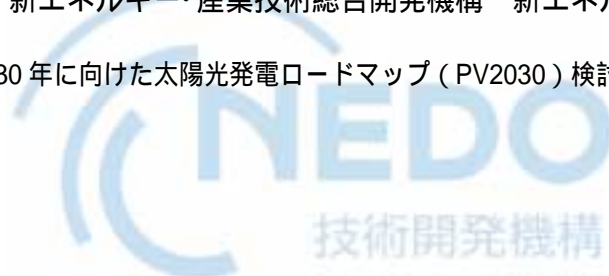


# 2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ ( PV2030 )

2004 年 6 月

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術開発部

2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ ( PV2030 ) 検討委員会



# 2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030) の概要

——「制約のない太陽光発電の利用拡大」を目指して——

## 1. 長期的技術開発戦略としてのロードマップ策定

太陽光発電に関する技術開発がスタートしてから 30 年が経過した。これまでの技術開発は、シーズ先行・可能性追求型の短期開発計画を 4、5 年ごとに更新することで進められ、2005 年度にはすべての開発プロジェクトが終了する予定である。これらの開発技術により、当初の目標であった初期マーケットが形成されるとともに、我が国は世界最大の太陽電池生産・利用国になった。

一方、国内外で顕在化しつつあるエネルギー資源問題や地球環境問題に対応して太陽光発電の重要性は増しており、太陽光発電の利用拡大とエネルギー供給技術としての地位確立を目指したさらなる努力が必要になっている。欧米では、我が国を意識した技術開発戦略が策定されるとともにアジアの諸国の台頭も著しく、技術的優位性に基づく国際的な産業競争力の維持・確保の技術開発戦略が不可欠となっている。

ここでは従来の“シーズ先行型技術開発”から“市場対応型技術開発”に転換し、エネルギー供給技術としての利用拡大に向けた太陽光発電の目指す姿を想定し、これを実現するために必要となる技術開発戦略「太陽光発電ロードマップ (PV2030)」を 2030 年までの長期的視点に立って策定した。本ロードマップの検討・策定は産学官、各分野の有識者で構成する検討委員会 (6 回開催) を設置して行った。

## 2. 2030 年に太陽光発電の目指す姿

今後 2030 年までの期間は太陽光発電の本格的な市場形成期であり、太陽光発電がその利用拡大により、エネルギー資源問題や地球環境問題に対応した主要エネルギー源の一つとなるための認知と信頼獲得の期間と位置づけられる。図 1 に示すように、ここでは以下の技術的課題を解決することで「太陽光発電の制約のない利用拡大」を実現し、2030 年までに累積導入量 100GW 程度、発電量として家庭用電力の 1/2 程度 (全電力の 10%程度) が太陽光発電で賄えることを想定した。

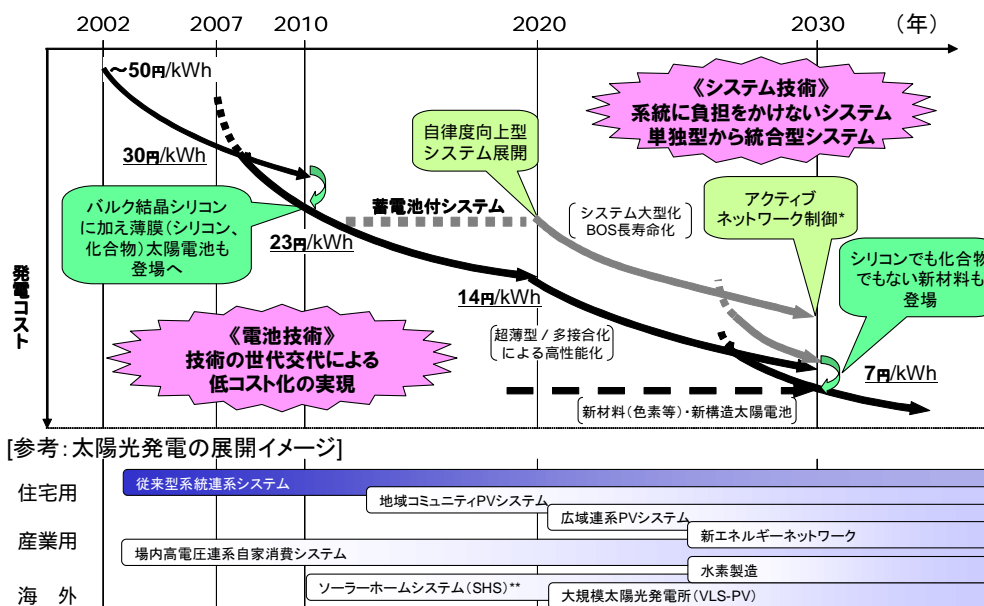


図 1 太陽光発電の経済性改善シナリオ

(\* アクティブネットワーク制御: パワーエレクトロニクス技術を使用する電力ネットワーク制御、  
\*\* ソーラー・ホーム・システム: 途上国の無電化地域向け小規模住宅用システム)

経済性の改善：

2030年頃までに汎用電力並みの発電コストレベル（7円/kWh程度）を達成し、経済性の面で他のエネルギーとの競合を可能とする。

太陽光発電の適用性拡大：

太陽光発電の利用形態を、“従来からの系統連系”から“電力系統に過度の負担をかけない新しいシステム形態”に転換させるとともに、用途・利用形態に応じたシステムを開発し広範な場所・状況での利用を実現する。

また、産業面では、上記の技術開発に基づく技術的な優位性により、国際競争力を維持・確保する。

### 3. 技術開発の課題と目標

経済性改善では、目標達成へのマイルストーンとして、2010年には従量電灯電力料金並み（23円/kWh程度）、2020年には業務用電力料金並み（14円/kWh程度）、2030年には汎用電力並み（7円/kWh程度）の発電コストを設定した。ここでは太陽電池の高性能化、製造プロセスの革新によるモジュールの低コスト化やシステム周辺機器・設置工事などの低コスト化、並びにモジュールを含むシステム機器の耐久性向上（長寿命化）などが重要で、表1のような目標を設定した。この中で最重要課題はモジュール製造コスト低減で、2030年50円/W以下を目指した現状技術の延長線上にない技術革新や性能向上、新しいコンセプトの太陽電池開発などが必要である。

表1 2030年に向けた個別技術課題の開発目標

項目	開発目標（達成年）
モジュール製造コスト低減	100円/W（2010年） 75円/W（2020年） <50円/W（2030年）
モジュール高性能化	
モジュール耐久性向上	寿命30年（2020年）
原料需給の安定化	シリコン原単位：1g/W （2030年）
インバータ	15,000円/kW（2020年）
蓄電装置	10円/Wh（2020年）

太陽電池モジュール変換効率目標（%）

太陽電池の種類	2010年	2020年	2030年
多結晶シリコン太陽電池	16（20）	19（25）	22（25）
薄膜シリコン太陽電池	12（15）	14（18）	18（20）
CIS系太陽電池	13（19）	18（25）	22（25）
超高効率太陽電池	28（40）	35（45）	40（50）
色素増感太陽電池	6（10）	10（15）	15（18）

（カッコ内は太陽電池セルの変換効率目標）

“電力系統へ過度の負担をかけない新しいシステム形態”への転換では、蓄電機能を付加した自律度向上型システム技術の確立、多機能化されたインバータを利用したアクティブネットワーク制御技術の開発などによる地域コミュニティPVシステムや他の新エネルギーと連系した地域/広域エネルギーネットワークシステムの形成、水素と組み合わせた新規大規模エネルギーシステムの構築が必要である。また、多様な用途・設置場所・利用形態に対応するためのモジュールの多様化（軽量、フレキシブル、両面受光、インバータ内蔵など）、多機能化（遮音性、断熱性、防眩性等のユーザーインセンティブ高揚のための機能付加）、建材・部材との一体化等の付加価値増加に向けた技術開発も必要である。

上記の他に太陽光発電の持続的な発展を確保するには、高純度原料シリコン安定供給技術をはじめとする周辺産業に対する大量生産技術開発、太陽光発電システム性能評価技術・発電量予測技術・リサイクル技術などの基盤技術の開発も重要である。

#### 4. 実現に向けた方策

今後の技術開発は、“初期マーケット形成に向けた国主導による技術開発”から“本格的な市場形成に向けた産学官の役割分担による技術開発”に転換し、国の取り組みはエネルギー供給技術として高リスクな技術開発と基盤技術開発に重点を置き、実用に近い部分の技術開発は順次産業界に移していく。

技術開発の実施では、太陽電池の抜本的性能向上やプロセス革新、システム概念の質的転換など、現状技術の延長線上にない技術革新への挑戦が必要で、このための技術開発を表2の開発スキームで行う。ここでは新たに「次世代技術開発」プロジェクトを発足させ、2030年に向けたステップとして、2020年の目標達成に必要な要素技術開発を実施する。

また、現時点では各種の太陽電池について並列的な開発を進め、2009年度にはロードマップの見直しと開発技術の評価を行い、2010年以降の開発について“選択と集中”を図る。

表2 今後の技術開発スキーム

カテゴリ	開発分類	開発スキーム	目標コスト
基盤技術開発 (委託研究)	シーズ探索研究	2030年に向けた太陽光発電の技術革新に対するブレークスルーを得るための探索研究	50 円/W
	次世代技術開発	2030年へのステップとして、2020年目標(発電コスト 14 円/kWh)に向けた要素技術開発	75 円/W
	共通基盤技術開発	太陽光発電全体に必要な、あるいは整備すべき公共性の高い技術研究開発	-
実用化技術開発 (費用分担)		開発技術の事業化、実用化のための工業化技術開発、新しい太陽光発電システムの実証試験など	100 円/W

#### 5. 2010年までの技術開発

2010年までの技術開発では、2010年の導入目標達成に向けた技術開発(短期的課題)と2010年以降の発展に向けた開発(中長期的課題)の2つが技術開発戦略の柱となる。

では、現在の技術開発とその実用化を中心とし、現行の薄膜シリコン太陽電池及び CIS 系薄膜太陽電池の要素技術開発を2005年までに完了させ、早期実用化を図ることでモジュール製造コスト 100 円/W を達成する。また、太陽電池性能評価技術、発電量予測技術、リサイクル技術などの基盤技術の開発を進めるとともに、高純度原料シリコン安定供給技術やモジュール多様化などの大量生産と利用拡大に向けた実用化技術開発も進める。

では、2030年へのステップとして2020年の低コスト化目標(発電コスト 14 円/kWh、モジュール製造コスト 75 円/W)を目指した次世代技術開発と長期的視野でのシーズ探索研究を行う。次世代技術開発では、これまでの探索研究成果などに基き開発アプローチ等を検討し、その中核となる技術について2010年頃には実用化技術開発への移行を目指した技術開発を実施する。また、上記の次世代技術開発プロジェクトの対象とならない技術等に関して長期視野での継続的なシーズ探索研究を行う。

#### (ロードマップの見直し)

本ロードマップは、国内外の技術開発動向や社会情勢の変化に対応して適宜見直し、その結果を以降の技術開発に反映させていくべきものであり、ここでは2009年度をその最初の機会とした。

# 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ (PV2030)

- 参 考 資 料 -



## 太陽光発電の現状と課題

### < 現状 >

- ・サンシャイン計画スタートから30年が経過、
- ・太陽電池の大幅な性能向上とコストダウンを達成、
- ・初期マーケットが形成：世界最大の生産・導入国に発展
  - しかし -
  - 系統電力との競合には更なる経済性改善が必要
  - 系統連系では太陽光発電導入量に限界が出てくる

### < 課題 >

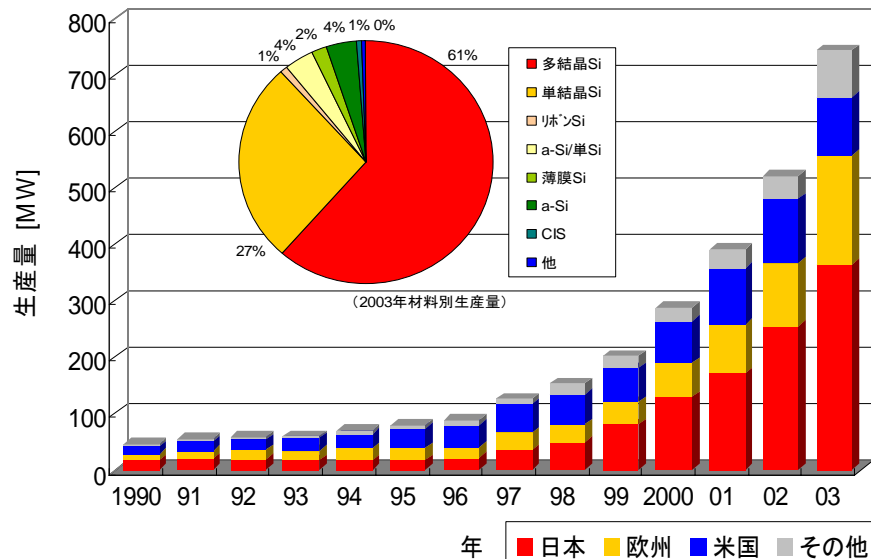
- ・エネルギー資源・環境問題の顕在化：
  - 世界の人口増、エネルギー消費増、地球温暖化への対応
  - エネルギー供給源としての太陽光発電の重要性増加  
(可能性から実証へ)
- ・欧米による日本を意識した技術開発戦略の策定
- ・途上国の台頭(市場への台頭、生産への指向)

## ロードマップの視点

### 2030年に向けた長期的技術開発戦略の検討

- ・目指す姿を想定した長期的技術開発戦略を構築
- ・太陽光発電の“制約のない利用拡大”の実現
- ・本格的な市場形成期に対応した開発体制の構築
- ・技術的優位性による国際的競争力の維持・確保

## 世界の太陽電池生産量



### < 現状 >

市販多結晶シリコン太陽電池の変換効率：13～15%  
 日本の導入量2002年：637MW(全世界で1,328MW)  
 太陽光発電システム価格：203万円(発電コスト換算45円/kWh)

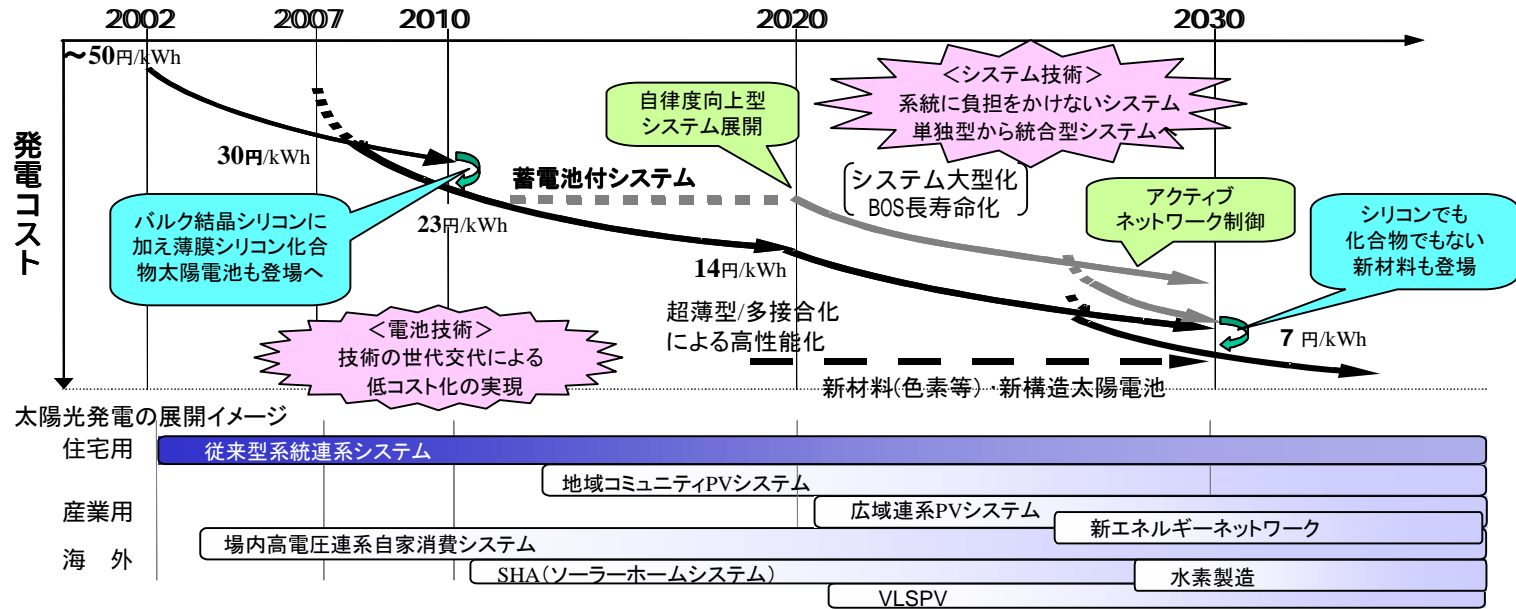
### ロードマップの検討委員会

本ロードマップは、下記の検討委員会(6回開催)において検討した。  
 委員長：黒川浩助(東京農工大、教授)  
 委員：JPEA、シャープ(株)、鐘淵化学工業(株)、積水化学工業(株)、  
 鹿島建設(株)、(株)日経サイエンス、東工大、豊田工大  
 産総研、NEF、PVTEC、  
 オブザーバー：経済産業省

# 2030年に向けた太陽光発電の目指す姿

**“ 制約のない太陽光発電の利用拡大 ”**  
 汎用電源並みの経済性の確保  
 系統電力からの自律化と様々な用途への適用性の拡大

## 低コスト化のシナリオ



## 太陽光発電の将来像

項目	現在の状況	2030年の状況	備考
電力価格	高い(2倍)	汎用電力並	低コスト高性能モジュール
発電信頼性	気象依存	安定電源	蓄電機能、自律度向上システム
設備寿命	20年	30年以上	材料開発、構造改善
導入形態	個別導入	地域/広域導入	コミュニティPV アクティブネットワーク制御システム
必要面積/kW	大面積	小面積	高性能化
発電シェア	電力の0.1%以下	~10%	住宅、産業、公共施設、その他
新たな芽生え	なし	水素製造電源 超大型太陽光発電所(VLSPV)	未利用地利用、大規模システム

“ 制約のない  
太陽光発電の利用拡大 ”  
に向けて

## 太陽光発電の経済性改善

( 発電コスト 7 円/kWhの実現 )

### 太陽電池の変換効率向上

集合住宅などの一層の用途拡大、製造コストの低減へ。

### 製造プロセスの革新

材料コスト削減等の製造コストの低減、生産性向上と設備コスト低減

### 耐久性の向上

太陽光発電モジュール、インバータの長寿命化による建物寿命との整合及び発電コストの低減

## 太陽光発電システムの適用性拡大

( 電力系統に過度の負担を掛けない新しいシステム構築 )

### 太陽光発電の自律度向上

電力系統に対する発電量変動の影響軽減と導入限界の排除

### アクティブネットワーク制御技術

地域エネルギー対応システムなどの他エネルギーとの連系構築へ

### 用途・利用形態に応じたシステム開発

工場やビル壁などの多様な用途に応じたモジュール・システムの構築による利用拡大

## 原材料供給の安定化

( シリコン原料、インジウム原料等 )

高純度原料シリコンの需給安定化、インジウムなどの希少資源消費量削減等による大量生産への障害除去

## 産業基盤の強化

( 国際競争力、購入者動機付け )

利用者に対する導入インセンティブ確保などの導入環境整備、国際競争力の維持・確保と海外市場への対応



## 開発目標

**経済性の改善** : 汎用電力並の発電コスト(7円/kWh)の実現

(マイルストーン:2010年:23円/kWh, 2020年:14円/kWh, 2030年:<7円/kWh)

**適用性の拡大** : インバータ・蓄電装置の低コスト化と太陽光発電の自律度の向上

## 2030年に向けた個別技術課題の開発目標

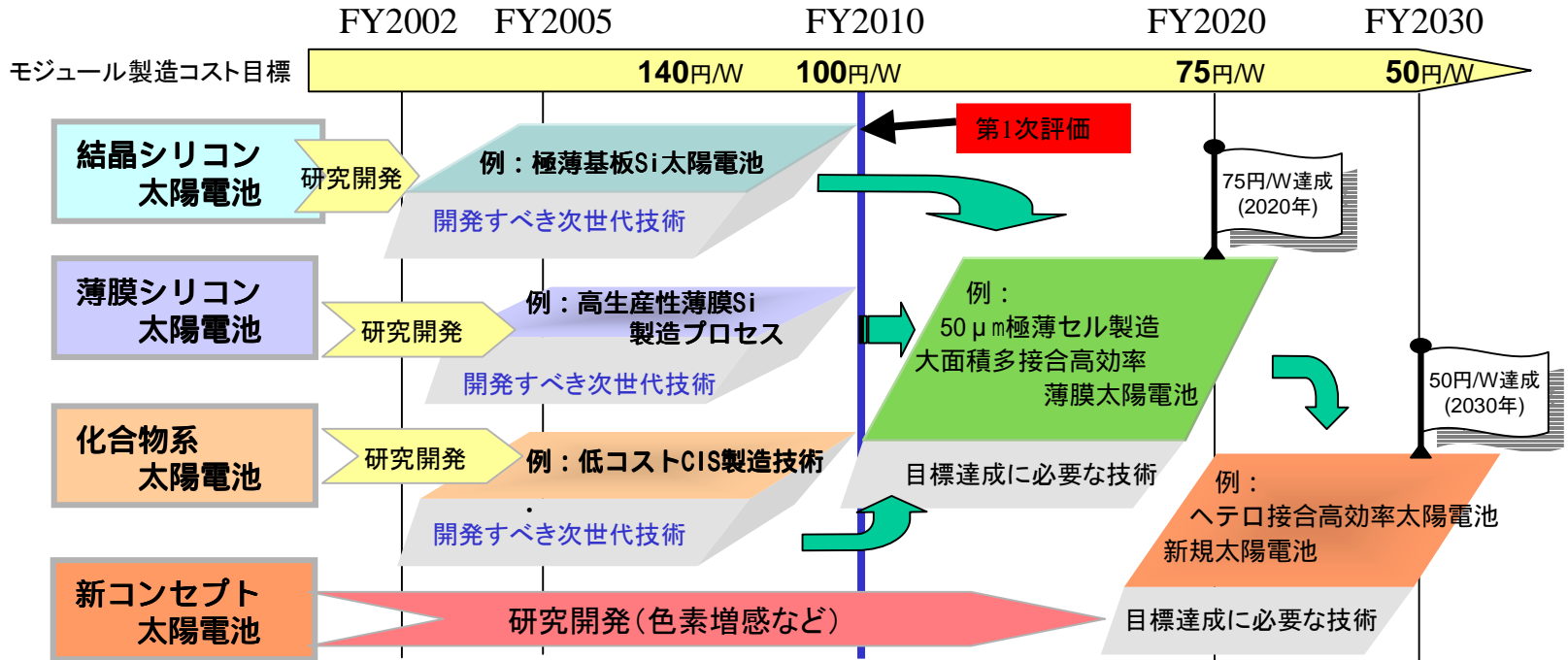
項目	現状	開発目標(達成年)
モジュール製造コスト低減	生産250円/W(2003) 開発140円/W(2007見込)	100円/W(2010)
モジュール高性能化		75円/W(2020) <50円/W(2030)
モジュール耐久性向上	20年	寿命30年(2020)
原料需給の安定化	10~13g/W	シリコン原単位,1g/W(2030)
インバータ	~30,000円/kW	15,000円/kW(2020)
蓄電装置	~10円/Wh(自動車用)	10円/Wh(2020), 耐用10年

高性能化

## 太陽電池モジュール変換効率目標(%) ( )内はセル効率

太陽電池の種類	現 状	変換効率目標(%)		
		2010年	2020年	2030年
結晶シリコン太陽電池	13~14.8(18.4)	16(20)	19(25)	22(25)
薄膜シリコン太陽電池	10(14.7)	12(15)	14(18)	18(20)
CIS系太陽電池	10~12(18.9)	13(19)	18(25)	22(25)
超高効率太陽電池	集光(38.9)	28(40)	35(45)	40(50)
色素増感太陽電池	(10.5)	6(10)	10(15)	15(18)

## 太陽電池製造技術開発と“選択と集中”



## 当面の技術開発スキーム

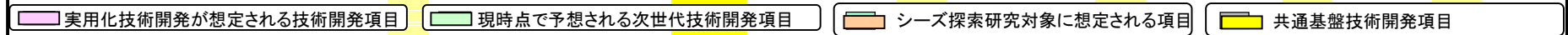
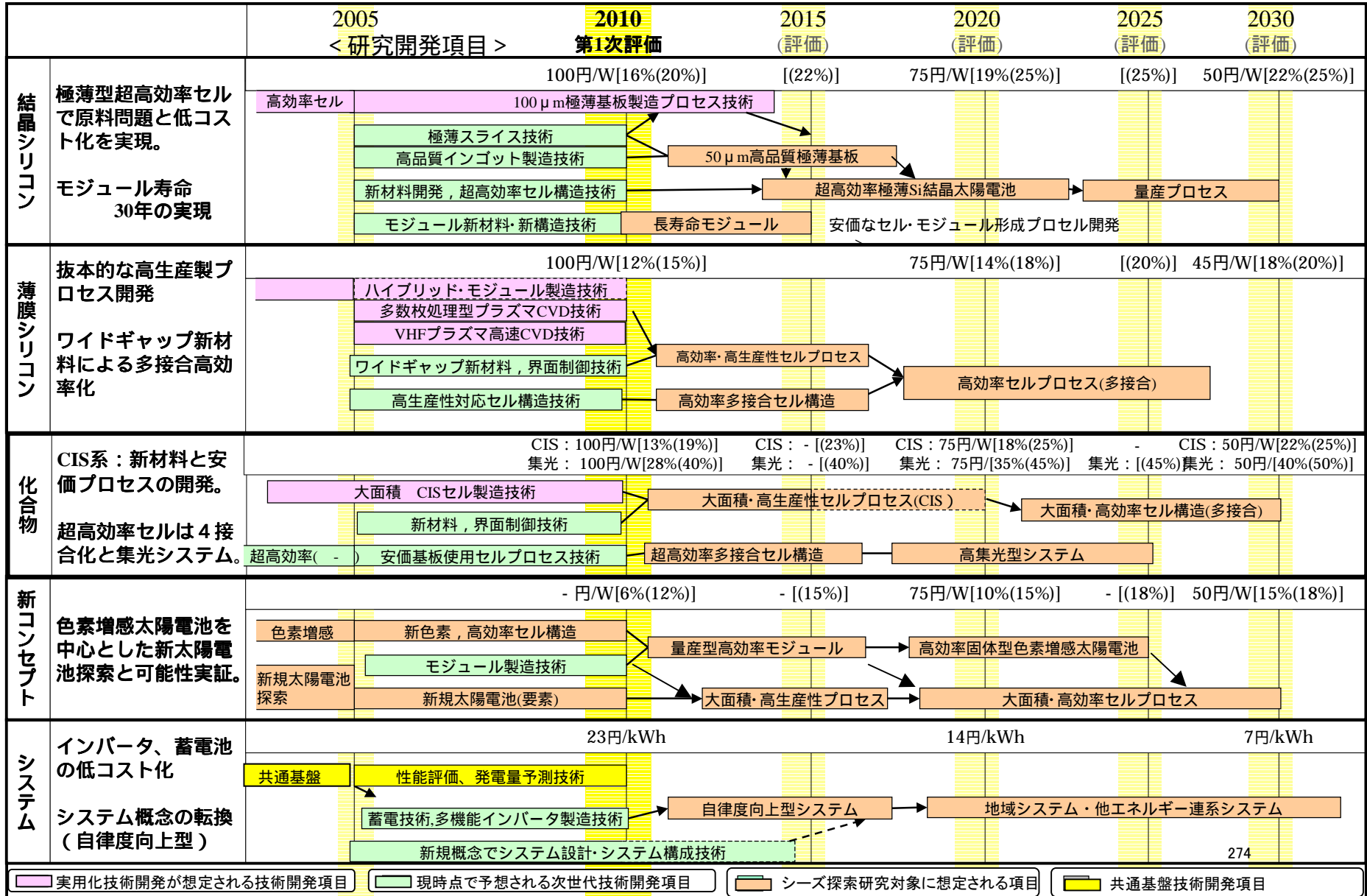
カテゴリ	開発分類	開発スキーム	目標コスト
基盤技術開発 (委託研究)	シーズ探索研究	2030年に向けた太陽光発電の技術革新に対するブレークスルーを得るための探索研究	50円/W
	次世代技術開発	2030年へのステップとして、2020年目標(発電コスト14円/kWh)に向けた要素技術開発	75円/W
	共通基盤技術開発	太陽光発電全体に必要な、あるいは整備すべき公共性の高い技術研究開発	
実用化技術開発 (費用負担)		開発技術の事業化、実用化のための工業化技術開発、新しい太陽光発電システム実証試験	100円/W

技術要素毎のブレークスルーを開発テーマに編成

開発した要素技術の早期実用化

# 今後の太陽光発電の技術開発(2)

(PV2030)



—— 2010年までに想定される開発項目 ——

2020年の中間目標(発電コスト 14円/kWh)への要素技術開発		2030年へ向けた ブレイクスルー探索 7円/kWh	2010年導入目標へ対応 23円/kWh
2010年までの次世代技術開発テーマと開発内容		2010年までに実施が必要な シーズ探索研究課題	実用化技術開発課題
分野と開発テーマ	開発の内容		
<b>&lt; 結晶シリコン太陽電池 &gt;</b> <b>極薄基板型高効率</b> <b>結晶Si太陽電池製造技術</b>	インゴット高品質化：多結晶 単結晶並へ 基板極薄化：厚さ200 $\mu\text{m}$ 50 $\mu\text{m}$ 以下へ 極薄基板ハンドリング・セル化工程技術 表面欠陥不活性化技術 新材料とヘテロ接合などの超高効率セル構造	<b>インゴットの結晶方位制御と 低欠陥凝固方法</b>  <b>表面及び結晶内再結合機構解明</b>	<b>高純度シリコン原料製造技術</b> <b>高耐久性モジュール材料</b>
<b>&lt; 薄膜シリコン太陽電池 &gt;</b> <b>高効率高生産性</b> <b>薄膜Si太陽電池製造技術</b>	面界面現象の解明と界面制御方法 膜質欠陥原因と制御方法 多接合セル構造	<b>ワイドギャップ新材料</b> <b>界面制御技術 / 最適セル構造</b> <b>CVDでの膜質(欠陥)制御技術</b> <b>大面積高品質超高速製膜技術</b>	<b>高生産性CVD製膜プロセス</b> <b>基板低コスト導電膜付きガラス</b>
<b>&lt; 化合物半導体太陽電池 &gt;</b> <b>低コスト・大面積CIS</b> <b>太陽電池製造プロセス</b>  <b>安価基板超高効率セル</b>	非真空型CIS系薄膜製造技術 界面現象解明と制御技術  Si基板を利用した - 系セル形成	<b>ワイドギャップCIS系新材料探索</b> <b>多接合構造セル形成方法</b>  <b>4接合用の - 系新規材料開発</b>	<b>大面積CIS製造プロセス</b>
<b>&lt; 新コンセプト太陽電池 &gt;</b> <b>集積構造大面積</b> <b>色素増感太陽電池</b>	安価なモジュール製造要素技術 変換効率15%に向けた高効率化	<b>高移動度固体電解質</b> <b>新規長波長用色素開発</b> <b>有機などの新規太陽電池</b>	
<b>&lt; システム技術 &gt;</b> <b>自律度向上型の新システム技術</b>	低コスト蓄電技術 低コスト多機能インバータ開発 新規システム概念の構築	<b>新規ネットワーク制御技術</b> <b>地域分散型の発電量予測技術</b>	