

# 草加太陽의 집

田 中 俊 六

空氣調和 衛生工學會誌 Vol. 50 No. 4

1976. 4月號 p. 79~84

金 成 完\* · 郭 旻\* 譯

草加太陽의 주택은 과학기술청이 자원종합이용 조사의 일환으로 국토개발기술 연구센터에 위촉한 태양열을 家庭에너지에 유효하게 전환하는 기술에 관하여 조사하는 것에 목적을 두고 설치된 솔라하우스 위원회에서 계획, 건설된 것이다.

이 실험주택에서는 기존의 태양에너지 이용계획 또는 에너지 절약의 기술중 최첨단의 기술을 이용하여 주택에 필요한 냉·난방 및 급탕용 열에너지中 어느정도가 태양열에 의하여 대치될 것인가를 실험적으로 밝혀서 장래의 태양열 이용주택의 실용화의 가능성을 검토하는 일을 목적으로 한다.

실험주택은 1975년 5월에 완성하여 同年 6월에 부부와 어린이 1명의 가족의 거주실험이 행하여졌고,

1977년 3월까지 계속하여 자료의 수집, 해석이 진행될 예정이다. 여기서는 주로 그 개요와 냉방 운전 결과의 일부만을 소개한다.

## 1. 建物の 개요

건물로서는 금후, 시가지 주택으로서 보급이 예상되는 2층 연립주택 타운 하우스의 1가구분을 상징하고, 연면적 65.7m<sup>2</sup>(20坪). 건축면적 40.9m<sup>2</sup>의 목조건물을 채용했다. (그림 1 참조)

태양냉난방에서는 건물의 단열성의 향상은 불

\* 서울工大 大學生

\* 譯者注: 한국의 경우 일반적으로 냉방 peak부하 100 kcal/hr·m<sup>2</sup>, 난방 peak 부하는 150kcal/hr·m<sup>2</sup>이다.

가결하지만, 이 건물에서는 외벽, 천정, 바닥은 투 바이포(2×4) 공법의 특징을 살려서 前面에 100mm 두께의 글래스울을 설치하고 外窓은 밖에는 알미늄 미서기 샤시와 목재 미닫이문의 2중창으로 하였다. 환기손실 방지를 위해 소형 全熱열교환기도 이용하고 있다.

냉난방면적 47.5m<sup>2</sup>에 대하여 냉방피크부하 2,120kcal/hr (44.6kcal/hr·m<sup>2</sup>), 난방피크 부하 1930 kcal/hr (40.6kcal/hr·m<sup>2</sup>)로서 꽤 작게 되어 있다.\*\*

그러나 실제로 연립주택으로 된다면 처벽의 부하가 없어져서 더욱 감소될 것이다.

집열기는 남쪽으로 약 17° 경사한 지붕에, 1층 지붕과 2층지붕에 분할되어 설치되어 있고, 유효 집열면적은 약 42m<sup>2</sup>이고 연면적의 약 64%, 냉·난방면적의 88%에 상당한 양이다. 지붕이 1,2층으로 나누어져 있는 것은 집열의 면에서는 좋지 않으나 겨울의 2층 부분의 거주성을 중요시한 때문이다.

## 2. 시스템 선정

태양냉방 시스템에는 흡수식냉동기를 이용하는 방법과, 랭킹사이클 기관을 움직여 보통의 압축 냉동기를 작동 시키는 방법이 있지만, 이 실험주택에서는 현재 시판되고있는 機器를 비교적 간단하게—가스사용 흡수식냉동기를 태양열에 의한 온수가열로—개조가 가능한 전자의 방법을 채용하게 되었다.

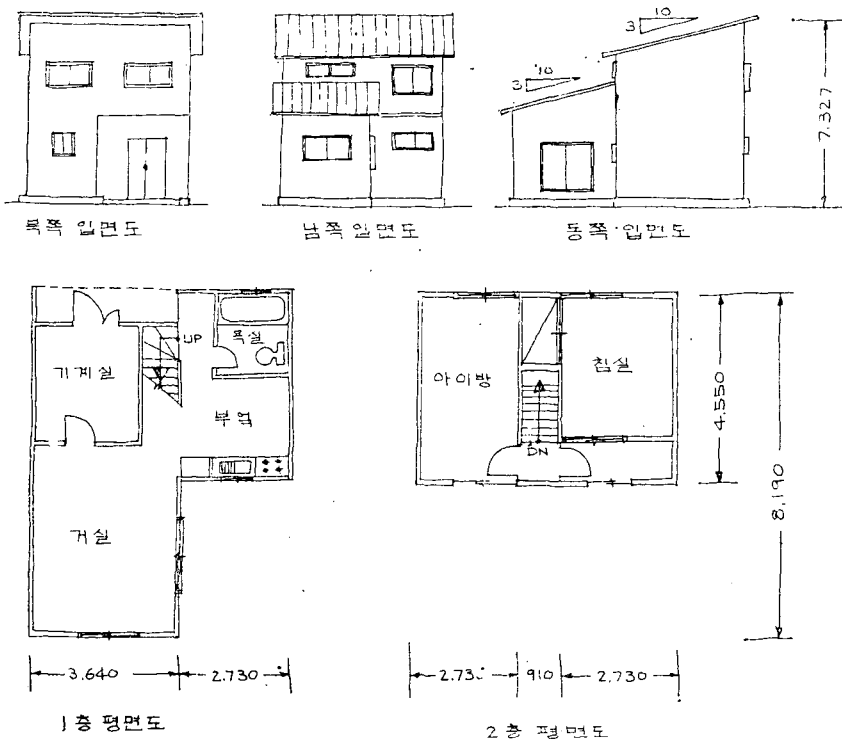


그림 1. 草加 SolarHouse 평면 및 입면도

그러나 일반적으로 태양냉난방으로 조금이라도 냉동기가 태양열로 구동되면 전기, 가스등의 재래에너지가 절약된다고 생각하고 있지만 실제 태양냉난방 시스템은 회로가 복잡하여 보조기기동력과 計裝電力을 더욱 많이 필요로 하므로 그 정도로 간단해 질 수는 없다.

또 태양의존률(일정기간에 냉난방에 필요한 에너지중 태양열에 의하여 획득되는 열)이 100%가 아닌 한도에서는 태양열 흡수냉동기 방식에는 전동냉각기와 2중효용 흡수냉동기보다 열효율이 꽤 나쁜 1중효용 흡수냉동기를 보조열원으로 운전하지 않으면 안 되기 때문에 정말로 에너지 절약효과는 잘 발휘하지 못한다.

그림 2는 이 관계를 보인 것이다. 이것은 구체적으로 5USRt 출력의 태양열 냉방, 전동식냉방 시스템등을 설계하여, 여기 필요한 냉동기의 주동력 에너지 펌프등의 보조 에너지등을 발전효율까지도 고려한 원래 에너지 양(1차 에너지양)으

로 환산하여, 1USRt.h 냉동출력을 얻기 위하여 어느 정도의 원래 에너지가 필요할까를 계산하여 태양의존율을 파라미터로 하여 나타낸 것이다.

태양열 이용방식의 補機動力에는 집열펌프, 열원펌프, 냉각수펌프, 냉각탑팬의 동력을 포함하나, 실제로는 무시할 수 없는 電磁瓣, 릴레이등의 計裝用 전력은 제외하고 있다.

그림과 같이 태양열 흡수냉동기 시스템은 보기동력分으로서, 1USRt.h정도(以下 같음) 1462kcal를 소비하고, 이것을 보조열원으로 운전하면 8096kcal를 소비한다. 그러나, 그 소비열량은 태양의존율에 따라서 그림의 ㉔선과 같이 변화한다. 한편 現狀의 레시프로 냉동기는 補器를 포함하여 4386kcal를 소비하나 그것은 장래, 현재의 대형 원심냉동기의 COP 기복이 개량되면 3339kcal로 감소한다.

그것들의 관계에서, 흡수식에 의한 태양 냉방은 定性的으로 보아, 단지 電動冷房에 비교하여

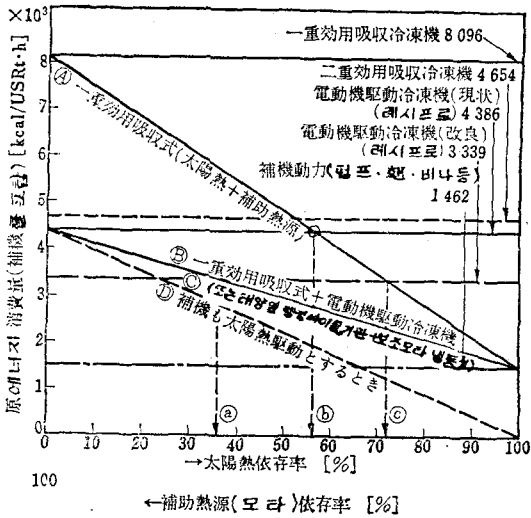


그림 2. 냉방시 태양열 의존율과 환산된 에너지 소비량의 관계

태양의존율이 56%이상, 개량된 전동방식에 비교하면, 76% 이상 되지 않으면 에너지 절약 효과가 없게된다.

흡수냉동기는 태양열이 얻어질때만 운전하여, 얻어지지 않을때는 따로 설치한 전동 냉동기를 보조로 이용하면 설비비는 추가로 소모된다. ㉑선과 같이 태양의존율이 어떠한때도 불구하고 전동방식보다 작은 에너지양으로 된다.

태양열 랭킹싸이클 기관에 보조모터를 설치하여, 上記와 같이 切替운전을 하면 ㉑선과 같이 같은 효과가 있으나 이 방식은 現狀에는 흡수식에 비하여, 동일집열 온도에 대하여 COP가 상당히 저하하여, 태양의존율은 집열면적등의 조건이 동일하여도, 흡수식보다 작아진다. 장래의 문제로, 補機동력을 랭킹싸이클 기관으로 回軸구동(驅動)으로하든지, 태양열 발전을 하여 구동하는

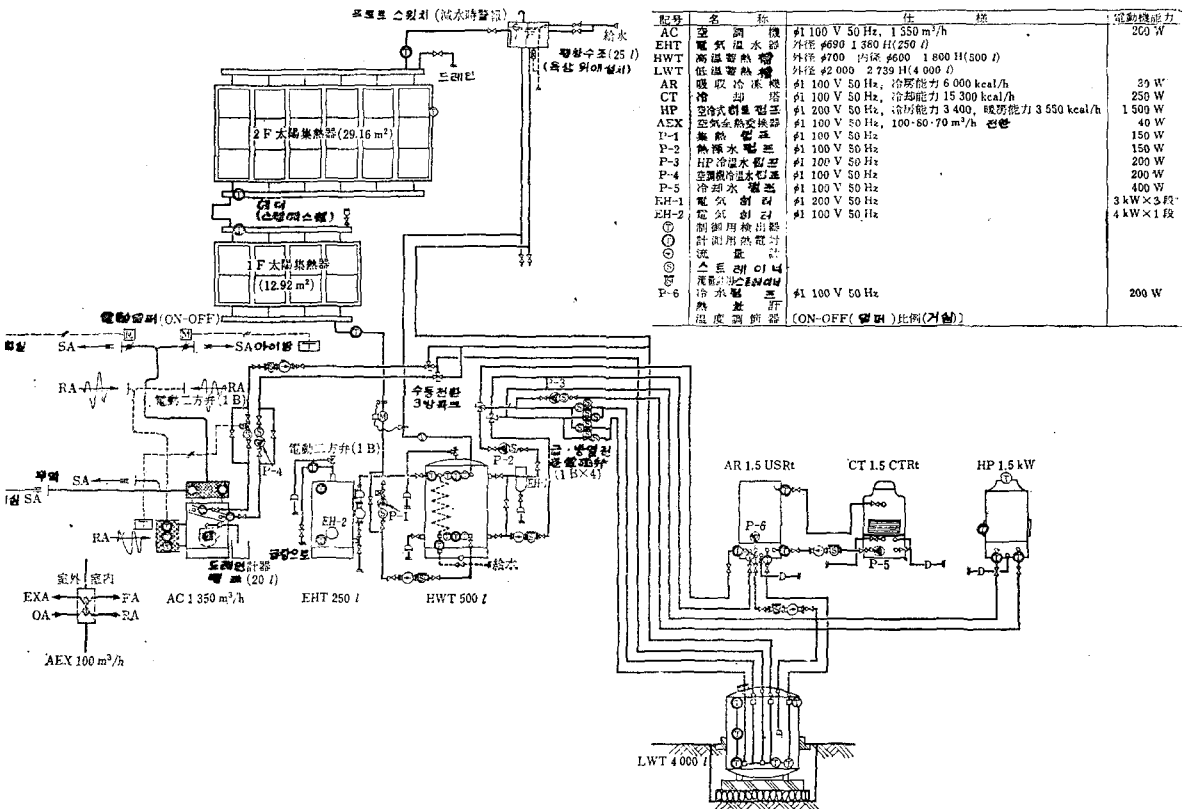


그림 3. 시스템 시스템

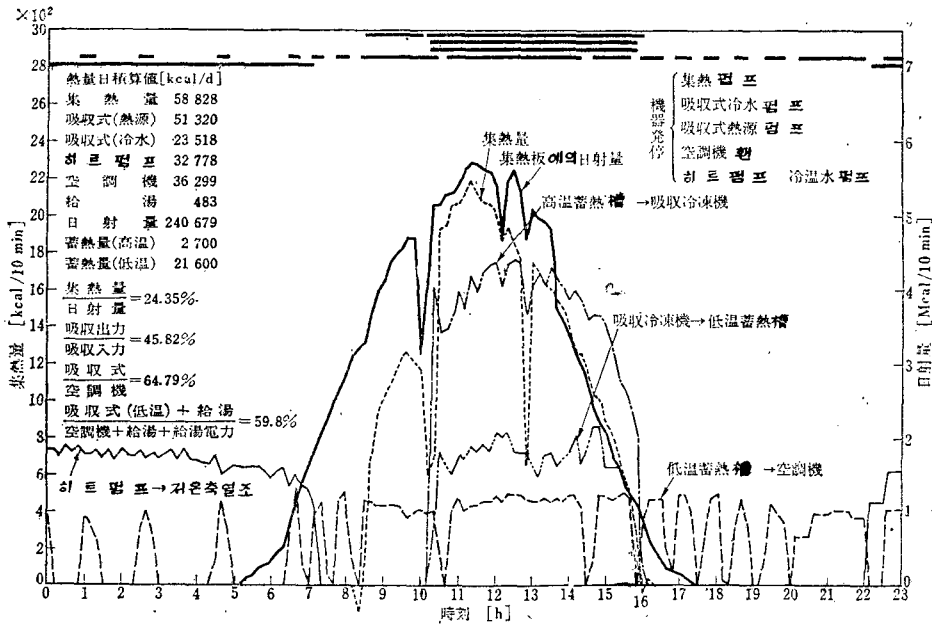


그림 4. 열량변화와 機器의 작동상황 (1975년 8월 11일)

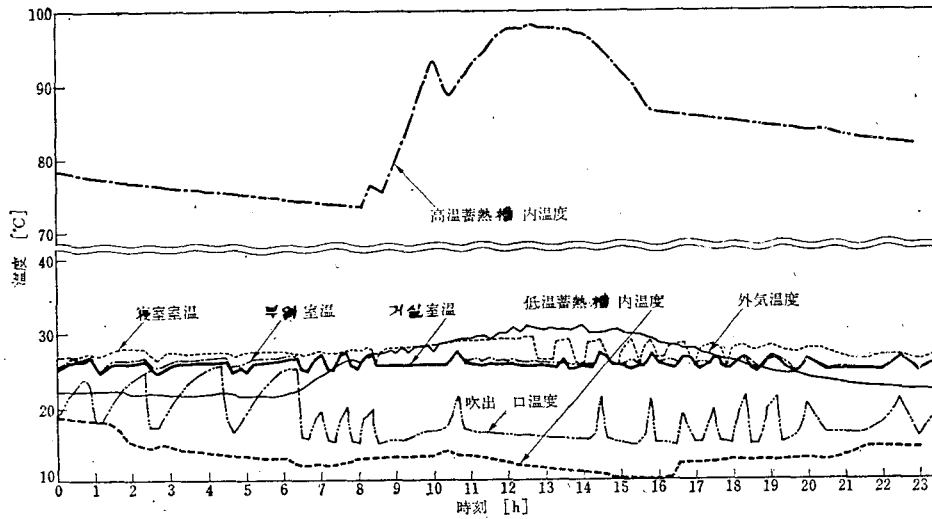


그림 5. 各部의 温度變化

일이 가능하면 그림의 ①선과 같은 이상적인 특성을 가진 것으로 될 것이다.

이상과 같이, 태양냉방에 에너지 절약 효과를 기대하는 것에는, 집열면적을 충분히 크게하고 동시에 단열의 강화등으로 냉방 부하를 극단으로 경감하여 태양의존율을 100%까지 올리든지, 경제적 조건등으로 의존율을 그다지 높이지 못할때

는 前記의 組合방식을 채택하든지 한다.

전항에 소개된 “矢崎實驗 솔라하우스 제1호”는 전자를 목표로 한다고 생각되다만 草加태양의 집에는 장래에 있어서도, 집열면적을 꽤 크게하는 일은 비용對 효과의 관계에서 곤란이 예상되고, 실제 적용될 때는 연집주택으로서 10~20호의 규모로 될 것이므로, 조합방식과 같이 다소 시스템

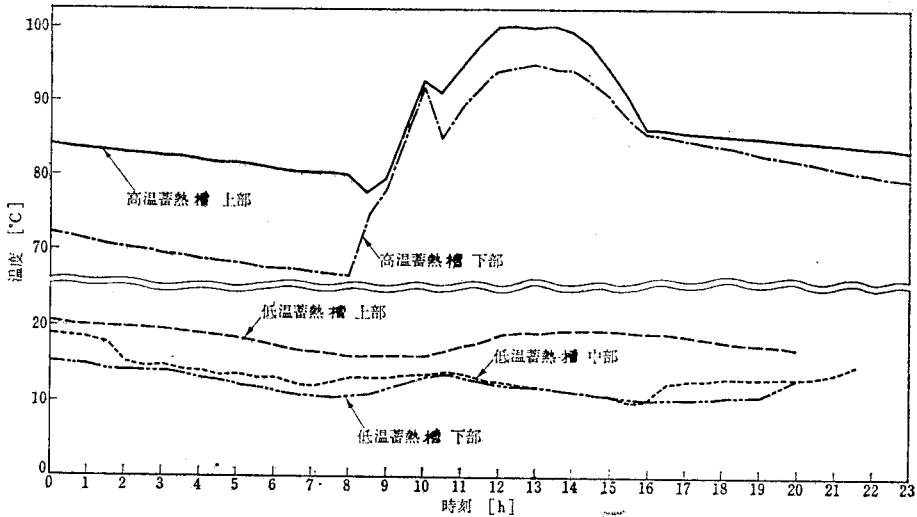


그림 6. 高温蓄熱槽와 低温蓄熱槽의 水温變化

이 복잡해도 상관없다는 점을 고려하여, 후자의 방법으로 된다. 현재, 보조의 전동 냉동기는 공기 열원 히트펌프이기 때문에 겨울의 보조열원으로서도 이용되기 때문에, 완전한 二重설비로는 되지 않는다.

### 3. 냉난방 시스템의 개요

草加태양의 집의 냉난방 시스템의 계통을 그림 1-3에 보인다. 집열기는 평판형으로 특수강판을 썸-용접하여, 표면을 선택막처리 ( $\alpha=0.93$ ,  $\epsilon=0.10$ )한 집열판에 2장의 강화유리의 덮개를 가지고 있다. 냉동기는  $H_2O-LiBr$  자연 순환식 흡수 냉동기 (1.5 USRt)로 再生器入口 온수온도가  $85^\circ C$  이상에서 운전가능하고, COP는 0.5정도이다. 보조열원 방식은 보일러는 아니고 전술과 같이 공기열원 히트펌프 (1.5kw)을 이용하고 있다.

냉방 싸이클에는 아직 일광에 의하여 집열기 최상부의 出口側수온이 고온축열조 (500l)의 下部 수온 보다 5deg이상 높아지면 差溫 싸모스타트 (thermostat)로 집열 펌프가 가동되어, 고온축열조의 상부온도가  $90^\circ C$ 에 달하면, 흡수 냉동기의 운전을 개시한다. 日射가 없어져서 差溫이 일정치 이하가 되면 집열펌프는 정지되고 온수공급 온도가  $85^\circ C$  이하가 되면 흡수 냉동기는 정지한다. 흡수냉동기로 얻은 냉수는 FRP製の 밀폐식

저온축열조 (4000l)에 축적되어 필요에 따라 空調機에 보내져서 냉방을 행한다. 공조기의 운전은 타이머에 의한 스케줄 (schedule) 운전이고, 실온 (室溫)은 리턴에어 (return air)의 온도 검출에 의하여 냉수 二方辯제어로 조절된다. 2층의 두방에 관하여는 별도로 타이머가 있어 냉난방 불요시는 담파로 제어한다. 실제의 운동방식으로는 前日의 야간에 다음날이 담우천으로 태양냉방이 되지 않아도 건물의 냉방이 되는데 필요한 최소한의 냉열량을 전동 냉동기를 운전하여 옥외의 地中에 묻어둔 저온 축열조에 축적하여 둔다. 고온 축열조의 온도는 前夜에 목욕탕을 사용하면  $60^\circ C$ 전후까지 저하 되고 당일 아침이면 집열은 9시전에는 개시되어 10시지나서는  $90^\circ C$ 이상에 달하여 흡수 냉동기의 운전이 개시된다. 16시 정도엔 집열은 정지하고 따라서 냉동기도 정지한다.

급탕은 고온 축열조내의 蛇管코일로 예열되어 집야전력온수기를 통하여 각 공급개소에 공급되거나 自力式혼합瓣으로  $60^\circ C$ 로 제어하는 것으로 태양로  $60^\circ C$  이상으로 가열될때는 전기온수기의 더운물은 사용하지 않고 여름엔 거의 보조열원을 필요로 않는다.

난방 cycle에는 고온축열조와 저온축열조는一體로서 온수축열에 쓰이고, 집열온도는  $50\sim 60^\circ C$ 로 된다. 담우천이 계속되어 수온이  $37^\circ C$ 이하로 될 때에는 공기열원 히트펌프를 수시로 운전한다

이것들의 운전은 냉방, 난방운전의 스위치, 즉 변환을 계원이 행하는 이외엔 전부 자동적으로 행해지기 때문에 거주자는 원칙적으로 機器를 조작하는 필요는 없다.

태양냉난방 시스템에는 하기에는 집열펌프 계통의 고장, 정전등에서 문제가 생기고 또 집열기의 과열에 의한 스티프해머의 발생과 선택막의劣化의 문제가 있고, 동기에는 야간의 동결문제가 있으나 이 시스템은 전자에 대하여는 집열기의 최상부에 팽창탱크를 설치하여서 증기가 용이하게 배출되고, 동시에 물이 항상 보급되도록 한 구조를 하고, 후자에 대하여는 동결방지 써모스타트를 이용하여 동결의 위험이 있을때는 집열펌프를 단시간 驅動하도록 하는 배려를 하고 있다.

#### 4. 計測의 概要

본 실험에서는 2년간(1975년 여름~1977년 초)에 걸쳐서 연속하여 에너지의 사용량·집열량등을 계측하기 위하여 기록은 모두 電算機에의 入力이 가능하도록 종이 테이프에 수록되어있으며 보완용 백업(back up)으로서는 프린터 E.R이 부가되어 있다. 주요한 계측내용은 온도, 流量(펄스 발전기가 붙은 流量器) 일사량(수평과 경사면), 습도, 제습량, 기기 작동상황 등이다.

이 솔라하우스의 다른 목적으로는 가정에서 사용되는 쏘 에너지 소비량과 용도별 소비량을 파악하는 일이고, 그러기 위하여 태양열 이용 계통도 용도별로 계측하는 것은 물론 일반의 전력 계통도 조명, 콘센트, 세탁, 냉장고용 등으로 분류하여 계량이 가능하도록 되어 있으며, 모두 16개의 적산전력계가 있다. 이 계측에 필요한 것과 장래의 全電化의 data를 얻기 위하여 부엌 레인지도 電化되어 있다. 주방 레인지의 전력사용량은 1일에 약 2kw.h 정도에 지나지 않고, 냉동냉장고의 약 반에 지나지 않는 것이다.

#### 5. 측정결과와 問題點

실험은 1회째의 냉방期를 끝마친 직후여서, 기간을 통한 해석은 아직 종료하지 않은 것으로, 여기에서는 1975년 8월 11일의 측정 결과만 보

인다.

그림 4는 各個所의 열 이동량의 시간변화와 機器 작동상황을 보인다.

이날의 日平均 집열효율은 약 24%, 흡수냉동기의 COP는 0.46, 태양의존율은 60% 이다.

그림 5는 각부의 온도변화를 보이고 있다. 그림 6은 고온축열조와 저온축열조의 온도분포를 보인다.

이런 것들의 측정결과, 운전중의 경험으로부터 알아낸 점을 2,3개 소개 하고싶다.

1) 집열기의 유리표면의 먼지의 부착이 현저하여, 외국의 보고에서 먼지의 영향은 투과율의 5%라고 하는 것과는 확실히 틀린 듯 하다.

이것은 이 지역이 공업지역이라는 것과 집열기의 경사가 약 17° (3寸구배)라는 다른 예보다 완만하다는 것에도 영향이 있지 않은가하고 생각된다. 강우에 의하여 어느정도 개선되나 아무리해도 태양열 이용에 있어서는 중요한 문제로 계속적으로 定量的으로 해석할 必要가 있다.

2) 計裝用 전력 소비량이 매우 크다.

이것은 실험용이기 때문에 많이 소모되는 면도 있으나, 특히 電磁瓣과 같이 항상 전력을 소비하는 것은 비록 소비전력은 수십와트로 적은 정도이지만 기간 소비량은 막대한 량으로 되므로 주의할 필요가 있다.

이 대책으로서서는 시스템을 가능한한 간소히 하고 동시에 自力式 제어瓣, 流體素子 등의 응용을 고려해야 한다.

3) 고온축열조는 폴리우레탄 50mm로 보온되어 있으나 그림 4,6과 같이 야간에 온도강하가 꽤 있다. 심야전력 온수기의 보온등에도 공통의 일이나, 에너지 절약적인 의미에서 단열재는 적어도 100mm이상은 필요하다.

4) 냉동부하가 당초의 상정보다 많고 냉수온도가 높아졌다. 室溫은 대개 27°C 정도로 유지되고 있으나 태양의존율은 예상보다 낮다. 이것은 측정계측기기부터의 발열이 많은것, 出入口의 목재문의 극간풍이 많은것, 견학자의 출입이 많은것 등의 원인이 되고 있으나 실제로 연립주택이 건립된다면 개선될 일이라 생각된다.