

「太陽光発電ロードマップ（PV2030+）」概要版

「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）に関する

見直し検討委員会」報告書

(独) 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）に関する見直し検討委員会」

目 次

(ページ)

1. 見直しの目的と背景	1
2. ロードマップ (PV2030) 策定後の環境変化	1
3. 見直しの方向性	2
4. 2050年に向けた太陽光発電の目指す姿	2
5. 実現に向けた課題と対応	4
6. 技術開発の内容と目標	5
7. 実現に向けた方策	6
8. 当面の取り組み	6

1. 見直しの目的と背景

太陽光発電ロードマップ（PV2030）は「太陽光発電を2030年までに主要なエネルギーの1つに発展させること」を目標に、2004年に策定され、これまで我が国の技術開発指針として広く利用されてきた。ロードマップ（PV2030）策定後、原油価格が100ドル/バレルを超え、また、温暖化に伴う諸現象が各地で観測されるなど、エネルギー資源の枯渇や地球温暖化への懸念が顕在化しつつあり、太陽光発電はこれに対する重要な技術として大きな期待がかけられている。ロードマップ（PV2030）策定当時、我が国の住宅向けシステムへの導入補助が世界の太陽光発電産業と市場を牽引していたが、その後ドイツで導入されたフィードイン・タリフ（FIT）制度が発展し、これが各国に波及することで太陽光発電の発展の中心は欧州に移っており、最近では東アジア諸国での生産も急増している。さらに技術開発においても欧米各国では技術開発計画を刷新して技術革新に努めている。このように太陽光発電は我が国が技術開発、産業形成等に対して世界を牽引していた状況からグローバルな発展段階に移っており、このため我が国産業の地位は相対的に低下している。

今回、このようなロードマップ（PV2030）策定後の4年間の状況変化を踏まえ、「太陽光発電が2050年までにCO₂削減の一翼を担う主要技術になり、我が国ばかりでなくグローバルな社会に貢献できること」をコンセプトに、太陽光発電の更なる利用拡大と我が国産業の国際競争力維持を目指して見直しを行った。

2. ロードマップ（PV2030）策定後の環境変化

世界の人口増、中国などの新興国の経済発展から世界のエネルギー消費は大幅に増大し、一方、2005年には温暖化ガスの削減に関する京都議定書も発効した。2008年の洞爺湖サミットでは「2050年までに温暖化ガスの排出を半減する」との長期目標がグローバルに共有され、国内でも各種施策が動きだしている。この中で太陽光発電は重要な技術として注目され、2020年頃までに現状の約20倍の太陽光発電システムを導入する目標が掲げられ、2009年からは住宅向けの導入補助が開始されるとともに余剰電力の優遇価格購入制度の導入が検討されている。

太陽光発電市場はドイツでFIT制度が導入されたことにより欧州市場を中心に大きく発展している。また、技術面では装置産業の本格参入によりターンキーでの太陽電池事業参入が可能となり、これを利用したアジア諸国の発展も著しい。太陽光発電産業は図1に示すようにこの4年間で大きく発展した。

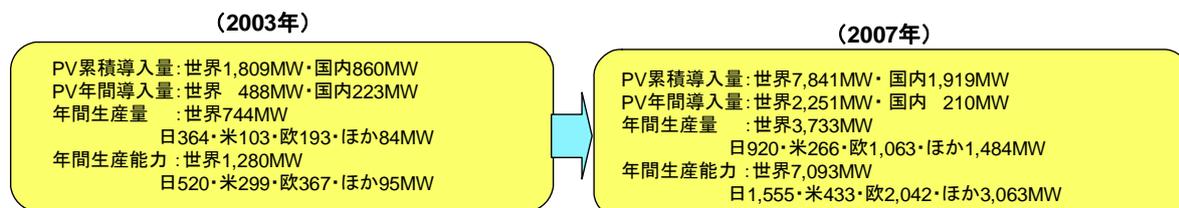


図1 ロードマップ（PV2030）策定後の太陽光発電市場の変化

世界の太陽電池生産量は0.7GWから3.7GWに拡大し、生産能力も大幅に拡大している。この中で我が国の生産量も2倍程度に増加しているが、シェア（世界の中での比率）は50%から25%に、生産能力でも40%から20%に低下している。

一方、技術開発に関して、我が国では2008年度から超高効率太陽電池のシーズ探索研究プロジェクト「革新的太陽光発電技術研究開発」がスタートした。欧州では欧州委員会の「枠組みプログラム（FP）」の中で太陽電池やシステム利用技術など広い分野で基礎技術から応用技術の開発を進められており、2005年には、「欧州太陽光発電技術プラットフォーム（PVTP）」が設立された。また、米国では、「ソーラー・アメリカ計画（SAI）」が策定され、「太陽電池技術ロードマップ」を見直し、達成時期を5年間前倒して各種技術開発を進めている。

3．見直しの方向性

ロードマップ（PV2030）の見直しは、その目標を「太陽光発電が2030年までに主要なエネルギーの1つに発展させること」をさらに発展させて「2050年までに太陽光発電はCO₂削減の一翼を担う主要技術として、我が国ばかりでなくグローバルな社会に貢献する」を追加して、以下の方向で行った。

- ① 太陽光発電の発展を2030年から2050年まで拡大して考える
- ② 温暖化問題に貢献できるような太陽光発電の量的拡大を想定する
- ③ 経済性改善では“Grid Parityの実現”の考え方を維持する。
- ④ 技術課題にとどまらず、システム関連課題、社会システム等、広い視野で検討する
- ⑤ 我が国の産業の、海外に対する太陽光発電システム供給を考える
- ⑥ 具体的な目標、取り組みの枠組みを示す。

4．2050年に向けた太陽光発電の目指す姿

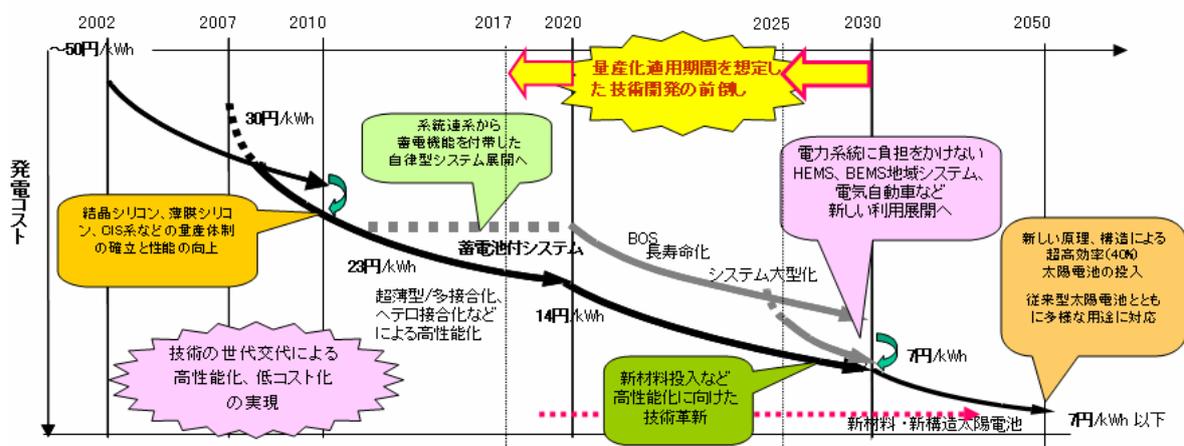
ロードマップ（PV2030）の見直した姿（ロードマップ（PV2030+）と称す）を図2に示す。

ロードマップ（PV2030+）では、時間的なスパンを2030年から2050年まで拡大し、温暖化問題に貢献できるような量的拡大として2050年の国内の1次エネルギー需要の5～10%を太陽光発電で賄うことを目標にし、海外に対しては必要量の1/3程度の供給出来ることを想定した。経済性改善では“Grid Parityの実現”の考え方を維持し、ロードマップ（PV2030）の発電コスト目標、2020年には業務用電力並（14円/kWh）、2030年には事業用電力並み（7円/kWh）そのものは変更せず、“2050年には7円を下回る発電コストの達成”を加えた。また、これを実現する技術開発では2030年の目標達成の5年前倒しを目指すとともに、2050年までに変換効率40%以上の超高効率太陽電池を開発する。

一方、太陽光発電の利用では、表1のように、段階的なGrid Parityの進展により量的拡大が進み、家庭用電力用途での利用からエネルギー消費の電力化に対応した化石エネルギーの置き換え用途に拡大すると想定した。ここでは、図3のように、太陽光発電の新しい利用の可能性として、民生分野では商店街や公共施設なども包含する地域エネルギーマネジメントシステム等で150～200GWが、産業分野では生産プロセスの自動化などに対応した電力需要に加えて農業などの独立用途等で～150GW程度が、また、輸送分野では電気自動車等による燃料転換に対して150～200GW

規模が利用可能と想定している。

● 低コスト化シナリオと太陽光発電の展開



実現時期(開発完了)	2010年～2020年	2020年(2017年)	2030年(2025年)	2050年
発電コスト	家庭用電力並 (23円/kWh)	業務用電力並 (14円/kWh)	事業用電力並み (7円/kWh)	汎用電源として利用 (7円/kWh以下)
モジュール変換効率 (研究レベル)	実用モジュール16% (研究セル20%)	実用モジュール20% (研究セル25%)	実用モジュール25% (研究セル30%)	超高効率モジュール40%
国内向け生産量(GW/年)	0.5～1	2～3	6～12	25～35
(海外市場向け(GW/年))	～1	～3	30～35	～300
主な用途	戸建住宅、公共施設	住宅(戸建、集合) 公共施設、事務所など	住宅(戸建、集合)公共施設、 民生業務用、電気自動車など充電	民生用途全般 産業用、運輸用、 農業他、独立電源

図2 太陽光発電の今後の発展に対するロードマップ (PV2030+) のシナリオ

表1 ロードマップ (PV2030+) で想定した段階的なGrid Parityと利用形態

段階(時期)	Grid Parity対象と主な利用内容	性能・技術水準	技術開発
萌芽段階 ～2010年	第1段階Grid Parityまでの開発段階、蓄電池代替用途、普及政策用途	開発段階	コスト低減 性能向上
第1段階Grid Parity (2010年以降～2020年)	(技術開発は2005年に完了) 家庭用電力(23円/kWh) 住宅用系統連系システムでの利用	研究セル20%、実用モジュール16% 系統連系システム技術 PVシステムの信頼性確立	生産適用 技術改善
第2段階Grid Parity (2020～2030年)	(技術開発の完了は2017年) 業務用電力(14円/kWh) 産業・運輸及び業務分野の電力利用 蓄電機能付きシステムでの住宅利用	研究セル25%、実用モジュール20% 自律度向上型地域システム技術、 広域発電量予測、長寿命システム	実用化 技術開発
第3段階Grid Parity (2030～2050年)	(技術開発の完了は2025年) 事業用発電(7円/kWh) 運輸、大規模発電所、水素製造など 蓄電機能付きでの産業利用など	研究セル30%、実用モジュール25% 太陽光発電利用複合エネルギーシステム	要素技術の開発
汎用段階 2050年～	汎用電源として利用(7円/kWh以下) 独立システム	従来技術に加え効率40%以上の 超高効率モジュールも追加、 多様な用途に対応できる汎用電源	探索研究

この新しい用途に対して必要な太陽光発電の供給量は2030年には年間6～12GW、2050年には25～35GWの規模となる。また、これによる経済に対する効果として、2050年には国内市場向けの太陽光発電産業は約4兆円産業に成長すると推定される。

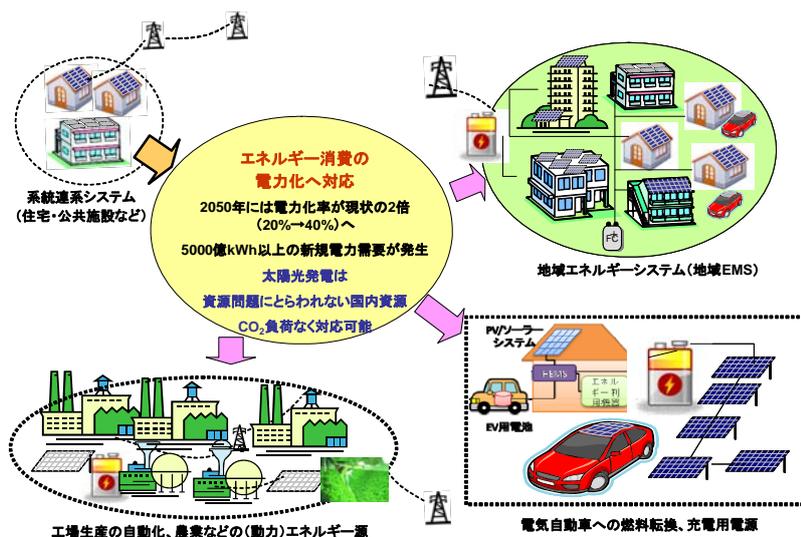


図3 将来の太陽光発電利用のイメージ

5. 実現に向けた課題と対応

上述の目指す姿の実現に向けて、今後取り組むべき具体的な課題は経済性改善、用途の拡大、基盤の整備、及び国際競争力確保などで、その概要を図4に示す。

経済性改善、即ち発電コスト低減は太陽光発電の利用拡大のための最大の課題で、これに対して太陽電池モジュールやシステム機器等の高性能・低コスト製造技術、安価なシステムの設計や設置工事の簡素化等が、さらにシステム長寿命化による生涯発電量増大が必要である。一方、太陽光発電の利用面では系統電力や周辺のエネルギーシステムとの連系や蓄電機能の利用による、発電と電力需要のミスマッチの解消に向けたシステム利用技術の確立が不可欠である。他方、このような利用拡大や技術開発を進めて行くには工業製品としての信頼性の確立やリサイクル・リユース体制の確立など、技術的、社会的な基盤整備が不可欠である。

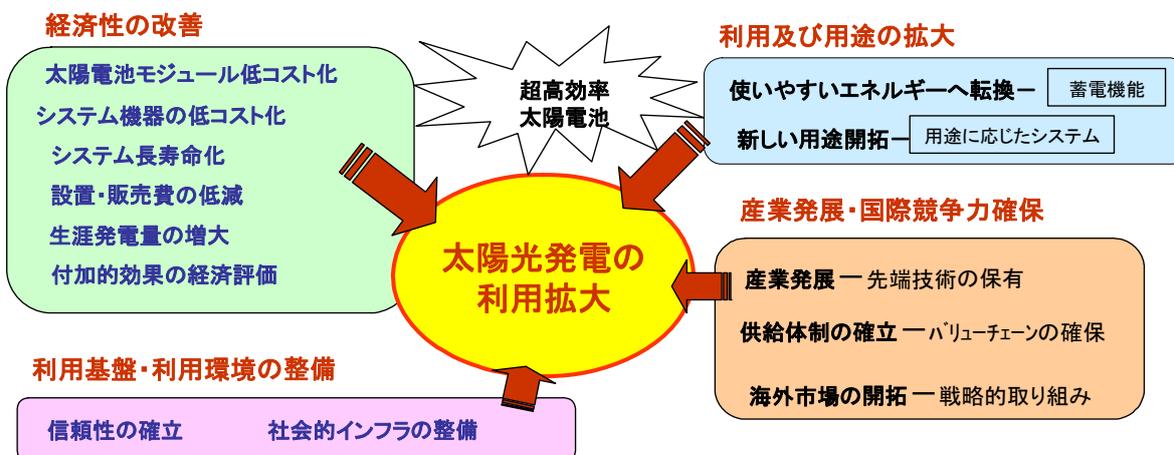


図4 実現への課題

また、太陽光発電の発展に対して我が国が果たしてきた先導的役割を継続することも重要で、海外市場での技術基盤整備、インフラや利用環境の整備に対する積極的な関与や人材育成が重要である。

6. 技術開発の内容と目標

ロードマップ（PV2030+）では、経済性改善について“Grid Parityの実現”の考え方を維持し、発電コスト目標を、2020年には業務用電力並（14円/kWh）、2030年には事業用電力並み（7円/kWh）、さらに“2050年には7円を下回る発電コストの達成”を加えた。これを実現するための具体的な技術開発目標を表2及び表3のように見直した。

表2 太陽電池モジュールの性能目標

目標年度	2017年	2025年	2050年
目標変換効率(%)	20%	25%	40%(セル)

表3 技術開発の内容と目標・その実用化時期（見直し結果）

項目		主な開発内容と開発目標
発電コスト(円/kWh)		目標(技術開発の完了): 2017年:14円、2025年:7円2050年:< 7円
モジュール製造	モジュール製造コスト(円/W)	モジュールの高効率化、低コスト・高生産性プロセス、長寿命化 目標(技術開発の完了): 2017年:75円、2025年:50円、2050年:< 50円
	モジュール高性能化	既存太陽電池の技術改革(極薄型結晶シリコンセル、ワイドギャップ新材料、多接合セル、ヘテロ接合セルなどの開発)
	モジュール寿命延長	モジュール構造、モジュール材料の検討 目標(技術開発の完了):2017年に寿命20年、2025年:30年、(40年技術)
	原料問題対応技術	高純度シリコン供給技術、シリコン原単位低減(3g/W)、省シリコン(ウエハー+カーフ=100μm)、希少資源対策
システム構成要素	パワーコンディショナ	耐久性向上、多様化・高効率化・低コスト化・IT機能統合化 目標(技術開発の完了):2017年、製造コスト15,000円/kW、寿命20年以上(部品交換あり)
	PV用蓄電技術	長寿命蓄電池、軽量・長寿命化、新型電力貯蔵 目標(技術開発の完了):2017年、10円/Wh、寿命20年以上(部品交換あり)
	設置工事、販売経費	現状(~200円/W)の1/3~1/2

太陽電池モジュールの製造に関する主な技術課題は、新材料の開発を含む高効率セル構造開発、原材料使用量の削減を含む低コストプロセスの開発、モジュールの耐久性向上等である。結晶シリコン太陽電池では100μm以下の極薄基板製造のための安価なスライス技術とセル効率25%を実現するための極薄高性能太陽電池技術開発が重要である。薄膜シリコン太陽電池では多接合（3接合）で18%以上の性能を目指した新規材料の開発と光マネジメント最適化などを加えたセル構造の開発および大面積高速製膜技術の開発が必要である。また、CIS系太陽電池ではまず大面積モジュールでの研究室と同等レベルの高性能化の実現が重要で、これにより結晶シリコン太陽電池に匹敵する高性能薄膜系太陽電池の実現に取り組むべきである。さらに、上記のセル製造技術の

開発と並んでモジュールの低コスト化と耐久性向上（現状の20年→40年）や、軽量化なども必要で、使用材料やモジュール構造の見直しが不可欠である。一方、2030年以降に向けた更なる高性能化ではセル構造や材料、製造プロセス等について技術革新が必要で、量子ナノ構造材料や、現在開発段階にある有機系太陽電池など新しい太陽電池の可能性検討を進めることも必要である。システム利用技術では、電力系統やエネルギー需給と調和した太陽光発電システム利用技術が必要で、発電量予測技術の開発や蓄電機能の最適化などによる利用形態に応じたシステム設計と運用技術の開発が必要である。また、太陽光発電システムの大量利用には太陽光発電システムの信頼性確立が重要で、太陽光発電システムの性能や発電量、安全性・耐久性等が明確に表示される必要があり、このための評価技術や故障診断・メンテナンス技術が必要である。

他方、周辺技術では純度の低いシリコン原料の評価・利用方法やフレキシブル基板などの安価な材料供給、希少資源の代替材料開発など関係業界と共同した技術開発も必要で、太陽電池モジュール製造に関するバリューチェーンを常に考慮した技術の検討が求められている。さらに海外市場との関係を見たとき、途上国に対する技術指導、あるいは国際的な規格制定に対する提案など、技術開発をベースとした活動も重要となっている。

7. 実現に向けた方策

前項まで述べたように、太陽光発電が汎用エネルギー源となるまでには経済性改善と性能向上を中心にさらに数段の技術革新が必要である。即ち、太陽光発電が基盤的な電源となるためには、系統電力との比較において経済性を確立することが必要であり、技術開発も目指すGrid Parityレベル（経済性の水準）に応じた段階的な取り組みが必要である。

(1) 第1段階のGrid Parity (23円/kWh) を目指す技術開発は、主として産業界が分担・実施する分野である。ここでは、既に開発した製造技術の工業化や技術改善が中心課題であり、また太陽光発電システムの信頼性確立、標準化・簡素化や設置工事の低コスト化などに関連する技術開発も必要である。

(2) 第2段階のGrid Parity (14円/kWh) を目指す技術開発では、低コスト高効率太陽電池製造技術(75円/W)の技術革新とモジュールやシステムの長寿命化、自律型システムの設計・利用技術などが中心課題となる。ここでは成果の実用化までを含むトータルの開発計画を作成し、その中核となる技術について技術開発プロジェクトを構成して、産学官が連携して実施することが重要である。

(3) 第3段階のGrid Parity (7円/kWh) 及び将来の汎用電源を目指す技術開発は、発電コスト7円/kWhあるいはそれ以下、変換効率も30~40%以上の高い技術水準を目指す技術開発で、要素技術開発やシーズ探索研究のテーマとして大学・国研を中心に実施すべきである。

(4) 基盤整備に関する技術開発は、第2段階のGrid Parityが実現する頃までには完成しておくことが必要である。また、これのベースとなる大学・国研等の研究機関による基礎的な技術開発や海外での実証研究には、国による継続した研究開発が必要である。

8. 当面の取り組み

当面の数年間には太陽光発電の普及定着のための時期であり、太陽光発電の普及拡大とわが国産

業の国際競争力確保に向けた課題を以下のように短期的な課題、中長期課題、超長期課題、及び基盤整備に関する課題に分けて取り組む必要がある。その概要を図5に、また今後の技術開発プロジェクトのイメージを図6に示す。ここでは、これらの多様な取り組みを産学官が分担／連携して、並行し実施する必要がある。

取り組み(1): 太陽光発電システム普及拡大に向けたシステム利用技術、システム機器・モジュールなどの技術開発・実証あるいは用途開拓などを旨し、産業界が主体的に取り組むべき短期的視野での技術開発

取り組み(2): 第2段階のGrid Parity (14円/kWh) の早期実現と、さらにその先の第3段階のGrid Parity 実現までを視野に入れた中長期視野での次世代高性能太陽光発電システム技術の開発 (技術面での国際競争力確保)

取り組み(3): 太陽光発電の汎用電源としての利用に向けた超高効率太陽電池に関する超長期視野でのシーズ探索研究 (現在、革新的太陽光発電技術研究開発として実施中)

取り組み(4): 太陽光発電システムの大量利用や技術発展のための技術的な基盤整備 (基礎となる技術の開発)、規格・標準化及び海外市場・国際貢献などに関する戦略的取り組み

また個別の太陽電池の性能とモジュール製造コスト、寿命の目標は、表6.1-2のように設定する。

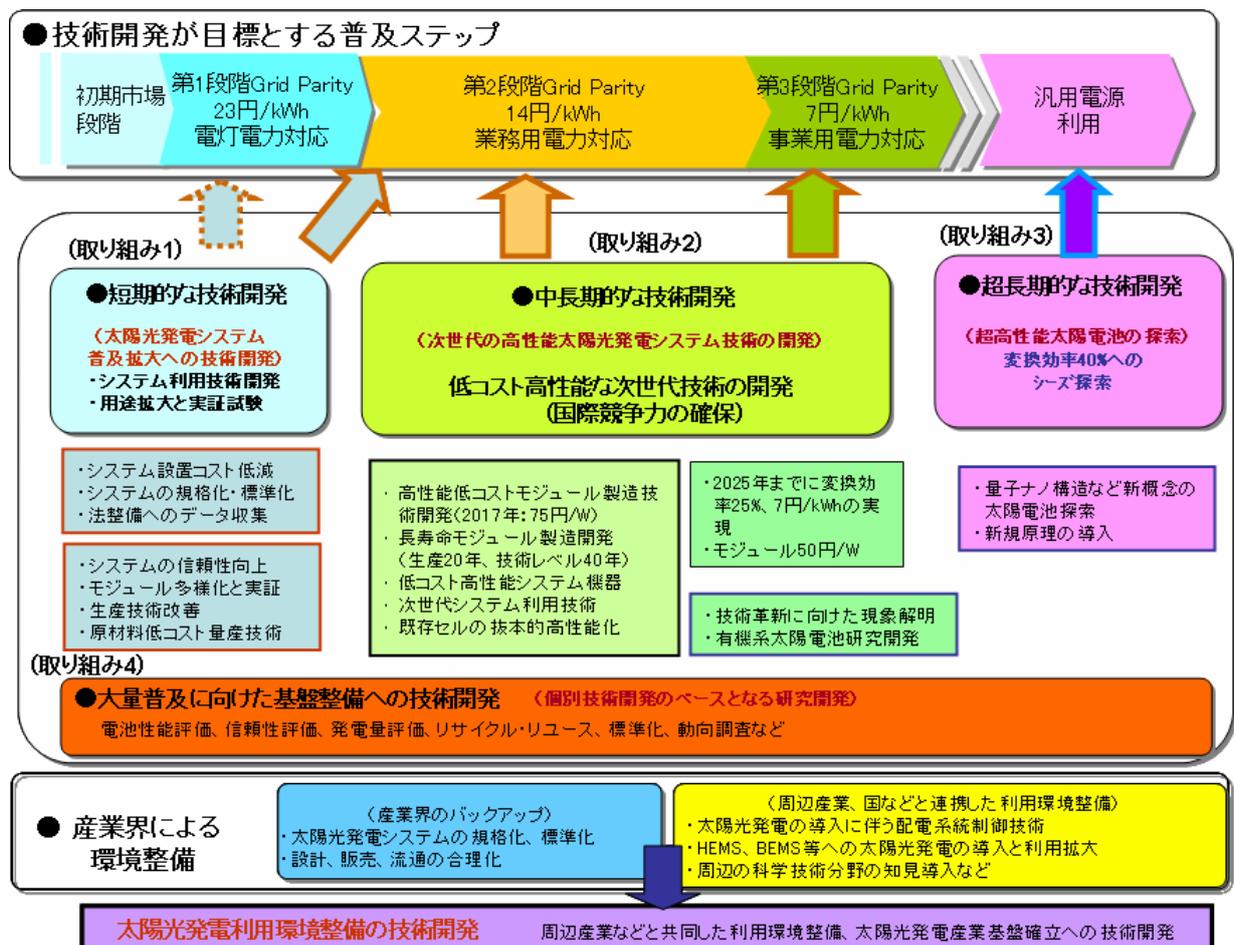


図5 当面の技術開発スキーム

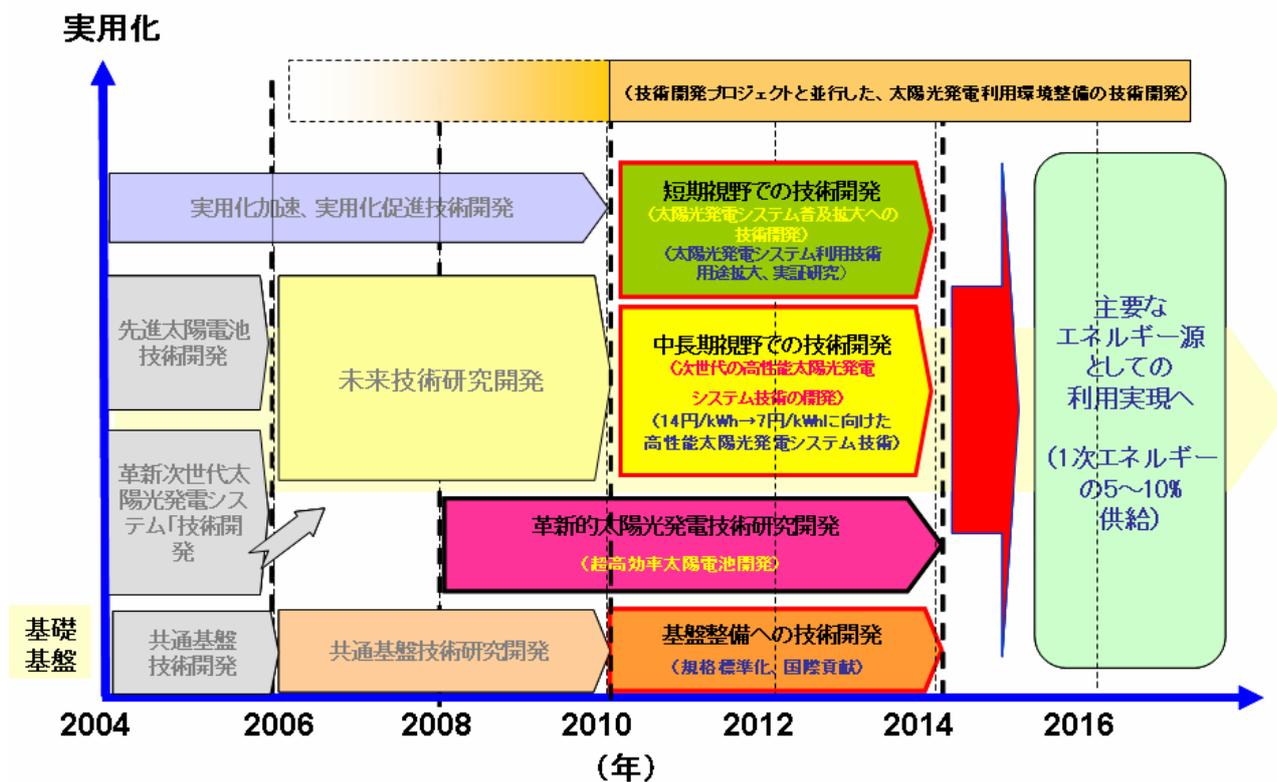


図6 今後の技術開発プロジェクトのイメージ

表6.1-2 セル・モジュールの性能(変換効率%)、モジュール製造コスト(円/W)、寿命(年)

個別技術の開発目標	太陽電池 ¹⁾	2010年		2017年		2025年				モジュール(%)
		モジュール(%)	セル(%)	モジュール(%)	セル(%)	モジュール(%)	セル(%)	製造コスト ³⁾ (円/W)	寿命 ⁵⁾ (年)	
40%の超高効率太陽電池(追加開発)	結晶Si ²⁾	16	20	20	25	25	(30)	50	30(40)	
	薄膜Si	12	15	14	18	18	20	40	30(40)	
	CIS系	15	20	18	25	25	30	50	30(40)	
	化合物系	28	40	35	45	40	50	50	30(40)	
	色素増感	8	12	10	15	15	18	<40		
	有機系 ⁴⁾		7	10	12	15	15	<40		

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)製造コスト目標は、変換効率、耐久性(寿命)とリンクするため、2025年の開発目標に併記。

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)モジュール寿命は標準技術として2025年に30年を設定するが、技術として2030年までに通常の電力用設備並みの40年の耐久性を持つモジュールを開発する。

あとがき

太陽光発電ロードマップ（PV2030）は2004年に策定され、これまで我が国の太陽光発電に関する技術開発指針として広く利用されてきた。今回の見直しではこの4年間の状況変化を踏まえ、「太陽光発電が2030年までに主要なエネルギー技術の1つに認知される」状況から、「2050年までには1次エネルギー需要の5～10%を賄う」状況へと発展することを想定し、用途に対応したGrid Parityを段階的に実現するとともに太陽光発電の周囲にある産業や社会システム（利用環境）との調和も考慮して解決すべき課題と取り組みの方向を示した。この太陽光発電ロードマップ（PV2030+）が今後の太陽光発電発展に大きく貢献出来ることを期待したい。