

# 韓國農村을 위한 自然型 太陽熱住宅

— 年間 暖房所要熱량의 50% 節約可能 —



吳 正 茂

〈工博·太陽에너지 研究所 太陽熱研究部長〉

## 서 론

설비형(Active) 태양열 시스템에 대한 개념은 우리나라 국민들에게 비교적 잘 알려져 있는 편이지만 아직 그 기술적인면에 대한 연구 개발이 초기 상태인 까닭으로 현재로는 대량 보급단계가 아님을 지금까지의 경험으로 잘 알고 있다. 그리하여 아직 널리 알려지지 못한 자연형(Passive) 태양열 주택의 개념을 이 글을 통하여 확립하고, 우리나라 사정에 적합하고, 설비형보다 경제적이며, 또한 사후관리도 용이한 자연형 태양열 주택을 소개한다.

### 1. 자연형 태양열 주택의 정의

자연형 태양열 시스템을 설치하여 난방 및 혹은 냉방을 태양열로 충당할 수 있게 지은 주택을 자연형 태양열 주택이라 한다. 여기서 자연형 태양열 시스템이라 함은 집열부, 축열부 그리고 이용부간의 에너지 전달방법이 자연열 순환(즉, 전도·대류 및 복사현상)에 의하여 이루어지며, 특별한 기계장치 없이 태양에너지를 자연적인 방법으로 집열, 저장하여 이용할 수 있도록 한 것이다.

자연형 태양열 시스템은 태양에너지를 적용하는 방법에 따라 다음과 같이 구분된다.

#### 가. 직접획득형(Direct Gain Type)

남향면의 집열창을 통하여 겨울철에 많은 양의 햇볕이 실내로 들도록 한 것이다. 이렇게 하여 얻어진 태양에너지를 바닥이나, 실내벽에 열-에너지로서 저장하여 야간이나 흐린날 난방에 이용할 수 있도록 한다. 간단히 말해서 실내의 난방이 태양의 직사광에 의해 직접적으로 이루어지는 시스템을 이른다.

#### 간접획득형(Indirect Gain Type)

이 방식은 태양열 에너지를 메이슨리 벽이나 물벽에 집열한 다음 열전도, 복사 및 대류와 같은 자연현상에 의하여 실내 난방 효과를 얻을 수 있게 한 것이다. 태양과 실내 난방공간 사이에 집열창을 앞에 가까이 축열벽을 두어, 주간에 집열된 태양열이 야간이나, 흐린날 서서히 방출되도록 한 것이다. 즉 실내난방이 태양광에 의해 간접적으로 이루어진다는 데에 이 용어의 의미가

있다. 간접획득형으로는 흔히 이야기 되는 트롬월(Tromb Wall) 시스템과 지붕·연못(Roof-Pond) 시스템이 있다.

다. 분리획득형(Isolated Gain Type)

집열 축열부와 열이용부 즉, 실내 난방 공간을 격리 위치시킨 형식을 말한다. 이 방식은 실내와 단열되거나 떨어져 있는 부분에 태양에너지를 모을 수 있는 집열부를 두어 실내난방 필요시 독립된 대류 작용에 의하여서 그 효과를 거둘 수 있도록 한 것이다. 즉, 태양광 집열과 축열이 실내난방 공간과 분리되어 있어 난방효과가 독립적으로 작동이 될 수 있다는 점이다. 분리획득형으로는 자연대류식 난방시스템(Thermosiphon or Convective loop)을 흔히 들 수 있다.

이밖에 윗 세방식을 적당히 조합하여 이용하는 경우도 많다.

2. 자연형 태양열 주택의 설계

가. 설계목표

이미 개요에서 서술한 바와 같이 농촌지역의 소형 단독주택에 적용될 자연형 태양 시스템은 첫째 : 설계·시공 및 작동이 용이하고, 둘째 : 기술적 타당성이 있어야 하며, 셋째, 경제적인 실용성이 또한 추구되어야 한다. 즉 가장 단순한 자연형 시스템을 혼합 채택하여 가장 경제적이면서도 최대의 태양열 난방효과를 얻도록 시도하였다.

나. 설계내용

- 1) 주택 형 : 농촌형 단독주택으로 실내면적은 약15평(=534ft<sup>2</sup>)이다.
- 2) 위치 : 주택의 위치는 남한의 중간지점인 추풍령(북위36.2°, 고도 807ft)으로 선택하였다.
- 3) 기후자료 : 난방부하=5,170°F-day/yr  
설계온도=26.4°F (Jan.)
- 3) 수평면 일사량(Jan.)=508 Btu/ft<sup>2</sup>.day
- 4) 태양열시스템 : 자연형 냉·난방 시스템(Direct Gain과 Indirect Gain 개념의 혼

합)-즉, 동서에 각각 위치한 온돌방에는 Indirect Gain의 Tromb Wall을 채택하였고 가운데 대청에는 Direct Gain 시스템을 시도하여 대청바닥이 축열조의 역할을 하게된다.

- 5) 실내공간의 배치와 이용성 : 주택 가운데 위치한 대청은 농가의 편리에 따라 큰 한방이 될 수도 있고 또 가운데 미닫이를 꺾으면 대청과 조그만 뒷방으로 분리되어 객실로 이용할 수 있다. 보통때 에는 가운데 미닫이를 제거하여 대청 전체가 농한기에 작업장으로 사용될 수 있도록 하였다.
- 6) 주택단열 : 태양열 주택의 기준에 따라 벽, 천장, 바닥의 단열은 물론 외기와외 열교(Thermal Bridge)를 최소한으로 줄였으며, 집열창 및 그외의 이중유리창(혹은 이중창)에 까지도 단열 덧문을 설치하여 열손실(특히 밤 동안)을 최소한으로 줄였다.

즉 : 벽 : 난연성 스티로폼 100mm

천장 : 유리솜 혹은 난연성 스티로폼 200mm

바닥 : 난연성 스티로폼 100mm(Perimeter Insulation)

- 7) 보조난방시스템 : 두 온돌방에 필요한 보조난방은 개량된 재래식 아궁이를 갖는 온돌로서 주로 농가에서 손쉽게 구할 수 있는 검부레기를 연료로 쓰게 만들었다.
- 8) 여름냉방 : 마루에 설치된 직접획득 시스템의 집열창이 여름에는 열리게 설계되었고, 가옥 좌우사방에 창을 두어 통풍에 의한 자연형 냉방개념을 적용하였다. 또한 처마(Overhang)를 알맞게 두어 여름철 태양광선이 집열창에 직사되는 것을 막았다.
- 9) 집열창 및 축열체 재료 : 집열창의 재료는 열전도성이 크고 값비싼 알루미늄들의 페어그라스를 피하고 보통 판유리(이중)와 나무를 썼으나, 장차 경제적인 새로운

플라스틱의 자료 개발이 되면 이와 대치될 수 있다. 축열체의 구성분은 각 지방에서 손쉽게 구할 수 있는 재료를 이용하는 것을 원칙으로 하되 여기서는 강도가 큰 씨멘트 벽돌을 사용하였다.

10) 태양열시스템 설계기준 : 태양열 시스템의 설계는 단열이 잘 된 주택(방열 비율 =  $8 - 10 \text{Btu/day} \cdot \text{ft}^2 \cdot (\text{fl}) - ^\circ\text{F}$ )을 기준으로 삼았으며, 시스템의 위치는 모두 정남향으로 선택하였다.

도표 1. 자연형 태양열 주택의 상세

	면 적 (ft <sup>2</sup> )				
	집 열 창	방	창(외부)	창(트롬월내)	문
큰 온돌방	72	145	11(서쪽)	11(남쪽)	-
작은 온돌방	72	94	11(동쪽)	11(남쪽)	-
마루방(대청)	98	117	-	-	-
마루 뒷방	-	84	11(북쪽)	-	-
주 방	-	87	5(북쪽)	-	23(북쪽)
욕 실	-	32	5(동쪽)	-	-
현 관	-	17	-	-	21(남쪽)
계	242	576	43	22	44

3. 자연형 태양열 주택의 성능

태양열 주택의 설계가 일단 끝나면 그 성능을 분석하여 태양열 시스템의 효율이 설계자가 원하던 목표에 도달하였는지를 파악하는 것이 그 다음 순서일 것이다.

이러한 방법으로 계산된 태양열 주택의 성능 결과를 도표에 수록하였다.

도표 4로부터 일년을 통한 태양의존율(Yearly SSF)은 : 0.43

월별당 태양열 의존율(Mo. SSF)은 도표 4에서 볼 수 있는 것과 같이 10월에서부터 5월 동안 31%에서부터 94%를 담당할 수 있다. 그리고 일년을 통한 태양열 의존율은 43% 정도이므로 나머지 57% 즉  $11.385 \times 10^6 \text{Btu/yr}$ 의 열량이 보조난방( $\sum Q_{auxs}$ )으로 필요하게 된다. 이러한 결과는 미국에 있는(같은 위도, 같은 DDS) 도시와 비교하여 볼때 매우 낮은 태양열 의존율을 나타내는데 그 주요 이유는 추풍령의 기후조건(특히 일사량)이 상대적으로 좋지 않은

때문으로 분석된다.

4. 자연형 태양열 주택의 비용

태양열 주택을 건설하는데 소요되는 비용을 일반주택과 비교하여 대조해 보면 대략 다음과 같다. 예를들어 30평 정도의 난방면적을 가진 주택을 기준으로 하여 비교하면, 그 건축시공비가 평당 : (1) 단열이 안된 일반주택 - 50만원 (2) 단열이 잘된 일반주택 - 60만원 (3) 자연형 태양열 주택 - 70만원, 그리고 (4) 설비형 태양열 주택 - 80~90만원 정도로 추산되며, 건축도면 설계비는 보통 시공비의 5~6% 정도이다.

다시 말해서, 일반주택을 태양열 주택의 기준으로 단열하는데의 비용이 평당 10만원이고, 잘 단열이 된 주택에 자연형 시스템을 설치하는데 추가 비용은 평당 10만원 가량이다. 이는 설비형 시스템을 설치할때 드는 추가 비용, 즉 평당 20만원 내지는 30만원의 절반이하 정도 밖에는 안되는 것이다.

도표 . 태양의존율 (Solar Savings Fraction) 과 보조 난방 에너지 (Auxiliary Energy) 추종령

Month	S $\left(\frac{\text{Btu}}{\text{Mo. ft}^2}\right)$	DDS at Tbs =65.5°F (DD/Mo.)	S/DDS $\left(\frac{\text{Btu}}{\text{Mo. ft}^2 \text{ DD}}\right)$	Monthly SSF for mixed systems	Qauxs = (1-SSF) (DDS) × (BLC) (10 <sup>6</sup> Btu/Mo.)
9	11,247	28	402	1.00	0.000
10	14,390	326	44	0.85	0.187
11	14,919	641	23	0.60	0.981
12	15,603	1,006	16	0.40	2.310
1	14,910	1,173	13	0.31	3.097
2	12,354	964	13	0.31	2.546
3	13,737	777	18	0.46	1.606
4	9,493	413	23	0.60	0.632
5	7,324	115	64	0.94	0.026
6	7,136	0	∞	1.00	0.000
TOTAL					11.385

5. 자연형 태양열 주택 시공상의 특징

자연형 태양열주택시공에 있어서의 특징은 그 유형을 막론하고, 다음과 같다.

- 가. 자연형 태양열 주택은 그 건축물 구조의 일부 자체가 시스템이므로 시공시에는 전문가에 의해 완성된 설계도면을 꼭 준수해주어야하며, 수정을 요할때에는 반드시 설계자와의 협의가 필요하다.
- 나. 집열창 및 집열체 그리고 여름철 자연냉방을 위해 설계된 창문은 일반건축의 창, 바닥 및 벽과는 그 성분, 구조 및 위치가 상이할 수 있으므로, 시공시 특별한 주의가 필요하다.
- 다. 자연형 태양열 주택의 단열은 태양열 주택 추천기준에 의거 하여야 하며, 시공시 특히 열교 (Thermal Bridge) 가 없도록 주의하여야 하고,

추운 기후에서는 이중창과 단열 덧문을 생략하는 일이 없도록 한다.

결 론

농촌지역의 소형 단독주택에 적용될 자연형 태양열 시스템의 설계내용 및 그 성능계산 결과를 남한의 한 도시를 예로하여 제시하였다. 이 논문에 간단히 소개된 내용이 자연형 태양열 주택에 대한 독자들의 흥미를 일으키게 되기를 바라며, 또한 잘 설계된 자연형 태양열 주택은 연간 난방요소 열량의 50%에서 80%까지를 담당할 수 있다는 사실도 알려드리고 싶다.

눈 앞에 현실로 등장한 에너지 위기를 극복하기 위한 장기대책으로 우리나라 현실정에 가장 알맞는 자연형 태양열 시스템이 먼저 연구 개발되어 일반 대중들에게 시급히 보급됨이 바람직하다.

正義를 俱現하여 밝은 社會 이룩하자