

濟州地方 家庭電力의 太陽電池化에 관한 研究

高 寧 淑* · 金 奎 用**

A Study on Solar Cell Supplying Home Electric Energy in Cheju

Ko, Young-Suk · Kim, Kyu-yong

Abstract

The results of this study on Si solar cell supplying home electric energy in Cheju Province are as follows ,

- 1) The weather conditions for generating the electric power by Si-solar cell are quite well. That is, about 68 days are fine and about 100 days of 218 days has more than 50% cloud amount.
- 2) In Cheju, the average electric power each home needs for a year is 1,449kWh. If we have Si-solar cell source systems on the roof of our home by about 3.3m², considering the energy loss, we will be able to generating 2,187kWh electric energy and in this solar cell system, another problem is that we should have aid-facilities such as storage battery.
- 3) At present, it is true that the solar cell electric power system is not economy because of its establishment expenses.

For the future, if the economy of this solar cell electric power system should be considered at the proper price, this solar cell system will be used and applied in many ways.

*한림여자중학교

**제주대학교 사범대학 과학교육과

I. 緒 論

地球上의 에너지 資源과 收給狀況을 예측해 보면 現在 일인당 에너지 소비량이 그 나라 文明의 진보 정도를 나타내는 하나의 척도로서 사용되고 있다.¹⁰⁾

現在 상황을 추정해 볼때 분명히 석탄, 석유, 천연가스 등의 地下 埋藏 資源은 언제인가는 枯渴될 것이다. 또 이와 같은 有機物(탄화수소)을 燃料로 하는 에너지 資源은 연소에 따른 公害 문제도 고려하지 않을 수 없는 形편이다.¹¹⁾

그리고 地球上의 食料品 위기로 대두되는 人口 問題는 地球上의 人口가 100억에 달하는 21세기 중에는 그 한계에 달할 것으로 경고하고 있다. 그러나 文明의 진보는 人口의 증가보다 더욱 빨라 全世界의 에너지 수요의 예측은 Fig. 1. 예서와 같이 인구 증가에 따라 급

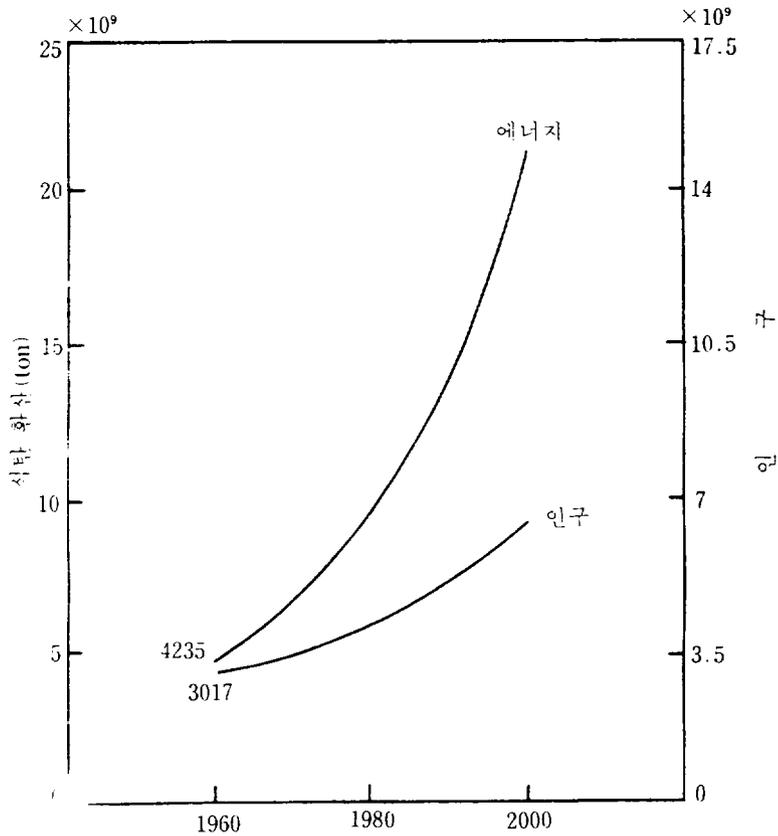


Fig. 1. 시구상의 전인구와 전세계의 총 에너지의 장래 예측.

격히 상승하고 이 상태에서는 食料品 危機보다 빨리 에너지 위기가 생기는 것을 의미하고 있다.^{1,4)}

이와 같은 상황에서 1950년대에 세운 太陽에너지 이용의 研究計劃은 1950년대의 原子力 開發, 60년대의 宇宙開發의 성과를 기초로 太陽에너지의 無公害性과 무진장한 量에 착안하여 1980년대의 기술로 이를 어떻게든 實用化하고자 하는 것이 이 계획에 대한 본래의 자세이다.^{1,2,4)}

地表上에 도달하는 太陽에너지는 우주라는 거의 眞空인 장소를 電磁波의 형태로 전달된다. 太陽 放射 에너지의 경우 單位時間당 太陽表面으로부터 放射되는 에너지는 電力으로 환산하여 $3.8 \times 10^{23} kW$ 정도이다. 그 중 地球에 도달하는 총 太陽에너지가 $1.77 \times 10^{14} kW$ (100%)인데 이 중 우주로 反射되는 에너지가 $5.2 \times 10^{13} kW$ (30%) 정도이고 나머지 $1.25 \times 10^{14} kW$ (70%)는 地球表面에 도달한다.^{1,4)} 여기서 太陽으로부터 오는 에너지를 제외한 地球上에 保有되고 있는 에너지는 地球가 갖는 地熱에너지와 달과의 引力에 의한 潮汐에너지를 생각할 수 있으나 地熱에너지는 地球 內部로부터 熱傳度와 온천, 火山活動 등에 의해 직접 地表로 흘러 나오는 熱에너지를 합하면 $3.2 \times 10^{10} kW$ 이고, 潮汐에너지는 $3.0 \times 10^9 kW$ 정도이다. 따라서 地球上의 保有에너지의 99.98%까지가 太陽輻射에너지인데 우리 人類의 文明 活動에 사용되는 人工에너지가 어느 정도인가를 보면, 1965년의 全世界의 소비 電力을 基本으로 하여 계산하면 약 $3.8 \times 10^8 kW$ 이고 이 값은 地球上에 도달하는 총 太陽에너지와 비교하면 약 2×10^{-6} 정도로 적다. 또 風波 등 氣象活動에 要하는 에너지는 地球上의 太陽에너지에 비해 대단히 적은 양이다.^{1,4,6)}

人工的인 에너지 소비 密度가 平均의 1,000倍 以上이 되면 그 장소의 氣象條件을 좌우할 수 있다. 즉 現在 火力發電所 總합 效率은 35%라고 하나 이는 35단 kW 에 해당하는 에너지가 熱으로써 放射되는 것을 의미하고 이것이 局部的인 환경 파괴를 일으킬 가능성이 있다.¹⁾ 原子力 發電에 대해서도 熱公害에 관한 문제는 같다고 할 수 있다. 크린(Celan)에너지라는 太陽光 熱發電에 대해서도 에너지 變換 效率을 높이기 위해서는 어떠한 方法으로 에너지 密度를 상승시켜 變換시킬 必要가 있다. 이것이 대규모가 되면 같은 열공해가 있다고 봐야 한다. 이러한 경우를 고려한다면 경제성 있는 低價格의 太陽電池를 大量 生産함과 아울러 수명이 20년 이상되고 變換 效率이 13%이상 되는 太陽電池를 研究하는 것도 과제이다.^{1,2,4)}

本 研究에서는 실리콘 太陽電池를 이용하여 그 實用性에 관한 것중 하나인 濟州地方 家庭電力을 太陽電池化 할 수 있는가를 조사하는 것이다. 研究 期間은 1년간에 걸쳐 연구하였으나 Data 처리의 편의상 각 계절별로 맑은 날, 흐린 날, 비오는 날 정도로 분리하여 平均値를 내어 대표적인 날을 기준으로 했다.

II. 理 論

1. 太陽電池의 에너지 변환

太陽電池는 太陽에너지를 직접 電氣로 변환하는 電子素子이다. 基本的인 구조는 半導體 PN 接合으로 구성되어 있다. 여기서는 가장 일반적인 실리콘 PN 接合 太陽電池로써 빛에너지를 電氣에너지로 변환되는 모양을 자세히 관찰해 보자.

우선, 太陽電池를 動作시키는 경우 외부에서 관측되는 特性을 생각하면 Fig. 2 (a)에는 빛을 照射하지 않는 경우의 전형적인 電流 - 電壓 特性(暗電流)을 나타내고 있다. 이 太陽電池의 太陽光을 照射하면 暗電流와는 逆方向의 光電流 I_{ph} 가 흐른다.^{1.14)}

太陽電池에 Fig. 2 (b)에서와 같이 負荷抵抗 $R(\Omega)$ 을 연결해 太陽빛을 照射한 경우에는 Fig. 2 (a)의 光照射時에서의 電流 - 電壓 特性과 $V = -IR$ 로 표시되는 직선의 교점에서 負荷에 걸리는 전류 I_m , 전압 V_m 이 전해진다. 이때 負荷에서는 $P_{out} = RI_m^2$ 인 에너지가 소비되고 光 - 電氣에너지 변환이 일어나는 것은 분명하게 된다. 負荷抵抗의 크기를 조정함으로써 어떤 최적 동작점에서 최대의 出力이 얻어지고 이때 出力電氣에너지를 入射光에너지로 나눈 것을 太陽電池의 에너지 변환 효율이라고 한다.^{1.15)}

Fig. 3.는 Fig. 2.(b)에 나타낸 회로의 에너지 준위를 나타낸 것이다. 太陽電池는 p-Si/n-Si로 구성되어 있고, 표면 및 이면에는 整流性이 없는 오직 接觸이 形成되어 있다. 지금 負荷抵抗 R 以外는 回路에 抵抗成分이 없다고 하자. 지금 $h\nu$ (eV)($h\nu > E_g$)인 에너지를 갖는 光子가 太陽電池에 照射되어 電子 - 正孔對가 생겼다고 할때 p-Si 내부에서 勵起된 전자에 주목하자.^{1.15)}

포톤의 에너지는 Si의 금지대 폭 E_g 보다 크므로 전자는 전도대의 底보다 높은 에너지를 갖는 곳으로 勵起되어 있다. 그런데 p-Si 층에서의 소수 캐리어 농도 n_p 는 대단히 작고 ($p_p \cdot n_p = n_i^2$ 에서 n_p 는 보통 $< 10^5 \text{ cm}^{-3}$) 전도대의 준위는 거의 비어 있으므로 전자는 곧 전도대의 底로 내려가게 된다.^{1.15)}

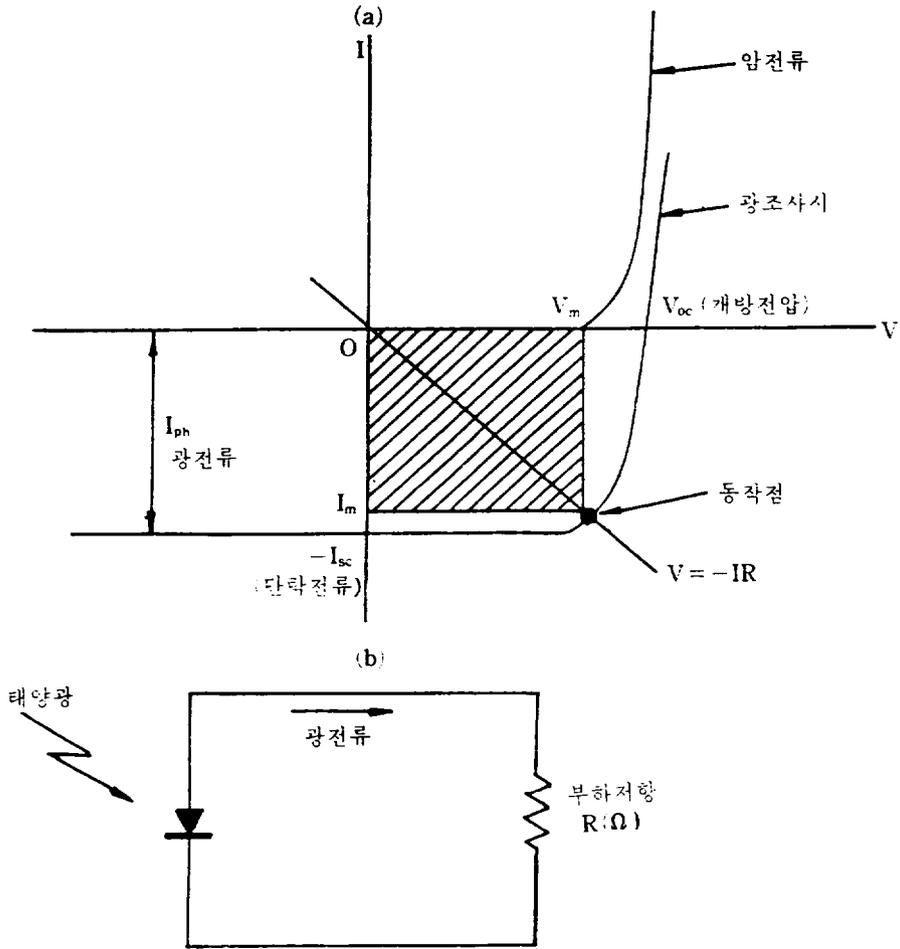


Fig. 2. 태양전지의 전압 전류 특성

- (a) 광조사가 없는 경우 및 광조사 시의 전류 - 전압 특성
 (b) 태양 전지에 부하저항 R 을 연결한 경우의 회로

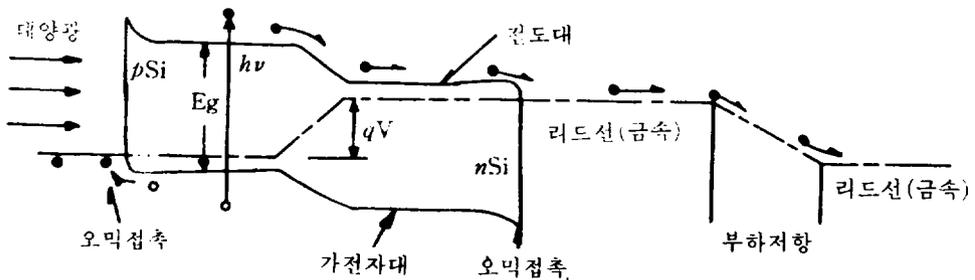


Fig. 3. 태양 전지에 부하저항을 연결한 경우의 에너지 준위

이때 電子 및 正孔은 合計 $h\nu - E_g$ 인 에너지를 結晶格子에 포논(格子振動)의 상태로 준다. 전도대의 바닥에 도착한 電子는 그 후 表面 또는 接合部를 향해 확산되고, 어떤 것은 半導體 內部 또는 表面에서 再結合하여 없어지나 接合에 도달한 캐리어는 接合部에서의 강한 電場으로 加速되어 n-Si 층으로 流入한다. n-Si 중에서 電子는 多數 캐리어이기 때문에 流入되어 온 電子의 영향이 유전완화시간 정도로 전달되고, n-Si 내에서의 캐리어 中性 조건을 만족하기 위해, 流入된 전자와 同數의 전자가 裏面 電극에서 유출된다. 바닥과 페르미 준위와의 사이의 포텐셜에 해당하는 에너지를 전자가 잃게 된다.^{1.5)}

負荷抵抗에 매초 단위체적당 N個의 전자가 들어오면 負荷抵抗에 걸리는 전압 V는 $V = q \cdot N \cdot R = I \cdot R$ 로 표시된다. 회로에서는 전원이 없으므로 $V = IR$ 인 전압이 太陽電池의 接合部에 가해져서 接合部에는 順方向으로 바이어스되면 보통의 다이오드전류 $I_d = I_0 \exp(qV/nkT - 1)$ 는 光勵起된 캐리어 때문에 흐르는 光전류 I_{ph} 와 逆方向으로 흐른다.^{1.3, 1.5)}

따라서, 負荷抵抗에 流入하는 전류는

$$I = I_{ph} - I_d = I_{ph} - I_0 \{ \exp(qV/nkT) - 1 \} \quad (1)$$

가 된다. 負荷抵抗에서 전자는 1個당 qV 의 에너지를 잃게 된다. 즉 포톤의 에너지 $h\nu$ 는 전기적 에너지 qV 로 변환하게 된다. 負荷抵抗을 통과한 전자는 p-Si 表面 電極部에서 p-Si 內로 再결합되기 때문에 밀려나가는 正孔과 재결합한다.

이상과 같이 光勵起에 의해 發生한 電子, 正孔이 각각 逆方向으로 移動할때, 回路를 한 바퀴 走行한 후 再結合함으로써 光電流가 發生한다. 電子(正孔)가 半導體 內 및 外部回路를 走行하는 동안 負荷抵抗 이외의 곳에서 에너지를 잃는 일이 크다!

2. 실리콘 太陽電池

실리콘 太陽電池의 재료로써는 工業化面에서나 資源的인 面에서도 풍부하고 우수하며 현재 實用化되고 있는 것은 거의 실리콘 電池이다. 장래 새로운 에너지원으로 가용하기 위해 低價格化를 바라는 의미에서 非晶質 실리콘 半導體, 非실리콘 半導體 등 새로운 재료와 異種接合(Heterojunction), MIS 太陽電池 등의 機構가 研究되고 있다.

최근에는 같은 실리콘 재료라도 실리콘 리본 결정과 다결정 박막이 태양전지의 유망한 재료로써 하루가 다르게 기술이 진전되고 있다.^{1.6)}

光吸收에 의해 半導體結晶 內에 생긴 電子-正孔對(자유 캐리어)는 결정 內에 존재하는 PN 接合 層의 電位 장벽에 의해 分離되어 그 兩側에 電荷의 축적이 생겨 起電力이 발생한다. 여기에서도 결정 內에 PN 接合이 쇼트키 장벽 등의 전위 장벽을 만드는 구조가 필요하게 된다. 또 出力을 크게 하여 效率을 높이려면 入射光의 반사 손실을 방지하고, 表面

및 결정 내에서의 발생 캐리어의 再結合을 여러가지 수단에 의해 최소로 하고 直列抵抗에 의한 發生電力의 손실을 방지하는 것이 중요하며, 여러가지 태양전지의 형태에 따라 이에 관한 연구가 계속되고 있다.^{1,5)}

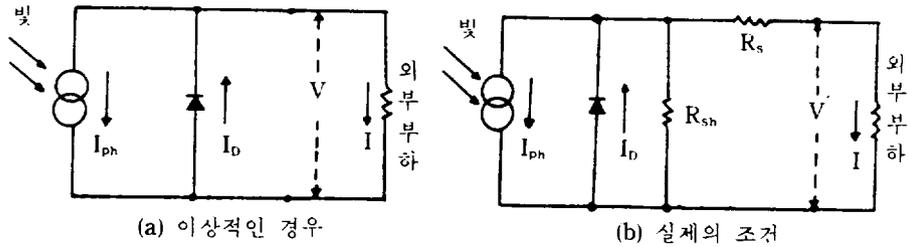


Fig. 4. 태양 전지의 등가 회로

실리콘 接合用 太陽電池는 수광면에 평행한 얇은 PN 접합을 갖는 큰 면적의 다이오드라 볼 수 있으므로 그의 등가 회로는 이상적인 경우 Fig. 4. (a), 실제로는 Fig. 4. (b)와 같이 되고 빛을 照射했을때의 電流 - 電壓 特性은 이상적인 경우

$$I = I_0 \left\{ \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right\} - I_{ph} \quad (2)$$

이다.

그런데 실제의 태양전지에서는 실리콘 내부의 저항 및 전극부의 저항 등에서 생기는 직렬저항 R_s 의 접합의 不完全性에서 생기는 並列抵抗 R_{sh} 가 가해져 식 (2)은

$$I = I_0 \left\{ \exp\left(\frac{q(V + IR_s)}{nkT}\right) - 1 \right\} + \frac{V + IR_s}{R_{sh}} - I_{ph} \quad (3)$$

가 된다. I 는 부하전류, I_{ph} 는 광전류, I_0 는 포화전류이다. 이를 電流 - 電壓 特性으로 나타내면 Fig. 5.과 같이 되고 빛을 받지 않는 상태에서 보통의 다이오드 특성은 빛을 照射하면 빛의 強度에 比例하여 다이오드 전류와 逆方向의 光電流 I_{ph} 가 생기고, 다이오드 특성이 I_{ph} 만큼 밑으로 평형 이동된 型이 된다.^{1,2,5,7)}

따라서 光照射時 電流 - 電壓 特性은 이 그림에서는 제IV상한에 表示되어 있다.

실제의 태양전지에서는 點線으로 나타낸 바와 같이 不純物과 結晶의 不完全性 등에 의한 再結合電流 등 다이오드 電流가 증가하여 電流가 급격히 상승하거나 또 逆方向의 포화 전류 이외의 접합 주변에 누설전류가 생기기도 한다. 더우기 直列抵抗分에 依해 電力손실이 있기도 하다.

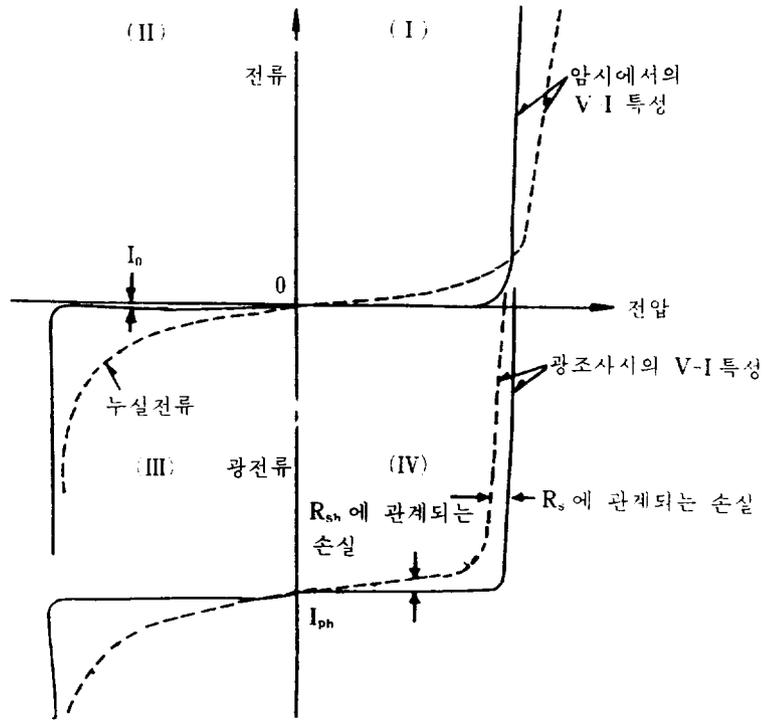


Fig. 5. 전압 전류 특성

一般的으로 태양電池의 出力 特性으로써 제IV상한에서만 光電流를 正으로 하여 Fig. 6. 과 같이 나타낸다. 그림에서 개방전압 V_{oc} , 단락전류 I_{sc} , 곡선인자 FF 등 3개의 변수는 에너지 변환효율에 관련된 성능지수이다.¹⁾

우선 개방전압은 식(2)에서

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1\right) \quad (4)$$

이 되고 曲線因子는 Fig. 6.에서

$$FF = (V_m \times I_m) / V_{oc} \times I_{sc} \quad (5)$$

$$\eta = (V_m \cdot I_m) / H_i \cdot S = FF \cdot I_{sc} \cdot V_{oc} / H_i \cdot S \quad (6)$$

로 定義되며¹⁾ 일사강도, S는 태양電池 앞면의 有效 광입사 면적이다.

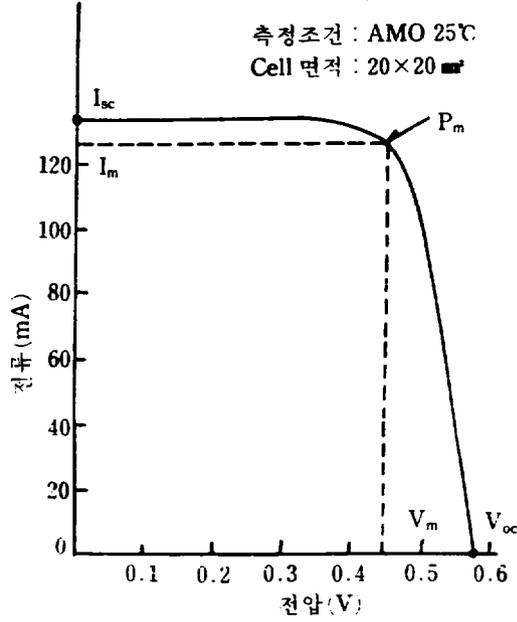


Fig. 6. 태양 전지의 출력 특성

3. 發電 시스템의 構成

太陽光 에너지를 電氣에너지로 변환시키는 太陽電池를 地上用 資源으로 이용하기 위해서는 太陽光의 特性인 한정된 日照時間, 日照率의 변화에 起因된 불균일한 起電力 發生때문에 利用目的, 負荷의 種類에 따라 必要한 장치를 부가한 發電 시스템이 구성되어야 한다.

그 구성요소는 Fig. 8.과 같다.¹⁻³⁾

(1) 전지배열(Solar Array)

太陽電池는 基本的으로 PN 接合을 부착시킨 半導體로써 PN 접합의 성질과 수에 따라 NP型, NPP+型 등이 있다.

— 이러한 太陽電池를 여러개(32~45개) 모아서 한 단위를 이루게 하여 표준화시킨 것이 太陽電池 모듈(Module)이다.

— 이 太陽電池 모듈을 必要한 만큼 直列 혹은 並列로 조합하여 太陽電池 配列을 만들고 이 配列을 여러 조 조합하여 太陽光 發電을 하게 되는 것이다.^{2,3)}

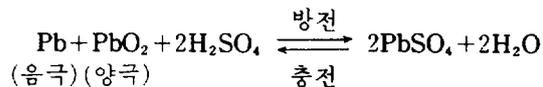
(2) 보호시설

역류방지 다이오드(Blocking Diode)와 과충전 방지회로(Overcharge Protective Circuit)를 사용하는데 역류방지 다이오드는 太陽빛의 非照射時 축전지(Storage Battery)로부터 太陽電池로 逆流하는 現象을 방지하기 위하여 設置한다. 그러나 太陽電池 作動時 逆流방지 다이오드의 사용 有無는 非照射의 손실과 逆流방지 다이오드에서의 손실을 비교검토후 決定되어야 한다.²⁾

(3) 축전지(Storage Battery)

흐린 날이나 日射量이 없는 날에 電力을 얻을 수 있게 하는 要素이다. 이러한 역할을 하는 것이 蓄電池인데 일반적으로 납축전지를 使用한다. 이는 납과 황산의 化學作用으로 이루어진다.^{3,3)}

이 과정의 化學式은



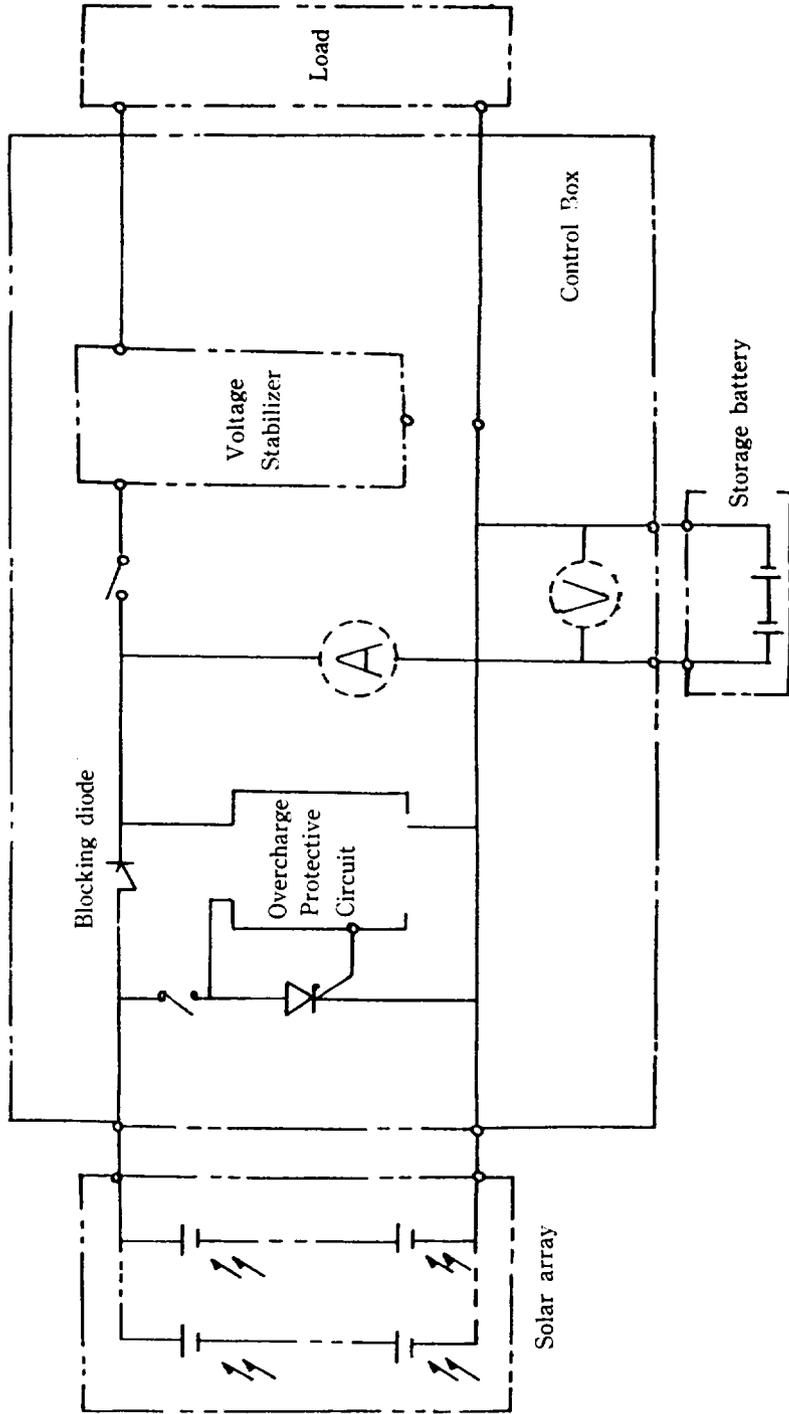


Fig. 7. Constructions of Sun-Light Power Generation System.

(4) 직류 — 교류 변환기(Inverter)

일반적으로 쓰이는 電氣는 교류이므로 축전기의 직류 전류를 교류로 바꿔 주는 장치이다. 太陽光 發電 시스템에 使用될 때, 無負荷損失이 적고, 負荷變動時에도 高效率이어야 하며, 直流電壓의 광범위한 領域에서 사용 가능하고, 직류 — 교류 변환기 自體內에서 發生되는 電力損失이 적어야 한다.¹⁻³⁾

4. 資料 分析 方法

太陽光 發電 시스템의 設計以前에 要求되는 關聯情報로써는

- (1) 用 途
- (2) 氣象條件
- (3) 設置場所 및 位置 등이다.

太陽光 發電 시스템 設計에 必要한 氣象資料는 設置場所에서의

- (1) 平均 日照率 및 日射量
- (2) 最大 連續 不照期日
- (3) 平均 및 最大溫度
- (4) 最大風速
- (5) 最大 積雪量 및 積雪期日

日照率과 日射量은 서로 相關關係를 가지므로 日照率을 알면 Penman(1948)의 日照 — 日射關係式으로부터 日射量을 추정할 수 있다.¹⁻³⁾

Penman의 關係式은

$$S/S_0 = a + bn/N$$

여기서 S : 실제 관측된 일사량, S_0 : 大氣上限外 日射量, n/N : 日照率, a, b : 상수이다.¹⁾

다음 太陽光 發電 시스템은 설치 지역의 기상조건에 견딜 수 있어야 하며 時間과 계절에 따라 위치가 변화하는 太陽光으로부터 最大効率을 얻을 수 있도록 설치되어야 한다.

氣象條件중 시스템에 악영향을 미치는 要因은 海風, 습도, 强風, 우박, 落雷, 積雪 등을 들 수 있다. 이러한 氣象條件을 사전에 分析하고 이에 견딜 수 있도록 設置되어야 한다.

太陽光 軌跡은 地域, 季節, 時間에 따라 변동하므로 이에 대한 시스템의 出力効率을 最大로 하기 위해 태양선과 배열의 傾斜角 設置가 効率的이다.

III. 測定 結果의 分析

1. 日氣 狀態, 電流, 電壓

우선 濟州 地方의 太陽光 效率를 測定하기 위해 실험에 쓰인 規格은 效率이 13.2%이고 FF=0.72 인 1cm²의 Si 太陽電池를 사용했다. 여름철의 日射量은 1년중 제일 많으므로 太陽電池 모듈을 이용하여 측정한 후 대표적인 날을 기준으로 하였다. 日氣 狀態에 따라 여름철과 겨울철의 맑은 날, 비온 날, 구름이 많이 낀 날, 눈온 날 등을 기준으로 하였다.

(1) 맑은 날의 電流 · 電壓(여름철)

맑은 날의 日氣 狀態와 電力은 Table 1. 에서 보는 바와 같이 測定 時間은 09時 40分에서 18時까지로 했다. 이 實驗은 太陽電池 모듈을 利用해서 여름의 가장 무더운 時期에 測定하였다. 10時 30分부터 14時까지는 서서히 充電 電流가 상승하다가 14時 30分에 구름이 낀 때는 充電 電流가 급격히 하강했다. 해뜨기 무렵과 해질 무렵에는 充電 電流가 弱하였고 電力量 산출에 쓰인 電流는 平均 電流를 구하는데 그 값은 93.64 mA 이다. 또한 太陽電池의 發電 電壓도 Fig. 9.에 도시한다. 여기서 平均 8.460 V 라는 電壓도 09時 40分에서 18時까지의 時間안에 發電된 電壓을 合해 얻은 平均 값이다.

Table 1. General Weather Status & Power Generation in a Fine Day

Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)	Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)
1987. 8 .21	09 : 40	Shortly cloudy	6.41	0.0392	87. 8 .21	14 : 00	Fine	9.58	2.4313
	10 : 00	"	6.47	0.0196		14 : 30	Cloudy	7.70	0.7156
	10 : 30	Fine	7.64	0.1372		15 : 00	Fine	9.05	1.2058
	11 : 00	"	7.58	0.4117		15 : 30	Cloudy	8.88	0.8529
	11 : 30	"	8.05	0.6960		16 : 00	"	9.23	0.5921
	12 : 00	"	8.41	0.8529		16 : 30	Fine	9.00	1.2549
	12 : 30	"	8.94	1.9313		17 : 00	"	9.14	1.5098
	13 : 00	"	9.58	1.6568		17 : 30	"	8.52	0.7450
	13 : 30	"	9.35	1.4509		18 : 00	"	8.76	0.3529

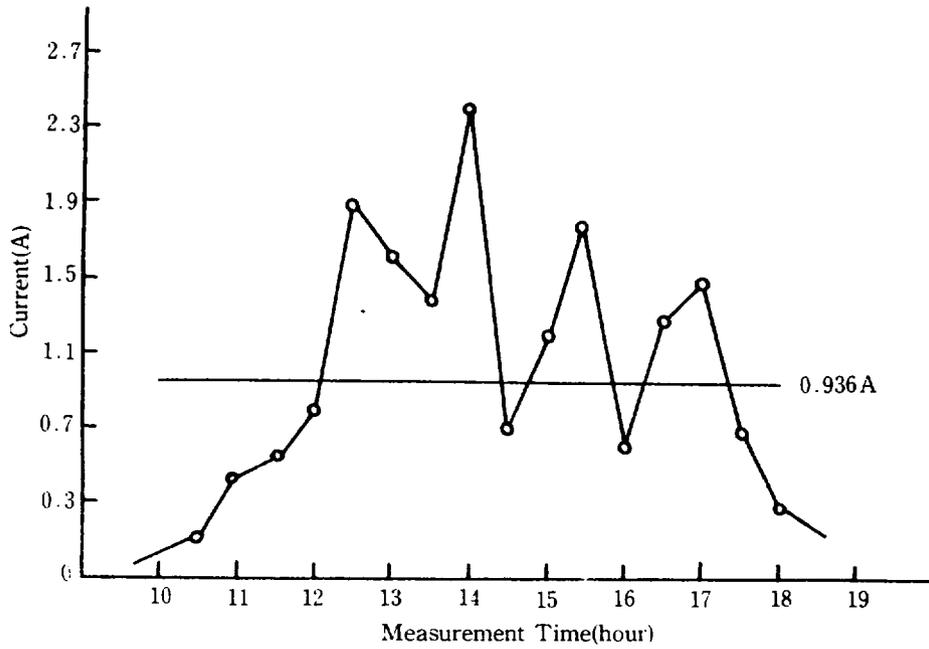


Fig. 8. A Charge Current Graph in a Fine Day.



Fig. 9. A Voltage Graph in a Fine Day.

(2) 맑은 날의 電流 · 電壓(겨울철)

여름철과 겨울철의 맑은 날을 測定해 그 값을 비교한다. 겨울철은 Table 2. 에서 보는

바와 같이 09時에서 16時 30分까지 했다. 13時 30分에 약간의 구름이 끼어 充電 電流가 잠깐 하강하였다. Fig. 10.과 Fig. 11.에서 각 電流, 電壓의 平均값을 구하여 하루동안 얻은 充電값을 나타냈다.

Table 2. General Weather Status & Power Generation in a Fine Day.

Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)	Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)
1987.11.22	09:00	Cloudy	0.489	2.97	1987.11.22	13:00	Fine	0.482	14.03
	09:30	Fine	0.499	8.37		13:30	Cloudy	0.472	13.01
	10:00	"	0.503	10.43		14:00	Fine	0.477	17.96
	10:30	"	0.502	12.90		14:30	"	0.486	18.03
	11:00	"	0.495	14.11		15:00	"	0.482	17.33
	11:30	"	0.494	14.06		15:30	"	0.487	15.58
	12:00	"	0.491	14.15		16:00	"	0.493	12.09
	12:30	"	0.483	14.56		16:30	"	0.493	9.35

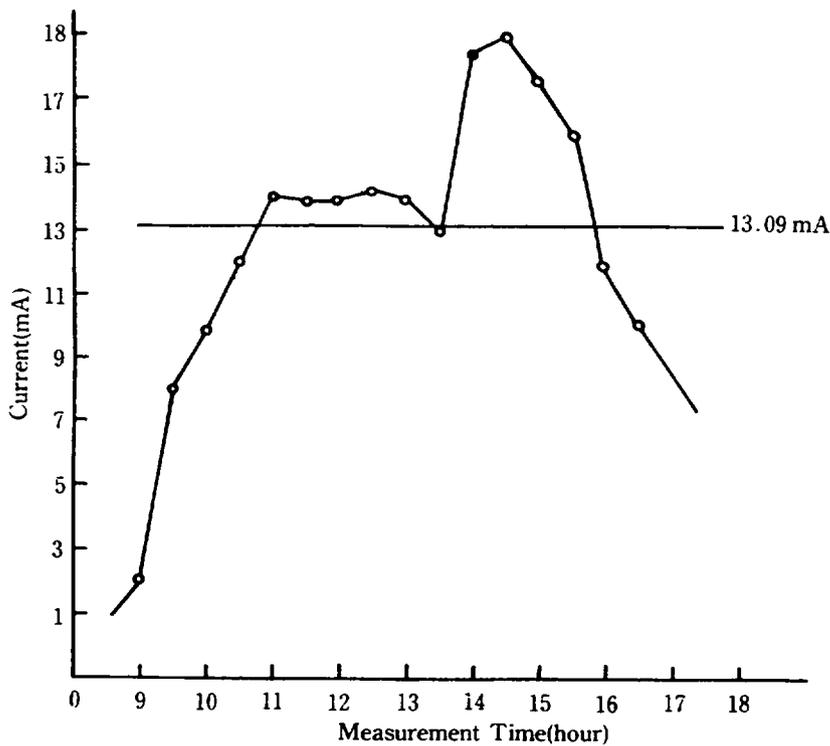


Fig. 10. A Charge Current Graph in a Fine Day.

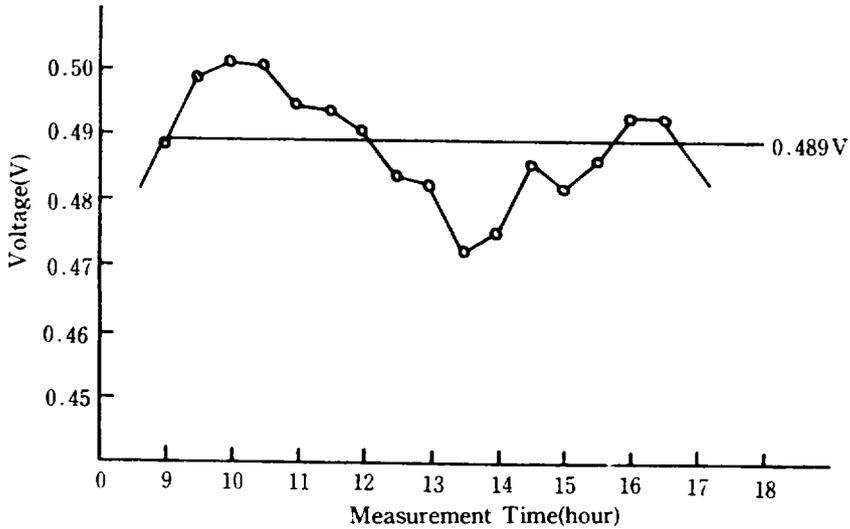


Fig. 11. A Voltage Graph in a Fine Day.

(3) 비 오는 날의 電流 · 電壓

비가 오는 날의 充電 電壓은 다른 日氣 狀態의 電壓과 큰 차이가 없으나 充電 電流는 맑은 날과 큰 차이가 있다. 平均 電壓은 0.453V이고 平均 電流는 0.518 mA 이다. 맑은 날의 Fig. 10.에서 平均電流 13.09 mA 와는 큰 차이가 있다.

Table 3. General Weather Status & Power Generation in a Rainy Day.

Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)	Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)
1988. 2 .23	09 : 30	Rainy	0.447	0.368	88. 2 .23	13 : 30	Rainy	0.442	0.330
	10 : 00	"	0.451	0.414		14 : 00	"	0.429	0.336
	10 : 30	"	0.453	0.445		14 : 30	"	0.450	0.423
	11 : 00	"	0.469	0.847		15 : 00	"	0.457	0.500
	11 : 30	"	0.475	1.168		15 : 30	"	0.453	0.470
	12 : 00	"	0.475	1.079		16 : 00	"	0.450	0.416
	12 : 30	"	0.454	0.453		16 : 30	Cloudy	0.461	0.403
	13 : 00	"	0.447	0.355		17 : 00	"	0.441	0.278

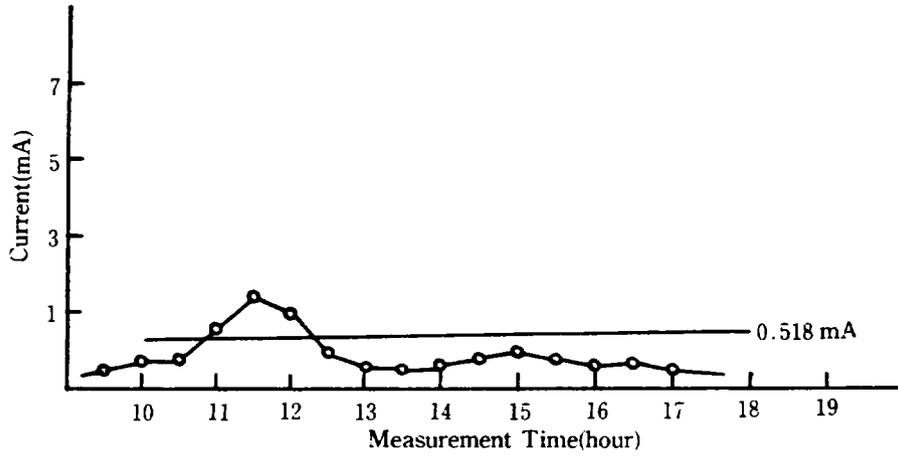


Fig. 12. A Charge Current Graph in a Rainy Day.

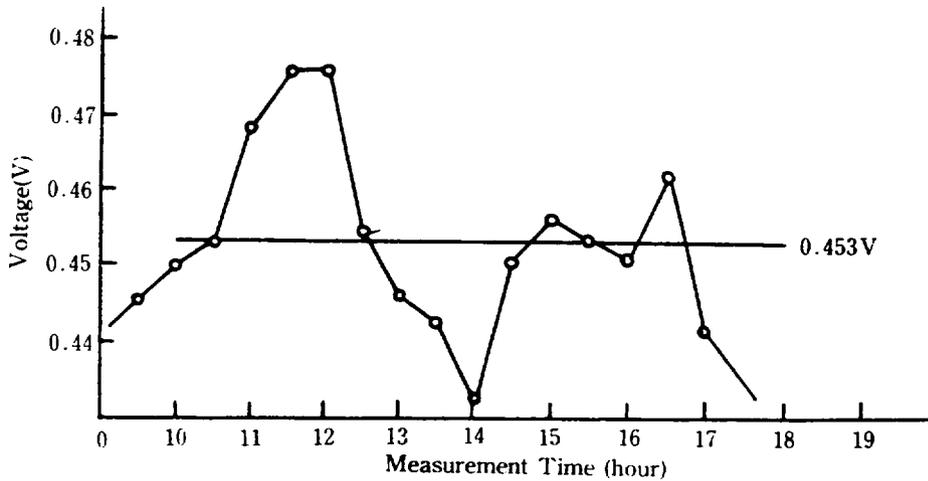


Fig. 13. A Voltage Graph in a Rainy Day.

(4) 구름이 많은 날의 電流 · 電壓

Table 4. 에서 보면 10時 30分에는 약간 햇빛이 비추므로 4.428 mA 의 값이 測定되고 나머지는 비슷한 充電 電流 값을 나타내고 있으며, 0.501V의 平均 電壓과 1.951 mA 의 平均 電流값을 갖는다. 구름이 낄 때는 充電 電流값이 낮은 편이다.

Table 4. General Weather Status & Power Generation in a Cloudy Day.

Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)	Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)
1988. 2 . 18	09 : 30	Heavy Cloud	0.498	1.358	1988. 2 . 18	13 : 30	Heavy Cloud	0.510	2.453
	10 : 00	Cloudy	0.504	1.531		14 : 00	"	0.502	1.965
	10 : 30	Fine	0.523	4.428		14 : 30	"	0.495	1.183
	11 : 00	Cloudy	0.513	3.668		15 : 00	"	0.478	0.813
	11 : 30	"	0.507	2.102		15 : 30	"	0.495	1.430
	12 : 00	"	0.505	1.645		16 : 00	"	0.493	1.363
	12 : 30	"	0.509	2.315		16 : 30	"	0.483	0.714
	13 : 00	"	0.527	3.650		17 : 00	"	0.475	0.599

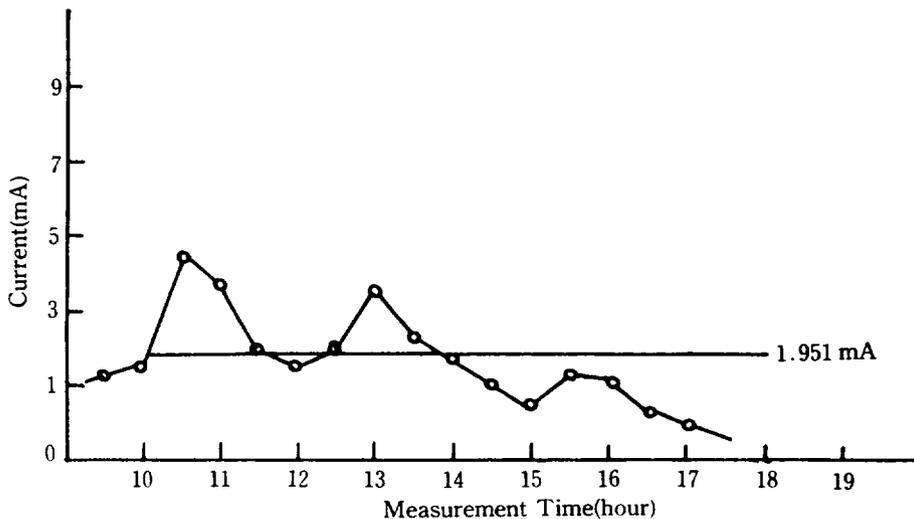


Fig. 14. A Charge Current Graph in a Cloudy Day.

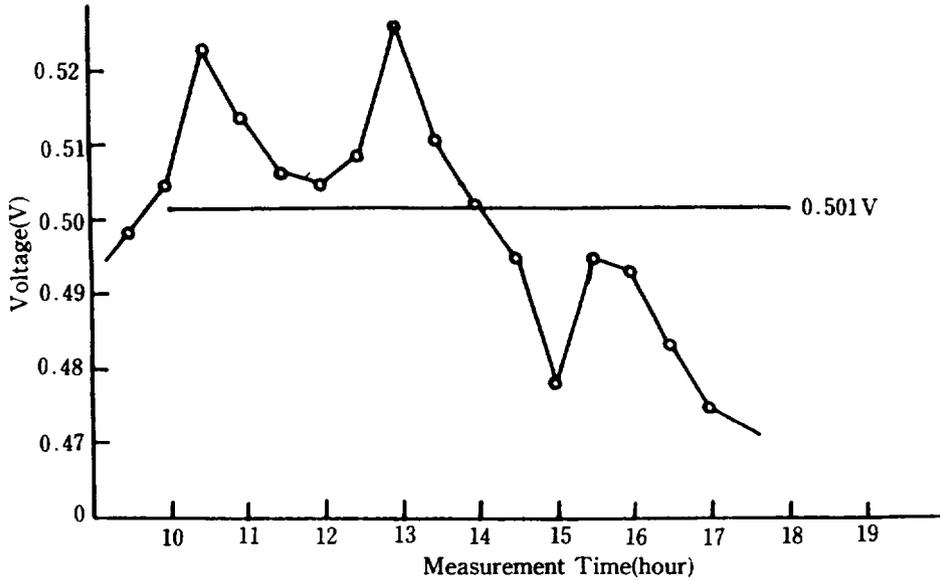


Fig. 15. A Voltage Graph in a Cloudy Day.

(5) 눈 오는 날의 電流 · 電壓

겨울철의 09時 20分에서 17時까지 測定한 값이 Table 5.에 실린 것이다. 눈이 오면서 햇빛이 비칠 때는 약간의 상승값을 가졌다가 햇빛이 사라지면 充電 電流의 값은 낮아진다. 16時에는 맑은 상태가 유지되어 높은 電流값을 갖는다. 平均 電壓은 0.498V이고 平均 電流값은 2.019mA 의 값을 나타낸다.

Table 5. General Weather Status & Power Generation in a Snow Day.

Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)	Representative Day	Measurement Time	Weather Status	Solar Cell Voltage (V)	Charge Current (A)
1988. 2. 7	09 : 20	Heavy Cloud	0.497	0.765	1988. 2. 7	13 : 30	Cloudy & Windy	0.505	1.670
	10 : 00	Snow	0.484	0.480		14 : 00	Snow	0.490	0.470
	10 : 30	Shining & Snow	0.513	1.389		14 : 30	"	0.495	0.373
	11 : 00	Windy & Snow	0.482	0.632		15 : 00	Cloudy & Windy	0.501	1.040
	11 : 30	Snow	0.498	1.363		15 : 30	Snow & Cloudy	0.482	0.625
	12 : 00	"	0.495	1.120		16 : 00	Fine	0.533	15.22
	12 : 30	"	0.486	0.748		16 : 30	Shining & Snow	0.508	1.565
	13 : 00	"	0.511	2.031		17 : 00	Snow	0.485	0.810

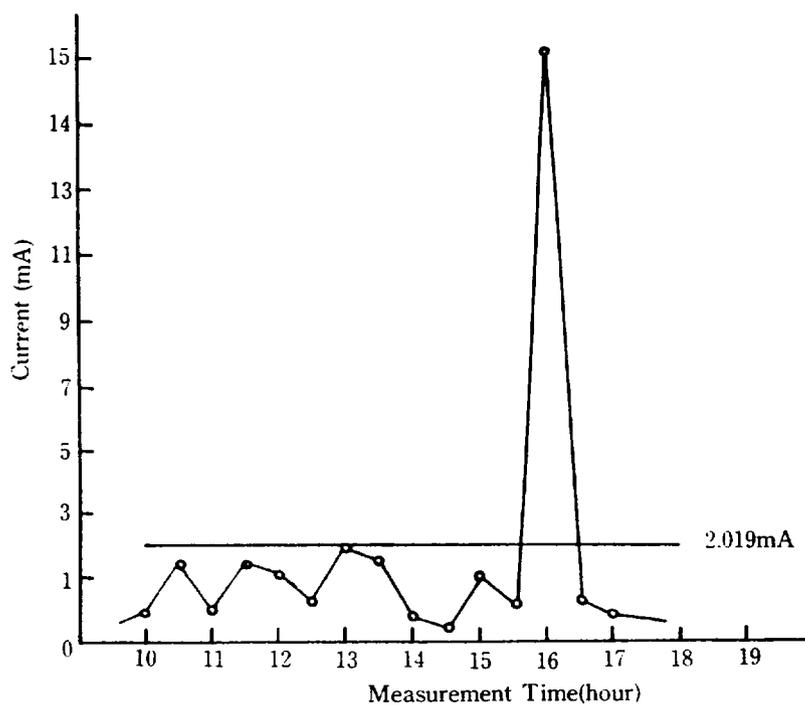


Fig. 16. A Charge Current Graph in a Snow Day.

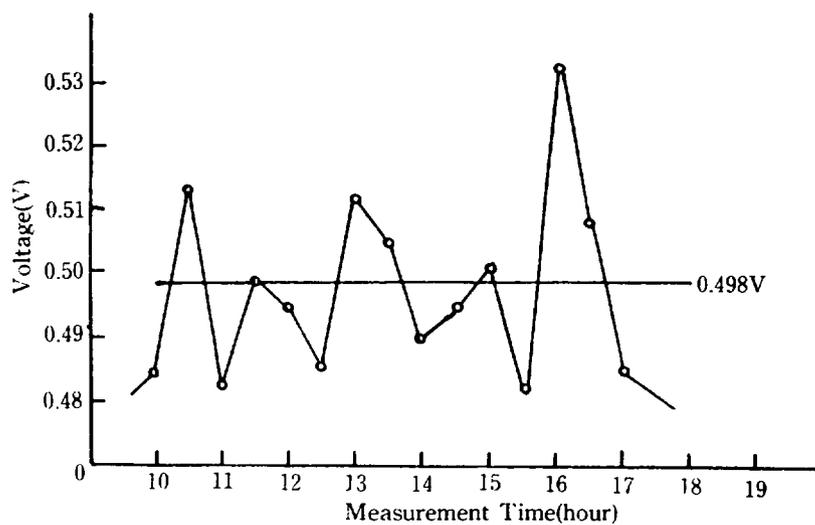


Fig. 17. A Voltage Graph in a Snow Day.

2. 濟州地方의 日氣狀態와 發電電力

(1) 日氣狀態

濟州地方의 1986年, 1987年, 2年 동안의 日照日 및 日氣狀態를 本 論文에서는 세가지 경우로 묶었다. 눈이 오는 날은 따로 묶지 않고 비 오는 날에 포함시켰고, 비가 오는 날도 하룻 동안의 平均的인 값이므로 강수량이 3.0mm 미만의 값을 갖는 날은 맑음에 구분시켰고, 강수량이 3.0 mm 이상인 날은 비 온 날로 정하였다. 흐림은 平均 雲量이 31% 이상인 날로 잡았다.

Table 6에서 보면 1987年 濟州市는 맑은 날이 68日, 흐린 날이 218日, 비 온 날이 79日 이고, 서귀포는 맑은 날이 89日, 흐린 날은 199日, 비 온 날이 77日이었는데 本 論文에서는 1987年 濟州市를 기준으로 하여 日照 時間과 日照率을 각 월별로 조사하여 Table 7에

Table 6. Monthly General Weather Status in 1986, 1987.

Region Classif. Month	'86 Cheju City			'86 Seogwi-po			'87 Cheju City			'87 Seogwi-po			Remarks
	Fine	Cloudy	Rainy	Fine	Cloudy	Rainy	Fine	Cloudy	Rainy	Fine	Cloudy	Rainy	
1		27	4	5	24	2	3	23	5	6	20	5	
2	2	24	2	6	20	2	5	18	5	6	18	4	
3	9	17	5	8	19	4	1	20	10	6	14	11	
4	6	20	4	6	17	7	8	16	6	9	15	6	
5	11	17	3	11	16	4	8	1 ⁹	5	7	19	5	
6	3	20	7	4	14	12	6	14	10	6	15	9	
7	6	11	14	1	17	13	2	14	15	1	17	13	
8	9	15	7	9	15	7	4	14	13	1	14	16	
9	8	14	8	6	16	8	9	18	3	12	16	2	
10	9	18	4	12	14	5	4	25	2	9	20	2	
11	8	19	3	6	22	2	9	18	3	14	12	4	
12	3	22	6	.	.	.	9	20	2	12	19	0	
Total	74	224	67	74	194	66	68	218	79	89	199	77	

Table 7. Daily Sunlight Time & Ratio in Cheju City.

Month Classif.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total Hour(hr)	81.1	128.9	131.4	185.7	212.1	194.3	132.5	161.3	185.3	171.0	140.5	113.4
Daily Sunlight ratio(%)	10.9	17.90	17.66	25.79	28.50	26.98	17.80	21.68	25.73	22.98	19.51	15.24

실었다.

(2) 發電電力

韓國 電力 濟州支店 1987年 통계자료에 依하면 濟州道 地方에서 1年 동안 소비되는 電力 현황은 Table 8.과 같다.

Table 8. The Year 1987 Electric Energy in Cheju Island.

Classification	Electric Energy(<i>mWh</i>)	Percentage(%)
Residential	133,868 <i>mWh</i>	47.5%
Public	35,140 <i>mWh</i>	12.5%
Service Complex	74,705 <i>mWh</i>	26.5%
Farming & Fisheries Ind.	21,223 <i>mWh</i>	7.5%
Manufacturing Ind.	17,109 <i>mWh</i>	6%
Total	282,046 <i>mWh</i>	100%

Table 8.에서 本 論文의 研究內容에 따라 이용되는 電力 구분은 주택용으로써 1987年 동안의 총 전력은 133,868*mWh*인데 이를 濟州地方의 1日 平均 電力量으로 산출한 값이 Table 9.와 같다.

Table 9. A House Average Electric Energy in a Day in Cheju Island.

Classification	A. Houses	A Year Total Electric Energy	A Day Average Electric Energy/A House
Residential	92,377 House	133,868,000 <i>kWh</i>	3.97 <i>kWh</i>

濟州地方의 주택용 호수는 92,377호이므로 1987年 1年 동안의 사용 전력량인 133,868,000 *kWh*를 92,377호×365일로 나누어 준 값이 1日 平均 電力量인 3.97 *kWh*가 된다. 그리고 1호당 1年 電力量은 3.97 *kWh*를 365일로 곱해준 값이므로 1,449 *kWh*가 된다.

다음에는 本 實驗에서 측정된 전류와 전압값으로 전력량을 계산했다. 이는 日照時間을 10시간으로 잡아 전력량을 산출하였다. Table 10.에서 8월21일 측정된 값은 면적 100 cm^2 인 태양전지 모듈(Module)을 사용했다. 비가 오는 날은 맑은 날에 비해 무척 적은 電力量을 나타내고 있다.

즉, 太陽電池 1 m^2 에서 하루 얻을 수 있는 電力量이 맑은 날은 6.357 *kWh* 정도이고 비 오는 날은 0.234 *kWh*, 흐린 날은 0.977 *kWh* 정도이다. 365일중 맑은 날, 비온 날, 흐린 날

Table 10. Solar Cell Calculating Electric Energy.

	A Day Average Electric Energy (Wh/cm ²)	Electric Energy (Wh/m ²)	Electric Energy (kWh/m ²)
Fine Day (1987. 8 .21)	$8.460V \times 0.936A \times 10시 =$ 79.2(Wh/100cm ²)	7,918	7.918
Fine Day (1987. 11. 22)	$0.489V \times 0.1309A \times 10시 =$ 0.63570(Wh/cm ²)	6,357	6.357
Rainy Day (1987. 2 .23)	$0.453V \times 0.0518A \times 10시 =$ 0.02346(Wh/cm ²)	234	0.234
Cloudy Day (1987. 2 .18)	$0.501V \times 0.0195A \times 10시 =$ 0.09769(Wh/cm ²)	977	0.977
Snow Day (1987. 2 .7)	$0.498V \times 0.020A \times 10시 =$ 0.09960(Wh/cm ²)	996	0.996

(조금 흐린날 100일, 아주 흐린날 118일)의 각각 日數를 위에서 얻은 電力量과 곱하여 총 1年 동안 얻을 수 있는 값을 계산해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{맑은 날} &: 68(\text{일}) \times 6.357(\text{kWh/m}^2) = 432(\text{kWh/m}^2) \\ \text{비온 날} &: 79(\text{일}) \times 0.234(\text{kWh/m}^2) = 18(\text{kWh/m}^2) \\ \text{흐린 날} &: 218(\text{일}) \times 0.977(\text{kWh/m}^2) = 213(\text{kWh/m}^2) \\ \hline \text{계} \quad 365(\text{일}) & \qquad \qquad \qquad 663(\text{kWh/m}^2) \end{aligned}$$

1년동안 1 m²의 Solar Cell 면적에서 얻을 수 있는 電力量은 663 kWh 정도이다. 濟州 地方에서 1家具당 1年동안 필요한 平均 電力量은 1,449 kWh 이므로 태양전지의 면적을 약 2.2 m²으로 확장시키면 얻을 수 있는 電力量이 1,458 kWh 정도의 값이 나오고, 에너지 손실을 고려하여 약 3.3 m²(1평) 남짓한 면적에서는 2,187 kWh를 얻을 수 있다. 즉, 실리콘 태양전지의 모듈로써 1평 정도 설치하면 일반 가정의 電力을 충당할 수 있다는 것이다.

더불어 日照時間에 얻은 電力을 충전시킬 수 있는 축전지 등의 보조 시설이 필요하다.

IV. 結 論

우리나라의 에너지 분야 연구중에서 태양에너지는 1970년대에 들어와서 대체에너지 개발을 위하여 꾸준히 研究되고 있으며 태양電池의 實用化 추진에 많은 노력이 행해지고 있다. 이러한 관점에서 濟州地方의 일반 가정에 실리콘 태양電池 實用化에 대한 結果를 요약하면 다음과 같다.

(1) 濟州地方에서 실리콘 태양電池로써 電力을 얻는 기상 조건은 맑은 날이 68일 정도, 흐린 날 218일 중 운량이 50%이상이 약 100일 정도로 비교적 양호한 편이다.

(2) 濟州地方에서 일반 가정의 1년간 실제로 필요한 전력량은 평균 1,449 kWh이며, 이를 태양전지화 하려면 일반 주택의 지붕에 연간 663 kWh/m²인 실리콘 태양電池로 에너지 손실을 고려하여 약 3.3 m²(1 평) 정도이면 2,187 kWh의 전력량을 얻을 수 있다. 여기서 문제점은 일조시간에 얻는 電力을 충전시킬 수 있는 축전지 등의 보조시설이 절대적으로 필요하다.

(3) 현재 태양電池로써 電力을 얻기 위해 설치하는 비용이 커서 경제성은 없는 실정이다. 앞으로 실리콘 태양電池의 底價格化가 해결되면 여러 분야에서 일반화될 수 있다.

기존의 發電方式의 지속적인 연료 가격 상승, 투자 비용의 증대로 에너지源 확보에 큰 역할 담당과 電力難의 문제를 크게 줄일 수 있다는 데 태양電池는 큰 몫을 차지할 것이다.

參 考 文 獻

1. 朴昌燁 ; 에너지 변환 공학, 金寧出版社(1986).
2. 李明教 ; 부산공업전문대학 논문집 제21집(1980).
3. 한국과학기술원 태양 - 풍력 복합 발전 시험소 개요(1987).
4. 김정흠 ; "첨단 科學時代", 현대과학총서 4, 청아출판사(1986).
5. C. Kittel ; Intro. to Solid State Physics, 6ed, New York, John Wiley & Sons, Inc. (1986).
6. 太陽熱 發電技術 讀本(1977).
7. Grant R. Fowles ; Introduction to Modern optics, Tower Press.
8. H. J. Hovel ; Solar Cells, Semiconductors and Semimetals, vol. 11, Academic press (1975).
9. H. K. Henisch ; Silicon Semiconductor Data, Pergamon Press (1969).
10. 高 橋 ; 半導體工學, 森北出版(1975).
11. 成英權 ; 太陽에너지와 電池(1978).
12. D. P. Gregory ; Scientific American (1973).
13. W. Shockley ; Electrons and Holes in Semiconductors, D. van Nostrand Co., Inc. (1950).
14. D. L. Pulfrey, IEEE Trans. Electron Devices Ed-25 (1978).
15. 金奎用 ; SnO₂/n-Si Heterojunction Solar Cells Fabricated by Spray Pyrolysis Method, 경북대학교 대학원 (1980.12).
16. 라병욱외 2인 ; 새물리(1982).
17. U. S. Statistical Year Book (1968).
18. 浜川圭弘 ; 應用物理(1975).
19. 국립중앙 관상대 기상연보(1986).
20. 국립중앙 관상대 기상연보(1987).
21. 한국전력 제주지점 1987년 통계.
22. Solar Energy, Fundamentals & Applications ; 日本太陽에너지학회(1978).
23. John Javetski, "A Burst of Energy in Photovoltaics Special Report", Electronics (1979).
24. A. K. Ghosh, C Fishman, and T Feng J. Appl. Phys. 50(5) : 3454 (1979).
25. K. Akivoshi et Al. A Sahi Glass Company Res. Reports, 8, No. 3 (1958).
26. S. M. See. Physics of Semiconductor Devices, John-Wiley & Sons. Inc 372 (1969).
27. E. Bucher ; Solar Cell Materials and Their Basic Parmeters, Appl. Phys. 17, 1 (1978).
28. Encyclopaedia Britannica ; Energy, The Fuel of Life (1982).