

# 産総研

2011 No.1  
SAN·SO·KEN  
<http://www.aist.go.jp>

# 太陽電池

明日に光を



# 太陽の光が、地球の未来を照らす

## 太陽電池は、これからのエネルギーと環境を支える力です

### 最

近、屋根にのった黒っぽい太陽電池パネルをよく見ます。これで太陽の光から電気をつくることを「太陽光発電」と呼び、新しいエネルギー源として、世界中で利用が拡大しています。この太陽電池パネル、そもそもどのような原理で発電して、どのくらいの効果があるのでしょうか。

### 太

陽電池は、太陽から降ってくる光を吸収して発電します。実は物質に光が当たると、電子が光に「蹴飛ばされる」ように動き出します。原子や電子の大きさで見ると、光から直接「電気」が発生しているのです。その光によって発生した「電気」を取り出す仕掛けが、太陽電池です。燃料いらずで、光の当たるところならどこでも発電できます。

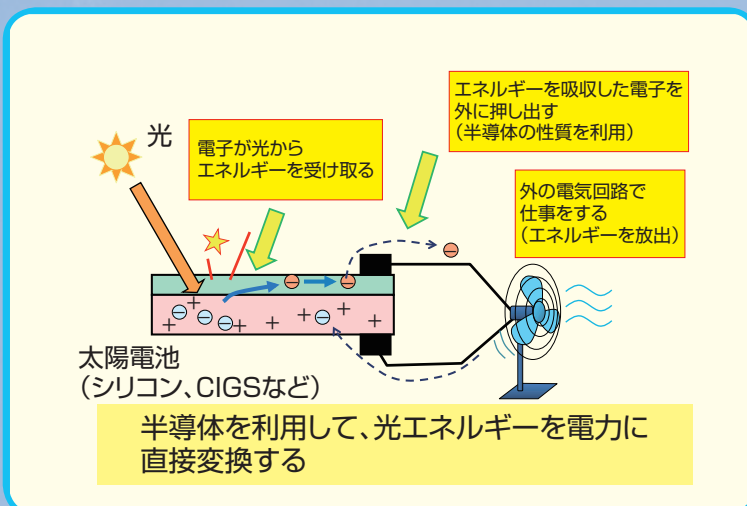
### 太

陽の寿命はあと50億年あると見られ、誕生後わずか15万年程度の人類にとっては、事実上無限のエネルギー源です。また1時間当たり太陽から地球に届く光のエネルギーは、全人類が1年間に消費しているエネルギーに相当します。

この膨大な太陽光エネルギーを直接電気に変換するのが、太陽電池です。太陽電池の主要原料のシリコンはどこにでもある砂に含まれる成分で、こちらも事実上無限に利用できます。太陽電池は毎年輸入して燃やしてしまう化石燃料の代わりに、空から降り注ぐ太陽光エネルギーを利用して発電します。太陽電池の原料の採掘や精製、設備の製造などにはエネルギーが必要ですが、発電には燃料がいらないため、火力発電に比べ、燃料の消費量と温暖化ガス排出量を大幅に削減することができます。

### こ

のように太陽光発電は環境に優しいだけでなく、太陽の光さえあれば家の屋根から砂漠・宇宙まで、どこでも発電することができます。地球温暖化を含め、人類による化石燃料の無制限な消費が無視できなくなった今、太陽からのエネルギーを直接利用する太陽電池が本格的に普及しようとしています。



太陽光を電気に変える原理図



太陽電池パネルのある家  
(太田市「パルタウン城西の杜」 出典NEDO)

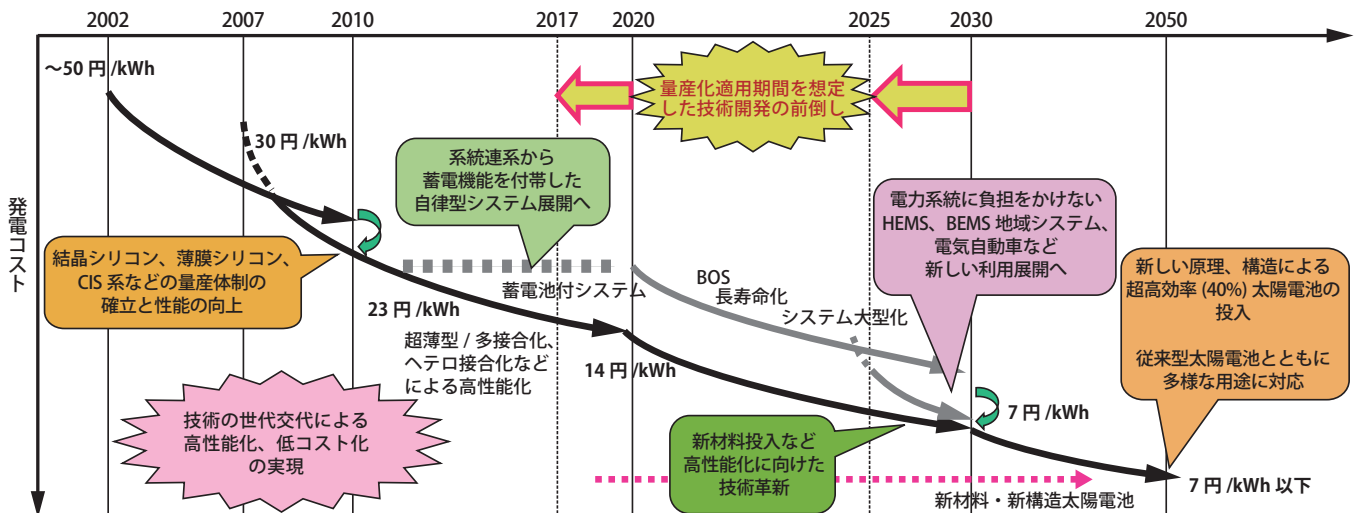
# 太陽電池大国、日本

それはあるできごとから本格的にスタートしました

**約** 50年前、開発当初の太陽電池はとても高価で、性能も今よりずっと低く、人工衛星・灯台・標識ブイなどの用途に限られていました。しかし1973年、第一次石油ショックが世界をおそいました。原油価格が急上昇して世界の経済は混乱し、日本も人々が生活用品の買いだめに走るなどのパニック状態に陥りました。燃料自給率が極端に低い日本は、エネルギーを化石燃料だけに頼る危険性を痛感したのです。

**こ** の経験から、1974年に化石燃料（石油）からの脱却を目的とした新エネルギー開発の国家プロジェクト「サンシャイン計画」が始まり、さらに1993年からは省エネルギー技術や地球環境技術の開発も統合した「ニューサンシャイン計画」として実施され、多くの成果を生みました。こうした研究開発に加えて、官民のさまざまな導入支援策も技術の進歩と普及を促し、日本は世界の太陽光発電をリードするようになりました。その結果、家一軒分で1億円以上もした太陽光発電システムの価格は、その50分の1以下になりました。現在はさらにその7分の1までコストを下げるべく、さらなる研究開発の努力が続けられています。

**そ** の太陽光発電は、日本の多様な産業と深く関わっています。心臓部の太陽電池は、日本が得意とする半導体、LED、レーザー、光センサーなどと技術的に深く関わっています。太陽電池を保護するガラス、樹脂、実装の技術は、液晶などの平面ディスプレイの技術と共通点がたくさんあります。さらに太陽光発電システムで用いられるインバーター技術、送配電の技術は日本のお家芸です。また太陽電池は今後、建築物だけでなく、生活用品や電気自動車などにも組み込まれようとしています。太陽光発電は、エネルギー供給だけでなく、その影響は素材産業から応用製品開発に至るまで幅広い分野にわたり、日本にとって魅力的な産業といえます。産業の規模も1兆円程度にまで拡大し、今や成長産業として新たな雇用の創出も期待されています。



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	家庭用電力並み (23円/kWh)	業務用電力並み (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

太陽光発電のコスト削減のロードマップ (PV2030+)

# 日本から世界に光を

太陽光発電工学研究センターは、日本のプレゼンスを高めています

**化** 石燃料の90%以上を海外に依存する日本では、代替エネルギーの研究開発が、国家の存在を大きく左右するといっても過言ではありません。加えて、日本では考えられないのですが、世界ではまだ電気が届いていない国もあります。十億人以上の人が電気のない生活を送っています。さらに地球温暖化問題も、私たちが悩ませています。

**人** 類が平等に恩恵を受けられる社会でなければなりません。そして、すべての人類が幸せで快適に暮らしていける、持続可能な社会を実現しなければなりません。科学技術立国・日本は、まさに「人」と「知恵」と「先端技術」で世界に貢献できます。それが日本のプレゼンス（存在価値）を高めていくこととなります。このような観点から、いま再び太陽電池と太陽光発電の価値が見直され、国や産業界、大学を問わず、関連の分野で研究と開発、実用化が進められています。

**太** 陽電池や太陽光発電を研究開発していくうえで、基本的な課題は何でしょうか。それはまず、「高効率」の太陽電池をいかに実現するかです。電池やシステムをどのように「小型軽量化」できるかも大切です。しかも、安くしなければ広く一般には普及しません。どこまで「コスト減」ができるか。すぐに壊れたりトラブルが続いたりするのでは、世の中には受け入れられません。「耐久性や信頼性」はどうしたら高められるのか。簡単に修理ができるよう、システム自体をどこまでシンプルにできるかも課題です。

**産** 総研の太陽光発電工学研究センターは、さまざまな環境や砂漠や寒冷地への設置にも対応する信頼性評価方法の開発やその標準化に取り組み、21世紀の自然エネルギーである太陽光発電を、日本はもろん、世界に広げるために研究を進めています。



電気のない地域や国での太陽光発電の利用形態

下の写真2点：IEA Photovoltaic Power Systems Programme (IEA PVPS) Task 9 提供

# 高効率太陽光発電システムの 評価・標準化

**太**陽電池の種類は非常に多様で、利用される環境や用途も多岐に亘ります。センターではこうした多様性が太陽電池の性能や寿命にどのように影響するかを調べると共に、市販製品の絶対的な性能の評価や、国際的な評価基準の策定などを行っています。砂漠など日射量の多いところでは、新型高効率太陽電池と集光レンズを組み合わせた「CPVシステム」のほが、性能とコストの面で従来型の太陽光発電システムを上回る可能性があります。しかしこの方法は、砂漠以外の地域では天候に左右されやすく、発電量を予測することが難しいとされてきました。また、そこで使われる超高効率多接合型太陽電池の評価については、各国で統一された方法がなく、現状では測定精度に大きな課題を残しています。

**こ**これらの課題を一挙に解決するため、「異なる日射条件で屋外発電性能を比較、評価する」という実証実験が2010年11月、日米間で合意されスタートしました。

**こ**の実験の特徴は、日本製、米国製、ドイツ製の性能の異なる3種類の集光型高効率太陽電池を搭載したCPVシステムを、乾燥気候で晴天率の極めて高い米国コロラド州オーロラ市と、温暖湿潤気候で晴天率の高い岡山市（岡山県）京山（岡山県）に同時に設置し気候の違いが発電性能に及ぼす影響を調べます。そして、CPVシステムの発電量を正確に予測する評価方式を確立し標準化することで、CPVシステムおよび集光型高効率太陽電池の普及拡大を目指しています。



集光型太陽光発電システム（CPV）

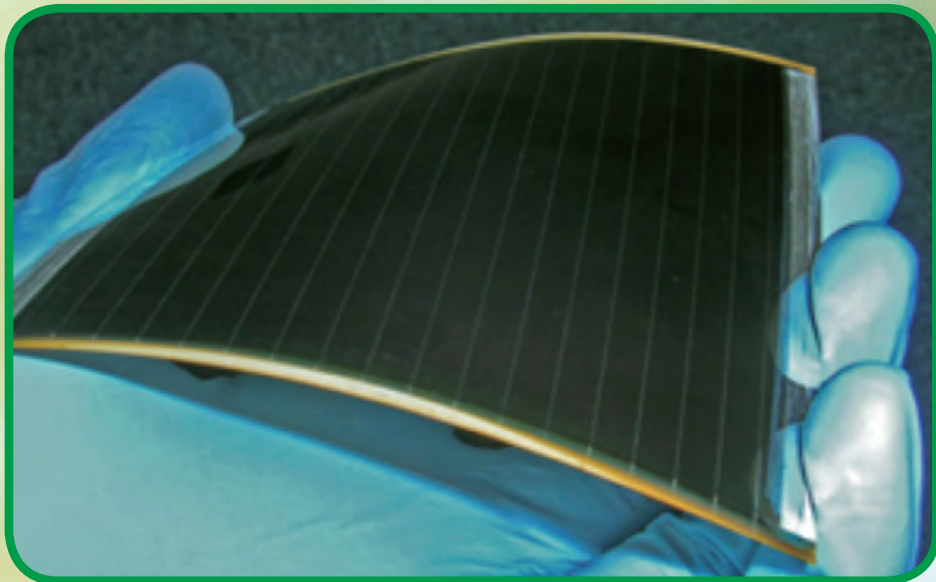
# 薄膜太陽電池の開発

## 軽くて曲げられるフレキシブル太陽電池

**太**陽電池には、実はたくさんの種類があります。一番多く見られるのは「結晶シリコン太陽電池」ですが、最近、それ以外のさまざまな種類の太陽電池が登場しています。結晶の他に太陽電池の低コスト化と高性能化を両立させるため、材料の使用量が極めて少ない、薄膜太陽電池の研究を行っています。これらには、微結晶シリコンやアモルファスシリコン太陽電池、CIGS太陽電池があり、「薄くて曲げられる」フレキシブル太陽電池にもなります。ここでは最近急速に脚光を浴びているCIGS太陽電池について紹介します。

**C**IGS太陽電池のCIGSとは、銅(Cu)・インジウム(In)・ガリウム(Ga)・セレン(Se)の頭文字をとったものです。シリコンを使わず、カルコパイライト系と呼ばれる化合物半導体材料を使って太陽電池をつくります。この材料の特徴は、光の吸収率がとても高いことです。わずか1〜2マイクロメートルの薄い層で受けた光をすべて吸収し、効率よく発電することができます。電池そのものが数マイクロメートルの厚みしかないので、省資源で製造に要するエネルギーも少なく済みます。太陽光発電工学研究センターでは、「軽量・フレキシブルでありながら、性能は結晶シリコンと同等で、デザイン性・量産性にも富む太陽電池モジュール」の実現を目指し、最先端のCIGS太陽電池の研究開発を進めています。

**そ**の結果、2010年には光電変換効率16%（受光面積76cm<sup>2</sup>）という、フレキシブルCIGS太陽電池としては世界最高の性能を実現しました。軽く、曲げることもできるフレキシブル太陽電池は、モバイル機器用電源としての応用も期待できます。21世紀の太陽電池として、さらなる高性能化が望まれています。



高効率フレキシブルCIGS太陽電池サブモジュール  
光電変換効率 15.9%（受光面積 75.7 cm<sup>2</sup>）

# 新型太陽電池・材料開発

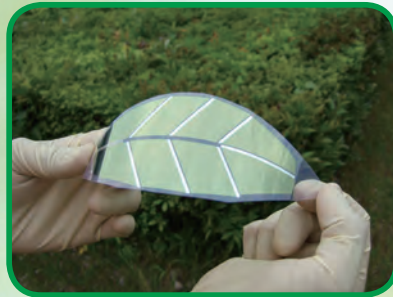
## 有機材料で作る安くてカラフルな太陽電池

**ブ**ラスチックをはじめとする有機材料は、かつては電気を通す性質が見られなかったため、エレクトロニクス関係の分野では長い間絶縁体として扱われていました。ところが、有機分子に特有なパイ電子（ $\pi$ 電子）をうまく利用することで有機材料にも電気を通せることがわかり、無機材料に代わる半導体として、今日では既に実用化されている有機ELEDディスプレイを含め、さまざまな分野への応用が進められています。

**現**在太陽電池で多く用いられるシリコンは融点が約1600℃にもなりますが、有機半導体ならば常温に近い温度で製造できます。この有機半導体を使って、すごく安く太陽電池をつくれないうか、という研究が21世紀に入ってからヨーロッパで盛んに行われるようになりました。

**産**総研の太陽光発電工学研究センターでも、「軽い」、「やわらかい」、「カラフル」、「低コスト」という特徴をもつ次世代の太陽電池として、高効率の有機薄膜太陽電池の開発に一丸となって取り組んできました。これまで有機薄膜太陽電池の開発は、変換効率が2〜3%からなかなか向上せず、何らかのブレークスルーが期待されてきました。

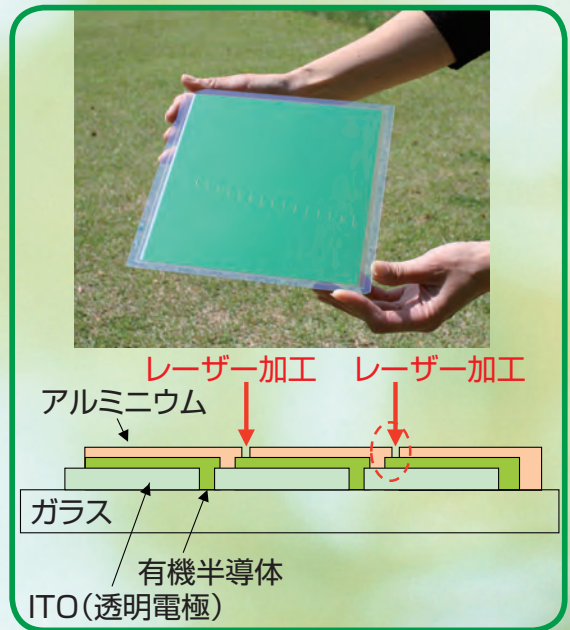
**な**ぜ有機薄膜太陽電池は、高い効率を実現することができないのでしょうか。少し専門的になりますが、理由は、pn接合の光電変換層の厚みが数ナノメートル（1ナノメートルは10億分の1メートル）程度しかないからでした。そこで有機薄膜太陽電池研究チームでは、「光電変換層の拡大による光の利用効率の改善」がカギであることに着目しました。具体的には、p型半導体とn型半導体を混ぜることでpn接合界面の面積を格段に増やし、光電流を改善する技術を導入したのです。そして、光電変換効率7%という、有機薄膜太陽電池としては世界最高レベルの効率を達成しました。



観葉植物型の  
フレキシブル・サブモジュール



産総研で開発された有機薄膜太陽電池



高集積化モジュール

### 新型太陽電池材料およびデバイスの開発・評価

微結晶シリコン高速製膜技術の開発により薄膜シリコン太陽電池実用化に貢献  
化合物薄膜(CIGS)太陽電池モジュールの世界最高効率を達成  
非フル系色素増感太陽電池で世界最高効率を達成  
有機薄膜太陽電池で効率7%を達成  
多結晶シリコン太陽電池で効率17.5%を達成するプロセスを開発

### 太陽光発電システムの運用・評価技術

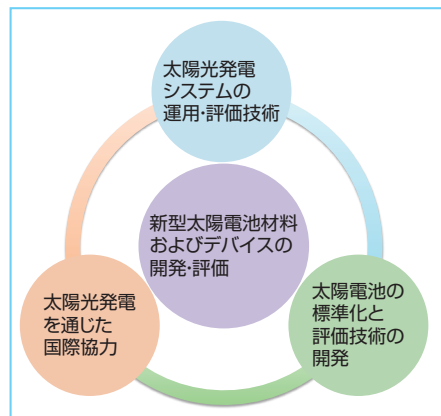
IEC17025認証取得による一時基準セル校正の恒久的維持体制の確立  
新型太陽電池の評価方法の確立と効率の第三者認定を実現  
(色素増感、HIT、集光型、薄膜多接合など)

### 太陽電池の標準化と評価技術の開発

34のJIS規格策定に参画  
高信頼性太陽光発電モジュール  
開発評価コンソーシアム設立

### 太陽光発電を通じた国際協力

海外機関と連携し、屋外暴露データの取得、標準化技術の供与



### 太陽光発電工学研究センターの主なミッション

## 太陽光発電工学研究センター 6年間の主な成果

## 太陽電池の研究開発におけるイノベーションハブ機能

21世紀は環境の時代といわれています。人類の持続的発展のためには環境に配慮したエネルギーの確保が最重要課題であり、そのために自然エネルギー、とりわけ太陽光発電への期待が世界的に高まりつつあります。また、太陽光発電の市場規模は世界的に急速に拡大しており、日本の輸出産業として成長を続けています。

これまでトップランナーとして世界をリードしてきた日本の太陽電池・太陽光発電は、今後またゆめ技術革新により、その主導的役割を維持していくことが重要です。このような背景のもと、産総研では太陽光発電研究に對して戦略的に取り組む拠点として、2004年4月太陽光発電研究センターを設立し、さらに2011年4月には太陽光発電工学研究センターと改称し、国際的の中核機関として活動を拡充しています。当センターでは材料デバイス、国の中立機関として求められる太陽電池の標準の供給、ユーザーサイドに立ったシステムの応用研究まで、総合的に太陽光発電研究に取り組んでいます。

太陽光発電を日本そして世界に広げるために、6つのチームが有機的に連携するとともに、企業などと密接に協力しながら安価で高性能な次世代太陽電池の開発と太陽光発電システムの大幅な普及拡大に向けて、日々努力しています。



技術を社会へ - Integration for Innovation  
独立行政法人  
産業技術総合研究所

広報部 広報制作室 〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2  
Tel: 029-862-6217 Fax: 029-862-6212 E-mail: prpub@m.aist.go.jp

