

태양열 이용의 실제

「오일 쇼크」 이후 우리나라와 같이 부존자원이 빈약한 나라에서는 급격히 천혜의 자원인 태양과 가까와지기 위한 몸부림(?)이 시작되었다.

이러한 몸부림은 산유국들이 에너지를 무기화하면서, 절대절명의 각박한 상황에서 진행되었으며 오히려 형편이 넉넉한 강대국들이 먼저 태양을 차지하기라도 하듯이 각종 기술개발에 앞장서기 시작했다.

우리나라도 대체에너지로 태양열의 이용이 부득이하다는 것은 진작부터 알고는 있었으나 그것이 70년대에 와서 급작스럽게 대두되었으며, 실용화되어야 한다는 절박감은 예기치 못했던 것이다.

그래서 축적된 기술이나 각종 자재의 생산능력도 없이 쫓기듯 실용화한 것이 우리나라에 있어서의 태양열 이용 현황인 것이다.

제일 먼저 우리나라가 태양열을 대중화한 분야는 역시 주택 부문으로 지난 1978년부터 정부의 적극적인 도움에 힘입어 태양열 주택전립이 증가 추세를 보이기 시작했다.

특히 정부의 금융지원을 비롯한 각종 혜택에 따라 81년

7월 현재 우리나라에 건축되어 있는 태양열주택의 총수는 2백 72채를 웃돌고 있는 것으로 밝혀졌다.

지역별 분포를 살펴보면 서울이 86동, 경기 62동, 강원 10동, 충남 18동, 충북 8동, 경북 24동, 경남 23동, 부산 10동, 전북 7동, 전남 15동, 제주 4동으로 나타났으며 서울과 경기지역이 전체 분포율의 50% 이상을 점유하고 있는 것은 경제적, 기술 정보면에서 지역적으로 유리한데 그 원인이 있는 것으로 분석되고 있다. (한국 동력자원 연구소 발행 / 한국태양열주택 실태조사)

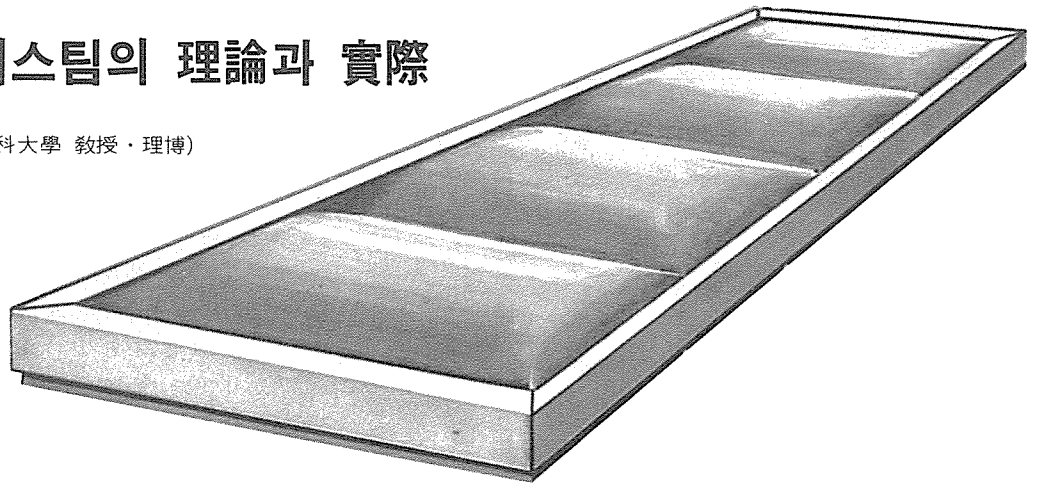
아름다운 태양열이용은 또다른 에너지 자원이 개발되지 않는 실정에서는 가장 손쉽게 접할 수 있는 자원으로 개발 여하에 따라 주 에너지로 대체될 수 있는 것으로 받아들여지고 있다.

남은 것은 보다 적극적인 기술개발과 이에 따른 보급과 당국의 정책적 배려가 보다 깊이 있게 뿌리내려 이 땅 위에 태양열을 이용한 각종 시설들이 정착되도록 노력해야 할 것이다.

이런 관점에서 이번호에는 태양열이용에 관한 실제적인 부분을 소개한 논문을 실는다. / 편집자 /

受動型 太陽熱시스템의 理論과 實際

鄭 玆 采 (慶熙大學校 文理科學 教授 · 理博)



1. 序 論

에너지 문제가 가장 빨리, 그리고 민감하게 자극하는 부분은 住宅의 열관리라 해도 아마 과언은 아닐 것이다. 이미 우리나라에도 太陽熱住宅(능동형·설비형)이 500여 동 세워졌고 계속해서 증가하는 추세인데 受動型은 그렇게 많이 보급되지 않고 있는 것 같다. 그러나 선진국들을 보면 수동형 太陽熱住宅에 대한 관심이 여간 크게 아니다. 특히 미국이나 일본·프랑스 등지에서는 여러가지 연구실험이 계속되고 있으며 책자도 많이 나오고 있다. 필자도 형설출판사를 통해 (受動型 太陽熱住宅)이라는 책을 우리나라에 處女出版한 바 있다.

앞으로 잠시동안은 石油價의 안정이 이루어질 것이나 대부분의 에너지 전문가들은 태양열을 필연적으로 최대한 이용할 수 있는 주택이 되어야 하며, 따라서 수동형의 太陽熱住宅이 많이 나타날 것은 어쩔 수 없는 時代의 要求일 것이라고 내다보고 있다. 그러나 우리나라에는 아직 충분한 기술정보가 도입되지 않았으며 특히 일반 建築實務者들은 이방면에 거의 아무런 정보도 얻지 못하고 있는 것 같다.

따라서 필자는 Dr. Balcomb(미국 Los Alamos Science Laboratory 연구원)씨가 일본에 초청되어 (일본의 氣候條件下에서 수동형 太陽熱住宅의 경제성 및 이론과 실제

적 타당성) 등에 대해 발표한 것을 듣고 우리나라에 적합할 수도 있는 Data(자료)라고 믿어 그 중요한 부분을 여기에 소개해볼까 한다. Dr. Balcomb 씨의 연구는 미국 동자부(Department of Energy)와 일본 정부의 공동 투자에 의해 이루어졌다는 것을 꼭 기록해 달라고 부탁했다.

일본의 동경 Data를 중심으로 Dr. Balcomb 씨의 이론과 도표를 이해함으로써 우리나라 기후조건에서는 수동형 太陽熱住宅이 어떤 역할을 하게 될 것인가를 이해할 수 있으리라고 믿는다.

2. 受動型 太陽熱住宅의 性能圖와 그 理論的 解析

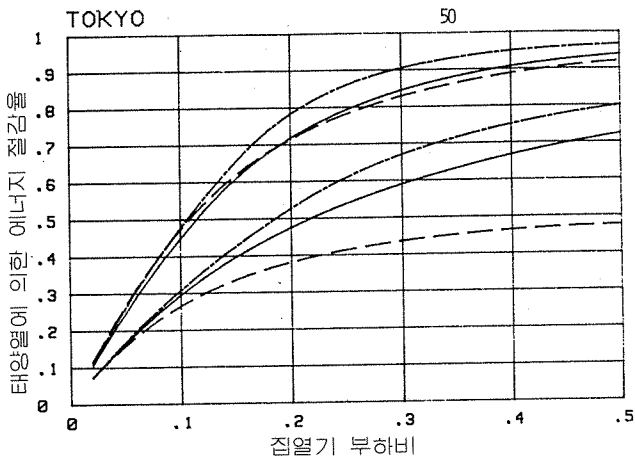


그림 1 : 동경에서의 Balcomb 식 性能圖

MONTH	TA	DD	VS	HS	TRANSMITTANCE
1	4.1	441	3275	2110	·7054
2	4.8	379	3247	2570	·6854
3	7.9	324	2815	3060	·6398
4	13.5	155	2323	3630	·5902
5	18.0	65	1894	3940	·5656
6	21.3	21	1510	3500	·5623
7	25.2	4	1664	3720	·5627
8	26.7	2	2121	3860	·5750
9	23.0	11	2190	2820	·6150
10	16.9	84	2566	2330	·6668
11	11.7	203	2855	1990	·6992
12	6.6	364	3025	1860	·7080
					2054

표 1. 동경지역 기후데이터와 광투과율

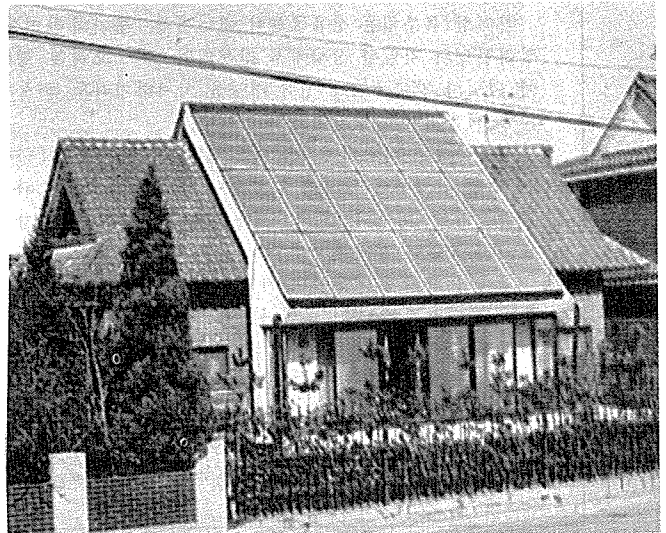
Month : 월 TA : 월평균 대기온도 DD : 월간 난방도일(끝수자는 연간 난방도일) VS : 수직면 일사량 HS : 수평면 일사량 Transmittance : 월평균 유리면 광투과율

TOKYO JAPAN	SSF =	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
DG		34.6	14.9	8.2	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DGNI		58.7	27.6	17.4	12.4	9.3	7.0	5.2	3.7	2.3
TW		34.9	16.0	9.8	6.6	4.6	3.2	2.2	1.4	.8
TWNI		53.2	25.2	16.0	11.5	8.7	6.8	5.2	3.9	2.6
WW		35.6	16.6	10.3	7.2	5.4	4.1	3.0	2.0	.8
WWNI		56.4	26.8	17.2	12.3	9.4	7.5	6.1	4.8	3.4

DG : Direct Gain DGNI : Direct Gain(Insulation at) NIGT TW : Trombe Wall TWNI : Trombe Wall(Insulation at) NIGT WW : Water Wall WWNI : Water Wall(Insulation at) NIGT

표 2. 그림 1 과 같은 내용이나 태양열 시스템을 달리 설계함에 따라 태양열에 의한 에너지 절감율이 달라짐을 표시(SSF에 따른 집열면적당 열부하비 : L-CR를 표시.)

SSF : Solar Saving's Fraction 태양열에 의한 에너지 절감율



수동형 太陽熱시스템을 그 集熱方法으로 구분하면, 직접획득(Direct Gain)식과 간접획득식(Indirect Gain)식 및 솔라리움(Solarium : Green House)식으로 나눌 수 있으며, 간접획득식은 트롬 미셸벽(Trombe Michel Wall : 고체 집열벽)을 이용하거나 물벽(Water Wall : 물통벽)을 이용하여 낮에 열을 흡수·적장시킨 다음 밤에 서서히 방출하도록 하는 방법 등을 말한다. 여기에서 우리나라나 일본에서 비교적 이용하기 쉽고 실제로 활용되어 어지기도 한 직접획득식과 Trombe Wall식 및 Water Wall식을 상세히 검토하기로 한다.

우선 그림 1에서 나타난 부호와 도식을 이해하기 위해 부호설명을 하기로 한다. 그림에서 나타난 線 중 ----은 직접획득식(Direct Gain의 약자로서 DG 또는 DGNI 라고 하는데, 여기서 NI 는 NIGHT(밤)의 약자이며 단열재 열손실율 $u = 0.63$ 인 덮개로 집열기 부분을 밤에만 덮어줌을 의미한다.)을 의미하고 ---은 Trombe Wall(TW 또는 TWNI), 그리고 --- \rightarrow 은 Water Wall(WW 또는 WWNI)을 의미한다.

그림 1 중에서 위의 3線은 밤에만 단열재 열손실율 $u = 0.63$ 인 덮개를 덮었을 경우이고, 아래의 3線은 밤에도 덮개를 전혀 하지 않았을 경우를 의미한다. 그림 1의 종축은 태양열에 의한 에너지 절감율(Solar Saving's Fraction : SSF)을 나타내고 횡축은 집열기 열부하비(Collector Load Ratio : CLR)로서 이는 집열기면적당 열부하(Load Collector Ratio)의 逆數이다. 여기에서 집열면적당 열부하(LCR)는 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{집열면적당열부하} &= \frac{\text{태양열 집열기 부분을 제외한 주택 열손실 계수 (W/C)}}{\text{태양 집열기의 면적 (m}^2\text{)}} \\ \text{(Load Collector Ratio)} & \\ &= \frac{1}{\text{집열기 열부하비 (CLR)}} \text{(W/Cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

여기에서 열손실 계수는 Building Heatloss Coefficient (BHC) 라고 하는 것으로서 주택의 모든 부분의 열손실 계수의 합을 의미한다. 단, 이때 집열기 부분만을 제외하는데 이는 집열기 부분이 열을 받아들이는 열원으로 간주



되기 때문이며 나머지, 즉 벽, 동·북·서측 창문, 지붕, 밑바닥 열손실 계수를 총합하는 것을 의미한다.

집열기 부분을 제외한 주택 열손실계수(BHC)를 알고 이를 집열기 면적으로 나누면 집열면적당 열부하(LCR)를 계산할 수 있으며 이 값의 역수가 집열기 열부하비(Collector Load Ratio : CLR)가 된다. 이 값은 바로 그림 1의 횡축에 있으며, 이 집열기 열부하비(CLR)를 어느 지역의 주택에서 알 수 있다면 그림 1을 이용하여 종축의 태양열에 의한 에너지 절감율(SSF)을 얻게된다.

태양열에 의한 에너지 절감율(SSF)과 집열기 열부하비(CLR)와의 관계식은 복잡하다. 이 관계에 대한 자세한 내용은 필자의 저서 <수동형 태양열주택>을 참고하시기 바란다.

여기에서 태양열에 의한 에너지 절감율을 알면 연간 보조열량(Annual Auxiliary Heat : AAH)을 쉽게 계산할 수 있다.

연간보조열량(AAH) = 0.024 × BLCX(1 - SSF) × DD KWh
여기에서 DD는 Degree Day(연간 난방도일)을 의미한다. 연간 난방도일은 월간 난방도일을(12개월) 전부 합하면 산출된다.

3. 東京데이터를 이용한 Balcomb씨의 計算結果

예를 들어 동경에 139.4m²의 건평을 가진 단독주택이 있다고 가정하고, 밑바닥은 슬래브로, 열손실율 u = 0.298 W/Cm²인 벽과 열손실율 u = 0.227인 지붕, u = 0.473인 지하의 둘레를 만들었다고 하자, 이때 이 주

택은 집열창 이외의 동·서·북쪽 창면적의 총합은 6m²이고(u = 3.12 : 유리창), 시간당 0.60할의 실내공기 순환율을 갖는다고 한다. 여기에서 제안된 집열창의 면적은 정남에 36.3m²이다. 그리고 집둘레는 50.3m, 지붕 높이는 2.44m라고 한다.

먼저 주택 열손실 계수(BLC)를 계산하기 위해 벽면적을 알아보면,

$$50.3 \times 2.44 - 6 = 36.3 = 80.5 \text{m}^2 \text{이다.}$$

주택 열손실 계수는 각 부분의 열손실 계수의 합이므로

벽	80.5 × 0.298 = 24.0 W/C	15%
동·서·북창	6 × 3.12 = 18.7	11%
지하둘레	50.3 × 0.423 = 21.3	13%
지붕	139.4 × 0.227 = 31.6	19%
순환공기	139.4 × 2.44 × 0.60 × 0.33 = 67.5	67.5%

$$\text{합계} \cdot (\text{BLC}) \text{ 열손실 계수} = 163.1 \text{W/C}$$

(여기에서 지하둘레의 열손실 계수는 약 0.423W/C로 잡았는데, 이는 열손실율 u = 0.473W/C인 단열벽둘레를 지하에 만들면 위의 값이 얻어진다는 것이 ASHREA에서 보고되었다. 공기순환에서 0.33은 공기의 열용량 W-hr/Cm³이다.)

주택 열손실계수는 163.1W/C로 나와 있다. 따라서 주택의 집열기면적 36.3m²로 나누면

$$\begin{aligned} \text{집열면적당 열손실계수} &= 163.1 / 36.3 \\ \text{(LCR)} &= 4.5 \text{W/Cm}^2 \end{aligned}$$

따라서

$$\text{집열기 열부하비 (CLR)} = \frac{1}{4.5} = 0.22 \text{m}^2 / (\text{W/C}) \text{이다.}$$

그림 1에서 Water Wall을 사용했을 경우 밤 덮개를 이용하면 태양열에 의한 에너지 절감율(SSF)은 0.82가 된다는 것을 알 수 있다. 그리하여 연간 필요한 보조열량(AAH)은

$$\text{AAH} = 0.024 \times 2054 \times (1 - 0.82) \times 163.1 = 1450 \text{Kwhr}$$

가 나온다.

Water Wall(물벽)을 사용하고 밤 덮개를 사용하지 않을 경우, 연간 보조열량은 SSF가 0.54이기 때문에

$$\text{AAH} = 3700 \text{Kwhr}$$

가 된다. 즉 밤 덮개에 의한 차이가 대단히 많다는 것을 알 수 있다.

4. Balcomb씨 자신의 住宅構造와 실험 데이터

그림 2는 New Mexico의 Santa Fe에 있는 Balcomb씨 자신이 지어 살고 있는 주택으로서 그 평면도와 단면도는 그림 3·4에 나타나 있다. 이 주택에서 얻어진 측정 데이터는 그림 5에서 볼 수 있다.

Belcomb씨는 1978년 12월 26일부터 1979년 1월 8일까지 이 측정치를 보고했는데, 이것은 이 지역에서 가장 낮은 기온일 경우이다. 실내온도가 너무 낮아질 때에는 전기 히터를 사용했는데 대부분의 겨울 방안온도는 20℃ ~ 22.2℃를 유지시켰다고 한다. 1층에서의 여름 최고온도는 24.44℃였는데 당시 외부온도가 35℃였다. 위층은 한 여름 낮에 29.44℃까지 올라간 일이 있었으나 해가 지면

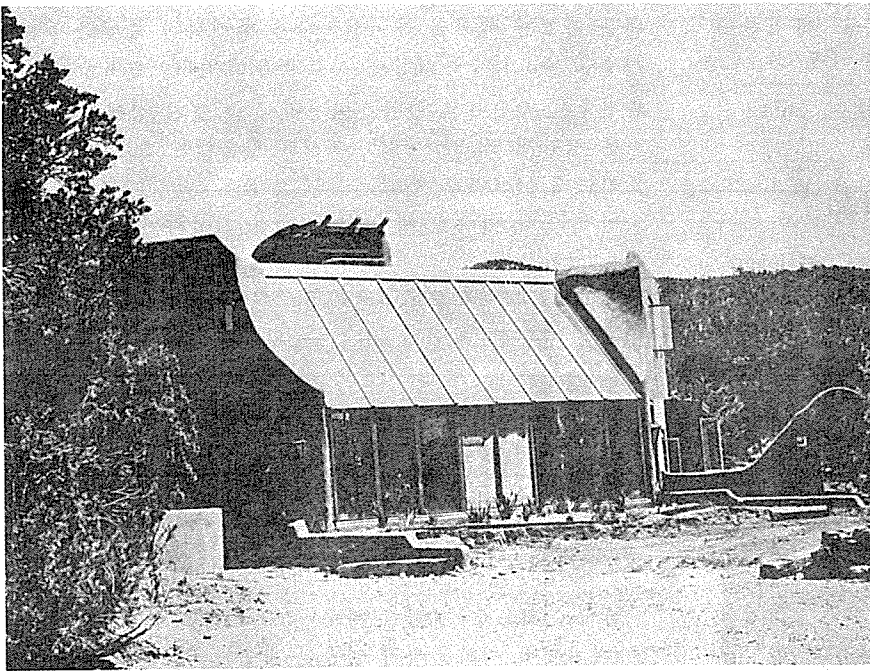


그림 2 : Balcomb 씨 주택

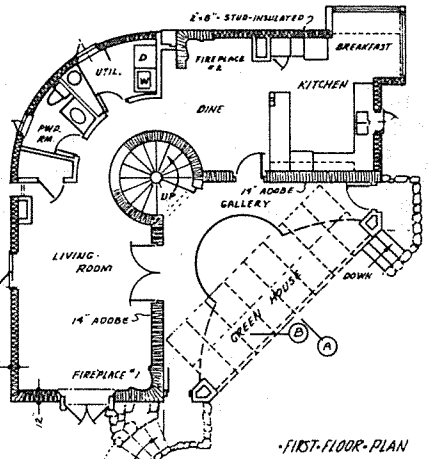
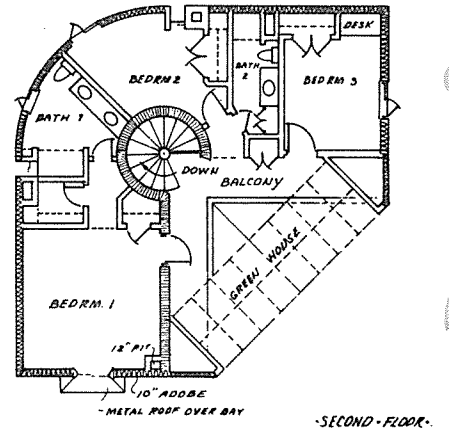


그림 3 : Balcomb 씨 주택의 평면도

서부터 곧 21.1℃로 내려갔다고 한다.

Douglas Balcomb씨는 이러한 시스템으로 연간 500 \$의 연료비를 절감했다고 하며 연간 난방도일이 6000 인 이 지역에서 전기 보조열원은 857Kwh 밖에 사용치 않았다고 한다. 그리고 나뭇대로의 실내 장식으로서 창문 안에 식물이나 꽃 등을 재배하여 훨씬 만족스러운 분위기 속에서 살고 있다고 자랑했다.

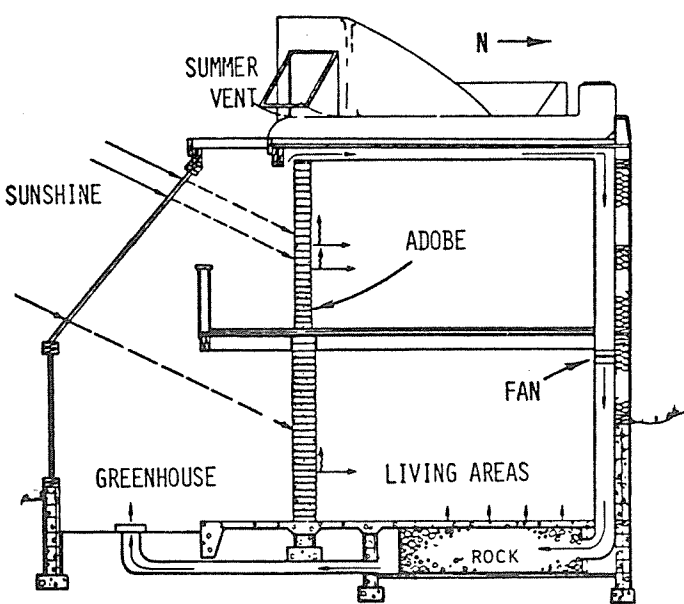


그림 4 : Balcomb 씨 주택의 단면도

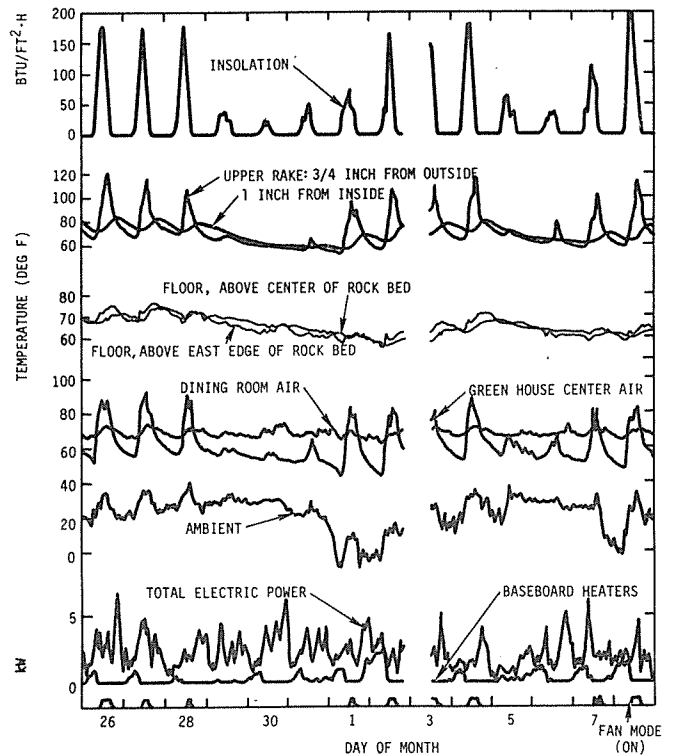


그림 5 : Balcomb 씨 주택의 성능圖

5. 結 論

수동형 태양열주택에 대한 기술정보가 아쉬운 이때, Balcomb씨와 같은 분의 연구결과는 참으로 쓸모가 있다고 본다. 특히 枝葉의이긴 하지만 Los Alamos, New Mexico지역의 실험 데이터에서 대단히 희망적인 결과를 얻음으로써 미국은 물론 일본이나 구라파에서도 수동형 太陽熱住宅에 대한 관심이 급상승하고 있으며, 우리나라의 動資研究所에서도 대덕연구단지에서 수동형 주택을 실험하기 위해 시험주택을 건립하였고 연구 데이터를 계속 수집하고 있다. 따라서 머지않아 좋은 데이터가 나오리라고 믿는다.

우리나라 건축회사들은 그저 어떻게든 돈만 벌면 된다는 생각으로 주택의 에너지문제에 대해서는 연구할 자세가 되어 있지 않은 것 같다. 특히 외국의 건축회사들은 Sample House(모범주택)를 지어 여러가지 실험 데이터를 수집한 후, 연구결과로 더 효율적인 住宅建設을 하려는 자세인데 반해, 우리나라는 연구주택이나 실험주택 등에는 아예 계획도 없어 무책임하기 짝이 없다는 느낌이 든다. 더구나 외국에서 들어온 기술정보·기자재 등이 우리나라에 적용할 수 있는가를 실험을 통해 결정하여, 더 나은 그리고 적합한 기술자재를 개발할 생각을 하지않고 외국기술을 무조건, 소위 "Know How"라 하여 사들인 다음 외국회사와의 합작이라는 美名 아래 시장에 내놓고 있다. 심지어는 얼마 전에 미국 태양열 전시회에 출품된 아이디어를 모회사가 모방하여 연립주택을 지어 팔았는데,

그 시스템은 우리나라에 전혀 맞지 않은 것이어서 그 겨울에 전부 동파되어 주민들은 추위에 떨다못해 동자부로 몰려가 동자부장관에게 항의하는 등, 갖가지 추태를 부리는 결과를 초래하기도 했다. 결국 이러한 현상은 업자들이 새로 들어온 기술정보가 우리나라에 적합하거나 낱가를 실험주택 등을 통해 확인한 다음 시장에 내놓아야 하는, 극히 당연한 과정을 거치지 않고 무조건 지어서 상품화시키는 데에만 정열을 쏟고 있기 때문에 발생하게 된다.

능동형(설비형) 太陽熱住宅 시스템은 그동안 몇 차례의 시행착오를 거쳐 현재는 거의 정착단계에 들어가고 있다고 말할 수 있다. 그러나 수동형(자연형) 太陽熱住宅은 잘못 지으면 여름에는 더워서 살지 못하고 겨울에는 별로다 라고하는 評을 듣게될 것이다. 선진국에서는 벌써 그러한 문제에 대한 진통을 많이 겪고 있는 것 같다. 따라서 우리나라에서는 수동형 太陽熱住宅에 대한 우리나라 나름대로의 기술을 개발하여 보급해야 할 것이다. 특히 집 열기의 크기와 동·북·서쪽의 창 크기 및 통풍관계, 밤에 덮개의 활용, 덧문, 그리고 이러한 외부노출 부분의 재질 등을 좀더 차근차근 연구하여 우리나라 나름대로의 최적실험치를 발견한 후 활용하면 큰 실수가 없으리라고 믿는다.

한번 더 강조하면고 싶은 것은 건설회사들이 시험주택을 지어 나름대로 확고한 방안을 강구하여 受動型 太陽熱住宅을 보급했으면 한다.

건설부 측량업 등록 제11호



대한 측량설계공사

1급건설기사 · 1급측량기사 · 지적기사

대표 김 충 일 서울 · 성동구 구의동 252-15 Tel. 446-6393

업무안내

측
량

1. 현황 측량
2. 토목 측량
3. 지형 측량(고저 측량)
4. 중형단 측량
5. 시공 측량
6. 지적 측량(상담)

측
량
·
설
계

1. 토목설계, 시공감리
 2. 구조물설계
 3. 토지형질변경(지목변경행위)허가수속
 4. 일단의 택지조성사업허가 수속
 5. 연립주택(아파트)건설입지측량, 설계
- ※ 측량, 토목설계 상담환영

안정위에 다진도약 이룩되는 자주외교