

[총설] 태양에너지
Solar Energy
Vol.18. No.2, 1998

태양열 이용기술 개발 현황

강용혁, 양운섭

한국에너지기술연구소

Development of Solar Technology in Korea

Yong Heack Kang , Yoon Sub Yang

Korea institute of Energy Research

요약

국내 태양열 이용기술 개발 현황을 분석하기 위해 기술의 중요성과 태양열의 특징을 소개한 후에 국내의 기술동향을 요소기술인 태양열집열기의 온수기, 산업용 증고온시스템 및 태양에너지건물이용기술순으로 분석하였다. 분석결과 우리나라의 기술수준은 저온이용분야인 온수급탕의 경우 실용화 수준이며, 산업용인 증고온분야는 기초 및 소비시장 확대에 의한 가격의 저렴화 및 정부의 지원정책으로 태양열에너지의 이용을 증대시킬 수 있을 것이다.

이어서 국내 일사량자원과 보급현황을 살펴본 후 대체에너지 기술개발 기본계획상의 중장기 목표와 각분야별 기술의 개요 및 특징을 소개하였다.

국제환경에 대응하면서 국내 태양열 이용 및 보급 확대를 위해서는 기술개발을 통하여 얻어진 결과들이 사장되지 않도록 경쟁성 확보 시점까지 지속적인 수요창출을 위한 경제성 확보를 위해 추가적인 보완연구, 실용화연구 및 실증시범연구 등이 필요하다.

Abstract

In order to analyze the status of development of solar thermal technology in Korea, importance and characteristics of solar thermal technology is considered. That is, solar collector, solar hot water heater, solar industrial system and solar buildings is analyzed in the view of worldwide technology, And then, domestic insolation sources and sale amounts of solar system is introduced.

In this paper, it is presented long-term objective in the basic plan of development new & renewable energy in Korea.

As a result of analysis, the status of solar thermal technology in Korea is practical use state in the field of low temperature use and application state in the field of mid-temperature use.

1. 기술의 중요성

1) 기존에너지의 위기에 대한 대비가능성

- 에너지의 대부분을 수입에 의존
- 국가안보와 지속적인 경제 성장을 유지하면서 환경보전, 복지향상 필요
- 에너지 수입의존도를 최대한 감소시킬 수 있는 장기적인 에너지 수급정책의 수립과 근본적으로 고갈되지 않고 청결한 대체에너지의 개발 필요
- 태양열에너지 사용은 세계적으로 기술적인 면에서 이용가능성이 입증되고 있으며, 이용기술의 진보, 시스템 가격의 감소 및 이용률의 증대등으로 재생가능하고, 무한한 대체에너지 자원으로 각광을 받고 있음.

2) 관련분야에 미치는 영향력, 기여도

- 현재 사용중인 에너지의 대부분을 차지하고 있는 화석연료는 환경 오염 및 지구의 온난화 현상 등 심각한 공해

문제를 야기하고 있음.

- 태양열에너지 기술의 개발은 일차적으로 미래의 에너지원확보와 더불어 환경보호 차원의 환경친화적인 에너지자원의 개발과 활용을 촉진시켜, 이를 통한 국제통상 조약인 GR, TR, WTO 등 다자간의 협상에 능동적으로 대처할 수 있음.

3) 관련분야의 수입대체 등 무역수지 개선 효과

- 태양열에너지를 포함한 대체에너지의 공급비중을 2001년까지 총에너지 수요의 2% 수준으로 제고시에는 2000년에 석유 의존도 및 에너지 수입 의존도는 1~ 3% 정도 낮아져 그 만큼 경제적 압박이 줄게 됨으로서 태양열에너지의 개발은 더욱 절실한 것으로 판단됨.

4) 환경친화 효과

- 경제성장에 따른 산업 및 도시폐기물

의 발생량 증가는 물론 화석연료의 사용증가로 인한 CO, HC, NOx, SOx, 등 환경오염물질의 발생이 크게 늘어날 것으로 예상된다.

- 따라서, 공급 에너지로서의 보충적인 역할과 동시에 환경오염이 전혀 발생되지 않는 태양열에너지 개발과 이용이 시급한 실정이며, 국내 부존 태양열 에너지자원(연평균 1일 3,092 kcal/m²로 남한의 태양에너지부존량은 100억 TOE/년으로 추정)을 최대한 활용한다면 다가올 심각한 환경오염을 최소화할 수 있을 것으로 판단됨.

5) 부가가치 창출력

- 태양열에너지 이용기술의 산업화 채택으로 기업발전에 따른 많은 고용인원을 확대할 수 있고, 수출산업으로 발전시킬 수 있음.
- 태양열에너지는 기술면이나 자원면에서 볼 때 이용효율만 증대된다면, 태양열에너지는 우리의 모든 에너지 수요를 상당부분 충족할 수 있어 개발 가능성을 보여준다.
- 그러나 현재 태양열 에너지이용도는 극히 미약하기때문에 기술개발의 촉진, 소비시장 확대에 의한 가격의 저렴화 및 정부의 정책으로 태양열에너지의 이용을 증대시킬 수 있음.

2. 태양열에너지의 특징

- 태양열 이용은 태양으로부터 방사되는 복사

에너지가 대기층을 투과하여 지표면에 떨어지는 열 및 광 에너지를 모아 필요한 곳에서 사용함.

- 일사의 기본이 되는 태양상수는 대기권밖 법선면의 단위면적(m²)에 도달하는 에너지 밀도(Energy Intensity)로 세계기상학회(WMO)에서 1,367W/m²을 표준상수로 정의하였음 또한 태양으로부터 초당 방출되는 에너지는 3.8 x 10²³Kw이며 지구상에 떨어지는 에너지는 약 173 x 10⁶ Gw(1Gw = 10⁹w)로 이중 30%는 우주공간에 반사하고, 47%는 지표나 대기에서 흡수하며 23%는 지표면이나 해수면의 물을 증발시키고 식물의 광합성 및 기상의 기류를 변화시킨다.

- 태양에너지 이용분야중 태양광선의 파동성질을 이용하는 광열학적 분야인 태양열의 직접이용 분야는 집열온도, 즉 활용온도에 따라 저온(100℃이하), 중온(100~300℃), 고온(300℃이상) 활용분야로 세분한다.

- 태양열에너지는 에너지 밀도가 낮고, 계절별, 시간별 변화가 심한 에너지이기 때문에 태양열의 집열과 축열기술이 가장 기본이 되는 기술이다.

- 태양열에너지의 이용분야는 건물의 냉난방 온수급탕 분야부터 농.수산업, 산업분야와 발전까지 다양한 활용온도와 더불어 우리생활과 아주 밀접한 분야이다.

- 저온 이용분야는 실용화 연구가 경제성에 따라 진행중이고, 중고온 이용분야는 첨단 핵심기술의 개발이 각국에서 활발히 진행중이다.

- 최근에는 태양광선의 입자적 성질을 동시에 이용하는 조명분야 등 광혼합이용 첨단 연구가 진행되고 있다.

〈표1〉 전국 주요지역의 월별 연평균 1일 수평면 전일사량

(단위: Kcal/m²day)

지역명	월 별												전년 평균
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
춘천	1707	2402	3107	3934	4315	4250	3487	3701	3216	2520	1677	1422	2978
강릉	1982	2512	3054	3963	4451	3959	3492	3340	3143	2692	1962	1756	3026
서울	1702	2362	2972	3760	4047	3821	2889	3188	3139	2632	1713	1401	2802
원주	1764	2434	2985	3877	4283	4186	3361	3657	3211	2692	1792	1486	2977
서산	1981	2671	3374	4234	4720	4593	3540	3866	3546	3020	1916	1629	3258
청주	1858	2502	3081	3960	4441	4188	3536	3676	3295	2845	1838	1546	3064
대전	1844	2446	3157	4015	4186	3850	3519	3804	3235	2842	1877	1571	3029
포항	2081	2520	3075	3968	4350	4022	3615	3544	3012	2770	2098	1888	3079
대구	2048	2492	3124	4007	4347	4038	3535	3475	3066	2800	2043	1793	3064
전주	1797	2341	3002	3909	4227	3982	3471	3565	3183	2875	1878	1580	2984
광주	1964	2525	3234	4056	4382	3996	3571	3611	3383	3030	2039	1692	3142
부산	2225	2788	3211	3903	4264	3992	3743	3837	3124	2991	2271	2008	3196
목포	1963	2581	3433	4287	4666	4251	3841	4249	3616	3210	2167	1704	3331
제주	1257	1799	2748	3807	4325	4068	4167	3928	3247	2850	1874	1250	2943
진주	2385	2932	3519	4245	4516	4099	3761	3874	3367	3209	2373	2154	3369
영주	2003	2569	3348	4214	4644	4244	3681	3812	3481	2902	2062	1780	3228
평균	1910	2493	3152	4009	4385	4096	3577	3708	3267	2868	1974	1666	3092

● 국내 일사량 분포

• 연구소가 지난 82년 부터 최근까지 전국 16개도시에서 태양의 일사량(수평면 전일사량)을 측정한 결과, 우리나라의 평균일사량(수평면 전일사량)은 1 m²당 하루 3천1백칼로리로서 우리나라에서 추진되고 있는 태양열 이용기술과 관련 각종 연구, 보급사업이 보다 활성화할 수 있는 잠재적 여건을 제시하고 있음.

지역적으로 일사조건이 좋은 지역은 남해중서부, 태안반도, 영주분지순이며, 서울지방의 경우 심각한 대기오염으로 전국에서 가장 낮음을 알 수 있다.

계절별 일사분포 특성은 봄철과 가을

철의 일사조건은 내륙지방보다 해안지방이 좋으며, 여름철에는 전국이 고른 분포를 나타낸 반면 겨울철에는 남해지방 일원의 일사조건이 다른지역보다 상대적으로 높음을 알 수 있다.

양적비교에서는 봄과 여름철이 연평균 일사량보다 각각 24%, 23% 높았으며, 반면에 가을철과 겨울철에는 각각 13%, 35% 정도 낮았다.

• 한편, 일사량 성분중 직달일사량은 최근에 고온에너지를 얻도록 설계되는 고온집열시스템, 즉 태양로와 같은 기기의 개발과 보급을 위해서 절대적으로 요구된다. 이에따라 한국에너지기술연구소와 기상청과 공동으로 관련장비

를 확보하고 91년 5월부터 지금까지 전국 주요 16개지역 측정망을 구성하고 자료수집을 한 결과 우리나라는 청명(淸明)한 날 1m^2 당 하루 4천440칼로리의 직달 일사에너지를 받고 있는 것으로 나타났다.

3. 국외 기술수준 및 동향

● 미국

- 미국은 1970년대에는 저온분야인 태양열집열기 및 온수급탕시스템과 자연형 시스템 개발에 주력하였으나 1980년대 이후에는 자연형 태양열건물과 중고온 분야에 연구투자하고 있음.
- 태양열건물과 태양열시스템의 통합설계와 첨단일사조절창호를 포함한 자연채광분야를 미국 LBL에서, 태양열건물의 모니터링 및 진단기술은 Texas A&M대에서 활발히 연구 진행중.
- 태양열 온수급탕시스템의 상용화는 업체주도로 진행중이며, 1989년부터 진행된 스트라우만 계획(Strawman Plan)에 따라 NREL, 위스콘신대, 아리조나대, 콜로라도대학이 참여하여 등급제를 위한 새로운 시험과 평가방법에 대한 ASHRAE 기준을 1994년에 제시함.
- 태양열 발전분야는 1980년대 개발된 고온의 중앙집중식과 중온의 PTC, CPC형이 있으며, 전력생산의 상병화가 이루어지고 있다. 미국 NREL에서 DOE 주도로 Dish형 개발에 주력하고

있으며, 1995년 Sandia National Lab.에서는 Cumming사와 공동으로 20Kw급 Dish형 태양열 발전시스템을 완성 설치하였고, 1997년부터는 50Kw급까지 상용화 계획임.

● 캐나다

- NRC 주도하에 태양열건물 및 요소개발에 주력하고 있으며, 특히 일사조절창의 개발과 더불어 표준화 및 성능평가에 IEA사업 등을 통한 적극적 연구 활동을 수행중.
- 태양열시스템의 경우는 기후특성에 적합한 태양열 히트펌프와 집열기용 히트파이프 등을 Ottawa 대학과 NRC를 중심으로 활발히 수행중.

● EC 및 유럽 각국

- EC의 신재생에너지 개발은 JOULE (Joint Opportunities for Unconventional or Long - Term Engeries)과 THERMIE 프로그램 중심으로 이루어지고 있다.
- JOULE 프로그램내에 활동중인 4개 단체중 READ (Renewable Energies in Architecture and Design)는 태양에너지 이용기기의 건축 및 산업부분 이용과 냉난방, 실내조명용 자연형태양열 개념 이용 등 순수 태양에너지 건물의 개발을 목적으로 활동중이며, JOULE 프로그램의 주요대상과제는 자연형 냉난방기술 이용이 목적인 PASCOOL과 자연형 냉방설계기법 개발 및 보급확산이 목적인 SOUNFO가 있다.

- THERMIE 프로그램에서는 연구개발된 유망 신기술을 선정, 이를 실용화하거나 보급, 확산시키는 것으로 대규모 시범사업을 주로하는 특징이 있다. 기술개발 지원분야는 대규모 온수급탕, 냉난방, 환기용, 건조용시스템이 대상이고, 자연형태양열 분야는 이 부분에서 취급하지 않고 에너지합리적 이용분야의 건물부분에서 취급함. 특히 창재료와 하이브리드(혼합형)시스템 개발에도 집중 지원하고 있음.
- 유럽연합 과학 연구개발총국(DG XII)에서 마련하여 확정된 4차('94~'98) 연구개발 및 시범사업 기본계획에 의하면, 주요 연구개발부문으로는 신재생에너지 기술의 종합화 및 사회연관부분 연구로 자연형, 설비형, 자연채광 등의 종합화 및 부품개발, 시스템의 기준안 및 표준화, 태양열건물 단지 건설에 관한 종합연구 등이며, 시범사업 추진내용은 대규모 냉난방용 온수생산, 공기 가열식 난방 및 건조시스템 임.
- 프랑스는 태양열온수기, 태양열난방, 자연형태양열주택 보급확대를 위한 특별한 정책과 기술개발에 주력하고 있으며, 태양열온수기는 설치업자가 계약시 성능을 보장해주는 제도(GRS)를 1988년이후 시행중이며 현재 이탈리아, 스페인, 포르투갈 등으로 확산 시행되고 있다. 태양열난방은 집열탱크 대신 PSD라는 국내 바닥난방과 흡사한 방식의 시스템개발 및 보급에 주력하고 있으며 자연형태양열 건물분야는 고성능 단열재, 다기능 창재료, 투명 단열

재, 집열벽의 재료 및 요소개발과 자동 제어 및 통합설계 기술개발이 집중적으로 수행되고 있음.

● 일본

- 일본의 태양열에너지 기술개발은 NEDO를 중심으로 이루어지고 있으며 1993년에 시작한 New Sunshine 계획에 따라 지구재생 및 온난화 방지를 목적으로 핵심대형기술에 주력.
- 태양열온수기는 약 40개 업체가 연간 10만대 규모를 생산하고 있으며, 자연대류형과 상변화형이 주를 이루는 태양열온수기는 업체중심의 개발로 상용화됨.
- New Sunshine 계획에서는 자연형태양열 분야인 자연채광 및 제어와 대규모 태양열 냉난방, 온수급탕시스템의 산업이용 개발에 주력하고 있음.

● 호주

- 태양열온수기 분야는 주 수출분야로 발전되어 있으며 New South Wales 대학을 중심으로 태양열시스템의 장기성능평가 기술을 미국의 NREL, 위스콘신대와 같이 개발중임.
- 자연형 태양열시스템중 첨단일사조절 창호 개발과 평가방법 및 표준화를 UNSW이 IEA의 Task에 주도적으로 참여하여 수행중임.
- 연간 10만대 이상 규모를 생산하는 여러 태양열온수기 업체들과 시드니 대학, 호주국립대학을 중심으로 중온형 PTC와 Dish형을 이용한 태양열 발전시스템 개발을 수행중임.

- 국내 기술수준 및 동향

- 국내 태양에너지 기술개발은 1988년 대체에너지 기본계획이 수립되면서 기반구축을 위한 연구소 중심의 연구가 1992년 2단계 연구기간중에는 실용화를 위한 산학연의 연구가 중점적으로 추진되었으며, 1997년부터 3단계연구인 중점기술 개발 연구가 진행 중임.
- 태양열집열기는 태양열온수기 및 설비형시스템용 액체식 평판형집열기는 저가 고효율화 연구를 연구소와 업체가 주력하여 국산화하여 판매중이나, 이용효율과 적용성의 뛰어난 핵심연구분야인 진공관형이나 상변화형집열기는 물론 최근 선진국에서 활발히 실용화연구중인 복합형집열기의 개발은 핵심요소중의 하나인 전열소자의 태양열 이용기술 개발이 예기연에서 이루어진 정도이다.
- 태양열온수기는 자연대류형, 상변화형이 상용화되어 판매중이나, 일본을 비롯한 선진국에서 치중하고 있는 농·수산 및 산업부문 대규모 태양열온수급탕시스템의 개발은 태양열집열기의 개발수준과 연계되어 일부 양만장, 골프장, 수영장 등에 적용하는 수준으로 저온이용분야를 위한 다양한 저가 태양열집열기 실용화는 물론 중고온 이용분야를 위한 집열 및 축열 장치의 개발이 시급한 실정임.
- 선진외국에서 주력하고 있는 산업이용 및 발전을 위한 중고온 집광장치의 개발은 PTC형집열기 설계단계이

고 Dish형은 이론분석 및 설계검토 수준이고, 응용분야인 냉난방과 축열 기술은 개발된 요소기술을 통합화하는 시스템 기술개발이 필요함.

- 자연형 태양열시스템 및 태양열건물 응용기술개발은 연구소와 학교를 중심으로 꾸준히 개발되어 자연형시스템의 요소개발 및 태양열주택 등 모범도면작성 등이 이루어졌으나, 실제적 적용 및 실용화를 위해 첨단일사조절창이나 광경용 집열창과 같은 자연형 핵심요소개발과 더불어 태양열건물의 통합설계 및 통합제어기술개발이 수행되어야 함.
- 이와같은 태양열건물 및 시스템의 통합설계, 평가기술, 모니터링, 진단기술 등이 체계적으로 수행된적은 없으며 요소기술별 설계 및 평가기술은 부분적으로 수행된 적이 있음.
- UR, GR 및 WTO에 대비하여 국외 선진외국에서 IEA사업을 통한 태양열시스템 및 요소의 국제표준화를 추진중인데 반해 국내에서는 태양열온수기의 성능평가방법 개발이 이루어진 수준으로 자연형시스템, 일사조절창, 태양열집열기 및 태양열온수기 성능평가 기준의 국제표준화가 절대적으로 필요함.

4. 태양열에너지 국내·외 기술수준

	국내 기술수준	국외 기술수준
태양열 에너지	<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열 집열기 및 온수기 개발 (요소기술) ● 저온용 태양열집열기 국산화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 평판형집열기 생산보급 (온수기 및 설비형 용) ● 주택용 태양열온수기 국내생산 공급 <ul style="list-style-type: none"> ○ 자연대류형,상변화형 생산보급 ○ 97년 약 7만7천대 보급 	<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열 집열기 및 온수기 개발 (요소기술) ● 다양한 저가 고효율 제품 보급 <ul style="list-style-type: none"> ○ 상변화형,진공관형 집열기 상용화 ○ 복합형 집열기 실용화연구단계 ● 다양한 적용분야에 맞는 고효율 태양열 온수기 실용화(공동시설, 농수산업 등) <ul style="list-style-type: none"> ○ 일본 년 10만대규모 생산보급 ○ 미국,유럽 시장규모 확대
	<ul style="list-style-type: none"> ● 중고온용 태양열집열시스템 및 응용기술 개발(시스템 및 산업응용) ● 중고온용 태양열집열장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ PTC형 집광장치 개발중 ○ DISH형 설계분석 수준 ● 태양열 냉난방시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양열 흡수식시스템(5RT) 개발중 ● Solar Detoxification 시스템 개발중 <ul style="list-style-type: none"> ○ 수질,대기처리용 ● 태양열축열시스템 개발중 <ul style="list-style-type: none"> ○ 저온축열재 개발중 ● 태양열 발전시스템 개발 기초단계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 이론분석 수준 	<ul style="list-style-type: none"> ● 중고온용 태양열집열시스템 및 응용기술 개발 ● 상용화단계, 산업공정열 응용 상용화 <ul style="list-style-type: none"> ○ PTC형,CPC형 미국,호주,유럽 상용화 ○ DISH형 미국,스페인 실용화단계 ● 설계기술 확립, 상용화 단계 <ul style="list-style-type: none"> ○ 흡수식 3RT급 개발완료 일본 ○ 흡착식 개발중 미국,일본,프랑스 ● 유독성폐기물,폐수처리 태양반응기 <ul style="list-style-type: none"> ○ 실용화단계 ● 태양열축열시스템 실용화개발중 <ul style="list-style-type: none"> ○ 중고온 축열재 개발 연구중(일,미,프) ● 태양열 발전시스템 실용화 <ul style="list-style-type: none"> ○ '96 미국7.5Kw,스페인9Kw,이스라엘 등 ○ 상업화('97;미국25Kw,50Kw)
	<ul style="list-style-type: none"> ● 태양에너지건물 응용기술 ● 자연에너지 복합이용 조명 및 냉난방기술 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기초단계 ● 자연형 태양열시스템 <ul style="list-style-type: none"> ○ 요소개발 수준 ● 태양열 주택 유형별 설계도면 작성 및 태양 열건물 요소기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 모범도면작성, 통합제어 기초수준 ● 태양열건물 및 시스템 통합설계 및 평가기술 기초단계 ● 태양열시스템 성능평가 및 표준화사업 부분 적 개발단계 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 태양에너지건물 응용기술 ● 건물적용 실용화 단계 <ul style="list-style-type: none"> ○ PV겸용집열창, TAP, 일사조절창 개발중 ● 태양열건물 통합적용 및 실용화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 최적설계기술 확립, 첨단요소 개발중 ● 태양열건물 통합제어기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> ○ 에너지자립형건물 설계기술 완료단계 ● 통합설계 및 평가기술 확립, 태양열건물 모니터링 및 진단기술 확립 ● IEA사업 등을 통한 국제표준화 수행중(태양 열집열기, 온수기, 일사조절창 등)

5. 주요 보급 및 정책동향

● 미 국

개발 현황	보급실적(동향)	주요시책(R&D)
<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열발전 및 산업이용기술 <ul style="list-style-type: none"> ○ Solar Tower Power <ul style="list-style-type: none"> ○ 상업화 ○ Dish Engine <ul style="list-style-type: none"> ○ 실용화, 상용화 ○ Hybrid PTC Plant <ul style="list-style-type: none"> ○ 실용화 ● 산업공정열 - 실용화 ● 유독성 폐기물 - 실용화 ● 태양열 건물 이용 <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양열건물 에너지 진단기준 ○ 자연채광(첨단일사창호 개발) ○ 태양광 복합건물 개발 ○ 건물통합프로그램 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ● 시장확대 (900MW) <ul style="list-style-type: none"> ○ 10MW급 운전중 ○ Dish 7.5Kw, 25Kw급 시범설치 ● 120만호 적용 (800Mwe) 	<ul style="list-style-type: none"> ● SRCC 검증 및 등급 ● 국제표준규격화 ● 시스템 복합화 ● 태양열 발전 설계 보조자금 지원 ● Loan - Star Project

● 일 본

개발 현황	보급실적(동향)	주요시책(R&D)
<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열 집열기(온수기) <ul style="list-style-type: none"> ○ 상변화형, 진공관형 집열기 실용화 ● 태양열 냉난방 <ul style="list-style-type: none"> ○ 태양열겸용흡수식시스템 (3RT) ○ 개발완료 - 실용화연구 ○ 태양열 냉장고(-20℃)개발 ○ 잠열 중고온 축열재 개발 ○ 태양화학열펌프 개발 (250~300℃) ● 산업용 시스템 개발 (~2010) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 년10만대 생산보급 ● 국외수출 활발 ● 보급목표(2000년) 300만Kw 	<ul style="list-style-type: none"> ● New Sunshine 계획 <ul style="list-style-type: none"> ○ 대규모 산업시스템 ○ 자연채광등 자연형 중점지원

• E C

개발 현황	보급실적(동향)	주요시책(R&D)
<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열 건물 이용 • JOULE <ul style="list-style-type: none"> ○ 설비형, 자연형시스템, 자연채광의 종합화 및 부품개발 ○ 시스템 기준안 및 표준화 ○ 시범 건물 연구 • THERMIE <ul style="list-style-type: none"> ○ 대형건물, 집단주택의 냉난방 ○ 대형건물, 집단주택에 설비형 및 자연형 시스템 적용 및 일체화. ○ 진공관형 집열기 개발 ● 태양열 발전 <ul style="list-style-type: none"> ○ Dish형 개발 (7.5Kw) ○ 태양화학공정(폐수, 유독성 폐기물처리) ○ 부품개발 ○ 실증실험(Dish형, Tower형) 	<ul style="list-style-type: none"> • 1991년 태양열집열기 열 생산량 (설치면적 $157.8 \times 10^3 m^2$ 열생산 336TJ) • 7Mw, 4Mw Power Tower 운영 • 60Kw태양로 • Dish($44m^2$) 개발완료 	<ul style="list-style-type: none"> • JOULE Program • THERMIE Program • 인증제도 실시 • IEA Task Solar PACES - Program (14개국 참가)

• 호 주

개발 현황	보급실적(동향)	주요시책(R&D)
<ul style="list-style-type: none"> ● 태양열 건물 이용 <ul style="list-style-type: none"> • 첨단일사창호 개발 및 평가 ● 산업 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 태양열 집열기 및 온수기 개발 • PTC형 개발 ● 태양열 발전 <ul style="list-style-type: none"> • Dish형 시스템 개발 (50Kw) 	<ul style="list-style-type: none"> • 수출주요품목 • Big Dish ($4000m^2$) 실용화 	<ul style="list-style-type: none"> • IEA Task

● 국내 보급 실적

〈표 2〉 태양열 분야의 유형별 보급현황

구 분	~'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	계	
설비형 시설	가정용	6235	2265	2953	2142	2036	4026	7796	16106	41149	77226	161,934
	골프장	22	3	9	14	10	8	3	6	6	6	87
	양어장	2	1	2	8	3		3	5	5	5	34
	지중난방									9	71	80
	기타	120	12	3	1	2	3	5	1	9	9	165
자연형 시설	2198	109	8	2	3	1	1				2322	
합 계	8577	2390	2975	2167	2054	4038	7808	16118	41178	77317	164,622	

〈표 3〉 '97년도 지역별 태양이용시설 설치현황

구분	서울	부산	대구	인천	창주	대전	울산	경기	강원
가정용	6,628	1,475	3,673	3,084	4,305	4,349	363	15,784	4,407
골프장								8	1
양어장									
지중난방			1	2			3	35	3
기타	2	2	1			3		6	2
소계	6,630	1,477	3,675	3,086	4,305	4,352	366	15,833	4,413
집열판설치 총매수	19,968	4,715	11,079	9,312	12,915	13,287	1,139	49,075	13,526

구분	충남	충북	경남	경북	전남	전북	제주	합계
가정용	7,197	5,078	6,109	3,864	3,988	5,466	1,456	77,226
골프장			1				1	11
양어장					5			5
지중난방	12	6	6		1	2		71
기타	2	3	2	1	2	2	1	28
소계	7,211	5,087	6,118	3,864	3,996	5,470	1,458	77,341
집열판설치 총매수	21,935	15,537	18,872	11,592	14,947	16,526	4,548	238,976

* 기타 : 목욕탕, 숙박시설, 식당, 산업체

* 집열판설치총매수 : 가정용 3매, 기타시설은 실제 설치매수

6. 태양열 적용분야

가. 적용분야

구분	자연형	저온용(설비형)	중온용(산업용)	고온용(발전용)
활용온도	60℃이하	100℃이하	300℃이하	300℃이상
집열부	자연형시스템, TAP	평판형집열기	진공관형집열기 PTC형집열기 CPC형집열기	DISH형집열기 Power Tower Furnace
축열부	공기, Tromb Wall	저온축열	중온축열	고온축열
적용분야	건물난방, 조명	건물난방, 온수급탕 농수산분야	건물냉난방, 산업공정 열, 폐수처리	발전, 우주용

나. 각 분야별 기술개요 및 특징

1) 태양에너지 건물 복합응용 기술

현재 태양으로 부터 직접 전달되는 에너지를 통해 건물에 복합응용할 수 있는 기술분야는 건물난방(Heating of Building), 건물냉방(Cooling of Building), 자연채광(Natural Lighting), 온수난방(Hot-Water Heating), 가습(Humidification), 제습(Dehumidification), 건조(Drying), 환기(Ventilation), 전력생산(Electrical Power Generation), 조경과 대지계획(Landscaping and Site Planning), 태양열 이용 에너지 자립형건물(Stand-alone Building) 등과 같이 매우 다양하며 이들 기술을 통한 잠재적 에너지가용량은 엄청난 것이다.

모든 건물의 냉난방, 급탕, 조명에너지로 소비되는 화석에너지를 거의 수입에 의존하고 있는 국내실정을 볼 때 태양에너지를 비롯한 청정 자연에너지의 건물 응용복합 응용기술의

연구개발은 국민경제향상과 대체에너지자원의 안정적 확보란 관점뿐 아니라 지구환경보전이 라는 측면에서 시급한 문제라 하겠다.

따라서 건물의 구조체를 이용 반영구적이며 보조의 동력기구를 사용치 않고 자연순환만으로 냉난방 할 수 있는 자연형 태양열 냉난방 시스템, 자연채광 등 각종 요소기술과 궁극적인 에너지자립건물의 개발은 에너지 절약 및 환경오염 방지는 물론 대체에너지원으로서 자연에너지 활용 기술확립과 이용기술의 실용화를 도모한다는 점에서 중요성은 매우 크다.

특히 기존의 자연에너지를 이용한 냉난방 설계전략의 방향을 완전히 바꾸어 버릴 수도 있는 첨단기술 및 신재료를 이용한 요소기술 분야의 연구개발과 이들의 실용 시스템화 및 표준화 작업에도 상당한 투자가 이루어 져야 할 것이다.

향후 태양열 건물복합 응용을 위한 기술개발의 기본 방향은 첨단소재를 활용한 성능개

선 위주의 요소기술 개발, 조립화 부품화 모듈화 등 실용성 위주의 시스템개발, 각 개별 시스템의 복합적용을 위한 통합화 설계 평가 및 제어 기술의 개발을 중심으로 추진하며, 궁극적으로 대체에너지를 이용한 에너지 자립형 건물 개발을 목표로 개발된 기술이 곧바로 실용화 보급될 수 있는 실무형 위주의 연구사업으로 추진할 예정이다.

2) 산업용태양열시스템

국내 에너지소비의 절반 이상을 차지하는 산업에너지부문에서의 태양열이용은 중고온이용기술과 더불어 산업용태양열시스템의 개발이 필수적이다.

이와같은 산업용태양열시스템 기술분야는 집광시스템개발을 제외하면 태양열복합축열기술, 태양열냉난방시스템 기술 그리고 태양에너지 유독처리기술로 대별된다.

태양열복합축열기술은 저온은 물론 중고온 축열을 포함하며 축열방법으로 현열, 잠열 및 화학축열등을 타열원과의 복합으로 경제성을 확보하는 것이 평요하다. 현재 개발중인 복합축열시스템은 심야전기 및 지중열 복합 태양열 축열시스템 과 태양열냉난방용 캡슐 PCM 요소화 및 축열시스템 등이 있다.

태양열냉난방시스템의 개발분야는 태양열 고체-수착식 및 흡수식 냉난방 시스템 개발, 태양열 Desiccant 및 Rankine엔진구동 냉방시스템 개발 및 태양열 열전(TEC)Cogeneration시스템 개발등이 있으나, 실용화를 위한 경제성 확보를 위해 첨단요소 개발은 물론 타열원과의 복합화 연구가 병행되어야 한다.

태양에너지 유독처리기술은 광에너지를 이용하여 유독성 폐기물을 무해한 물질로 완전 분해하는 기술을 말한다. 그러나 산업폐수, 지

하수 등을 오염시키는 대부분의 유독성 물질들은 태양광을 흡수하지 못하여 분해되지 않으므로 이들을 분해하기 위하여는 필요한 파장대의 태양광을 흡수하여 광 에너지에 의한 화학적 반응을 유도할 수 있는 보조물이 필요하다. 이렇게 반응의 초기 유발을 도와주는 반도체성 보조 물질을 광촉매라고 한다.

광촉매의 효율 향상을 위하여 졸-겔법, dialysis법 등 다양한 제조 기술 개발과 함께 광반응기 설계 및 구성 기술이 조화를 이루어야 고효율의 광반응기 개발이 이루어 질 수 있다. 이들 기술의 개발은 대기/토양 처리 뿐 아니라 해양 유출유 처리, 탈취 처리, 유독성 배기 가스 저감 등 다양한 분야에 적용할 수 있다.

또한, 이 기술은 기존의 유독성 폐기물 처리 기술에 비하여 반응 후 2차 부산물의 생성을 억제 할 수 있을 뿐 아니라 상온에서 반응이 유발되어 에너지 소모가 적감한다는 잇점을 지니고 있다.

3) 태양열 중고온 이용 및 발전기술

국가적 에너지 소비구조의 절반을 차지하는 산업분야에 태양열 중고온 이용은 이 분야에 대체 에너지원 및 대체시스템의 적용으로 범국가적 에너지절감 및 새로운 대체에너지원의 확보가 가능하다. 이와같은 태양열 중고온 이용 산업분야는 공정열수 (Process heat water), 건조탈수 (drying & dehydration) 및 공정증기 (process steam) 등 세분야로 대별된다.

우리나라보다 에너지 조건이 좋은 선진국에서도 1970년대말 부터 산업분야에 대한 태양열 적용을 꾸준히 해 왔으며, 특히 미국의 경우는 많은 다양한 분야에서 시범적용을 수

행하였다.

최근에는 태양열 중고온 산업시스템을 활용 온도 및 공정별로 적용하기 위하여 광범위하게 각 요소 및 시스템 연구가 진행되고 있다.

무공무진하며 무공해한 대체에너지원인 태양에너지의 직접이용은 집열온도, 즉 활용온도에 따라 저온, 중온, 고온 활용분야로 세분한다. 활용온도의 증가에 따라 기술의 난이도는 증가하기때문에 상업적 측면에서 보다 큰 부가가치를 창출할 수 있어 현재 선진각국에서는 태양열 이용 첨단기술개발 분야로 중고온 이용분야에 연구투자를 집중하고 있다.

과거 수십년간 진행된 집광시스템의 연구개발은 온수급탕과 난방 등의 저온이용을 위해 다양한 평판형 집열시스템 개발에 집중되었으나, 중온이상의 온도를 사용하고자 할 때에는 효율이 급격히 떨어져 사용할 수 없다. 그러므로, 중온이상의 온도를 얻기 위해서는 PTC형, CPC형, DISH형 등의 고집광시스템의 사용이 필수적이다.

고집광 시스템은 집열방식에 따라 구분되며, 가장 핵심 요소기술은 집열부 설계 및 소재 개발, 태양 추적장치 설계 및 제어기술이다.

밀도가 낮은 태양열을 중고온 상태로 높이는 방법의 하나로 태양열펌프 레이저의 개발이 진행되고 있으며, 태양열펌핑을 위하여 다른 타입의 레이저들이 제안되고 있다. 즉, 광학펌프 레이저, 광해리 레이저, 열펌프 레이저 및 가스동력 레이저등이다.

태양펌프 레이저의 적용분야는 크게 2가지, 즉 지상용과 우주용으로 나눌수 있다. 지상용 중에서 산업의 광화학으로의 태양레이저 응용이 가장 뛰어나며, 현재 기술상태에서 수 Kw 동력범위에서 고동력의 효율적 태양레이저 개

발은 이들 응용을 위해 필수적이다.

태양열 발전기술은 고온을 이용하는 기술로 국부적으로 신재료 및 첨단 요소기술이 필요하다.

태양열로 전기를 얻는 방법은 간접전환방법이며 시스템은 집열부, 에너지수송부, 에너지전환부 및 저장부로 구성된다.

태양열 발전시스템은 집열방식에 따라 집중형과 분배형으로 나누며, 집중형의 경우는 대규모 발전 플랜트에 적합하고 분배형은 중규모 이하 플랜트나 독립형 발전시스템에 적합하다.

에너지 전환 시스템으로는 발전기와 열방출 부설시스템이 부착된 열엔진(증기랭킨, 유기랭킨, 가스브레이튼 또는 스테링)으로 구성되며, 열엔진에 따라 시스템 설계 및 구성이 변한다. 에너지 수송 및 저장은 기존 타열원 발전시스템과 유사하여 기술의 공유가 가능하다. 태양열 발전시스템의 개발과 더불어 운전 기술의 확보는 시스템 최적화 및 효율 향상을 위해 필수적이며, 시스템의 성능 및 경제성 평가를 위한 측정평가 기술도 필요하다.

향후 모든 기술이 복합화 기술로 통합되어 태양열 중고온 이용시스템 및 발전시스템의 복합화는 다양한 에너지 수요를 만족시킬 것이다.

4) 신재생에너지 복합 이용시스템

신재생에너지 복합 이용시스템은 신재생에너지의 서로 다른 분야를 결합하여 새로운 에너지를 창출하는 기술로서 일반적으로 서로 보완 또는 병용되는 기술을 이용하여 안정된 에너지원을 확보하는 데에 그 목적이 있다. 즉 태양에너지의 경우 흐린 날에는 그 에너지를 이용할 수 없으므로 풍력에너지나 소수력 또는 연료전지 등을 이용한 상호 보완적인 에너지원의 확보나 또는 태양광발전과 태양열

이용 등과 같이 동시에 두 에너지를 병용하여 얻는 기술의 결합으로 생각할 수 있다.

복합 이용시스템의 경우 상호 보완적인 관계를 통하여 비교적 안정된 에너지를 공급할 수 있으나, 초기의 높은 설비투자과 이에따른 경제성 부족은 선결되어야 할 당면 과제이다.

신재생 복합 이용기술은 기술의 이용형태에 따라서 발전이용과 열이용으로 나뉘어지며, 두 개의 이용기술을 결합하는 단순이용기술과 세 개 이상의 기술을 이용하는 다중 이용기술로 구분할 수 있다.

단순 복합발전 이용기술의 대표적인 예로는 태양광-디젤 복합발전을 들 수 있으며, 다중 복합발전 이용기술로는 삼중 복합기술인 태양광-풍력-디젤 복합발전, 사중 복합발전 기술인 태양광-풍력-연료전지-디젤 복합발전으로 구분할 수 있다.

열에너지와 발전기술을 병용하는 열·발전 복합 이용기술로는 단순 이용형태로 태양열-태양광 복합기술과 다중 복합형태인 태양열-태양광-풍력-연료전지 복합기술을 예로 들 수 있다. 또한 단순히 열에너지만을 이용하는 열복합 이용기술로는 태양열-바이오 복합기술을 들 수 있다.

그밖에도 복합 이용기술에 분류는 서로 다른 단위 신재생기술을 결합하여 사용함에 따라서 많은 기술분야가 구성될 수 있다.

신재생 복합 이용시스템의 적정성, 신뢰성 및 경제성 확보를 위한 대규모 실증사업은 복합이용기술 개발을 위해서는 필수적이며, 설치지역과 적용분야에 따라 복합요소와 규모가 결정된다.

현재 각 요소별 시스템의 성능측정 및 평가기술은 장기성능평가기술이 개발중이며, 복

합시스템의 성능평가를 위해서는 측정방법과 장단기 성능평가방법의 개발이 필요하다.

신재생 복합 이용시스템의 최적설계, 효율적 사용 및 성능평가를 위해서는 국내 지역별, 년평균 일사량, 풍속, 우량 등의 누적된 데이터가 필요하며, 각 데이터의 성분 분석을 수행하여야 한다.

다. 주요 성공사례

- 국내
 - 자연형 태양열학교 및 우체국 모범도면 작성 및 보급
 - 자연형태양열교실(초등학교):1,675개 교실(1980 ~ 1990)
 - 자연형 우체국:60개소(1985~1997)
 - 태양열온수기 개발 및 실용화
 - 자연대류형,상변화형 상품화 보급 : 약 160,000 기 (1980 ~ 1997)
- 국 외
 - Sunshine & New Sunshine Program (일본)
 - 대체에너지 개발
 - 대형, 산업용 태양열시스템 개발 및 보급
 - RoanStar Program (미국)
 - 건물에너지 진단 및 개보수
 - 대체에너지도입 및 에너지 절감
 - 정부 및 공공건물부터 시작
 - SOLPACES
 - IEA Project
 - 태양열발전 및 태양화학에너지 시스템 개발 (1977 ~ 현재)
 - 선진 13개국 참가 (오,벨,독,영,그,이,스,미,러,호 등)
 - 3 TASK 진행 : 시스템, 화학, 부품 및

7. 연구개발목표(국내 중장기 목표)

● 연구의 필요성

- 장기적인 국가 에너지 공급의 안정성 확보
- 산업확대에 따른 환경오염 증대와 생활수준 향상에 따른 환경의 질 개선

- GR, WTO 등의 국제적 환경에 대비하는 기술확보
- 국내 태양열 이용기술 향상을 위한 국제화 및 표준화

● 연구의 최종목표

분 야	최 종 목 표
<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 자립형 태양에너지 건물 개발 • 산업용 태양열 시스템 개발 • 태양열 발전시스템 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지자립형 태양에너지 건물 요소 및 모듈 실용화 • 에너지자립형 태양에너지 건물 실용화 (태양의존율 80% 이상) • 주거단지, 공동시설 및 농수산분야 대규모 태양열시스템 실용화 • 산업공정열 분야 태양열시스템 실용화(태양 의존율 50% 이상) • 15Kw급 태양열 발전시스템 개발 • 30Kw급 실증시험 및 운전 연구

● 연구의 단계별 목표

2001년	2006년
<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 자립형 태양열 건물 요소 실용화 기술 • 에너지 자립형 태양에너지 건물 최적설계 기술 • 산업용 시스템의 요소기술 상용화 • 태양열 발전시스템 집광장치 및 발전장치 최적설계 (15Kw) 	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 자립형 태양열건물 요소 및 시스템 상용화 기술 • 에너지 자립형 태양에너지 건물 통합제어 기술 • 대규모 산업용 및 광복합 시스템 상용화 • 태양열 발전시스템 통합설계 및 운전 기술 (30Kw)

종류\단계별	1997 ~ 2001	2002 ~ 2006
자연형	건물태양열복합이용기술 개발	성능평가 및 진단기술 상용화
저온용	적용별 태양열시스템 실용화	상용 국산화, 표준화
중온용	산업용태양열시스템 개발	실용화 및 실증시험
고온용	태양열집광시스템 개발	15KW실용화 및 30KW실증시험

7. 맺음말

기술의 중요성과 중장기 기술개발 목표에서 살펴본 바와 같이 장기적인 국가 에너지 공급의 안정성 확보, 산업확대에 따른 환경오염 증대와 생활수준 향상에 따른 환경의 질 개선 및 GR, WTO 등의 국제적 환경에 대비하는 기술확보를 위해 태양열에너지의 기술개발은 중요하며 국내 태양열 이용기술 향상을 위한 국제화 및 표준화도 시급한 과제이다.

태양열에너지는 기술면이나 자원면에서 볼 때 이용효율만 증대된다면, 태양열에너지는 우리의 모든 에너지 수요를 상당부분 충족할 수 있어 개발 가능성을 보여준다.

그러나, 우리나라의 기술수준은 저온이용분야인 온수급탕의 경우 실용화 수준이며, 산업용인 중고온분야는 기초 및 응용기술개발단계이다. 현재 태양열 에너지이용도도 아직 미약하기때문에 기술개발의 촉진, 소비시장 확대에 의한 가격의 저렴화 및 정부의 지원정책으로 태양열에너지의 이용을 증대시킬 수 있을 것이다.

과거 기술기반을 위해 제정되었던 대체에너지기술개발촉진법이 지난해 말 대체에너지 기술개발 및 이용보급촉진법으로 개정되어 실제 보급확대를 위한 근거가 마련되었다.

태양열분야의 정책은 현재 국제환경(GR 등) 변화에 따른 신속한 대응기술이 결여되어 있다. 제도적으로 대체에너지개발 참여기업의 금융지원 또는 세제상의 보완이 필요하며, 대체에너지 시설 설치 및 사용자에 대한 조세감면이나 전력요금의 차동화 적용 등을 통한 획기적 혜택부여가 필요하다.

태양열 이용 및 보급 확대를 위해서는 기

술개발을 통하여 얻어진 결과들이 사장되지 않도록 경쟁성 확보 시점까지 지속적인 수요 창출을 위한 경제성 확보를 위해 추가적인 보완연구, 실용화연구 및 실증시범연구등이 필요하다.

참고문헌

1. 한국에너지기술연구소, "대체에너지기술개발 기본계획 개선연구", 951Z101103FG1, 1996.
2. 에너지자원기술개발지원센터, "신재생에너지자료집", 1998
3. 에너지자원기술개발지원센터, "대체에너지 기술개발자료집", 1997
4. 태양열사업단, "태양열이용기술", 1998

Development of Solar Technology in Korea

Yong Heack Kang , Yoon Sub Yang

Korea institute of Energy Research

Abstract

In order to analyze the status of development of solar thermal technology in Korea, importance and characteristics of solar thermal technology is considered. That is, solar collector, solar hot water heater, solar industrial system and solar buildings is analyzed in the view of worldwide technology, And then, domestic insolation sources and sale amounts of solar system is introduced.

In this paper, it is presented long-term objective in the basic plan of development new & rewable energy in Korea.

As a result of analysis, the status of solar thermal technology in Korea is pactical use state in the field of low temperature use and application state in the field of mid-temperature use.