

# 태양광 발전 이용 기술

## 조 경 해

(한전기술연구원 발전연구실장)

### 1. 서론

태양광발전은 이미 우주선이나 奧地의 通信用 등 小容量電源으로써 널리 利用되고 있다. 燃料가 필요 없으며 設備資本에 回轉部分이나 熱機關이 없어 壽命이 길고 다른 發電方式에 비해 運轉과 維持補修가 용이하며, 설비가 간단하고 公害가 없다. 태양광발전시스템은 需要處에 近접하여 설치가 가능하므로 送電施設이 필요없이 送配電損失이 없고 資源이 고갈되지 않는 등의 長點이 많은 發電技術으로써 최근 태양電池의 價格도 半導體 技術이 급진전 됨에 따라 점차 하락하고 있다. 또한 晝間에 出力容量이 커지는 태양광발전의 特性이 최근 電力消費의 특성인 晝間負荷增加와 調和되어 가고 있는 등 상대적인 利點의 增加로 經濟性이 점차 나아지고 있다. 더우기 에너지 資源이 빈약하여 에너지를 대부분 수입에 의존하고 있는 우리나라의 立場에서는 電源을 다양화하고 石油依存度를 감소시키기 위한 方策의 하나로써 태양광발전이 쉽게, 그리고 광범위하게 利用될 수 있도록 利用技術을 체계화할 필요가 있다.

이번 태양광발전 특집을 통하여 本 論文에서는 태양광발전 시스템의 原理와 構成方式등을 간단히 설명하고 그 동안 태양광발전 시스템을 설치하여 얻은 연구결과를 통하여 P.V시스템에 대한 經濟性 分析과 국내보급을 위한 방안을 검토하고자 한다.

태양광발전의 基本要素인 태양電池는 光起電力 效果(Photovoltaic Effect)를 利用한 것으로 태양전지의 구조는, 單結晶규소 태양전지의 경우, Si에 5價 元素(인, 비소, 안티몬)등을 침투시켜 만든 N型 半導體와 3價 元素(붕소, 칼륨)등을 침투시켜 만든 P型 半導體로 이루어진 P-N接合構造이다. 이렇게 P型 半導體와 N型 半導體가 하나의 單結晶으로 接合이 되면 不純物의 농도차에 의하여 N型 半導體의 잉여電자가 P型으로 확산해가고 반대로 正孔(Hole)은 P型에서 N型으로 확산되며 이에 따라 P型 半導體의 傳導帶(Conduction band)내에 있는 電子의 에너지는 N型的 경우보다 높아지고, N型 半導體의 價電子帶(Vallence band)내에 있는 正孔이 갖는 에너지는 P型 半導體보다 높아지게 된다. 즉(그림 2-1)과 같이 內部電位차가 발생한다. 이때 禁止帶幅이

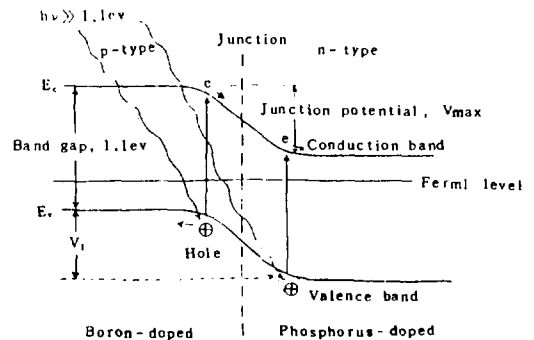


그림 2-1 P-N접합 태양전지의 기본원리

### 2. 태양광발전의 原理

상의 높은 에너지를 갖는 빛(photon)이 들어오면, 價電子帶에 있는 電子는 여기되어 금지대폭을 뛰어 넘어 傳導帶로 이동함으로써 價電子帶에는 電子의 자리가 비게 되어 陽電荷처럼 행동하는 正孔이 발생하여 陽電荷(Hole)와 陰電荷(Electron)의 쌍이 형성된다. 여기서 생성된 電子와 正孔은 內部電位差에 의하여 각각 電子는 N型으로 正孔은 P型으로 이동하여 외부에 연결된 회로에 電流가 흐르게 된다.

太陽電池의 종류는 太陽電池를 만드는데 사용되는 半導體의 材料에 따라 몇 가지로 나눌 수 있다.

太陽電池의 材料로서는 여러가지 物質이 사용되고 있으나, 크게 矽(Si) 太陽電池, 化合物半導體 太陽電池, 濕式太陽電池 및 有機半導體 太陽電池가 있으며 현재 널리 사용되고 있는 太陽電池는 結晶系(單結晶 및 多結晶) Si 및 非定質(Amorphous)Si가 있다.

表2-1 太陽電池의 種類와 그 材料

태양전지의 종류		반도체재료	
	結晶系	單結晶 Si	多結晶 Si
Si 太陽電池	Amorphous系	a-Si	
		a-SiC	a-SiN
		a-SiGe	a-SiSn
化合物 半導體	Ⅲ-V族	GaAs	AlGaAs
		Inp	
	Ⅱ-VI族	CdS	CdTe
Cu <sub>2</sub> S			
太陽電池	기타	CuInSe <sub>2</sub>	CuInSe <sub>2</sub>
	濕式太陽電池	TiO <sub>2</sub>	GaAs
InP		Si	
有機半導體 太陽電池		Poly acetylene 등	

多結晶矽소는 物理的으로 (그림 2-2)와 같은 結晶體구조로 되어 있으며 그림의 a는 多結晶, b는 單結晶矽소를 나타낸다. 多結晶矽소는 物理的으로 무수히 많은 單結晶의 알갱이로 구성되었으며, 結晶粒의 크기와 質에 따라 太陽電池의 性能이 決定된다. 즉 結晶粒이 크고 結晶으로서 완벽할수록 多結晶矽소

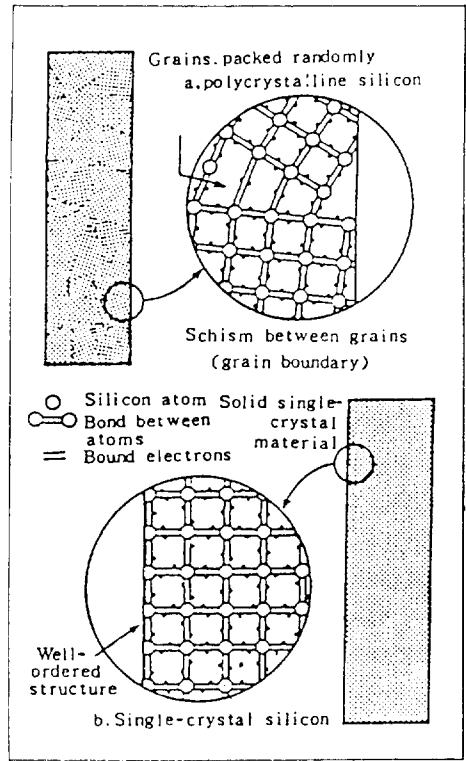


그림 2-2 單·多結晶系 Si太陽電池 構造

表 2-2 各種 太陽電池의 特徵

材 料	變換 効率 [AM-1100mW/cm <sup>2</sup> ]	製 造 Energy	Cost	資 源	信 賴 度	公 害
단결정 Si	◎ 13~18%	△	△	○	◎	◎
다결정 Si	○ 7~16%	○	○	○	○	◎
a-Si	○ 8~11%	◎	◎	◎	○	◎
GaAs	◎ 18~22%	△	×	△	◎	△
CdS/InP	○ ~14%	○	○	△	◎	△
CdS/CdTe	○ 8~13%	○	○	△	○	△
CdS/CuInSe <sub>2</sub>	○ ~10%	-	-	△	○	△

◎ : 아주 양호 ○ : 양호 △ : 약간 나쁨 × : 나쁨 - : Data 부족

太陽電池의 電氣的 特性은 單結晶구조 太陽電池에 가가워진다.

반면에 非定質구조의 原子結合구조는 상대적으로 不規則하다. 즉 單結晶體에서 晶素原子는 中心에 原子가 하나있는 正사면체를 이루고 이런 구조가 질서 정연히 연결되어 있는데 비해 非定質은 西面體와 비슷한 구조를 이루면서 일그러진 西面體가 약간 질서 없이 늘어져 있다. 최근까지 非定質구조는 유리와 같은 絶緣體에 가깝기 때문에 太陽電池 素材로 부적합한 것으로 여겨졌으나 非定質구조의 組成과 제조 과정을 적절히 조절함으로써 太陽電池를 만들 수 있게 되었다.

表(2-1) 및 (2-2)는 太陽電池의 種類, 材料및 特徵을 나타낸다.

### 3. P.V시스템 構成方式

太陽光發電시스템을 構成하는 方式은 負荷의 種類, 蓄電裝置의 必要性, Back-up시스템의 有無, 系統線(Utility line)의 連結有無및 負荷의 容量에 따라서 여러 형태로 나누어진다. 여기서는 直流電源과 交流電源 供給에 따른 P.V시스템 構成方式에 대해 논하고자 한다.

#### 3.1 直流負荷用 P.V시스템

負荷가 直流電源을 요하는 경우의 P.V시스템의 應用은 주로 小容量이고 系統線과 遠거리에 떨어져 있을 경우에 한하여 이용되고있으며, 蓄電裝置의 有無

및 Back-up시스템의 有無에 따라 다음과 같이 3가지 形態로 구분된다.

##### 3.1.1 直結式 構成方式

太陽電池 Array에서 나오는 D.C전압을 Regulator를 사용하여 직접 D.C負荷에 연결, 사용하는 시스템으로 太陽이 존재할 경우에만 動作하도록 한 기본적인 시스템이다.

이 경우의 제어방식은 Array의 出力電壓과 負荷電壓을 일정하게 조정하는 형태로 출력전압만 일정하게 내보내는 형태이다. 이 시스템은 系統線이 連結되지 않는 遠隔地域에서 住民들의 食水및 農事用을 위한 펌프 등을 구동할 때 이용된다.

##### 3.1.2 過電壓安定回路를 부착한 蓄電池貯藏方式

다음 그림에서 보는 바와 같이 Array에서 나오는 D.C전압을 Regulator를 통하여 蓄電池로 부터 직접 負荷에 供給하는 方式이다.

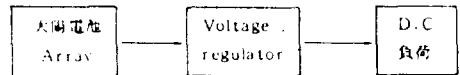


그림 3-1 시스템 개략도

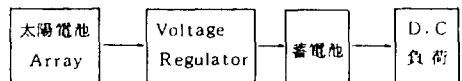


그림 3-2 시스템 개략도

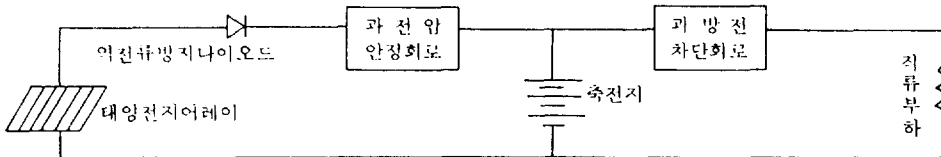


그림 3-3 過電壓 安定回路 부착 시스템

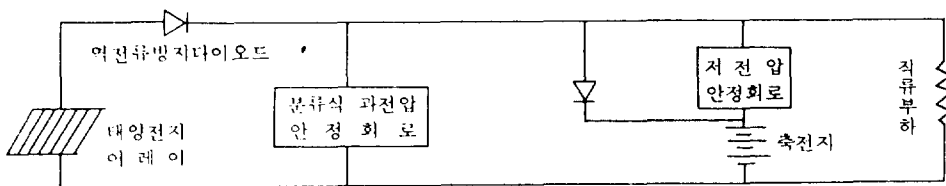


그림 3-4 分流式 過電壓 安定回路부착 시스템

應用分野는 주로 無人燈臺, 時計, 電話 및 通信用 裝備 등이 있다.

시스템 제어방식으로는 첫째, Regulator內에 過電壓 보호장치가 설치되어 蓄電池에 電壓을 알맞게 供給하는 형태로 Regulator에서 過電壓分을 自體熱로써 소모하는 형태가 있고, 둘째는 Regulator에 分類式 過電壓 安定回路를 부착, 回路自體에서 熱로 소모하는 것이 아니라, 여분의 電力을 직접 接支點으로 排出시킴으로써 시스템의 安定을 도모하는 방식이다. 특히 이 시스템은 주로 無人으로 동작해야 하므로 蓄電池 및 太陽電池의 容量을 最惡의 氣象條件에 맞추어 설치해야 한다.

(그림 3-3, 3-4)는 이 시스템의 개략도 및 配線圖를 보여준다.

### 3.1.3 back-up시스템을 보완시킨 蓄電池貯藏方式

이 방식은 過電壓 安定回路를 부착한 蓄電池 貯藏方式에 back-up시스템을 보완시킨 시스템이다. 이 경우 시스템제어는 前項과 동일하나 蓄電池電壓이 떨어질 경우 Back-up시스템을 作動시켜 整流器를 통하여 流電시키는 방식이다.

이 방식은 太陽電池와 蓄電池를 最惡條件에 맞추어 충분히 容量을 설치하지 않아도 되므로, 용량이 줄어들고 또한 蓄電池의 효율적인 운영을 위해서 均等流電을 시켜주어야 되는 문제가 있으나 D·C 負荷用 시스템으로는 가장 理想的인 시스템이다. 이 시스템의 應用은 비교적 큰 D·C 負荷일 경우에 적합하고 디젤 發電機나 系統線에 의해서 Back-up시켜 주어야 한다. (그림 3-5 참조)

### 3.2 交流負荷用 P.V시스템

負荷가 交流일 경우에는 直交流 變換裝置(Inverter)가 설치되어야 하며 인버터의 種類 및 Back-up

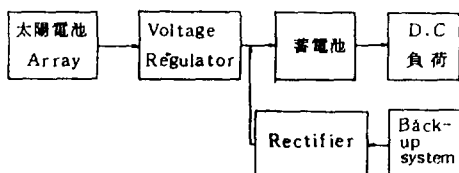


그림 3-5 시스템 개략도

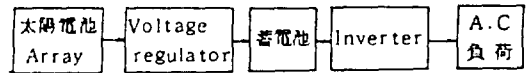


그림 3-6 시스템 개략도

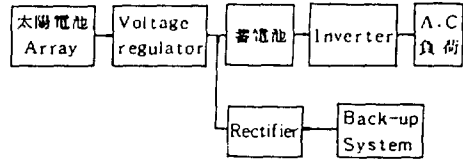


그림 3-7 시스템 개략도

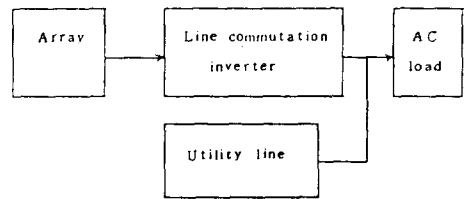


그림 3-8 시스템 개략도

시스템의 有無에 따라 다음과 같이 구분된다.

#### 3.2.1 獨立式 蓄電池貯藏方式

이 방식은 stand-alone인버터를 부착하여 축전지에 저장한 전력을 교류로 변환시켜 직접 交流負荷에 사용하는 시스템이다. 應用分野로서는 교류부하를 사용하는 모든 경우에 해당될 수 있으나 비교적 규모가 작은 부락용 電源으로 사용된다. (그림 3-6)

#### 3.2.2 Back-up시스템을 보완시킨 蓄電池 貯藏方式

이 방식은 前項에다 Back-up시스템을 보완시킨 형태로 蓄電池의 電壓이 떨어질 경우에 인버터를 차단하고 Back-up시스템을 구동시켜 직접 負荷에 電力을 供給하거나 Back-up시스템을 動作시켜 蓄電池를 流電하는 방식이다. (그림 3-7)

#### 3.2.3 系統線 連結方式

이 방식은 선진국에서 大容量 發電所나 住宅用 電源의 경우에 이용하는 시스템이다. 動作原理는 Line Commutation Inverter를 직접 Array에 連結시켜 D.

C동력을 A.C로 변환시키고 系統線과 並列運轉하여 太陽光 發電量이 많을 때에는 A.C負荷에 사용되고 남은 電力이 系統線에 流入되기 때문에 電力計를 兩方向으로 설치 운영한다. 또한 이 경우에는 인버터를 自體에서 最大出力을 추적할 수 있는 追跡기능과 電壓調整기능이 포함되므로 별도로 Regulator를 설치할 필요성이 없는 것이 特徵이다. (그림 3-8)

#### 4. 日射量測定 및 分析

##### 4.1 日射量計 設置 및 測定

日射量은 太陽光發電에 있어서 아주 중요하다. 우리나라의 경우 太陽光의 日射量 測定은 1972년부터 實施하였으나 본격적으로는 動資研에서 國內 太陽에너지 資源을 보다 科學的으로 測定, 評價하기 위해 1982년부터 全國 16個地域에 대해 실시하고 있다.

한편 太陽光發電 研究사업을 위해 大田市 인동에 있는 韓電技術研究院과 大德연구단지에 있는 動力資源研究所에 日射量計를 설치하여 인동지역은 1986. 10. 28~1988. 1. 25, 유성지역(動資研)은 1988. 1~7월 말까지 측정하였다. 측정방법으로는 水平面과 傾斜面(傾斜角39°) 日射量을 時間단위로 측정하였으며, 이때 사용한 日射量計의 諸元은 表4-1과 같다.

표 4-1. Eppley모델 PSP형 수평면 일사계의 특성

감 도	약 9mV/Wm <sup>2</sup>
임 피 던 스	약 650Ω
감 지 부	cm <sup>2</sup> 의 원형(Person흑색 광학도료 처리)
온도의존도	± 1%(대기온도 -20~+40°C)
직 선 도	±0.5%(0~2,800W/m <sup>2</sup> )
반 응 시 간	1초
각 특 성	±1%(천정각 0~70°), ±3%(천정각 70~80°)
방 위 특 성	영향을 받지 않음.
기 계 적 진 동	최대 20q's
교 정	약 1cal/cmmin <sup>-1</sup> (대기온도+25°C)
출 력	전위차 기록계

##### 4.2 日射量 比較分析

太陽光發電에 직접적인 영향을 주는 日射量은 設置地域의 기상조건과 大氣中の 흡수 또는 산란에 따라 상당한 차이가 있다.

1987. 1. 25일 韓電 인동에 설치한 수평면 일사량 측정치와 1988. 1. 31일 動資研에 설치한 측정치를 비교하면 (그림 4-1)과 같다. 즉 動資研側이 인동側보다 35%가량 높다. 그러나 이것은 서로 다른 年度와 日字에 측정한 값으로 정확한 비교는 될 수 없으나 상대적으로 비교해 볼때 大氣條件이 좋은 연구단지 가 더 좋은 日射條件을 갖고 있음을 알 수 있다.

한편, 수평면과 경사면 日射量을 비교해 볼 때 날씨가 맑은 경우 즉, 日射條件이 좋은 상태에서는 경사면 일사량이 수평면보다 높다. 즉 날씨가 청명하

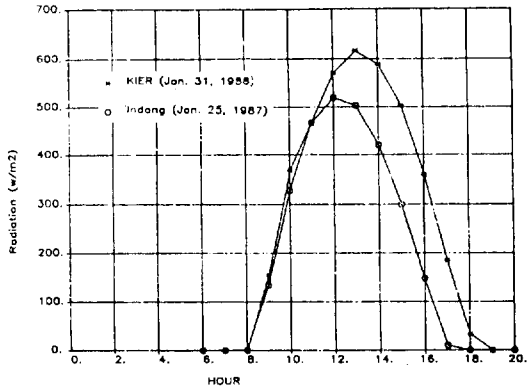


그림 4-1 청명 조건하의 인동과 연구단지의 수평면 일사량 비교

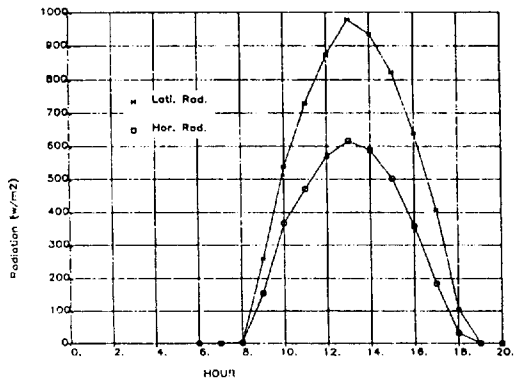


그림 4-2 청명한 일사조건하의 수평면 일사량과 경사면 일사량 비교(1988. 1. 31)

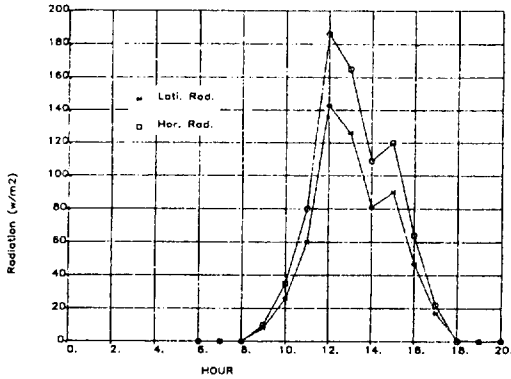


그림 4-3 일사조건이 아주 낮은 경우의 수평면 일사량과 경사면 일사량 비교(1988, 1, 13)

면 전체 일사량 成分中, 直達일사량이 차지하는 比重이 크나, 反面에 날씨가 흐리고 눈이 내리는 경우, 全體 일사량이 굉장히 낮고 散亂日射量이 대부분이므로 오히려 水平面側의 日射量이 크다. (그림 4-2, 4-3 참조)

### 5. 6kW級 P.V시스템 設計 및 製作

太陽光發電 시스템의 設計는 앞에서 언급했듯이 여러시스템 方式이 고려될 수 있으나, 설계에 앞서 우선 설치대상지역의 負荷형태, 사용목적이 검토되어야 한다. 여기서는 향후 대규모 MW級 構成을 위한 技術開發 目的으로 6KW級 시스템으로 하여 계

통선 연결방식과 蓄電池 貯藏方式을 결합할 수 있으며 동시에 直流負荷와 交流負荷를 사용할 수 있도록 設計하였다. (그림 5-1) 및 (그림 5-2)는 시스템 개략도 및 계통도를 나타낸다.

여기서 알 수 있듯이 시스템은 크게 7가지 要素 中,

- 太陽電池(solar field) : 40Wp Module 15장.

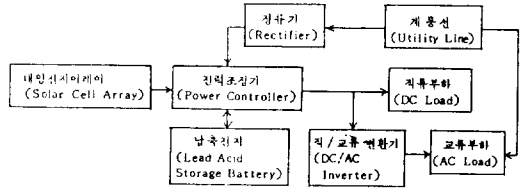


그림 5-1 종합시스템 개략도

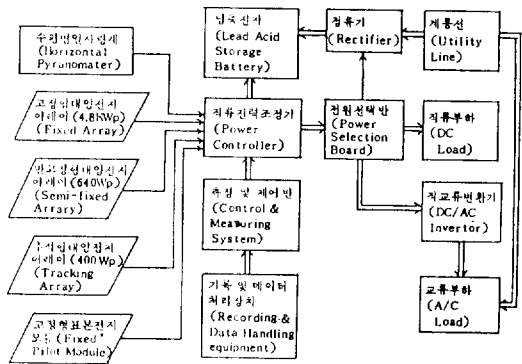


그림 5-2 종합시스템 系統圖

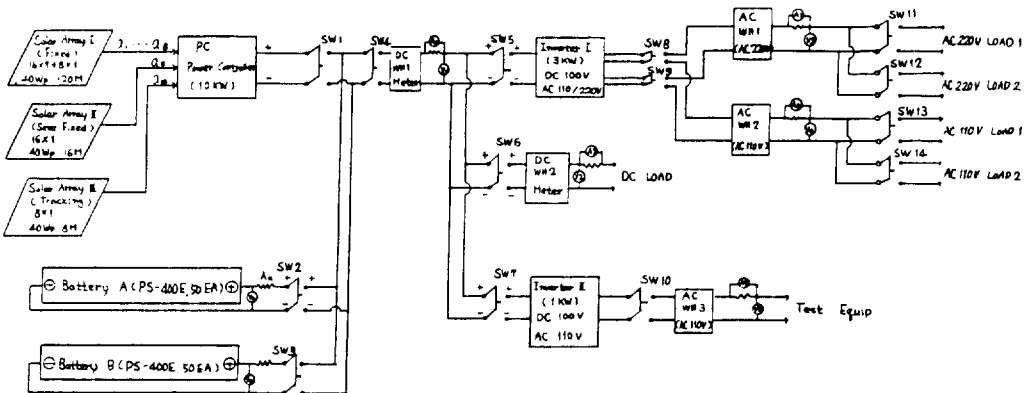


그림 5-3 종합시스템 기본 배선도

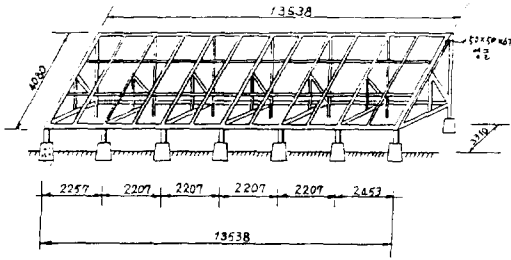


그림 5-4 固定型 Array 基礎支持臺

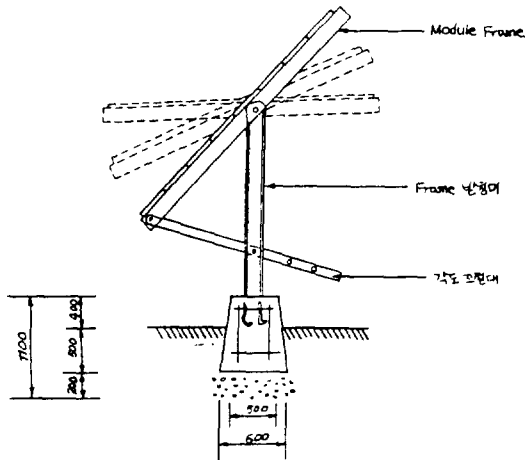


그림 5-5 半固定型 Array 支持臺

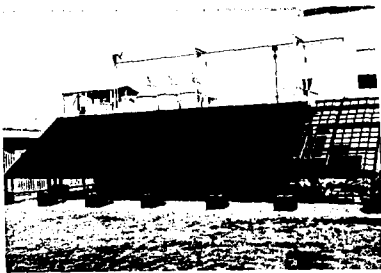


그림 5-6 고정형 어레이 전경

- 인버터 : 3kW, 1kW 각각 1대
- 電力調整器 : D.C 10kVA 1대
- 蓄電池 : 2V 400AH 100EA
- 配電盤 : A.C, D.C 각1대
- 負荷 : AC負荷-전등, 모터 등.

DC負荷-전열기, DC모터 등.

으로 區分된다.

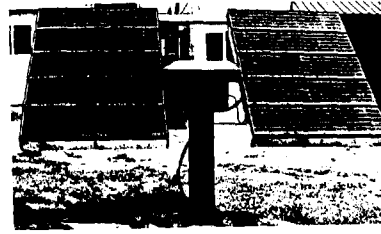


그림 5-7 추적식 어레이 전경

太陽電池는 固定型, 半固定型 및 追跡型의 3가지 형태로 설치, 각 형태별로 出力 Data를 비교측정하도록 하고, 부수적으로 pilot cell을 설치, 露天방치시 나타나는 物理的인 特徵을 알아보기 위하여 10여종의 Sample을 設置하였다. 太陽電池모듈은 美國의 ARCO Solar社 單結晶 cell이 여러가지면에서 비교해볼때 他社製品보다 가장 우수하여 이를 선정하였으며, 시스템구성은 40Wp모듈을 8장 直列을 1組로 하여 15組로 구성(最大 D.C 116V)하여 설치하였다. (그림 5-4~5-7)은 太陽電池 Array설치를 위한 基礎支持臺 및 실제 설치후 全景을 보여준다.

## 6. 시스템試驗 分析 및 評價

시스템試驗은 獨立式과 系統線을 보완한 P.V시스템으로 나누어 試驗 分析하였다. (그림 6-1)은 日射量에 따른 時間別 發電量의 추이를 기록한 것이고, (그림 6-2)는 어레이 형태에 따른 發電量을 기록한 것이다. 3가지 어레이 형태中 추적식 어레이가 가장 많은 發電量을 기록한 것을 알 수 있는데 추적장치

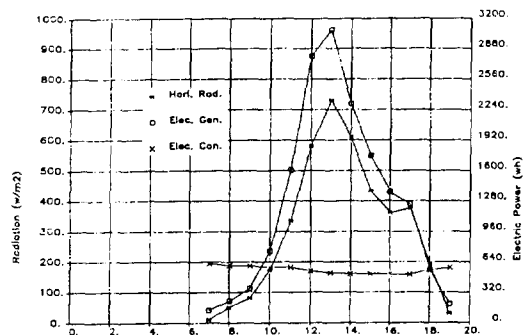


그림 6-1 시간별 일사량, 발전량, 부하량('88.4.7)

의 動力손실과 추적장치의 설치에 따른 경제성을 고려하여 적당한 형태의 어레이를 설치하는 것이 바람직하다.

한편, 6kW급 태양광발전 시스템을 설치하여 얻은 주요 결과로는, 一日發電量은 最大 29,945kWh, 最小 4,01kWh로 시스템 평균 이용율은 10%임을 확인할 수 있었다. 그리고 交流負荷 시험을 통하여 인버터의 효율을 측정해 본 결과 3KVA인버터의 경우(그림 6-3)에 보이는 것처럼 最大 83%의 효율을 달성하였다. 한편 交流負荷用 Back-up시스템을 보완한 蓄電池 貯藏시스템의 경우 인버터의 효율외에 축전지의 充放電효율, 整流器의 변환효율 등 제반요인을 모두 고려할 때 전체 시스템의 효율은 더 낮아지게

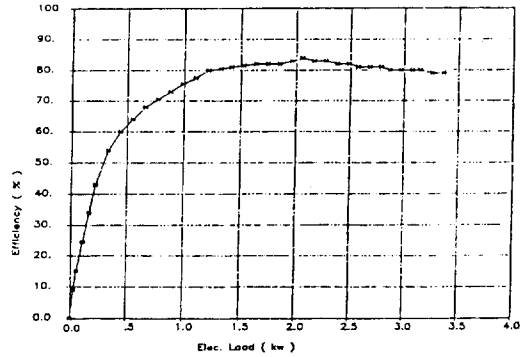


그림 6-3 3kW인버터의 부하에 따른 효율곡선

된다.

따라서, 앞으로 시스템의 효율을 높이는 同時에, 높은 신뢰성을 갖는 시스템을 개발하는데 더 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

## 7. 經濟性 分析 및 國內普及 方案

國內에서 태양광발전 시스템을 應用하고 있는 분야는 무인등대, 통신중계소 및 주택용 등의 電源에 보급되고 있다. 태양광발전의 경제성은 시설투자비의 대부분을 차지하고 있는 태양電池의 모듈 價格에 좌우되기 때문에 世界各國은 이 모듈 製造價格을 줄이기 위해 막대한 投資를 하고 있다. 현재까지 모듈

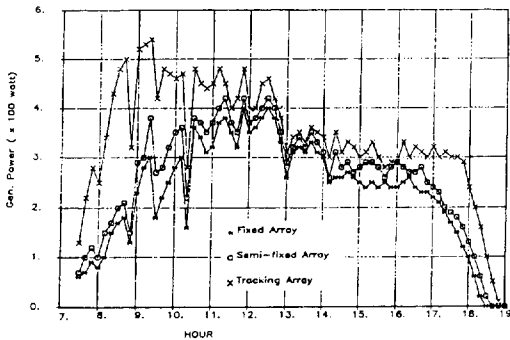


그림 6-2 고정형, 반고정형 추적식 어레이의 시간별 발전량 비교(1988. 8. 25)

표 7-1 한전의 연구개발 추진 계획

단 계 구 분	제 1 단 계				2 단 계	3 단 계
	'88	'89	'90	'91	('92 ~ '96)	('97 ~ 2001)
태양광발전 이용기술	6KWp 태양광발전 이용기술 연구		시험설치도서 선정 및 100KWp 태양광발전 시스템 개발		200KWp 시스 템설치시운전 및 적용연구	1MWp 급 시 스템시험설치 및 주변장치 의 고효율화
			소규모 직통선연결 태양광발전 시스템 개발		계통선연결형 보급형(2KWp) 적용실험연구	



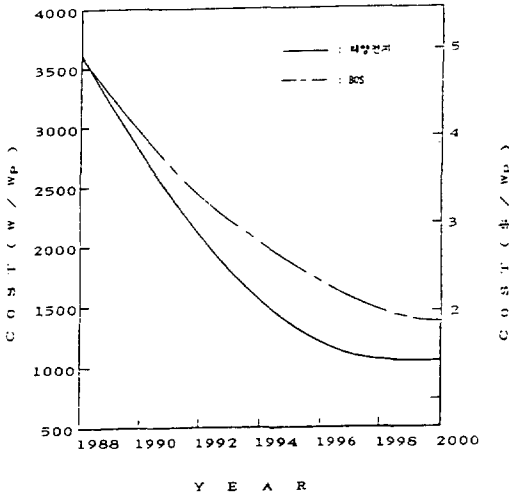


그림 7-1 태양전지 및 BOS가격 하락 전망

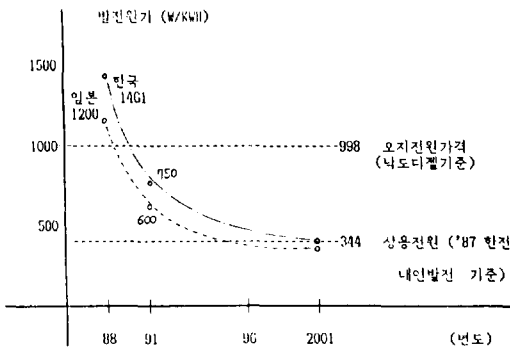


그림 7-2 년도별 태양광 발전원가 추이  
(자료 : 태양광발전이용기술연구 한전보고서)

가격은 1972년에 100\$를 초과하던 것이 1987년에는 5~6\$로 하락하였으며 앞으로 이러한 추세는 계속되어 2000년에 이르러서는 현재 가격의 1/2이하 수준으로 떨어질 것으로 예상되어 他電力源과도 경쟁될 수 있을 것으로 전망된다.

(그림 7-1)은 先進國의 中·長期계획을 참고하여 作成한 太陽電池와 주변장치(BOS)의 예상가격도이다.

한편, 현재 설치되어 있는 일부 國內島嶼地域의 太陽光發電原價는 (그림 7-2)와 같이 약 1461원/kWh로 오지의 디젤발전단가보다 약 1.5배 높은 실정이나, 정부는 代替에너지 개발의 하나로 太陽光發電을 汎國家事業으로 선정, 정부주도아래 產學研이 참여토

록 하여 2000年代에는 韓電디젤發電原價 수준으로 낮출 수 있도록 技術開發을 적극 推進하고 있다.

또한 政府는 '96년부터 도서지역 50가구 미만, 산간벽지 5가구 미만에 대해서 太陽光發電등 代替에너지에 의하여 電氣를 공급할 예정이며 韓電에서 汎國家事業으로 推進하고 있는 太陽光發電연구사업계획은 (表7-1)과 같다.

따라서 太陽光發電 시스템의 國內 普及을 擴大시키기 위해서는 政府및 產學研이 一體가 되어 太陽電池 價格의 Cost down, 인버터의 효율향상, 그리고 시스템의 표준화 등에 대한 技術開發이 이루어져야 할 것이다.

## 8. 結論

太陽光發電은 無公害, 無騒音, 無燃料 및 補修容易 등의 특성을 갖고 있어 디젤對替用으로 島嶼地域에서 많이 利用될 전망이며 앞으로 高効率의 太陽電池가 개발될 경우 住宅用電源으로도 사용하기 위해 先進國에서는 小規模 계통선연결형 太陽光發電시스템을 개발중에 있다. 이 시스템이 개발 보급되면 最大負荷 使用時인 peak time의 電力을 部分的으로 담당할 수 있어 電力需給 측면에서도 상당한 效果가 있을 것으로 기대되므로 尙後 이 시스템의 技術研究開發에 더욱 관심을 기울여야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] M.A Green, Solar Cells, Prentice-Hall Inc, p.76 (1982)
- [2] H.Hovel, Semiconductors and Semimetals vol. 11, Acad. Press, p.48 (1975).
- [3] SERI, Basic photovoltaic principles and methods, Van Nost. Rein, Co. p.10 (1984).
- [4] M.Buresch, Photovoltaic Energy Systems, McGraw-Hill book Co. p.78(1983)
- [5] 이기선의, 태양광발전 기술개발, 한국동력자원연구소 보고서 KE-81 T-15, p. 31(1981)
- [6] J.Pankove, Semiconductors and Semimetals, vol. 21, D Acad. press. Inc. p.8(1984).
- [7] Photovoltaic Insiders Report, Nov.(1986).
- [8] K.L, Chopra, Thin Film Solar Cells, Plenum press p. 288(1983).

- [9] Photovoltaic Insider's Report, May (1986)
- [10] Photovoltaic Insider's Report, Feb(1986).
- [11] 이기선외, 주택용 태양광발전시스템 개발, 한국동력자원연구소 보고서 KE-84-13 (1984).
- [12] Bechtel National Institute, Handbook for Battery Storage in Photovoltaic Power System, Final report, Sandia Lab. (1979).
- [13] E.E.Landsman, Maximum Power Trackers for Photovoltaic Arrays, M.I.T. Lexington, Mass., (1978).
- [14] S.E.Forman, Summary of Field Experience of Photovoltaic Modules of various M.I.T. Lincoln Lab. Test Site, MIT, Lincoln Lab. (1978).
- [15] S.E.Forman, D.N.Klein, Safety Inspection Guidline for Photovoltaic Residence, Mit Lincoln Lab. (1982).
- [16] Bechtel National, Inc., "Handbook for Battery Energy Storage in Photovoltaic Power System." Final Report, SAND-80-7022, (1980).
- [17] 이기선외, 태양광발전시스템 및 부품의 개발, 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-83-19. (1983).
- [18] 송진수외, 태양광발전 기술개발연구, 한국동력자원연구소, 연구보고서 KE-87-32(1987).
- [19] 농어촌 전화사업추진현황, 동력자원부, 2월 (1988).
- [20] 전력운영 참고자료, 동력자원부, 3월(1986).
- [21] Seminar Text, Selecting Solar Photovoltaic Power System. vol. 1, Monegan, LTD. p. 340(1980).
- [22] Five Year Research plan(1987-1991), Photovoltaics: USA's Energy Opportunity, DOE/CH 10093-7, p. 2(1987).
- [23] 이남호외, 한국의 일사량자원 현황분석, 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-86-11, (1986).
- [24] 이남호외, 태양에너지 이용신기술개발, 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-87-28, (1987).
- [25] NEDO NEWS, 태양기술개발, p. 28, (1985).
- [26] NEDO NEWS, p. 12 (1985).
- [27] 종합물가정보, (주)종합물가정보, (1988).
- [28] 주학증, 유가가 국내경제에 미치는 영향, 석유 제 35호 p. 32(1988).
- [29] 이회성, 한국에너지미래, 에너지경제연구원 보고서 p. 378(1987).
- [30] 한국은행통계연보(1988).
- [31] F.Lasnier, Solar Photovoltaic Handbook, Energy Technology Div. p. 415 (1988).