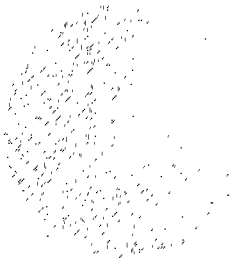


# 阿此島 太陽光 發電 시스템의 運營實態와 分析

## Application and Analysis of Photovoltaic Power System for Acha-islet



鄭 明 雄

韓國動力資源研究所 前任研究員

### I. 序 論

太陽에너지 利用方式中の 하나인 太陽光發電(Photovoltaic Power Generation)은 太陽電池 (Solar Cell)를 利用하여 太陽에너지로부터 직접 電力을 얻어 낼 수 있는 發電方式이다.

그간 우리나라에서도 各 研究所 및 學校에서 太陽電池의 研究開發이 계속적으로 이루어져 왔다. 國內의 太陽電池의 設置는 1972年 海운항만청에서 無人燈台用 太陽光 發電裝置를 처음 設置한 이래 現在까지 有人燈台用, 無人水位測定用, 電話用 電源, 通信用, 中繼所用, 電源등에 設置하여 使用되고 있다. 특히 우리나라의 島嶼중에는 일부 지역에서는 韓電電力의 혜택을 받고 있으나, 現在까지 대부분의 島嶼가 自家用 發電機를 設置하여 電力을 供給받거나 일부 島嶼는 아직도 未電化된 地域도 있다. 따라서 本 研究所에서는 디젤發電方式과 경쟁될 수 있는 도서용·太陽光 發電시스템을 開發한다는 취지하에 경기도 강화군 아차도에 設置하여 運營을 통하여 시스템의 試驗을 分析하였다. 아차섬 주민들은 지난 1980年 5月 30日 太陽光 發電 시스템稼動前까지는 필요한 電氣를 3 KW디젤 發電機에 전적으로 의존해 왔다. 그러나 發電機의 잦은 故障, 폐유유출로 인한 公害, 과중한 油類代 부담등 運營에 어려움을 겪었다.

이점에 착안, 內務部로부터 입지선정을 받고 24時間 送電을 할 수 있는 4 KW급 太陽光發電을 運營하기에 이르렀다. 運營試驗은 1982年末로 일단 마무리 짓고 發電所는 研究結果의 실제활용과 아차도 주민의 복지를 위해 1983年 행정 관할청인 강화군청에 기증하였다. 기증후 現在는 住民 自體의 판리로 良質의 電氣를 供給받고 있는 實情에 있다.

### II. 太陽光 發電시스템의 設計 및 設置

#### 1. 아차도 太陽光 發電시스템의 zeyun

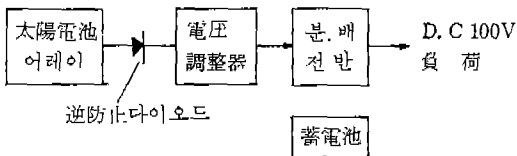
○設置場所: 경기도 강화군 아차도 아차분교 옥상

- 設置年度：1980. 5. 30
- 住宅現況：39가구 119명
- 太陽電池 設置容量：4 KW
- 蓄電池：2 V, 900AH, 50개
- 電壓調整器：620W, 8개
- 送電電壓：直流 100V

2. 시스템 設計 및 設置

가. 시스템 계통도

本 시스템의 構成은 일반적인 太陽光시스템의 基本設計를 택하였으며, 各 主要部分의 機能을 要約하면 다음과 같다. 太陽電池 어레이 (Solar Cell Array)는 太陽光을 直接 直流電氣로 變換시켜주는 裝置로서 太陽電池 모듈 (Solar Module)을 直·並列로 連結했으며, 電壓調整器 (Voltage Regulator)는 太陽電池 어레이의 出力電壓을 蓄電池 (Battery)의 가장 效率인 充電電壓으로 調整시키며, 逆防止 다이오드 (Blocking Diode)는 太陽電池 어레이 無出力時 蓄電池에서 太陽電池로의 逆電流의 흐름을 防止시켜 준다. 그리고 주간에 發電된 電力은 蓄電池에 저장하여 야간이나 부조일 (Sunless day)에 使用하는 基本인 시스템을 택했다 (그림 1).



〈그림-1〉 아차도발전소 기본구성

나. 太陽電池 모듈 (Solar Cell Module)

太陽電池 (Solar Cell)는 光起電力 效果 (Photovoltaic Effect)를 利用하여 太陽光을 直接 電氣로 變換시키는 半導體 素子이다. 太陽電池 1個當 電壓은 大략 0.5V이며, 이것을 直列로 連結하여 (32~45個) 상품화한 것이 太陽電池 모듈이다.

本 시스템의 太陽電池 모듈 容量計算은 설치지역의 日射量, 負荷使用量, 시스템 效率등을 적용하여 算出하였다.

$$Q = \frac{P_s}{I_n \times \eta / 1 \text{ sun}} \times 100$$

$$Q_s = \frac{V_o}{V_A}, Q_p = \frac{Q}{Q_s}$$

여기서

Q = 太陽電池 容量 (KWp)

P<sub>s</sub> = 負荷使用量 (KWh/day)

I<sub>n</sub> = 傾斜面 日射量 (KWh/m<sup>2</sup>·day)

1sun = 1 KW/m<sup>2</sup> (太陽電池의 日射強度)

Q<sub>s</sub> = 太陽電池의 直列 개수

Q<sub>p</sub> = " 並列 개수

V<sub>B</sub> = 蓄電池 充電電壓

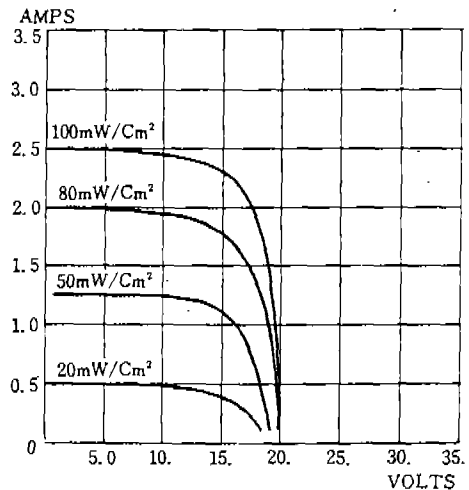
V<sub>A</sub> = 太陽電池 어레이 最大出力時 電壓

계산결과 太陽電池 모듈을 미국의 ARCO社 제품 ASI16-2000 (33Wp)을 적용하였을 때 直列 개수는 8개, 並列개수는 15개로 총120개로 3,960Wp의 容量이 결정되었다.

참고로 이 모듈의 日射量에 따른 電氣의 特性을 살펴보면 出力電流는 日射強度에 따라 현저하게 增加하고 出力電壓은 극히 미소하게 增加를 보여주고 있다. 그러므로 太陽電池의 出力電流가 日射量에 거의 比例하여 增減하므로 太陽電池 容量은 日射量에 대한 함수로 산출하였다 (그림 2).

다. 電壓調整器 (Voltage Regulator)

太陽電池는 日射條件에 따라 出力이 變化되는 電



〈그림-2〉 일사량에 따른 태양전지모듈 (16-2000)의 전기적 특성

源으로 간주될 수 있으므로 태양電池 어레이의 開放出力電壓(Open circuit Voltage)은 蓄電池 充電電壓보다 높아야 充電이 가능하다. 따라서 太陽電池 어레이의 出力電壓을 調整해 주기 위하여 太陽電池 어레이 出力側과 蓄電池 사이에 電壓調整器가 設置 되었으며, 蓄電池로 부터 太陽電池로의 逆電流를 防止하기 위하여 逆電流 防止다이오드(Blocking Diode)를 設置하였다. 製作한 電壓調整器의 回路圖 및 規格은 다음과 같다(그림 3).

- 最大出力調整: 620 Watts
- 電壓調整範圍
- 入力: 14~23V. DC
- 出力: 13.5~15.5V. DC
- 電流制御: 最大40Amp
- 정상상태 (14.5VDC)의 Regulation: 0.1%
- 出力電壓變動: 0.1%/°C 이하
- 電壓調整器 連結方式: 8대 直列連結

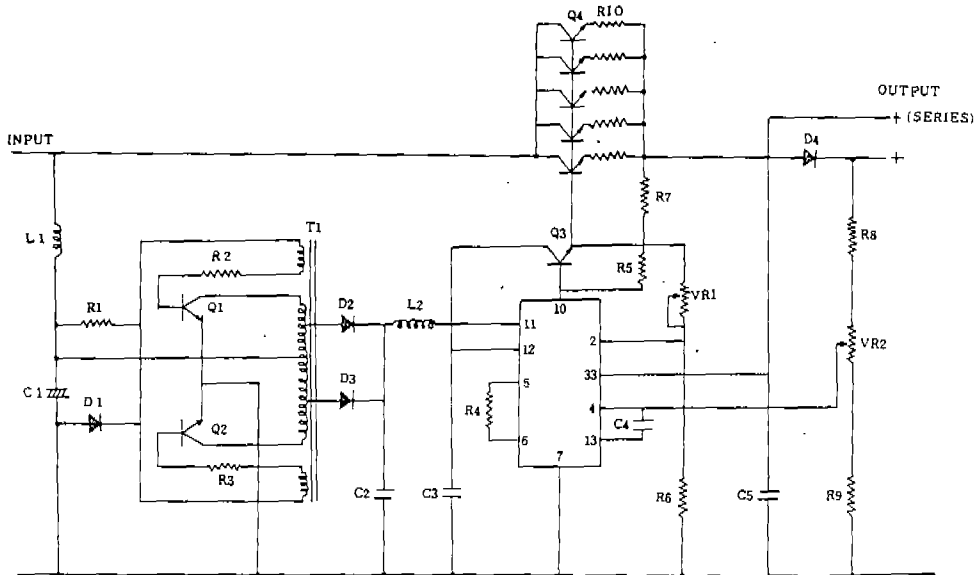
라. 蓄電池(Storage Battery)

太陽光 發電시스템에서의 蓄電池는 太陽光 發電이 小電流 長時間 充放電 方式이므로 수명이 긴 알카리 蓄電池(Ni-Fe-Alkali Battery 및 Ni-Cd-

Alkali Battery)를 사용하는 것이 가장 바람직하나 가격이 비싸기 때문에 鉛蓄電池(Lead-Acid Battery)를 많이 사용하고 있다. 太陽光 發電시스템의 蓄電池 設置容量은 日日負荷使用量, 不照日(Sunless Day) 및 太陽電池 設置容量에 따라 크게 좌우된다. 즉, 蓄電池 總設置容量은 일일부하사용량(Ah/day)에 부조일(day)일 곱한 부조일용 용량과 太陽電池 設置容量에 따라 變化되는 추가 축전지용량(Seasonable Battery)의 합이다. 본 아차도의 경우는 부조일용 500AH, Seasonable용 588AH로서 총 1088AH(100V 기준시)가 계산되었다. 그러므로 실제의 蓄電池는 세방전지(주)의 RT-100B(12V, 100AH)를 선정하여, 직렬 8개, 병렬 11개를 連結하여 設置했으며, 각 축전지마다 陽極板에 Glass Mat를 삽입시켜 극판소모를 줄일 수 있도록 특수 제작하였다.

마. 太陽電池 지지대

太陽電池 지지대는 太陽光을 가장 効果적으로 利用하기 위하여 正남 方向으로 設置하였다. 또한 계절별로 最大의 日射量을 받기 위해 傾斜角을 調整할 수 있도록 製作하였으며, 1개 지지대당 太陽電池 모듈 10개를 設置했으며 總12개로 構成하였다



<그림-3> 전압조정기 회로도

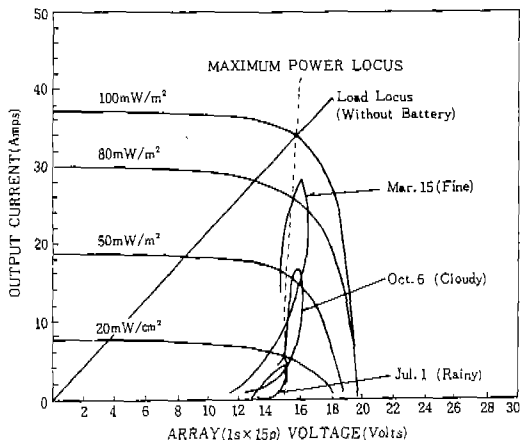
### Ⅲ. 시스템의 試驗 및 分析

이 시스템은 1980年 5月 30일부터 現在까지 정상가동 되고 있으며, 試驗에 직접 적용된 기간은 1980年 7月 1일부터 1981年 6月 30日까지의 1年間이며, 데이터의 維持를 위하여 試驗補助員을 1명 상주시키고 점검과 資料分析을 위하여 관계 직원을 수시 파견하였다.

본 시스템에 대한 主要 試驗 分析現況은 다음과 같다.

#### 1. 太陽電池 어레이 出力特性

어레이의 出力特性은 대체로 모듈의 特性에 비례하게 되며, 負荷電壓과 蓄電池電壓 및 日射量에 관계된다. 본 시스템의 한개의 並列回路(모듈 15개 並列)內的 電氣的 特性은 그림 4에서와 같이 어레이가 最大出力을 내는 점은 出力電壓이 15~16V가 될 때이고, 이 때의 出力은 開放電壓과 短絡電流의 곱의 약 70%에 해당된다. 어레이의 出力은 日射量에 거의 比例하여 曲線上의 어느 점에서나 出力을 낼 수 있으며 負荷電壓과 容量에 따라 決定된다. 즉 순수 저항부하를 연결하였을 때는 그림의 負荷曲線에 따라 發電을 하며 일사량이 적을 때는 어레이의 出力率이 크게 떨어질 것이다. 날씨의 條件에 따라 蓄電池에 充電되는 電氣的 特性은 그림과 같이 현



〈그림-4〉 시스템의 어레이 출력특성

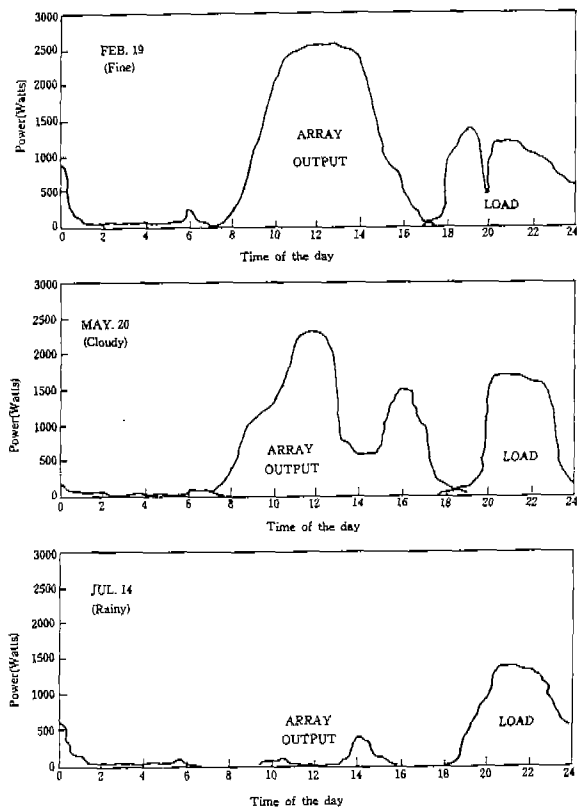
저하게 차이가 남이 分析되었다.

#### 2. 發電량과 負荷量 比較

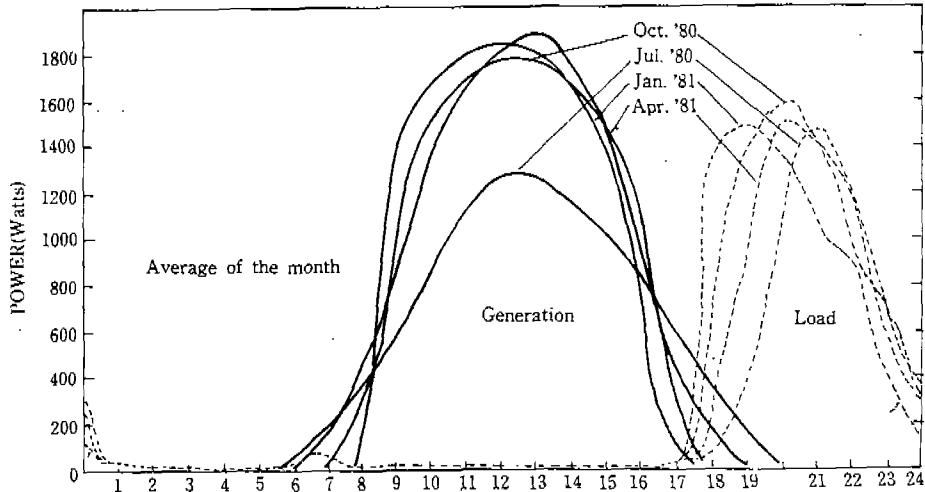
太陽光 發電시스템에서 發電量은 주로 기상상태 즉, 日射量에 좌우됨을 앞에서 언급하였다. 본 시스템의 일일 發電量은 정오 근처의 出力이 일일 出力의 대부분을 차지하고, 기상조건이 좋은 경우에는 發電量이 負荷量보다 훨씬 많음을 알 수 있다. 또한 비 또는 눈이 온 경우의 出力은 거의 작아서 負荷量에 크게 미달되고 나타났다(그림 5).

그리고 測定期間 동안의 月別平均 發電량과 負荷使用量과의 관계를 살펴보면 다음과 같다(표 1), (그림 6).

표 1에서와 같이 장마철로 不照日이 14日이나 되었던 7月の 發電量은 201.5KWh로 가장 작았고, 시스템이 發電한 매월 平均電力량은 294KWh로 負荷



〈그림-5〉 일일 발전 및 부하곡선



〈그림-6〉 연간발전 및 부하사용량 비교

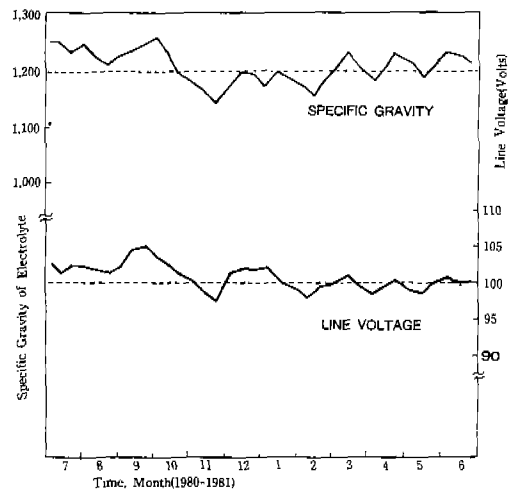
〈표-1〉 시스템 발전량과 부하 사용량

월	경사면 일사량 (kCal/m <sup>2</sup> ·day)	일평균 발전량 (kWH/day)	월평균 발전량 (kWH/mon)	일평균 부하량 (kWH/day)	월평균 부하량 (kWH/mon)
1	3147	10.8	334.8	7.6	236.6
4	3436	11.3	339	7.4	222
7	2161	6.5	201.5	5.7	176.7
10	3438	10.9	337.9	7.8	240.8
연평균	2697	9.5	294	7.4	226

량 226KWh보다 과다하여 시스템을 안정하게 운영한 것으로 評價되었다. 그리고 太陽電池에 도달한 日射量을 太陽電池가 모두 發電했을 경우 즉, 理論的인 年平均 月間發電量은 計算結果 372.6KWh로서 실제 發電한 量과 比較해 본 結果 發電效率이 79%로 測定되었다.

### 3. 蓄電池의 性能

設置된 蓄電池의 充電狀態는 日射量이 적고 負荷使用量이 많았던 11~12月경에 1,140까지 내려가서 방전심도 80%에 도달 하였으며, 이후 制限送電으로 다시 1,200까지 회복되었고 日射條件이 좋았던 4~5月 경에는 1,230까지 유지되었다(그림7).



〈그림-7〉 아차도 시스템의 축전지 성능

이와같이 蓄電池의 充電狀態가 대체로 낮게 維持된 이유로는

- 日射條件이 試驗期間中 특히 나빴던 관계로 發電量이 충분치 못했고,
- 不照日의 연속에 의하여 過放電回數가 많았으며,
- 낙도 교통상의 어려움으로 증류수 補充을 제대로 하지 않았고
- 주기적인 均等充電을 實施하지 못했던 점등을

들 수 있다.

그리고 본 시스템의 기존 車輛用 蓄電池(RT100 B)는 수명기간이 지난후 1983년에 시스템의 安定性을 위하여 性能이 양호하고 수명이 긴 固定型 鉛蓄電池(2 V900AH)로 교체하여 運營하고 있다.

#### 4. 시스템의 綜合效率

太陽光 發電시스템에서 시스템 效率는 太陽에너지를 電氣에너지로 變換하는 太陽電池 모듈效率과 모듈 이후에서 負荷에 이르는 부수시스템(Balance of System)效率로 구별된다. 現在까지 상업화되고 있는 太陽電池의 모듈效率는 12~14% 정도이고 본 시스템에 設置한 美國 ARCO社의 太陽電池는 初期製品으로 모듈效率이 測定結果 약 11% 정도이었다.

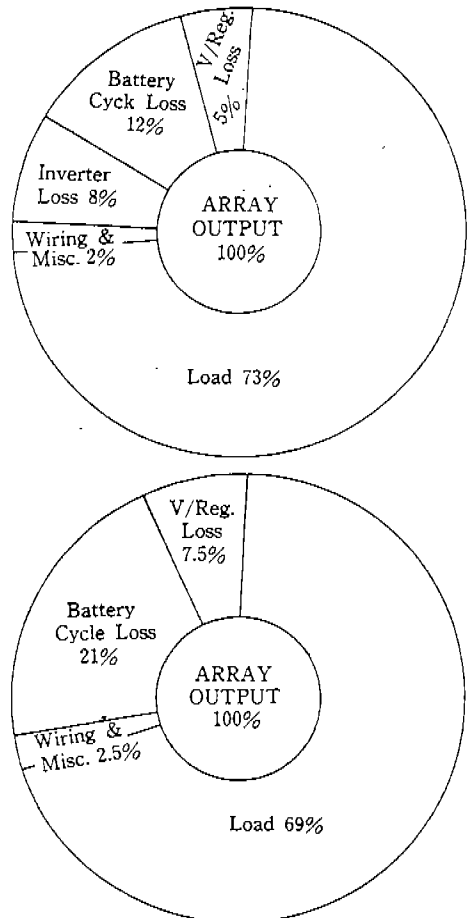
一般負荷에 使用할 수 있는 直交流變換器(Inverter)를 設置한 시스템의 부수 시스템效率는 一般的으로 약 73%이다.

그리고 본 시스템의 경우는 인버터를 사용하지 않았음에도 불구하고 車輛用 蓄電池를 사용하였기 때문에 BOS 效率이 69%에 불과 하였다(그림 8). 이는 蓄電池의 充放電效率이 測定結果 77%로서 固定用 蓄電池나 니켈-카드뮴 蓄電池에 비해 크게 떨어진 것이 주요 원인으로 分析되었다.

#### IV. 結 論

아차도 太陽光 發電의 運營試驗의 가장 큰 目標는 部落用 電源으로서 國內에서 최초로 設置한 만큼 國內의 기상조건과 地域특유의 생활양식하에서 太陽光 發電方式의 실용 가능성을 타진 하는데 있었다. 運營結果 시스템 상으로는 큰 故障없이 정상적으로 作動하였으며 시험 자료등을 기초로 太陽光發電 시스템의 應用技術을 確立하는데 상당한 도움이 되었다. 設置후 現在까지 6年동안 運營한 結果 아무 故障없이 양호하게 運營하였으며, 太陽光으로代 替후 막대한 油類節減效果(年間 경우 5,000ℓ)를 가져 왔고 또한 주민들에게 무상으로 電氣를 供給하여 주민들의 복지를 향상시켰다.

끝으로 본 시스템은 初期 設置時보다 주택의 개



〈그림- 8〉 부수시스템 각부의 전력손실

량사업 및 주민들의 생활수준 향상 등으로 現在에는 負荷電力量이 상당히 增加한 상태에 있다. 그러므로 향후의 계획은 太陽電池의 容量을 增設하고 또한 交流負荷에 적응하는 인버터등을 設置하여 시스템을 效率적으로 運營하려고 하고 있다. \*