

# 太陽光発電



太陽光発電システムNEDO実証試験地区  
(群馬県太田市PalTown城西の杜)

# 太陽光発電の位置づけ

低炭素社会の実現に向けて自然エネルギーの活用が注目されている。太陽光発電では、政府の導入目標は14,000Mw/2020年、53,000Mw/2030年

表37-1 太陽光発電システムの特徴

太陽エネルギーを利用	膨大、非枯渇、クリーン
	どこでも存在、活用していないエネルギーの利用
	密度が低い。気象条件による。蓄電機能なし
光を電気に直接変換	曇天、雨天日の散乱光でも発電
	構造が簡単、可動部なし。取扱い容易。無人化容易
	モジュール単位で容量選択が可能
	軽量のため屋根に設置。建設期間は短い
	製造に要するエネルギーは少。2~3年で回収可*
分散型のシステム	発電場所の需要に対応、送電設備の負担小
	昼間の需用電力に対応でき、負荷電力を低減できる
	電源多様化、安定供給に貢献

(注\* : 設置コストの回収年数は約20年)

太陽光のエネルギー利用は、緯度、年間日照量、湿度などに影響される。直接日射を受けない曇天でも、発電量はゼロとはならない

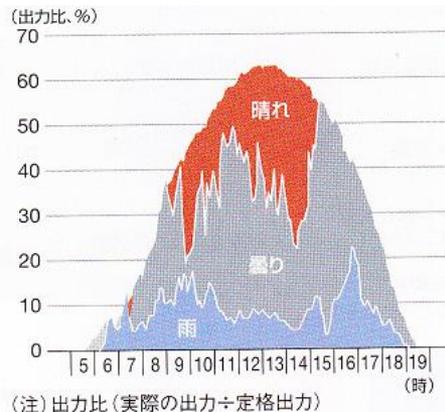
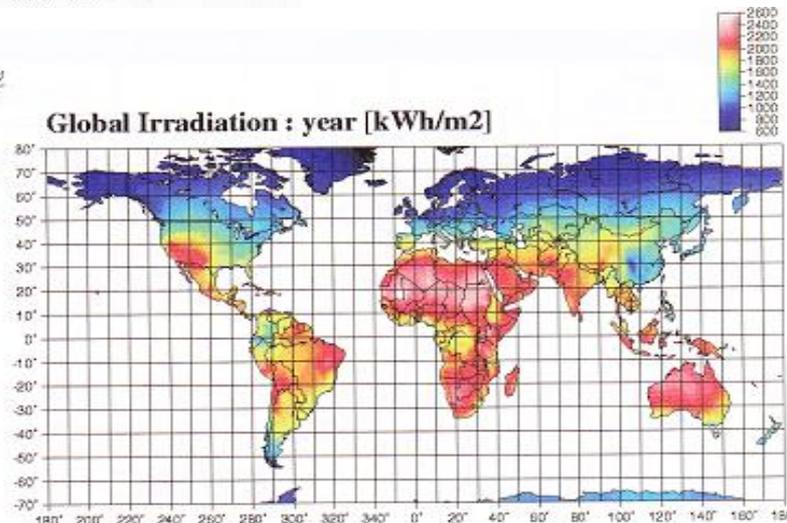


図37-1 一日の太陽光発電の出力変化と天気の影響 ⑩

表37-2 地球上のクリーンエネルギー源

	億kcal/s
太陽光	420,000
風波	880
地熱	77
潮汐流	7
水力	5

I - V : 大気候区記号  
実線 : 大気候区境界線



日本気象協会(JWA) : 日射気候区分及び世界気象資料に基づく

図37-2 日射量マップ(AIST)

# 種類・効率

太陽光発電関連産業はグローバル競争激化の中で、「**効率向上**」、「**大規模化**」、「**低コスト化**」を指向；  
 1. 従来のシリコン系から薄膜系、化合物系へ進展    2. 効率向上、大規模化、長寿命化による低コストの実現  
 3. 資金力豊富な新興企業の参加

表37-3 太陽電池(PV)素材の種類と特徴 (NEDO、ソーラー・システム産業戦略研究会) ※新データは巻末

素材の種類			効率 %	特徴	メーカー(例)
シリコン系	結晶Si	単結晶	15	最も古い歴史がある。 <b>性能や信頼性</b> に優れている。基板の値段が高い。高純度の結晶Siの供給は逼迫の傾向にある	シャープ、三洋
		多結晶	14	単結晶より <b>安価</b> で、現在の主流。 <b>変換効率</b> は、やや単結晶に劣る	シャープ、京セラ、三電
	薄膜Si	アモルファス	6	アモルファス(非晶質)シリコンや結晶シリコンをガラスなどの基板の上に1μm内外の非常に薄い膜を形成。 <b>大面積で量産</b> ができるが、 <b>性能面</b> に課題がある	MHI、カネカ
		多接合	10	アモルファスSiと微結晶Siを積層。 <b>Si使用量が少ない</b> 。 <b>大面積、量産</b> が可能。 <b>吸収波長領域が広く</b> 、アモルファスSi型より <b>高効率</b> 。 <b>耐久性向上</b> が課題	MHI、カネカ、富士電機、シャープ
化合物系	CIS系、CIGS系	11	化合物半導体の一種で、銅、インジウム、セレン、(+ガリウム)を原料とする。 <b>製造工程が簡単</b> で <b>高性能</b> が期待でき、開発が進んでいる。薄膜CdTe系は欧米で急成長	昭和シェル、ホンダ	
	III-V結晶系	30	ガリウム、ヒ素など特別な化合物半導体の基板を使った <b>超高性能PV</b> 。現在は、 <b>コスト</b> が高く宇宙などの特殊用途	シャープ	
有機系	色素増感型	11	酸化チタンについた色素が、光を吸収して電子を放出することで発電する。 <b>簡単につくれ</b> 、 <b>カラーバリエーション</b> で <b>応用範囲が広い</b> 。今後の <b>高効率化</b> 、 <b>信頼性向上</b> が期待	シャープ、フジクラ、ソニー、アイシン精機、大日本印刷	
	有機薄膜	5	有機半導体を使用。 <b>フレキシブル</b> なセルが可能。 <b>低コスト化への期待</b> が高いが、 <b>高効率化</b> 、 <b>耐久性</b> が課題	パナソニック、新日本石油、三菱化学、住友化学	

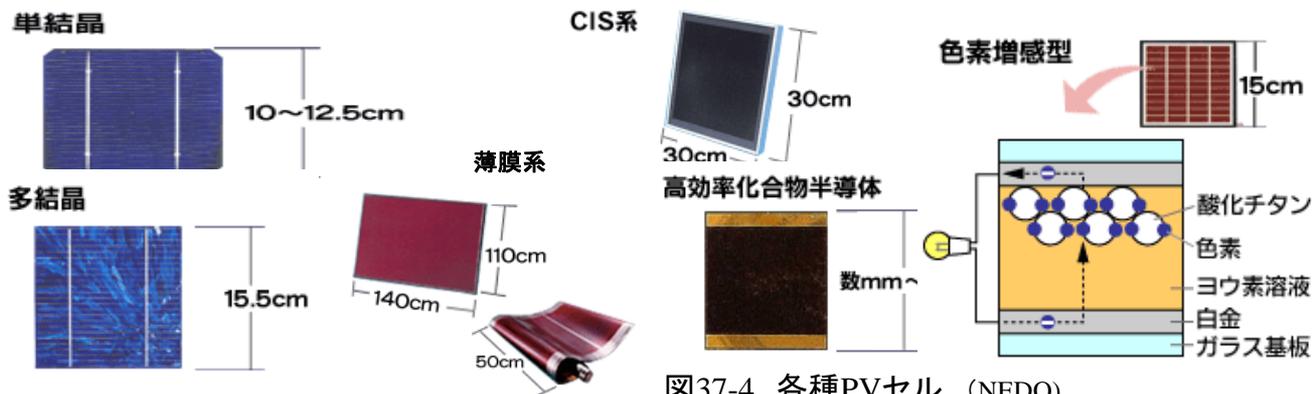
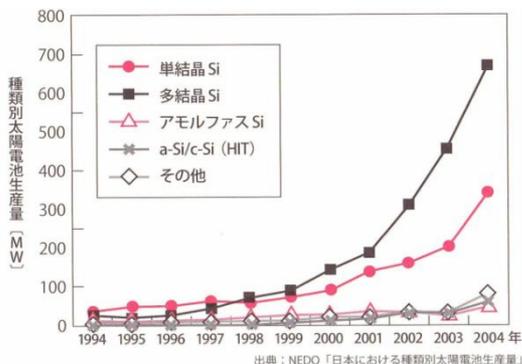


図37-3 種類別生産量の推移①

※生産量推移は巻末

図37-4 各種PVセル (NEDO)

# 発電システムのしくみ

家庭の屋根などに太陽光発電パネルを設置。各種の制御、安全装置を介して電力会社の電力線に接続

表37-4 太陽電池パネルの構成(セル、モジュール、アレイ)(太陽光発電協会)

セル	太陽電池(PV)の基本単位で、PV素子そのもの
モジュール	セルを必要枚配列して、屋外で利用できるように樹脂や強化ガラスなどで保護し、パッケージ化したもの。太陽電池パネルとも呼ばれる
アレイ	モジュール(パネル)を複数枚並べて接続したもの

**パワーコンディショナ**: PVで発電した直流(DC)電力を交流(AC)電力に変換して電力系統へ有効に送り出す機器。日射量に従い刻々と変化する電力量を、効率よく取り出す機能を担う。その主要機能は;

1. PVの発電電力を無駄なく取り出す (**MPPT制御** / **PV最大出力点追従制御**)
2. 取り出したDC電力をAC電力に変換 (**インバータ**)
3. 系統の状況に協調して電力を送り出す (**系統連系**)
4. 系統の異常を検知して発電を中止 (**系統連系保護**)

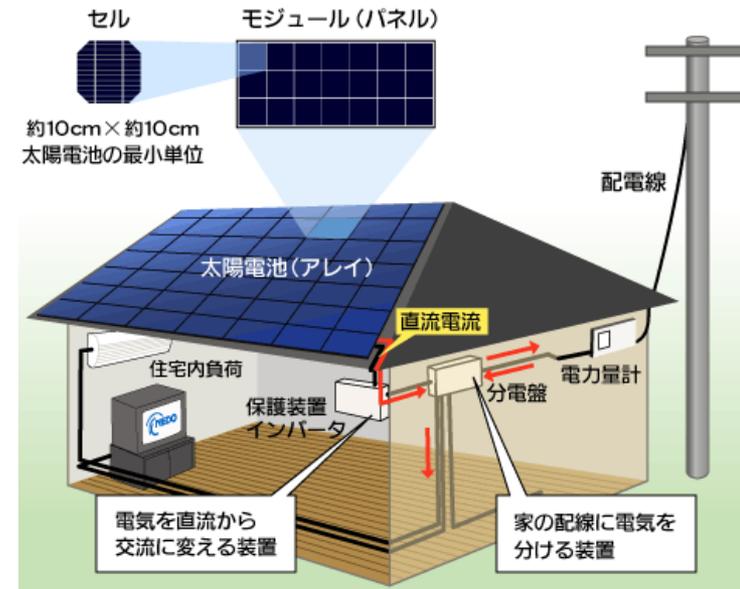
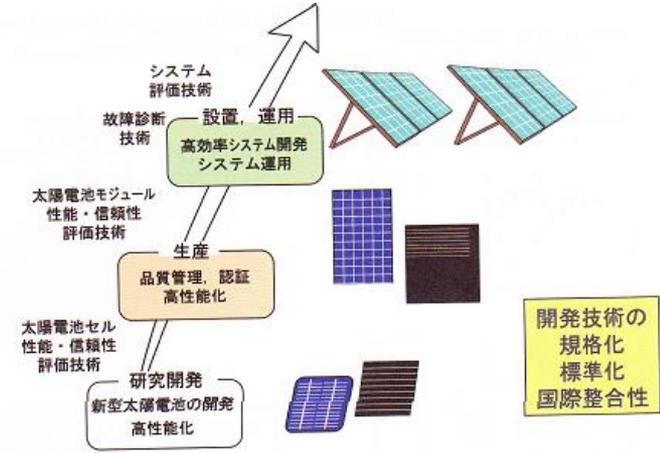


図37-5 個人住宅の太陽光発電の構成例 (NEDO)

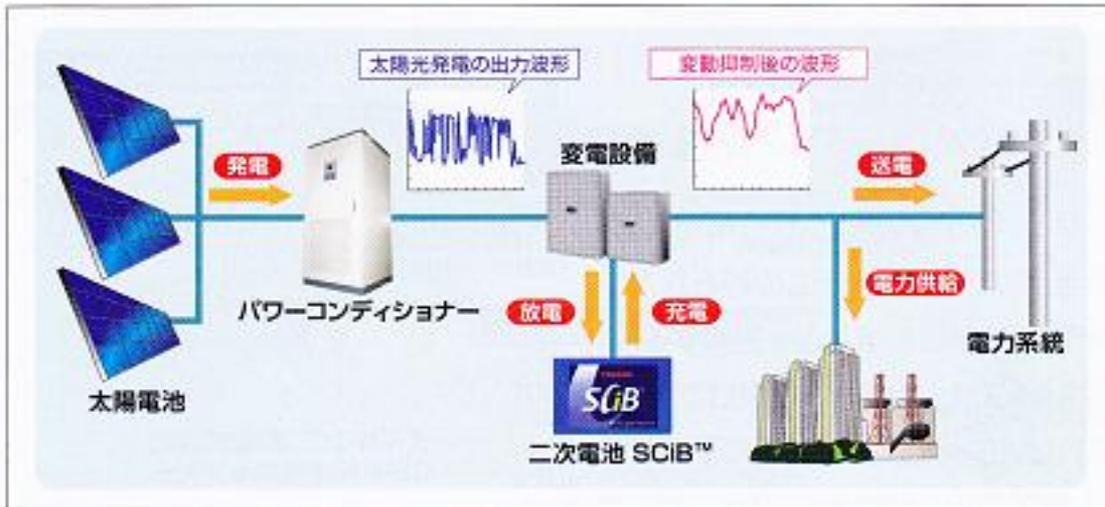


図37-6 系統連系型太陽光発電システムの例(東芝) 日経ビジネス09.07.13特別版

# 構造・生産

**発電の仕組み**: PVに光が当たると電子(-)と正孔(+)が生じ、それぞれn型とp型のシリコンに集まる。その結果電極に電球など負荷を接続すると電流が流れる

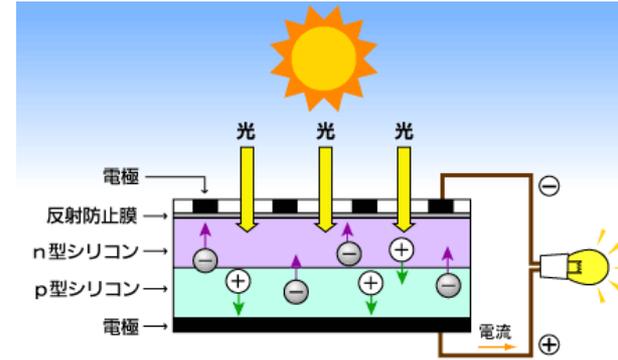


図37-7 Si結晶型太陽電池の仕組み (NEDO)

**結晶系Si**のPVの製造方法は基本的にはSi半導体デバイスと同等。ただし、PVでは原料コストの割合が大。化合物系ではガラス基板上に光吸収層を成膜して作製する

**多接合化**—アモルファスSiの例にみられるよう各種波長の光を吸収できる層を重ね合わせてその吸収効率を高める

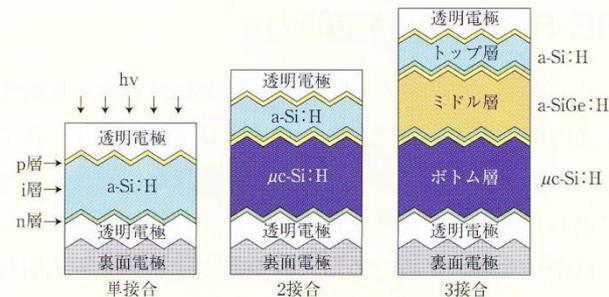


図37-9 薄膜Si-PVの開発 ⑫

**薄膜型PV**: ガラス基板に直接Siの膜を蒸着・塗布させる。アモルファスSiのほか化合物系(CISなど)、有機系もある

○**Si使用量**は結晶型に比べ1/100のレベル。大量生産で**製造コストは大幅削減可能**。薄さを活かして携帯機器、衣類、自動車への搭載も検討中

▲**製造装置は高い**。Si結晶型に比べ**変換効率が低い**ので、遊休地を利用した大型発電所向き

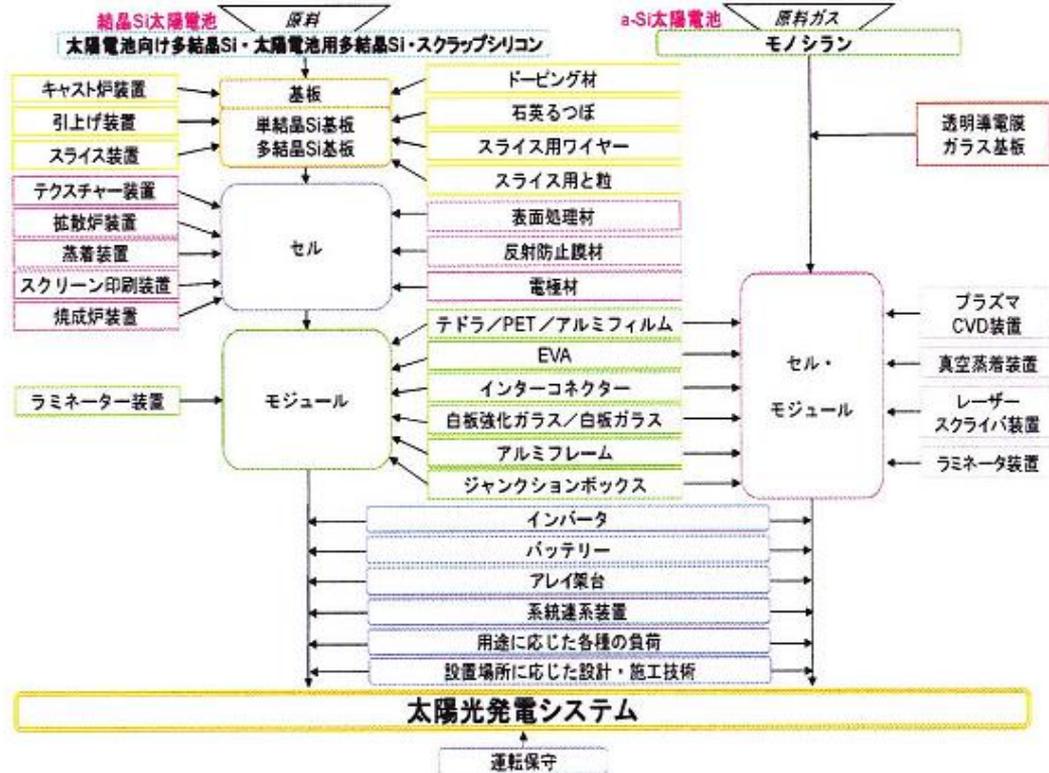


図37-8 太陽光発電関連の生産構造 ⑥

# 太陽エネルギーの利用

地球上に到達する太陽光のエネルギー量は $1m^2$ 当たり約 $1kW$ 。この全太陽エネルギーを100%変換できるとしたら、世界の年間消費エネルギーを、わずか1時間でまかなうことができる(太陽光発電協会)

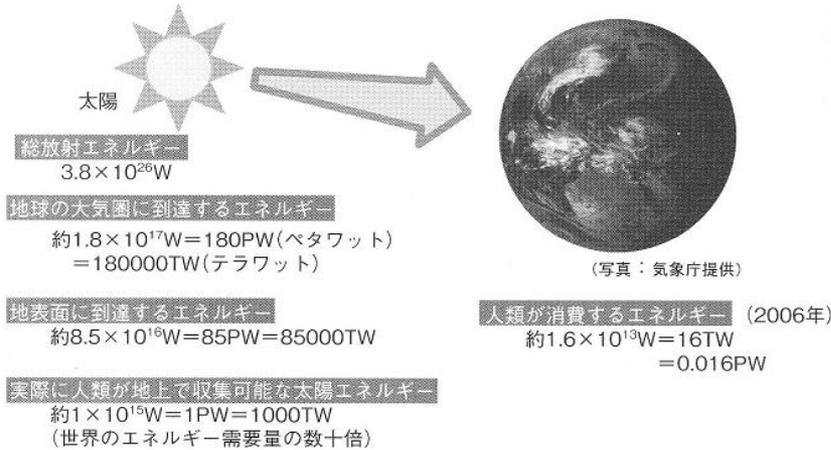


図37-10 太陽エネルギーの資源量  
(波に乗れにっぽんの太陽電池)

Production Comparison  
Different PV Solutions

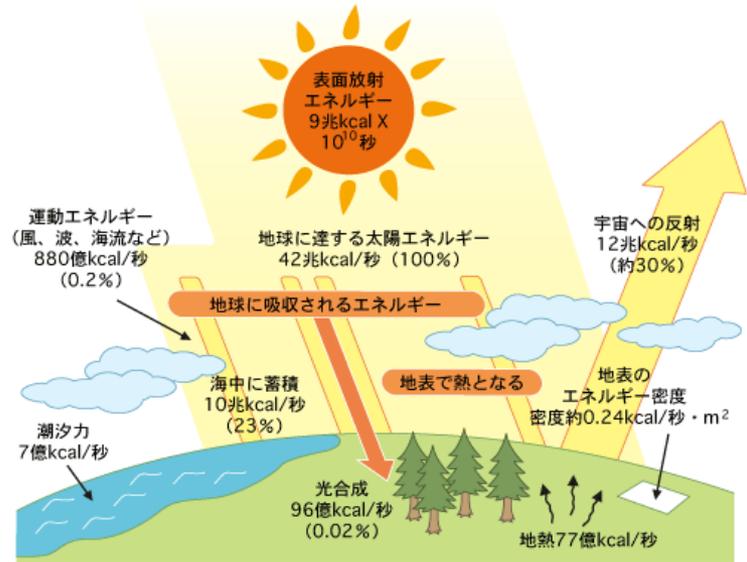
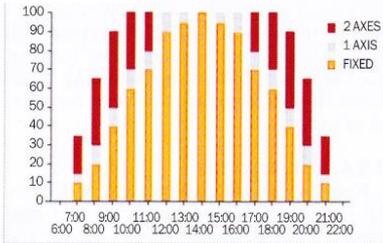


図37-11 太陽エネルギーフロー (太陽光発電協会)

**太陽追尾装置:** 太陽光パネル面を太陽方向に向けることにより、最高の効率で発電するようにした駆動装置。太陽の移動に合わせてモータを駆動させ、パネルの上下、東西の設置角度を自動調節する。ロボット技術などを応用



図37-13 太陽追尾装置の例  
(INTER PV 2009.7)

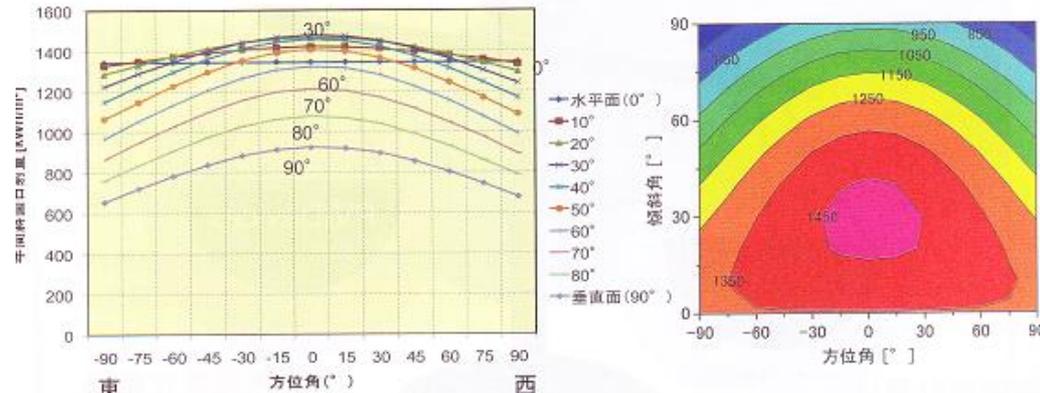


図37-12 日射量とアレイ設置角度の関係(AIST)

# 導入助成

**住宅用太陽光発電普及促進の補助金と優遇税制**: 補助金制度が2009年1月から再スタート(約7万円/kw)。税制優遇措置も2009年4月から実施で、かかった費用の10%の所得控除。新築では**住宅ローン減税**となる。多くの**市区町村**でも**追加の助成**。たとえば東京都足立区などでは国、都、区の三重の補助制度が利用でき、**FITの制度**と合わせて導入促進の推進力となっている

月刊地球環境 2009.8 ※新データは巻末

設置費用		225万円
補助金	国	24.5万円
	東京都	35万円
	足立区	35万円
	計	94.5万円
消費者の負担		130.5万円

東京都足立区で太陽光発電を導入した場合の負担例

図37-14 足立区の太陽光発電設備の助成例 (朝日新聞 2009.7.25)

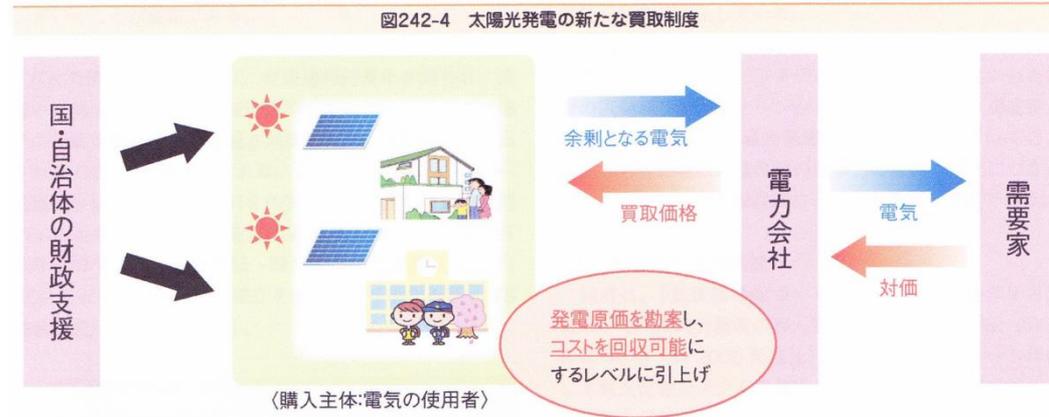
**エネルギー供給構造高度化法**: 住宅用の太陽光発電に関するFITの指針を盛り込んだ法律で、非化石エネルギー源の利用拡大を目的とする。2009年7月1日成立

**FIT (Feed in Tarif / 固定価格買い取り制度)**: 太陽光や風力などの電気を電力会社が長期間、固定価格で買い取る制度。再生可能エネルギーの普及・低価格化を促進する政策手法。ドイツ、スペインなどで成果を上げているが、日本では太陽光限定導入の見通し

表37-5 各省の導入施策 (日経産業新聞 2009.6.5)

政府全般	低炭素社会づくり行動計画 (太陽光発電システム導入目標量: 2020年に14ギガワット) 未来開拓戦略 (太陽光発電・省エネ世界一プラン) 太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン
経済産業省	住宅用太陽光発電システムの補助金復活 余剰電力買い取り制度の法制化と買い取り価格の引き上げ 太陽光発電システム導入に対する税制優遇措置の新設
環境省	日本版グリーンニューディール政策
文部科学省	学校への太陽光発電システム導入
国土交通省	庁舎、道路施設への太陽光発電システム導入
農林水産省	農業施設への太陽光発電システム導入
地方自治体	住宅用太陽光発電システム上乗せ補助金の実施相次ぐ

(準備段階も含む)



資料: 経済産業省作成

図37-15 太陽光発電の買取制度 (ものづくり白書2009)

**RPS制度 (新エネルギー等の利用に関する特別措置法)**: 電力会社に対して販売総電力量のうち一定量を太陽光発電など新エネルギーとすることを義務付けた法律(2003年施行)。2010年目標でこの一定量は1.63%と低く、ドイツのFIT制度と比較して新エネルギーの導入量が伸びないと批判もある

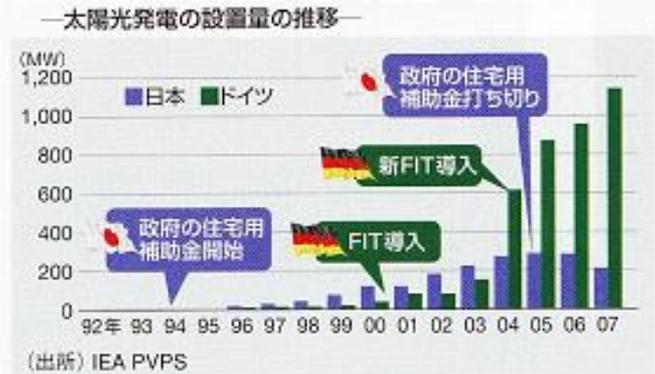


図37-16 FIT導入成果の日独比較 ⑩

# 導入促進の背景

**低炭素社会づくり行動計画**: 地球温暖化防止の総合対策をもとに政府が2008年7月閣議決定した行動計画。2050年までに世界全体の温室効果ガスを半減→日本は同時期に現在の60~80%を削減する。太陽光発電では導入量10倍/2020年、40倍/2030年、3~5年後の太陽光発電システムの価格を現在の半額程度とするなど

麻生首相は2009年6月に「2020年までに日本の温室効果ガス排出削減の中期目標を05年比-15% (1990年比-8%)」という方針を発表したが、経団連、世界の反応は不評。G8でも反対が多い

**スマートグリッド**: 太陽光発電導入増加に伴って懸念される送配電網への悪影響(例、周波数の不安定性)を防止するため、IT技術を活用して種々のエネルギー源を効率的に管理し、家庭や企業の需要に細かく合わせて効率的に供給する。今後、パワーエレクトロニクス、二次電池、情報通信技術を取り込んだ技術開発を進める。米国ではオバマ政権が110億ドル規模の投資計画を組んで注目。グーグル社も2009年2月に本分野への参入を発表

日本の太陽光発電関連産業の競争力の強化のため「ソーラー・システム産業別研究会」を設置(経済産業省-2008年12月)。2009年3月に報告書。太陽光発電関連産業が目指す今後の方向性についての戦略を供給サイド、需要サイドの取組み、制度環境の整備について示した

**Cool Earthエネルギー革新技术計画**(経済産業省-2008年3月): ロードマップ作製

1. 第二世代PV(超薄型結晶Si、超高効率薄膜型、有機系)  
2020年 変換効率10~19%  
2030年 15~22%
2. 第三世代PV(量子ナノ構造)  
2030年以降変換効率40%超を目指す



図37-17 次世代電力網「スマートグリッド」 (日経ビジネス09.07.13特別版)

# 新しい太陽電池

太陽電池市場で主流の結晶型、薄膜シリコンに続き、色素増感型、有機太陽電池、量子ドット構造などの次世代型などの開発が進行。国際的な競争も激化(日刊工業09.06.18)

**色素増感型**: 二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )と色素による半導体の光増感作用を利用

○低コスト、高度技術は不要、印刷機で製造できる、フレキシブル性、透明性、カラー着色、薄くて軽い、希少金属を使用しない

▲低い発電効率、耐久性が欠点

**有機薄膜型**: 半導体のような電気的特性を示す有機化合物から成る。大日本印刷では印刷技術によるセルの大型化技術を開発

○0.1 $\mu\text{m}$ の薄さ、低コスト、軽量、フレキシブル、プラスチックフィルム型も可能

▲変換効率は4%程度と低い

**量子ドット型**: 直径数nmの粒子状(ドット)のものを重ねた半導体を使用し、粒子の大きさ、構造を人工的に調節し、様々な波長の光を吸収させる発電体。次世代太陽電池として注目

○作製に真空は不要、変換効率の理論限界は60%以上

▲実用化の技術開発が必要(日刊工業新聞2009.4.24)

**シースルー型**: 半透明で透けて見えるタイプ。おもに薄膜Siが使われる。ガラス基板の上にSiを蒸着させて発電層である薄膜の成形後、レーザーで、薄膜の一部(約10%)を除去し、部分的に光を透過させる

○窓ガラス、天井部に採用、室内照明の節電に有効(新電気 2008.7 オーム社)

**メガソーラ**: 1000kw以上の大規模な太陽電池システムで政府の太陽光発電導入量の大幅拡充策に応じて、各電力会社は2020年までに30地点で合計14万kwの建設計画。3Mw以上のものが2010年度に運転開始の予定。NEDOも実証研究を推進中(日刊工業新聞2009.5.28)

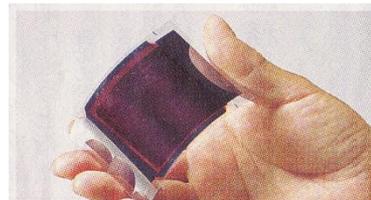


図37-19 有機PV (日経産業新聞 2009.6.19)



ソニーによる色素増感太陽電池の試作品「Hana-akari」。花がえがかれたパネル自体が発電する。

図37-18 色素増感型PV (NEWTON 2009.9)



量子ドット太陽電池の構造概念図 (左: タンデム太陽電池, 右: 超格子太陽電池)

図37-20 量子ドットPV ②



図37-21 シースルーPV(シャープ)

# 市場

世界市場での普及：先進国、途上国の各国とも原油価格の高騰や地球温暖化問題への対応を背景に普及対策を強化  
 ー補助金、FIT、税制、RPS制度、金融など ②

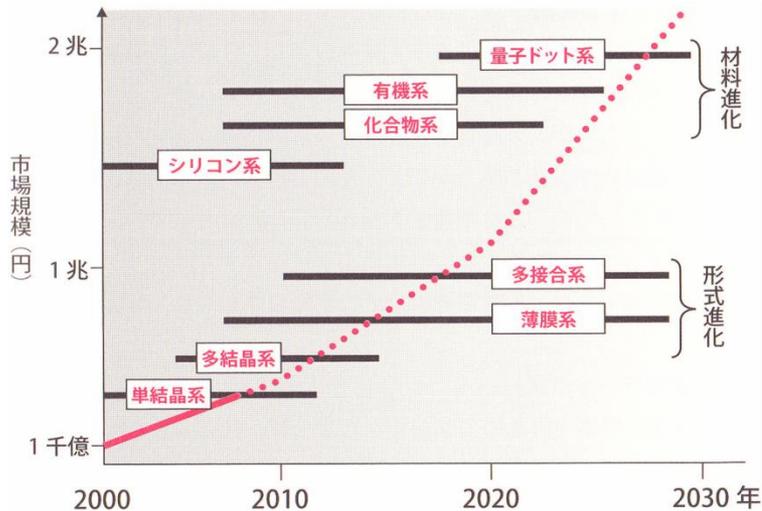


図37-22 日本における太陽電池市場 ①

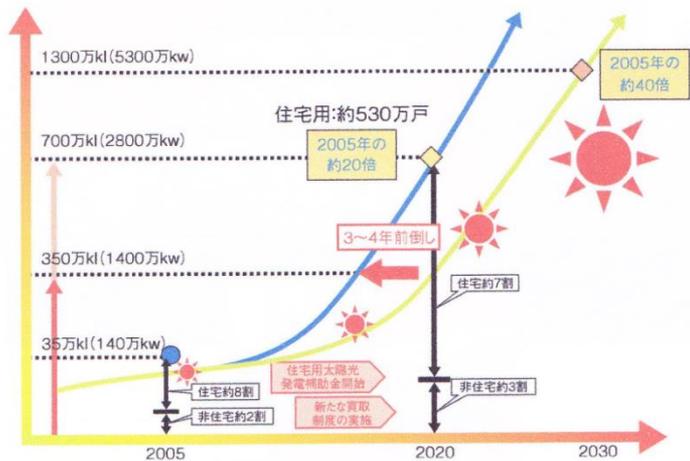
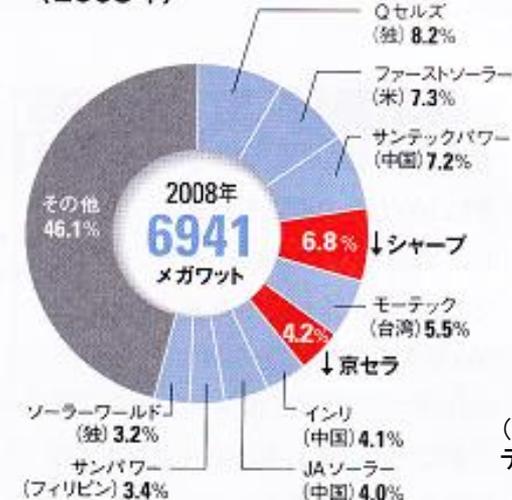


図37-24 わが国太陽光発電システムの導入普及の目標 ⑥

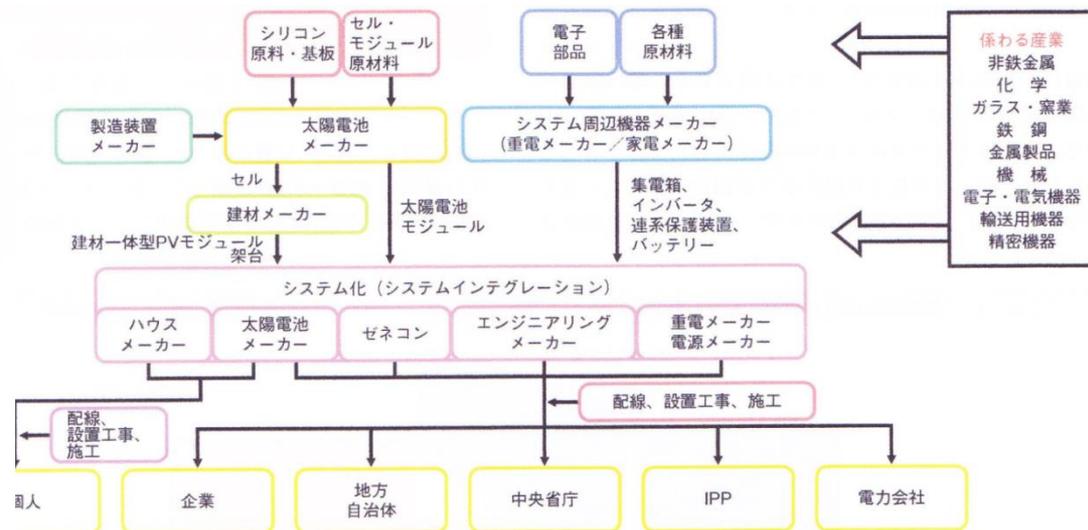
■ 太陽光発電のメーカー別シェア (2008年)



(※ 最新のデータは巻末)

(資料：PVニュース)

図37-23 世界の太陽光発電メーカーのシェア (日経ビジネス 2009.7.13特別版)



資料：資源総合システム

図37-25 太陽電池をめぐる産業構造 ⑥

# 将来への展開

資源エネルギー庁－太陽光発電の導入拡大のためのアクションプランを公表（2008.11.11）

1. 太陽光発電関係者の取組みを促す当面の具体的措置を明確にするもの
- ・太陽光発電の導入量を2030年に40倍など（低炭素社会づくり行動計画）
- ・家庭、企業、公共施設への導入拡大（安心実現のための緊急総合対策）

2. 国土交通省（道路、鉄道、港湾、空港などの公共施設）、文部科学省（小中学校、高校、大学等の教育施設）と連携して取り組む

NEDO－2004年に「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)の概要」を公表。2030年の発電コスト7円/Kwhを設定。温暖化対策の強化という環境変化を受け、これを見直しPV2030+を発表（2009年6月）。－2030年に国内の消費電力の10%を太陽光発電PV2030関連の動き；

Cool Earth 50 エネルギー革新技術計画  
 福田ビジョン低炭素社会作り行動計画

性能評価技術－出力、電流、電圧、変換効率の正しい評価は太陽電池の研究、開発、生産に不可欠

- 1.光源（ソーラシミュレータ）装置と照度調整
- 2.測光（照度、分光放射スペクトル、均一性）
- 3.温度制御、測定
- 4.分光感度測定
- 5.電流電圧（IV）特性測定
- 6.IV特性補正
- 7.太陽電池の材料、構造による特殊な性質の把握

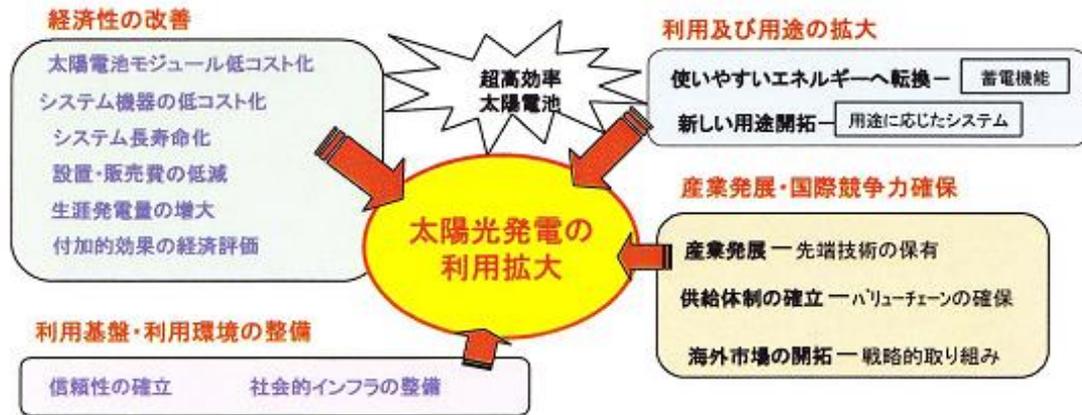
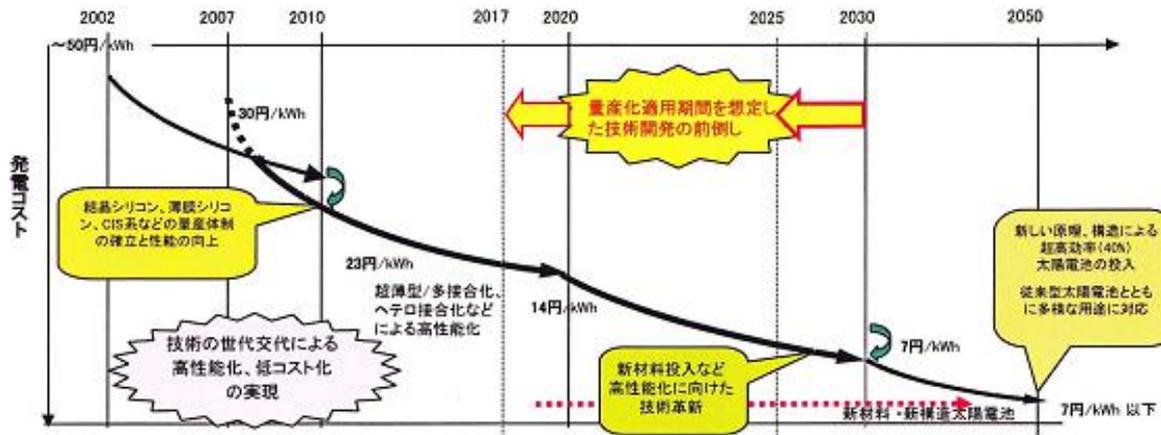


図37-26 実現への課題(PV2030+)



実現時期(既発完了)	2010年以降	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18% (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 発電	民生用途全般 産業用、運輸用、 農業用、独立電源

図37-27 低コスト化シナリオと太陽光発電の展開 (NEDO)

※新データは巻末

## 課題

グリッドパリティ	太陽光発電による電気料金(現46円/kwh)が、コストの低下が進んで通常の料金(23円/kwh)とコスト的に同じになること。補助金なしで太陽光発電が普及する効果がある。グリッドは電力会社の送電線電力網の電気料金を指す
EPT(エネルギーペイバックタイム)	発電システムの製造から廃棄に至るライフサイクルを通して投入されるエネルギー量が、システムによって発電されるエネルギーにより回収されるまでの期間。金額的な投資回収期間とは別のもの。太陽光発電では多結晶シリコンで1.4~2.4年、CdS/CdTe型で1.0~1.7年(NEDO)
システムインテグレート	消費者に対して太陽光発電システム単体の導入を提案するのではなく、オール電化住宅、蓄電池による蓄電、電気自動車への活用、DC/AC変換ロスの最小化など設置する分野への特色や消費者のニーズを的確に捉えた設計、施工、保守管理を一括手がける業者の育成が急務
シリコン原料の供給	高純度原料シリコンが世界的に逼迫してきており、結晶シリコンタイプでは需給安定化を図ることが求められると同時に、シリコンを使わない化合物型、有機型など多様化を進めることが不可欠

## キーワード

アモルファスシリコン	「アモルファス(=無定形の)」とは、非晶質、非結晶のこと。原子配列は結晶シリコンと異なり、不規則。PVとしては薄膜化が可能で、1 $\mu$ m以下でも発電することが可能。金属、プラスチックを基板とすれば、可とう性のものができる
MPPT制御	最大電力点追従制御(Maximum Power Point Tracking)。PVの出力は設置されている環境により常に変動するが、この、PVを常に最大電力点で動作させるように太陽電池と負荷の間に入って双方のバランスを取り双方に都合の良いポイントを制御する装置。電流と電圧の積が最大になるように電圧を制御する
HIT太陽電池	Heterojunction with Intrinsic Thin Layer. 単結晶Siの基板とアモルファスSiの薄膜を用いて形成したハイブリッド型PV(三洋電機が開発)。○ <b>発電効率は世界最高</b> の2009年23%達成、 <b>熱に強い</b>
太陽光発電協会	太陽光発電システムの利用技術の確立及び普及促進によって、我が国経済の繁栄と、国民生活の向上に寄与することを目的として、1987年に設立された太陽光発電懇話会が2000年に改称。太陽光発電に関する生産、流通、利用及び貿易についての調査、研究及び統計、太陽光発電に関する広報・啓発などの事業を行う