

태양열 발전시스템 보급현황 연구

조휘창, 김건중, 황인준, 양민욱, 박정진, 이재원  
충남대학교

A Study of Solar Thermal power Generation

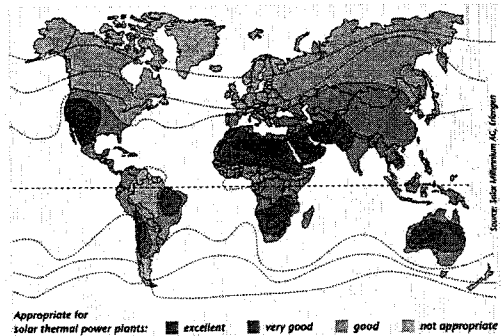
Cho Hui-Chang, Kim Kern-Joong, Hwang In-jun, Yang Minuk, Park Jeong-Jin, Lee Jae-Won  
Chungnam National University

**Abstract** - In Korea, over 97% of local energy demand is imported from other countries. And we have to lift the energy independence level up to 5% with replacement energy(renewable energy) such as solar, wind.etc. by 2011 according to the energy agreement made in Kyoto Protocol. So, we proposed some opinions such as the better improvement of solar thermal industry the people' view, cooperation among industry/university/research institutes, remote control/maintenance and government's legislature and supporting system etc.

지표면  $1m^2$ 당 7백W의 에너지를 받게 되는데, 이는 다시 말해 지구전체에 도달하는 태양에너지의 양이 태양자신이 방사하는 에너지량의 22억분의 1이고 그 에너지량 ( $1.2 \times 10^{14}kW$ )은 전 인류의 소비 에너지량 ( $1.2 \times 10^{10}kW$ )의 약 1만 배에 달하는 것이다.

1. 서 론

산업적인 관점에서 세계 역사의 변화를 한마디로 표현하자면, 에너지의 변천사라고 할 수 있다. 화석 에너지의 사용으로 인해 산업혁명이 시작되었으나, 이러한 화석 에너지의 사용에 따른 대기 오염 및 지구 온난화 문제로 인하여 에너지에 대한 새로운 인식이 요구되고 있다. 따라서 21세기에는 재생 가능하고, 경제적으로 효율적이며, 환경에 무해한 에너지원이 필요한 시점이다. 아직까지 전 세계적으로 태양 에너지 연구는 주택의 난방 및 급탕 시스템, 온수기, 농·수산물 건조기, 저가 집열기 및 소규모 태양광 발전 등이 주류를 이루고 있으며, 태양열 발전에 관한 연구는 발전에 필요한 고온 획득 방법과 고온 재료 개발 등이 문제가 되어 큰 진전을 보지 못하고 있다. 그러나 지난 '80대 중반 미국에서 10 MW급의 태양열 발전 시스템의 실용화가 이루어진 이후 각국에서 집중적인 개발 투자를 계속하고 있어 2000년대에는 가장 강력한 태양 에너지 이용 방법으로 광범위하게 보급될 전망이다. 본 논문에서는 이러한 재생 가능한 에너지원 중 실용화 가능성이 큰 청정 에너지원인 태양열을 이용한 발전시스템의 종류를 소개하고자 한다.



<그림 1> Sun Belt Map

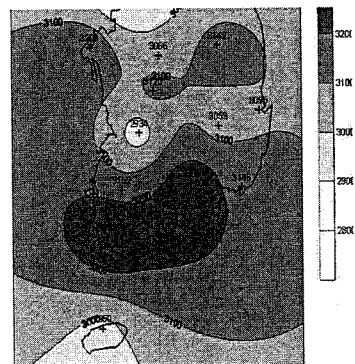
2.1.1 국내 태양에너지 자원

국내 연평균 1일 수평면 전일사량은  $3,065 kcal/m^2$ 로 남한의 태양에너지자원 부존량은  $1017kcal/Yr$ 로 연간 100억 TOE의 석유에너지에 해당되며 태양에너지자원의 연간 가용량으로는 부존량  $1017 kcal/Yr$ 의 10%(10억 TOE)로 추정하고 있다. 우리나라 주요 16개 전지역(1982-2001)에서 측정된 수평면 전일사량은 연평균치로 계산하면 전국이 하루에  $3,065kcal/m^2$  정도의 일사 에너지를 받는 것으로 나타났다.

2. 본 론

2.1 태양열에너지

태양의 크기는 지구의 109배이고, 지구로부터  $1.5 \times 10^8 km$  떨어진 곳에 위치하며 수소 73%, 헬륨 24%로 이뤄진 기체덩어리로서 초당  $3.8 \times 10^{23} kW$ 의 에너지를 우주에 방출하는 거대한 화염이다. 태양에서 지구로 입사되는 에너지량은  $2.4 \times 10^{15} kcal/min$ , 또는  $1.7 \times 10^{14} kW$ 으로 이중 약 35%는 대기권에서 반사되고, 18%는 대기권에서 흡수되고 바람을 일으키며, 47% 정도가 지표면에 도달한다. 일 년간 지구에서 받는 이 에너지량은 연간 세계 에너지 소비량의 약 20,000배이며, 지구가 태양으로부터 1 ~ 2주 동안 받는 에너지가 지구상에 매장된 전체의 화석연료에 상당한다. 지구는 태양으로부터

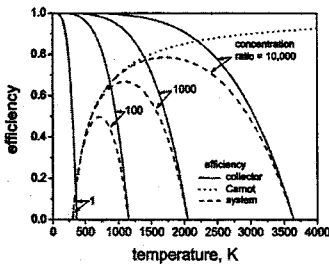


<그림 2> 전국 연평균 1일 수평면 전일사량 자원분포도 ( $kcal/m^2/day$ )

우리나라의 월별 수평면 전일사량의 일사조건을 일년을 기준으로 볼 때, 일사조건이 가장 좋은 달은 5월로, 하루  $4,296\text{kcal}/\text{m}^2$ 인 것으로 나타났으며, 가장 낮은 달은 12월로 하루에  $1,702\text{kcal}/\text{m}^2$ 로 나타났다. 계절별 일사조건은 봄과 여름철은 각각 24%, 22% 높았으며, 가을과 겨울철은 13%, 33% 정도 상대적으로 낮았다.

## 2.2 태양열 발전의 종류

태양열 발전 시스템의 종류는 크게 세 가지로 중앙 집중형 시스템(central receiver solar thermal electric power system)과 분산형 시스템(distributed solar thermal electric power system)과 독립형 시스템으로 구분된다. 중앙 집중형 시스템은 태양 추적 장치(heliostat)라고 불리는 거대한 태양 추적 반사경에서 반사된 태양광을 중앙에 위치한 탑의 한 점에 모아 고열을 얻고, 이 고열로 열교환기 등을 이용하여 고압 수증기를 발생시켜 전기를 얻는 방식이다. 집광비는 1000 정도이며 증기 터빈은 약 600 t로 운전된다.



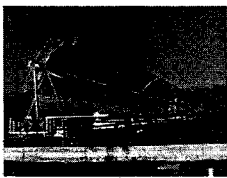
<그림 3> 집광비별 가득온도 및 효율

분산형 시스템은 선초점형이나 접시형 등 집광 집열기를 이용한 단위 집광 집열 시스템을 다수 분산 배치하여 배관 내를 흐르는 열매체를 가열시키고, 이를 이용하여 Stirling 엔진과 같은 열기관을 구동시켜 발전하는 방식이다. 독립형 시스템(stand-alone system)은 앞에서 언급한 집광 집열기를 이용하는 5~25 kW 급의 시스템으로서 전력 계통으로부터 독립된 소규모 전원으로 이용되는 것을 말한다.

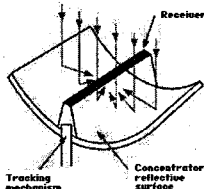
### 2.2.1 집광기술에 따른 종류

#### Parabolic Troughs

PTC의 반사면은 troughs의 초점에 놓인 집열관에 태양열을 모은다. 집열관 내의 가열된 열매체는 파이프를 통해 터빈/발전기에서의 사용을 위해 열교환기로 수송되어 증기로, 때로는 직접 집열관에서 증기로 만들어지기도 한다. PTC는 1축은 고정되어 태양을 추적한다. 이 기술은 공정열이나 화학반응을 위해 열을 제공하기 위해 제공되며, 현재는 전력 생산을 위해 많이 사용되고 있다. 집광비는  $10\sim 30$  sun 정도이다.

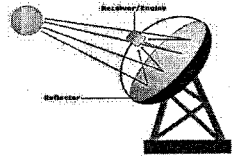


"Parabolic trough collectors producing directly superheated steam. (Courtesy of DES - 2)"



#### Dish Systems

Dish 시스템은 dish의 초점에서 태양열을 모은다. 이 시스템은 수천 sun의 집광비를 얻을 수 있다. 이 집열기는 태양 에너지를 직접 열로 변환시켜 열로 직접 이용하거나 화학 공정에 사용할 수 있으며, 가장 보편적인 사용 형태는 전력 생산이다.

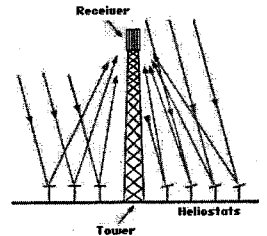


#### Power Tower

Power Tower 시스템에서는 heliostat가 중앙 타워에 설치된 집열기에 태양 일사를 반사하고 모으는 역할을 한다. 집열기의 열전달 매체로는 molten salt, 공기 또는 액체 금속 등이 사용된다. 가열된 열매체는 축열조를 거쳐 전력 변환 장치에서 전기를 생산한다. 이 시스템의 집광비는  $300\sim 1500$  sun 정도이며,  $1500^\circ\text{C}$  이상에서도 작동이 가능하다.

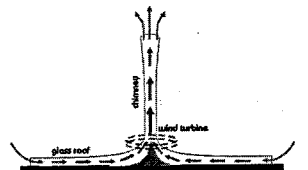


"Central Tower installation (Courtesy of Plataforma Solar de Almería, Spain)"



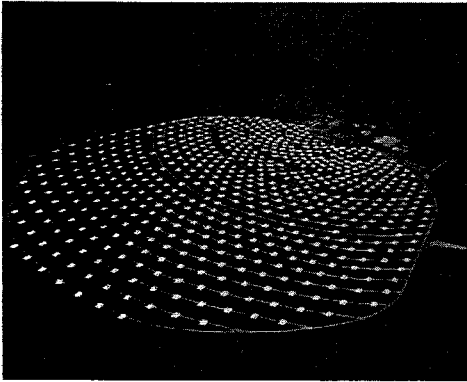
#### 태양열 굴뚝(Solar Chimneys)

태양열 굴뚝의 구조는 지상의 집열기와 굴뚝으로 구성된다. 그 작동 원리는 지상의 집열기는 얇은 금속 막이나 유리나 같은 투명한 재료로 덮여져 있어 그 안의 공기를 태양열에 의해 가열시킴으로서 온실효과를 일으켜, 가열된 공기를 중심부에 설치된 굴뚝을 통하여 상승하도록 하여 연속적으로 자연 순환에 의해 굴뚝의 하단부에 위치한 발전기 역할을 수행하는 공기 터빈을 작동시켜 발전을 한다. 집열기 즉 온실에서의 가열 공기와 굴뚝 상단부의 대기 온도와의 차이가 크면 클수록, 굴뚝 위에서는 더 큰 압력 강하가 일어난다. 이러한 현상이 가열 공기의 상승작용을 일으키고, 역학적 에너지를 만들어 낸다. 그러므로 굴뚝의 높이가 높을수록 효과는 더욱 커지게 된다. 생성되는 에너지와 전기의 양은 굴뚝을 통과하는 공기량, 즉 굴뚝의 직경과 터빈에 비례한다.



### 2.3 국외 태양열발전기술 보급 현황

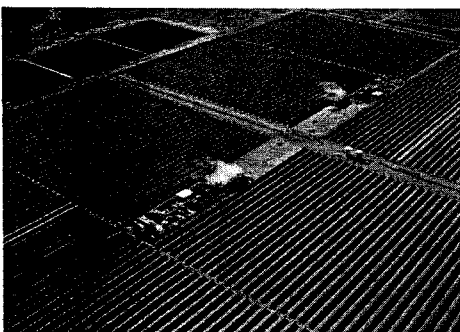
PS10 : An 11 MW Solar Thermal Power Plant in Southern Spain



PS10 - DESIGN FEATURES

Capacity	11 MW
Area	1,500,000 m <sup>2</sup>
Number of Heliostats	270,000
Receiver Tower Height	124 m
Receiver Diameter	14 m
Receiver Volume	1,000 m <sup>3</sup>
Receiver Temperature	400°C
Receiver Material	Water
Receiver Type	Point Focus
Receiver Efficiency	25%
Receiver Lifetime	20 years
Receiver Cost	1,000 \$/m <sup>2</sup>
Receiver Maintenance	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Cleaning	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Replacement	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Recycling	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Disposal	1 person/100,000 m <sup>2</sup>

ANDASOL : 50 MW parabolic trough plant with thermal storage



ANDASOL - DESIGN FEATURES

Capacity	50 MW
Area	1,500,000 m <sup>2</sup>
Number of Heliostats	270,000
Receiver Tower Height	124 m
Receiver Diameter	14 m
Receiver Volume	1,000 m <sup>3</sup>
Receiver Temperature	400°C
Receiver Material	Water
Receiver Type	Point Focus
Receiver Efficiency	25%
Receiver Lifetime	20 years
Receiver Cost	1,000 \$/m <sup>2</sup>
Receiver Maintenance	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Cleaning	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Replacement	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Recycling	1 person/100,000 m <sup>2</sup>
Receiver Disposal	1 person/100,000 m <sup>2</sup>

### 3. 결 론

태양 복사열은 지구에서 사용하는 모든 에너지의 근원이며, 가장 큰 재생 가능한 에너지원으로써 전 세계 사막의 약 1%에 태양열 발전소가 세워진다면 2000년에 소비된 전 세계 에너지를 충분히 공급할 수 있다. 그리고 태양열 발전의 발전 단가가 이미 '90년대 중반에 상용 화력발전 단가보다 약간 높은 수준까지 떨어졌다. 따라서 여러 가지 신. 재생 에너지 중에서도 태양열 발전이 그리고 태양열 발전 중에서도 대규모 중앙 집중식 타워형이 실용화된다면 부하 평균화용으로는 충분한 경제성을 가질 것으로 보인다. 태양열 발전시스템은 지역적 편차가 적다는 장점들을 갖고 있기 때문에 다른 신. 재생에너지 분야보다 경쟁력이 있다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] www.energy.or.kr
- [2] www.kier.re.kr
- [3] www.solarpaces.org
- [4] 강용혁 등, "국내의 태양열발전 기술개발 동향 및 설계", 한국 신.재생에너지 학회논문집, pp.658-661, 2007. 6
- [5] 강용혁, "태양열 증고온 발전시스템의 종류 및 기술동향", 태양에너지, Vol 3, pp3 ~ 11, 2004. 2
- [6] 강용혁, 김진수, "고온 태양열발전 기술", 기계저널 제45권 제10호, pp.47 ~51, 2005. 10
- [7] 강용혁, "태양열에너지 기술개발 현황 및 전망", 한국태양에너지 학회, 춘계학술대회 논문집, pp.23 ~34, 2008. 4
- [8] EUROPEAN COMMISSION, "2007 CONCENTRATING SOLAR POWER FROM RESEARCH TO IMPLEMENTATION by the European Commission"