

# 스털링엔진 태양열 발전시스템의 성능예측 (집열기·수열기 및 엔진·발전기 시스템의 조화)

배명환\* · 장형성\*\*

## Performance Prediction of a Solar Power System with Stirling Engine (Matching Collector/Receiver with Engine/Generator Systems)

Myung-whan Bae and Hyung-sung Chang

**Key Words:** Solar Power System(태양열 발전시스템), Stirling Engine(스털링엔진), Collector/Receiver(집열기/수열기), Direct Solar Radiation(직달일사량), System Performance(시스템성능), Monolithic Concentration(일체형 집광기)

### Abstract

The simulation analyses of a solar power system with monolithic concentrator by using a stirling engine are carried out to predict the system performance in four test sites. The site has different intensities and distributions of direct solar radiation respectively. Seoul, Pusan and Cheju in Korea, and Naha in Japan are selected as test sites. To accomplish the same demand of a 25 kW output that the power level of a system has, it needs to take the matching of collector/receiver with engine/generator systems. In such a case, also, the size of the collector is sometimes adjusted. In this study, the diameter of the collector is decided by using the solar radiation of design point, which is defined as the sum of average and standard deviation  $\sigma$  of maximum direct solar radiation distribution for a day during a year in the respective test site. It is found that the average power output during the system operating time in the case of slope error  $\sigma_s = 2.5$  is within the range of 9 to 13 kW.

### 1. 서 론

에너지원의 대부분을 차지하고 있는 화석에너지의 안정적 확보, 공급 등이 주된 에너지 문제였던 이전과는 달리 최근에는 화석에너지의 소비에 의한 지구환경에의 영향, 한정된 매장량의 고갈 등 또 다른 문제에 봉착하여 이러한 에너지 문제에 대한 위기를 극복하기 위해서는 에너지 절약뿐만 아니라, 문제를 최소화하기 위한 대체 에너지원의 개발이 절실히 요구되고 있다.<sup>(1,2)</sup>

대체에너지원으로는 다양한 종류가 있지만, 청정하고 반영구적인 태양열에 대한 활용이 이전부터 널리 각광을 받아오고 있다.<sup>(3)</sup>

태양열 발전에 활용되는 열기관은 일반적으로 스텔링, 브레이턴 및 랭킨 사이클의 엔진이 있지만, 최고 작동온도에 대한 각 사이클 엔진의 정미 열효율을 비교하면 스텔링엔진이 가장 유리한 것으로 알려져 있다.<sup>(4)</sup>

스털링엔진을 이용한 태양열 발전시스템은 외연기관인 이 엔진의 특징을 최대한으로 살리는 적용영역이다.

저자들은 스텔링엔진을 열기관으로 하는 태양열 발전시스템에 대하여 분할형 집광기를 활용하여 시스템의 설치장소가 다른 경우에 대하여 연간을 통한 시스템성능을 예측하고, 설치장소에 따른 발전량의 비교에 대한 결과를 보고했다.<sup>(5,6)</sup>

본 연구에서는 매일 시시각각 변화하는 일사조건하에서 목표로 하는 시스템성능을 실현시키기 위한 집열기·수열기 시스템과 엔진·발전기 시스템과의 조화방법에 대한 하나의 방안과 그에 따른 성능예측 결과에 대하여 제시하는 것을 목적으로 한다.

\* 경상대학교 수송기계공학부, 공학연구원

\*\* 경상대학교 대학원

## 2. 시스템의 기본구성과 제원

시스템은 태양광을 수집하고, 이것을 열에너지로 변환하는 집열기·수열기 시스템, 이 열에 의해 엔진·발전기를 구동시켜 발전을 하는 엔진·발전기 시스템, 태양의 추이나 태양으로부터의 수열량에 따라서 엔진의 작동가스 평균압력을 변화시키는 제어 시스템 등으로 구성된다.

시스템의 출력수준은 25 kW로 하고, 동시스템의 설치장소로서 선정된 4개의 장소인 대한민국의 서울시, 부산시, 제주시 및 일본 오키나와현(沖縄縣) 나하(那覇)시의 일사조건하에서 어느 경우나 시스템 발전량이 25 kW로 동일하게 출력될 수 있도록, 집열기·수열기 시스템과 엔진·발전기 시스템과의 조화를 도모한다.

집광 시스템은 포물선형의 일체형 집광기를 가상적으로 정하고, 수열 시스템은 내경  $D_R = 450$  mm, 길이  $L_R = 300$  mm의 원통형 중앙 수열기(cylindrical central receiver)로서 개구경  $D_{ap} = 45 \sim 450$  mm (개구비  $r = D_{ap}/D_R = 0.1 \sim 1.0$ )의 사이에서 임의로 설정할 수 있도록 했다. Table 1 에는 예측되는 오차를 나타내고 있다.

엔진은 이전의 연구<sup>(9)</sup>에서와 같이 일본의 문라이트 계획(Moon Light Project)에 있어서 (주)三洋(Sanyou)전기에 의해 개발된 NS30S<sup>(7)</sup>와 거의 동등한 사양을 사용하였다. 본 연구에서는 엔진의 정상적인 운전범위를 가열기 관벽온도  $T_h$ (수열기 내벽온도  $T_R$ ) = 1073 K, 작동가스 평균압력  $(P_m)_{abs} = 3 \sim 15$  MPa, 회전속도  $N = 1800$  rpm으로 하였고, 엔진의 아이들링 상태를  $T_h = 773$  K,  $(P_m)_{abs} = 3$  MPa,  $N = 500$  rpm으로 하였다.

## 3. 조화방법

본 연구에서 가상적으로 고려하고 있는 것과 같은 시스템을 구체적으로 설계하는 경우에 대하여 검토해 보자. 최초의 요구로서 시스템의 출력

수준과 설치장소가 주어지고, 시스템의 출력수준으로부터는 엔진·발전기 시스템의 크기와 이것을 달성하기 위한 엔진 축으로부터의 열입력이 정해진다. 본 연구에서는 시스템의 출력수준을 25 kW로 고정하고 있기 때문에, 나머지 설계항목으로서는 변동하는 설치장소의 일사조건에 맞추어 25 kW를 출력시키기 위해 요구되는 엔진에 대한 열입력을 어떻게 확보해 갈 것인가 하는 문제이다. 하나는 집열기·수열기 시스템, 특히 집광기 크기의 설계이고, 다른 것은 설계점으로서의 설치장소에서 직달 일사량(이하 설계점의 일사량이라고 부른다)을 어떻게 평가하여 줄 것인가 하는 점이다. 이렇게 하여 정한 제원하에 연관을 통한 성능예측을 하고, 목표로 하는 성능이 확보되는 경우에 최적설계가 이루어진 것으로 한다. 집광기 크기는 개략적으로 다음과 같이 하여 계산된다. 본 연구에서는 시스템 효율  $\eta_{sys}$ 를 다음의 식 (1)로 정의하고 있다.

$$\eta_{sys} = \frac{W_g}{I_b \cdot A_c} = \eta_{COL} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g \quad (1)$$

여기서,  $I_b$  = 직달 일사량( $W/m^2$ ),  $A_c$  = 수광면적( $m^2$ ),  $W_g$  = 발전량( $W$ ),  $\eta_{COL}$  = 집열기 효율,  $\eta_i$  = 도시열효율,  $\eta_m$  = 기계효율,  $\eta_g$  = 발전기 효율을 나타낸다.

위의 식중에서  $W_g$ 는 요구값으로서 초기에 주어진다. 엔진의 정미 열효율  $\eta_i \times \eta_m$ 은 지금까지의 개발실적으로부터 개략값을 알 수 있다. 발전기 효율  $\eta_g$ 의 개략적인 값도 카탈로그(catalogue) 등으로부터 결정되어진다. 따라서 시스템 설치장소의 일사조건으로부터 정해지는 집열기 효율  $\eta_{COL}$ , 설계점의 일사량  $I_b$ 를 알면 수광면적  $A_c$ 와 집광기 직경을 개략적으로 계산할 수 있다.

Fig. 1은 직달 일사량  $I_b$ 와 집열기 효율  $\eta_{COL}$ 의 일반적인 관계를 나타낸 것이다. 계산조건으로서 태양양각  $\theta_s$ 는 70 deg 및 45 deg로 하고, 집광기의 기울기 오차(slope error)  $\sigma_s$ 는 2.5 mrad 및 5.0 mrad으로 한다. 집열기 효율  $\eta_{COL}$ 에 미치는 태양양각  $\theta_s$ 에 의한 차이는 별로 크지 않다. Fig. 1을 이용하면 설정값으로 주어지는 집광기 기울기 오차  $\sigma_s$ 와 시스템 설치장소의 설계점 일사량  $I_b$ 로부터 집열기 효율  $\eta_{COL}$ 의 개략적인 값이 정해진다.

시스템 설치장소의 설계점 일사량  $I_b$ 의 선택에 대하여 여러 가지 방법이 검토되어지는데, 그 이유는 직달 일사량  $I_b$ 가 매일매일 시시각각 변화하고, 지역에 따라서 그 변화분포도 달라지기 때문

Table 1 Specification of concentrator and receiver

Type of error	mrad
Slope error( $\sigma_s$ )	$2.5 \times 2$
Tracking error( Sensor, Drive )	Each 2.0
Receiver setting error	2.0
Reflecting mirror setting error( $\sigma_m$ )	$2.0 \times 2$
Specular scattering error	0.5
Solar image	2.8

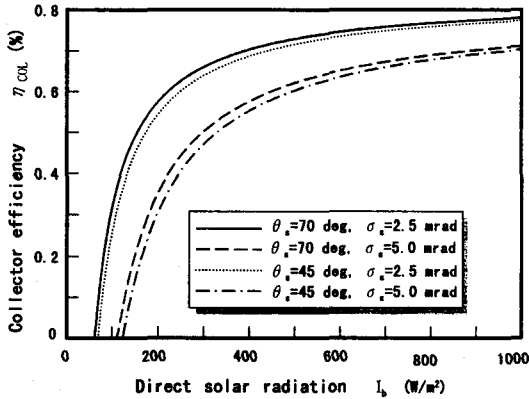


Fig. 1 Correlation between collector efficiency  $\eta_{COL}$  and direct solar radiation  $I_b$  with solar angle of elevation  $\theta_s$  and slope error  $\sigma_s$  as parameters

이다. 예를 들면, 1) 연간의 최대 직달 일사량, 2) 일조시간내의 평균 직달 일사량, 3) 연간을 통한 직달 일사량의 빈도분포를 사용하는 방법, 4) 연간을 통한 1일의 최대 직달 일사량의 빈도분포를 사용하는 방법 등의 선택방법을 열거할 수 있다.

Fig. 2는 일본 나하시에 대하여 앞에서 서술한 4)에 대한 분포를 그린 것인데, 가로축에는 1일의 최대 직달 일사량  $\{(I_b)_{day}\}_{max}$ 를, 세로축에는 그 데이터 값의 빈도를 나타내고 있다. 동그림에서 본 시스템에서는 이용이 곤란하다고 생각되는 직달 일사량이 적은 영역을 무시하면 최대 직달 일사량  $\{(I_b)_{day}\}_{max}$ 는 정규분포로 근사해도 괜찮을 것 같다. 따라서 본 연구에서는 하나의 시도로서 평균치 +  $\sigma$ (표준편차)의 값, 즉 분포의 81.6%를 포함하는 직달 일사량 값을 시스템 설치장소의 설계점 일사량  $I_b$ 로 선정하기로 한다.

기울기 오차  $\sigma_s = 2.5$  mrad에 대한 경우를 예로 들어 서울시에 대한 집광기 크기를 구체적으로 계산하면 다음과 같이 된다.

- 1) 요구 시스템 출력  $W_g = 25$  kW이다.
- 2) 현재까지 개발된 스텔링엔진의 정미열효율  $\eta_i \times \eta_m = 0.38$ 이다.
- 3) 카탈로그 성능에 의한 발전기효율  $\eta_g = 0.93$ 이다.

4) 대표적인 직달 일사량으로서 Fig. 2의 분포로부터 평균치 +  $\sigma$ 를 구하면  $I_b = 472.022$  W/m<sup>2</sup>가 된다.

5) 위의  $I_b$ 를 Fig. 1의 가로축으로 잡고, 기울기 오차  $\sigma_s = 2.5$  mrad의 곡선에 있어서 교점과의 세로축 값인 집열기 효율  $\eta_{COL}$ 을 읽으면  $\eta_{COL} =$

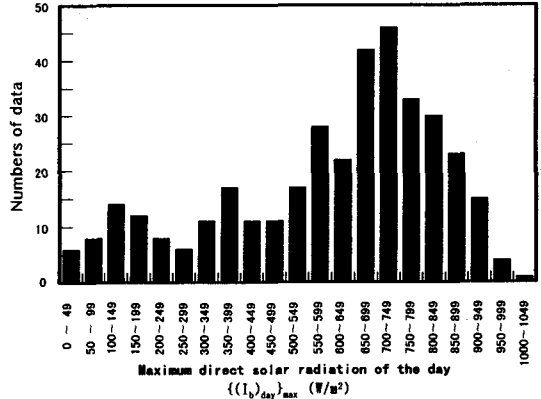


Fig. 2 Distribution of maximum direct solar radiation among the day throughout the year at Naha site in Japan

0.71이다.

6) 식 (1)에 대입하면,  $25000 / (472.022 \times A_c) = 0.71 \times 0.38 \times 0.93$ 이 되고, 이를 계산하면  $A_c = 211.08$  m<sup>2</sup>가 되어,  $D_c = 16.398$  m를 얻을 수 있다.

같은 방법으로 다른 설치장소의 각 기울기 오차에 대하여 각각 집광기 크기를 개략적으로 계산하여 그 결과를 정리하면 Table 2와 같이 된다.

Table 2로부터 일본 나하시에서는 일사조건이 양호하기 때문에, 설계점 일사량  $I_b$ 가 높는데, 한국의 다른 3도시에 비하여 약 1.7배의 값이 되고 있다. 또한, 각 설치장소에 대해서 설계점 일사량  $I_b$ 가 작을수록 집광기의 크기가 커짐을 알 수 있다.

Table 2 The solar radiation of design point  $I_b$  and the diameter of parabolic concentrator  $D_c$  with a slope error  $\sigma_s = 2.5$  at every site.

Site	Slope error $\sigma_s$ [mrad]	$I_b$ of design point [W/m <sup>2</sup> ]	Dia. of parabolic concentrator [m]
Seoul	2.5	472.022	16.398
Pusan		522.050	15.238
Cheju		525.432	15.179
Naha		835.447	11.836

#### 4. 연간 시스템 성능예측

상기와 같이 정한 시스템의 기본 사양은 하나의 설계점 일사량에 대하여 구하여진 개략적인 값이다. 이 값들이 연간을 통해서 시스템을 운전하는 경우, 최적설계로 되고 있는지 아닌지를 확

인하는 것은 중요하다. 이를 확인하기 위하여 아래와 같이 성능예측을 했다.

#### 4.1 엔진성능

엔진 성능의 시뮬레이션은 단열해석 모델을 기본으로 한 1차(first order)법<sup>(8)</sup>에 의해 이전 연구<sup>(5)</sup>에서와 같은 방법으로 했다. 엔진 시뮬레이션 결과를 정리하면 다음과 같이 된다.

1) 온도조건을  $T_R = 1073 \text{ K}$ 으로 고정하여 작동가스 평균압력  $(P_m)_{abs}$ 를 변화시킨 경우  $[(P_m)_{abs} = 3 \sim 15 \text{ MPa}$ 의 회귀식] :

$$\begin{aligned} Q_e(\text{kW}) &= 8.844(P_m)_{abs} \\ L_i(\text{kW}) &= 3.368(P_m)_{abs} \\ \eta_i &= 0.441 \end{aligned} \quad (2)$$

2) 작동가스 평균압력  $(P_m)_{abs} = 3 \text{ MPa}$ 이 일정한 상태에서 수열기 내벽온도  $T_R$ 만을 변화시킨 경우 : 본 연구의 시스템 시뮬레이션에서는 이전 연구<sup>(5,6)</sup>에서와 같이 스플라인 함수(spline function ; 3차의 다항식)로 근사시켜 사용했다.

3) 작동가스 평균압력  $(P_m)_{abs} = 3 \text{ MPa}$ 과 수열기 내벽온도  $T_R = 773 \text{ K}$ 이 일정한 상태에서 엔진회전속도  $N$ 을 변화시킨 경우  $[N = 500 \sim 1800 \text{ rpm}$ 의 회귀식] :

$$\begin{aligned} Q_e(\text{kW}) &= 1.243 \times 10^{-2}N - 1.165 \times 10^{-6} \\ L_i(\text{kW}) &= 4.342 \times 10^{-3}N + 1.670 \times 10^{-4} \\ \eta_i &= 0.345 \end{aligned} \quad (3)$$

#### 4.2 기계효율 $\eta_m$ 및 발전기효율 $\eta_g$ 의 평가

엔진 기계효율  $\eta_m$  및 발전기효율  $\eta_g$ 는 아래와 같이 계산했다.<sup>(9)</sup>

$$\eta_m = 1 - (3.74 \times 10^{-2}) \frac{(P_m)_{abs} \cdot N^{1.25} \cdot V_s}{L_i} \quad (4)$$

$$\eta_g = 0.7 \left[ \sin \left\{ \pi \frac{\left( \frac{N}{10} - 50 \right)}{1000} \right\} \right]^{\frac{1}{6}} + 0.334 \quad (5)$$

여기서,  $L_i$  = 엔진 도시출력[kW],  $(P_m)_{abs}$  = 작동가스 평균압력[MPa],  $N$  = 엔진회전속도[rpm] 및  $V_s$  = 행정체적[m<sup>3</sup>]이다.

#### 4.3 시스템의 운전제어

본 연구에서는 직달 일사량  $I_b$ (유효수열량  $Q_n$ )의 조건에 따라 이전 연구<sup>(5)</sup>와 같이 평균압력, 온도 및 회전속도에 의해 제어되어 엔진이 운전 및 시동·정지되는 것으로 고려하여 시스템의 성능을 예측한다.

이 때, 시스템의 발전량  $W_g$  및 시스템 효율  $\eta_{sys}$ 는 식(1)에서 정의한 것으로 한다. 같은 방법으로 1일의 총발전량  $(W_g)_{day}$ 를 시스템 운전시간 내에서  $W_g$ 를 적분한 것에 의해 구하고, 또한 1일의 평균적인 시스템효율  $(\eta_{sys})_{day}$ 는 1일의 적산 직달 일사량  $(I_b)_{day}$ 로서 다음과 같은 식 (6)에 의해 계산했다.

$$(\eta_{sys})_{day} = (W_g)_{day} / \{(I_b)_{day}A_c\} \quad (6)$$

1개월의 평균적인 시스템 효율  $(\eta_{sys})_{month}$ 는 매일 매일에 대한 총발전량의 적산값으로서 구한 1개월간의 총발전량  $(W_g)_{month}$ 와 1개월간의 적산 직달 일사량  $(I_b)_{month}$ 에 의해 같은 방법으로 계산했다.

일사조건이 다른 설치장소에서의 시스템 성능을 비교하기 위하여 시스템이 작동하고 있을 때의 평균 발전량  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ 을 다음과 같은 식으로 구했다.

$$\{(W_g)_{month}\}_{mean} = (W_g)_{month} / (\text{1개월간 시스템의 가동시간수}) \quad (7)$$

### 5. 예측결과 및 고찰

Fig. 3에서 Fig. 6까지는 각각 설치장소를 서울시, 부산시, 제주시 및 나하시로 하고, 기울기 오차  $\sigma_s$ 를 2.5 mrad로 한 경우의 연간을 통한 시스템의 성능을 예측한 결과이다. 그림에서는 매일 마다의 적산 직달 일사량  $(I_b)_{month}$ , 적산 발전량  $(W_g)_{month}$  및 시스템에 대한 가동시간당의 발전량  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ , 평균 시스템 효율  $(\eta_{sys})_{month}$  및 일조시간을 나타내고 있다.

Fig. 3에는 기울기 오차  $\sigma_s$ 가 2.5 mrad인 경우의 서울시에 대한 시스템 성능예측 결과를 나타내고 있다. 그림으로부터 적산 직달 일사량  $(I_b)_{month}$ 는 18.4 ~ 58.9 kWh/m<sup>2</sup>이고, 뒤에 나오는 일본 나하시의 약 27 ~ 34% 수준이다. 적산 발전량  $(W_g)_{month}$ 는  $(I_b)_{month}$ 의 값에 따라서 변화하는 값으로 나타나고 있는데, 4월이 가장 많은 2492 kWh이고, 12월이 가장 적은 223 kWh이다. 그러나 시스템의 가동시간당 발전량  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ 은 연간을 통해서 3.5 ~ 12.8 kW 정도의 범위이고, 나

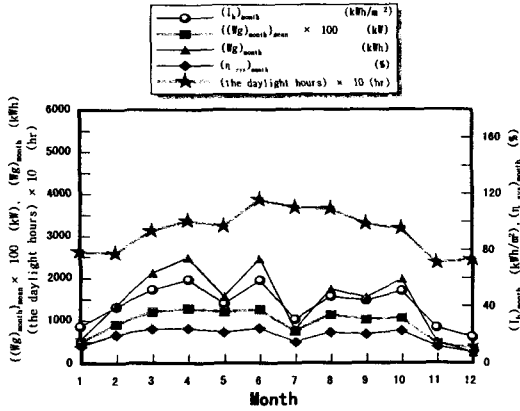


Fig. 3 Monthly predicted system performances with slope error  $\sigma_s = 2.5$  mrad throughout the year at Seoul site in Korea

하시와의 차이는 적산 발전량만큼 크지는 않다. 또한, 평균 시스템 효율  $(\eta_{sys})_{month}$ 은 7.8 ~ 24.6%로 다른 성능예측결과와 같이 일본 나하시보다는 적었다.

Fig. 4에는 기울기 오차  $\sigma_s$ 가 2.5 mrad인 경우, 부산시에 대한 시스템 성능예측 결과를 보여주고 있는데,  $(I_b)_{month}$ 는 18.2 ~ 68.0 kWh/m<sup>2</sup>이고, 일본 나하시의 약 27 ~ 40% 수준으로 최대값이 서울보다는 6% 정도 많았다.  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ 은 연간을 통해서 3.2 ~ 13.7 kW 정도의 범위이고,  $(\eta_{sys})_{month}$ 은 10 ~ 22.3%로, 서울과 비슷한 양상을 보여주고 있음을 알 수 있다.

Fig. 5에는 제주시에 대하여 기울기 오차  $\sigma_s$ 가 2.5 mrad인 경우의 시스템 성능예측 결과를 나타내고 있다.  $(I_b)_{month}$ 는 7.9 ~ 75.4 kWh/m<sup>2</sup>인데, 일

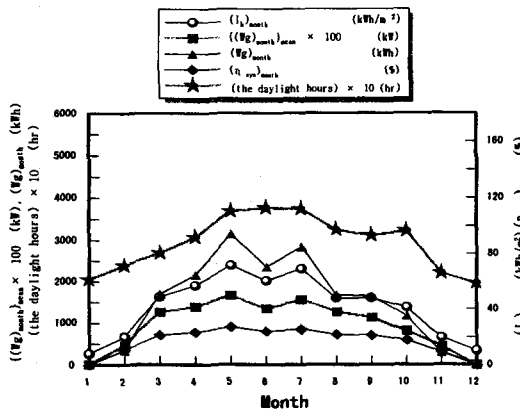


Fig. 5 Monthly predicted system performances with slope error  $\sigma_s = 2.5$  mrad throughout the year at Cheju site in Korea

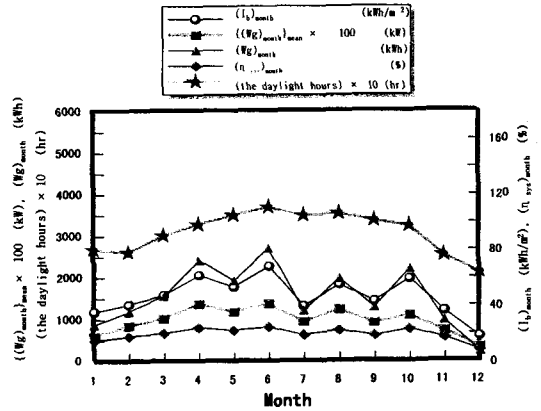


Fig. 4 Monthly predicted system performances with slope error  $\sigma_s = 2.5$  mrad throughout the year at Pusan site in Korea

본 나하시의 약 12 ~ 44% 수준으로, 서울에 비하여 최소값은 15% 작은 반면에, 최대값은 10% 정도 많다.  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ 은 연간을 통해서 2.4 ~ 16.8 kW 정도의 범위로, 적산 적달 일사량이 존재함에도 불구하고 시스템 가동시간당에 대한 발전량의 최소값은 아주 작음을 알 수 있다.  $(\eta_{sys})_{month}$ 은 1.8 ~ 27.6%로 최대 평균시스템효율은 나하시보다도 오히려 2.5% 높음을 알 수 있다.

Fig. 6에는 기울기 오차  $\sigma_s = 2.5$  mrad에 대한 나하시의 결과를 나타내고 있다. 그림에서 적산 적달 일사량  $(I_b)_{month}$ 는 67.3 ~ 171 kWh/m<sup>2</sup>이고, 매월마다의 적산 발전량  $(W_g)_{month}$ 는 적산 적달 일사량과 비슷한 변화를 표시하고 있는데, 7월이 5361 kWh로 가장 많았고, 12월이 1484 kWh로 가

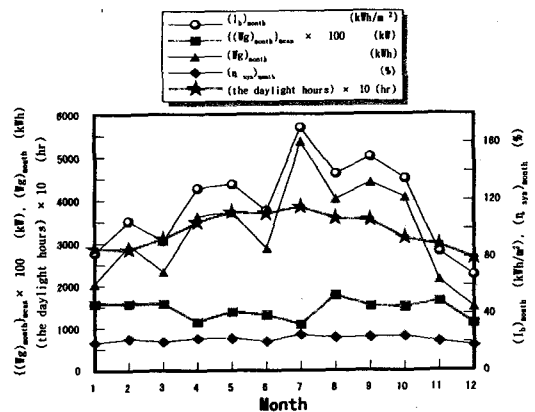


Fig. 6 Monthly predicted system performances with slope error  $\sigma_s = 2.5$  mrad throughout the year at Naha site in Japan

Table 3 System performance predicted for a year

Site	Slope error [mrad]	$(I_b)_{year}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$(W_g)_{year}$ [kWh]	$\{(W_g)_{year}\}_{mean}$ (kW)	$(\eta_{sys})_{year}$ (%)
Seoul	2.5	491.3	17298	9.3	15.2
Pusan		556.1	18566	9.7	16.2
Cheju		502.6	17325	9.5	16.8
Naha		1397	39041	13.4	22.8

장 적었다. 한편 시스템의 가동시간당 발전량  $\{(W_g)_{month}\}_{mean}$ 은 연간을 통하여 10.8 ~ 17.7 kW 정도의 변화폭을 두고 있고, 평균 시스템 효율  $(\eta_{sys})_{month}$ 도 비슷한 경향을 표시하고 있는데, 연간을 통하여 17.6 ~ 25.1%의 범위에 있다.

지금까지 기울기 오차  $\sigma_s = 2.5$  mrad인 경우에 대한 설치장소에 따른 연간을 통하여 시스템의 성능예측에 대한 검토결과를 고찰한 결과, 시스템이 가동하고 있는 상태의 시스템 성능은 일사조건의 차이에 따른 만큼 현저한 차이가 나타나고 있지 않다는 것을 알 수 있었다.

Table 3은 시뮬레이션에 의해 얻은 각 설치장소의 시스템 성능예측 결과를 연간으로 정리한 것이다.  $(I_b)_{year}$ 는 1년간의 총 직달 일사량,  $(W_g)_{year}$ 는 1년간의 시스템 총발전량,  $\{(W_g)_{year}\}_{mean}$ 는 1년간의 시스템 가동시간당 발전량,  $(\eta_{sys})_{year}$ 는 1년간의 평균 시스템효율을 나타낸다. 표로부터 연간을 통하여 기울기 오차  $\sigma_s$ 가 2.5 mrad일 경우, 1년간의 시스템 총발전량  $(W_g)_{year}$ 는 일본 나하시에 비하여 서울시 44.3%, 부산시 47.6%, 제주시 44.4%가 되는 반면에, 1년간의 시스템 가동시간당 발전량  $\{(W_g)_{year}\}_{mean}$ 은 일본 나하시에 비하여 서울시는 69.4%, 부산시는 72.4%, 제주시는 70.9%로 나타나 그 차이가  $(W_g)_{year}$ 보다는 줄어들고 있음을 알 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 스텔링엔진을 열기관으로 하는 태양열 발전시스템에 대하여 집광 시스템으로서 일체형 집광기를 가상적으로 정하고, 설치장소로서 선정된 4개의 장소에 대한 대표적인 일사조건 하에서 어느 경우이나 시스템 발전량이 25 kW로 동일하게 출력될 수 있도록 집열기·수열기 시스템과 엔진·발전기 시스템과의 조화를 도모하여 연간을 통한 시스템의 성능을 예측한 결과, 시스템이 가동하고 있는 상태의 시스템 성능은 일사조건의 차이만큼 현저한 차로서 나타나고 있지 않은 것으로부터 시스템간의 조화에 대한 개략적

인 계산법의 효과를 확인했다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단 2000년도 중견과학자 일본연수지원 프로그램(00-06-06-0 : 스텔링엔진에 의한 태양열 발전시스템의 최적설계), 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 : 2000-2-30400-010-3) 및 2001년도 두뇌한국 21사업의 부분적 지원에 의하여 메이지대학의 열유체전기응용연구실과 국제공동연구로 수행된 것임을 밝혀두며, 도움을 주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) 배명환, 노상순, 1984, "물-가스홀 혼합물을 연료로 사용한 가솔린기관의 성능 배기성분에 관한 실험적 연구," 한국박용기관학회지, 제8권, 제2호, pp. 25 ~ 38.
- (2) 배명환, 하정호, 1998, "미강유 연료에 의한 농용 디젤기관의 성능 배기 배출물에 관한 연구," 한국박용기관학회지, 제22권, 제6호, pp. 816 ~ 826.
- (3) D. Y. Goswami, F. Kreith and J. F. Kreider, 1999, "Principles of Solar Engineering," Second Edition, George H. Buchanan Co.
- (4) R. McKenna, et al., 1984, "Solar Dynamic Power for Space Station," SAE Paper No. 841524.
- (5) 배명환, 장형성, 2001, "스텔링엔진 태양열 발전시스템의 성능예측에 관한 연구(제1보 : 시스템 설치장소를 변경한 경우)," 대한기계학회논문집 B, 투고중.
- (6) 土屋 一雄, 別所 久徳, 荻野 强, 東條 宏昭, 裴明煥, 張炯成, 1999, "スターリンエンジンを用いた太陽熱發電シテテムの最適設計手法(その1 : シテテムの設置場所を変えた場合)," 第3回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集(日本機械學會主催), pp. 21 ~ 24.
- (7) 日本機械學會, 1994, "RC110 地球環境および多種熱利用に適したスターリングサイクル機器の最適要素設計手法に関する研究, 研究成果報告書," pp. I-1 ~ I-9.
- (8) W. R. Martini, 1978, "Stirling Engine Design Manual," NASA Lewis Research Center, NASA CR-135382.
- (9) 土屋 一雄, 別所 久徳, 荻野 强, 東條 宏昭, 裴明煥, 張炯成, 1999, "スターリンエンジンを用いた太陽熱發電シテテムの最適設計手法(その3 : 小型圓形ミラを組み合わせた集光器の場合)," 太陽/風力エネルギー學會共同學術大會講演論文集, pp. 185 ~ 188.