典：NEDO「太陽光発電技術開発動向等の調査 平成 24 年度成果報告書」

また、結晶シリコン型太陽電池より効率面では劣る薄膜太陽電池は、材料使用量が比較的少なく製造コスト低減が期待されることから、その製造プロセスの確立や性能向上等を目指すことにより、発電コスト低減への寄与を目指している。

太陽電池以外のコストとしては、パワーコンディショナや架台コスト、設置工事コストなどが挙げられる。パワーコンディショナについては、ダウンサイジング化等による機器コスト低減や、機器コスト以外での経済性向上への寄与として、MPPT（Maximum Power Point Tracking）制御や電力変換の機能向上による発電コスト低減、大容量化による W あたり単価の低減、変換効率向上等、さまざまな技術開発が行われている。さらに、スマート化に対応したソフト面での高機能化等も進められている。

また、架台や設置工事に関しては、架台及び基礎構造の改善、部材量の低減や軽量化、施工性の向上等により、部材費や人件費の低減努力が各社により行われている。

(3) 信頼性向上技術

太陽光発電システムは 20～30 年もの長期間に亘る発電を期待される設備であることから、長期間安定稼働するための信頼性を確保する技術開発が行われている。特に近年では、発電事業として太陽光発電が導入されるケースも増え、期待どおりに発電電力量を獲得することが非常に重要であることから、信頼性の確保に対する関心がより高まっている。

太陽電池モジュールについては、長期的な発電電力量確保という観点に加え、太陽電池モジュールの長寿命化による発電コスト低減への貢献も期待されており、耐電圧性、耐水蒸気性、耐温度変動性、耐機械的圧力性等を向上するため、封止材やバックシートの改良等の技術開発が行われてきた。また、このような耐久性等向上技術の開発と並行して、これを評価するための技術開発や標準化に向けた取組も行われてきた。

加えて、近年導入が拡大しているメガソーラーの発電事業等では、収益源となる売電電力量の確保のため、発電電力量のモニタリング、回路やパワーコンディショナ不具合検出等、監視や保守における商品、サービスが広がっており、さらには太陽光発電システム自体の発電機能の信頼性について認証するサービス等も出始めている。

一方、大規模システムの導入拡大により新たに表面化した懸念もある。メガソーラー等では、電力ロスや配線量低減の観点から、ストリング回路が比較的高電圧に設計されるケースが多く、これに高湿度環境の条件が重なった場合に発現の可能性が高いとされる PID (Potential Induced Degradation) 現象が新たな劣化現象として近年注目を集めており、その現象解明と対策技術の開発、評価・検出技術の開発が活発化している。

3. これまでの NEDO の技術開発の成果とその評価

本章のポイント

- (1) 過去の NEDO プロジェクトの成果は市場創出に貢献。
- (2) 最近の開発成果によって、2020 年の発電コスト目標 14 円/kWh 達成の見通しも得られた。
- (3) これを実現するためには、さらに製造コスト低減技術の強化が必要。

3. 1 過去の NEDO の技術開発

NEDO は、設立以来、太陽光発電に係る技術開発に取り組んできた。

過去の開発成果は、結晶シリコン太陽電池の効率向上、HIT 太陽電池につながったヘテロ接合界面の損失抑制技術の開発、CIS 太陽電池の事業化等、我が国の太陽光発電の産業発展に寄与してきた。こうした太陽電池製造に関する技術は、液晶ディスプレイ製造技術や半導体用ウエハスライス技術等の他分野にも展開され、太陽電池以外の技術開発でも成果をあげている。

太陽電池の発電性能評価技術開発は、屋内試験によるモジュール評価技術の高精度化と標準化、また、新型太陽電池モジュールに対応した評価技術開発に貢献し、信頼性評価技術開発では、屋内及び屋外での太陽電池モジュールの特性データ取得による劣化特性評価技術、不具合事例収集や要素技術試験等を通じた不具合発生機構検証と劣化要因抽出等、太陽電池モジュールの信頼性の事前把握や評価等に資する技術開発を実施してきた。

さらに、これらの技術を太陽光発電システムの発電電力量推定技術へ展開して精度向上を図り、また、これに用いる日射量等の基礎データは、データベースとして整備、公開され、NEDO 日射量データベースとして、広く利用されているところである。

さらに、電力系統において太陽光発電の導入が見込まれ、その多くがパワーコンディショナにより系統に連系されることから、単独運転防止機能、FRT (Fault Ride Through)、出力 (有効電力) 制御、無効電力制御等の系統運用へ貢献する機能の必要性がこれまで以上に高まっている中、NEDO が開発に貢献した単独運転防止機能と FRT は、広く世の中で利用され、電力系統接続に貢献している。

日本では、従前よりさまざまな単独運転防止機能が開発・適用され、方式の異なる単独運転状態の検出方式が混在していた。このような中、多数台連系では、単独運転検出信号が相互干渉する危険性が指摘されており、住宅用システムを対象とした NEDO の「集中連系型太陽光発電システム実証研究」(平成 14 年～平成 19 年)(群馬県太田市での 550 台の PV 連系実証)で開発した「ステップ注入付周波数フィードバック方式」が標準的な単独運転検出方法として日本電機工業会で規格化 (JEM 1498) された。また、同じく NEDO の「単独運転検出装置の複数台連系試験技術開発研究」(平成 20～21 年度)においては、「集中連系型太陽光発電システム実証研究」プロジェクト等の成果を活用して、多数台連系時の単独運転検出装置の認証に資する試験技術の確立のための技術開発研究が行われている。また FRT 要件を定め、それへの適合を判定する試験方法が確立されている。

3. 2 最近の主な成果

NEDO では中長期的な太陽光発電ロードマップ（PV2030、PV2030+）を策定し、これに沿った技術開発を進めてきた。その代表的な取り組みは、太陽電池の「高効率化」や「低コスト化」といった太陽電池技術の開発、これらの評価技術や信頼性向上に向けた技術開発といった共通基盤技術の開発が挙げられる。また、国内では平成4年以降に系統連系型の太陽光発電が導入されたが、近年の連系量増加に伴い新たに表面化してくる課題への対応も進めている。

（1）太陽電池

太陽電池についての取組としては、既に量産化に至っている結晶シリコン太陽電池や薄膜太陽電池等が対象となるだけでなく、次世代の太陽電池として色素増感太陽電池や有機薄膜太陽電池、また、超高効率の太陽電池開発も進めている。表 3-1 は平成 26 年 5 月時点での太陽電池の性能向上やコスト低減に資する主な技術開発状況である。

色素増感太陽電池及び有機薄膜太陽電池は、塗布や印刷による製造ができ、希少な材料を使わないこと等から、大幅な低コスト化が期待されており、かつ意匠性や日射強度が弱い場所でも比較的発電量を得られるといった利点があるため、NEDO では平成 24 年より実用化加速を目指した実証事業を実施している。また、効率、信頼性、耐久性の向上に向けた基礎研究も並行して進めており、特に、効率に関しては、光電変換材料にペロブスカイト材料を用いた有機系太陽電池の研究の進捗が著しい。

さらに、太陽光発電の発電コストを基幹電源並みに低減することを最終目標とした高性能太陽光発電システムの開発に向け、Ⅲ－Ⅴ族系材料による高集光多接合太陽電池や、スマートスタック技術による非集光または低倍率集光向けの多接合太陽電池開発等、革新的な太陽光発電技術開発を実施している。

こうした開発の結果、表 3-2 に示す PV2030+の 2017 年目標に対し、すでに一部達成済のものがある等、着実に開発が進んでいる。太陽電池セルにおける高効率化が開発の主流であったため、今後は製品モジュールサイズでの高効率化に向けた技術反映が期待される。また、PV2030+策定時には存在していなかった有機無機ハイブリッド太陽電池の開発が進んでいることにも留意すべきである。

表 3-1 各種太陽電池に関する NEDO プロジェクトの主な技術開発状況

太陽光発電システム次世代高性能技術の開発	
結晶シリコン太陽電池	シリコン使用量低減のため、薄膜スライス技術を開発し、基板厚さ・カーブロス共に 100 μ m を達成 (2012 年)。また、バックコンタクトセルおよびヘテロ接合技術を開発し、19.3mm 角セルで変換効率 25.1% を達成 (2014 年 3 月)。
薄膜シリコン太陽電池	シリコン使用量の少ない薄膜シリコン太陽電池の高効率化・低コスト化のため、多接合技術と高生産性大面積製膜技術を開発し、小面積多接合セルで安定化効率 12.3 % を達成 (2013 年 7 月)。また、3 接合大面積モジュール製造の要素技術を開発 (量産化達成済 (2013 年 7 月))。
CIS 等化合物太陽電池	シリコンを使用しない化合物太陽電池の高効率化・低コスト化のため、高品質光吸収層と Cd フリーバッファ層を開発し、小面積セルで変換効率 20.9% (2014 年 3 月) を達成。また、30cm 角サブモジュールで変換効率 17.8% (世界最高) を達成。
有機系太陽電池	<p><有機薄膜太陽電池> シリコンを使用しない有機薄膜太陽電池の高効率化・低コスト化のため、吸収端を長波長化した p 型有機半導体と開放電圧を高めた n 型有機半導体を組み合わせ、小面積セルで変換効率 10.3% を達成 (2013 年 10 月)。また、高精度塗布技術・パターニング技術・ロール to ロール製造技術を開発し、5cm 角サブモジュールで変換効率 9.1 % を達成 (2014 年 2 月時点世界最高)。</p> <p><色素増感型太陽電池> シリコンを使用しない色素増感太陽電池の高効率化・低コスト化のため、逆電子移動をブロックする新色素や、劣化の少ない電解質を開発し、小面積セルで変換効率 11.9% (2012 年 9 月時点世界最高) を達成。また、効率低下の少ない集積構造を設計し、5cm 角サブモジュールで変換効率 10.0% を達成 (2013 年 10 月)。</p> <p><有機/無機ハイブリッド型> 光電変換材料に有機金属ハライドペロブスカイト材料を用いた有機系太陽電池において、2mmϕ のセルで変換効率 17.3% を達成 (2014 年 5 月)。色素増感との多接合セルでは 17.7% を達成 (2014 年 5 月)。</p>
革新的太陽光発電技術研究開発	
III-V 族系多接合太陽電池	将来、大幅な高効率化・低コスト化が狙える次世代型太陽電池として、III-V 族系多接合太陽電池を開発。トンネル接合抵抗の低減や受光面の電極間隔の最適化により、4mm 角セルで集光 (302 倍) 時変換効率 44.4% (2013 年 6 月) を、1cm 角セルで非集光時 37.9% (2013 年 4 月時点世界最高) を達成。

出典： NEDO 作成

表 3-2 PV2030+ におけるセル・モジュール性能目標

個別技術の開発目標	太陽電池 ¹⁾	現状	2017年		2025年		2050年
		モジュール (%)	セル (%)	モジュール (%)	セル (%)	モジュール (%)	モジュール (%)
結晶シリコン ²⁾		～16	25	20	(30)	25	40%の超高効率太陽電池 (追加開発)
薄膜シリコン		～11	18	14	20	18	
CIS系		～11	25	18	30	25	
化合物系 ³⁾		～25	45	35	50	40	
色素増感		—	15	10	18	15	
有機系 ⁴⁾			12	10	15	15	

- 1) セルは技術の到達水準を示す指標で、研究室での小面積セル。モジュールは実用化技術段階。
- 2) 結晶シリコンは単結晶、多結晶などを区別せず、シリコン基板を用いた太陽電池として設定。
- 3) 集光時の変換効率。
- 4) 新しい太陽電池として有機系太陽電池にも開発目標を設定した。
- 5) モジュール目標を達成するために最低限必要なセルの変換効率。

出典：NEDO PV2030+

(2) 太陽光発電システム共通基盤技術

共通基盤技術についての取組としては、前述のとおり発電性能評価技術や信頼性評価技術の開発が主として挙げられる。

発電性能評価技術開発としては、屋内試験によるモジュール評価技術の高精度化と標準化、また、新型太陽電池モジュールに対応した評価技術開発等を実施してきた。

信頼性評価技術開発としては、屋内及び屋外での太陽電池モジュールの特性データ取得による劣化特性評価技術開発、不具合事例収集や要素技術試験等を通じた不具合発生機構の解明と劣化要因抽出等、太陽電池モジュールの信頼性の事前把握や評価等に資する技術開発を実施してきた。

さらに、これらの技術を太陽光発電システムの発電電力量推定技術へ展開して精度向上を図り、また、これに用いる日射量等の基礎データを整備すること等も実施してきたところである。

(3) 系統連系技術

今後、電力系統において太陽光発電の導入が見込まれるが、その多くがパワーコンディショナにより系統に連系されることから、下記に示すような保護機能や、系統運用へ貢献する機能を有することの必要性がこれまで以上に高まっている。

- ・単独運転防止機能
- ・FRT (Fault Ride Through)
- ・出力 (有効電力) 制御
- ・無効電力制御

等

3. 3 評価と課題

以上のように、各プロジェクトは PV2030+で掲げていた所期の目標を達成しつつある。結晶シリコン等では、所期の目標達成の見通しを得たと言える。

一方で、プロジェクト開始段階で設定された目標は、性能目標について偏っていたことも否定できない。2050年という長期目標を掲げた革新的太陽光発電技術研究開発はもちろんのこと、太陽光発電システム次世代高性能技術の開発もコスト低減を明確に掲げた開発項目は一部に留まっている。

PV2030+で目標に掲げた2020年が目前に迫りつつある現在、発電コスト目標達成を現実のものとするためには、さらなる開発、とくに製造コストも意識した開発をこれまで以上に強化すべきである。

また、革新的太陽光発電技術研究開発や次世代高性能技術の開発で得られた新たな知見については、2030年あるいはそれ以降の社会を支える技術となり得るかどうか、見極めを進める必要がある。

さらに、有機系太陽電池実用化先導技術開発で進める実証事業からは、有機系太陽電池の新たな開発課題も見えてくるはずであり、改めて開発の必要性等を整理する必要がある。

4. 太陽光発電大量導入社会における課題

本章のポイント

- (1) 太陽光発電の導入は加速され、大量導入社会の実現は目前である。一方で、これを確実なものとし、さらに維持するためには、解決しなければならない課題が存在する。
- (2) 従来から進める発電コスト低減はもちろん、立地制約に関する問題等、新たに顕在化しつつある課題もある。
- (3) さらに、産業競争力の観点からも、製造産業に加えてサービス産業まで含めた太陽光発電をめぐる産業基盤の強化が必要。

本章では、太陽光発電の大量導入社会実現に向けて解決すべき主な課題等を整理し、進めるべき技術開発の方向性について述べる。

(1) 政府目標

2014年4月に閣議決定された新たなエネルギー基本計画では、「エネルギー政策の要諦は、安全性(Safety)を前提とした上で、エネルギーの安定供給(Energy Security)を第一とし、最小の経済負担(Economic Efficiency)で実現し、同時に、環境への適合(Environment)を図るため、最大限の取組を行うこと」としている。その上で、再生可能エネルギーを「現時点では、安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源である。」と位置付け、これまでのエネルギー基本計画で示した水準を更に上回る水準の導入を目指すこととしている。太陽光発電はこれらの観点に非常に適合するものであり、2009年の長期エネルギー需給見通しにおいて、2030年までの太陽光発電を53GW相当まで導入するという目標が設定されている。さらに、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、特に、導入までの期間が比較的短い太陽光発電システムの導入拡大への期待が高まっている。

2012年からの固定価格買取制度の開始に伴い、太陽光発電の導入が加速しているが、前述の長期導入目標を達成するためには、持続的な導入を実現する必要がある。

(2) 達成に向けた課題

欧州における年間導入量の増減の例から、太陽光発電の導入量が国の支援策に大きく依存していることは既述のとおりである。支援策の縮小、終了によって極端に導入ペースが失速するのは、少なくともまだ事業性が成立しない発電コストレベルにあるためである。

したがって、公的支援なしで導入を進めていくためには、引き続き発電コスト低減に取り組んでいくことが最も重要であり、太陽光発電の大量導入を実現していく上での中核的な課題であると言える。発電コスト低減のためには、導入コスト(システム単価)の低減や、製造コストや施工コス

ト低減にも寄与する太陽電池の高効率化の性能向上等、様々なアプローチの技術開発を検討していく必要がある。

また、これらの初期コスト低減と同時に、太陽光発電システムが期待どおりに機能し、計画した発電量を獲得することも重要である。このことは、固定価格買取制度の開始によって、事業性が追求されるようになった現状においては特に重要であり、計画時の発電量の推定や、実働時の発電機能の発揮状況、および不具合発生時の対応等、その信頼性が強く求められている。

一方、これらの発電コスト低減の方向とは別に、近年の導入加速によって、新たな課題も顕在化してきた。それは、①適地の獲得競争による土地価格の高騰、②系統連系の許容制約による対策費用追加、及び③メンテナンス費用である。①については、固定価格買取制度開始後の瞬間的な需要の高まりに対して発生している事象とも考えられなくはないが、事業性において適した場所から太陽光発電システムが導入されていくと考えれば、徐々に土地の獲得が難しくなり、整備に必要なコストは上昇していくと予想される。②は、既に地域によっては規制等の対策が取られはじめている。③は、住宅屋根設置が主流であった過去には、あまり議論にならなかったが、発電事業を営営するためには重要な要素である。三者ともに今後のコストアップ要因となり得るため、これらの解消または軽減に向けた対応が求められる。

さらに、大量導入を支えるべき太陽光発電産業においては、従来この業界の主役であったセル・モジュールメーカーが市場価格の低下に苦しむ一方で、施工・発電事業等の川下産業が急成長しており、産業の構造が変わりつつある状況といえる。

以降では、これらの課題を次の5つに整理し、解決に向けた取組方針、開発事項等について個々に論じていく。

- 【課題1】国民負担の増大
- 【課題2】長期・安定な発電能力維持の必要性
- 【課題3】立地制約の顕在化
- 【課題4】廃棄物大量発生への対応
- 【課題5】グローバル競争の激化

4. 1 【課題 1】国民負担の増大

前章で示したとおり、太陽光発電のシステム単価は着実に低下し、生産量・導入量も拡大している。しかしながら、依然、市場拡大を支えているのは固定価格買取制度であり、欧州の例などによれば、買取価格の低下は導入量の減少を招く可能性がある。

我が国の固定価格買取制度では、買取費用を電気料金と合算して回収する再生可能エネルギー賦課金で賄う仕組みとなっている。2014年度の我が国の標準家庭における賦課金負担は約 0.75 円/kWh とされているが、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーの普及が進めば、今後賦課金が増加し、国民負担の増大が見込まれる。

2000年から固定価格買取制度を開始し、累積導入量が 32.4GW に達しているドイツ（2012年末現在）では、表 4-1 に示すように日本の再生可能エネルギー賦課金に相当するサーチャージ費用が、5.28 ユーロセント/kWh に達している。

電力需要家の負担を抑えつつ、持続的な導入普及を実現するためには、買取価格を引き下げても導入した者が利益を得られるような「発電コスト」を実現することが必要である。

表 4-1 再生可能エネルギー賦課金（日本とドイツの現状）

	日本		ドイツ
	2013 年度	2014 年度	2013 年
賦課金単価（円/kWh）	0.40	0.75	6.494 (5.28 ユーロセント/kWh)
標準家庭の負担水準 (300kWh/月使用)（円/月）	120	225	1,943 (15.8 ユーロ/月)

注) 金額は、全国平均。1 ユーロ 123 円で換算。
資源エネルギー庁：ニュースリリース（平成 25 年 3 月 29 日、平成 26 年 3 月 25 日）
ドイツの値はエネルギー白書 2013

4. 2 【課題 2】長期・安定な発電能力維持の必要性

過去数年間に亘る厳しい価格競争の結果、製造コストを引き下げるために、製品の品質低下を招いているのではないかと指摘がある。太陽光発電は長期間稼働させることを前提に事業性を検討しているため、その信頼性は普及の大きな鍵を握る。

従来、メンテナンスフリーと言われていた太陽光発電であるが、現実的には、維持・運転費用は無視できない。とくに大規模発電システムの場合は事業性に影響するため、正常運転を保持するための対応は必要ではあるものの、それが結果として事業性を圧迫することとなるのは本末転倒である。こうした費用を抑制するため、機器の信頼性向上や維持方法の向上は重要である。

また、太陽電池は、長期的な使用において経年劣化により徐々にその出力を低下させる傾向がある一方、急激に出力低下を招く劣化現象も存在し、その一つとして近年注目されているのが PID 現象（下記参照）である。これに対応した太陽電池モジュールの技術開発なども行われているところではあるが、PID 現象を完全に再現するための試験方法はまだ確立されておらず、開発技術の実効性をどのように検証するかが一つの課題となっている。このように、製品自体の信頼性を向上させると同時に、これを精度よく検証、評価するための手法の検討も並行して行なっていく必要がある。

<参考1> PID (Potential Induced Degradation) 現象

太陽光発電を普及拡大させるには、長期に亘って、導入時に想定した発電量を得ることができる「信頼性」の確保が必要である。しかしながら、近年、大規模太陽光発電設備で PID (Potential Induced Degradation : 電圧誘起出力低下) 現象と呼ばれる急激な出力低下が発生し問題となっている。PID 現象が発生すると収益に大きな影響を及ぼすため、PID 現象の発生を防ぐ技術の開発が求められている。

こうした信頼性に対する関心の高まりを受けて、様々な評価試験が行われている。

図 4-1 は、ドイツのフラウンホーファー研究所が、太陽電池メーカー 13 社の製品を対象に独自の PID 現象再現試験を実施した結果である。13 社のうち 4 社の製品は試験環境下で出力保持することが確認されたが、他の製品は出力低下が見られる結果となった。また、図 4-2 は、一般財団法人電気安全環境研究所研究事業センター、佐賀県工業技術センター及び独立行政法人産業技術総合研究所が行った試験結果である。ここでいうチャンバー法は、高温高湿試験槽で最大許容システム電圧を持続的にかけ続ける試験法、水張り法は、水をモジュール受光面に張り、樹脂フィルムで水の蒸発を押さえた状態で最大許容システム電圧を持続的にかけ続ける試験法を差す。試験の結果、出力低下が生じた太陽電池モジュールがあったが、試験法の違いにより、それぞれ結果も異なっている。

このように、PID 現象を再現するための様々な取り組みがなされているが、自然環境下で長期間使用される太陽電池モジュールの劣化現象には様々なものがあり、それら全てを再現できる適切な試験方法は確立されていない。

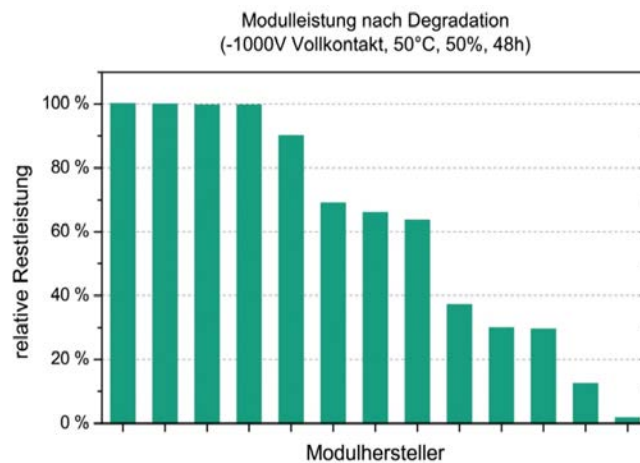
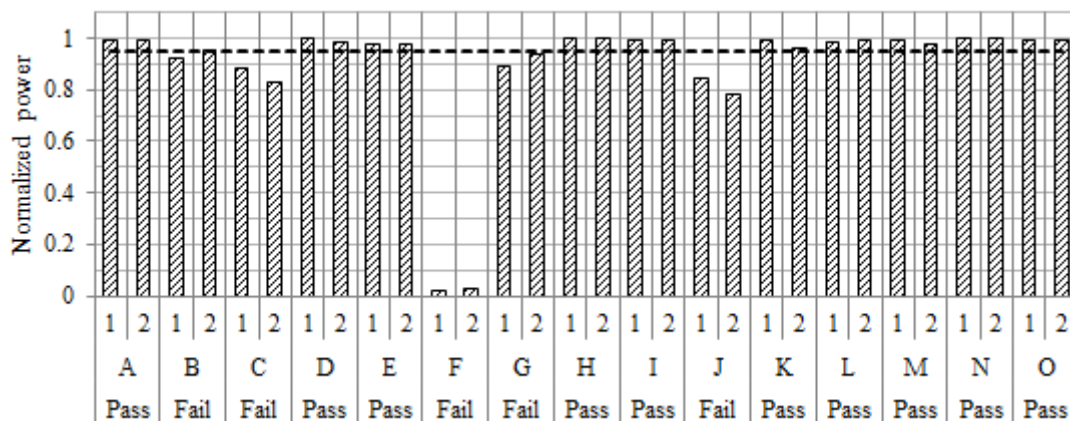
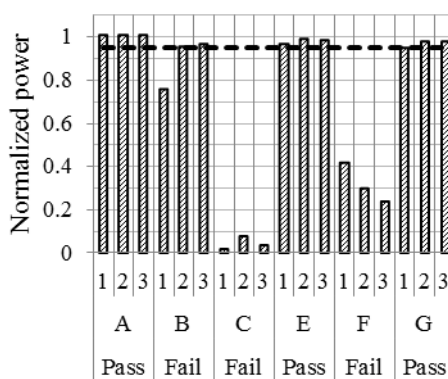


図 4-1 PID 現象再現試験の実施例 (1)

出典： Fraunhofer、2012 年 6 月 11 日プレスリリース



(a) チャンバー法による試験後出力



(b) 水張り法による試験後出力

図 4-2 PID 現象再現試験の実施例 (2)

出典：増田幸治 他，市販太陽電池モジュールによる Potential Induced Degradation 試験の系統比較,太陽エネルギー, Vol.39, No.1 (2013), pp.100-100

<参考2>経年劣化による発電コストへの影響

太陽電池モジュールの経年劣化は太陽電池の種類やセル特性、モジュール化技術、さらには使用環境等によっても異なってくるが、仮に0.5%/年、1%/年、2%/年で出力劣化が進んだ場合の非住宅システムを対象として発電コストの影響を試算し、「2.6 太陽光発電の発電コスト」で示した劣化を考慮しない試算と比較したところ、表 4-2 に示す結果を得た。

大幅な出力劣化が発生し、これが長期にわたって進行すると、その収益性を著しく悪化させるため、そのロスを抑制することで収益性を保持できる範囲での製品の信頼性向上や、運用時の維持対応などが求められる。

表 4-2 劣化率による発電コストへの影響試算

劣化率	発電コスト	リファレンスケースとの差
0%/年（リファレンスケース）	23.1 円/kWh	—
0.5%/年	24.2 円/kWh	4.8%増
1.0%/年	25.4 円/kWh	10.0%増
2.0%/年	27.8 円/kWh	20.3%増

出典： NEDO 作成

4. 3 【課題3】立地制約の顕在化

太陽光発電の導入は加速しているが、導入ポテンシャルは無限ではない。土地コストの上昇も指摘され始めた。さらに、系統接続許容量の限界という根本的な課題も顕在化してきた。

（1）導入ポテンシャル

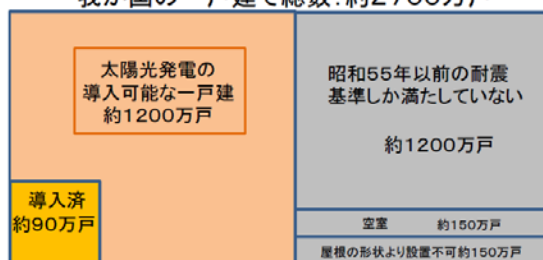
現状における太陽光発電の主な導入形態は、住宅屋根への設置や、平坦地での地上設置などである。この理由として、前者はサプライチェーンが既に確立されていること、後者は工事費が比較的安いことが挙げられる。特に、固定価格買取制度下で収益性が非常に重視されることから、導入コストの安い場所から導入が進んでおり、既にメガソーラー用地確保の競争が熾烈化していることが報道されているように、現在の概念でのメガソーラー事業における「適地」は不足していくことが予想される。

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。

図 4-3 に示すように住宅に関しては、その潜在的な導入ポテンシャルが約 2700 万戸、そのうち太陽光発電の導入可能な 1 戸建は約 1200 万戸であり、導入可能容量の上限は概ね推計が可能である。残りのうち、約 1200 万戸については、住宅の耐震強度の問題から導入可能先とはならず、建て替えられるか、太陽電池モジュールの軽量化や設置技術の改良などが達成されない限り、これらの住宅を導入先とすることによる導入ポテンシャル拡大の余地はない。

また、導入可能な住宅すべてに導入されるわけではないため、今後導入に向けて課題抽出・対策検討を進め導入可能戸数を増加させておくことが、太陽光発電の導入を促進していくうえで必要である。

我が国の一戸建て総数:約2700万戸



日本全国に約2700万戸ある1戸建てのうち、約1200万戸は昭和55年以前の耐震基準であるため、重い太陽光パネルを屋根に設置することが困難であると仮定。また、150万戸は空室であるため太陽光パネルが設置されないものと仮定。150万戸は屋根の形状(例えば急な角度の屋根)により設置困難であると仮定。こうした仮定の下で推計すると、日本全国で太陽光パネルを設置可能な一戸建ては約1200万戸。そのうち、現時点で90万戸に導入済み。

図 4-3 住宅用太陽光発電の導入ポテンシャル

出典：第1回調達価格等算定委員会（2012年3月6日）資料7

(2) 土地コストの上昇

これまで住宅用システムが中心であった我が国においても大規模太陽光発電所の設置が進んでいる。しかし、導入が進むにつれて、賃借料を必要としない所有地への設置から、借地の活用事例が増加していくことから、土地造成費用や系統連系費等の初期コストがあまり掛からない適地の土地賃借料の上昇が指摘されている。また、初期コストがあまり掛からない適地が少なくなれば、土地造成費用や系統連系費等の初期コストが掛かる土地への設置をせざるを得なくなる。土地造成費用や系統連系費等の初期コストの上昇は、今後の導入拡大を減速させる可能性がある。

第13回調達価格等算定委員会（2014年2月17日）「最近の太陽光発電市場の動向及び前回のご指摘事項について」より

土地賃借料について

「土地賃借料を計上している設備に限って平均値を算出すると、年間235円/㎡と平成25年度調達価格の算定の根拠とした値よりも高い水準であったが、遊休工業用地の転用で工業用地単価での算定となり突出して高額となった年間3,270円/㎡の案件などの極端なケースもあり、中央値で見ても年間150円/㎡程度、もっとも頻度の高いデータを見ると、従来の想定と同じ、年間150円/㎡であった。」

土地造成費について

「500kW-1,000kWの区分では全体の4割強、1,000kW以上の区分では全体の6割程度の案件で、土地造成費の計上が確認され、その全体の平均値は、平成24年度・平成25年度調達価格の算定の基礎とした0.15万円/kWよりも高い、0.97万円/kWとなった。ただし、分布図で見ると、極端に土地造成費用が高い案件などが一定程度存在することが全体の平均値を高めていることから、その中央値をみると、0.4万円/kWであった。」

(3) 系統接続の制約の顕在化

太陽光発電のような天候による電圧変動のある電源が大量に接続された場合、安定した電力供給に支障を来す可能性があり、欧州ではそのような例がすでに発生し問題化している。

我が国においても、北海道における大規模太陽光発電の接続については限界に近づきつつあるとされる。図 4-4 に都道府県別の導入予定量（固定価格買取制度、認定設備容量）を示す。特定地域に導入が偏っている様子が分かる。

こうした状況を踏まえ、資源エネルギー庁および北海道電力では、①接続可能量拡大のための特定地域に限った接続条件の改正、②大型蓄電池の変電所への世界初導入による再エネ受け入れ枠の拡大、③電力システム改革に則った広域系統運用の拡大、の対応策をとることとした。（平成 25 年 4 月 17 日資源エネルギー庁ニュースリリース「北海道における大規模太陽光発電の接続についての対応を公表します」）。

同ニュースリリースでは、沖縄について「再生可能エネルギーの接続量に限界が生じやすい」ことが示唆されており、資源エネルギー庁および沖縄電力では、①大型蓄電池の設置による接続可能量の拡大、②接続可能量拡大に向けた送電網実証事業、の対応策をとることとしている（平成 25 年 12 月 3 日資源エネルギー庁ニュースリリース「沖縄本島における太陽光発電の接続についての対応を公表します」）。

また、配電用変電所において、当該変電所から供給している電気の量を、当該変電所に流れてくる電気の量が上回る事態（バンク逆潮流）が発生し得るケースも増えており、これを回避するための対策に要する費用負担が求められる可能性も出てきた（2013 年 5 月 31 日経済産業省「電気設備の技術基準の解釈の一部改正（バンク逆潮流制限に係わる規定）について」）。

電力会社毎のバンク逆潮流制限への対策に伴う事業者費用負担の額を表 4-3 に示す。

このように、現在主流の太陽光発電の形態では、どこでも設置、系統接続できるわけではなく、比較的安価に系統接続できるような適地は徐々に減少していくものと想定される。

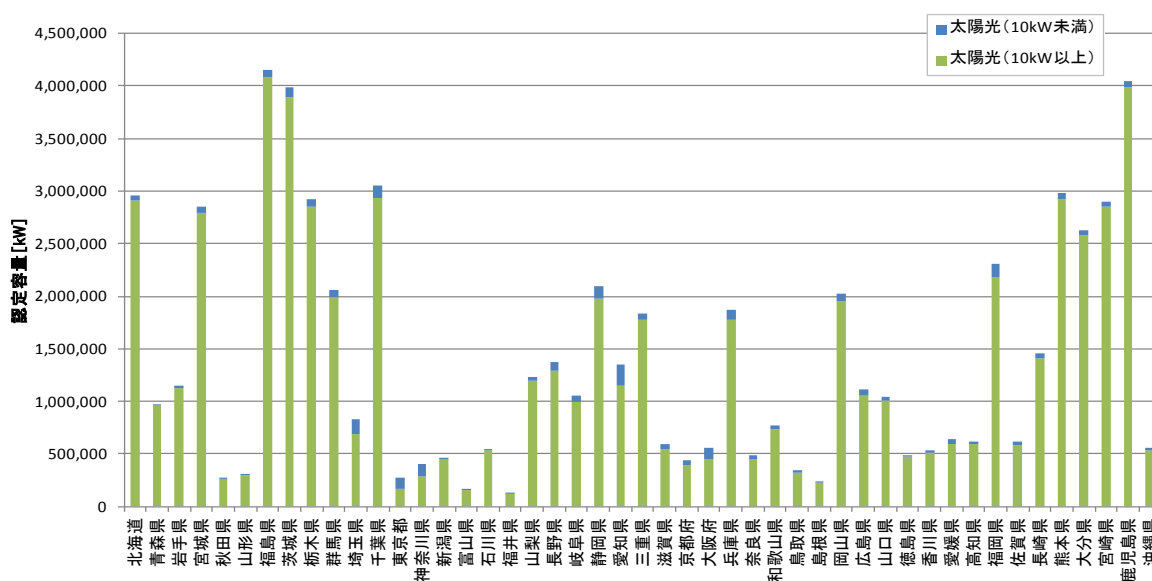


図 4-4 2014 年 3 月末時点での都道府県別設備認定容量

出典：資源エネルギー庁 HP(http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi/20)

表 4-3 バンクの逆流制限への対策に伴う事業者費用負担（工事費負担金単価）

電力会社	工事費負担金単価（円/kW）
北海道電力(株)	3,255
東北電力(株)	3,675
東京電力(株)	1,995
中部電力(株)	3,675
北陸電力(株)	2,730
関西電力(株)	2,835
中国電力(株)	3,675
四国電力(株)	3,465（消費税等相当額を含む）
九州電力(株)	1,260（消費税等相当額を含む）
沖縄電力(株)	3,465

出典：各電力会社 HP をもとに NEDO 作成

4. 4 【課題 4】 廃棄物大量発生への対応

太陽光発電は、平成 16 年には国内累積導入量 1 GW を達成、平成 24 年には住宅用太陽光発電システムの国内導入件数が 100 万件を突破、平成 24 年 7 月の再生可能エネルギーの固定価格買取制度開始によって、導入はさらに加速し、今後もさらに大幅な普及と拡大が見込まれる。一方で、大量導入が実現すると、使用済みの太陽光発電システムが大量発生することが予想される。使用済み設備の量については様々な試算が行われているが、例えば、非住宅分野の発電設備が固定価格買取制度の買取期間終了時に一斉に廃棄されるとすれば、平成 25 年度に運転開始した非住宅分野の 5.7GW の設備は、20 年後に使用済み設備として廃棄されることになる。（実際には、20 年以上使用されると考えられる。）

以上のことから、太陽光発電の健全な普及と拡大のためには、使用済みのシステムを適正に処分可能な手段や社会システムを確保することが重要であり、政策としても、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の附帯決議において、「耐用年数経過後において大量の廃棄物の発生を防ぐ観点から、設備のリサイクルシステム構築等、早急に必要な措置を講ずること」が求められている。

これに対し、我が国ではリサイクル処理技術に関する取り組みが一部存在するものの十分ではなく、太陽光発電のさらなる普及を図るためには、リサイクル処理技術の実用化を着実に進めるとともに、撤去・回収・分別等においても低コスト化技術の有効性や実現可能性を検討することが必要である。

4. 5 【課題 5】 グローバル競争の激化

「2.5 太陽光発電における産業構造の変化」でも述べたように、国内における固定価格買取制度開始の影響をはじめとして、太陽光発電市場に新規参入する事業者が増えている。異分野からの参入も多い。

これまで太陽光発電を支えてきた、セル・モジュールメーカーも発電事業への展開を急いでいる。これには、太陽電池モジュールの低価格化の進展が影響している。表 4-4 に太陽光発電分野の市場規模の推移を、図 4-5 に伸び率の推移を示す。加減速はあるものの市場成長を続けていると評価できる

が、生産量・出荷量の伸びに比べ、生産額・出荷額の伸びが小さい。これは、「セル・モジュールを作って売る」市場に依存しているのは、事業の成長にいずれ限界が来ることを示唆しているとも言え、第2章で述べた川下展開を進める企業の動きを裏付けている。

表 4-4 太陽光発電分野の市場規模

	2010年度 実績		2011年度 実績		2012年度 見込		2013年度 予測
	額/量	成長率	額/量	成長率	額/量	成長率	
国内生産額（百万円）※1	914,298	41.1%	964,718	5.5%	1,398,538	45.0%	増加
全出荷額（百万円）※1	1,014,754	39.1%	1,011,048	▲0.4%	1,539,835	52.3%	増加
国内生産量（MW）※2	895	62.0%	1,102	23.1%	2,281	107.1%	
全出荷量（MW）※2	2,539	52.2%	2,686	5.8%	4,371	62.8%	

出典：※1 2012年度 一般財団法人光産業技術振興協会 技術情報レポート

※2 太陽光発電協会統計資料

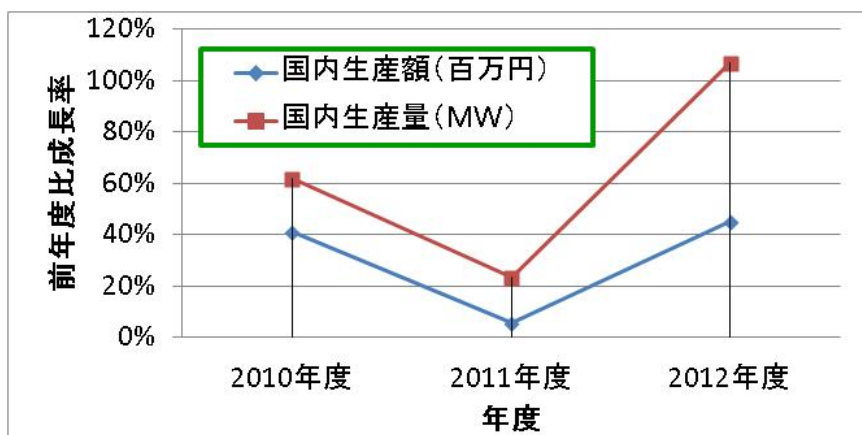


図 4-5 太陽電池製造業の生産量/額の伸び率

出典：NEDO 作成

5. 太陽光発電の目指すべき姿

本章のポイント

- (1) 発電コストの低減を進めて 2020 年に 14 円/kWh、2030 年に 7 円/kWh を実現し、消費者に選択されるエネルギー源となることで、自立的に普及する再生可能エネルギーとなることを目指す。
- (2) 分散型エネルギーシステムにおける昼間のピーク需要を補う等、エネルギー供給源として重要な役割を果たす。
- (3) 多様な使い方で高付加価値事業を創出。新たな市場を開拓。

我が国のエネルギー安定供給の確保や、環境性への適合の観点から、再生可能エネルギーの導入拡大を進めることは非常に重要である。ところで、地熱を除く再生可能エネルギーは、そのエネルギー源を太陽に依存している。さらに風力や水力、バイオマスなどのエネルギー源は、太陽からのエネルギーを何らかの形で蓄積したものとなっているのに対して、太陽光発電は、太陽から光の形で送られてきたエネルギーを瞬時に電気エネルギーに変化させ利用する点、また一旦機械的エネルギーに変換しないという点で、他の再生可能エネルギーと性格を異にしている。

このような特徴を持つ太陽光発電は、再生可能エネルギーの中でも地域偏在性が少なく、国民誰もが参加できる発電手法であり、先行的に導入が進んでいるエネルギー源であるが、既述のように課題があることも事実である。引き続き太陽光発電システムの導入を適正に実現するには、その特性を十分に理解し、また、その特長を活かした形態を模索していくことで、エネルギー供給量を着実に拡大していく事が求められる。

表 5-1 太陽光発電の特性

利点	課題
<ul style="list-style-type: none"> ●エネルギー源は太陽光のみ。日照があれば、どこでも発電可能 ⇒純国産エネルギー源 (太陽光以外の「光」でも発電可能。) ●発電時に CO2 を排出しない。騒音もない、静かでクリーンなエネルギー源 (低炭素) ●一般に資源制約がない。 ●規模が発電性能にほぼ影響しない <ul style="list-style-type: none"> ・機器及び設備は、小規模から大規模まで設計可能 (用途に合わせることで、どこでも設置が可能) 	<ul style="list-style-type: none"> ●発電コストが高い。 <ul style="list-style-type: none"> ・発電効率が低い。 (光電変換の効率は 10~20%) ・設備利用率も他の電源に比べて低い。 ・エネルギー需要によっては、設備を設置するために大面積が必要 (発電コストが高い一因) ●時間帯や天気によって出力が変動する。 ●太陽光のエネルギー密度が低い (発電コストが高い一因) ほか、場所によって得られる総エネルギー量に差がある。 ●結晶シリコン系等の主流太陽電池の製造では、特殊環境 (高温環境や真空環境等) と大量のエネルギーが必要。(製造コストが高い要因)

したがって NEDO では、太陽光発電が選択的に導入されるよう経済性や多様性を高め、エネルギー供給量を着実に増加させていくことを目標に技術開発を進めていく。その際に描く「発電コスト」

と「導入形態・用途」は以下の通りである。

○ 発電コスト

現在の「非住宅用システム」は、主として系統への電源供給（売電）を目的として設置されている。太陽光発電が系統に接続される「電源」として定着するためには、従来型電源と比べて遜色無い発電コストを目指すべきである。非住宅用システムの利用方法として電力の自家消費を考えたとき、買電電力料金よりも低い発電コストが実現できれば、導入メリットが生じる。すなわちグリッドパリティの考え方である。2012年の電力料金は、全国平均で15.7円/kWhで東京電力、中部電力、沖縄電力を除けば、14円/kWh台である。そこで、2020年の発電コスト目標を14円/kWhとする。

さらに2030年には、発電事業者にも選択される電源となるべく、従来型火力発電並あるいはそれ以下となる発電コスト7円/kWhを目指すこととする。

これらの値は、第2章で述べた算出方法によるものであり、過去NEDOが掲げていた目標の考え方では、2020年目標、2030年目標、それぞれ7円/kWh台、3円/kWh台に相当する。

○ 太陽光発電の導入形態・用途

太陽光発電の本来の特性を考えれば、発電事業以外の用途も広がる。用途にあった発電能力や要求特性を満たすことができれば、新たな市場の創出も可能である。実際、有機系太陽電池や薄膜太陽電池には、軽量、着色等の意匠の優位性、フレキシブル、低照度でも発電可能等の特性を有するものが開発されつつある。

これらを生かし、利用形態の多様化が進められるべきである。また、新しい低コスト設置技術の開発によって、以下のような様々な発電市場を開拓することが可能となる。また、こうした新しい設置環境での発電が可能になることで、需要に近接した場所での発電機会が増え、系統依存の程度を低減することも期待できる。

- 住 宅：ゼロ・エミッション・ハウス（ZEH）を実現
- 中 規 模：公共・産業設備（屋根置き、地上置き）、ゼロ・エミッション・ビル（ZEB）、（屋根置き、壁面設置、BIPV）、農地や多目的での設置拡大。
- 大 規 模：発電予測等系統サポート技術が整備、発電に貢献。リプレイス需要も。
- そ の 他：水上、傾斜地等、従来は適地ではないとされてきたところ場所。

6. 太陽光発電開発戦略

本章のポイント

- (1) 引き続き発電コスト低減を推進。2020年には非住宅分野で業務用電力価格並となる14円/kWhを実現すべく、結晶シリコン太陽電池のヘテロ接合技術やバックコンタクト技術の向上等の技術開発を加速。さらに、基幹電源並の発電コストとなる7円/kWh（ジェネレーションパリティ）を2030年に達成するため、多接合型高効率太陽電池や新材料を用いた有機／無機ハイブリッド型太陽電池等の開発も進める。住宅分野では、蓄電池やHEMS（Home Energy Management System）等と組み合わせた価格でも導入意欲が湧く発電コストを目指す。
- (2) また、発電システムとしての信頼性を向上するとともに、リサイクルシステムを構築する等の大量導入社会を支える基盤技術の開発を進める。
- (3) さらに、産業の川下展開や利用形態の多様化、高付加価値技術の創出によって市場の拡大、競争力強化を目指す。

本章では、5つの課題それぞれに対し、開発の方向性を提示する。

特に、発電コスト低減目標については、非住宅システム（設備容量10kW以上）と住宅システム（同10kW未満）の「発電コスト低減のシナリオ（ロードマップ）」を示す。

6. 1 発電コスト低減に必要な取り組み

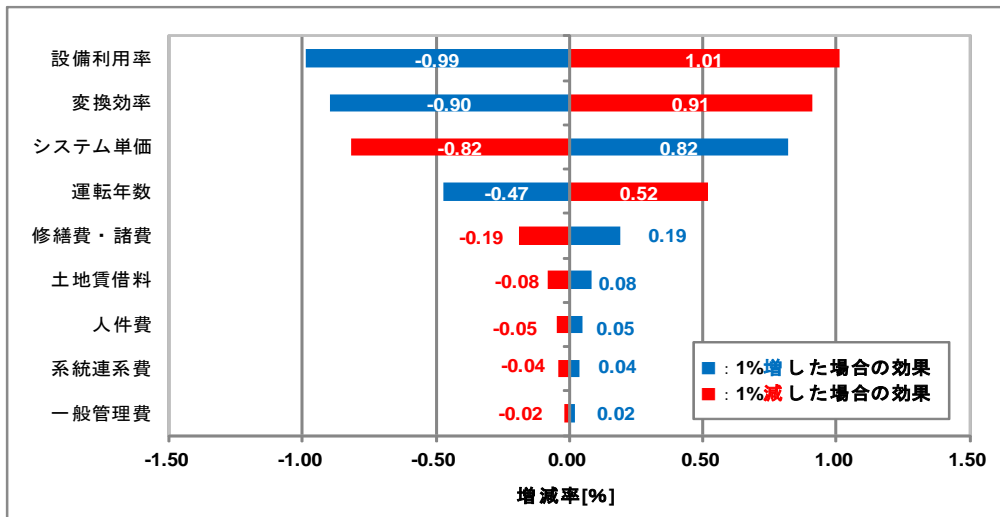
本節では、発電コストの構成要素を分析し、発電コスト低減に有効な要素を見出し、発電コスト低減のシナリオを示す。

(1) 発電コスト低減の方策

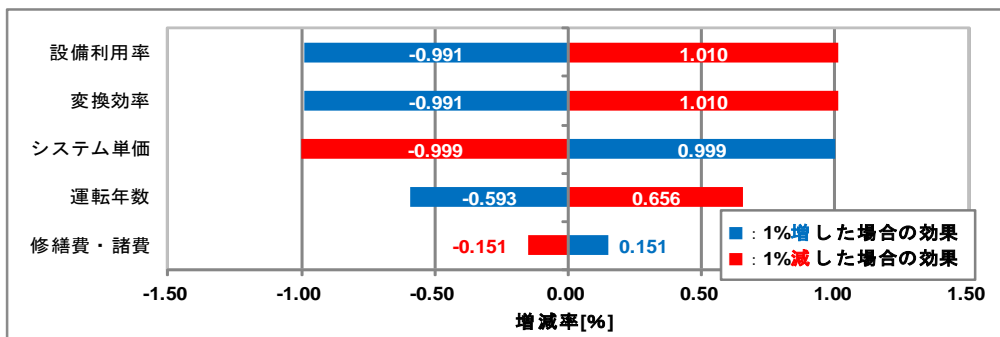
太陽光発電の発電コストの低減に必要な対策を検討するため、2012年度の調達価格等算定委員会で示された試算条件を参考に、入力パラメータ毎の発電コストに対する感度分析を行った。結果を図6-1に示す。

なお、本感度分析では、各項目をそれぞれ±1%した際の発電コストを算出し、ベースの発電コストに対する増減率を算出した。（「年」単位で計算している運転年数は、1年未満の微小変化の考察が困難であるため、±5%（±1年）増減した際の発電コストを算出し、ベースの発電コストとの差を5分の1し、増減率を算出した。）

感度分析の結果からは、「設備利用率の改善」、「変換効率の向上」、「システム単価の削減」、「運転年数の長期化」、「修繕費の削減」の順に太陽光発電の発電コスト低減に有効であることが分かる。なお、コスト構造は年々変化するので、感度分析は、状況変化が生じれば再度分析するべきものである。



(a) 非住宅用システム



(b) 住宅用システム

図 6-1 感度分析の結果

出典：NEDO 作成

以下、感度の高い（発電コスト低減への寄与が大きいと考えられる）パラメータ毎に発電コスト低減の可能性を検討する。

①設備利用率

設備利用率は、設備利用期間中、対象設備が定格出力（※）で運転したと仮定して得られる発電電力量に対する実際の発電電力量の割合であり、対象設備の発電性能を評価する指標の一つである。発電コストを議論するためには、運転年数の期間を通じた設備利用率を議論しなければならない。ここでは、それを明確にするため、「平均設備利用率」ということとする。

※ ここで、対象設備を系統接続する一般的な太陽光発電設備とすれば、ここでの定格出力とは、パワーコンディショナの定格出力である。

太陽光発電システムの想定する設備利用期間（運転年数）を 20 年とすれば、その期間の平均設備利用率は以下の式 6-1 で算出される。

$$\text{平均設備利用率}[\%] = \{ \text{総発電電力量}[\text{kWh}] \div (\text{定格出力}[\text{kW}] \times 8760[\text{h/y}] \times 20[\text{y}]) \} \times 100 \quad \dots \text{(式 6-1)}$$

太陽光発電の定格出力は、規定された基準状態（STC：Standard Test Conditions）での測定値をもって決定されるため、たとえば日射条件が基準状態よりも優れた場所にシステムを設置すると出力が増加し、設備利用率が向上する。（海外等、日射条件が異なる場所の発電コストと比較する場合は、この点に留意する必要がある。）また、日射条件のみならず、太陽電池モジュールや周辺機器の高効率化、太陽電池モジュールや周辺機器等もあわせた太陽光発電システム全体の設計最適化、太陽電池モジュールの発電性能劣化率を低減することなどの技術的対策によって、平均設備利用率を向上することも可能である。（例えば、設置するモジュール出力に対して、システム出力を小さくすることで、システムの設備利用率向上を図る例もある。）

さらに、実際の発電事業では、発電設備全体の信頼性を向上させ、発電出力の長期的な低下（劣化）や故障・不具合によるシステム停止時間の短縮（原因の早期発見と復旧）なども平均設備利用率向上の重要な要素となる。また、将来的には蓄電システムとの連携も考慮すべきと考えられる。図 6-2 右表に、設備利用率向上に有効な技術例を示す。

このように、大別すると日射条件等の設置環境と、機器性能やシステム設計等の技術力が発電電力量に影響し、設備利用率の値として表現されるが、図 6-2 に示すように複雑に関係する要素を把握し、日射環境の優れた場所の選定だけではなく、太陽電池をはじめとした個々の技術の向上とシステム全体の最適化を図ることが、発電量の増大（設備利用率の改善）、すなわち発電コスト低減へ寄与することとなる。

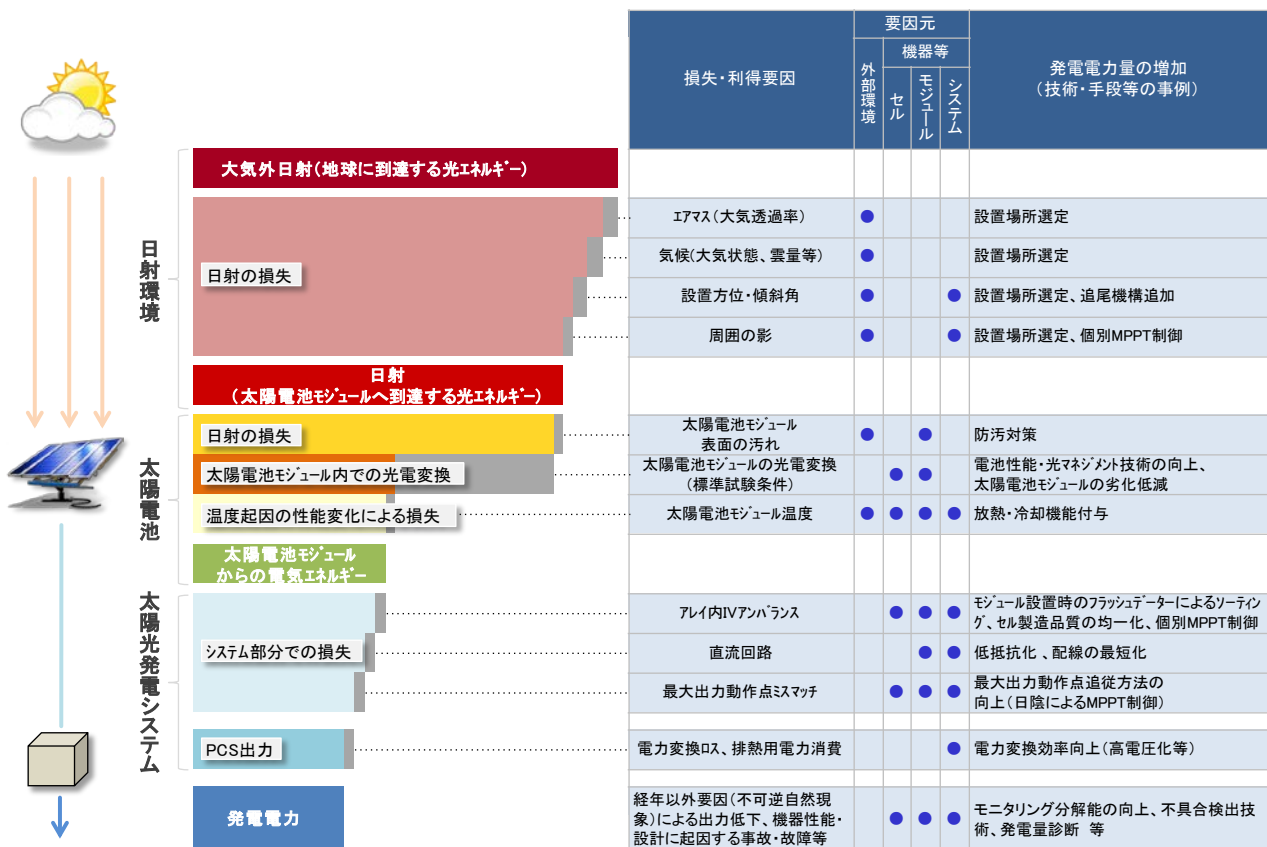


図 6-2 太陽光発電システムにおけるエネルギー損失の構造と発電電力量増大の方策例

出典：NEDO 作成

図 6-2 に示した方策の他にも、下記のような平均設備利用率向上に寄与する技術がある。

- ・ 太陽電池モジュールやパワーコンディショナをはじめとする太陽光発電システム構成機器の性能低下のメカニズム解明とそれに基づく性能低下率の低減技術
- ・ 太陽光発電システムの最適設計に具体的指針を与えるための太陽電池モジュールの発電量定格評価技術、および太陽光発電システムの発電量評価技術
- ・ 太陽電池モジュールの定格出力や発電量定格を定量的かつ高精度に評価するための基礎となる基準太陽電池校正技術の高精度化技術
- ・ 多様な構成機器や設置形態に対応した太陽光発電システムの最適設計技術
- ・ 太陽光発電システムの性能低下や故障を早期に検出する監視技術やその部位を特定するための現地検査技術
- ・ 低日照条件における変換効率向上技術

②変換効率の向上

変換効率向上は、発電コスト低減に大きく寄与する。このため、世界中の企業、研究機関が変換効率向上技術を競っている。

なお、変換効率向上による発電コスト低減は、得られる発電電力が増えるという直接的なもののほか、単位発電量当たりの必要面積の低減によるモジュール・BOS (Balance of System) などの初期費用、土地賃借料などの運転維持費等のコスト削減などにも有効である。一般に変換効率向上に有効とされる技術を表 6-1 に示す。

しかしながら、変換効率の高い太陽光発電セル・モジュールは、一般にその製造コストも高くなることから、システム単価が上昇しがちである。当然のことながら、発電コスト低減のためには、変換効率の向上とシステム単価の低減をバランス良く実現しなければならない。

表 6-1 太陽電池モジュールの開発課題（主として変換効率向上に寄与する技術）

対象分野	主として変換効率に寄与する技術の例
結晶 シリコン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超高効率セル構造（バックコンタクト技術、ヘテロジャンクション技術、ナノ構造等） ・ 表面構造（反射防止、光閉じ込め、低反発テクスチャ、光マネジメント、材料開発） ・ 電極構造（選択電極構造、新構造、低再結合） ・ 高効率裏面接合型セル構造 ・ 高効率ヘテロ接合セル構造とパッシベーション ・ 低再結合コンタクト構造、n型基板pn接合形成 ・ 裏面低再結合フラット（テクスチャレス）構造 ・ 高品質結晶シリコン材料（結晶シリコン成長技術）等
薄膜 シリコン	<ul style="list-style-type: none"> ・ アモルファスシリコン太陽電池の安定化効率改善 ・ 微結晶シリコン太陽電池の高性能化 ・ 高度光閉じ込め技術 ・ 多接合デバイス技術 ・ 透明導電膜の改善 等
C I S	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率セル構造のための新材料開発（ワイドギャップ材料等） 等
III-V族系	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規材料探索 ・ 多接合化
有機系	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高性能化、高耐久性のための新素材開発（ペロブスカイト等） ・ 多接合化 ・ 低日照条件下での変換効率評価 等
共通基盤	<ul style="list-style-type: none"> ・ (モジュール化技術) 裏面配線モジュール構造 ・ 先進的光マネジメント ・ 波長変換技術 ・ 集光技術 等

出典： NEDO 平成 24 年度成果報告書「太陽光発電技術開発動向等の調査」((株)資源総合システム作成)、及び企業・大学へのヒアリング結果をもとに NEDO 作成

③システム単価の低減

引き続き、システム単価低減の取り組みも必要である。他の性能を向上させつつ、セル、モジュール等のデバイスコスト、BOS コスト、製造コスト及び工事コスト等を低減させなければならない。

一般にコスト低減に有効とされる技術を表 6-2 に示す。

表 6-2 太陽光発電システムの開発課題（主としてシステム単価低減に寄与する技術）

対象分野	主としてシステム単価低減に寄与する技術の例	
太陽電池モジュール	結晶シリコン	<ul style="list-style-type: none"> ・キャスト結晶成長解析と結晶制御 ・薄型ウェハスライス技術、カーフの低減、ハンドリング技術 ・Ag 代替金属ペーストと仕様技術 ・低コスト量産プロセス（洗浄、pn 形成、パターンニング、薄型基板）技術 ・高スループット量産設備技術 ・代替基板形成技術（epi 技術ベース極薄基板） ・n 型シリコン結晶均一ドーピング技術（インゴット位置による比抵抗分布の縮小） ・低欠陥、低不純物によるバルクライフタイム向上技術等
	薄膜系	<ul style="list-style-type: none"> ・代替基板、代替材料とプロセス技術 ・高品質、高速、低温プロセス技術 ・低コスト、フレキシブル代替基板材料 ・低コスト高品質 TCO ・高価な原材料の低減または置換、薄型化、純度最適化等
	III-V 族系	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト製膜技術（MOCVD、基盤リサイクル等）等
	有機系	<ul style="list-style-type: none"> ・低材料コスト太陽電池（低コスト高品質 TCO） ・低コストプロセス技術（印刷、塗布等） ・高耐久性太陽電池（高バリア性材料の開発） ・軽量かつ簡易施工可能な太陽電池（フレキシブル基板） ・低日照条件で発電効率の高い高稼働率太陽電池等
	モジュール	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量化技術 ・低コストモジュール部材の開発 ・モジュール長寿命化技術等
システム構築	<ul style="list-style-type: none"> ・架台及び基礎構造の改善 ・部材量の低減や軽量化 ・施工工数の低減等 	

出典： NEDO 平成 24 年度成果報告書「太陽光発電技術開発動向等の調査」（株）資源総合システム作成）、及び企業・大学へのヒアリング結果をもとに NEDO 作成

④ 運転年数

運転年数も発電コスト低減への寄与が大きい要素の一つである。太陽光発電は、燃料不要のシステムであり、得られる発電量の収益が維持コストを上回る限り、運転年数の増加は発電コスト低減に繋がる。

しかしながら、太陽光発電システムも永久に運転が可能というわけではなく、設置環境側の制約によって、まだ発電可能な状態であっても運転停止や、太陽光発電システムそのものの撤去が必要となるケースも考えられる。例えば、既設の戸建住宅の屋根に設置した場合、住宅の立て替え時期が運転年数を制限する可能性がある。また、借地に地上設置型の太陽光発電を設置した場合は、借地の契約年限次第で太陽光発電システムの撤去をしなければならない可能性がある。従って、発電コストを検討する場合は、使用環境毎の稼働年数を考慮することが必要である。

また、太陽光発電システムの使用期間中は、当然ながら太陽光発電システムが順調に稼働することが必要である。そのためには、構成機器、設備の寿命、太陽電池モジュール自体の劣化等による制約が生じないように、太陽電池モジュールや機器類の長寿命化技術の開発が重要である。こうした信頼性向上技術の開発により、本項①で述べた設備利用率の向上や、次項⑤で述べる運転・維持経費の低減も可能となる。

一般に運転年数の伸長に有効とされる技術を表 6-3 に示す。

表 6-3 太陽光発電システムの開発課題（主として運転年数伸長に寄与する技術）

対象分野	主として運転年数伸長に寄与する技術の例
太陽電池	<ul style="list-style-type: none">・信頼性を向上させる部材・構造の開発・信頼性を正當に評価可能な試験法の開発
パワーコンディショナ	<ul style="list-style-type: none">・運転状況の常時監視による故障の早期発見・SiC パワーデバイスの開発・部品のモジュール化・電解コンデンサ長寿命化

出典： NEDO 平成 24 年度成果報告書「太陽光発電技術開発動向等の調査」（株）資源総合システム作成）、及び企業・大学へのヒアリング結果をもとに NEDO 作成

⑤ 運転維持費

初期コストに対して、維持、運転に係るコストを運転維持費という。感度分析の費目では、修繕費・諸費、人件費、一般管理費、土地賃借料がこれに相当する。

日本における太陽光発電システムは、これまで「メンテナンスフリー」が利点に挙げられており、運転維持費はあまり想定されていなかった。しかし、普及が先行している住宅用システムの長期耐久性の問題、部品点数の多い大規模太陽光発電所の長期的な維持管理の経済性の問題など、運転維持費が無視できない状況が顕在化しつつある。

現在の市場では、主にパワーコンディショナの交換費用が運転維持費の中の修繕費・諸費として見込まれているが、その長寿命化とともに、相対的に寿命の短い部品の部分交換が可能な設計や構造であれば、その交換費用の低減に寄与するであろう。

また、①で述べた太陽光発電システムの性能低下や故障の検出を低コストで実現することが可能となれば、それも運転維持費の低減に役立つと考えられる。

運転維持費低減のための具体的技術課題としては、たとえば以下があげられる。

表 6-4 太陽光発電システムの開発課題（主として運転維持費低減に寄与する技術）

対象分野	主として運転維持費低減に寄与する技術の例
設備維持	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔監視による太陽光発電システムの性能低下・故障検出技術 ・各種サイトのデーターを分析することにより、部品交換等の最適時期を算出
不具合対策	<ul style="list-style-type: none"> ・部品交換が可能な PCS の開発 ・不具合（発電量低下）の早期検出 <ul style="list-style-type: none"> ーパワーコンディショナへの機能追加 ーモジュールへの機能追加 ・安価かつ高精度の不具合検出手法の確立（必要最低限の分解能の見極め）

出典： NEDO 平成 24 年度成果報告書「太陽光発電技術開発動向等の調査」（株）資源総合システム作成）、及び企業・大学へのヒアリング結果をもとに NEDO 作成

（2）発電コスト低減のシナリオと開発目標

発電コスト低減のための方策について述べてきたが、設置環境、使用方法によって目指すべき目標や考えられる道筋は様々である。また、発電コスト算出にあたって考慮すべき費目も異なる。表 6-5 に想定されるシステム形態の例と考慮すべきコストをまとめた。

本項では、「非住宅用システム」と「住宅用システム」の発電コスト低減のシナリオを示す。

表 6-5 様々なシステム形態例と考慮する費目

	PV2030+	例① (基本形態)	例②	例③	例④	例⑤
想定される 主な使用形態		非住宅 (メガソーラー) ・大規模 地上設置	自己所有地 ・工場屋根 ・遊休地利用	自己所有地 小規模 ・農地 ・未利用地	自己所有地 中小規模 管理者共有 ・ZEB ・工場屋根	自己所有地 小規模 ・ZEH
主目的		売電	売電	主として売電	自家消費	自家消費
考慮するコスト	システム単価	システム単価	システム単価	システム単価	システム単価	システム単価
		土地造成費	土地造成費	土地造成費	土地造成費	土地造成費
		廃棄費用	廃棄費用	廃棄費用	廃棄費用	廃棄費用
		固定資産税	固定資産税	固定資産税	固定資産税	固定資産税
		系統接続費用	系統接続費用	系統接続費用		
		土地賃借料				
	運転維持費	運転維持費	運転維持費	運転維持費	運転維持費	

出典： NEDO 作成

①「非住宅用システム」の発電コスト低減シナリオ

現在の「非住宅用システム」は、主として系統への電源供給（売電）を目的として設置されている。太陽光発電が系統に接続される「電源」として定着するためには、従来型電源と比べて遜色無い発電コストを目指すべきである。非住宅用システムの利用方法として電力の自家消費を考えたとき、買電電力料金よりも低い発電コストが実現できれば、導入メリットが生じる。すなわちグリッドパリティの考え方である。2012年の電力料金は、全国平均で15.7円/kWh。東京電力、中部電力、沖縄電力を除けば、14円/kWh台である。そこで、2020年の発電コスト目標を14円/kWhとする。

さらに2030年には、発電事業者にも選択される電源となるべく、従来型火力発電並あるいはそれ以下（図2-22参照）となる発電コスト7円/kWhを目指すこととする。

これらの値は、第2章で述べた算出方法によるものであり、PV2030+でNEDOが掲げていた目標の考え方では、2020年目標、2030年目標、それぞれ7円/kWh台、3円/kWh台に相当する。

現在NEDOで取り組んでいる技術開発プロジェクト「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」で目指している変換効率等の技術開発目標の多くは達成見込みだが、これらを発電コスト低減に確実に結びつけるためには、さらなる技術開発が必要である。具体的には、従来進めていた「セル・モジュールの低コスト化、高効率化」に加え、「周辺機器・部材の低コスト化、長寿命化」、「システム効率の向上」、「O&M技術の高効率、低コスト化」等の、前項で示したような技術開発が必要である。

図6-3、図6-4に、上記目標を達成するシナリオと、それを実現するシステムの一例を示す。なお、表6-5に示したとおり、想定するシステムの設置条件によって、考慮すべき費用も異なる点に留意する必要がある。

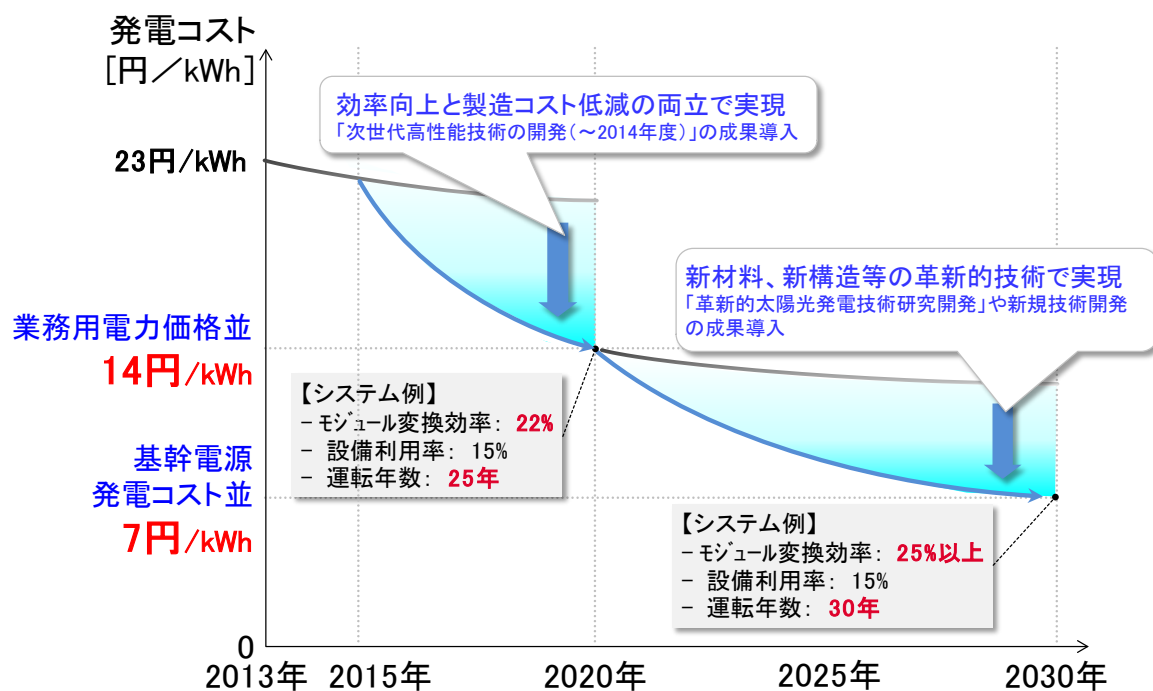


図 6-3 非住宅用システムの発電コスト目標と低減シナリオ

出典： NEDO 作成

			2013年	2020年	2030年
システム価格[万円/kWh]			27.5	20	10
運転年数[年]			20	25	30
モジュール変換効率[%]			16	22	25
設備利用率[%]			13	15	15
発電コスト [円/kWh]	メンテナンス	修繕費・諸費、人件費	5.05	3.18	1.59
	廃棄	廃棄処理費	0.48	0.23	0.09
	オペレーション	土地賃借料	1.98	1.25	1.10
		固定資産税	1.49	0.83	0.40
	初期費 (導入+系統接続)	系統連系費	0.65	0.48	0.43
		土地造成費	0.19	0.10	0.08
		システム価格	13.26	7.14	3.17
合計			23.10	13.21	6.87
うち、メンテナンス費以外			18.15	10.03	5.27

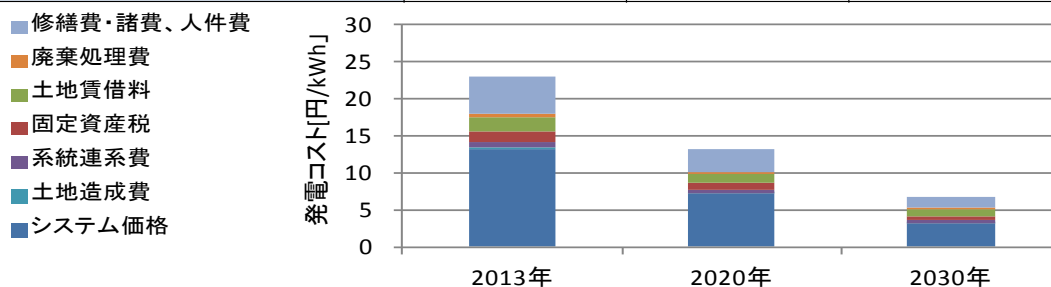


図 6-4 発電コスト低減目標を実現する非住宅用システムの例

出典： NEDO 作成

② 「住宅用システム」の発電コスト低減シナリオ

「住宅用システム」は、BOS コストが高い等の課題はあるが、家庭用電力価格の「グリッドパリティ」の実現を目前にしている。

しかし、これまで国内の住宅用システムの導入件数は 5%に満たない（戸建住宅の世帯数、約 2,700 万戸に対して、導入件数は約 120 万戸）。今後さらに「住宅用システム」の導入を進めていくためには、発電コストを一層低減して買取価格の低減を進めるほか、系統への負荷低減、家庭使用における付加価値の創出が必要である。その一例として、太陽光発電単独での発電コストを家庭用電力価格並へ低減させた先に、出力の安定化や系統への負荷低減を目的として、蓄電機能と組み合わせた「高機能システム」の開発等を進める。これを住宅用システムの発電コスト低減シナリオとして図 6-5 に示す。

<参考>

【住宅用モデルケース試算：システム単価 38.5 万円/kWh（調達価格等算定委員会）】

現状：寿命 15 年、モジュール効率 14%、設備利用率 12% → 36.6 円/kWh

目標：寿命 35 年、モジュール効率 20%、設備利用率 13% → 10.1 円/kWh

※モジュール 1 枚当たりの価格、BOS、施工の金額固定とし、EMS (Energy Management System) は現在の BOS 価格内で置き換える。

※変換効率向上に連動する、低照度特性、温度特性の改善効果を設備利用率に含む。

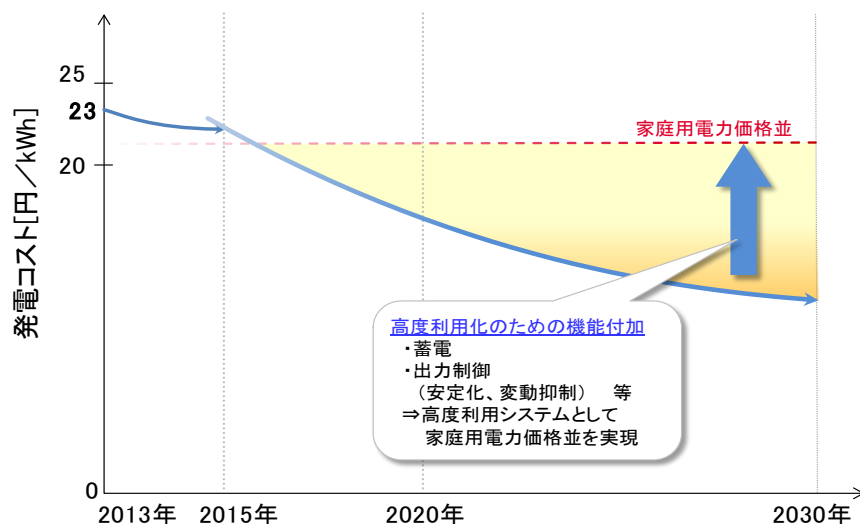


図 6-5 住宅用システムの発電コスト低減シナリオ

出典： NEDO

③コスト上昇リスク

なお、以下の事項はコスト上昇につながる可能性があり、その動静を観測しておく必要がある。

- ✓ シリコン原料の価格上昇
- ✓ 金属材料（Ag、In、Ga、Mo、Ru 等）の価格向上と供給制約
- ✓ 適地の制約
- ✓ 系統連系制約
- ✓ 為替レート変動による輸入調達品の価格上昇
- ✓ 将来のリサイクル費用負担の上昇

6. 2 信頼性の向上

(1) システムの発電量維持・評価

太陽光発電事業は、長期間に亘って一定の発電量を確保することが求められる。想定した発電量が得られなければ、事業そのものが成り立たない。導入する発電システムで期待できる発電量を予め正確に評価する技術、出力低下を回避する技術、将来の発電量を推定できる技術の確立と、その標準化が求められている。これらの取組は、モジュールやシステムの進化に併せて開発する必要がある。

NEDO では、太陽光発電システム次世代高性能技術の開発において、評価技術の開発に取り組んできたが、こうした取組の加速と、標準化に向けた取組の強化が必要である。

具体的には以下のような技術課題に関する研究開発が今後必要となる。

- ・「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」で開発された高精度性能評価技術、発電量定

格技術に基づく、太陽電池モジュール、システムが各地の実際の気象条件における日間、年間等の発電性能（Energy Production）を高精度に推定する技術の開発と検証。現状の日射 DB、スペクトル DB 等を有効かつ柔軟に利用できる技術。

- ・太陽光発電システムの故障をより早期に検出するための評価技術、およびシステム点検をより短期（短時間）で実施するための測定技術。現状の屋外測定、オンサイト測定の誤差要因となっている日射変動、スペクトル変動、温度変動による測定誤差を大幅に改善し、かつ測定時間を短縮できる技術。
- ・高性能化や新規開発が進む新型太陽電池に必要な新しい測定技術の開発、高精度化と実証。
- ・上記の性能評価技術の基礎となる基準太陽電池校正技術の高精度化（不確かさ低減）技術開発。
- ・モジュールの長寿命化、出力劣化率の低減
- ・モジュールの劣化原因解明と耐久性評価方法の確立
- ・新たな低コスト、長寿命の封止構造と材料によるモジュールの耐久性向上
- ・太陽光発電システム運転状況モニタリング
- ・太陽光発電システムに関する欠陥／故障検出技術（On-line または Off-line）、不良箇所探知等メンテナンス技術
- ・最適システム設計（構成、発電量、保守性、経済性）
- ・太陽光発電原因の火災発生防止構造の確立と火災時の安全対策
- ・特殊（過酷）環境（沿岸部（塩害による腐食）、降灰地（硫黄による腐食））での屋外信頼性評価

等

（２）その他

太陽光発電システムが付帯する構造物において火災が発生した場合に、消火活動中の消防士の感電事故を防ぐための対策技術の検討等、大量導入社会での安心・安全対策についても検討を進める必要がある。

6. 3 立地制約の解消

立地制約を解消して導入拡大を着実に進めていくためには、従来、規制や設置コスト等の理由によって導入が進まなかった分野への設置を進めることが必要である。設置可能場所が広がれば、設置場所獲得競争は緩和され、借料等の導入コストの低減効果が期待できる。また、新たな設置方法が開発され、需要地に隣接した環境での太陽光発電が可能になれば、系統接続を回避し、系統側への負担を軽減できる可能性も期待できる。

こうした効果を狙い、NEDO では、図 6-6 に示すように太陽光発電の導入が進まない未利用領域分野への太陽光発電導入拡大を目的とした「太陽光発電多用途化実証プロジェクト（2013 年～）」を実施する等の技術開発を強化していく。また、これらの取り組みを通じ、低コスト設置技術や高付加価値機能の開発による、太陽光発電の差別化技術を創出する。



図 6-6 「太陽光発電多用途化実証プロジェクト」の実施イメージ

出典： NEDO 作成

6. 4 リサイクルシステムの確立

廃棄物は、①製造工程内で発生するもの、②製造・出荷後、使用前に市場から回収されるもの、③使用後に回収されるもの、に大別される。①と②については、通常、製造メーカーが回収し適切に処分していると思われるが、大量導入を実現しつつある現在、③の使用済み廃棄物が将来大量に発生することが見込まれる。

一度市場に出た製品を適切に回収・処理するためには、回収制度の確立、低コスト処理技術の確立、汎用処理設備の開発等が求められる。制度に関しては、今後の廃棄物発生状況に応じ、対応がとられていくことと想定されるが、これを見据えて対応可能な技術を準備しておくことが重要である。

NEDO では、これまでに太陽電池の種類を問わない「汎用処理」が可能なリサイクル技術の開発を推進してきた。開発中の一貫処理フローを図 6-7 に示す。今後は、更なる処理コストの低減を目指し、処理の対象とする太陽電池の種類を限定した低コスト処理技術の開発等も推進する。

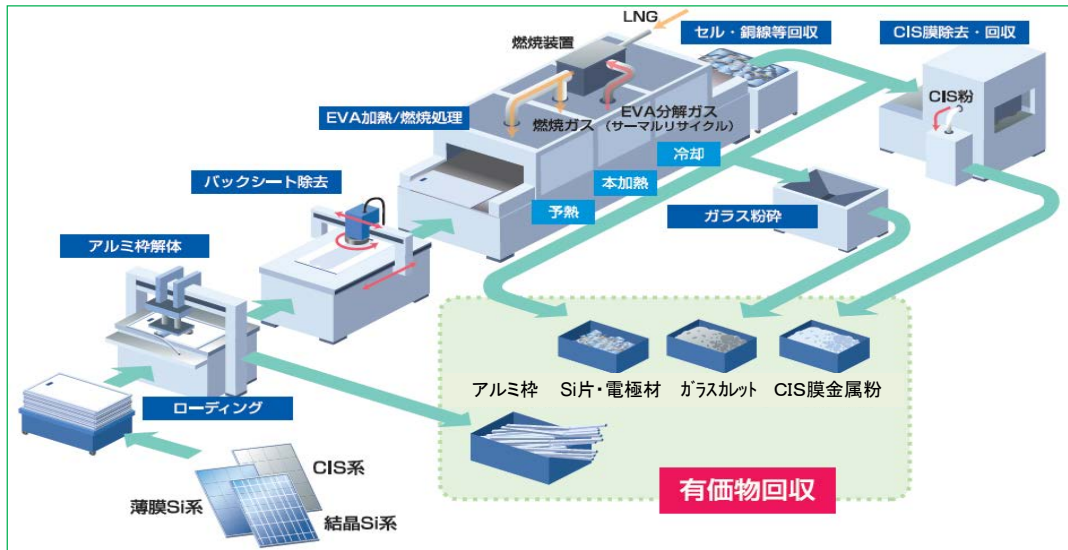


図 6-7 「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」において開発中の一貫処理フロー

出典： NEDO 作成

6. 5 産業の高付加価値化

(1) 川下展開（発電事業へ）

これまで、日本の太陽光発電市場は、住宅屋根置き型の太陽光発電システムを中心に発展してきた。2012年に開始した固定価格買取制度により、当初から大規模な発電設備の設置が進むことは予想されていたが、当初の想定を超え、図 6-8 に示すように住宅屋根置き型以上、「メガ」サイズ未満の中規模太陽光発電所（10～1,000kW 未満）の設置申請が急増した。

こうした新たなボリュームゾーンの誕生により、工場・マンション・アパート・遊休地等のオーナーを対象とした販売・施工ビジネス、O&M ビジネス、保険商品等の新たなビジネスを生みつつある。また、一部の地域では住民が資金を出し合い、共同で太陽光発電所を建設し、売電収入を得るといった事例も増えつつある。

固定価格買取制度導入前は、市場の主な担い手は大手のセル・モジュールメーカーやハウスメーカーであったが、固定価格買取制度導入後は、業種を超えた参入、地場企業の参入が相次ぎ、産業全体の裾野が大きく拡がりつつある。

海外においても、状況は同様であり、太陽光発電の川下産業における雇用創出が増えることが期待されている。表 6-6 に雇用創出効果試算の例を示す。

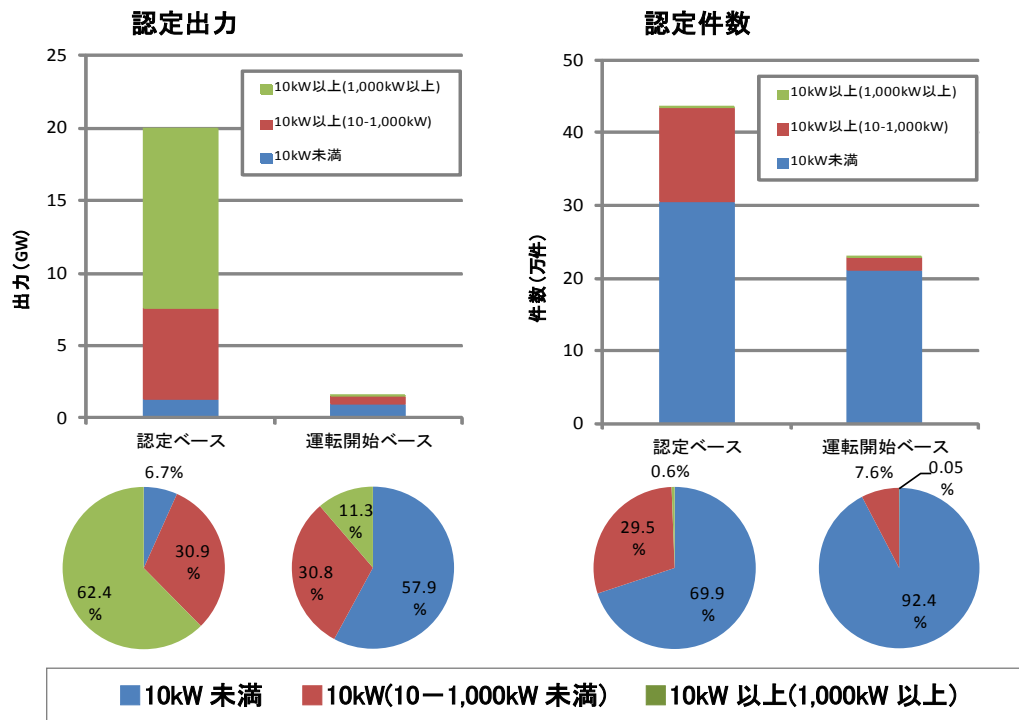


図 6-8 2012 年度に国内で設備認定および運転を開始した太陽光発電（規模別）

出典：資源エネルギー庁 HP

(http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/dl/setsubi/201305setsubi.pdf)

表 6-6 太陽光発電産業における雇用創出効果（世界）

Value chain position	2008 MW	2008 jobs per MW	2008 jobs total	2025 MW	2025 jobs per MW	2025 jobs total
Operation	14,700	0.6	8,820	340,323	0.6	204,194
PV project construction	3,480	5	17,400	19,500	2.9	70,570
Rooftop installation	2,320	20	46,400	19,500	8.8	171,649
Silicon & wafers	5,800	3.5	20,300	39,000	1.3	50,720
Cell manufacture	5,800	5	29,000	39,000	1.9	72,457
Module manufacture	5,800	6	34,800	39,000	2.2	86,948
Inverters	5,800	1.3	7,540	39,000	0.8	31,143
Research	5,800	0.4	2,320	39,000	0.15	9,582
Development & services	5,800	0.2	2,320	39,000	0.4	15,600
Total			168,900			672,139

出典：Bloomberg New Energy Finance Insight Service Research Note “Net Job Creation to 2025”, 17 June 2009

(2) 技術開発の方向性（太陽光発電を使いこなす）

こうした産業・市場の動向を踏まえ、太陽光発電分野における新たな事業・産業創出を加速するためには、これまでとは異なるアプローチが必要となってくる。すなわち、太陽光発電のための技術開発ではなく、太陽光発電を使いこなす技術開発である。これにより、価格競争からの脱却を目指す。

また、発電コストとは異なる新たな高付加価値モジュールの開発や、付加価値建築資材（BIPV等）の新たな「使い方」の創造により、新たな高付加価値技術の開発を進めていく考えである。

こうした取り組みの第一歩として、NEDOでは、図6-9に示す「有機系太陽電池実用化先導技術開発」を2012年度から開始している。このプロジェクトは、様々な付加価値創造が期待できる有機系太陽電池の実用化促進を主眼とした事業であり、様々な応用例が提案されている。

現行の太陽電池は、太陽光のエネルギー密度が低い上に、発電効率が低い。従って、エネルギー需要によっては、設備を設置するために大面積が必要となる。これが、発電コストが高い主たる要因の一つである。したがって、高い発電エネルギー密度、つまり超高効率の太陽電池を開発することは、将来の基幹電源を目指す上では欠かせない取組である。その意味で、化合物等を使った、変換効率40%以上を狙った研究開発を、さらに加速していかなければならない。

今後は、太陽電池の特長（燃料供給不要（独立電源）、長寿命、低メンテナンスコスト等）を活かした新たなアプリケーションを開発し、発電電力以外にも価値を創出する。例えば、エネルギー蓄積システム（蓄電池、揚水発電、燃料電池等）は、他の発電システム（ディーゼル発電、風力発電等）のハイブリッド発電システムにより、安定した電力の供給と設備稼働率の向上を目指した新たな「使い方」の創造、あるいは、マイクログリッドや、ZEB、ZEHにおける、エネルギーマネジメントシステムにより、BCP対応の基幹電源化によって、太陽電池の新たな応用分野を開いてゆく。



図6-9 有機系太陽電池実用化先導技術開発で取り組む新しい太陽電池の例

出典： 各社の発表資料をもとに NEDO 作成

(3) 海外市場への展開

これまでに述べた技術は、国内市場に限らず、海外市場でも十分評価を得られる技術である。導入ポテンシャルの限界や産業規模拡大の鈍化を回避するためには、海外市場への展開は避けられない。

これまで述べてきた技術開発方針は、国内のエネルギー対策として検討したものではあるが、国内市場をマザー市場とすれば結果として、それは海外市場での競争力を有するものになるはずである。

国内で基幹電源並みの発電コストを実現するシステムは、太陽光発電適地である赤道近辺の新興国における高い日射量により、設備利用率が上がり、長期間使用に耐える高信頼性により、さらに発電単価が下がり、海外での価格競争力も十分有すると考えられる。高信頼性技術に対する期待も高いであろう。また、住宅システムで提案したような太陽光発電の高度利用システムは海外での需要も大きい。高付加価値システム技術は、海外市場展開を視野に開発を進めるべきである。

これまでに太陽光発電は、投資回収を早めるため設置環境の良い場所が選ばれてきた。地域としてはヨーロッパや米国、日本が中心であったが、今後はアジアやアフリカ等のより厳しい設置環境（砂漠、熱帯気候、臨海地域、等）への導入が拡大する事が予想される。過酷な環境に耐えうるロバストな太陽光発電技術の開発で日本が優位性を示せば、海外でのビジネスチャンスは大きく広がる。過酷な環境ではメンテナンスも容易ではない。故障診断技術やメンテナンスフリー化技術等で日本のアドバンテージを確立することは重要な戦略である。

さらに、こうした海外展開を担う人材（グローバル人材）の育成も重要な課題である。そうした人材の育成には、NEDO 海外実証事業の活用や、技術開発プロジェクトへの参画等を通じ、企業の若手技術者らが、海外で活躍するための能力向上の機会を得ていくことも有効と考えられる。

7. 今後の技術開発の方向性

本章のポイント

- (1) 課題解決型プロジェクトを企画、実行。一部は、すでに第3期中期計画で措置済み。
- (2) 課題の第一は発電コスト。実社会に整合させた考え方で目標設定。
- (3) 太陽光発電を「いかに普及させるか」から「いかに使いこなすか」への転換。これまでの「作る」だけでなく、「使う」にも注力。

ここまで、現状認識（第2章、第3章）、大量導入社会の実現を前提とした課題認識（第4章）、目指すべき方向の確認（第5章）と対処方針（第6章）について述べてきた。

これらを踏まえ、NEDO は対処方針の具体化を進める。NEDO が取り組む技術開発プロジェクトを図7-1に示す。一部は、第3期中期計画にも反映し、前倒しで着手している。

取り組むべき課題の第一は、発電コスト低減である。発電コスト低減の実現については、信頼性向上技術とあわせて、太陽電池の技術開発と太陽電池以外（システムと維持管理コスト）を対象とした2つのプロジェクトを実施する。

また、立地制約の解消については、すでに開発プロジェクトを平成25年度から開始している。これをさらに発展させ、新たな太陽光発電の使い方を提案するための技術開発を開始した。産業基盤の強化に資する新たな付加価値創造を目指した技術開発プロジェクトである。

また、リサイクルの技術開発を加速すべき新たなプロジェクトを今年度から開始した。これらの各プロジェクトの概要を以下に説明する。

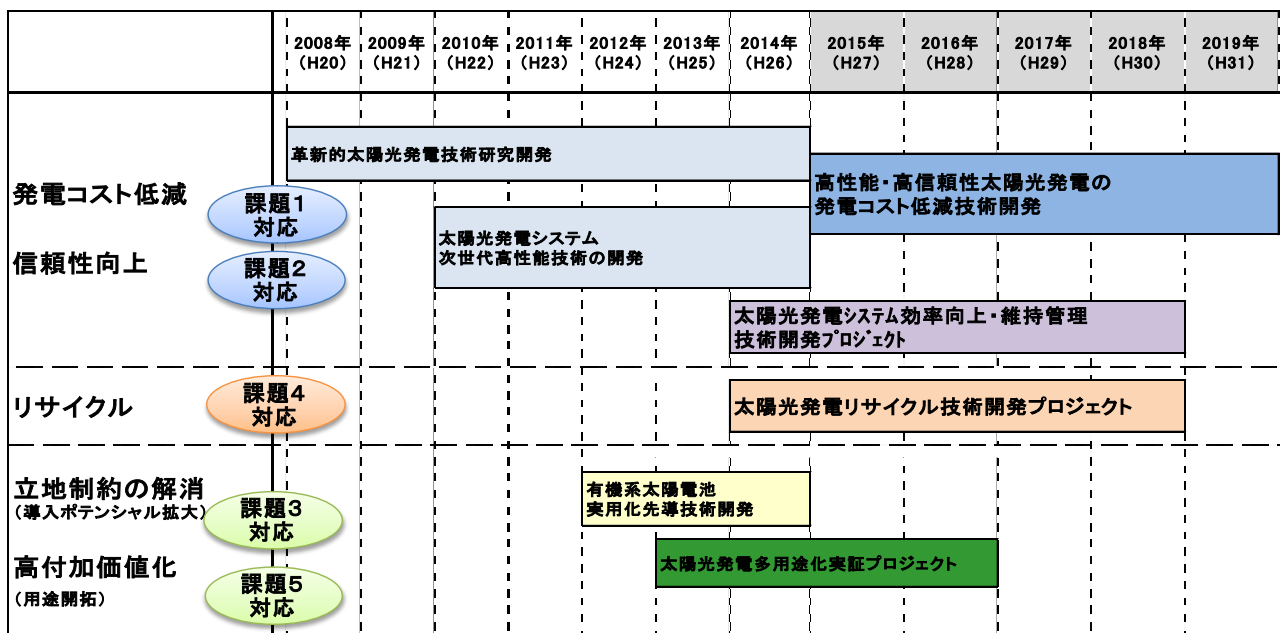


図7-1 NEDOにおける今後の技術開発プロジェクトイメージ

出典： NEDO 作成

7. 1 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発

本事業は、太陽電池の変換効率向上、製造コスト低減、信頼性向上を総合的に実現し、2030年までに発電コスト7円/kWh、2020年に発電コスト14円/kWhを実現する可能性が高い太陽電池に重点化して、変換効率向上、製造コスト低減技術、性能評価等の共通基盤技術の開発を行うもの。平成27年度開始を目指して、予算要求中である。

7. 2 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクト

本事業も太陽光発電の発電コスト低減を目指す技術開発プロジェクトである。前項の「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」と異なり、太陽電池以外の要素、すなわち、システム全体の効率向上、BOSコストや維持管理コストの低減を対象に技術開発を進める。

パワーコンディショナや架台など周辺機器において、システム効率10%向上、BOSコスト10%削減、設備の自動診断技術などにより維持管理費を30%削減することを目標として技術開発、を実証を行う。

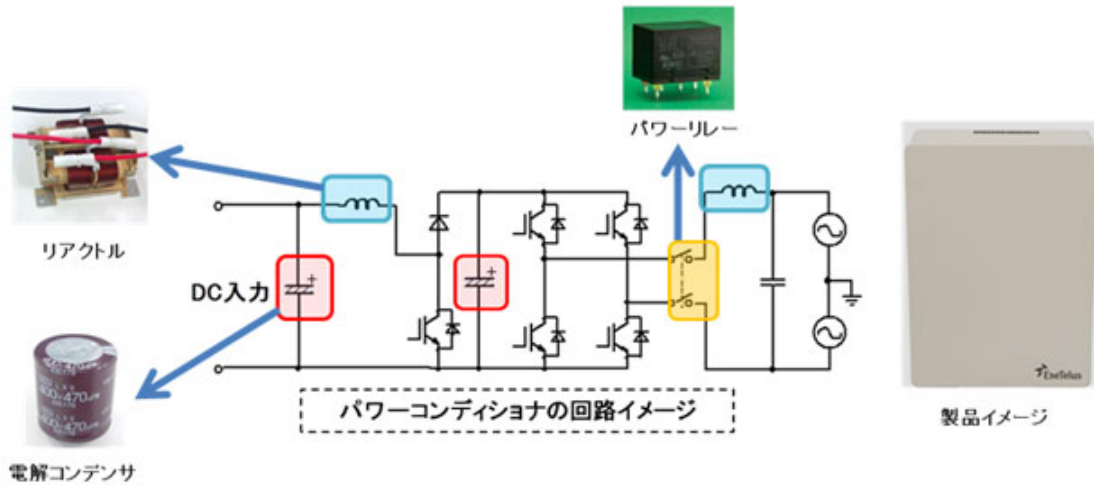
平成26年度から先行して着手している。表7-1に実施事業と実施者を示す。また、実施事業の一例を図7-2に示す。

表 7-1 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクトの実施事業と実施者

() 内が実施者。事業名、実施者は採択時のもの。

- ・ 次世代長寿命・高効率パワーコンディショナの開発 (太陽光発電技術研究組合)
- ・ 低価格角度可変式架台の開発による積雪時の発電効率向上 (株式会社ケミトックス)
- ・ 次世代長寿命・高効率 AC モジュールの開発 (太陽光発電技術研究組合)
- ・ 太陽光反射布を用いたソーラーシェアリング発電所システム効率向上の研究開発 (株式会社フォーハーフ)
- ・ 新規不具合検出機能を備えた発電量/設備健全性モニタリングシステムの開発 (ネクストエナジー・アンド・リソース株式会社)
- ・ HEMS を用いた PV 発電電力量の遠隔自動診断と故障部位把握方法の開発 (株式会社京セラソーラーコーポレーション)

住宅用パワーコンディショナの設計寿命を従来の2倍の30年に



次世代長寿命・高効率パワーコンディショナの開発（太陽光発電技術研究組合）

電解コンデンサ、パワーリレー、リアクトルの長寿命化技術によるパワーコンディショナの長寿命化および高効率化技術の開発

図 7-2 太陽光発電システム効率向上・維持管理技術開発プロジェクトの実施例

7. 3 太陽光発電多用途化実証プロジェクト

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して実施するもの。

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分野（建物の壁面、農地やビニールハウス、傾斜地、ため池や湖畔などの水上など）に対して、導入を阻害する要因を解消するため、新たな太陽電池モジュールや施工技術、低コスト化・発電量向上化技術の開発、実証を行い、ルーフトップやメガソーラー等の従来型分野と同等の発電コスト実現を目指す。

表 7-2 に実施事業と実施者を示す。また、実施事業の一例を図 7-3 に示す。

表 7-2 太陽光発電多用途化実証プロジェクトの実施事業と実施者

() 内が実施者。

- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・米と発電の二毛作 (株式会社福永博建築研究所)
- ・鉄道線路内太陽光発電 (株式会社フルーク)
- ・耐洪水対策の特種架台の設計及び施工方法の検討 (株式会社 Aスタイル)
- ・コミュニティ型ペランダソーラーの研究開発 (みんな電力株式会社)

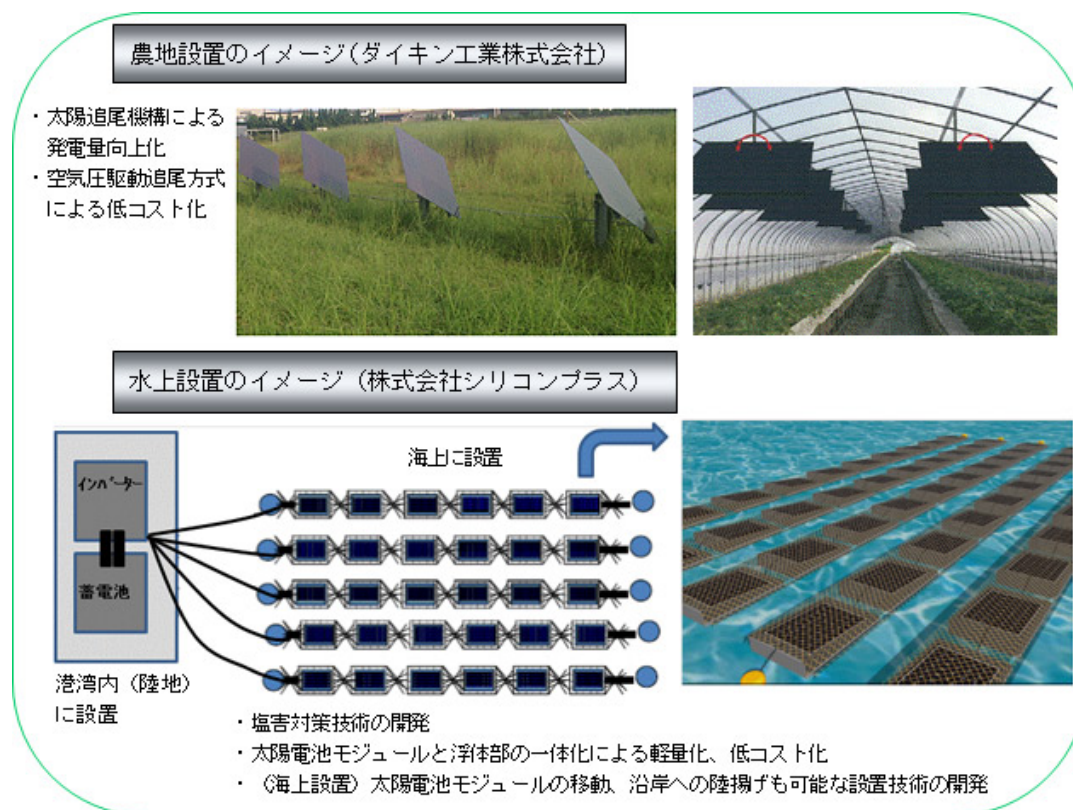


図 7-3 太陽光発電多用途化実証プロジェクトの実施例

7. 4 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト

平成 26 年度から新たに「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」を開始した。太陽電池モジュールの種類に応じた専用の分解工程とすることによる処理コスト削減、有価物の回収率向上、及び高品位の状態での回収を可能とする技術開発等を行う計画である。さらに、撤去・回収関連技術等、使用済み太陽光発電システムの適正処分を実現する技術開発にも着手し、リサイクルに関する社会システム構築に貢献することを目指している。

当該プロジェクトの開発課題と成果適用のイメージを図 7-4 に、今年度開始した事業を表 7-3 に、具体的実施事業の一例を図 7-5 に示す。

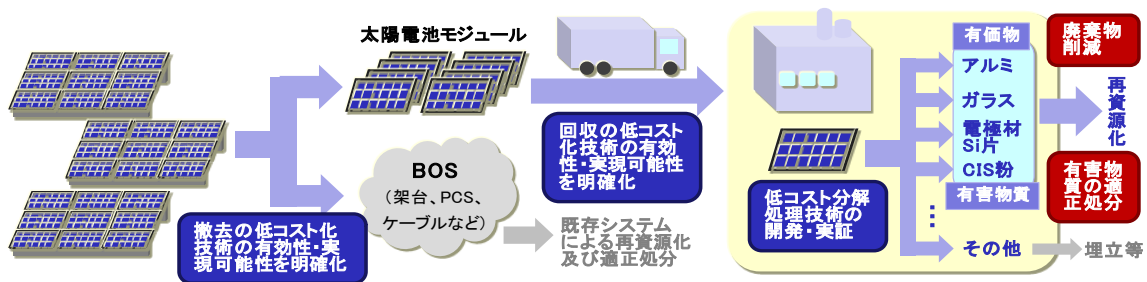


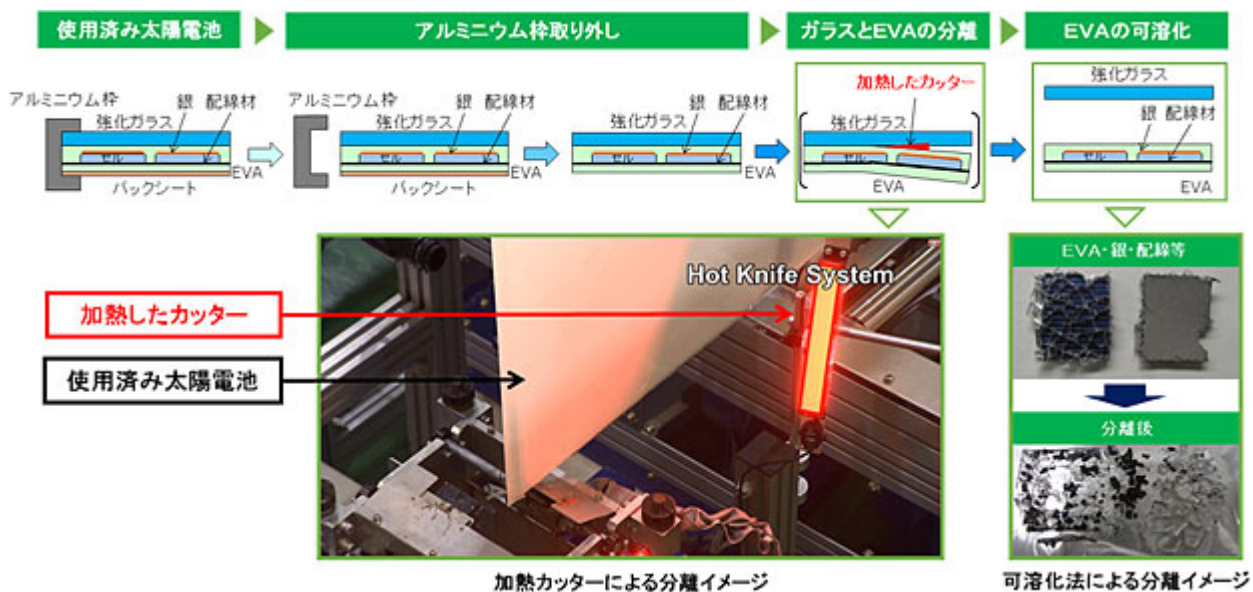
図 7-4 「太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクト」の開発課題と成果適用イメージ

出典： NEDO 作成

表 7-3 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトの実施事業と実施者

() 内が実施者。

- ・ 使用済み太陽光発電システムのリサイクル処理を安定的に実施するための課題調査（イー・アンド・イーソリューションズ株式会社、DOWA エコシステム株式会社、一般財団法人秋田県資源技術開発機構）
- ・ 廃棄物として排出される太陽電池モジュールの効率的な回収システム及び、分別に関する調査／検討（萬世リサイクルシステムズ株式会社）
- ・ 結晶シリコン太陽電池モジュールのリサイクル技術開発（三菱マテリアル株式会社）
- ・ ウェット法による結晶系太陽電池モジュールの高度リサイクル実用化技術開発（東邦化成株式会社）
- ・ 結晶シリコン太陽電池の低コスト分解処理技術の調査／開発（株式会社市川環境エンジニアリング、鹿島建設株式会社、株式会社ホンジョー）
- ・ 可溶化法を用いた使用済み太陽電池からの資源回収技術の開発（株式会社エヌ・ピー・シー、独立行政法人産業技術総合研究所、株式会社日本スペリア社）
- ・ 太陽光発電リサイクルにおける国内外動向および評価手法に関する調査（みずほ情報総研株式会社）
- ・ 太陽光発電リサイクル動向に関する調査／検討（株式会社三菱総合研究所）



可溶化法を用いた使用済み太陽電池からの資源回収技術の開発

図 7-5 太陽光発電リサイクル技術開発プロジェクトの実施例

7. 5 太陽光発電多用途化実証プロジェクト（高付加価値化）

発電以外の機能や用途を付加した太陽光発電の高付加価値化技術の開発、実証などを行う。平成 26 年度から開始。表 7-4 に示す事業を実施している。図 7-6 に一例を示す。

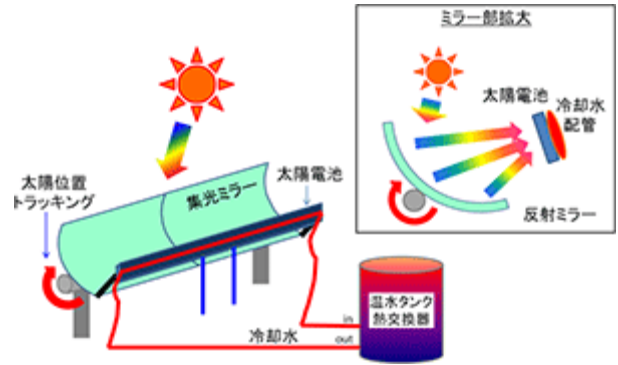
表 7-4 太陽光発電多用途化実証プロジェクト（高付加価値化）の実施事業と実施者

() 内が実施者。

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)
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)
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)
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)
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)
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)



(a) 低倍率集光システム



(b) 熱電ハイブリッド集光システム概略図

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)

図 7-6 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) 実施例

Ⅲ. 参考資料

(参考資料 1) 太陽電池セルの変換効率の変遷

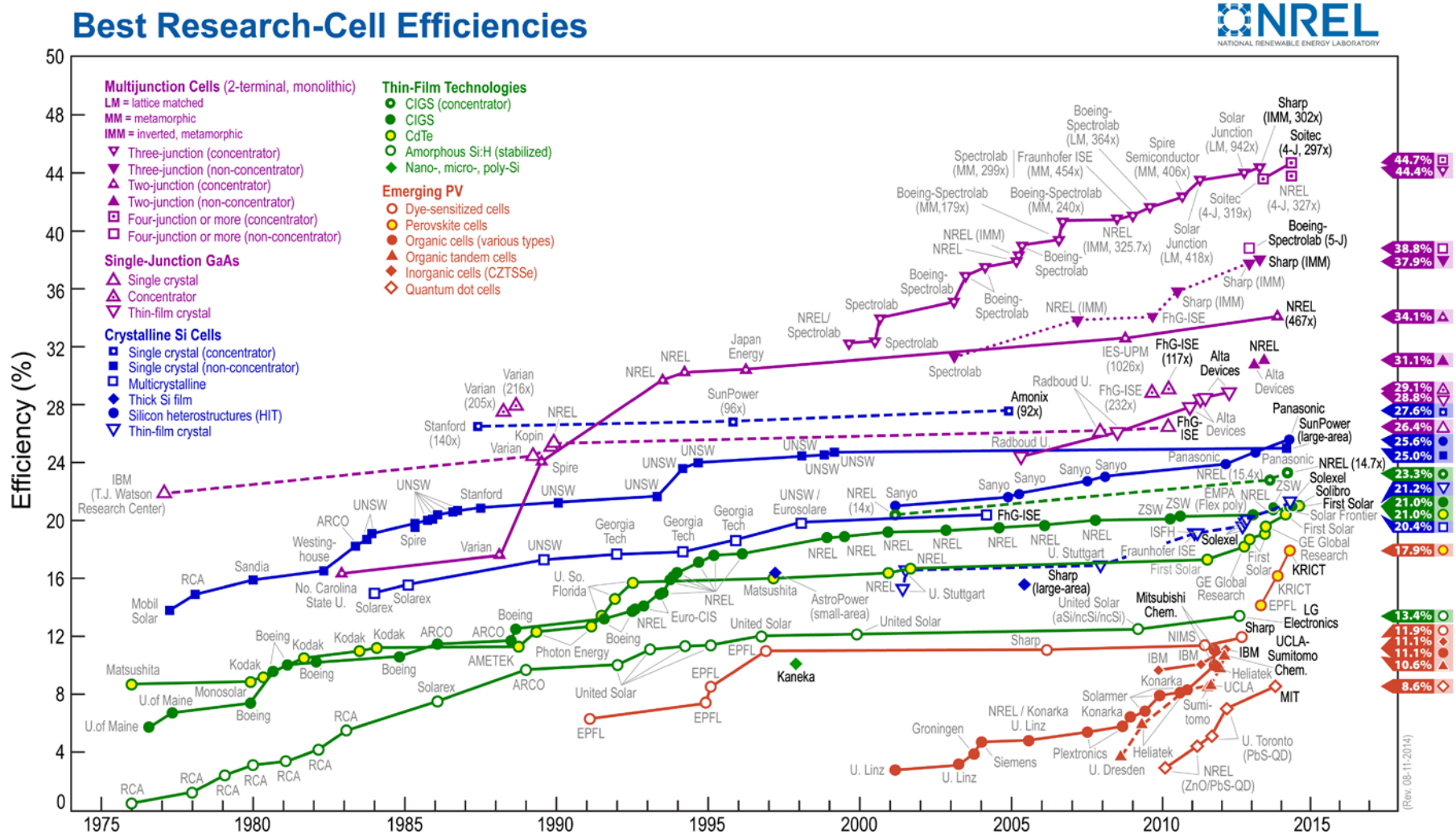


図 1-1 太陽電池セルの変換効率の変遷 (2014年8月11日版)

出典: http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg

(参考資料 2) 太陽光発電技術に関する各国の公的資金投入状況

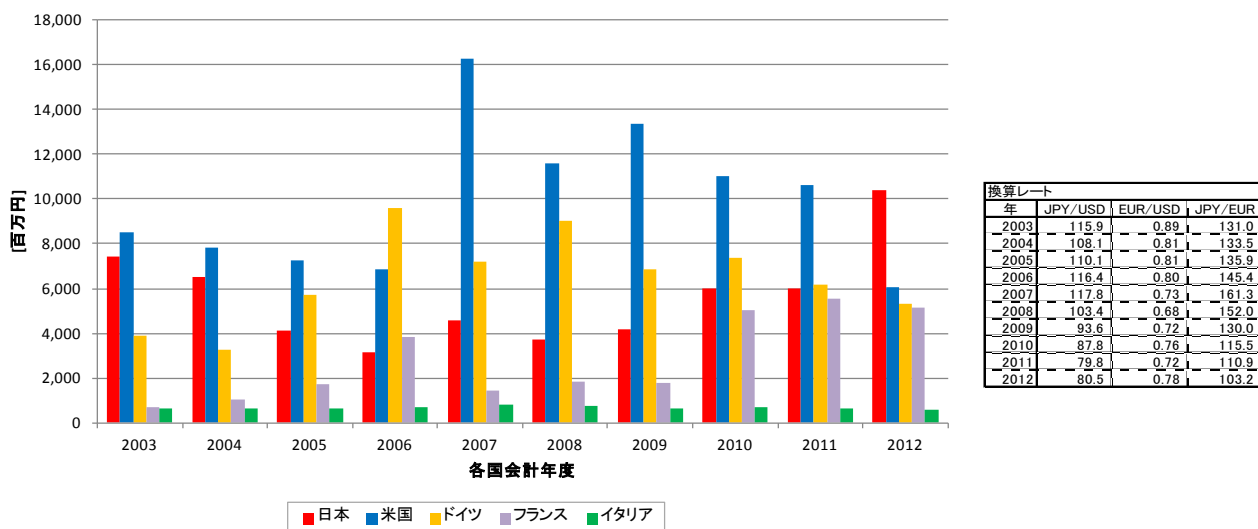


図 2-1 主要国における太陽光発電技術開発予算

出典：

(日本)

IEA PVPS, National Survey Report of PV Power Application in Japan 各号

(米国)

DOE, Budget Justification 各号

(ドイツ)

～2010：(財)資源総合システム「太陽光発電技術開発動向等の調査」(平成 23 年度 NEDO 委託業務成果報告書, 平成 24 年 3 月)

2011：IEA PVPS, National Survey Report of PV Power Application in Germany 2011, 2012

2012：Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, 2012 Annual Report, July 2013

※2009-2011 年は BMU、BMBF による合計予算の最小値、2012 年は BMU 予算のみ

(イタリア)

～2010：(財)資源総合システム「太陽光発電技術開発動向等の調査」(平成 23 年度 NEDO 委託業務成果報告書, 平成 24 年 3 月)

2011：IEA PVPS, National Survey Report of PV Power Application in Italy 2011, 2012

2012：IEA PVPS, National Survey Report of PV Power Application in Italy 2012, 2013

(フランス)

～2010：(財)資源総合システム「太陽光発電技術開発動向等の調査」(平成 23 年度 NEDO 委託業務成果報告書, 平成 24 年 3 月)

2011/2012：IEA PVPS, National Survey Report of PV Power Application in France 2012, 2013

※2011-2012 年は 2 年間合計 100 万 EUR となっており、便宜的に各年 50 万 EUR とした。

(参考資料 3) 太陽光発電における環境貢献：化石燃料使用量の削減効果

・試算における各種条件等

試算する 効果指標	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光発電電力による化石燃料使用削減量 ・ 化石燃料を輸入原油と仮定した輸入支出削減額
試算対象年	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1993～2012年（これまでの推移） ・ 2012～2030年（今後の見通し・期待）
前提条件（1）、 データソース等 （1995～2012年）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光発電導入量 <ul style="list-style-type: none"> - 各年末累積導入量（Ref: IEA PVPS） ・ 太陽光発電による発電電力量 <ul style="list-style-type: none"> - 当該年前年末における累積導入量に基づく発電電力 - 設備利用率 12% ・ 化石燃料使用削減量への換算係数（電力熱効率） <ul style="list-style-type: none"> - ～1999年 : 2,250 kcal/kWh - 2000～2004年 : 2,150 kcal/kWh - 2005年～ : 2,105 kcal/kWh（Ref: EDMC） ・ 原油換算に用いた原油発熱量 <ul style="list-style-type: none"> - ～1999年 : 9,250 kcal/L - 2000年～ : 9,126 kcal/L （Ref: EDMC） ・ 原油輸入価格 <ul style="list-style-type: none"> - 月別輸入量・価額による年平均価格（Ref: 貿易統計）
前提条件（2）、 データソース等 （2013～2030年）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽光発電導入量 <ul style="list-style-type: none"> <ケース1> <ul style="list-style-type: none"> - 年間導入量 : 年々増加 - 2030年末累積導入量: 100 GW <ケース2> <ul style="list-style-type: none"> - 年間導入量 : 2.67GW/年（～2020）、2.5GW/年（～2030） - 2030年末累積導入量: 53 GW ・ 太陽光発電による発電電力量（前提条件（1）に同じ） <ul style="list-style-type: none"> - 当該年前年末における累積導入量に基づく発電電力、設備利用率 12% ・ 化石燃料使用削減量への換算係数（電力熱効率） <ul style="list-style-type: none"> - 2,105 kcal/kWh （前提条件（1）における 2005年～の値） ・ 原油換算に用いた原油発熱量 <ul style="list-style-type: none"> - 9,126 kcal/L （前提条件（1）における 2000年～の値） ・ 原油輸入価格 <ul style="list-style-type: none"> - 前提条件（1）の 2012年平均価格に対し、World Energy Outlook 2013（IEA）による伸び率（Current Policies Scenario: 2012年価額）を適用

・試算結果

		ケース 1	ケース 2
化石燃料使用削減量	2030年（単年）	原油換算 21.9 百万 kL/年	原油換算 12.2 百万 kL/年
	2030年までの累積	原油換算 170 百万 kL	原油換算 132 百万 kL
輸入原油と仮定した輸入支出削減	2030年（単年）	1.57 兆円/年	0.88 兆円/年
	2030年までの累積	11.3 兆円	8.6 兆円

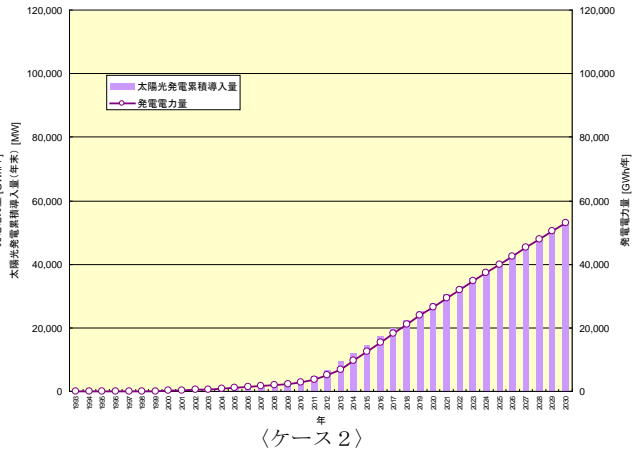
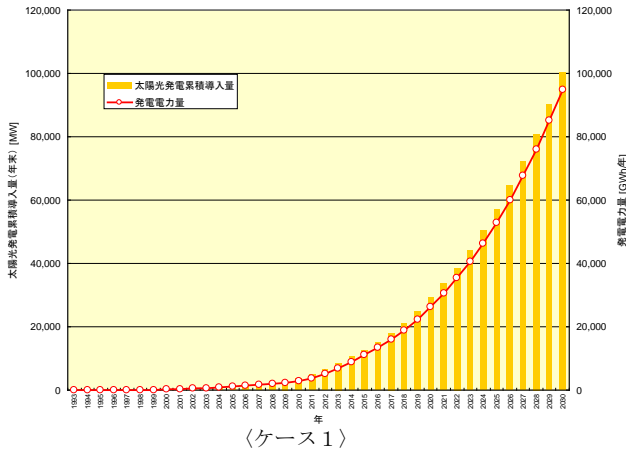


図 3-1 太陽光発電導入の推移

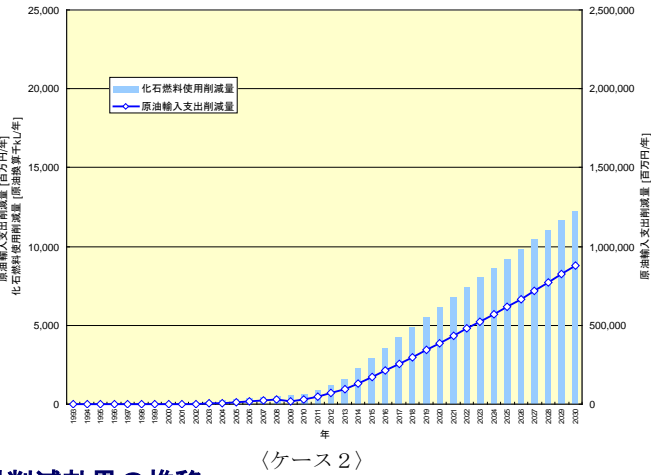
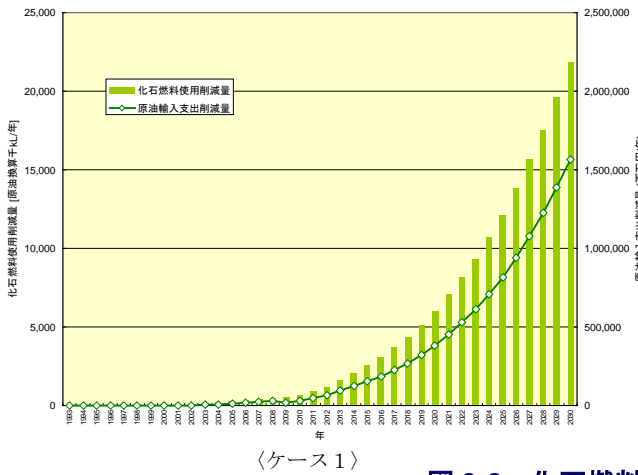


図 3-2 化石燃料削減効果の推移

(参考資料 4) 日本国内における電力価格試算

試算① 販売収入と販売電力量から試算される電力価格

<2012年度における電力会社別電力販売収入>

		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計
電灯料	百万円	253,967	554,538	2,335,119	810,260	160,811	1,010,697	406,121	198,935	591,514	6,321,962	70,755	6,392,717
電力料	百万円	286,553	807,620	3,040,363	1,444,190	266,489	1,343,556	586,683	261,183	768,910	8,805,547	86,066	8,891,613

<2012年度における電力会社別販売電力量>

		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計
電灯	MWh	11,817,914	25,152,801	95,277,454	35,491,705	8,538,935	49,012,437	18,942,633	9,624,834	29,509,461	283,368,174	2,851,605	286,219,779
電力	!特定規模需要以外	MWh	2,695,569	4,016,944	10,889,700	6,124,215	1,348,988	5,942,049	1,738,112	5,203,528	40,387,664	3,306,180	43,693,844
	!特定規模需要	MWh	16,670,422	48,662,792	162,865,810	84,936,520	18,187,410	86,799,991	16,047,156	49,073,992	520,520,145	1,156,002	521,676,147
計	MWh	31,183,905	77,832,537	269,032,964	126,552,440	28,075,333	141,754,477	58,647,244	27,410,102	83,786,981	844,275,983	7,313,787	851,589,770

<販売収入と販売電力量からみた単価>

		北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	9社計	沖縄	10社計
電灯	kWh/円	21.5	22.0	24.5	22.8	18.8	20.6	21.4	20.7	20.0	22.3	24.8	22.3
電力	kWh/円	14.8	15.3	17.5	15.9	13.6	14.5	14.8	14.7	14.2	15.7	19.3	15.7

出典：電気事業連合会 HP より NEDO 作成

試算② 電気料金や電力消費量から試算される電力単価（家庭用電力のみ）

一般家庭における電力需要が 300kW/月と仮定し、電気料金を用いて家庭における電力単価を試算。

- ・電気料金（平成 26 年 3 月末まで）

			単位	平均 (該当するメニュー がある電力会社 分)	北海道電力 (平成25年9月1 日～平成26年3月 31日)	東北電力 (～平成26年3月 31日)	東京電力 (～平成26年3月 31日)	北陸電力 (～平成26年4月 の検計日前日ま で)	中部電力 (～平成26年3月 31日)	関西電力	中国電力 (～平成26年3月 31日)	四国電力 (～平成26年3月 31日)	九州電力 (～平成26年4月 30日)	沖縄電力 (～平成26年3月 31日)	
従量電灯B	基本料金	10A	1契約	283.50	325.50	315.00	273.00	231.00	273.00				283.50		
		15A	1契約	425.25	488.25	472.50	409.50	346.50	409.50				425.25		
		20A	1契約	567.00	651.00	630.00	546.00	462.00	546.00				567.00		
		30A	1契約	850.50	976.50	945.00	819.00	693.00	819.00				850.50		
		40A	1契約	1,134.00	1,302.00	1,260.00	1,092.00	924.00	1,092.00				1,134.00		
		50A	1契約	1,417.50	1,627.50	1,575.00	1,365.00	1,155.00	1,365.00				1,417.50		
		60A	1契約	1,701.00	1,953.00	1,890.00	1,638.00	1,386.00	1,638.00				1,701.00		
	電力量料金	契約容量1kVAにつき		1kVA	374.50						378	388.50	357.00		
		最初の120kWhまで		1kWh	17.98	19.33	17.73	18.89	16.96	17.05	17.97	17.14	16.20	16.65	21.86
		120kWhをこえ280kWhまで*		1kWh	25.34	25.34									
		280kWhをこえる分		1kWh	28.64	28.64									
		120kWhをこえ300kWhまで		1kWh	22.98		24.18	25.19	20.66	21.09	22.12	22.96	21.47	22.00	27.15
		300kWhをこえる分		1kWh	25.57		27.95	29.10	22.30	22.52	25.38	24.75	24.27	24.86	29.04
最低月額料金*2			1契約	256.12	239.4	249.90	224.45	172.52	222.60				300.30	383.69	

* 1 沖縄電力だけは、10kWh をこえ 120kWh まで。

* 2 沖縄電力だけは、最初の 10kWh まで。

出典：電力会社 HP より NEDO 作成

試算②- 1： 電力価格（基本電力+従量電力）

				北海道電力	東北電力	東京電力	北陸電力	中部電力	関西電力	中国電力	四国電力	九州電力	沖縄電力	販売電力量 による 加重平均
買電単価	10A	1契約	10A	24.24	22.65	23.58	19.95	20.38	21.72	21.93	20.55	20.81	25.58	22.18
	15A	1契約	15A	24.78	23.18	24.04	20.34	20.84	22.35	22.57	21.15	21.28	25.58	22.68
	20A	1契約	20A	25.33	23.70	24.49	20.72	21.29	22.98	23.22	21.74	21.75	25.58	23.19
	30A	1契約	30A	26.41	24.75	25.40	21.49	22.20	24.24	24.52	22.93	22.70	25.58	24.19
	40A	1契約	40A	27.50	25.80	26.31	22.26	23.11	25.50	25.81	24.12	23.64	25.58	25.19
	50A	1契約	50A	28.58	26.85	27.22	23.03	24.02	26.76	27.11	25.31	24.59	25.58	26.19
	60A	1契約	60A	29.67	27.90	28.13	23.80	24.93	28.02	28.40	26.50	25.53	25.58	27.19
各社の電灯電力販売量(2012年度) [百万kWh]				11,818	25,153	95,277	35,492	8,539	49,012	18,943	9,625	29,509	2,852	

試算②- 2： 売電価格や電力消費量から試算される電力価格（家庭用電力のみ）

				北海道電力	東北電力	東京電力	北陸電力	中部電力	関西電力	中国電力	四国電力	九州電力	沖縄電力	販売電力量 による 加重平均
買電単価				23.16	21.60	22.67	19.18	19.47	20.46	20.63	19.36	19.86	24.31	21.17
各社の電灯電力販売量(2012年度) [百万kWh]				11,818	25,153	95,277	35,492	8,539	49,012	18,943	9,625	29,509	2,852	

注) 各社の電灯電力販売量は、試算①の電灯科の電力量を参照

(参考資料 5) 日本国内における導入ポテンシャル

(NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第 2 版より)

日本の導入ポテンシャル（ここでは、導入ポテンシャルは「自然要因（標高、傾斜など）、法規制（自然公園、保安林など）などの開発不可地を除いて算出したエネルギー量」と定義する）については、さまざまな試算が行われている。

住宅の導入ポテンシャルについては、表 4-1 に示すように経済産業省によって、屋根・屋上への設置は 65GW、側壁を加えた場合には 91GW と試算されている。非住宅については、表 4-2 に示すように経済産業省と環境省、農水省がそれぞれ試算を行っているが、各省によって試算の範囲や条件が異なるため、数値にはばらつきがある。公共系建物その他業務分野産業分野は 20.3GW～52GW と試算されている。低・未利用地や耕作放棄地におけるポテンシャルも大きく、環境省では 34.6GW～97GW を見込んでおり、公共系建物と合わせた導入ポテンシャルは最大で 150GW と試算している。

農林水産省は、平成 25 年 4 月 1 日に「支柱を立てて営農を継続する太陽光発電設備などについての農地転用許可制度上の取り扱いについて」を公表している。これによって、条件付きではあるが、耕作地の利用が可能となった。2012 年度に NEDO が行った導入ポテンシャル調査の結果によれば、耕作地全面積に対して、導入ポテンシャルとして約 380GW（耕地全面積の 10%導入が進んだ場合）が試算されている（図 4-1、図 4-2 は NEDO 調査結果の概要）。

なお、導入ポテンシャルに対する導入可能量〔経済性（固定価格買取制度、収益率など）を考慮して、導入ポテンシャルから絞り込んだエネルギー量〕は、将来的な導入目標を設定する際の重要なファクターとなるため、物理的・社会的制約などを十分に考慮した上で、現実的な試算を行うことが重要である。

表 4-1 太陽光発電の導入ポテンシャル試算例（住宅、既設+新增設）

		屋根・屋上*1	側壁	屋根・屋上に側壁を加えた合計
経済産業省	戸建て住宅*2	49GW	—	49GW
	集合住宅	16GW	26GW	42GW
合計		65GW	26GW	91GW

*1：物理的制約（屋根・屋上等への設置可能比率、戸建住宅の屋根形状）のほか、耐震基準適合や戸建て住宅の空室率を考慮

*2：戸当たり導入量として、現在の戸建て住宅の平均的な導入量（4kW/戸）を想定

出典：エネルギー・環境会議，コスト等検証委員会報告書，2011，p.34 をもとに NEDO 作成

表 4-2 太陽光発電の導入ポテンシャル試算例（非住宅、既設+新增設）

		公共系建物その他業務 分野産業分野	低・未利用地 (最終処分場、交通・ 運輸分野など)	耕作放棄地など	合計
経済産業省	側壁なし	20.3GW	(18~39GW)	(3~140GW)	—
	側壁あり	44GW			—
環境省	レベル 1	24GW (220 億 kWh)	16GW (15 億 kWh)	33GW (300 億 kWh)	59GW (540 億 kWh)
	レベル 3	52GW (440 億 kWh)	27GW (240 億 kWh)	70GW (640 億 kWh)	150GW (1,300 億 kWh)
農水省		—	—	55GW (580 億 kWh)	—

出典：エネルギー・環境会議，コスト等検証委員会報告書，2011，p.34 をもとに NEDO 作成

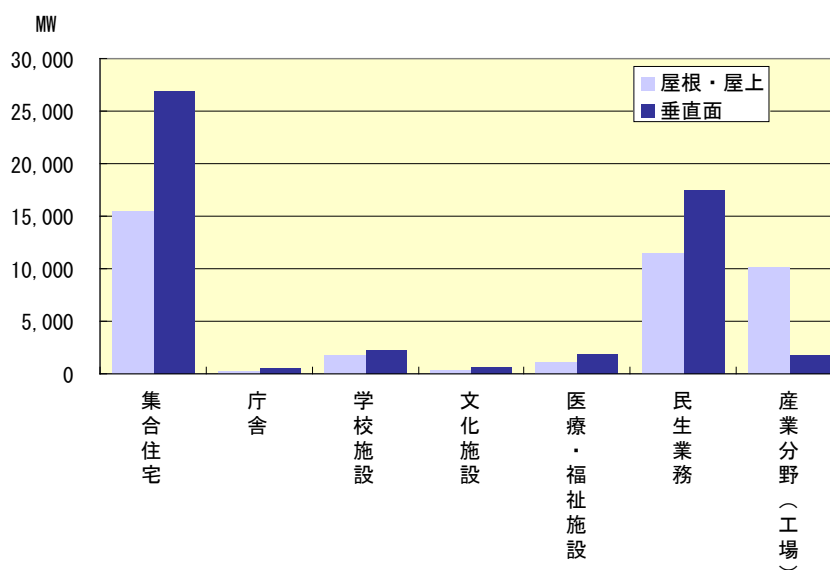


図 4-1 建物の導入ポテンシャル

出典：表 4-3,表 4-4,表 4-5 をもとに NEDO 作成

表 4-3 建物の導入ポテンシャルの推計条件

分類		制約条件		導入ポテンシャル推計			
		物理的制約条件	その他制約条件	設置角度	想定アレイ効率	アレイ面積 (m ² /kW)	必要面積 (m ² /kW)
集合住宅	屋根・屋上	49.9% (設置不可能面積、パネル以外必要面積除く)	33-67% (耐震基準等)	10度	15%	6.67	8.58
	垂直面	25.0% (出入り口、近隣建物隣接面等除く)	33-67% (耐震基準等)	90度	15%	6.67	6.67
非住宅	屋根・屋上	49.9% (設置不可能面積、パネル以外必要面積除く)	36-76% (耐震基準等)	30度	15%	6.67	11.55
	垂直面	25.0% (出入り口、近隣建物隣接面等除く)	36-76% (耐震基準等)	90度	15%	6.67	6.67

出典：みずほ情報総研(株)編，太陽光発電における新市場拡大等に関する検討（2013,NEDO）

表 4-4 建物（集合住宅）の導入ポテンシャル推計まとめ

	導入可能規模 (単位：GW)			
	物理的制約条件	その他の制約条件		
		1日当たり日照時間別分布		
屋根・屋上	25.2	15.5	5時間以上	9.0
			3～5時間	4.1
			1～3時間	1.8
			1時間未満	0.5
側壁	40.3	26.7	5時間以上	15.3
			3～5時間	7.2
			1～3時間	3.2
			1時間未満	0.9

出典：みずほ情報総研(株)編，太陽光発電における新市場拡大等に関する検討（2013,NEDO）

表 4-5 建物（非住宅）の導入ポテンシャルの推計まとめ（単位：MW）

種別		屋根・屋上				側壁	
		設置角度 0 度		設置角度 30 度		設置角度 90 度	
		物理的 制約条件	その他 制約条件	物理的 制約条件	その他 制約条件	物理的 制約条件	その他 制約条件
庁舎	本庁舎	341	159	197	92	342	159
	支庁・地方事務所	273	127	157	73	273	127
	国有財産	409	190	236	110	410	191
	小計	1,023	476	591	275	1,025	477
学校施設	幼稚園	96	42	55	24	72	32
	小学校	2,865	1,230	1,654	710	2,154	924
	中学校	1,720	738	993	426	1,293	555
	高等学校	1,249	543	721	314	939	409
	中等専門学校	1	1	1	0	1	0
	高等専門学校	54	23	31	13	41	17
	大学	799	339	461	196	600	255
	短期大学	7	3	4	2	5	2
	専修大学	30	13	17	7	22	10
	保育所	190	81	110	47	143	61
	小計	7,012	3,012	4,048	1,739	5,272	2,264
文化施設	文化施設	1,253	683	724	395	1,047	571
	小計	1,253	683	724	395	1,047	571
医療・福祉 施設	医療施設（病院）	2,002	1,522	1,156	879	1,864	1,416
	医療施設（診療所）	39	29	22	17	36	27
	その他福祉施設	765	412	442	238	712	384
	小計	2,806	1,964	1,620	1,134	2,612	1,828
民生業務 施設	事務所	6,716	4,202	3,878	2,426	7,913	4,951
	店舗	6,445	4,359	3,721	2,517	5,998	4,057
	倉庫	7,977	4,421	4,606	2,553	4,287	2,376
	福利厚生施設	387	251	224	145	359	233
	ホテル・旅館	828	525	478	303	1,346	854
	文教用施設	2,995	1,665	1,729	961	2,962	1,646
	宗教用施設	1,657	639	957	369	1,267	489
	ビル型駐車場	171	138	99	80	131	105
	その他の建物	5,021	3,664	2,899	2,115	3,841	2,803
	利用していない建物	199	89	115	51	173	77
	小計	32,397	19,954	18,704	11,520	28,275	17,591
産業施設 （工場）	産業分野	29,927	17,483	17,279	10,094	2,916	1,719
	小計	29,927	17,483	17,279	10,094	2,916	1,719
合計		74,418	43,572	42,965	25,156	41,147	24,449

出典：みずほ情報総研(株)編、太陽光発電における新市場拡大等に関する検討（2013,NEDO）

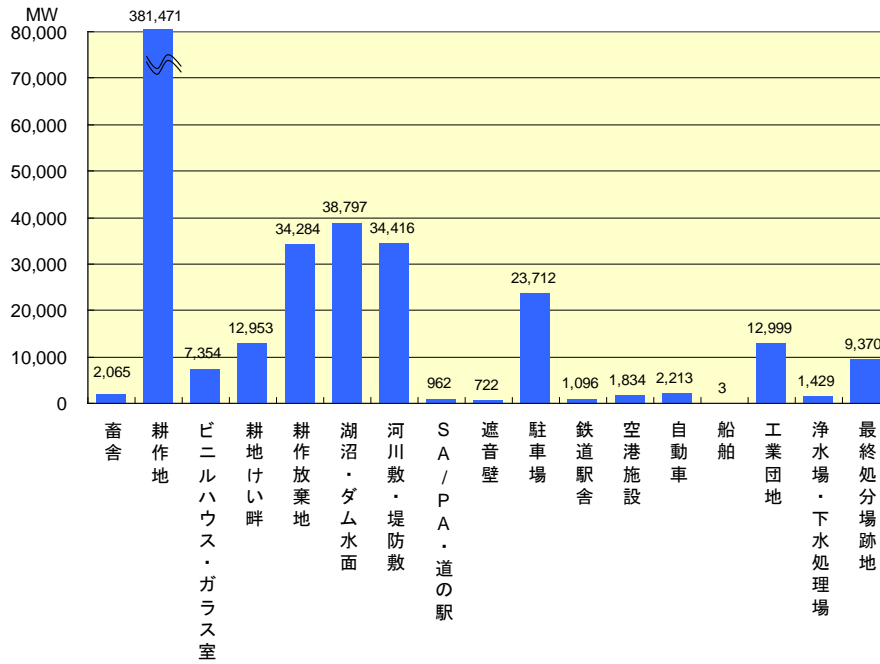


図 4-2 建物以外の導入ポテンシャル

出典：みずほ情報総研(株)編，太陽光発電における新市場拡大等に関する検討（2013,NEDO）

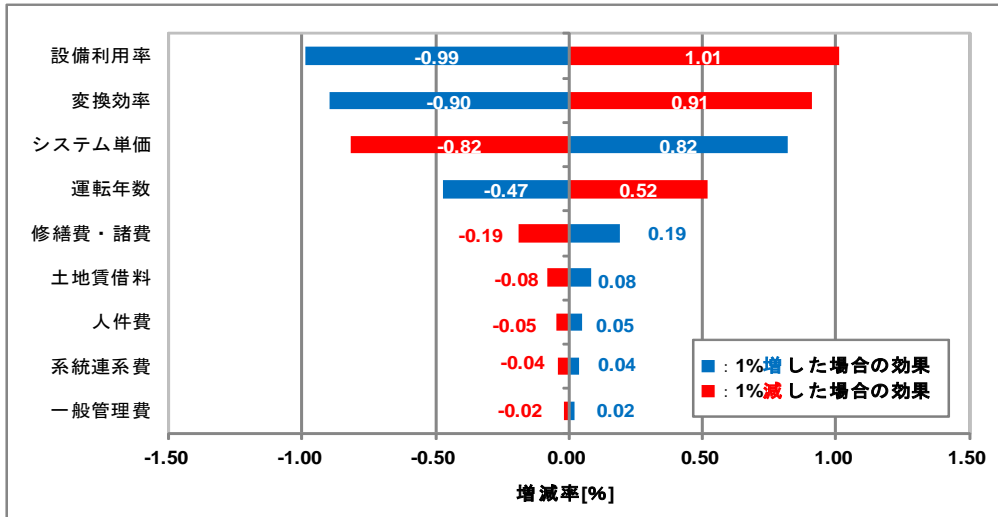
表 4-6 建物以外の導入ポテンシャルの推計条件

分類	導入ポテンシャル推計			
	設置角度	想定アレイ効率	アレイ面積 (m ² /kW)	必要面積 (m ² /kW)
遮音壁、 ビニルハウス・ガラス室	90度または0度	15%	6.67	6.67
自動車	乗用車100W, 貨物車：普通車1.5kW、小型車360W、軽自動車180W			
船舶	6.75m ² /kW			
上記以外	30度	15%	6.67	11.55

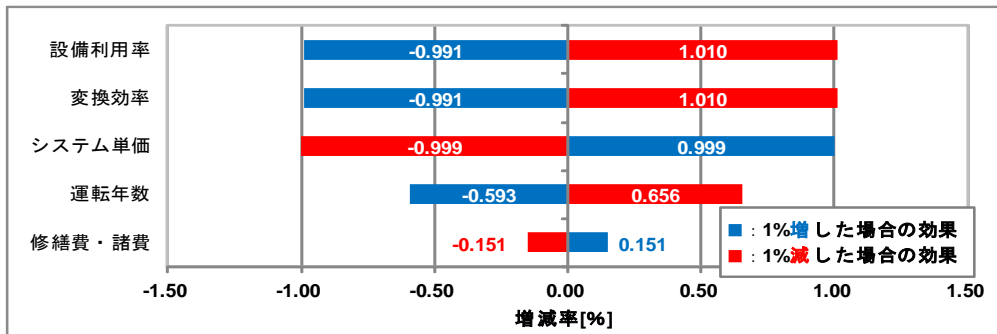
出典：みずほ情報総研(株)編，太陽光発電における新市場拡大等に関する検討（2013,NEDO）

(参考資料 6) 最新の感度分析について (最新結果等)

①調達価格等算定委員会にて、2013 年度調達価格算定時に示された条件を参考に、実施した感度分析結果 (「Ⅱ. 本文 6. 1 (1)」の提示情報の再掲)



(a) 非住宅用システム



(b) 住宅用システム

考慮する前提条件 (各費目間の相関)

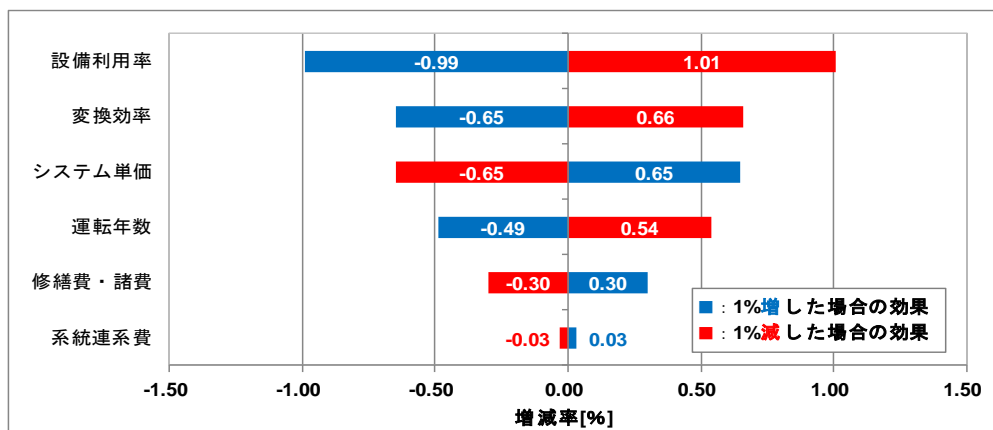
調達価格等算定委員会 (コスト等検証委員会) での前提

- ✓ システム単価 ∞ 修繕費・諸費
- ✓ 修繕費・諸費 ∞ 一般管理費

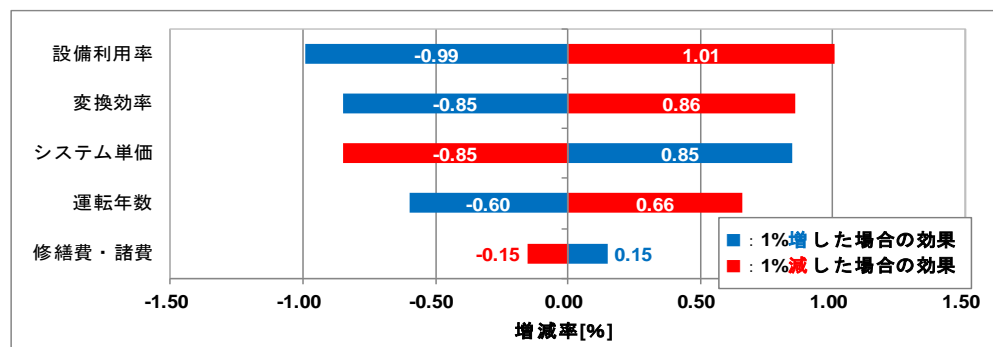
NEDO 独自で追加した前提

- ✓ 1 / Δ変換効率 ∞ Δ土地賃借料
- ✓ 1 / Δ変換効率 ∞ Δ土地造成費
- ✓ 1 / Δ変換効率 ∞ Δモジュール製造コスト
- ✓ Δシステム単価 ∞ Δモジュール製造コスト
- ✓ Δシステム単価 ∞ Δ (システム単価 - モジュール製造コスト)
- ⇒ 1 / Δ変換効率 ∞ Δシステム単価

②調達価格等算定委員会にて、2013年度調達価格算定時に示された条件を参考に、実施した感度分析結果（案1）



(a) 非住宅用システム



(b) 住宅用システム

考慮する前提条件（各費目間の相関）

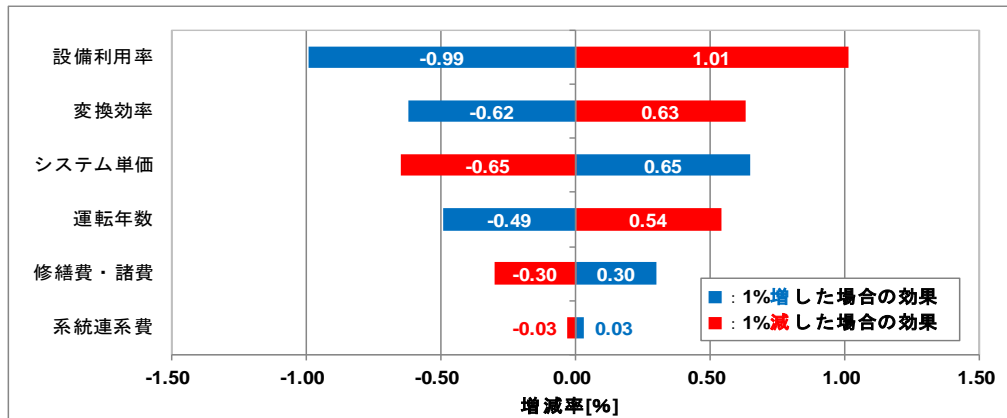
調達価格等算定委員会（コスト等検証委員会）での前提
なし

NEDO 独自で追加した前提

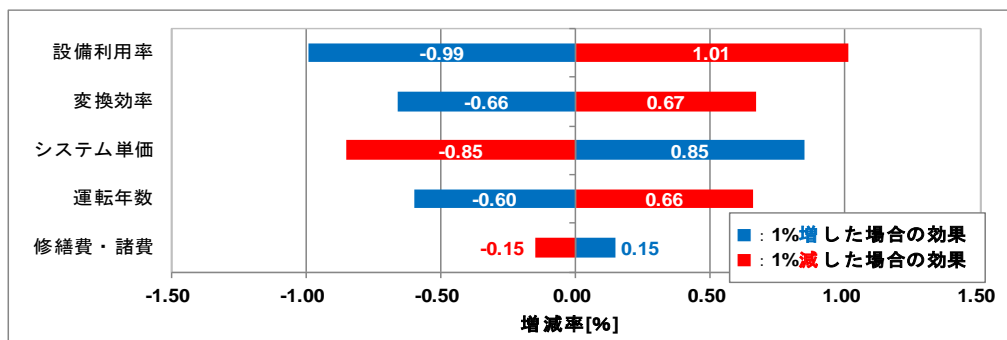
- ✓ $1/\Delta$ 変換効率 \propto Δ 土地賃借料*
 - ✓ システム単価 \propto Δ （運転維持費－土地賃借料）
 - ✓ $1/\Delta$ 変換効率 \propto Δ 土地造成費
 - ✓ $1/\Delta$ 変換効率 \propto Δ モジュール製造コスト
 - ✓ Δ システム単価 \propto Δ モジュール製造コスト
 - ✓ Δ システム単価 \propto Δ （システム単価－モジュール製造コスト）
- ⇒ $1/\Delta$ 変換効率 \propto Δ システム単価

* 運転維持費に土地賃借料が含まれるため、これを抽出。感度分析上、基本ケースとして、「土地賃借料：150円/㎡」「所要面積：15㎡/kW」を条件として設定した。

③調達価格等算定委員会にて、2013年度調達価格算定時に示された条件を参考に、実施した感度分析結果（案2）



(a) 非住宅用システム



(b) 住宅用システム

考慮する前提条件（各費目間の相関）

調達価格等算定委員会（コスト等検証委員会）での前提
なし

NEDO 独自で追加した前提

- ✓ $1/\Delta$ 変換効率 $\propto \Delta$ 土地賃借料*
- ✓ システム単価 $\propto \Delta$ （運転維持費－土地賃借料）
- ✓ $1/\Delta$ 変換効率 $\propto \Delta$ 土地造成費
- ✓ $1/\Delta$ 変換効率 $\propto \Delta$ （モジュール価格＋架台費＋工事費）・・・【非住宅】
（非住宅は自然エネルギー財団のデータを参照。システム単価の約83%相当。）
- ✓ $1/\Delta$ 変換効率 $\propto \Delta$ （モジュール価格＋標準工事費）・・・【住宅】
（住宅は(株)資源総合システムのデータを参照。システム単価の約78%相当）

* 運転維持費に土地賃借料が含まれるため、これを抽出。感度分析上、基本ケースとして、「土地賃借料：150円/㎡」「所要面積：15㎡/kW」を条件として設定した。

【補足】③の前提において参照したシステム単価内費目構成

<円/W>		2012	
		RTS データ (※1)	
住宅用	モジュール	282	61.7%
	PCS	48	10.5%
	その他周辺機器	52	11.4%
	標準工事費	75	16.4%
	計	457	100.0%

※1：(株)資源総合システム「太陽光発電マーケット 2013」(2013年7月)

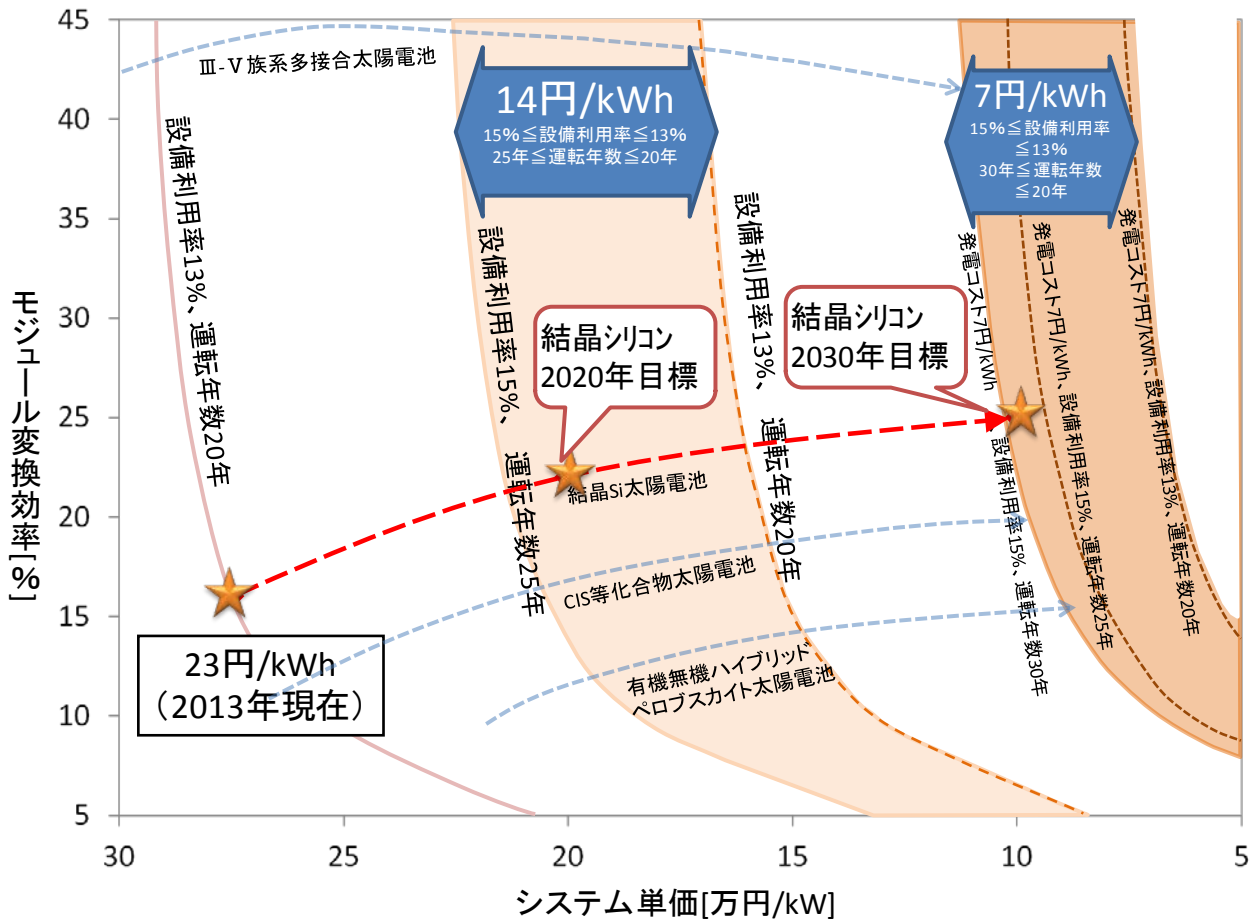
<円/W>		2012-2013	
		自然エネルギー財団 (※2)	土地造成費、接続、 その他を除いた構成比
非住宅用	モジュール	43%	49%
	PCS	12%	14%
	架台	11%	13%
	受変電設備	3%	3%
	工事費	19%	22%
	土地造成費	3%	
	接続	2%	
	その他	7%	
	計	100%	

※2：(公財)自然エネルギー財団「太陽光発電事業の現況とコスト 2013」(2013年12月)

http://www.jref.or.jp/images/pdf/20131220/reports_20131220.pdf

(参考資料 7) 発電コスト目標達成のイメージ

発電コスト目標達成のシナリオは一つではない。



作成体制

太陽光発電技術戦略検討委員会（所属は平成 25 年度末時点）

委員長

高倉 秀行 立命館大学 理工学部電気電子工学科 教授

委員

一木 修 株式会社資源総合システム 代表取締役社長

稲葉 道彦 株式会社東芝 社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 技監

植田 譲 東京工業大学大学院 理工学研究科 電子物理工学専攻 助教

近藤 道雄 独立行政法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所
所長代理

塩 将一 積水化学工業株式会社 住宅カンパニー 商品開発部
商品企画部 環境・快適住宅推進G グループ長

瀬川 浩司 東京大学 先端科学技術研究センター 産学連携新エネルギー研究施設長
教授

仁木 栄 独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター
研究センター長

森本 弘 シャープ株式会社 ソーラーシステム事業本部 技監

橋本 道雄 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部長

山田 宏之 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
太陽光発電グループ 主任研究員

オブザーバー

伊藤 隆庸 経済産業省 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 課長補佐（平成 25 年度から）

佐藤 光伸 経済産業省 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 太陽エネルギー担当（平成 25 年度から）

今村 真教 経済産業省 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 課長補佐（平成 24 年度まで）※所属は当時

是安 俊宏 経済産業省 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 太陽エネルギー担当（平成 24 年度まで）※所属は当時

事務局

名倉 将司 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
太陽光発電グループ 主査

山本 厚行 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
太陽光発電グループ 主査

河本 桂一 みずほ情報総研株式会社 環境エネルギー第 2 部 エネルギーチーム
シニアマネジャー

太陽光発電多用途化ワーキンググループ

植田 讓	東京工業大学大学院 理工学研究科 電子物理工学専攻 助教
大関 崇	独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター システムチーム 研究員
小野塚 能文	株式会社日本設計 環境・設備設計群 グループ長
西川 省吾	日本大学 理工学部 教授
松川 洋	株式会社資源総合システム 調査事業部 上席研究員
濱田 哲也	独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部 太陽光発電グループ 主査

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

新エネルギー部 太陽光発電グループ

石村 正憲	主査
上西 章太	主査
魚住 学司	主査
小田 和彦	主査
木場 篤彦	主任 (平成 26 年 5 月末まで)
小間 聡	主査 (平成 24 年度まで)
名倉 将司	主査 (平成 25 年度まで)
西村 隆雄	主査
野口 甚一	主査
長谷川 真美	主任
濱田 哲也	主査
藤岡 靖	主査
穂積 潤一	主査
松野 繁	主査 (平成 24 年度まで)
山田 成英	主査
山本 厚行	主査 (平成 26 年 4 月末まで)

修正履歴

2014年10月20日web掲載版

p7	2.1	「30GW」⇒「39GW」
p14	図2-10	単位の誤記を修正。「W/円」⇒「円/W」
p14	図2-10	出典：「2010および2013」⇒「2014」
p35	3.2 (3)	重複部分の削除。
p64	図6-9	誤記修正。

事前評価書

		作成日	平成25年4月19日
1. プロジェクト名	次世代材料評価基盤技術開発（旧：次世代グリーン・イノベーション評価基盤技術開発） 研究開発項目②：有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発（新規テーマの追加）		
2. 推進部署名	電子・材料・ナノテクノロジー部		
3. プロジェクト概要（予定）			
(1) 概要			
1) 背景			
<p>我が国の材料メーカーは、その高い技術力により我が国の経済社会の発展を支えているが、技術の高度化によりそのビジネスの競争環境は激化している。そのため、材料メーカーと材料を使って製品を製造するユーザー間の垂直連携、材料メーカー間の水平連携の強化など材料メーカーの競争力の強化を図ることが喫緊の課題となっている。</p>			
2) 目的			
<p>本事業は、次世代化学材料に関し材料メーカーとユーザーが共通して活用できる評価基盤技術を開発する。これにより、次世代化学材料に関する材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案力の強化を図ることとする。</p> <p>本事業で開発する材料評価手法は、材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーションを活発化する手段として、事業終了後も双方が継続して活用できるものを目指す。</p> <p>本事業の対象は、今後の需要の拡大が予想されている有機エレクトロニクス材料のうち、有機EL材料及び以下に示す有機薄膜太陽電池材料とする。</p> <p>有機EL材料については、研究開発項目①として有機EL材料の評価基盤技術開発（平成22年度～平成27年度）を実施しており、平成25年度からは、研究開発項目②（以下、「本研究開発項目」という。）として有機薄膜太陽電池材料の評価基盤技術開発を追加する。</p>			
<p>【有機薄膜太陽電池材料】</p> <p>再生可能エネルギー市場の中で市場が急激に拡大している太陽電池の中で、有機薄膜太陽電池は、従来の太陽電池と比較して軽量化や低コスト化の面で優位性があるため実用化・普及が期待されている。</p>			

有機薄膜太陽電池に必要とされる有機半導体材料、基板フィルム、バリア材料、接着剤といった材料は、技術的に我が国の材料メーカーが優位性を持っている。したがって、この分野での優位性を維持・発展させていくことが重要となっている。

3) 実施内容

材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化を目的として、材料メーカーおよびユーザーの双方が活用できる有機薄膜太陽電池材料の評価手法を確立する。

(2) 規模

研究開発項目② 平成25年度予算（一般）3.5億円（委託）

(3) 期間

研究開発項目② 平成25年度～29年度（5年間）（予定）

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

本研究開発項目で目標とする材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価基盤技術は、事業終了後も様々な有機薄膜太陽電池材料の開発に広く活用される必要がある。また、開発の難易度が高く、材料メーカーだけでなく、ユーザーや公的研究機関の協力が必要と考えられる。以上のことから、民間企業のみではなし得ない、産学官を連携したプロジェクトとして位置付けることができ、NEDOによる実施は妥当である。

2) 目的の妥当性

近年のビジネス競争激化の環境の下で、新規材料の開発期間をできるだけ短くするためには、材料メーカーとユーザーとの間で材料特性などの摺合せ期間を短縮することが必要となっているが、材料技術が高度化する中で、両者間のコミュニケーションは以前よりもむしろ難しくなっている。

現状において材料メーカーがユーザーに示している開発段階の材料の特性等のデータは、各社がそれぞれ独自の評価手法により取得しているため、ユーザーは客観的な評価が難しく、結局ユーザー自らがその材料の初期的な特性から改めて評価しているのが実態である。またユーザーが自ら実施した材料評価の結果は、材料メーカー側に全てが開示されないことがあるため、材

料メーカーは材料開発に十分なフィードバックをかけにくくなっている。結果的に、材料メーカーとユーザーの間では新規の材料開発に関するコミュニケーションが十分にとれず、結果的に摺合せに長時間を要している。

こうした状況を解決するためには、材料評価基盤技術として、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発することが必要となっている。材料評価手法に関して材料メーカーとユーザーが「共通のものさし」を持つことにより、ユーザーが実施する評価と同じ観点で材料メーカー自身も評価ができるようになり、双方のコミュニケーションが円滑化することが期待できる。さらに、共通の評価手法によって材料メーカーが開発段階の材料特性等のデータを取得してユーザーに提供すれば、ユーザーはそのデータを受け入れやすくなる。こうしたことにより、新規材料の開発期間の短縮化が期待できる。

本研究開発項目では、有機薄膜太陽電池材料メーカーとユーザーとの間のコミュニケーション強化、および、材料メーカーからの提案力強化のために、材料メーカー及びユーザーが共通して活用できる材料評価手法を開発する。

材料開発に関して両者間のコミュニケーションが活発になれば、材料を使用するユーザー視点のノウハウを材料メーカーも蓄積できるようになり、材料メーカーからユーザーへのソリューション提案力も強化されることから、

有機薄膜太陽電池材料メーカーの競争力の向上に貢献するものであり、本研究開発項目の目的は妥当である。

(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

本研究開発項目は国の政策等を踏まえた取り組みである。また、開発の難易度も高く、産学官の連携が必要である。さらに、有機薄膜太陽電池材料メーカーの競争力の向上に貢献するものであることから、NEDOプロジェクトとして妥当である。

(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

本研究開発項目では、有機薄膜太陽電池材料について、材料メーカーおよびユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立する。確立した材料評価手法は活用しやすいようにドキュメント化を行う。

確立した材料評価手法を材料メーカーとユーザーが共通して広く活用することで、新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化、および材料メーカーによるユーザーに対するソリューション提案の強化を図ることが期待できるため、目標は妥当である。

2) 実施計画の想定と妥当性

前半の3年間で、ガラス基板およびフレキシブル基板を用いた基準素子、性能評価、寿命評価等有機薄膜太陽電池の材料評価に必要な技術を開発し、材料評価手法確立の見通しを得る。後半の2年間では、有機薄膜太陽電池材料に関し、材料メーカーおよび材料を使って製品化を行うユーザーが共通して活用できる基準素子、性能評価、寿命評価等材料評価手法を確立することを想定しており、計画として妥当である。

3) 評価実施の想定と妥当性

本研究開発項目は5年間で実施する予定である。(1) 事業の位置付け・必要性、(2) 研究開発マネジメント、(3) 研究開発成果、(4) 実用化に向けての見通し及び取り組みの4つの評価項目について、外部有識者による中間評価を平成27年度に、事後評価を平成30年度に実施する。

4) 実施体制の想定と妥当性

本研究開発項目は単独ないし複数の企業・大学等の研究機関からなる研究開発実施者を想定している。

また、委託先決定後、必要に応じて研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を置き、効果的な研究開発を実施する。

5) 実用化・事業化戦略の想定と妥当性

本研究開発項目では、今後、需要の拡大が予想される有機エレクトロニクス材料の一つとして有機薄膜太陽電池材料を位置付け、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立する。

材料評価手法の開発においては、材料メーカーやユーザーのニーズを適確に取り入れて、事業終了後も様々な有機薄膜太陽電池の開発に広く活用されることを目指す。

確立した材料評価手法が材料メーカーおよびユーザーの双方に活用されることが本事業の「実用化」と言える。この実用化により、有機薄膜太陽電池の新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化および材料メーカーからのソリューション提案が強化され、材料メーカーの競争力の向上が期待できるため、実用化戦略として妥当である。

6) 知財戦略の想定と妥当性

本研究開発項目で開発された材料評価手法等の成果が材料メーカーおよび

ユーザー双方に活用されることを前提とした、知財管理体制の構築等を想定している。

7) 標準化戦略の想定と妥当性

本研究開発項目で得られた材料評価手法およびそのデータを標準化活動に提供することより、材料メーカーの事業戦略に寄与する。

(2) プロジェクトの運営マネジメントについての総合的評価

本研究開発項目の目的、実施計画、体制等は有機薄膜太陽電池の市場創出にむけた取り組みとして妥当と考えられる。

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについて

1) プロジェクト終了後における成果の実用化・事業化可能性

本研究開発項目では、有機薄膜太陽電池材料について、材料メーカーとユーザーが共通して活用できる材料評価手法を確立する。確立した材料評価手法を材料メーカーおよびユーザーの双方が活用することを実用化としている。

したがって、材料評価手法の確立により、有機薄膜太陽電池の新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化および材料メーカーからのソリューション提案が強化され、材料メーカーの競争力の向上が期待できる。

2) 成果の波及効果

① 当該分野の研究開発や人材育成の促進

有機薄膜太陽電池のみならず有機エレクトロニクス材料全般に通じる材料評価基盤となることが期待できる。また、有機薄膜太陽電池材料およびその周辺材料を検討している主要な企業や大学等の技術者・研究者の参画により技術開発が行われるため、人材育成も期待できる。

② 材料メーカーの競争力の向上に貢献

本研究開発項目は有機薄膜太陽電池材料の開発期間の短縮化を目的とするものであり、材料メーカーのみならずユーザーといった有機薄膜太陽電池関連企業の競争力向上に貢献することが期待できる。

(3) 成果の実用化・事業化の見通しについての総合的評価

有機薄膜太陽電池材料の評価手法を確立することで、有機薄膜太陽電池の新規材料開発に関して両者間のコミュニケーションの活発化および材料メーカー

からのソリューション提案が強化されるので、有機薄膜太陽電池産業が立上れば、材料メーカーの競争力の向上が期待できる。材料メーカーのみならずユーザーといった有機薄膜太陽電池関連企業の競争力向上に貢献すること等も期待できる。