

第23回 先端放射線利用研究会 見学会

三洋電機株式会社 ニューマテリアル研究所

(平成7年6月22日)

三洋電機株式会社には研究開発本部の組織のなかに、筑波研究所（茨城県つくば市）、ニューマテリアル研究所（大阪府枚方市）、メカトロニクス研究所（大阪府守口市）、ハイパーメディア研究所（岐阜県安八町）、マイクロエレクトロニクス研究所（神戸市垂水区）の5研究所を持っている。

この日は枚方市にあるニューマテリアル研究所を見学させていただき、次世代エネルギーの考え方、その技術に触れさせていただいた。ニューマテリアル研究所の主たる研究内容は

☆ 機能材料・新素材 アルモファス半導体材料、結晶系半導体材料、ニューダイヤモンド薄膜材料
ニューセラミックス、有機電子材料、新磁性材料

☆ 電子化学材料 化学電池材料、固体電解質材料、水素吸蔵合金

☆ 新デバイス・部品 太陽電池、各種センサ、クライオデバイス、化学電池、水素関連デバイス

を中心としたものであり、最先端の技術・製品の基盤となる新材料およびそれらを応用した新しいデバイスの基礎技術の開発を推進している。この研究所は、アルモファス材料や化学電池の研究を通じて培われてきた高い基盤技術を基礎に、各方面との共同研究体制を積極的に確立し、世界でもトップクラスに位置する研究開発を進めている。

この日は、新しいエネルギー源としての多様な化学電池、最近我々が最も身近に感じるようになった太陽電池について、研究所屋上に設置されたパイロットプラント見学をはじめ、それに伴う、多くの技術を紹介させていただいた。

見学を前に同研究所津田信哉氏より『太陽光発電の現状と将来』と題して、同研究所長中野昭一氏の提案されている G E N E S I S 計画 (Global Energy Equipped with Solar cells and International Superconductor grids : 旧訳聖書では創世紀を意味している) をもととした考え方を伺った。

津田信哉氏の講演の概略および中野昭一氏の資料を以下に示す。

『太陽光発電の現状と将来展望』

三洋電機㈱ ニューマテリアル研究所 電子材料研究部 津田信哉

石炭・石油など化石燃料は、地球上のエネルギー資源量の観点からも、曲がり角を迎えていく。現状のエネルギー消費が続けば、将来の人口増加・一人当たりの消費量増加とが相まって、200年以内に化石エネルギーが枯渇すると考えられる。2020~30年頃にはエネルギーの消費量と化石燃料の生産量の間にはエネルギーギャップが生じ、これを埋める新エネルギーが必要となる。

地球環境の保全とエネルギー資源の枯渇から、新しいエネルギーとして考えられるのは太陽エネルギーである。太陽エネルギーはクリーン・無尽蔵で、地球上に降り注がれる太陽エネルギーの量は100兆kWに達し、約1時間で全世界の1年分のエネルギーに相当する。

太陽エネルギーの利用の一つ、光エネルギーを取り出す方法には、半導体の光電効果を利用し、電気エネルギーに変換する太陽電池がある。

太陽電池には

- 1) 直接電気エネルギーが取り出せる
- 2) 発電の規模により効率に変化がない
- 3) 曇の日でも拡散光で発電する
- 4) 可動部がないため基本的に寿命は半永久
- 5) 主原料はシリコンで資源の問題はない

等の大きな特長がある。

1954年に発明された太陽電池は、当初、人工衛星・無線中継所・灯台などに使われていたが、オイルショック以降代替エネルギー源として注目され、通産省のニューサンシャイン計画のもと開発が進められている。

電力用太陽電池システムの実用化ため

- ① 電池性能の向上・周辺技術の開発
- ② 低コスト量産技術の開発
- ③ 新しい需要の創造
- ④ 生産量の増大

等により更なる低コスト化のための革新的技術開発を必要とする。

太陽光発電の現状と将来展望

中野 昭一

三洋電機(株) 研究開発本部 ニューマテリアル研究所

太陽電池は、地球環境問題やエネルギー問題を解決する、新しいエネルギー源として大きな注目を集めている。ここでは太陽電池の開発の歴史や現状、応用技術について述べるとともに、将来の世界的な太陽光発電システムについての展望を述べたい。

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すら失いかねない重大な危機に直面している----すなわち、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、太陽電池の開発の歩みと現状を、応用技術を含めて述べるとともに、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について述べる。

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になる。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、排気ガスで窒息させ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による光合成で貯えられたものである。化石燃料は、約0.02%の変換効率で太陽エネルギーを約2億年かけて貯えたもので、人類は100～150年でこれを使い切ろうとしているのである。2億年を1年（約3000万秒）とするなら、たった15秒から23秒で使い切ってしまおうとしているのである。

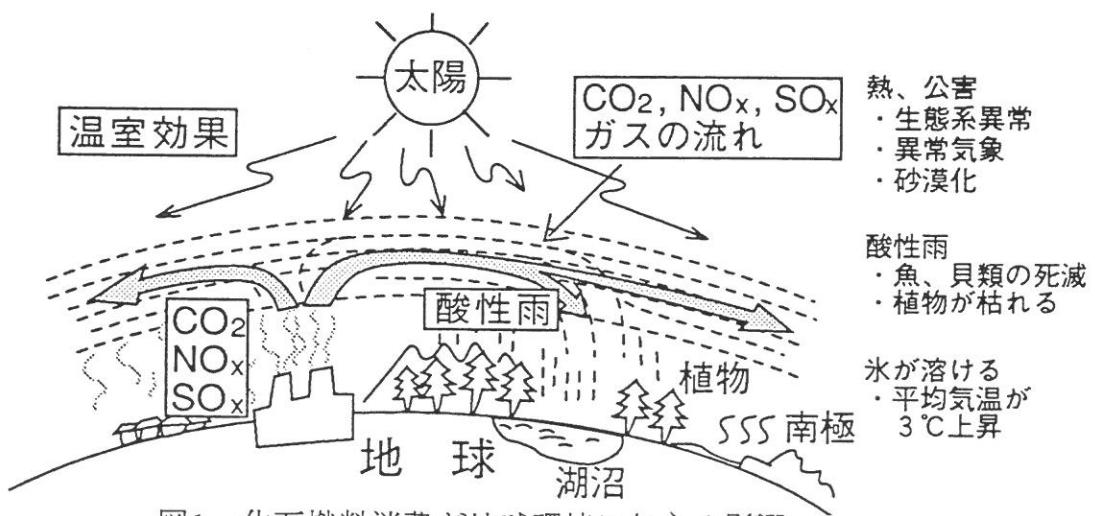


図1 化石燃料消費が地球環境に与える影響

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、それによって地球環境の異常に直面するのは当たり前といえる（図1）。

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消費は、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しても、200年以内に地球の化石エネルギー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は新エネルギーが必要である。

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

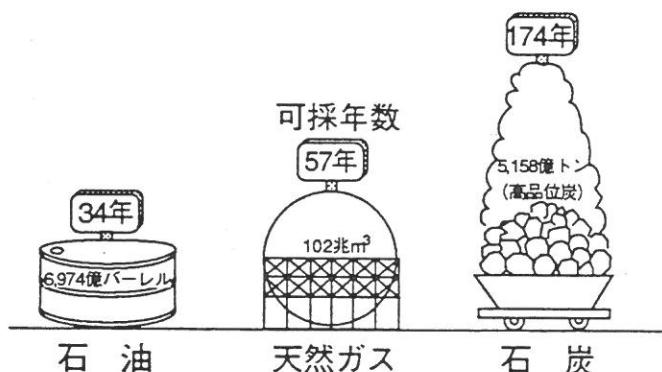


図2 世界のエネルギー資源確認可採埋蔵量(1)

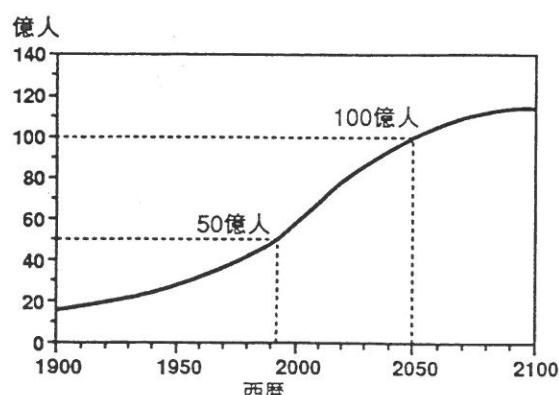


図3 世界人口予測(2)

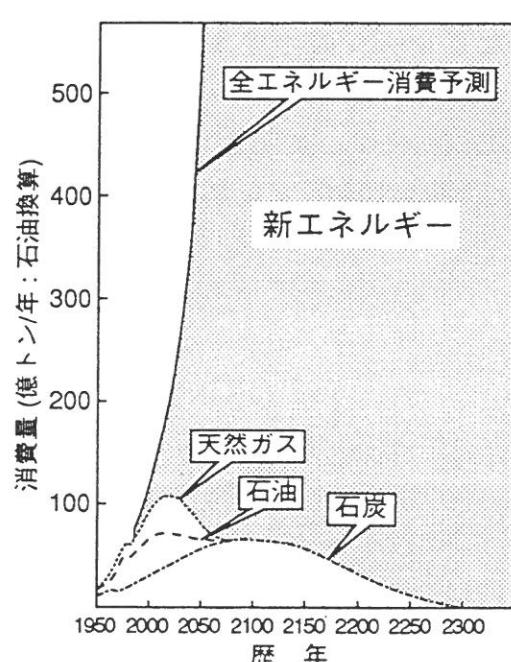


図4 エネルギー消費量の推移と予測(3)

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）。PN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PN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せず排気ガスも発生せず、可動部もない発電素子である。

太陽電池は、太陽エネルギー自身の特長に加えて、

- (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、地球上で2番目に多い元素であり、資源面でも全く問題がない。

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）、日本では通産省工業技術院のニューサンシャイン計画（旧サンシャイン計画）のもと、太陽電池の技術開発が進められている。表1に太陽電池の歴史を示す。

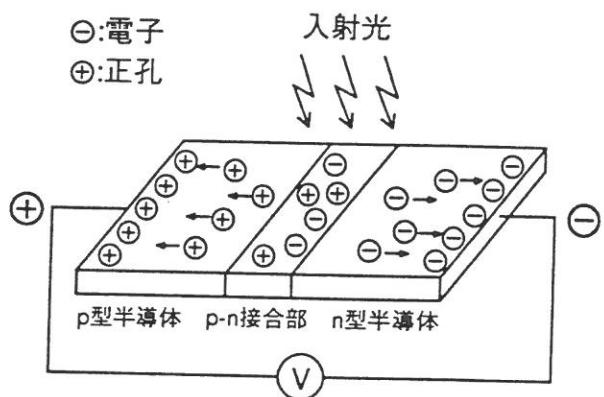


図5 太陽電池の発電原理

表1 太陽電池の歴史

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	世界初の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、時計、ラジオ…)
1984	世界最大7000kW太陽光発電所建設 (米国)
1987	「PVUSA計画」(米国)
1991	ソーラーエアコンの実用化(日本) 「ルーフ1000戸計画」(ドイツ)
1992	個人住宅用逆潮流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」
1994	個人住宅用PVシステムモニター制度開始

3-2 太陽電池の現状

(A) 太陽電池の形態

太陽電池は用いる材料により、シリコン、化合物半導体、有機半導体、また材料の結晶形態により、単結晶、多結晶、アモルファス等に分類される。図6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、最初に開発が進んだ太陽電池で、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）も小面積では20%以上の高いものが得られている。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、溶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、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SiH₄等のガスをグロー放電で分解し、ガラス等の基板上に堆積させるため、

- (1) 製造工程が簡単
- (2) 製造エネルギーが少ない (300°C以下のプロセス)
- (3) 使用材料が少ない (厚さ1μm以下、結晶系シリコンでは約300μm)
- (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。

(B) 太陽電池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、太陽電池を製造するのに要するエネルギーを何年で

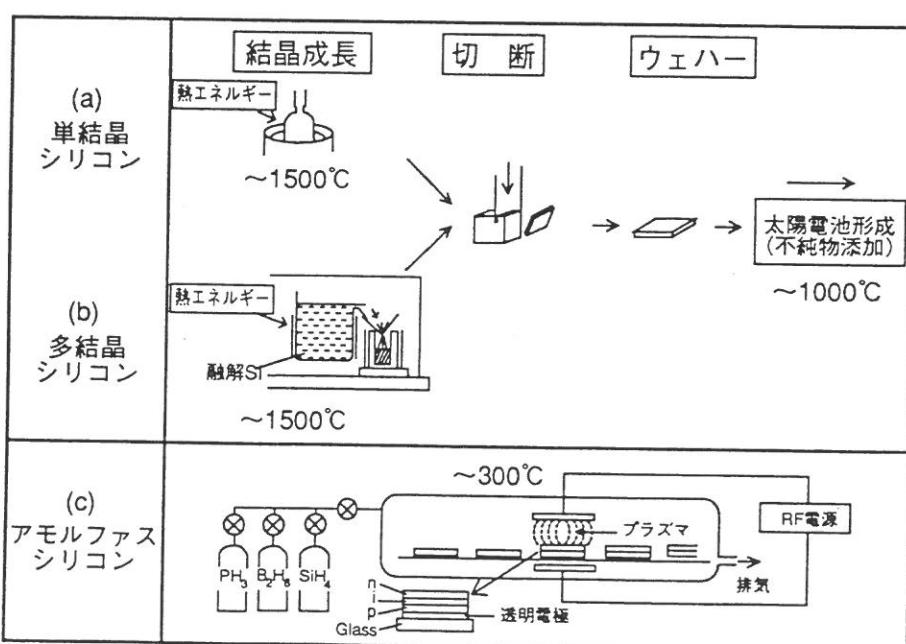


図6 各種シリコン太陽電池の製造方法

太陽電池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7に示す。太陽電池の生産量の増加に従い、エネルギー回収年数は減少する。変換効率8%の太陽電池を年間1万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1.2年、多結晶シリコン太陽電池の場合4.2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、などの特長をもっていることによる。いずれにしても、太陽電池の寿命は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小さい。すなわち、図8に示すように太陽電池は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源として非常に有効であることを意味している。

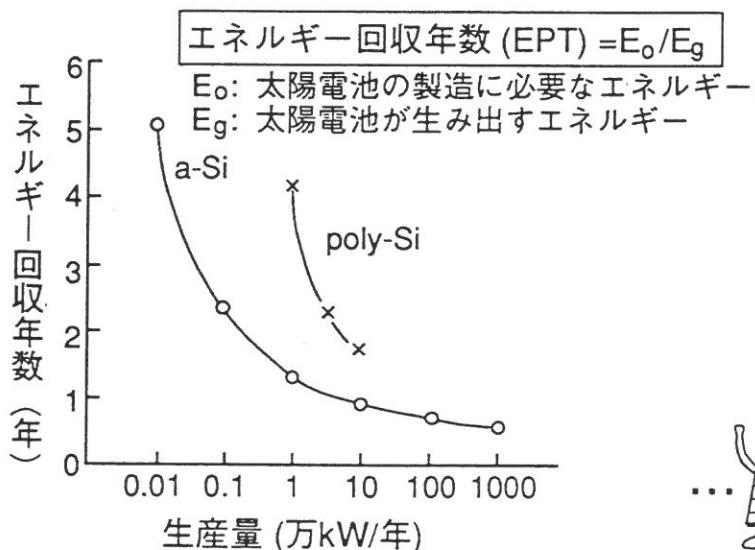


図7 エネルギー回収年数の生産量依存性(4)

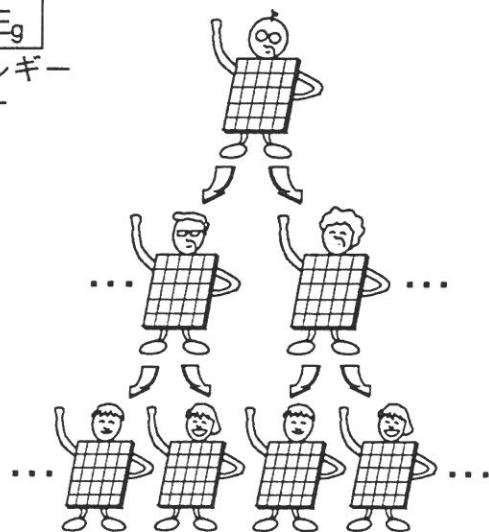


図8 光を受けて増える太陽電池

(C) 太陽電池のエネルギー変換効率

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10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23%に、多結晶シリコン系では12%から18%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12~14%、多結晶シリコン系では6~7%から11~13%、アモルファスシリコン系では2~3%から6~9%と大幅に改善が進んでいる。

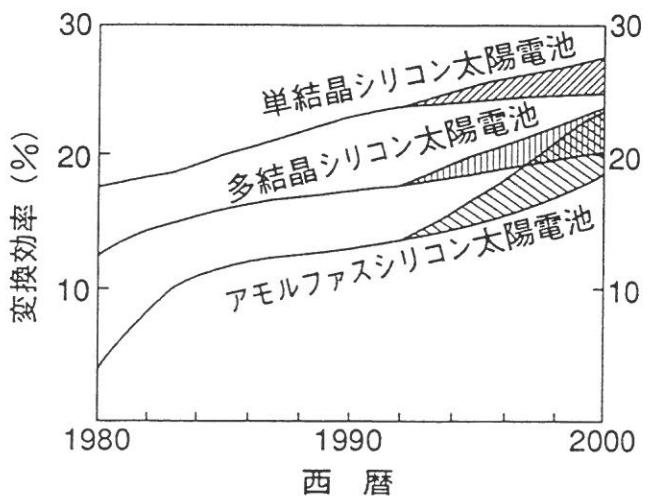


図9 太陽電池の変換効率の向上

今後は研究開発が加速され、変換効率は単結晶シリコン系で約27%、多結晶シリコンおよびアモルファスシリコン系で約24%程度まで向上していくと予想される。

これらの成果には、日本のニューサンシャイン計画や米国DOEやEC各国の計画を始めとする国家プロジェクトが大きく貢献している。表2に各国の計画目標値を示す。今後もこれらの国家プロジェクトにより、より一層の変換効率の向上やコストの低減が期待されている。

表2 国家プロジェクト計画目標

目標値(2000年まで)	
米国	12~20 ¢/kWh ⁽⁵⁾
E.C.	1 ECU/Wp ⁽⁶⁾
日本	¥170~210/Wp ⁽⁷⁾

4. 太陽電池の応用

4-1 太陽電池の生産量とコスト

太陽電池の生産量は近年急速に増加してきた(図10)。全世界の生産量は1993年には6.9万kWに達している。日本や米国、ECは各々、全生産量の約3分の1のシェアを占めている。図11は、太陽電池コストの推移と予測を示す。コストの急激な低下は生産量の増加と、製造技術開発の結果である。

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になっている(図12)。

4-3 独立電源への応用

数十W~数kWの太陽光発電システムが、すでに実用化されている。古くは、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

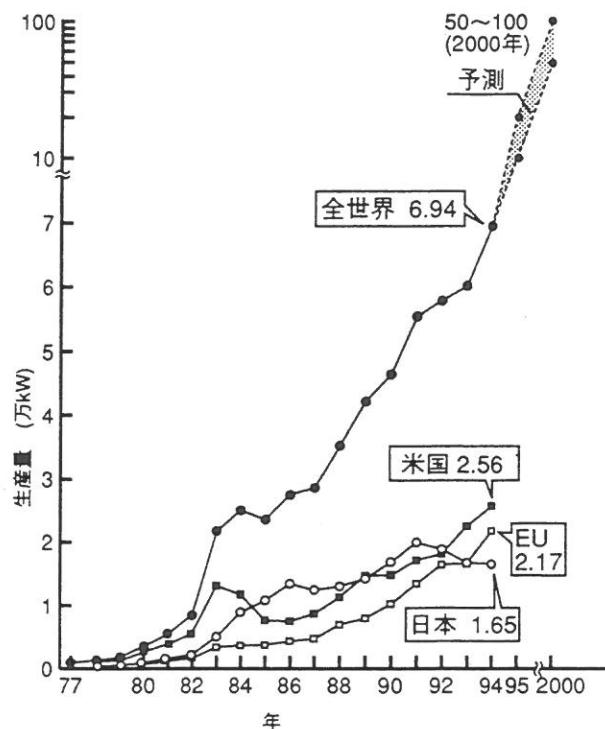


図10 世界の太陽電池生産量の推移(8)

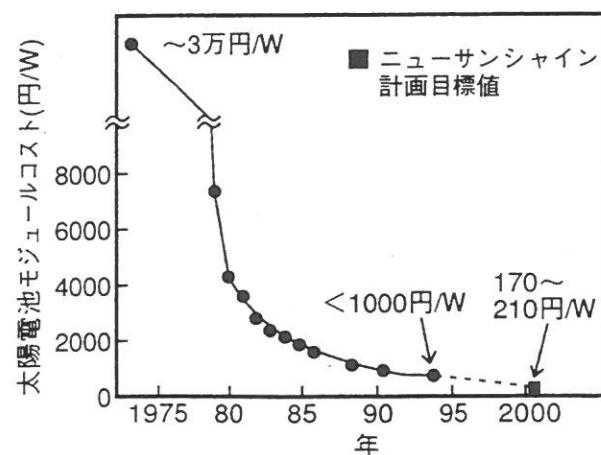
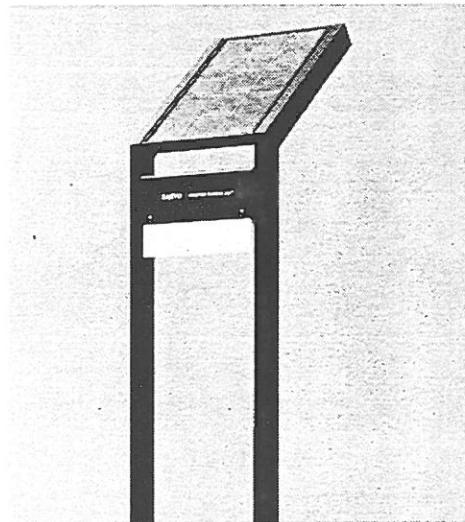


図11 太陽電池コストの推移と予測(7)

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（図13(a),(b),(c)）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（図14）、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図15に示す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。



(a) 街路灯

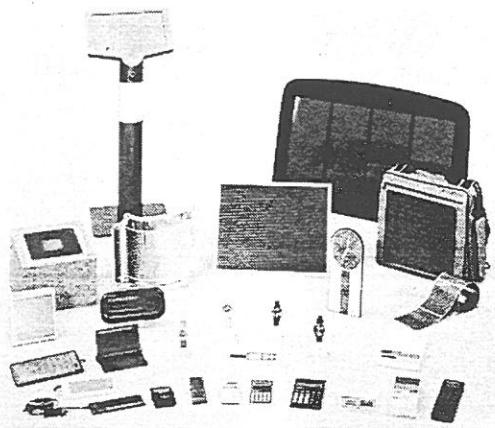
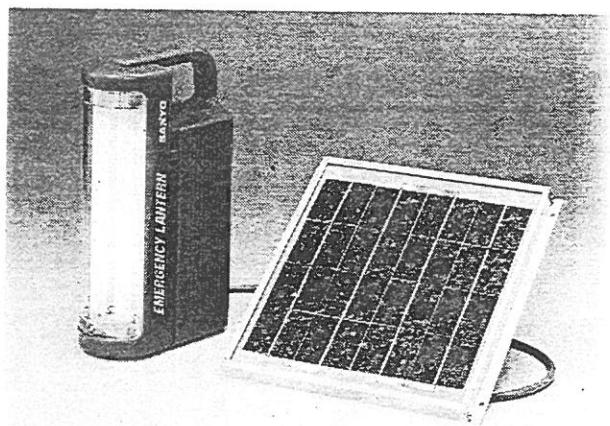
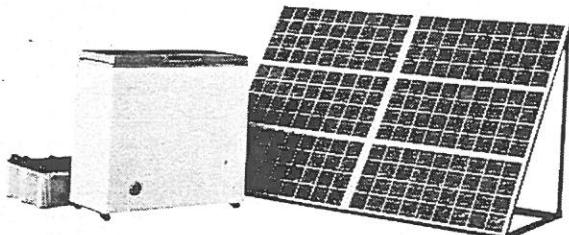


図12 アモルファスシリコン太陽電池の民生用機器への応用



(b) ソーラーランタン



(c) ワクチン保存用ソーラー冷蔵庫

図13 太陽電池の独立電源への応用

ユニークな太陽電池として、シースルー太陽電池が最近開発された。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に、家庭の窓や図16に示すようなカーサンルーフへの応用に適している。

図17は、家庭への太陽光発電システム導入を促進させるために開発されたソーラーエ

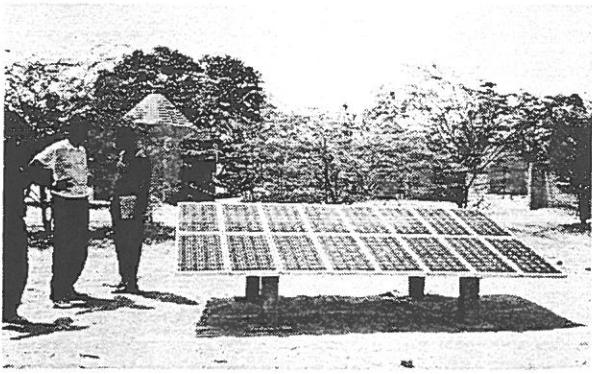


図14 ルーラルエリアシステムの一例
(セネガル・村落電化システム)

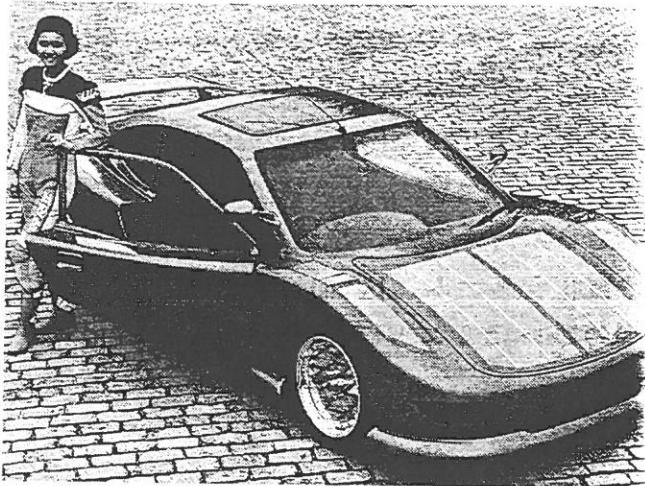


図15 ソーラーカー(MIRAI-1)

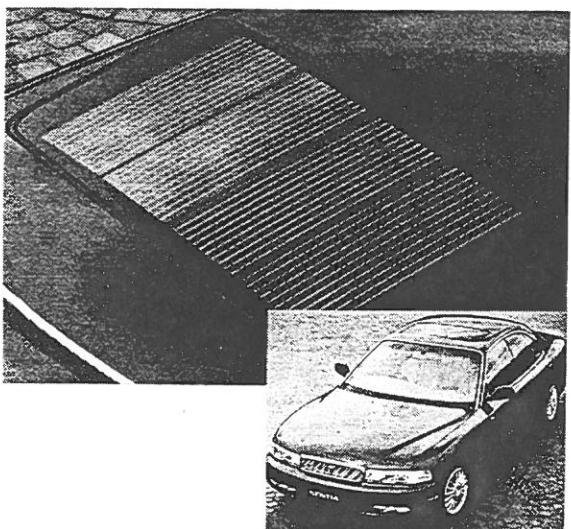


図16 カーサンルーフへの応用
(写真提供：マツダ)

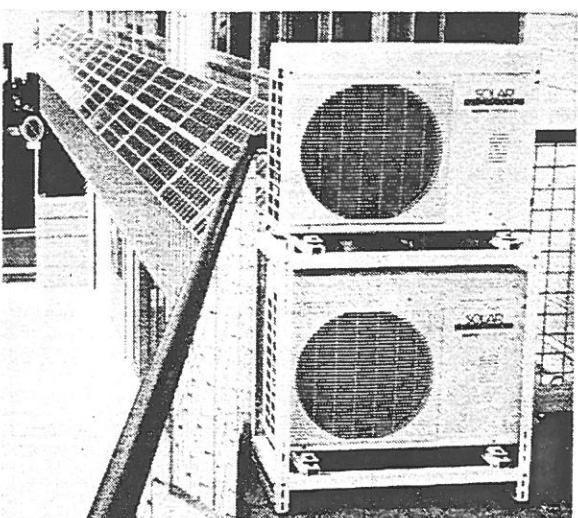


図17 ソーラーエアコン

アコンシステムである。このシステムは太陽電池を主電源とし、商用電源を併用した家電製品である。システムの負荷が太陽光発電量を越えると、商用電源をインバータ回路を通して導入する。太陽電池発電量とエアコン消費電力量の傾向パターンが良く一致しており、このシステムは夏季のピーク電力カットに有効である。

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。最近、日本での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。

図18に、実生活住宅での日本初の逆潮流ありの太陽光発電システム(出力1.8kW)を示す。逆潮流とは、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



図18 実生活で我が国初の逆潮流あり
1.8kW太陽光発電システム

では蓄電池を必要としない。

図19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。また、3月の1ヶ月間では165kWhを発電し、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、単に供給力を補充するのみならず、需要家サイドにおける、省エネルギー・マインドの高揚に対しても大いに効果を發揮することを示している。さらに日本では、1993年3月に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期待される。図20は、そのために発売された太陽電池、保護回路内蔵インバータ、トランジス、電力計の各ユニットを示す。

また、逆潮流有りビル用太陽光発電システム(通常a-Si太陽電池3.7kWp+シースルーア-Si太陽電池1.4kWp)が設置された。(図21)。太陽電池の設置場所として、壁や窓を利用して特別なスペースが不要で、今後のビル用太陽光発電システムとして有望視されている。

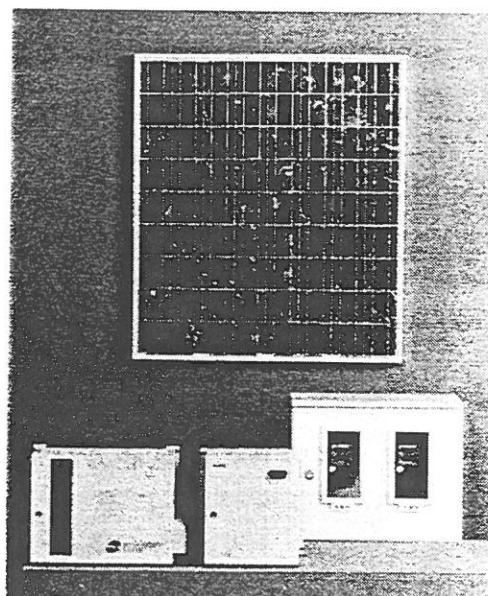
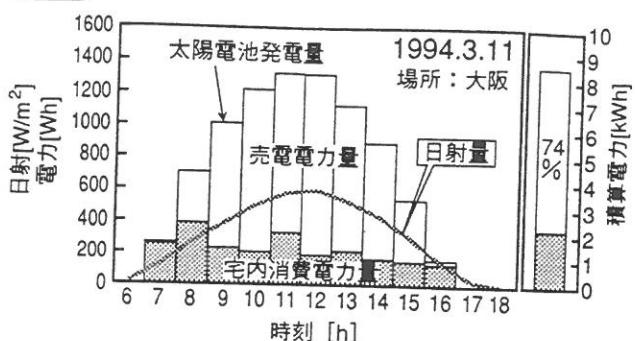


図20 住宅用系統連系太陽光発電システム用ユニット
(1994年4月より発売)

1日



1ヶ月

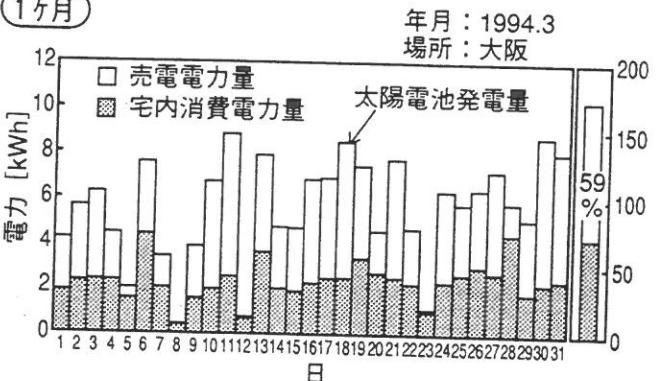


図19 個人住宅用太陽光発電システムの実績

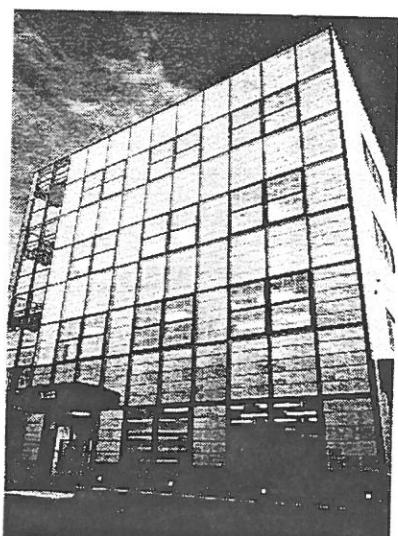


図21 我が国初の逆潮流ありビル用太陽光発電システム
(司電機産業 大阪府)

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。

ドイツではルーフ1000計画による個人住宅へのシステム設置が進んでいる。この計画は商用電源と連系した小規模太陽光発電設備（1～5kW）1000戸（現在では2250戸）を連邦および州政府からの補助金で家屋の屋根に設置するというものである。

日本でも、個人の住宅に太陽光発電システムを設置する場合、通産省がその設置費用を助成するという制度が、1994年度から、スタートした。94年度は577戸（平均3.6kW）に対し、設置費用の1/2相当（1kW当たり上限90万円、合計約20億円）が助成され、95年度は1200戸（3kW相当）、約33億円が助成される予定である。また、この助成制度に呼応して、種々の民間企業より一斉にシステム発売の新聞発表があり（図20）、94年度は太陽光発電システムの本格的普及の元年であるといえる。

また、地方公共団体等が太陽光発電システムを導入する際には、設置費用の2/3を国が負担する助成金制度等も発足している。その制度を利用して、1992年度はNEDOのフィールドテスト事業として兵庫県の25kWシステム（図22）を始め、11ヶ所に設置された。94年度までに計41ヶ所に設置され、95年度は22ヶ所へ設置される予定である。現在も次年度のものが進められている。

これ以外にも、系統連系による問題点を確認するため、分散形の太陽光発電システムとして、国内ではサンシャイン計画に基づくNEDOプロジェクトにより、兵庫県に関西電力（株）による200kWのシステム（図23）が設置された。

米国では、1984年、カルフォルニア州カリサプレーンに約7000kWの発電能力を持つ、世界最大の太陽光発電所が建設された（図24）。現在、PVUSAプロジェクトに基づいた太陽光発電所の設置も進行中である。

4-5. 電力用太陽電池普及のための課題と対応

電力用太陽電池システムを実用化していくためには、コストを低減することが必要で

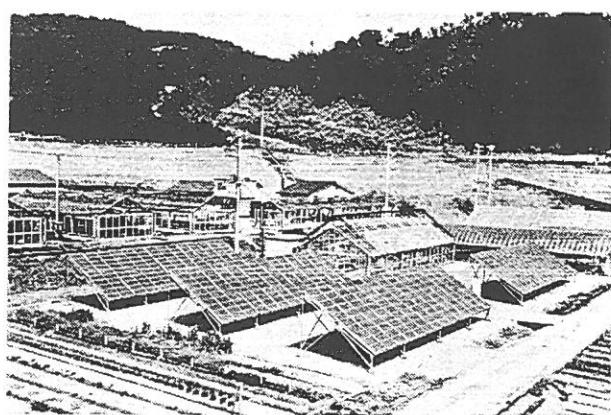


図22 淡路農業技術センターに設置された25kWの逆潮流あり太陽光発電システム



図23 200kWの太陽光発電所(六甲アイランド)

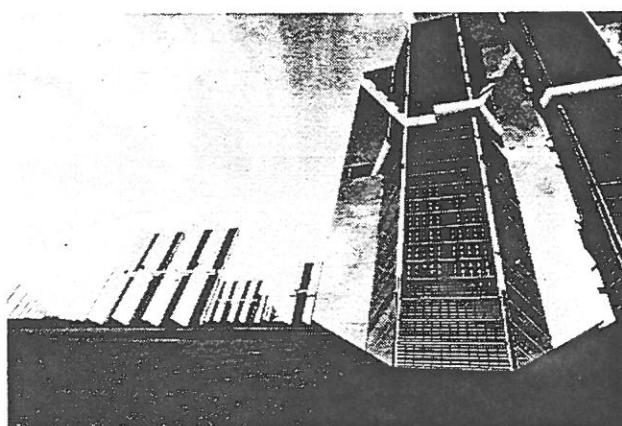


図24 7000kWの太陽光発電所（米国）(9)

ある。

図25に示すように、

- a) 太陽電池性能の向上、周辺技術の開発、
低コスト量産技術の開発
- b) 新しい需要の創造
- c) 生産量の増大

の3つの連鎖反応（ポジティブフィードバック）を生じさせることが必要で、需要拡大の立ち上がりを積極的に援助していくことが重要である。

a)の技術開発については、我が国ではニューサンシャイン計画を中心として高効率化、低コスト化への取り組みがスタートしており、2000年初頭の発電コストとして、現在の電力料金と同等の20円/kWh程度を目指している。また、同計画では、2010年における大規模発電を可能するために、更なる低コスト化のための革新的技術開発を必要とし、太陽電池の超高効率化等の重要性も示している。米国やECでも同様な太陽電池の開発が進んでいる。

5. 太陽光発電の将来 —GENESIS計画—

太陽光発電等を用いた将来のエネルギー・システムとして筆者が提案している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、夜間は利用できる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26) 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ぐるりとまわして、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3)によると、西暦2000年の全世界の1次エネルギーは、原油換算で約140億kI/年になると予測され、これをシス

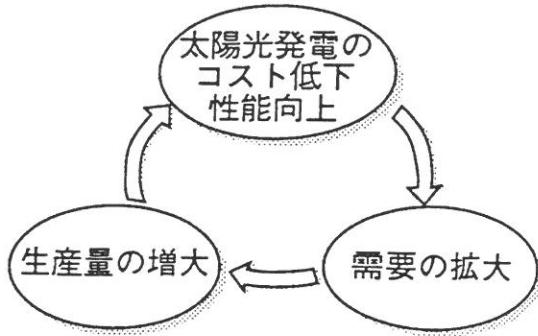


図25 太陽光発電低コスト化のための
ポジティブフィードバック

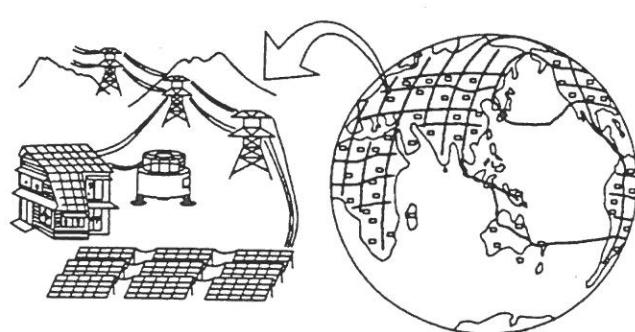


図26 GENESIS計画(1)

表3 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kI/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)
1990	100	10	710
2000	140	10	807 全砂漠面積の4%
2050	620	15	1367
2100	2700	15	2880

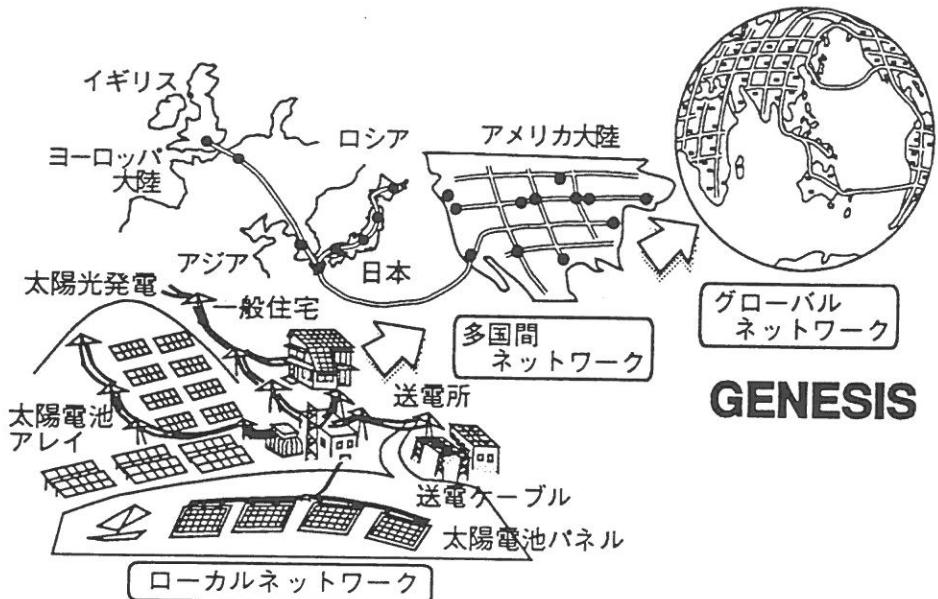


図27 GENESIS計画の実現に向けて

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。

この計画を実現することはそれほど非現実的ではなく、図27に示すような3つのステップが考えられる。

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拡げて行けば、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。

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くてはならない。このために我々が今、努力するか否かが人類の未来を決定するのである。

7. 謝辞

本報告の一部は、通商産業省工業技術院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) IEA資料 (1986).
- (2) 国連統計 (1989).
- (3) 国連調査 (World Population Prospects 1990, Energy Statics Yearbook など)による.
- (4) The Annual Report of an Investigation by the Committee on Solar Photovoltaic Utilities Systems sponsored by the SUNSHINE PROJECT, March (1980) 88.
- (5) J. E. Rannels, Proc. 11th E. C. Photovoltaic Solar Energy Conf., Montreux, (1992) 1705.
- (6) W. Palz and G. Caratti, Proc. 11th E. C. Photovoltaic Solar Energy Conf., Montreux, (1992) 1681.
- (7) サンシャインジャーナル, Vol. 13, No. 2 (1992) P. 2.
- (8) PV news, 1993年 2月号.
- (9) D. D. Sumner and L. E. Schlueter, Proc. 20th IEEE Photovol. Specialists Conf., (1988) 1289.
- (10) サンシャインジャーナル, Vol. 12, No. 2 (1991) P. 5.
- (11) Y. Kuwano, Proc. 4th Int. Photovol. Science and Engineering Conf., Sydney (1989) 557.