

太陽光発電の現状と将来



特集 1

シャープ株式会社 環境安全本部
本部長 村松 哲郎氏

はじめに

地球温暖化対策の具体的ガイドラインとして、国際エネルギー機関(IEA)は2035年に向けて平均気温上昇を2℃以内に抑止するための「450シナリオ*」を提唱しています。これに沿って今まで、太陽光発電などの再生可能エネルギーが果たすべき役割についての議論がなされてきました。

去る2011年10月18日、パリで各国のエネルギー担当大臣の会合であるIEA閣僚理事会がありました。今回の福島第1原子力発電所の事故を受け、原子力の代替として石炭や天然ガスは救世主となり得るか、その時450シナリオは達成可能か、という議論になりました。

枝野経済産業大臣は、原発は必要だとした上で、福島の実験で得たノウハウを世界で共有していきたいとの考えを示されました。

各国が新たなエネルギー・ミックスの方策を模索する中、本講演では太陽光発電の将来展望について説明します。

* : CO₂濃度を450ppm以内に留めるプログラム

文明の原動力は電気

われわれは日々、エレクトロニクスの恩恵を受けて生活しています。

1950年代のトランジスタの発明と半導体LSI技術の発展、白物家電の広がりとその機能の発達、ユビキタスIT環境の拡充等が暮らしを支えてきました。次の50年も同様に、これらを基に文明が進化するものと予想します。

この視点から、文明の源は電気(電力)です。地域や国を超えて、人類が電力を公平に得る手段を考えていかなければなりません。

地球は太陽からエネルギーを受け、生命の営みにより増大したエントロピーを大気循環及び水循環を介して熱として宇宙へ放出することにより、持続する熱機関と言えます。このマクロな系の中で、効率よく電気を作り、賢く使うことが重要です。

火力発電は太古の生命活動の産物である化石を燃料とする発電方法です。水力・風力発電は水・大気循環を利用した発電方法です。太陽熱・太陽光発電は光のエネルギーを電力として取り出す方法です。

太陽光発電は光を直接、直流電力として取り出しています。それ以外の発電方法では発生したエネルギーで一旦タービンを回し、電磁誘導作用により交流電力を得ます。これらの比較から、設置・受光、即、発電が故に、即効性のある太陽光発電に一日の長ありとすることができます。

生活の豊かさとエネルギー(電力)について

その国の生活の豊かさを評価するひとつの指標として、「一人当たりのGDPが4万米ドル以上」というのがあります。GDPを「一人当たりのエネルギー消費量(E/人)」と「単位エネルギー消費量当たりの生産高(GDP/E)」の積で表し、各々を縦軸、横軸としてこの指標をプロットしますと反比例の双曲線が得られます。次に各国GDPの値を「E/人」と「GDP/E」に分解してプロットしますと、欧米や日本はこの曲線にのります。

プロットした点には二極分布が見られ、エネルギー



講師 村松 哲郎氏



一消費の割には生産高が小さい「北米グループ」とエネルギー利用が効率的で、高い生産性を得ている「欧州・日本グループ」に分かれます。大きな人口を抱える中国やインドをはじめ、新興国がこの指標に向けて経済成長を続け、そして世界の成長平準化が進むとき、各国がどちらの極（グループ）に向かうエネルギー政策をとるかは、今後のエネルギー問題の大きさを左右することになります。化石燃料偏重での成長では450シナリオは遠い道のりとなってしまいます。

この考え方から太陽光発電を低炭素技術の切り札として、これらの地域に普及させることの重要性が認識いただけるとと思います。

太陽光発電の潜在性と導入取り組み

太陽光発電の普及により、低炭素社会の実現と持続的経済発展の両立に貢献できる方法について考えてみたいと思います。

次の半世紀、太陽電池メーカーはどれだけの太陽電池を生産すればよいか。IEAは2050年に向けて全世界で消費するエネルギーにおける再生可能エネルギーの構成比、太陽光発電が担う構成比のガイドラインを示しています。これに沿えば、2040年には全世界電力に占める割合は9%、最大の日照量で発電できる総時間を年間で1,000時間として概算しますと、累計で2,000ギガワット（GW）の太陽電池の設置が必要になります。面積が1.4m²で出力が200Wの太陽電池モジュールを敷き詰めるとすれば、100億枚のモジュール、面積にして14,000km²（大阪、京都、兵庫3府県の合計面積相当）となります。現在の世界の導入総量が35GWですから、向こう30

年で1,965GWの敷設が必要で、これは期間平均で年間66GWずつ30年間にわたり生産する計算になります。ちなみに現在の太陽電池モジュールの世界年間総生産量は18GW程度です。1,965GWという発電能力は1GWの原子力発電所約280基分に相当します。（1日の発電量比を太陽光：原発＝1：7として）

太陽光発電の発電コストが一番安いとされている原子力発電並みにする努力も必要です。最大日照量で1日3時間、20年間の継続発電、金利4%も考慮して発電建設に許される予算は1W当たり約140円と概算されます。これを実現する設計・生産技術の構築も太陽電池メーカーの使命です。

一方、寿命を原子力発電と同様に40年以上であることが実証されれば発電コストは即、半分となり、アプローチに自由度が与えられます。フィルム材や封止剤の高分子材料の紫外線への耐性改善や経年劣化則による余命予測を取り入れ、発電システムを定期的に保守管理して行く仕組みづくりも重要になります。

電力事業 タイ王国太陽光発電

世界最大規模73MW_{DC}の太陽光発電所の建設を受注
タイ王国の太陽光発電所へ薄膜太陽電池を供給

<タイ王国 太陽光発電所の概要>

- ・ 事業者：NED社(Natural Energy Development Co.,Ltd.)
- ・ 設置場所：タイ王国中部ロブリー県(バンコクから北へ約170km)
- ・ 設置容量：陸上設置73MW (設置面積:190ha)
- ・ システム詳細：薄膜太陽電池、インバータ、架台
- ・ 2010年7月着工、2011年秋より順次運転開始

SHARP

業界の経営環境

太陽電池メーカーの生産量トップ・テン上位を中国勢が占めています。欧州などの旺盛な市場を目当てに、資金力と国の庇護を武器に主にドイツよりターン・キー（既製の）生産ラインを導入し、年産1,000MW以上の大規模工場を1～2年という短期間で立上げました。

他方、国内メーカーは国家プロジェクトを活用した次世代太陽電池開発や高品質化・長期信頼性化を並行させつつ、粛々と着実な事業伸長を進めてきました。

リーマンショックに端を発する欧州など市場の冷え込みで太陽電池モジュールの需給バランスが崩れ、価格が異常に下落しました。各メーカーのコスト力の醸成が追い付かず、メーカーの淘汰が進むとともに生産能力を継続して増強していくことが困難な経営環境になっています。

シャープの挑戦

今、エレクトロニクスメーカーに対して、事業経営の方針変革が求められています。かつては顧客目線で機器の性能を徹底追求し市場を創造していく商品企画がひとつの主流でありました。これからは省・節電力、創電力、蓄・送電力という視点を加え、ITネットワークを駆使し、全体最適の中で上手くエネルギーを活用できる製品やシステムの開発に取り組む必要が出てきました。

当社は太陽電池、液晶ディスプレイ、LEDなど化合物半導体素子を機軸にこれに取り組んでいます。

創エネルギー・省エネルギー設計の源流を訪ねると、シリコン単結晶、アモルファスシリコン薄膜、化合物単結晶材料に辿り着きます。3つの材料を視点に当社のこの50年を振り返ってみましょう。

シリコン単結晶や化合物単結晶基板を用いてLSI、センサーデバイスが進化してきました。製品の高機能化は言うまでも無く、軽薄短小と省電力に貢献しました。

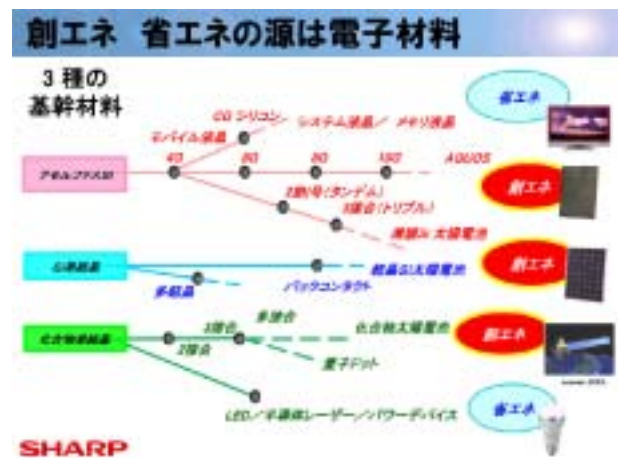
ガリウム・ヒ素系の化合物が半導体レーザー、LEDを生み、記録の高密度化と省電力化、照明の省電力化に寄与しました。

アモルファスシリコン薄膜は最初、太陽電池を目的として開発されましたが、この流れから一部が分化し液晶パネルを駆動するための薄膜トランジスタ(TFT)として別の進化を遂げました。TFT液晶ディスプレイがブラウン管に代わり、携帯端末の表示、航空機や車のコックピット、産業機器の制御盤に至り、そして数インチから百インチを超える大型まで、情報の窓として進化(アクオス・CGシリコンブランド)し、そして、劇的な省電力を実現しました。それらの結果、ユビキタス社会を身近なものにしました。

一方、当社は1963年に世に先駆けてシリコン単結晶太陽電池を量産化しました。これにより創電力という産業分野を拓き、以来2,500箇所以上に及ぶ

無人灯台や160基の人工衛星に太陽光発電による電力を供給し続け、太陽電池が実環境下で半世紀近く安全に発電を持続することを実証してきました。

次の50年、この技術に磨きをかけ、液晶ディスプレイはインジウム・ガリウム・酸化亜鉛系からなる酸化物半導体の適用で更なる省電力化が進むでしょう。LED照明の調光・調色機能による多用途化と普及加速が進み、照明に必要な電力の大幅な削減を実現します。結晶シリコン太陽電池や薄膜シリコン太陽電池は、入射する光のエネルギーの利用効率向上を追求した表面形状の作り込みや結晶の完全性や不純物の排除により、理論効率に向けてエネルギー変換効率を追求しています。ガリウム・ヒ素系の多接合太陽電池については現在、非集光型で36.9%の世界第1位のエネルギー変換効率を実現しています。このセルを集光型に適用すれば45%程度が期待できます。宇宙用途として継続して高効率化を目指していくとともに、集光型として地上用途への展開も視野に入れていきます。



モノづくりの面では、より良い生産性を実現するための製造・製膜プロセスや装置、より良い性能を実現するためのデバイス構造・工法、より低い発電コストやリサイクル性を考慮したデバイス設計・材料調達を進めています。

少し余談になりますが、宇宙用の化合物太陽電池の潜在能力を試す目的で、世界ソーラーカーラリーに参戦している東海大学に変換効率30%の太陽電池を供給・支援しました。オーストラリアでのレースでは3,000kmを平均100km/時で走破し、2位のチームと1日の差をつけ優勝しました。翌年の南アフリカ4,000kmラリーにも参戦、独走し優勝しま

した。この結果を踏まえ、レースの主催者は急遽、勝負の公平さを期するため、宇宙用の太陽電池を適用する際は設置面積を半分にせよ、との規則改定を行ないました。(笑)

さて、当社が考えている太陽光発電の世界での普及見通しですが、講演の冒頭で述べましたように、市場の需給バランスの崩壊や急速な価格下落に対する足元の経営課題を克服しつつ、IEAのガイドラインに沿った導入を世界規模で進めることが期待されています。当社は次のような展開の絵を描いています。

まず、国策として太陽光発電を永続的に拡大・導入していく対象国を特定します。次にその国のインサイダーになるべく、国主や環境・エネルギー閣僚に太陽光発電の良さをアピールすると共に、具体的提言を重ねていきます。一例として低緯度で日照量が豊富、海に面する広大な砂漠がある某国を考えてみたいと思います。以下のようなセールストークで接近します。「太陽光発電を基盤に、新たな社会システムづくりを進めませんか」と。

次に具体的な展開絵図を説明します。

先ず、太陽電池セル・モジュールの生産工場を建設します。次に海水や塩分を含んだ井戸水の淡水化、浄化を行う製水工場、水耕栽培を主とする植物工場を砂漠地域に建設します。一方で、生産したモジュールで大規模な太陽光発電所を分散建設し、主電力網に接続して発電を開始します。昼間の太陽光発電で製水工場の電力を賄い、太陽光発電電力と他電力系で植物工場の電力を賄います。これらにより、水と食糧の自給率を高めます。

他方、生産した太陽電池モジュールを個人の住宅

やビルに設置し、消費電力の一部を太陽光発電で補うと同時に、これらの集合体としてソーラータウンや都市を作り、エネルギー管理システムによってコロニー(集合体)内で余剰分や不足分を補完する互助システムと合わせエネルギーの最適使用を実現する社会システムづくりに展開します。

これらの諸活動を通して多くの雇用が生まれます。太陽電池工場が例えば30年以上生産を続け、製造した太陽電池が40年以上発電を続け、さらには工場の生産能力を継続拡大できれば、その国の国家安全につながるエネルギー自給率は確実に上昇します。

次に、特定対象国にこれらの社会システムを構築するため、必要資材と技術を輸出する方法について説明します。言葉を変えると太陽光発電と社会システムづくりをコンポーネントに分け、各々を製品のようにまとめ、それらを低炭素技術製品として新興国などに展開していく方法です。

大別しますと太陽電池モジュールを生産する工場と生産したモジュールにより発電する太陽光発電所に分類されます。工場については非化石燃料を電力源とし、生産性が高く投資効率のよい生産ラインを理想としています。

ひとつのマザー生産ラインが当社グリーンフロント堺の薄膜シリコン太陽電池工場です。この工場のコピーラインをイタリアに展開しました。



太陽光発電所ですが、分散発電所と集中発電所に分類されます。分散発電所の最も基本部分をなすものが一般住宅用のシステムです。これに蓄電や屋内の電気機器を最適に制御するシステムを融合させたものが、いわゆるエコハウスです。規模を大きくしたものにエコオフィスやゼロエミッションビルがあ

ります。集中発電所には街規模、都市規模、国規模のものがああります。ソーラーパークあるいはメガソーラーと呼ばれる発電所です。国を越えての送電を目的としたプロジェクトも進行中です。環地中海発電プロジェクトがその一例です。北アフリカの砂漠で数十GWの大規模太陽熱・太陽光発電を行い、地中海を海底ケーブルにより渡り、欧州の電力網へ送電しようというものです。

社会づくりのプログラムについては、国や自治体のトップダウンによる太陽電池工場・メガソーラー建設と街や都市づくり推進、各家庭や各企業からは始めるエコハウス、エコビルなどのボトムアップ推進との両面展開で進めていくべきものと構想しています。



おわりに

本講演を閉じる前に、国を元気にするための提言をしたいと思ひます。

太陽光発電の将来を見極めようとする時、低炭素技術の輸出という形でエネルギーの地産と地消を促進しようとする時、それらを遂行できる人口を増やそうとする時には、今までの物理・化学・生物系の知恵に加え、地理・社会・経済系の叡智を融合させ

て、国家安全策や社会システムとして完成させるための学問系を整備し構築すべきと考えます。日本には知的・経験的財産があり、日本がこれを主導することが可能だと考えます。

太陽光発電の普及を加速するために、我々は2050年に向けて「3つの50」に挑戦します。50%以上のエネルギー変換効率の達成、50年以上の継続発電、50円/W以下のコスト力！

「なにわ」の底力を発揮していきたいと思ひますのでご支援よろしくお願ひいたします。

本稿は講演時以降の状況変化と文書として理解を容易にする目的で加筆修正をしています。

《質疑応答》

Q): 太陽光パネルの汚れ対策と点検方法をどう考えているのか？

A): 埃の堆積により発電量は1割程度低下するが、降雨により回復する。太陽電池モジュールの表面の改質にも取り組んでいる。点検方法については、ウェブで発電をモニタリングするシステムを通じて、顧客に発電情報を提供しており、これを拡充していきたい。

Q): 地震や台風への対応は？

A): 風圧や振動に対する機械的強度の規格値を設けている。将来的には屋根一体型としてのシステムとしたい。

Q): 韓国や中国が追いついてくると思うが、そのあたりをどう思っているのか？

A): 次世代太陽電池の開発、長寿命設計、長期安定発電を可能とするしくみや規格、大規模発電の実証などの分野で一歩先をいきたいと考えている。