

# 太陽光 發電技術의 開發 現況

▷...太陽光發電시스템은 無限定의 태양에너지를 어느 地域에서나 이용할 수 있을 뿐만 아니라 熱的公害와 環境汚染이 없으며 수명이 길고 騒音이 없으며 燃料輸送, 유지관리 등의 문제점을 해결할 수 있어 미래의 새로운 에너지源으로 각광 받고 있다. .... ◁



宋 鎮 洙

韓國動力資源研究所  
太陽光研究室長(工博)

## 1. 序 論

太陽光發電이란, 太陽電池가 빛을 흡수하여 電氣를 發生하는 光起電力效果(Photovoltaic effect)를 이용하여, 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 첨단기술이다.

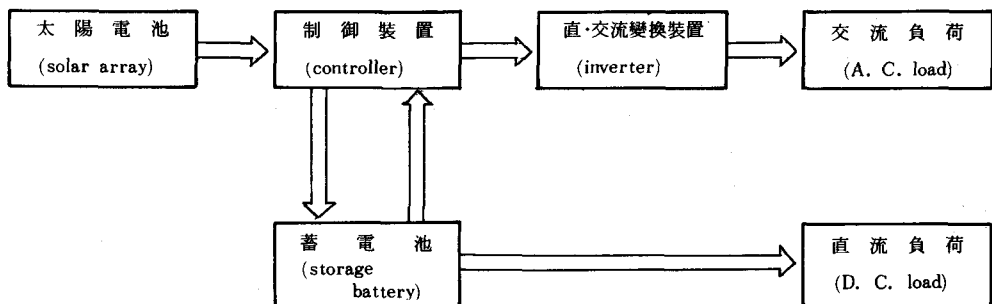
일반적으로 太陽光發電시스템은 太陽電池를 필요한 용량에 따라 直·並列로 연결한 太陽電池板(solar cell array), 發生된 直流電氣를 저장하기 위한 蓄電池(battery), 直流를 交流로 바꾸어 주는 變換裝置(inverter)와, 過充放電防止 및 시스템을 효율적으로 운전하기 위한 制御裝置(controller)로 構成되며, 太陽電池를 제외한

한 부분을 총칭하여 周邊裝置(B.O.S : Balance of System) 라고도 한다.

이러한 太陽光發電시스템은 다른 發電方式에 비해 無限定의 태양에너지를 어느 地域에서나 이용할 수 있을 뿐만 아니라 熱的公害와 環境汚染이 없으며 수명이 길고 기계적 加동부분이 없어 騒音이 없으며 燃料輸送, 유지관리 등의 문제점을 해결할 수 있어 미래의 새로운 에너지源으로 각광 받고 있다.

그러나 현재로서는 系統線電源에 비해 현저히 高價이며, 實用化를 위한 周邊技術의 부분적인 補完이 필요한 실정이다.

〈그림 1〉 太陽光發電 시스템의 構成



이 글에서는 태양광發電 技術에 관한 최근의 국내의 開發現況과 앞으로의 研究 動向을 분석함으로써 國內에서의 研究開發 촉진과 實用化에 기여코자 한다.

## 2. 技術開發現況

태양광發電 技術은 材料, 太陽電池, 周辺裝置를 포함한 시스템 및 利用技術 分野로 구분될 수 있으며 태양광發電시스템의 實用化를 위한 高効率化, 低價化 技術開發이 당면과제이다. 이에 관한 선진국의 開發現況은 미국의 경우 에너지省(Department of Energy)의 주도하에 發電單價를 저하시키기 위한 年차별 目標을 설정하고 SERI(Solar Energy Research Institute), JPL(Jet Propulsion Laboratory), SNL(Sandia National Laboratory)을 중심으로 활발히 研究를 수행하여 住宅用 電源 뿐만 아니라 6~12MW급 대규모 태양광發電所의 建設 단계에까지 이르고 있다.

일본의 경우에는 通商産業省 주도하에 産業科學技術廳, 新에너지總合機構 및 산하 研究機關을 중심으로 Sunshine project를 성공적으로 수행함으로써 태양광發電 技術의 全分野에 걸쳐 實용화 할 만한 성과를 거두고 있다.

특히 소규모 독립형시스템의 利用技術과 低價의 非晶質실리콘 태양電池 분야는 技術開發과 普及에서 미국을 앞질러 實用化된 실정이다. 유럽에서도 CEC (Commission of the European Committies)를 중심으로 4년 단위의 研究開發 計劃을 수립하고, 서독·프랑스·영국등은 자체 研究開發을 병행하여 추진함으로써 島嶼地域의 電源, 등대, 海水淡水化設備, 관개용 펌프 등에 태양광發電시스템이 應用되고 있다.

### 2-1. 太陽電池 材料

初期 태양電池에 주로 사용되어온 單結晶 실리콘은 ingot의 成長, wafer 加工에 起因된 高價의 문제점 때문에, 多結晶실리콘 또는 溶融된

高純度실리콘으로 부터 직접 태양電池 基板을 제조하는 EFG(Edge-defined Film-fed Growth), WEB(Dendritic Web), RTR(Ribbon-to-Ribbon), SOC(Silicon-on-Ceramic), ESP(Edge Supported Pulling) 등의 低價化工程이 開發되었다.

그러나 이러한 제조기술도 單結晶실리콘과 마찬가지로 요구되는 基板 자체의 最小 두께 때문에 薄膜化가 곤란하여 價格低下의 限界性을 가지므로, 최근에는 유리 또는 플라스틱등의 값싼 基板上에 薄膜의 태양電池를 형성하는 새로운 材料와 技術들이 開發되고 있다.

薄膜 태양電池의 대표적인 材料인 非晶質실리콘은, 結晶質실리콘에 비해 두께를 1/100~1/200로 줄일수 있으며 製造工程이 간단하고 連續自動化가 가능할 뿐만 아니라 工程에 필요한 에너지 量이 적기 때문에 低價 태양電池 材料로 가장 각광받고 있다. 현재의 태양電池 變換効率は 1cm<sup>2</sup>의 小面積에서는 13%, 1000cm<sup>2</sup>의 大面積에서는 8%에 이르며, 이미 휴대용 계산기, 시계, 라디오등 民需用 家電製品의 電源으로 商用化 되었다.

그러나 電力用 태양電池로서의 經時劣化 現象과 基板材料와 工程의 低價化 技術開發 등 문제점이 남아 있어, 非晶質실리콘 태양電池의 實用化를 위한 高効率化, 大面積化, 薄膜成長 속도의 高속화, 低價 透明傳導膜의 開發, 高信賴度 確立에 관한 노력이 계속되고 있다. 이러한 技術開發에 따른 目標의 설정은 미국의 경우 1991년까지 1000cm<sup>2</sup>, 13%効率的 多重接合 태양電池 開發, 일본의 경우 1988년까지 1200cm<sup>2</sup>, 9%効率的 태양電池 開發을 서두르고 있다.

한편 CdTe, CuInSe<sub>2</sub>, GaAs, InP 등의 化合物 半導體 태양電池 材料는 태양光의 吸收係數가 크고 薄膜化가 용이하며, 異種接合 또는 多層構造에 의한 高効率化가 가능하여 최근 새로운 태양電池 材料로 주목되고 있다. 그러나 현재로서는 아주 高價인 GaAs보다는 II-IV族 元素化合物인 CdTe, CuInSe<sub>2</sub> 태양電池의 開發이 활

발하며, 특히 CuInSe<sub>2</sub>는 吸收系数가 가장 높을 뿐만 아니라 劣化現象이 거의 없어 薄膜化 및 多層構造의 低價 製造工程技術이 開發될 경우 가장 實用化가 기대되는 化合物半導體 太陽電池 材料이다. 이외에도 미래의 太陽電池 材料로써 光電氣化學(Photo electro chemical) 및 超格子(superlattice) 등이 새롭게 시도되고 있으나 큰 성과는 없는 실정이다.

2-2. 高効率太陽電池 및 低價工程 研究

結晶質 太陽電池의 高効率化에 관한 研究는 反射損失의 감소 및 生成carrier의 再結合 감소를 위한 構造와 工程開發을 들 수 있다. 최근에는 變換效率이 20% 수준까지 이르고 있으나 單一接合 太陽電池의 高効率化는 거의 限界에 도달한 실정이다. 한편 薄膜太陽電池의 變換效率은 원칙적으로 結晶質 太陽電池의 變換效率에 미치지 못하나 薄膜化에 의한 低價化가 가능하

므로 현재의 效率을 보다 향상시키기 위한 研究가 계속되고 있으며, 多重接合(multijunction 또는 tandem) 構造의 太陽電池 開發이 주요과제이다. 이러한 構造는, 에너지가 큰 波長領域의 入射光을 太陽電池의 上端接合內에서 흡수하고 中端, 下端接合에서 각각 다른 波長領域의 入射光을 흡수함으로써 太陽光의 全 波長領域에서 흡수효율을 증가시켜 太陽電池의 變換效率을 향상시키는 技術이다.

따라서 결합이 없는 薄膜의 形成技術과 接合間의 연결저항 감소등의 技術적인 문제점이 해결되면 30%이상의 變換效率도 가능할 것으로 기대된다.

低價 製造工程에 관한 연구는, 기존 방법을 탈피하여 製造工程을 단순화, 연속화, 자동화 할 수 있고 生産性이 높으며 저렴한 材料, 裝備, 에너지를 사용할 수 있는 技術開發에 研究가 집중되고 있다. 현재까지 開發된 技術은 multiwire

〈그림 2〉 太陽光發電技術의 長期開發計劃

| 研究開發分野                | 88                   | 89                 | 90                    | 91                 | 92                               | 93                       | 94                      | 95 | 96 |
|-----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|----|----|
| 材 料<br>및<br>太 陽 電 池   | 基板用 透明 電導膜 開發        |                    | 高効率 a-Si 太陽電池 開發      |                    | a-Si 太陽電池의 大面積化, 低價化 研究          |                          | 電力用 a-Si 太陽電池 開發        |    |    |
|                       |                      |                    | 化合物 半導體 太陽電池 開發       |                    | 化合物 半導體 太陽電池의 高効率化, 低價化 研究       |                          | 新材料 太陽電池 開發             |    |    |
|                       |                      |                    | 太陽電池 및 module의 國産化 研究 |                    | a-Si, 化合物半導體 太陽電池의 sub-module 開發 |                          |                         |    |    |
|                       |                      |                    |                       |                    |                                  |                          |                         |    |    |
| 太 陽 光 發 電<br>시 스템     | 小容量 inverter의 國産化 研究 |                    | 高効率 大容量 inverter 開發   |                    | 自動 制御 裝置 開發                      |                          | 低價의 鉛蓄電池 開發             |    |    |
|                       |                      |                    | 測定 技術 確立 및 評價 시스템 開發  |                    | 設計, 評價 技術의 完全 電算化                |                          | 用途, 規模別 시스템의 標準化        |    |    |
| 利 用 技 術<br>및<br>實 用 化 | 25KWp級 太陽光發電시스템 開發   |                    | 落島 電源用 小規模 시스템 實用化    |                    | 落島 電源用 50KWp 級 시스템 實用化           |                          | 落島 電源用 200KWp 級 시스템 實用化 |    |    |
|                       | 系統線 連結型 基礎 實驗        | 小規模 系統線 連結型 시스템 開發 |                       | 中規模 系統線 連結型 시스템 開發 |                                  | 1MWp 級 大規模 太陽光 發電 시스템 개발 |                         |    |    |

sawing에 의한 wafer 加工法, Spinning, spray 등에 의한 接合 또는 薄膜 形成技術, electroless plating, screen printing, laser patterning 등의 電極形成 및 加工技術 등이 있다.

### 2-3 周辺裝置

太陽電池의 집중적인 研究開發과 이에 따른 價格低下 및 效率向上에 반해 周辺裝置에 관한 研究는 비교적 等한시 되어 왔으나, 최근 太陽光發電시스템의 본격적인 實用化 추세와 병행하여 直·交流變換裝置, 蓄電池 등 周辺裝置의 技術 개발에도 관심이 고조되고 있다. 이러한 周辺裝置의 開發目標는, 主裝置인 太陽電池의 要求特性과 太陽光發電시스템의 運轉條件에 부합될 수 있는 低價, 高信賴度, 高效率, 小形 및 maintenance-free에 관한 技術開發이다.

直·交流變換裝置는 初期에는 주로 thyristor를 스위칭素子로 사용하였으나 效率과 信賴度의 限界性때문에 최근에는 GTO, 電力用 transistor, MOSFET, BIMOS 등이 周波數와 容量에 따라 채택되고 있으며 PWM (Pulse Width Modulation) 出力制御方式에 의한 高效率 正弦波 變換裝置가 주로 개발되고 있다.

또한 大容量보다는 小容量의 直·交流變換裝置를 標準化하여 並列運轉이 가능하게 함으로써 大量生産에 따른 低價化와 企業化를 추진하고 있으며, 系統線連結形시스템에 필요한 電力品質의 유지, 보호회로의 구성 및 自動制御方式 등이 研究되고 있다.

蓄電池의 경우에는 비교적 價格이 싼 自動車用 鉛蓄電池가 사용되어 왔으나, 效率이 낮고 수명이 짧으며 많은 面積을 차지하는 問題點이 있어 새로운 太陽光發電用 蓄電池의 開發이 요구되고 있다. 蓄電池의 일반적인 要求特性은, Cycle 수명이 길고 自己放電量이 적으며 보수 및 점검이 거의 불필요한 低價의 蓄電池이어야 하므로, 이러한 太陽光發電用 蓄電池의 開發을 위하여 鉛蓄電池의 電極材料 및 構造改善 뿐만 아니라 니켈, 카드뮴, 리튬蓄電池에 관한 研究

도 활발히 추진되고 있다.

### 2-4. 시스템 및 利用技術

太陽光發電시스템의 應用分野는, 開發初期에는 人工 위성, 無人登대, 特殊電源 등 小규모 獨立型에 限定되어 왔으나, 技術開發과 普及擴大에 따라 대규모 系統線連結形으로 변천되어 왔다. 그러나 80年代 中반부터는 住宅用의 中·小規模 獨立型시스템과 分散配置形 系統線連結形시스템에 역점을 두고 있다. 또한 獨立形시스템에서의 완벽한 送電體系를 構成하기 위한 補助(back-up) 發電設備와, 太陽光-디젤 및 太陽光-熱, 복합발전시스템에 관한 研究가 행해지고 있으며 시스템의 효율적인 利用에 따른 電力單價의 低減을 위하여 設計, 施工, 運轉 및 유지관리의 最適化, 시스템의 標準化 등 利用技術의 開發도 병행되고 있다.

## 3. 技術開發의 長期計劃

太陽光發電技術에 관한 研究開發의 궁극적인 目標는 太陽光發電시스템의 實用化에 있으며 이를 위해서는 良質의 電力 供給뿐만 아니라 既存 系統線電源의 電氣料金과 경쟁 가능한 經濟性을 가져야 한다.

美國, 日本 등 先進國의 경우 電氣料金の 長期의인 價格目標에 약간의 차이는 있으나 대체로 1990年代 初에서 12¢/kwh까지 電氣料金を 저하시키며, 2000年代初에는 系統線 電氣料金 수준인 6¢/kwh를 目標로 設定하고 있다. 이러한 價格目標는 현재의 太陽光發電시스템 設置價格의 1/100까지 저감할 수 있는 技術의 開發을 의미한다.

國內의 경우, 資源貧國과 두차례의 에너지 위기에 따른 必要性에 의해 開發途上國으로서는 비교적 빠른 1970년대 後半부터 研究所와 學界를 중심으로 太陽光發電技術에 관한 研究開發이 推進되어 왔으며, 특히 代替에너지源開發의 專門研究機關인 韓國動力資源研究所가 設立된 이후 太陽光研究室을 중심으로 본격적인 研究

가 지속되고 있다.

지난 10년 동안의 研究實績은 非晶質 실리콘과 化合物半導體, 太陽電池材料의 基礎實驗, 低價化, 製造工程의 開發, 太陽光發電시스템의 實証實驗을 통한 利用技術 確立을 들 수 있으며 有無人燈臺, 通信中繼所, 落島電源등에 많은 시스템이 보급되어 운용되고 있다.

이와 관련하여 韓國動力資源研究所는 <그림2>와 같은 長期開發計劃을 수립하고 이의 効率的인 推進을 위하여 研究所, 學界, 企業을 망라한 研究体制을 구성하여 分野別 研究課題를 수행중 이다.

또한 代替에너지의 技術開發을 위하여 代替에너지 開發促進法, 施行令 및 代替에너지 技術開發事業 運營規定이 制定됨에 따라 太陽光發電技術의 研究開發은 보다 活性化될 것으로 전망되며, 이러한 法의 根據에 의거하여 太陽光發電시스템의 國內實用化를 위한 '88-'89년도의 重點研究로서 太陽光發電用 高効率 周邊裝置의 開發 및 性能測定, 評價技術 確立에 관한 研究를 設定하고 있다.

뿐만 아니라 최근 內務部를 중심으로 계획되고 있는 太陽光發電을 이용한 落島電化事業이 본격적으로 推進될 경우 市場의 創出, 관련제품의 國산화 및 企業화를 위한 계기가 되어 太陽光發電의 國內實用化가 급속히 進전될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 結論

太陽光發電技術에 관한 最近의 開發 現況과 長期研究 開發計劃에서 나타난 바와 같이 無限定, 無公害의 太陽에너지를 利用한 發電技術은 1990년을 前後하여 새로운 에너지源으로 實用化되어 善及도 보다 확대될 것으로 전망된다.

특히 資源이 貧困한 國內 實情으로서는 太陽光發電技術의 開發 및 普及이 절실하므로 政府의 積極적인 支援政策 과 관련研究機關, 學界 및 企業체가 共同 協議하는 研究 및 技術開發을 통하여 企業化, 國產化를 추구하고 또한 落島電化事業을 비롯하여 經濟性이 높은 應用分野부터 積極적으로 實用化를 推進하여야 할 것으로 사료된다.

