

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。

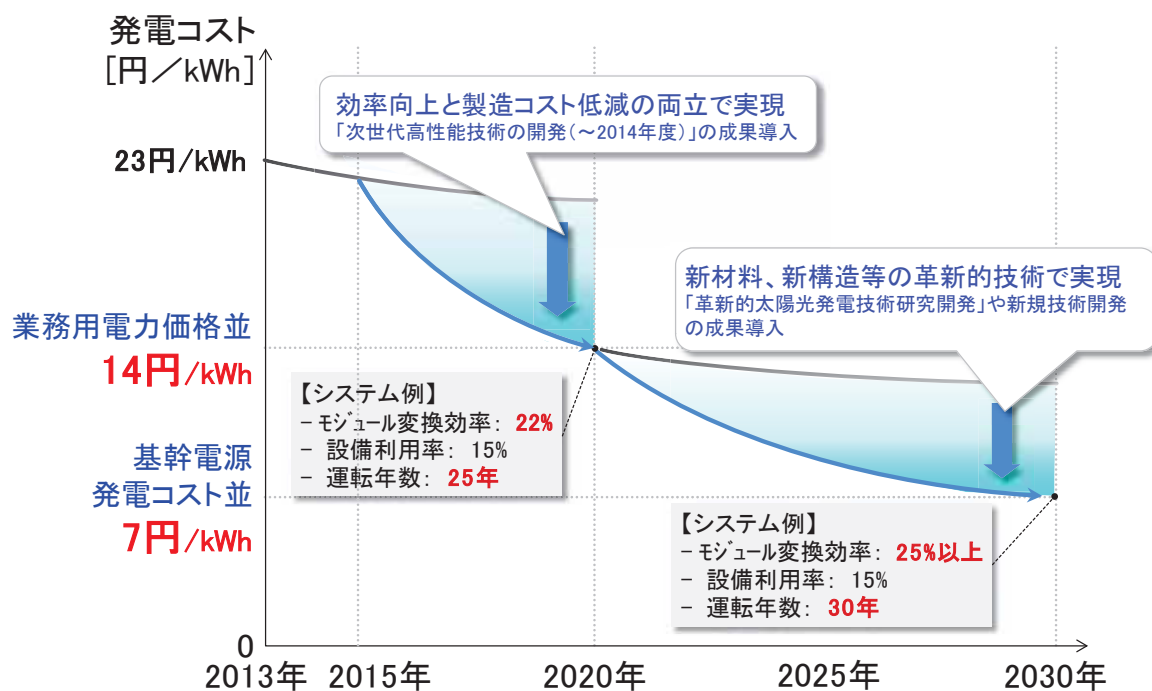


図 6-3 非住宅用システムの発電コスト目標と低減シナリオ

出典： NEDO 作成

			2013年	2020年	2030年
システム価格[万円/kW]			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

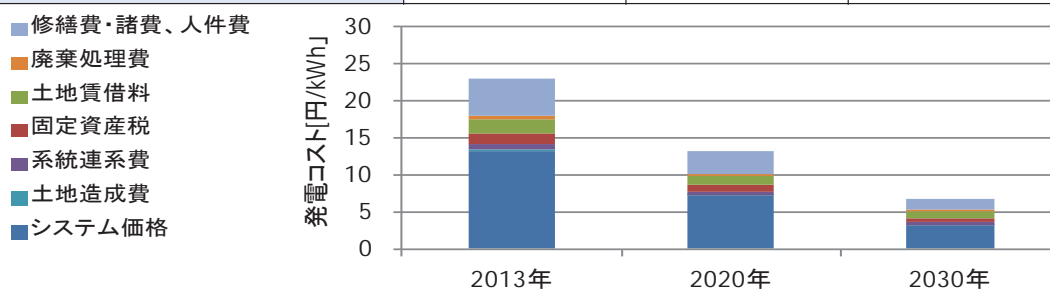


図 6-4 発電コスト低減目標を実現する非住宅用システムの例

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。

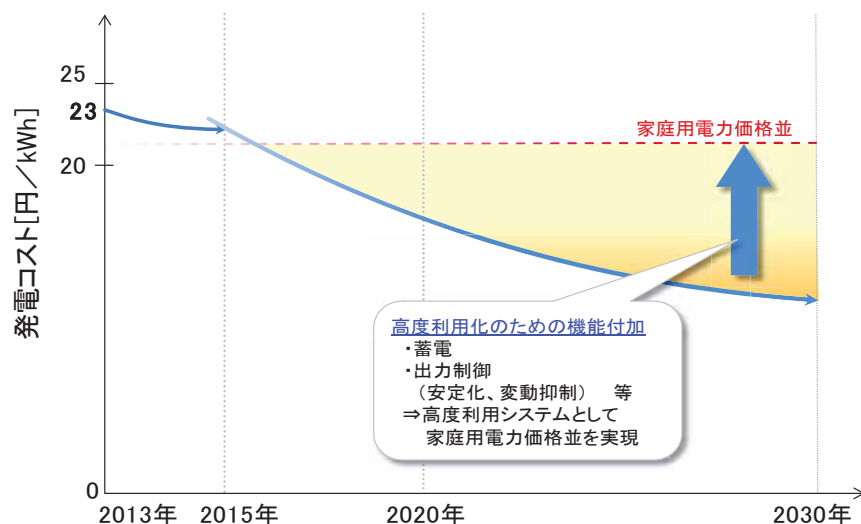


図 6-5 住宅用システムの発電コスト低減シナリオ

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。