

태양에너지 이용에 관한 현황 및 전망

오 정 무

태양에너지연구소

Present and Future Aspect of Solar Energy Applications

Paul Chungmoo Auh

Korea Solar Energy Research Institute

요 약

에너지 공급문제로 시급한 역경에 처해 있는 우리나라에 지금 당장 조금이라도 도움을 줄 수 있는 재생에너지를 연구 개발하여 재래식 에너지의 부족에 대비할 수 있도록함이 바람직하다.

세계 각처에서 이러한 재생에너지를 연구·개발하는 노력을 활발히 경주하고 있으며, 이미 태양 에너지를 이용할 수 있는 여러가지 방법의 기술적인 타당성이 증명되었다.

이 논문에서는 비교적 널리 알려진 태양에너지 이용 기술의 내용과 그의 적용 및 전망을 간단히 서술하였으며, 그중 가장 널리 보급된 태양열 주택난방 시스템의 용어와 개념을 재정비하였다. 또한 태양열 난방시스템의 장·단점, 초기투자비 및 보급 계획(한국 정부의)에 대해 간단히 언급하였고, 각 태양열 적용 기술에 있어서의 연구·개발의 시기성 및 그의 실용성에 대한 저자의 의견도 제시하였다.

Abstract

Due to the uncertain situation of the future energy supply, Korea must develop her own renewable energy sources such as, especially, the solar energy as alternatives to the conventional energy sources.

Extensive R & D efforts are being made to effectively utilize this renewable energy source. A variety of different technologies for utilizing solar energy have been proven to be technically feasible. Here, some of the promising technologies and their applications are briefly described and their potentials are discussed.

In addition, this paper defines the technical terminologies and the concepts of the solar heating and cooling systems. Also discussed are the advantages & disadvantages, the initial investment, and the commercialization plan(by the Korean government) of the solar heating

systems. Finally, the brief recommendations were made on the practical applicability of each technology according to its priority.

1. 서 론

에너지 공급문제로 시급한 역경에 처해 있는 우리나라에 지금 당장 조금이라도 도움을 줄 수 있는 태양열 시스템을 조속히 연구·개발하여 일반 대중들에게 보급하는 것이 현재의 시급한 업무다. 여기에 태양에너지 이용에 관한 여러부분에 있어서의 현황 및 전망을 간단히 소개하고, 그중 우리나라에 가장 널리 보급되고 있고, 또 앞으로도 계속 보급될 주택난방의 태양열 시스템에 관한 용어와 그 개념을 명확히 재정비하고 그 장·단점 및 비용 그리고 우리나라 정부의 보급 계획에 관하여 언급하고자 한다.

2. 본 론

1. 태양에너지 이용범위

태양에너지의 이용은 직접적과 간접적인 부분을 합치면 그 범위가 상당히 넓다. 이제까지 비교적 널리 알려진 이용 부문은 다음과 같다.

(가) 수영장용 온수 가열 시스템(Swimming Pool Heating System)

가장 간단하고도 값이 저렴한 집열기를 사용하여 태양열로 수영장용 온수를 가열시키는 시스템으로 초기 투자비가 낮고, 시스템 효율이 높아 미국 남부지방 같은 곳에는 이미 많이 보급이 되었고, 우리나라에서도 앞으로 보급이 가능한 이용분야이다.

(나) 주택용 온수급탕 시스템(Domestic Hot Water System)

집열된 태양열을 이용하여 온수를 만드는 이 시스템은 여러가지 유형(자연대류형, 배수 강제순환형, 비배수 강제순환형 등)으로 분류되어 있으며, 비교적 경제성이 높아 세계 전역(특히 미국, 이스라엘, 일본, 오스트랄리아 등)에 많이 보급되어 있다. 우리나라에서도 많이 보급이

되어야 할 이용 분야이다.

(다) 설비형 또는 자연형 냉·난방 시스템(Active or Passive Solar Heating and Cooling System)

설비형 난방 시스템은 과거 여러해 동안의 연구·개발 결과 그 기술의 완숙단계에 도달했으나, 아직도 기술적인 사후관리 문제와 경제성 문제가 남아 있으며, 우리나라 현 실정으로는 그 대량보급이 아직 시기 상조라 생각된다. 자연형 난방 시스템은 그 효율면에 있어서 설비형에 못지 않으며, 초기 투자비가 저렴하고 사후관리 문제가 거의 없으므로, 우리나라 현 실정에 가장 적합할 것으로 판단된다. 설비형 태양열 주택은 이미 우리나라에 보급이 시작되고 있고, 자연형 태양열 주택은 그 연구·개발 역사가 짧아 아직 이 땅에 널리 알려져 있지는 못하나 앞으로 그 보급전망은 가장 밝은 편이다. 태양열을 이용한 냉방은 자연형에서는 별 문제가 없으나, 설비형에는 그 초기투자비가 높아 현재로는 경제성이 없는 것으로 되어 있다.

(라) 농·산업 이용 시스템(Agricultural and Industrial Applications)

한마디로, 태양열의 농·산업 이용 범위는 무한하다. 농업이용의 대표적인 예로 곡물 건조라든지 혹은 가축장이나 온실의 난방을 들 수 있으며, 산업 이용으로는 공정열(스팀, 더운공기, 온수 등)을 필요로 하는 많은 산업을 들 수 있다. 그 예의 몇개로, 세탁, 직물공장, 식품품제조, 유리, 목재, 광산, 펄프, 석유, 제약, 플라스틱, 합성고무, 화공기업, 염색 등을 열거할 수 있다. 태양열을 이용한 산업 공정열은 비교적 온도가 낮은 범위내(약 315°C 이내)에서 경제성을 띄게 되는 제한은 있으나, 현재 미국과 같은 선진국에서는 태양열의 농·산업 이용으로 많은 정부 프로젝트를 두어 연구실험 중이다. 아직 우리나라에서는 이 방면에 전혀 보급이 되지 못한 실정이나, 이 농·산업 이용은 앞으로 우리

나라 산업체의 막대한 에너지 절약을 기대할 수 있는 부문이므로 곧 그 연구 개발에 박차를 가하여야 할 것으로 사료된다.

(마) 태양열 발전시스템 (Solar Thermal Electric Conversion)

집광형 집열기나 반사경을 사용한 고온의 태양열 수증기를 발생시켜, 발전을 하는 시스템을 이른다. 선진국에서는 소규모의 실험용 시스템을 연구·개발하여 작동 중에 있으며, 우리나라에서도 조그만 섬에 소규모의 실험용 시스템을 설치하여 작동 시키고 있다는 소식이다. 그러나 이 시스템은 다른 재래식 발전시스템에 비해 훨씬 낮은 경제성과, 아직도 완전 해결이 되지 못한 기술적인 문제(특히, 반사경 시스템의 경우) 때문에 상업용으로 보급화하기까지는 상당한 년수가 지나야 할 것으로 생각된다.

(바) 태양광 발전 시스템 (Photovoltaic Power System)

솔라 셀 (Solar Cell)을 이용하여 태양광을 직접 직류 전기로 전환시킬 수 있는 이 시스템은 태양열 발전 시스템의 복잡한 과정을 거치지 않아도 되는 특징이 있다. 솔라 셀의 가격이 현재는 상당히 비싸, 이 시스템의 경제성이 없으나, 몇년 후에는 그 가격이 저하되어 경제적인 실용성이 있게 되리라는 전망에 기대를 걸고 있는 중이다. 현재 소규모의 실험용 태양광 발전 시스템은 여러나라에 세워져 있으며, 우리나라에서도 외딴섬에 소규모의 실험용 발전 시스템을 설치하여 가동중이다.

(사) 풍력 시스템 (Wind Energy System)

풍차를 사용하여 그 기계적인 힘을 이용한다. 단지 혹은 전력으로 전환시켜 사용한 예는 이미 오래전 일이다. 풍력이 태양열 에너지로 분류된 이유는 태양열로 불균형하게 더워진 지구표면이 그 위에 있는 공기의 밀도를 상이하게 만들므로서, 공기층의 좌우 또는 상하 운동을 야기시키는 까닭이다. 풍력시스템 보급의 장애물은 역시 그 초기투자 비용이 높다는 점이다. 그러나 농촌이나 섬과 같이 외딴지역으로서 풍력이 비교적 풍부한 곳에는 풍력시스템의 실용화가 가능하며, 우리나라에서도 소규모의 시스템 연구·개

발이 바람직하다. 실험용이나 소규모용 풍력시스템은 이미 미국과 같은 나라에서는 보급이 시작되어가는 실정이다.

(아) 해양열 에너지 전환시스템 (Ocean Thermal Energy Conversion)

태양열로 더워진 바다 표면의 온도는 깊은 곳에 비하여 높은 것이 당연한다. 그 온도차를 이용하여 랭킨 시스템 (Rankin Cycle System) 등을 작동시켜 발전된 전력을 육지로 공급시킬 수 있다. 이 시스템은 먼 장래를 보고 장기적으로 연구·개발중이며, 소규모의 실험용 시스템을 미국에 갖고 있다는 소식이다. 경제성 및 기술적인 문제가 아직 해결되지 못한 이유도 있거니와 또한 지리적 조건으로 보아 우리나라에서는 먼 장래까지 실용성이 별로 없는 것으로 판단된다.

(자) 인공위성 발전 시스템 (Satellite Power System)

대기권 밖에 인공위성을 띄워 그 곳에서 태양열 발전 시스템이나 태양광 발전 시스템을 사용하여 발생된 전기를 마이크로 웨이브 (Microwave)로 지상에 송전하는 이 시스템은 고도의 기술과 막대한 비용이 필요하다. 현재 외국에서는 이 개념을 실용화 할 수 있도록 자세한 연구를 하는 도중에 있으나, 그 실용성은 아주 먼 장래에나 바라볼 수 있으므로 우리로서는 그저 관심있게 지켜 볼 정도로 그저 불만하다.

(차) 임산물 전환 시스템 (Biomass Conversion System)

모든 유기물체는 그 생존과 성장이 태양광에 의한 화학작용 (Photosynthesis)으로 이루어지는 까닭에 이를 태양열 에너지로 또한 분류하였다. 임산물을 직접 태워 에너지를 얻는다든지 혹은 그로부터 연료(메탄가스 등)를 만들어 낼 수도 있다.

비근한 예로 옛날부터 사용해왔던 장작을 들 수 있다. 대지면적이 풍부한 나라에서는 비교적 공해가 없는 좋은 재생에너지가 될 것이다. 우리나라는 대지면적은 작으나, 농촌과 같은 제한된 한도내에서는 어느정도 에너지 보충이 가능할 것이라 생각되며, 특히 바다에서 육성할 수 있는 해초를 연구·개발하면 그 장래성이 클

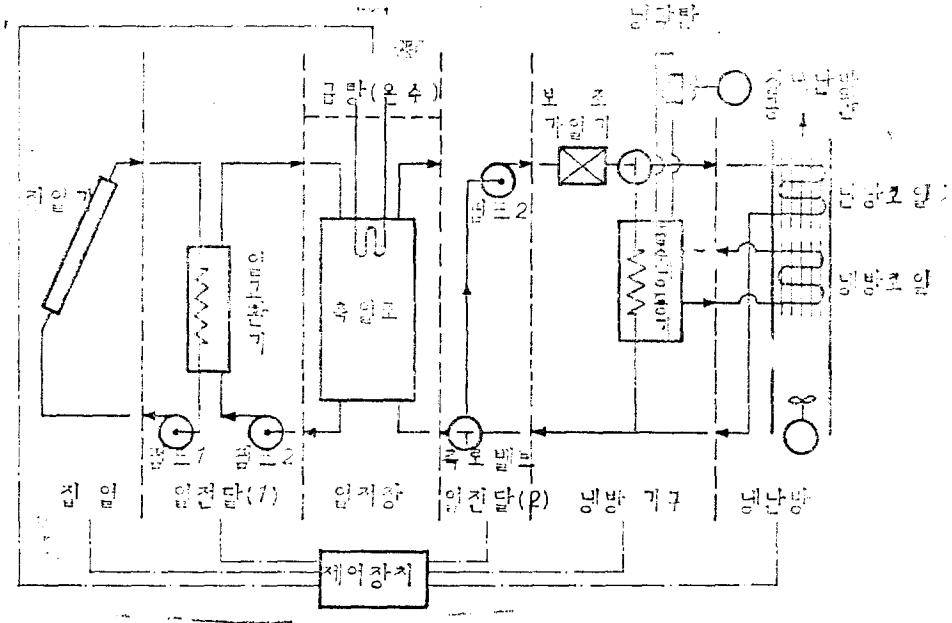


Fig. 1. 설비형(ACTIVE) 태양열 냉난방 시스템

것으로 판단된다.

(카) 수력 발전시스템(Hydroelectric Power System)

수력발전 시스템은 이미 오랫동안 우리나라에서 사용해 온 관력으로 새삼스럽게 언급할 필요가 없겠으나, 그 시스템을 설치할 지리적 조건이 구비되어야 하므로 그 보급 범위에 한도가 있다고 하겠다. 지상에 있는 수분의 태양열로 증발되어 다시 비로 지상에 내려오게 되며, 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 빗물의 위치에너지를 이용하여 발전이 되는고로 이 시스템 또한 간접적으로 태양에너지와 연관이 맺어진다.

이상과 같이 간단히 고찰해 본 태양에너지 이용 부문중에서 현재 우리나라에 가장 시급히 보급 되도록 정부가 추진중인 태양열 주택에 대하여 좀더 구체적으로 이야기해 보고자 한다.

2. 태양열 주택

가.) 태양열 주택의 정의

태양열 시스템을 설치하여 난방 및 혹은 냉방

을 태양열로 충당할 수 있게 지은 주택을 태양열 주택이라 한다.

여기서 태양열 시스템이라 함은 그 구성요소로 집열부(Collector Element), 축열부(Thermal Storage Element) 및 이용부(Use Element)가 모두 갖추어진 시스템을 의미하며, 각 구성부간의 열전달 방법이 :

- ① 모두 기계적 강제순환 방식에 의할때 이를 설비형(Active)시스템이라 하고,
- ② 모두 비-기계적 자연순환 방식에 의할때 이를 자연형(Passive)시스템이라 하며,
- ③ 주로 비-기계적 자연순환 방식에 의한 것이나, 약간의 기계적 강제순환도 첨가한 것을 혼합형(Hybrid) 시스템이라 일컫는다.

여기서 기계적 강제순환 방식이라 함은 펌프(Pump)나 송풍기(Fan)와 같이 외부로부터 타-에너지를 소모하는 기계를 사용하여 열전달을 시키는 방식을 뜻하며, 반면에 자연순환 방식은 외부로부터 타-에너지의 개입없이 열전달이 자연적인 현상(전도, 자연대류 및/혹은 복사)에

따라 이루어지는 방식을 의미한다.

(나) 설비형 태양열 난방시스템 (Active Solar Heating System)

지금까지 가장 널리 알려진 태양열 이용은 주택의 난방(냉방)에 있다. 간단하게 예를들어 그린 Fig. 1을 참고로 하여 대표적인 설비형 시스템을 검토해 보자. 이 도해에서 보는 바와 같이 전체 시스템이 열에너지의 흐름에 따라 6구분으로 나뉘었고, 각 구분에서의 작용은 순서대로 다음과 같이 설명된다.

- 집열 : 태양열 에너지가 집열기에 의해 집열된다.
- 열전달(1) : 집열된 태양에너지는 집열기로부터 축열탱크까지 전달되는데 이때에 열교환기와 펌프가 필요하게 된다. 집열기의 열전달 유체로서 에틸렌 글라이콜과 같은 부동액을 물과 50 : 50으로 섞어 사용한다.
- 열저장 : 집열기로부터 전달된 태양열은 축열탱크내에 온수로서 저장된다. 축열탱크의 크기는 대개 일사량 없이도 1~3홀동안 열에너지를 공급할 수 있도록 보통 설계해 준다. 이 저장된 열의 일부분을 급탕온수용으로 사용할 수도 있다.
- 열전달(2) : 축열탱크로부터의 저장된 열은 여

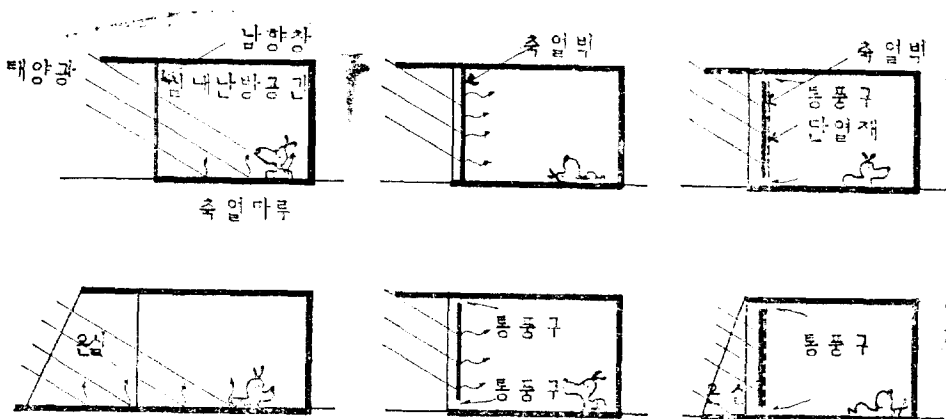
름철 동안은 흡수냉동기를 작동시키는 곳으로 전달되고, 겨울철에는 실내의 난방코일로 직접 전달된다.

- 냉방기구 : 열에너지에 의해 작동되는 흡수 냉동기를 여름동안 사용한다. 태양열 시스템에는 보조 난방을 위한 가열기가 반드시 필요하며, 이는 필요시 흡수 냉동기뿐만이 아니라 실내공간 난방에도 필요 사용된다. 흡수 냉동기 작동시 보통 외기로 열 방출이 되어야 하므로 특수장치(Fan/Coil Unit 혹은 Cooling Tower)가 필요하게 된다.
- 냉·난방 : 축열탱크 그리고/혹은 보조 난방 가열기로 부터의 열에너지가 난방에 직접 사용된다. 흡수 냉동기가 가동시에는 실내 냉방이 또한 가능하게 된다.

일년을 통한 설비형 태양열 냉·난방 그리고 온수 시스템의 효율은 대략 40% 정도이고, 난방과 온수만의 시스템은 그 효율이 약 25%이다.

현재 설비형 태양열 냉·난방 시스템의 가장 흔한 문제점의 요소를 순서대로 들어보면 : (1) 부식 (2) 도관시스템 (3) 제어장치 (4) 집열기 받침구조 등이다.

(다) 자연형 태양열 난방시스템 (Passive Solar Heating System)



가) 직접 획득형

나) 간접 획득형

다) 분리 획득형

Fig. 2. 자연형 (PASSIVE) 태양열 난방 시스템의 개념

자연형 태양열 시스템은 각 구성부 간의 에너지 전달방법이 자연순환(즉 전도, 대류 및 복사 현상)에 의한 것이므로 특별한 기계장치 없이 태양 에너지를 자연적인 방법으로 집열 저장하여 이용할 수 있도록 한 것이다. 따라서 경제성이 높은 것은 물론 고장이 잘 안나고 오래 쓸 수 있으며, 관리가 쉽다는 장점이 있다.

이 자연형 태양열 시스템은 태양에너지를 집열하는 방법에 따라 다음과 같이 구분된다(Fig. 2. 참조).

- 직접획득형(Direct Gain Type) : 남향권의 집열창을 통하여 겨울철에 많은 양의 햇빛이 실내로 들도록 한 것이다. 이렇게 하여 얻어진 태양에너지를 바닥이나 실내벽에 열에너지로 잘 저장하여 야간이나 흐린날 난방에 이용할 수 있도록 한 것이다. 간단히 말해서 실내의 난방이 태양의 직사광에 의해 직접적으로 이루어지는 시스템을 이른다.
- 간접획득형(Indirect Gain Type) : 이 방식은 태양열 에너지를 메이슨리벽이나 물벽에 집열한 다음 열전도, 복사 및 대류와 같은 자연현상에 의하여 실내 난방효과를 얻을 수 있게 한 것이다. 태양과 실내 난방 공간 사이에 집열창을 앞에 가까이둔 축열벽을 두어, 주간에 집열된 태양열이 야간이나 흐린날 서서히 방출되도록 한 것이다. 즉 실내난방이 태양광에 의해 간접적으로 이루어진다는 데에 이용어의 의미가 있다. 간접획득형으로는 흔히 이야기되는 트롬볼(Tromb Wall) 시스템과 지붕·연못(Roof Pond) 시스템이 있다.
- 분리획득형(Isolated Gain Type) : 집열/축열부와 열이용부 즉 실내 난방공간을 격리 위치시킨 형식을 말한다. 이 방식은 실내와 단열되거나 떨어져 있는 부분에 태양에너지를 모을 수 있는 집열부를 두어 실내 난방 필요시 독립된 대류 작용에 의하여서 그 효과를 거둘 수 있도록 한 것이다. 즉 태양광 집열과 축열이 실내 난방공간과 분리되어 있어 난방효과가 독립적으로 작동이 될 수 있다는 점이다.

분리획득형으로는 자연대류식 난방시스템(Th-

ermosphon or Convective Loop)을 흔히 들 수 있다.

자연대류형(Thermosphon) 온수가열 시스템은 설비형에서 볼 수 있는 것과 같은 집열기와 축열조를 구비하고 있으나, 그 구성부간의 열전달이 자연적인 방식으로 이루어지므로 자연형 태양열 시스템중의 하나로 구분될 수 있다. 자연대류형은 열전달 유체의 자연대류 현상에 의해 온수가열이 가능하며, 펌프나 제어장치가 필요없다.

그러나 축열탱크의 위치는 항상 집열기 위에 두어 축열탱크의 물이 집열기로 순환되도록 해야 한다. 차거운 물이 축열탱크의 하부로 부터 집열기 입구로 중력에 의해 흘러들어 가면 그 물이 집열기에서 더워져서 그 밀도가 낮아지므로 다시 축열탱크로 올라가서 밀도가 높은 차거운 물과 대치된다. 이런 형의 시스템은 추운 지방(영하의 기후가 자주 있는 지방)에서는 부적당하다.

이밖에 몇 세방식을 적당히 조합하여 이용하는 경우도 많다.

(라) 태양열 주택의 종류 및 장·단점

태양열 주택의 장·단점을 종류별로 요약하면 다음 도표에서 보는 바와 같다.

종류	장·단점	장	점
설비형 (Active)	1) 제어용이(실내 온도 격차 무)	1) 경제성 소 2) 설계, 작동 및 관리 곤란 3) 태양열 시스템 고장의 우려 대	
자연형 (Passive)	1) 경제성 대(초기 투자비 저렴) 2) 설계, 작동 및 관리 용이 3) 패적성 대(복사열에 의한)	1) 제어시스템 곤란(실내 온도 격차 다소 존재)	
혼합형 (Hybrid)	자연형 장점과 대동소이	자연형 단점이 어느 정도 보완됨.	

(마) 태양열주택 비용

태양열 주택을 건설하는데 소요되는 비용을 일

반 주택과 비교하여 대조해 보면, 대략 다음과 같다. 예를들어 30명 정도의 난방면적을 가진 도시형 주택을 기준으로 하여 비교하면, 그 건축시공비가 평당 :

- (1) 단열이 안된 일반주택 50만원
- (2) 단열이 잘된 일반주택 60만원
- (3) 자연형 태양열주택 70만원
- (4) 설비형 태양열주택 80~90만원

정도로 추산되며, 건축도면 설계비는 보통 시공비의 5~6%정도이다. 다시 말해서, 일반주택을 태양열 주택의 기준으로 단열하는 데는 비용이 평당 10만원이고, 잘 단열이 된 주택에 자연형 시스템을 설치하는데 추가비용은 평당 10만원 가량이고, 또 만일 설비형 시스템을 설치한다면 그 추가비용이 평당 20만원 내지는 30만원이 된다는 말이다. 이때 태양열 주택의 연평균 태양열 난방열은 시스템 설계, 기후조건, 주택 구조 그리고 입주자의 생활습관에 따라 다르겠으나, 일반적으로 잘 설계된 태양열주택은 그 종류를 막론하고 연간 난방 소요열량의 50%에서 80%까지를 담당할 수 있다.

(바) 정부의 태양열 시스템 보급 계획

Table 1에서 볼 수 있는 것과 같이 정부의 태양열 주택 및 온수급탕기 보급 계획은 상당히 의욕적이라 할 수 있겠다. 그리고 자연형 태양열 주택의 보급이 년수가 지나갈수록 강조되어 가는 것을 또한 엿볼 수 있다. 현재로 설비형 태양열 주택은 정부의 융자 및 세제혜택이 있는데 앞으로 곧 자연형 태양열주택 및 태양열 온수급탕기에도 정부 혜택이 입안될 것이라는 소식이 다.

3. 결 론

눈앞에 현실로 등장한 에너지 위기를 극복하기

위하여서는 우리나라 현 실정에 알맞는 태양열 시스템이 무엇보다도 먼저 연구·개발되어 일반 대중들에게 시급히 보급되어야 하겠다. 이러한 관점에서 볼 때, 다음과 같은 결론을 요약해 볼 수가 있다.

1. 온수급탕 시스템 : 설비형이나 혹은 자연형 (따뜻한 남쪽 지방에 국한) 시스템의 보급이 권장된다.

2. 주택 난방시스템 : 우리나라에 이미 도입된 설비형 태양열 시스템은 대중들에게는 비교적 널리 알려져 있으나, 높은 초기투자비와 사후관리에 난점이 많으므로, 아직까지 우리나라에 주택용으로 대략 공급될 단계가 아니라고 생각된다. 반면, 우리나라 현 실정에 가장 적합한 자연형 태양열 시스템의 보급이 적극 권장된다.

3. 농·산업 이용 : 태양에너지의 농·산업 이용은 아직까지 보편화 되지는 않았으나, 앞으로 매우 중요한 이용분야로 등장할 것이며, 이 계통의 연구·개발에 적극 박차를 가해야 될 것으로 믿는다. 이 분야에서 설비형 태양열 시스템이 중요한 역할을 차지하게 될 것이고 자연형도 또한 많은 부문에 적용될 수 있으리라 사료된다.

4. 태양광 발전, 풍력, 임산물 전환시스템 : 이러한 방면은 앞으로의 실용화를 위하여 외국으로부터의 신기술 정보수집과 또 자체의 활발한 연구·개발이 진행되어야 할 것이라고 생각한다. 그리고,

5. 태양열 발전, 해양열에너지 전환 및 인공 위성 발전시스템은 실용화 단계에 이르기까지 외국에서 개발되는 기술자료를 검토하는 정도로 그쳐도 무방하지 않을까 생각된다.

Table 1. 태양열 시스템 보급 계획 (동자부 자원개발국, 3/80)

단위 : 1,000 동

년도	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	—
건설부주택(건설계획)		300	310	325	345	370	400	435	480	520	570	625	4,680
태양열주택(설비형)	0.043	2.0	3.5	4	7	13	25	50	75	100	150	220	650
태양열주택(자연형)	0.002	0.2	1.0	3	8	17	35	70	125	200	250	330	1,039
태양열주택(계)	0.045	2.2	4.5	7	15	30	60	120	200	300	400	550	1,689
태양열주택 비율(%)		0.7	1.5	2.0	4.6	8	15	28	42	58	70	88	31
태양열온수기	0.076	1.1	4	8	15	30	60	120	200	300	500	800	2,038