

# 太陽光発電技術の現状と今後の展望

三洋電機株式会社

ソーラー事業部

脇坂 健一郎

## 1. はじめに

文明の発達により、我々の生活は非常に豊かになってきた。しかし、人類は今、この豊かな生活だけでなく、我々を含む地球上の生物すべての生命を脅かす重大な危機に直面している。すなわち、化石燃料の大量消費に起因する地球環境問題である。温室効果や酸性雨などの地球環境問題の解決には、クリーンなエネルギーの開発がカギを握る。半導体の光電効果によって太陽光を直接、電力に変換する太陽電池は、まさに地球環境問題を克服する基幹技術と言える。ここでは、太陽電池開発の歩みと現状を、特に実用化に向けた高効率化のための太陽電池材料・加工・デバイスデザイン技術を中心に、応用技術も含めて述べる。そして、将来の展望として、太陽電池による世界的エネルギー供給システムを紹介し、まとめとする。

## 2. エネルギー問題

### 2-1 全世界の環境問題

私たちを生み育ててきた地球には、気温を保ち、雲や雨を作る大気層が存在する。地球の直径1万2700kmを約1mに縮小すると、その表面に存在する大気層(12km)はわずか1mmに過ぎない。この極薄な大気層に、私たちは化石燃料を燃やし、放出している。これは閉じたガレージの中で車のエンジンをかけ、排気ガスで窒息するようなものである。この化石燃料は、太古の時代、太陽エネルギーが植物の光合成により約2億年かけて貯えられたもので、人類は100~150年でこれを使い切ろうとしているのである。

この人間の活動が、二酸化炭素やイオウ酸化物の急激な増大をもたらし、それによって地球

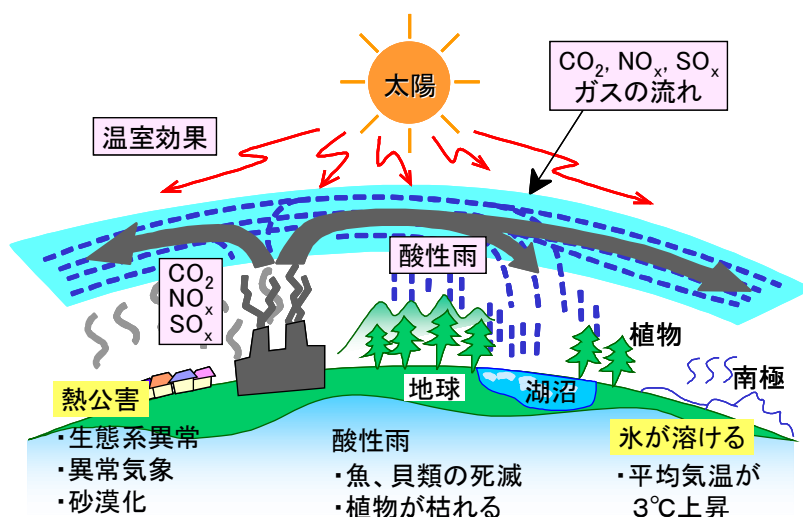


図1 化石燃料消費が地球環境に与える影響  
環境の異変に直面するのは至極当然と言える(図1)。

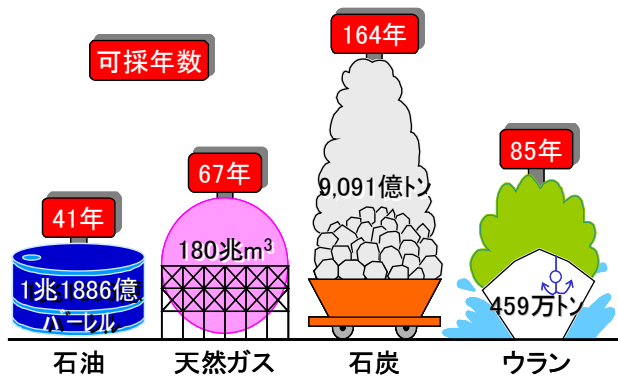


図2 世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量<sup>1)</sup>

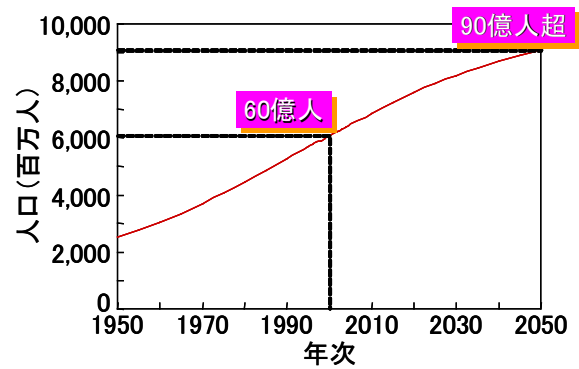


図3 世界人口予測<sup>2)</sup>

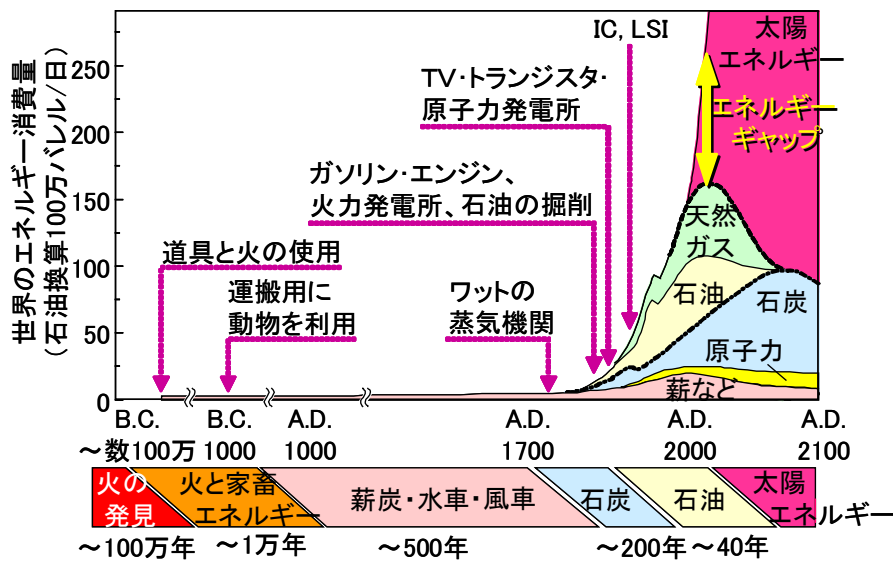


図4 エネルギー消費量の推移と予測<sup>3)</sup>

## 2-2 エネルギー資源の枯渇

石炭や石油などの化石燃料の大量消費に支えられた繁栄は、図 2に示すように、地球上のエネルギー資源量(確認埋蔵量)の観点からも、曲がり角を迎えている。現状のエネルギー消費が続くと、200 年以内に地球の化石燃料は枯渇してしまうと予想されている。一方、確認埋蔵量は漸増するので心配ないという見方があるが、これは誤りである。即ち、究極埋蔵量という限界に加え、図 3に示すような将来の人口増加予測の考慮が必要である。つまり、世界の総人口の増加と一人当たりのエネルギー消費量の増加とが相まって、図 4に示すように、今後のエネルギー消費量は爆発的に増加していくと予想される。そして、西暦 2020~2030 年頃には人類の必要とするエネルギーと化石燃料の生産量との間に大きなギャップ、いわゆるエネルギーギャップが生じる。このエネルギーギャップを解決するためにも新エネルギー開発が必要となる。

## 2-3 新しいクリーンエネルギー源としての太陽エネルギー

地球環境問題とエネルギー資源の枯渇という 2 つの理由から、我々は化石燃料にかわる豊富で安全な新しいエネルギー源を開発していく必要がある。この意味で、太陽エネルギーは、クリーン、無尽蔵で世界中のどこでも利用できるという特長を持つ最も理想的なエネルギー源と言える。地球に降り注ぐ太陽エネルギーは、170 兆 kW に達し、約 1 時間で全世界の 1 年分のエネルギーを賄えるほど膨大であり、また、太陽の寿命も人類の歴史に比べて桁違いに長く、半永久的

なエネルギーとみなすことができる。

太陽エネルギーの利用には、太陽の光と熱を利用する方法があるが、なかでも注目されているのが、太陽の光のエネルギーを半導体の光電効果を利用して電気エネルギーに変換する太陽電池である(図 5)。p-n 接合をもつ半導体に光が入射すると、+の電気を持つ正孔(電子の抜けた穴)と-の電気を持つ電子が発生し、それらが p-n 接合部で分けられ、+と-の電荷が両電極に集まる。この両電極を結線すると電流が流れる。太陽の光をエネルギー源とするので、化石燃料等を必要としないため排気ガスも発生せず、可動部もない発電素子である。

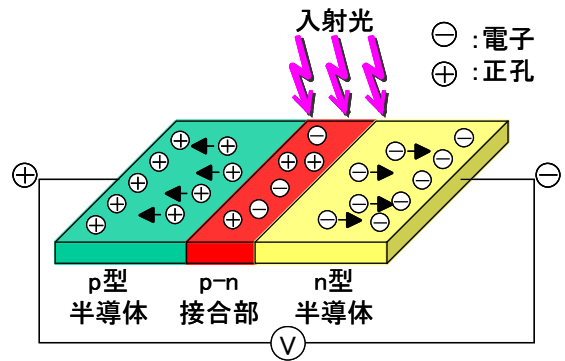


図5 太陽電池の発電原理

太陽電池は、太陽エネルギーそのものの特長に加えて、

- (1) 直接電気エネルギーが取り出せる。
- (2) 発電の規模の大小(例えば 1W と 1MW)により、その効率が変わらない。
- (3) 曇りの日のような拡散光でも発電する。
- (4) 可動部を持たないため基本的に、寿命が半永久的である。

といった特長を持つ。また、太陽電池を構成している主原料であるシリコンは、地上で 2 番目に多い元素であり、資源面でも全く問題がない。

表1 太陽電池の歴史

### 3. 太陽電池の進歩

#### 3-1 太陽電池の歴史

太陽電池の発明は、1954 年、米国のピアソン等によってなされた。そして、1958 年人工衛星(米国バンガード 1 号)に搭載され、通信用の電源として使用された。その後、無線中継所や灯台などに応用されたが、その価格が高かったために広く普及するにはいたらなかった。

しかし、オイルショック(1973 年)以降、その優れた特長から代替エネルギー源として注目されることになる。米国では米国エネルギー省(DOE)、日本では旧通産省工業技術院のサンシャイン計画、ニューサンシャイン計画のもと、太陽電池の技術開発が進められ、一般に普及しつつある状況まで進歩している。表 1 に太陽電池の歴史を示す。

1954	単結晶シリコン太陽電池(Pearson)
1958	太陽電池積載の人工衛星(Vanguard 1)
1973	オイルショック
1974	「サンシャイン計画」を初め、日・米・欧で国家プロジェクトがスタート
1976	アモルファスシリコン(a-Si)太陽電池
1980	世界初a-Si太陽電池の量産化 太陽電池のエレクトロニクス製品への応用(電卓等)
1984	世界最大7000kW太陽光発電所建設(米国)
1987	「PVUSA計画」(米国)
1991	「ルーフ1000戸計画」(ドイツ)
1992	個人住宅用逆潮あり太陽光発電システムの実現(日本) 公共施設等用太陽光発電フィールドテスト事業開始 「Solar2000計画」(米国)
1993	「ニューサンシャイン計画」がスタート
1994	個人住宅用PVシステムモニター制度開始 新エネルギー導入大綱策定
1996	「シルクロードジェネシス(SRG)構想」公表
1997	新エネルギー利用などの促進に関する特別措置法案
1998	100万軒ソーラーフイニシアチブ草案(米国)
1999	建材一体型太陽電池の防火認定
2000	再生可能エネルギー新法を制定(ドイツ)
2001	「ソーラーアーク」完成
2002	「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」を制定(日本)
2004	2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)

#### 3-2 太陽電池技術の現状

##### (A) 材料選択

まず最初に、実際に太陽電池に用いら

れている材料について取り上げる。図 6 は太陽電池(バンドギャップ  $E_g$ )に入射したエネルギーのうち、電気に変換され出力される割合と、各種要因により損失となる割合を示したものである。主な損失としては、 $E_g$  以下のエネルギーの光子は吸収されず透過損失となり、また  $E_g$  以上のエネルギーなどは量子損失として熱となってしまう、共にエネルギー変換に寄与しない。よって、太

陽光スペクトルとバンドギャップの合致度により、最適な半導体材料が明らかとなる。表 2 に、種々の材料の持つバンドギャップを示す。これより、太陽光放射エネルギースペクトルに近い 1.4~1.7eV の材料、すなわち GaAs 等で高い変換効率が得られることが示唆される。ただし、実際のデバイスにおいては、材料の品質、接合特性、使い易さ(無公害)、量産性なども重要な要素となることから、宇宙用として GaAs 系太陽電池が用いられる他は、シリコンが主に用いられている。

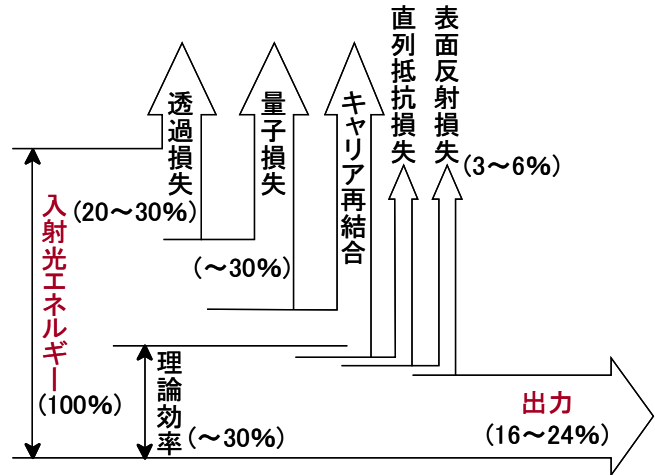
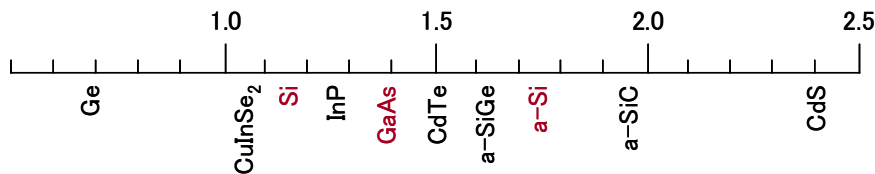


図6 入射光エネルギーの損失過程

(B)シリコン系太陽電池

表2 各種太陽電池材料のバンドギャップ(eV)



シリコン系太陽電池は、単結晶、多結晶、アモルファスの 3 種類に大別できる。アモルファスとは「非晶質」と訳され、結晶においては、構成原子が規則正しく配列しているのに対し、原子の配位数等の短距離秩序はあるものの長距離秩序がない状態をいう。研究当初は、膜中に存在するダングリングボンド(未結合手)のため、局在準位が多く、太陽電池としてはほとんど機能しなかったが、水素でダングリングボンドを終端した水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)が開発され、太陽電池としての応用が可能となった(図 7)。図 8 に代表的な太陽電池の製造方法を示す。

単結晶シリコン太陽電池は、最初が開発が進んだ太陽電池で、20%以上の高い変換効率(入射エネルギーを電気エネルギーに変換できる割合)が得られている。しかし、製造工程が複雑でコストが高いという欠点がある。

これを改善するため、熔融したシリコンを鋳型中で固化し、これをスライスしてウェハにする多結晶シリコン太陽電池が開発された。この多結晶シリコン太陽電池は、単結晶シリコン太陽電池に比べ変換効率は多少劣るものの、コストの低減が可能である。

アモルファスシリコン太陽電池は上記 2 種類の太陽電池とは製造方法が全く異なっている。アモルファスシリコン太陽電池は、SiH<sub>4</sub> 等のガスをグロー放電で分解し、ガラス等の基板の上に堆積させるた

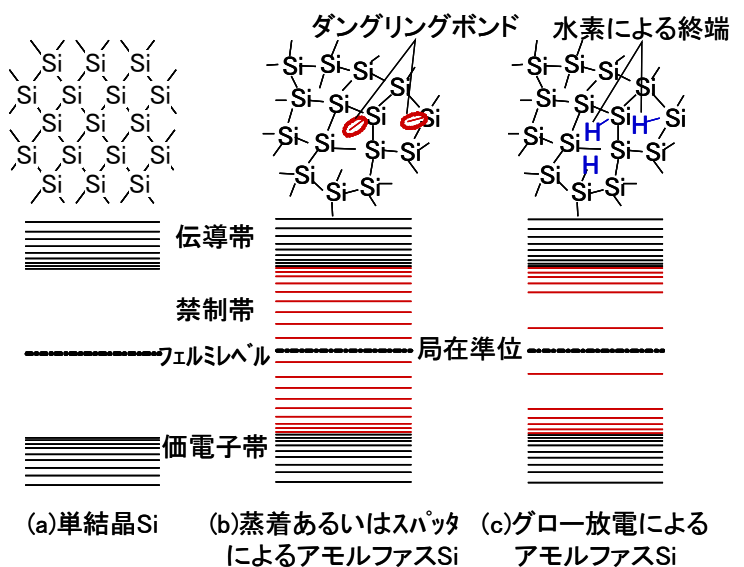


図7 単結晶 Si およびアモルファス Si における結合状態モデルとバンドギャップ

め、

- (1) 製造工程が簡単
- (2) 製造エネルギーが少ない(プロセス温度が 300°C以下)
- (3) 使用材料が少ない(厚さ 1 μm 以下、結晶系シリコンでは約 300 μm)
- (4) 大面積化が容易(ガス反応を利用)
- (5) 一枚の基板から実用的な高い電圧が取り出せる(アモルファスシリコン太陽電池独特の集積型構造を用いる)

など、低コスト太陽電池としての優れた特長を持っている。

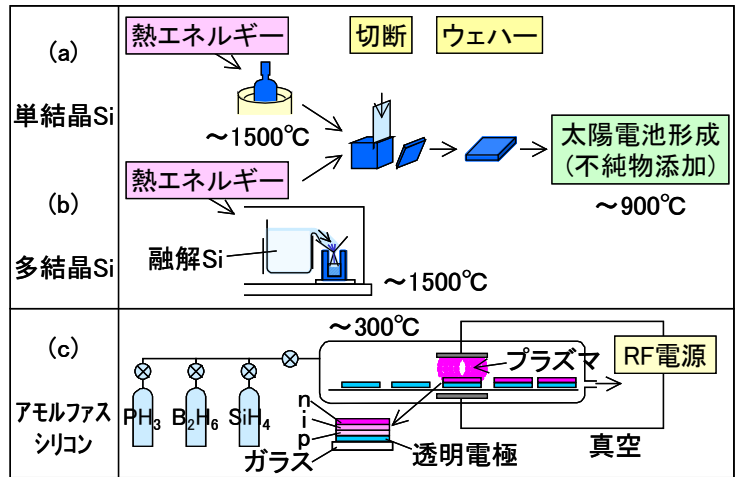


図8 各種シリコン太陽電池の製造方法

(C)変換効率向上

シリコン系太陽電池の変換効率の推移を今後の予想とともに図 9に示す。この 20 年間で、小面積の変換効率では単結晶シリコン系で 18%から 25%に、多結晶シリコン系では 12%から 20%に、アモルファスシリコン系では 5%から 13%へと向上してきている。さらに、実用的なモジュールの変換効率においても、単結晶シリコン系で 7~8%から 11~15%、多結晶シリコン系では 6~7%から 10~13%、アモルファスシリコン系では 2~3%から 5~7%と大幅に改善が進んでいる。

これらの変換効率向上のために、太陽電池の製法、構造と材料の多角的な面からの研究がなされてきた。図 10に高效率単結晶シリコン太陽電池の最新構造と特性を決定する要因を示す。入射光の閉じ込めや、裏面側に電界層を設けてキャリアの再結合損失を減らすなどの工夫により、理論効率とされている 30%に近づきつつある。

また、アモルファス太陽電池においても、短波長感度を改善できるワイドギャップ a-SiC p 層や、高テクスチャ透明電極及び高反射裏面金属電極の採用に加え、太陽光スペクトルを広範囲に利用できるようなバンドギャップの異なる

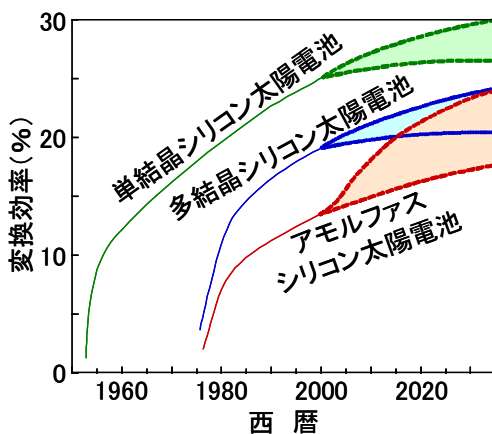


図9 太陽電池の変換効率の向上

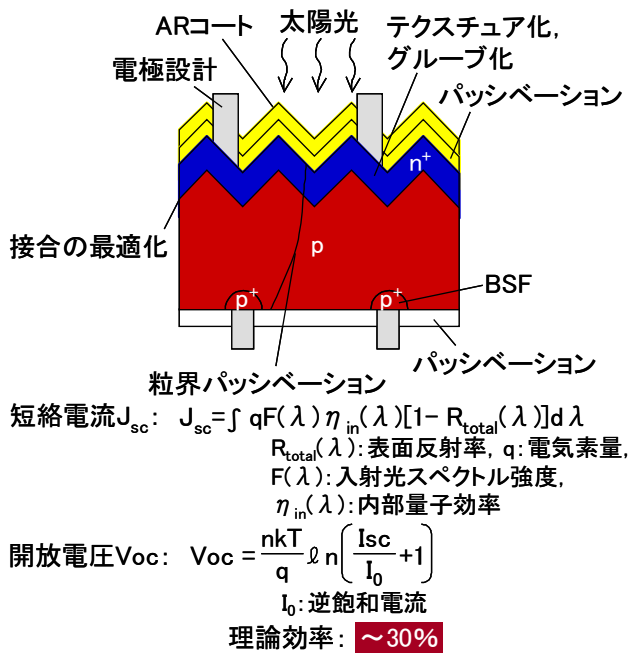


図10 単結晶シリコン太陽電池の要素技術

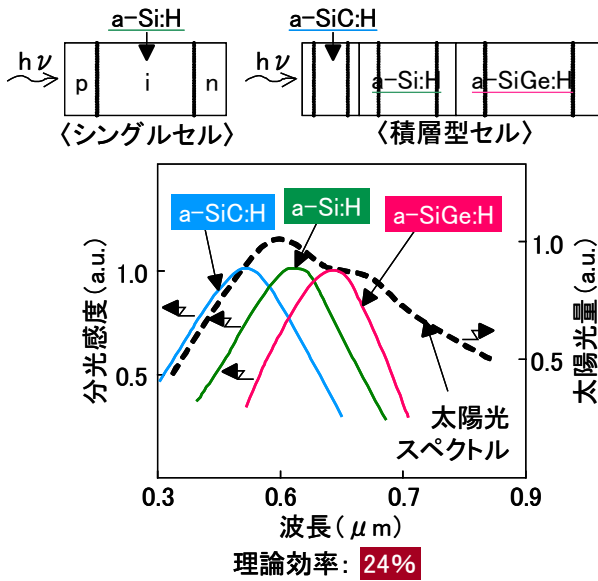


図11 アモルファス太陽電池の理論効率

発電層を積層させたスタック型セルが考案され、今後、効率として 24% 近くまで向上できることが期待されている(図 11)。

さらに近年、前述の 2 つの太陽電池の良い部分を合わせ持った太陽電池が開発された。図 12 に示す HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin-layer) 構造太陽電池であり、アモルファスシリコンと結晶シリコンのヘテロ接合で構成されており、低温での接合形成が可能で、変換効率も高い。加えて使用時の温度上昇による特性低下が単結晶シリコンより少ないため、同じ仕様でも発電量が多く得られる(図 13, 図 14)。さらに、セルの裏面側も発電するので両面発電型モジュールに応用できる(図 15)。以上のように数々の特長があり、太陽電池材料・加工・デバイスデザイン技術の一つの成功例と言える。

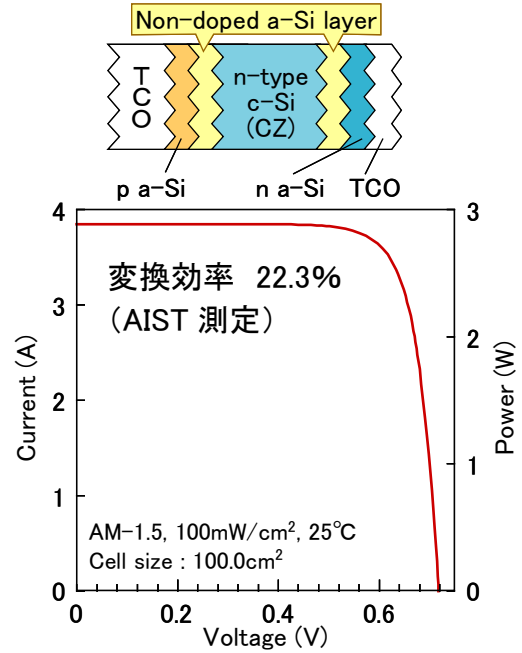


図12 HIT 構造太陽電池の電流-電圧特性 (単結晶 Si 基板, AIST 測定)

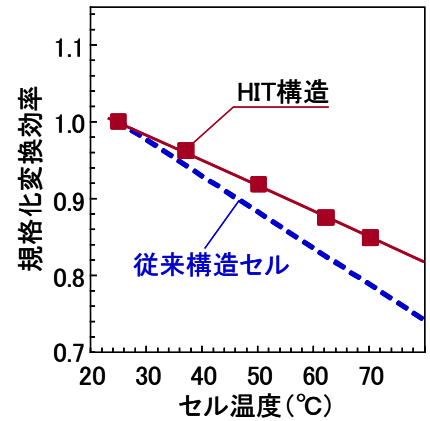


図13 太陽電池の変換効率の温度依存性

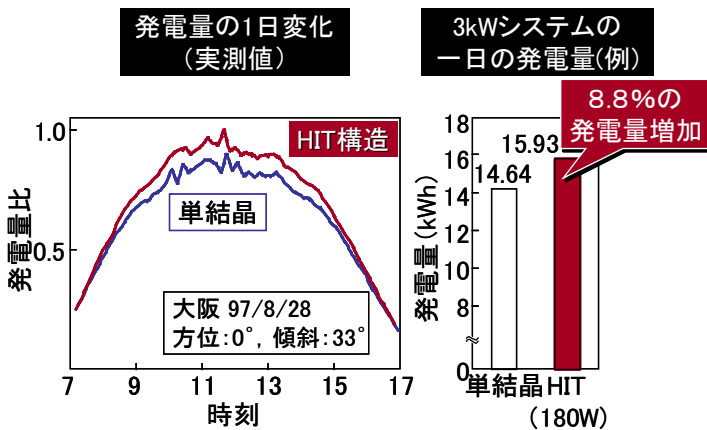


図14 発電量比較

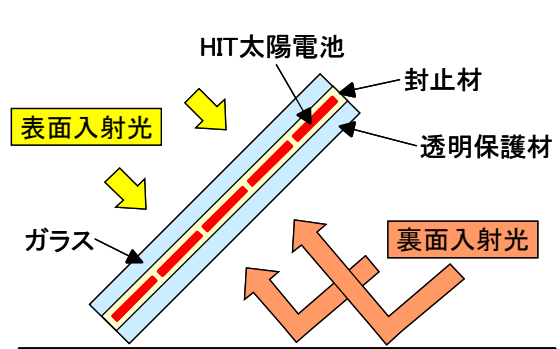


図15 両面発電型 HIT モジュール

(D) 太陽電池システムのエネルギー回収年数

太陽電池をエネルギー源として評価する際には、エネルギー回収年数という概念が重要になる。エネルギー回収年数とは、太陽電池システムを製造するのに要するエネルギーを何年で太陽電池システムが発電するエネルギーで取り戻せるかを示す指標で、太陽電池の変換効率や生産量に依存する。

アモルファスシリコン太陽電池と多結晶シリコン太陽電池について試算した結果を図 16 に示す。太陽電池システムの生産量の増加に従い、エネルギー回収年数は減少する。太陽電池システムを年間 10 万 kW 生産する場合、エネルギー回収年数は、アモルファスシリコン太陽電池の場合が 1.1 年、多結晶シリコン太陽電池の場合 1.5 年となる。

アモルファスシリコン太陽電池のエネルギー回収年数は、多結晶シリコン太陽電池や単結晶シリコン太陽電池と比べ最も小さい。これは、アモルファスシリコン太陽電池が低温で形成できる、製造工程が簡単である、などの特長を持っていることによる。いずれにしても、太陽電池モジュールの寿命は 20 年以上と考えられており、エネルギー回収年数はこれよりも非常に短い。1 枚の太陽電池から得られるエネルギーで複数の太陽電池が生産可能、すなわち自己増殖が可能である。このことは、太陽電池は新しいエネルギーとして非常に有効であることを意味している。

$$\text{エネルギー回収年数(EPT)} = E_o / E_g$$

$E_o$ : 太陽光発電システムの製造に必要なエネルギー  
 $E_g$ : 太陽光発電システムが産み出す年間エネルギー

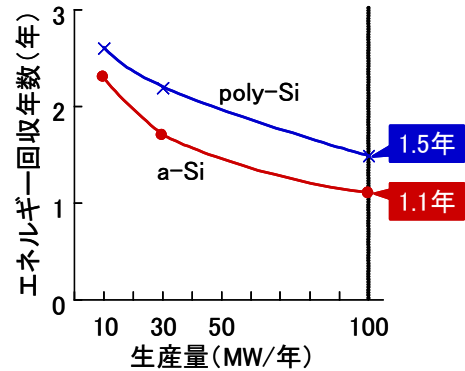


図16 エネルギー回収年数の生産量依存性<sup>4)</sup>

4. 太陽電池の応用

4-1 太陽電池の生産量とコスト

近年、太陽電池の生産量は、急速に増加している(図 17)。全世界の生産量は、2007 年には 3,733MW に達している。中国や EU の新興メーカーの伸張により、日本は 1999 年度から続いていた世界の生産国の座を明け渡し形となっている。図 18 は、住宅用太陽光発電システムの価格推移を示す。住宅用太陽光発電システムの価格も市場の拡大とともに減少し、助成開始時と 2006 年度を比較すると約 1/3 になっている。

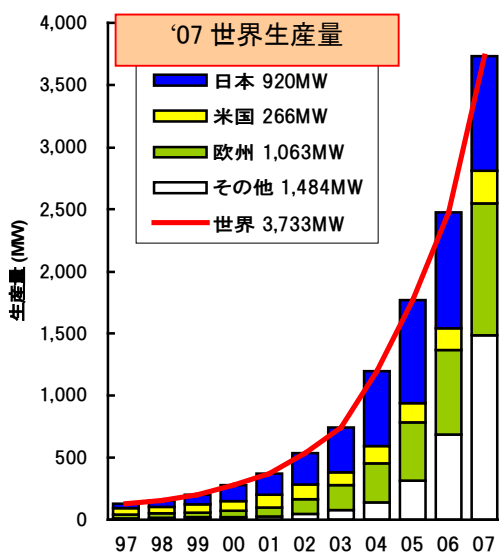


図17 世界の太陽電池生産量の推移<sup>5)</sup>

住宅用太陽光発電システムの価格推移を示す。住宅用太陽光発電システムの価格も市場の拡大とともに減少し、助成開始時と 2006 年度を比較すると約 1/3 になっている。

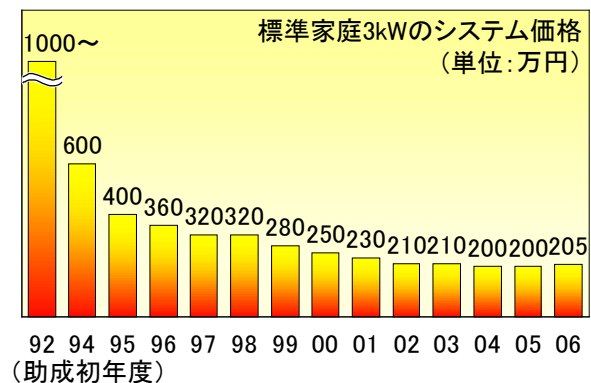


図18 住宅用太陽光発電システムの価格推移

#### 4-2 エレクトロニクス製品への太陽電池の応用

太陽電池のエレクトロニクス製品いわゆる民生用機器への応用が、1980 年から急速に進行した。これは、それまでに IC, LSI の発展によりエレクトロニクス製品の消費電力が大幅に低下したことと、アモルファスシリコン太陽電池の実用化によるものである。電卓、ラジオ、時計、充電器などへ応用が進んでいる。なかでも、カード型電卓については、現在ではその多くがアモルファスシリコン太陽電池付きになっている(図 19)。



図19 a-Si 太陽電池の民生機器への応用

#### 4-3 独立電源への応用

太陽電池は蓄電機能を持たないため、日中太陽の出ている間しか発電しない。そこで、蓄電池と組み合わせることで夜間や雨天時でも使用できる独立電源システム(数十 W ~ 数 kW)が開発され、すでに実用化されている。古くは、人工衛星の電源として、また山頂の無線中継局や灯台など、人が容易に行けない場所での各種の電気設備用の電源として太陽電池が使われてきたが、最近では、街路灯やソーラーランタン、ワクチン保存用ソーラー冷蔵庫などが実用化されている。

さらに海外でも、家庭用照明システム、村落の電化システム、海水淡水化システム等のルーラルエリア用システムも実用化されている。

また、移動体への応用としてソーラーカーのほか、ソーラーボート、ソーラープレーンも開発されている。

また、アモルファス太陽電池の特性を生かしたユニークな太陽電池として、シースルー太陽電池が開発されている。これは、集積型アモルファスシリコン太陽電池上に多くの微小な孔を設けた透光性太陽電池である。この太陽電池は入射光を透過させることができるため、家庭の窓やカーサンルーフへの応用に適している。

#### 4-4 系統連系システム

太陽光発電のマーケットを拡大するためには、普通の家庭で使用するシステムが重要となってくる。90 年代初頭以降は、日本で制度面の環境整備により、太陽光発電システムの電力系統への接続の道が開けた。さらに、1993 年 3 月には系統連系のためのガイドラインが策定された。このことにより、システムの標準化や量産化が進むことで大幅なコストダウンが実際にはかれ、今後もさらに進むことが期待されている。

図 20に、実生活住宅での日本初の逆流ありの太陽光発電システム(出力 1.8kW)を示す。逆流とは、余剰電力を電力系統に戻し、売電することである。このシステムでは蓄電池を必要としない。

図 21に発電量の実績を示す。日本では昼間にくる電力需要のピークが大きな問題となっている。この図からわかる様に、このシステムでは昼間のピーク電力需要期に大きな発電量となっており、ピークカットに大きく貢献できることがわかる。1994 年 3 月 11 日の総発電量は約 8.5kWh で、この内約 6.3kWh、即ち、発電量の約 74%を電力会社に売電している。さらに、3 月の 1 ヶ月間では 165kWh を発



図20 日本初の個人住宅用逆流あり太陽光発電システム



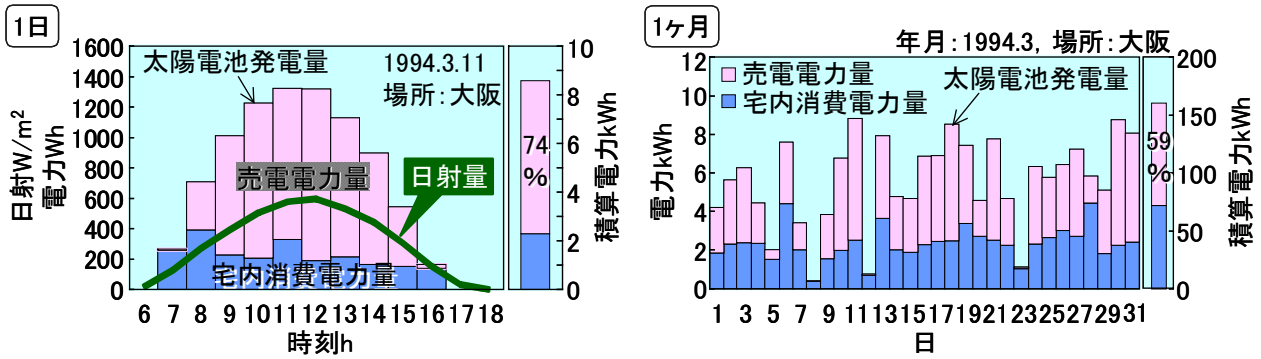


図21 個人住宅用太陽光発電システムの実績

電し、内 59%を売電した。

また、宅内消費電力について、システム設置前後比 30%の節電効果があり、省エネルギー効果があることも明らかになった。このことは、太陽光発電のもう一つの特長として、単に消費電力を補填するのみならず、需要家の省エネルギー・マインド高揚に大きな効果を発揮することを示している。

近年、環境問題は、世界各国の政府に対し、太陽電池導入政策の推進を促した。

ドイツでは、1999 年に 10 万ルーフプログラム(設置者に対する低利ローン)、2000 年に再生可能エネルギー法(発電電力の高値での買い上げ)が始まった。また米国では、100 万軒ソーラールーフイニシアチブの行動計画草案が 98 年 4 月に発表された。

日本でも、1994 年度から、個人の住宅に太陽光発電システムを設置する場合、通産省(当時)がその設置費用を助成するという制度がスタートした。

初年度の 1994 年度は 539 件だったが、年々増加を続け、2004 年度の交付件数は約 54,000 件に達した。最終年度となった 2005 年度の設置件数は約 36,000 件に到達し、累計でも 250,000 件を突破した(図 22)。

また、公共施設や工場などに設置される中規模太陽光発電システム分野でも 1992 年度から、設置費用の一部を国が負担する助成金制度が導入されている(1992～1997 年度:NEDO 公共施設等用太陽光発電フィールドテスト事業(負担率 2/3)、1998～2002 年度:産業等用太陽光発電フィールドテスト事業(負担率 1/2))。この制度により、2006 年度までに合計 2,615ヶ所、累計約 80MW の中規模太陽光発電システムが設置されている(図 23)。産業等用太陽光発電システムフィールドテスト事業は 2002 年度で終了し、2003 年度からは新型の太陽光発電システムを対象とした太陽光

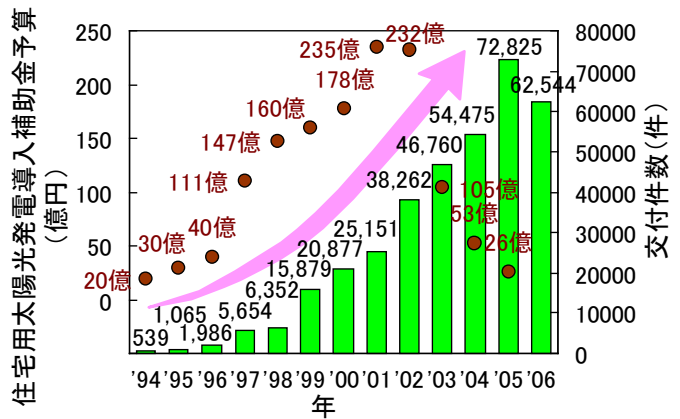


図22 個人住宅用モニター助成事業実績の推移



図23 NEDO フィールドテスト事業  
佐賀三洋工業( HIT 100kW)



図24 ビル用太陽光発電システム 大阪府 司電機産業(株)(8.0kW)

発電新技術等フィールド事業(負担率:1/2)が新たにスタートしている。助成制度以外でも、太陽光発電システムの導入が進んでいる。図 24に示すシースルーa-Si 太陽電池を含むビル用システムなど、ユニークなシステムもある。

#### 4-5 建材一体型太陽電池

1999年、建材一体型太陽電池が建材として建設省の認可を受けることができた。建材一体型太陽電池とは、屋根瓦等の「建材」としての機能と、発電するという「太陽電池」の機能を併せ持った太陽電池であり、外観が美しい、低コスト(従来型太陽電池, 太陽電池設置架台, 屋根瓦の全コストと比較)等の特長をもっている。図 25に建材一体型太陽電池の設置例を示す。周辺の一般瓦と違和感無く設置されている。一見ただけでは、太陽電池が設置されていることに気づかない。近年、大手住宅メーカーによる太陽光発電システムの導入が飛躍的に進んでいることもあり、建材一体型太陽電池も急速に普及するものと予想されている。



図25 建材一体型太陽電池設置例

### 5. 太陽光発電の将来展望

#### 5-1 政府による太陽光発電導入施策

2005年2月に、世界各国の温室効果ガス削減を義務付ける京都議定書が発効した。この議定書で日本国が約束した温室効果ガス6%削減の目標達成のため、「地球温暖化対策推進大綱」(大綱)が2002年3月に定められている。この大綱では、太陽光発電に関する施策として2010年度累積導入量482万kW(うち、住宅用太陽光発電約100万台想定)が目標値として謳われている(図26)。また、NEDOから2004年6月に発表された「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)」では、図27に示される技術的課題を解決することにより、2030年に太陽光発

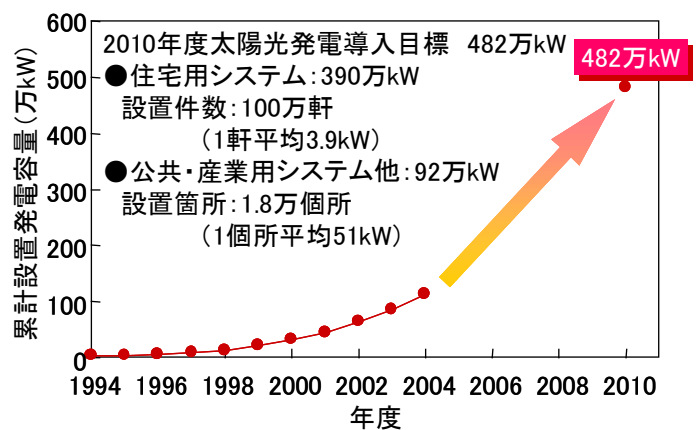


図26 新エネルギー導入目標<sup>6)</sup>

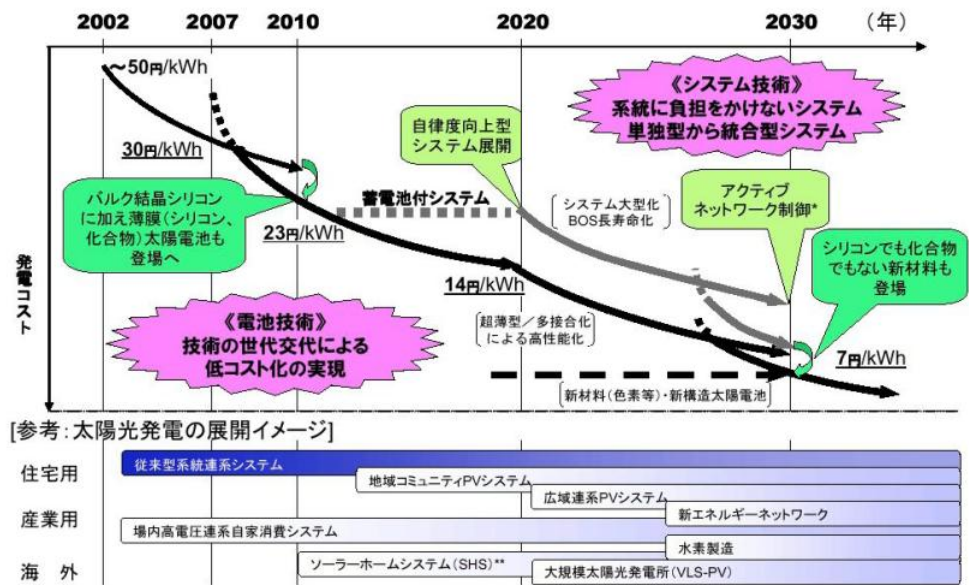


図27 技術開発項目と導入目標<sup>7)</sup>

電が目指す姿として累積導入量 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ている。

### 5-2 電力用太陽電池普及のための課題と対応

太陽光発電の導入量は右肩上がり伸びているものの、普及拡大の鍵の一つは発電コストの低減である。

前述の PV2030 では、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ている。そのためには、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などが重要で、表 3に示される個別技術開発目標が示されている。

表3 発電コスト低減に向けた個別技術開発目標<sup>7)</sup>

#### 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)
モジュール高性能化	<50円/W(2030年)
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(2)	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)

### 5-3 -Solar Ark

大規模太陽光発電施設ソーラーアーク(Solar Ark, 図 28)は、三洋電機のクリーンエネルギー社会実現への取組みのシンボルとして、2002 年 4 月に岐阜県安八町の岐阜事業所内に建設され

た。

全長 315m, 全高 37.1mの鉄骨造立体トラス構造体に 5,046 枚のモジュールが取り付けられ、出力 630kW, 推定年間発電量 53 万 kWh で、CO<sub>2</sub> 削減量は年間 95t-C に相当する。

ソーラーアークのほかにも、本社第 1 ビルに 118kW の太陽光発電システムを設置、推定年間発電量 10.6 万 kWh で、CO<sub>2</sub> 削減量は年間 19t-C に相当する。

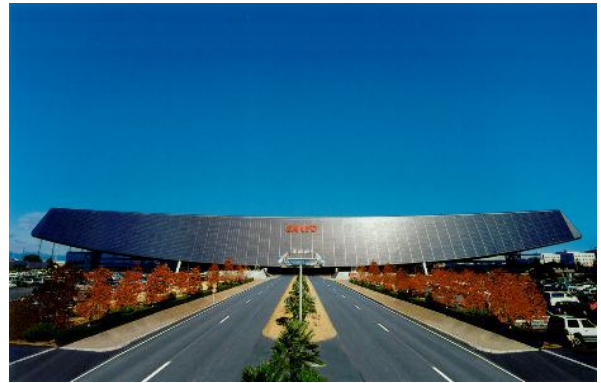


図28 ソーラーアーク(630kW)

#### 5-4 GENESIS 計画

太陽光発電等を用いた将来のエネルギーシステムとして三洋電機が提案している GENESIS 計画について述べる。

太陽電池を用いる際に問題となる点として、夜間は利用できないことや出力が日照条件などに大きく左右されることがある。そのため太陽エネルギーを基幹エネルギーとすることに不安を感じる人もいる。これらの問題を解決するために、筆者らは GENESIS 計画 (Global Energy Network Equipped with Solar cells and International Superconductor grids : 旧約聖書で創世紀の意味) (図 29) を提唱している。

GENESIS 計画とは、太陽光発電システムを世界の各地に設置し、それを高温超電導材料を用いた電力ケーブルを用いてネットワーク化する計画である。宇宙から地球を見ると昼間に雲におおわれている部分は全大陸の 30% 以下である。太陽電池で発電した電力は、電気抵抗ゼロの超電導ケーブルでロスなく地球をグルリとまわって、昼間の世界から夜の世界にも運ばれる。これにより地球全域に電力がいきわたる。

筆者らの計算(表 4)によると、西暦 2010 年の全世界の 1 次エネルギー消費量は、原油換算で約 140 億 kl/年になると予測され、これをシステム変換効率 10% の太陽光発電システムで賄うとすると、その面積はわずか約 800km × 800km になる。それは全世界の砂漠の面積の 4% にすぎない。

この計画を実現することはそれほど非現実的ではなく、図 30 に示すような以下の 3 つのステップにより実現可能と考えられる。

第 1 ステップ: 多くの人が各家庭や工場等に太陽光発電システムを設置し、電力系統に接続していくと、日本全体が太陽光発電による電力線によってネットワーク化される。各国で同じことをすれば、各国に太陽光発電のネットワークができる。

第 2 ステップ: 各国の送電線を接続する。韓国と日本(九州)は、わずか 200km しか離れていな

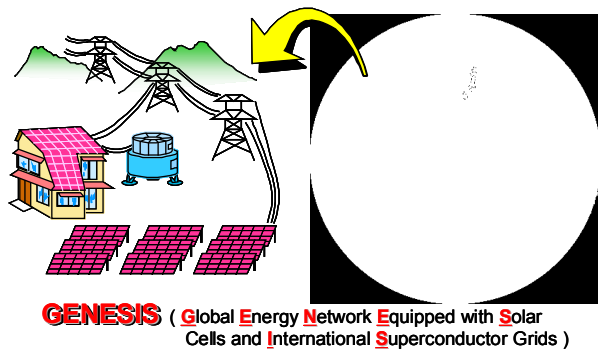


図29 GENESIS 計画<sup>8)</sup>

表4 世界のエネルギー消費予測と太陽電池のシステムエリア換算

年	全世界のエネルギー消費予測量 (原油換算 × 億kl/年)	太陽電池システム変換効率 (%)	太陽電池システムエリア (広さkm四方)
2000	110	10	729
2010	140	10	802 <span style="background-color: red; color: white;">全砂漠面積の4%</span>
2050	350	15	1,030
2100	1,110	15	1,850

い。各国の送電線を接続すれば、多国間ネットワークができる。ヨーロッパや米国では、すでに大陸内の送電網は結合されている。

第3ステップ：多国間ネットワークを大きく広げて行けば、グローバルネットワークができる。超電導ケーブルができない内は、高圧直流送電法を用いる方法も考えられる。

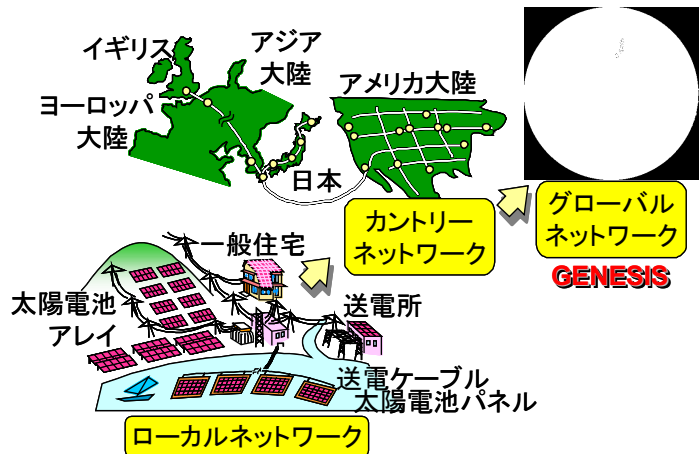


図30 GENESIS 計画の実現に向けて

この計画が 21 世紀の中頃までに実現されれば、人類はエネルギー問題から解放されるであろう。このために、太陽電池が果たす役割は極めて大きいと言える。

## 6. おわりに

太陽光を直接電気エネルギーに変えることができることから、太陽電池はクリーンな新エネルギー源の最も有力な候補となっている。

我々が今日直面しているエネルギー問題を解決し、21 世紀の暮らしを快適なものとするために、全人類が共同でグローバルな太陽光発電システムを築いていかななくてはならない。そのためには太陽電池のさらなる高効率化が必要であり、材料・加工・デバイスデザイン技術等のものづくり技術の発展なくして実現はありえないといっても過言でない。我々メーカーサイドとしても、たゆまぬ努力をしていく所存である。

## 7. 謝辞

本講義内容の一部は、経済産業省ニューサンシャイン計画の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から委託され実施したもので、関係各位に感謝する。

## 8. 参考文献

- 1) BP 統計 2005, URANIUM2003
- 2) 総務省統計局発行, 総務省統計研修所編集「世界の統計 2006」
- 3) 国連調査(World Population Prospects 1990, Energy Statics Yearbook など)による
- 4) PVTEC「太陽光発電評価の調査研究」, 2000 NEDO 委託業務成果報告書
- 5) PV NEWS, APRIL 2008
- 6) JPEA ホームページより
- 7) NEDO「2030 年に向けた太陽光発電ロードマップ(PV2030)」
- 8) Y. Kuwano, Proc. 4th Int. Photovol. Science and Engineering Conf., Sydney (1989) 557.