

태양에너지 연구 시험센터 설계 및 효율에 관한 연구

Design & Performance of the Solar Energy Research & Test Center.

吳 正 茂* 李 鍾 鎬* 崔 秉 完** 趙 逸 植**
(Paul Chung Moo, Auh)(Jong Ho, Lee)(Byung Owan, Choi)(Yil Sik, Cho)

ABSTRACT

The Solar Energy R&D Department of KIER under the auspice of the Korean government is pushing hard on the development of the passive solar technology with high priority for the expeditious widespread use of solar energy in Korea, since the past few years of experiences told us that the active solar technology is not yet ready for massive commercialization in Korea.

KIER has completed the construction of the Solar Energy Research & Test Center in Seoul, which houses the major facilities for its all solar test programs. The Center was designed as a passive solar building with great emphasis on the energy conserving ideas. The Center is not only the largest passive building in Korea, but also the exhibit center for the effective demonstration of the passive heating and cooling technology to the Korean public.

The Center was designed to satisfy the requirements based on the technical and economical criteria set by the KIER. Careful considerations, therefore, were given in depth in the following areas to meet the requirements.

1) Passive Heating Concepts

The Center employed the combination of direct and indirect gain system.

The shape of the Center is Balcomb House style, and it included a large built-in sunspace in front. A partition, consists of transparent and translucent glazings, separates the sunspace and the living space.

Since most activities in the Center occur during the day time, direct utilization of the solar energy by the living spaces was emphasized with the limited energy storage capacity.

* 정회원, 한국동력자원연구소

** 한국동력자원연구소

2) Passive Cooling Concepts(for Summer)

Natural ventilation concept was utilized throughout the building. In the direct gain portion of the system, the front glazing can be openable during the cooling season. Natural convection scheme was also applied to the front sunspace for the Summer cooling. Reflective surfaces and curtains were utilized wherever needed.

3) Auxiliary Heating and Cooling System

As an auxiliary cooling system, mechanical means (forced convection system) were adopted. Therefore forced air heating system was also used to match the duct work requirements of the auxiliary cooling system.

4) Effective Insulation& Others

These included the double glazed windows, the double entry doors, the night glazing insulation, the front glazing-frame insulation as well as the building skin insulation. All locally available construction materials were used, and natural lightings were provided as much as possible.

The expected annual energy savings (compared to the non-insulated conventional building) of the Center was estimated to be about 80%, which accounts for both the energy conservation and the solar energy source. The Center is being instrumented for the actual performance tests. The experimental results of the simplified tests are discussed in this paper.

1. 서 론

한국동력자원연구소의 태양에너지부는 정부의 후원하에 자연형 태양열시스템의 개발에 박차를 가하고 있으며, 자연형 태양열 시스템의 우선보급에 힘쓰고 있다. 이는 지난 몇년간 설비형 시스템이 상업화 계획에 기대한 만큼의 성공을 거두지 못한 이유에 기인한다.

한국동력자원연구소는 '81년 7월 "태양에너지 연구 시험 센터"를 완성하였으며, 여기서는 태양열 이용기술 및 개발에 관한 모든 사업이 이루어지고 있다. 센터는 에너지 절약을 위한 방안의 하나로 자연형 태양열 시스템을 이용하는 건물로 계획되었고, 이는 한국에서 가장 큰 태양열 건물일뿐 아니라, 일반 대중

들에게 자연형 냉난방에 관한 기술의 축적을 인식시켜주는 전시효과 또한 가지고 있다.

2. 설계 개요

본 센터는 한국동력자원연구소에서 마련한 기술적, 경제적 타당성에 맞도록 계획되었으며, 건물의 규모는 다음과 같다.

- 위치 (Location): Seoul, KOREA
(37.6° NL)
- 대지면적 (Lot Area): 4,165 M²
- 건축면적 (Building Area): 1,117 M²
- 연면적 (Gross Area): 2,599 M²
지하층면적 (Basement floor Area)
: 370 M²

1 층면 적 (1st floor Area)

: 1,117 M²

2 층면 적 (2nd floor Area)

: 1,040 M²

옥탑면 적 (Penthouse Area)

: 36 M²

본 센터의 태양열 시스템은 직접획득형과 간접획득형을 혼합한 Sun Space의 개념을 채택하였으며, 이는 1층과 2층의 중공층으로 이루어져 있다.

Sun Space의 체적은 895 M³이며, 이를 덮고 있는 집열창은 16m/m Pair glass(5mm 유리 + 6mm 공간 + 5mm 유리)로 이루어져 있고, 이는 단열재로 충전된 STAINLESS STEEL FRAME에 의해 지지되어 있다.

이 Sun Space로 들어오는 태양열을 저장하기 위하여 Sun Space의 바닥부분에 92M²의 축열바닥 (Concrete, 150^{thk})을 설치하였으며, 검은색 무광 도기타일로 마감하였고, 중공층의 2층 상부에 24 M²의 축열재 (CEMENT BLOCK 위 모르타르 마감, 400^{thk})를 설치하였다.

본 센터는 다음과 같은 basic concept을 바탕으로 계획 되었다.

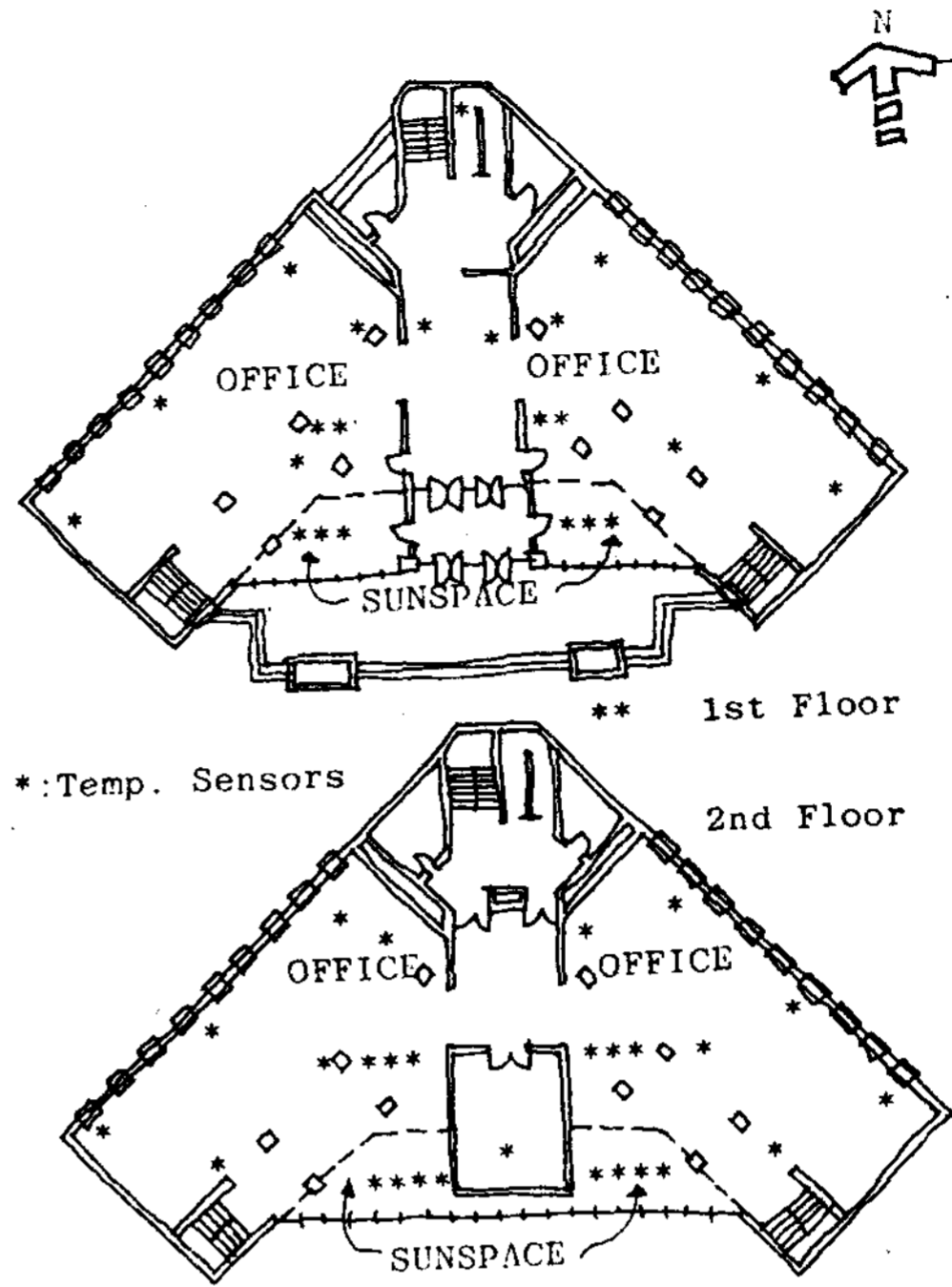


Figure 1 : Floor Plans of the Center

2.1 난 방

본 센터의 모양은 Balcomb House의 형태를 갖추고 있으며, 남측수직 집열창은 투명, Sun Space와 접한 실내부분의 집열창은 반투명 유리로 되어 있다.

집열공간과 주거공간은 분리되어 있으며, 이

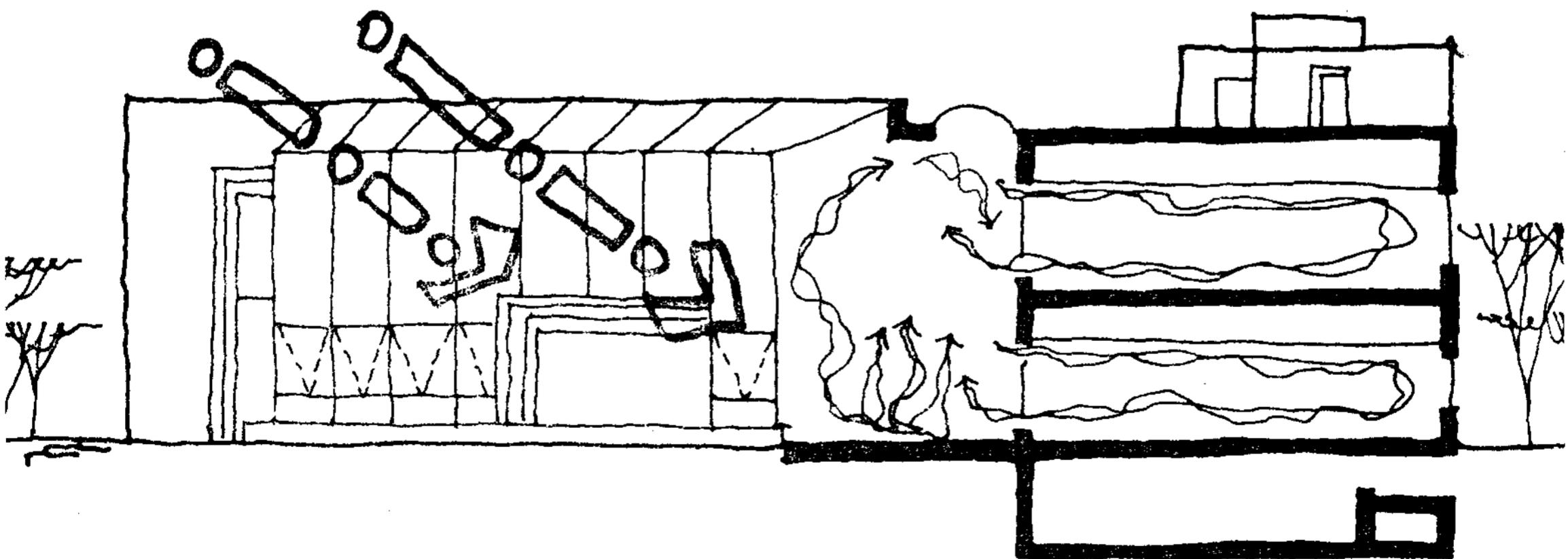


Figure 2 : Space Heating by Natural Convection

두공간 사이의 열전달은 Convection에 의하여 이루어진다.

이 센터는 사무실 건물로서 주간에만 사용된다는 점을 감안하여, 주간의 열효율이 가장 높은 직접획득형의 개념을 주로 한 것이며, 일조시간이 짧은 경우를 대비하여 약간의 축열체를 설치한 것이다.

2.2 냉 방

여름철의 냉방 및 환기를 위하여 건물에 자연통풍(Natural Cross Ventilation)의 개념을 도입하였으며, 이를 위하여 앞의 Sun

Space의 집열창 하단부에 개폐 가능한 창을 일렬로 두었으며 천정에도 역시 통풍구를 두어 자연 대류에 의한 환기를 유도하였다.

또한 반사판과 Venitian blind를 집열창 전면에 설치할 수 있는 설비를 갖추어 놓았다.

2.3 보조열원

센터에는 건물의 전 냉, 난방 부하를 감당할 수 있는 보조 냉난방 설비가 갖추어져 있다. 각 냉난방 시스템의 가동은 Duct를 이용한 Air forced fan coil unit를 통해 이루어진다.

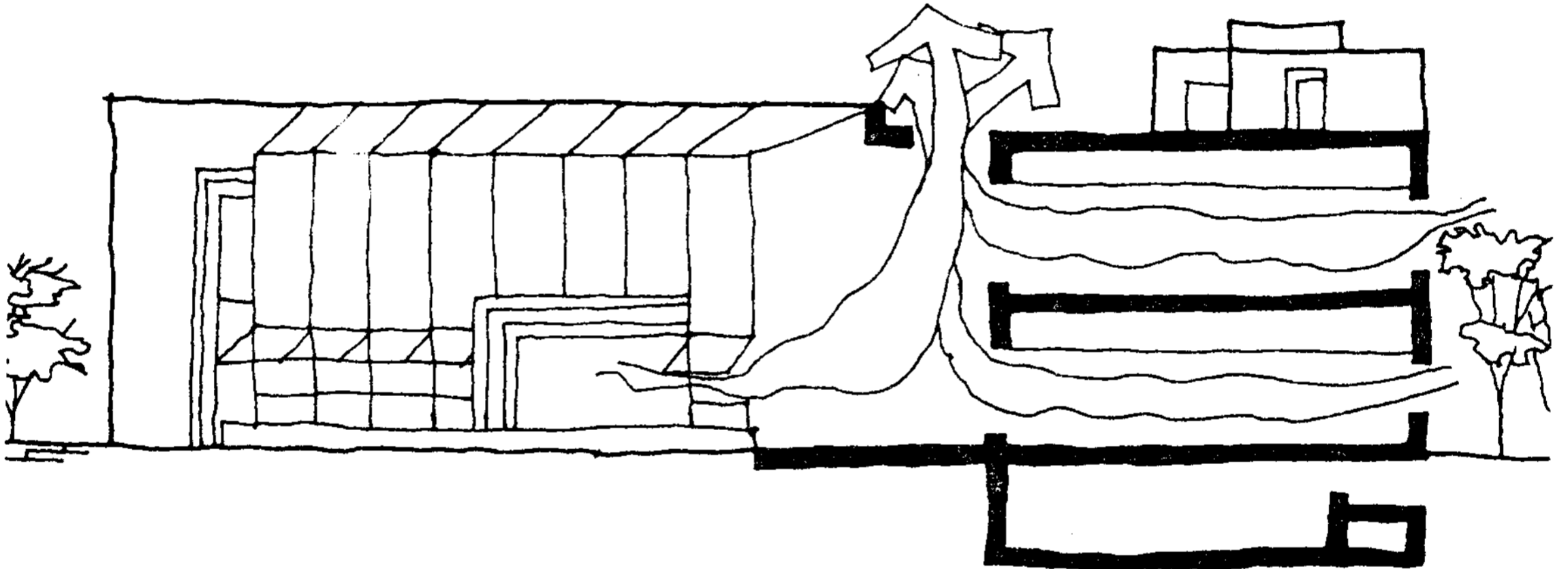


Figure 3 : Space Cooling by Cross Ventilation

2.4 단열과 기타

Sun Space 전면의 집열창은 모두 Pairglass로 되어 있으며, 이는 Glazing을 통한 열손실을 최대한으로 줄이기 위한 것이다.

남측창호외의 모든 외기와 접하는 창호는 플라스틱 프레임에 Pairglass를 사용하였고 내측에는 목재 창틀에 3m/m 유리를 사용하여, 3중 유리로 구성되어 있으며, 이는 Infiltration에 의한 열 손실을 줄이기 위한 것이다.

외기와 접하는 벽의 구성은 200^{thk} 시멘트벽돌 + 100^{thk} 단열재 + 100^{thk} 벽돌로 구성되었으

며, Sun Space의 축열바닥은 150^{thk}, 건물의 옥상층은 175^{thk}의 단열재로 처리되었으며 단열재는 비중 0.03의 스티로폴을 사용하였다.

Isulation: (K-value)

Outside Wall : 0.216

(Kcal/m².hr.°C)

Floor : 0.216

(Kcal/m².hr.°C)

Roof : 0.155

(Kcal/m².hr.°C)

Window : 1.739

(Kcal/m².hr.°C)

3. 성능 예측

Table 1 : Calimate Data - Seoul, Korea(37.6 °NL)

Month	MO. Normal Mean Air Tem.(°C)	MO. Normal Soil TEM.(Depth 1M) (°C)	MO. Normal Mean Horiz. Insolation (Kcal/m ² .day)	MO. Normal Mean Ver- tical Insolation (Kcal/m ² .day)
1	- 2.4	4.5	1,720	2,005
2	- 0.5	3.2	2,155	2,435
3	4.1	4.2	2,878	2,339
4	11.8	9.1	3,250	1,841
5	17.2	14.3	3,792	1,695
6	21.3	18.6	3,613	1,524
7	24.8	22.2	2,958	1,372
8	25.1	24.5	2,791	1,469
9	20.7	23.0	2,914	2,024
10	14.4	19.2	2,383	2,431
11	6.3	13.8	1,772	2,453
12	- 0.2	8.1	1,576	2,589
Ave	11.9	13.7	2,650	2,065

본 센터의 이론적인 열해석을 위하여 J.D. Balcomb 이 제시한 월간 SLR Method[1]를 이용하여 계산하였으며, Attached Sun Pspace 에 관한 해석은 D. McFaland 와 R.W. Jones [2]가 제안한 다음의 수정식을 이용하였다.

$$LCR = BLC/AC \dots\dots\dots(1)$$

$$SLR = Q_{sol}/Q_{load} \dots\dots\dots(2)$$

또는 $SLR = S/(DD * LCR) \dots\dots\dots(3)$

$$SSF = (Q_{load} - Q_{aux})/Q_{load} \dots\dots\dots(4)$$

여기서 식(2) 대신

$$SLR' = S - (LCR_s * DD * H) / (DD * LC$$

$$R)$$

$LCR_s = \text{load/collector ratio for sunspace}$

$$SSF = AX, \text{ for } X < R$$

$$B - C \cdot e^{-DX}, \text{ for } X > R$$

여기서 $X = SLR'$

단 SSF는 1을 초과할 수 없다.

위의 계산식 및 Climate data에 의한 결과는 표 2 및 그림 4와 같다.

$$\text{따라서 연간 } SSF = 1 - \frac{Q_{aux}}{(BLC \times DDNS)}$$

$$= 0.278$$

Table 2: SOLAR Saving Fraction & Auxiliary Energy Requirment

Month	S Kcal/Mo. m ²	DDS at Tbs=20.2 °C	Monthly SSF (%)	Qaux (Mcal)
1	57,347	703	20.8	24,463
2	47,052	582	20.6	20,299
3	47,136	501	24.3	16,660
4	32,591	255	34.0	7,399
5	29,954	95	74.8	1,052
6	25,605	-	100	0
7	23,823	-	100	0
8	26,419	-	100	0
9	38,259	-	100	0
10	51,257	183	70.1	2,397
11	52,261	420	33.0	12,364
12	56,991	636	23.1	21,480
	AVERAGE 40,724	TOTAL 3,375		TOTAL 96,114

단, BLC = 51,155 Kcal/°C

4. 측정 결과

4.1 실내온도의 변화

본 Center 는 (그림 1)에 표시한 것과 같이 68개의 SENSOR(T type)를 부착하여 '82년 3월부터 각 부분의 온도를 측정하고 있으며, 측정된 자료중 3월 28일 - 4월 7일 까지의 건물의 온도 분포 및 하루의 온도변화를 살펴보면 다음 표와같다.

Sun Space의 온도는 외기온에 비해 약 15°C Sun Space에 접한 office의 온도는 외기온보다 약 10°C가량 높은 것으로 나타났으며 Sun Space의 온도는 외기온과 비슷한 경사를 이루며 급격한 변화(일사에의한)를 나타내었으나 Storage Mass 등의 역할로 office의 온도변화는 완만하여 쾌적한 환경을 유지하는데 큰 어려움이 없는 것으로 나타난다.

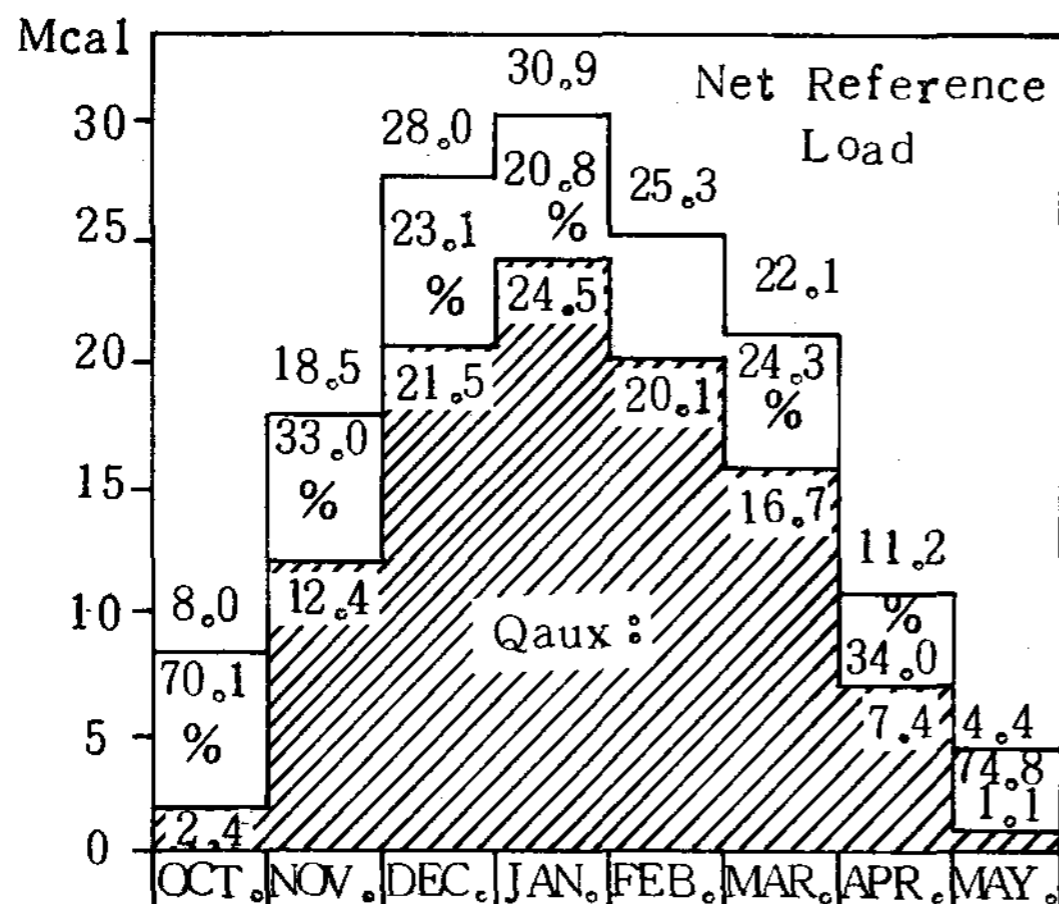


Figure 4 : Monthly Performance of the Center

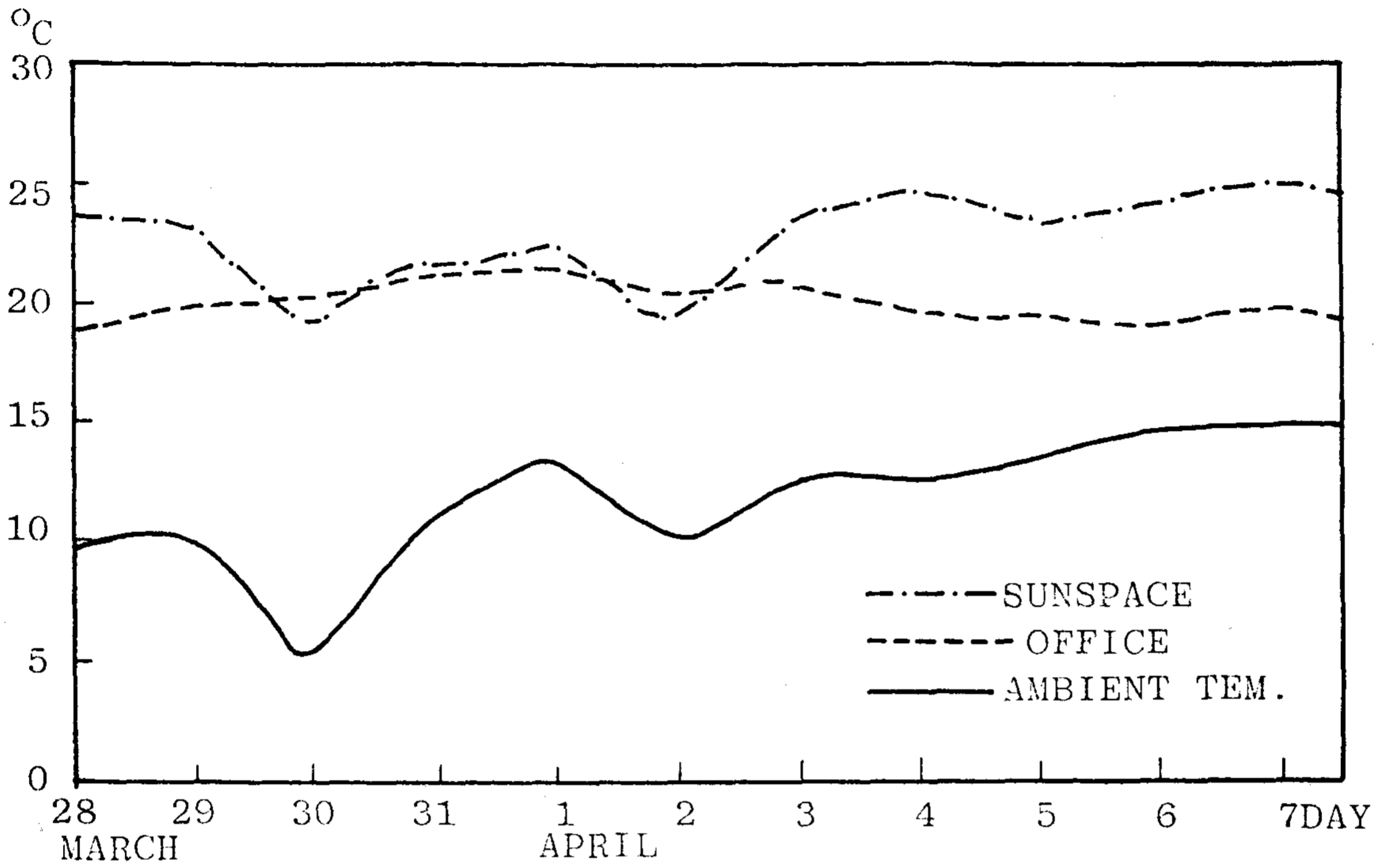


Figure 5 : Comparision of Temp. (Sunspace,Office,Ambient)

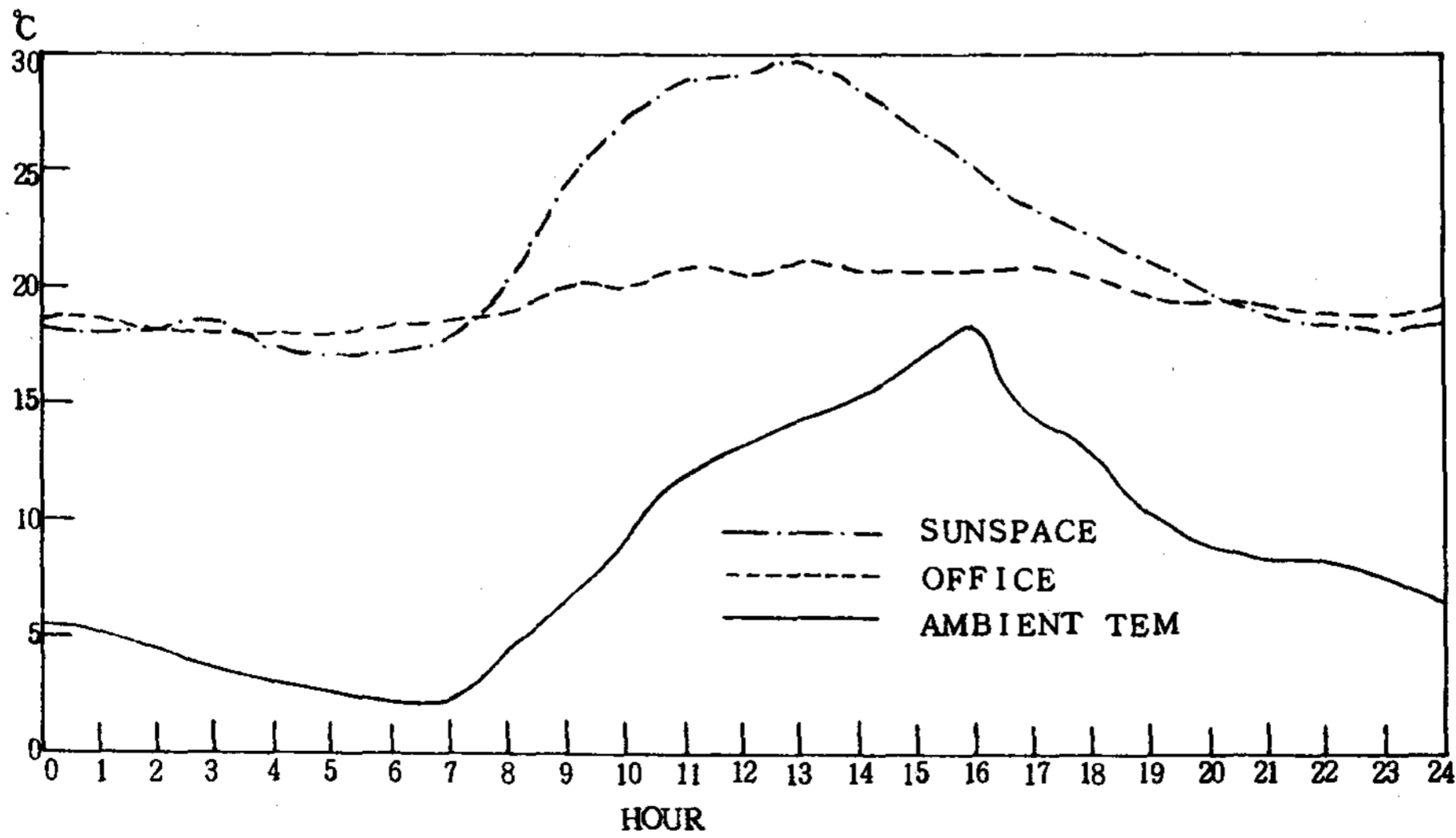


Figure 6 : Hourly Temperature Fluctuation

4-2 보조 연료 소모량

1981년 11월, 12월과 '82년 1월에 Center의 난방을 위해 소모된 기름의 양으로 본 건물의 에너지 절감효과를 표 3에서 알아볼 수 있다.

11월, 12월 및 1월의 난방도일수는 1,758 Degree-days로 서울의 일반 연도평균값과 동일한 수치이며, 실내 설정온도는 21°C로 계산한 결과이다.

Table 3: Heating Load and Practical amount of oil consumption

구분	난방도일	난방부하 (ℓ) *	실제유류 소모량(ℓ)	절감량	절감율 (%)
'81년 11월	420	4,385	2,620	1,765	40.3
12월	636	6,640	4,688	1,952	29.4
'82년 1월	702	7,329	5,498	1,831	25.0

* 경유의 발열량은 9,800 Kcal/ℓ
보일러효율을 50%로 가정하여 난방부하를 기름의 양으로 나타낸 것임.

5. CONCLUSION

본 센터의 이론적인 SSF는 연간 27.3%로서, 이는 모두 태양에너지에 의해 절감되는 양

이며, 단열이 안된 일반 Office Bld. 과 비교 하여보면 그 절감율은 80%이상이 될 것으로 보인다.

81년 11, 12월, 82년 1월에 실제 소모된 기름의 양으로 계산해본 절감율은 각각 40.3%, 29.3%, 25%로서, 이론치보다 약 5-10% 높은 것으로 나타났으며, 이는 일요일과 공휴일 등에 건물을 사용하지 않았던 이유에 기인 한다. 또한 계산된 난방부하는 하루 24시간동안의 계산치이며, 건물의 실제 사용시간은 오전 9시부터 오후 6시까지의 9시간 동안 뿐이므로 건물에 설치된 자연형 시스템의 열효율은 이론치보다 훨씬 높을 것으로 기대된다.

REFERENCES

1. J. D. Balcomb, D. Barley, R. D. McFarland, J. Perry, Jr., W. Wray, S. Noll "Passive Solar Design Handbook, VOL. 2, Passive Solar Design Analysis, DOE/CS-0127", 1980.
2. R. D. McFarland, R. W. Jones; "Performance Estimates for Attached Sunspace Passive Solar Heated Buildings", 1981.
3. Edward Mazria; "The Passive Energy Book", 1979.
4. "Climate Data of Korea", KIER, 1981.