

태양열과 프레온 기체 압축열 복합온수기 개발

정현채·김기선·선경호·남승영·이종원*

경희대학교 화학과 경희대학교 부설 태양에너지 연구소
경희대학교 기계공학과*

The hot water production through the combination of solar thermal energy and freon gas compression heat.

Hyun Chai Jung · Ki Sun Kim · Kyung Ho Sun · Sung Young Nam and
Jong Won Lee *

Dept of Chemistry Kyung Hee Univ. Kyung Hee Univ. Institute of Solar Energy.

Dept of Mechanical Engineering, Kyung Hee Univ.*

요 약

태양열과 프레온 R-12 기체 압축열 복합온수기를 개발하여 실용화할 수 있도록 했으며 개발 내용은 다음과 같다.

- 가. 라디에타형 집열기와 평판형 집열기를 고안하여 프레온 R-12 기체와 액체가 상변이를 하면서 순환하여 태양복사열과 간접복사열을 흡수하고 대기의 대류접촉 전열을 통해 대기열을 효과적으로 흡수하도록 개발했다.
- 나. 저장조하부에 압축기를 위치하도록 하고 압축기 가동시 발생하는 압축기의 표면열과 압축기에서 발생된 기체열이 가장 효과적으로 저장조에 주입되도록 압축기와 저장조에 위치한 열교환기의 연결관을 축소화했다.
- 다. 저장조에 압축된 기체로부터 열교환을 더욱 효과적으로 하기 위해 열교환기를 새로 고안하여 개발했다.
- 라. 280l, 50°C 온수를 매일 생산하도록 하여도 혹한기에 월 6,000원 이하의 전기료가 소요됨을 실측했다.
- 마. 프레온 R-12 순환시스템으로 우리나라의 기후에서 태양열온수기 제작에 최대 장애요인인 동파문제를 완전제거할 수 있었고 조작성이 완전자동이며 하자 발생요인이 거의없고 수명이 길며 제작단가가 낮아 보급에 큰 잇점이 있을 것임을 확인했다.

ABSTRACT

The hot water producer by the combination of the solar thermal energy and freon

gas compression heat has been developed. Freon R-12 gas was circulated through the system including the solar absorption panel, which has no glassing and no insulation, and the frozen and burst problems were intrinsically eliminated. The manufacturing and running costs may go further down than the regular solar hot water systems.

1. 서론

현재 태양열 온수기는 우리나라 일사량조건¹⁾에서 태양열 이용효율은 비교적 좋은 편이나 추운 겨울이 있는 지역에서는 어려운 장애요인이 큰 문제점으로 대두되어지고 있다.

또 한번 고장이나면 수리문제가 쉽질않아 어려움³⁾을 겪고 있다. 겨울철에는 온수가 가장 많이 소요되는데 태양열이 미미한 정도이므로 전체적으로 시스템의 효율이 낮아지는 성향도 무시할수 없다. 가끔씩 저장조내에 전열 시스템을 사용하는 경우가 있으나 이는 동파와 겨울철 열손실을 막는데는 도움이 되지만 전열비의 높은 지출은 막을길이 없다. 부동액을 작동유체로 사용해서 문제해결을 도울수는 있겠지만 부동액의 유해성과 매년 겨울철마다 교체해야하는 불편함과 밤의 열 역류등의 문제가 또한 어려움을 가져다주고 더군다나 복잡성도 무시할수 없다.

이러한 문제를 근본적으로 해결하는 길은 작동유체가 기체이고 응축과 증발열 및 압축열을 동시에 이용할수 있는 시스템⁴⁾이 필요하게 된다. 또 집열기를 단열하지 않아도 되는 잇점은 유리부착이 필요없게 되므로 집열기 가격을 내리는 동시에 시공상에서도 옥상에 35-45도의 각도⁵⁾로 설치하지 않아도 되고 옥상이나 남쪽 벽면에 거의 직각으로 부착시키기만 하면 되므로 시공상에서 엄청난 잇점이 있다. 프레온 R-12^{6,7)} 기체의 특성을 이용하여 태양열을 이용하는 시스템은 안전하고 동파문제가 근본적으로 해결되고 또 시설이 간단하고 용이하고 저렴하므로 우리나라와 같이 혹한기가 있는 지역에서는 그 개발이 불가피할 정도이므로 이 연구가 필수적이라고 믿어진다.

따라서 본 연구에서는 새로운 집열기의 개발과 특히 겨울철의 실험가동을 통해서 온수가

가장 많이 필요한 계절에 비교적 저렴한 전기요금을 지출하면서 충분한 온수량을 얻기 위해서 더 큰 효율을 가진 시스템을 설계하고 제작하였다.

2. 태양열-프레온 기체 압축열 복합 이론

프레온 R-12의 압축 팽창에 따른 열성능을 알아보기 위해 우선 프레온 R-12의 물리화학적 특성을 살펴보면 Table-1과 같다.

프레온 R-12의 압축-팽창 사이클은 Fig.1과 같이 그릴수 있고 1(P_1, i_1)에서 팽창 밸브를 통해 팽창되는 등 엔탈피선을 따라 2(P_2, i_2)로 내려오고 2(P_2, i_2)에서는 태양열 집열기로 들어가 태양열을 흡수하면서 엔탈피를 증가시키면서 기화된다. 3(P_3, i_3)에 도착한 기체는 압축기에 의해 압축되고 이때는 고압이 걸리는 동시에 압축기에서 소모되는 전기 에너지를 받아 총일량 AL을 얻으면서 4(P_4, i_4)에 도달한다. 4(P_4, i_4)에 도달한 프레온은 저장조 속에서 열 교환기를 거쳐 열을 방출하면서 액화되

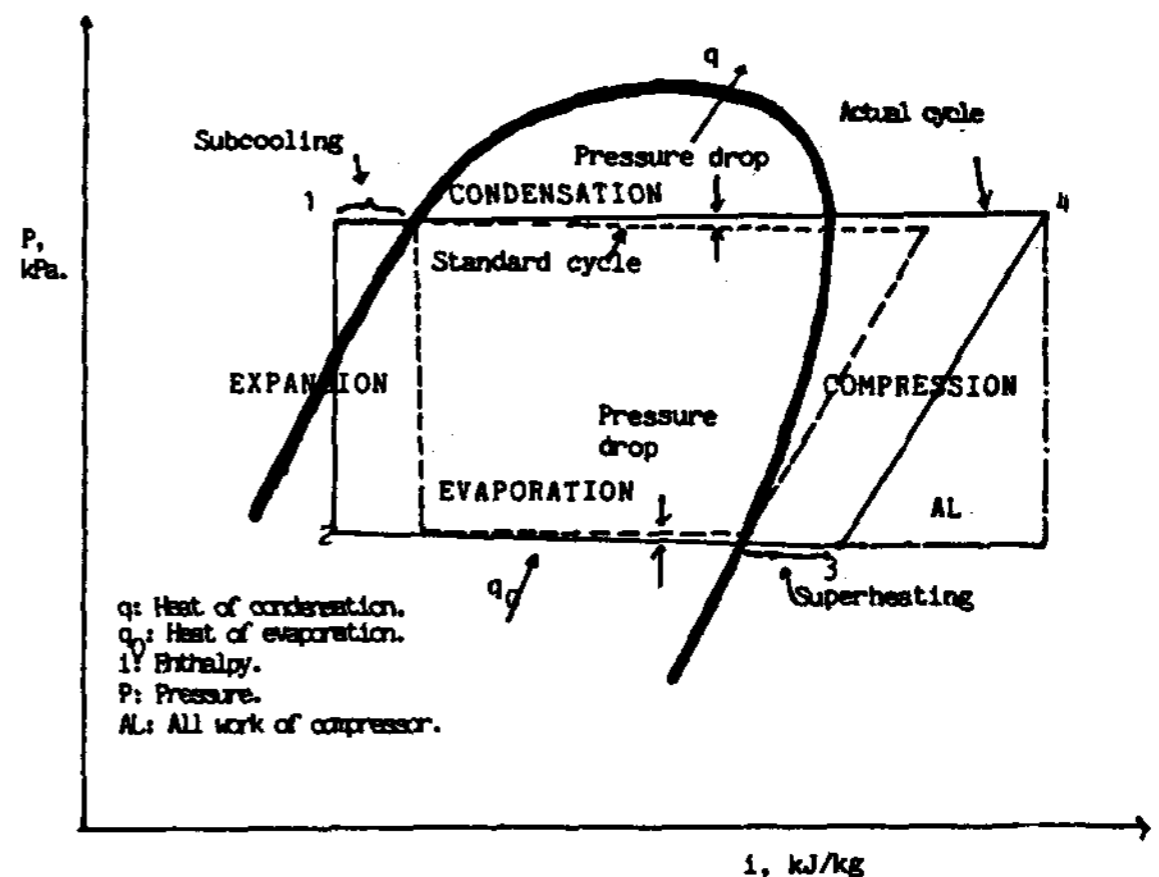


Fig.1 Actual vapor-compression cycle compared with standard cycle

Table 1. Physical properties of Freon R-12⁸⁾

Mw(분자량)	120.92	mp at latm (용융점)	-155.0°C
액체밀도 ρ_{-30} at 30°C	1.421 g/ml	p_k at latm (임계압력)	41.96atm
bp at latm (비등점)	-29.8°C	T_k at latm (임계온도)	112.0°C
Δi_f at latm (용융열)	8.2kcal/kg	V_k at latm (임계부피)	0.001793m ³ /kg
Δi_v at latm (증발열)	39.94kcal/kg	ρ_k at latm (임계밀도)	557.4 kg/m ³
포화기체부피	$v = 7.0113 \frac{T}{P} - \frac{2.389}{T} + 0.00487 \text{ m}^3/\text{kg}$		
포화압력	$P = \frac{RT(v+B)-A}{v^2} \text{ atm where } R=0.082054$ $A=9.661(1-\frac{0.05639}{v}), B=0.976(1+\frac{0.04839}{v})$		

고 저장조에 물의 온도를 상승시킨다. 액화가 완료된 기체는 다시 1(P₁, i₁)에 도착하여 사이클을 반복한다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험 장치, 설계, 제작

Fig.2에서 나타나 있는 바와 같이 전체 시스템 구성을 보면 집열기 부분, 저장조 부분, 압축기 부분과 팽창 밸브 부분인 4가지 부분으로 나눌수 있고 각 부분은 동관으로 연결되어진다. 압축기는 1/2 HP의 Power를 가지고 배기량은 882In³/Rev인 미국의 Rotorex사 제품인 모델 번호 K48A783A로 사용 냉매는 R-12 기체 전용이고 압축 방식은 Rotory 방식이다. 팽창 밸브의 오리피스 어셈블리의 밸브 형식 및 규격용량(냉동톤T_k)은 TF2-0.5, 규격 용량(kW)은 1.7, 오리피스 번호는 2번, 오리피스 코드 번호는 68-2005, 라디에타형 집열기는 12줄의 구리관에 Fig.3에서 보는바와 같이 관에 직각으로 530개에 알루미늄핀을 부착시켜 태양열이 직사되면 핀 전체에서 흡수되고 공기가

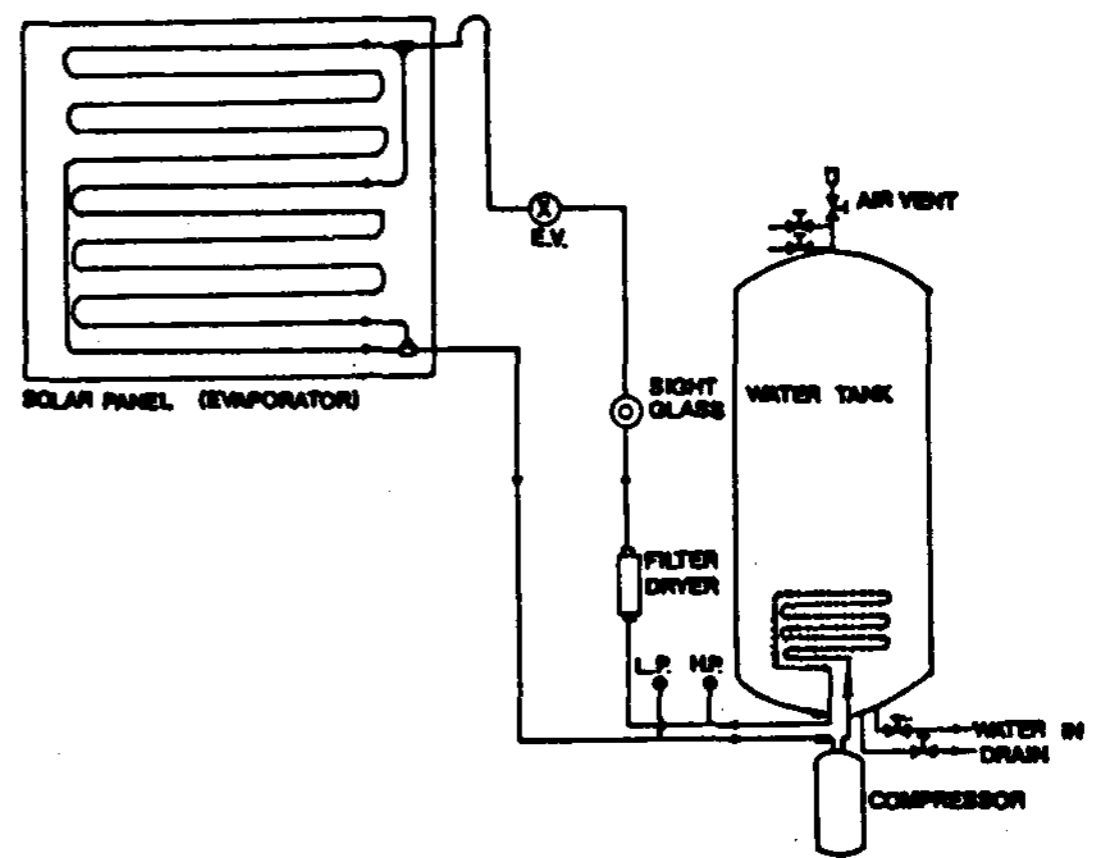


Fig.2 A schematic diagram of experimental apparatus of newly developed system

유통하면서 열 교환되어 관내에 흐르는 유체로 전달하도록 되어있고 스텐레스 평판형은 뒷면에 12줄의 구리관을 납땜 부착시켰다.

저장조 부분은 280L의 수조와 50mm 두께의 Polyurethane 단열재로 둘러싸여있고 압축기에

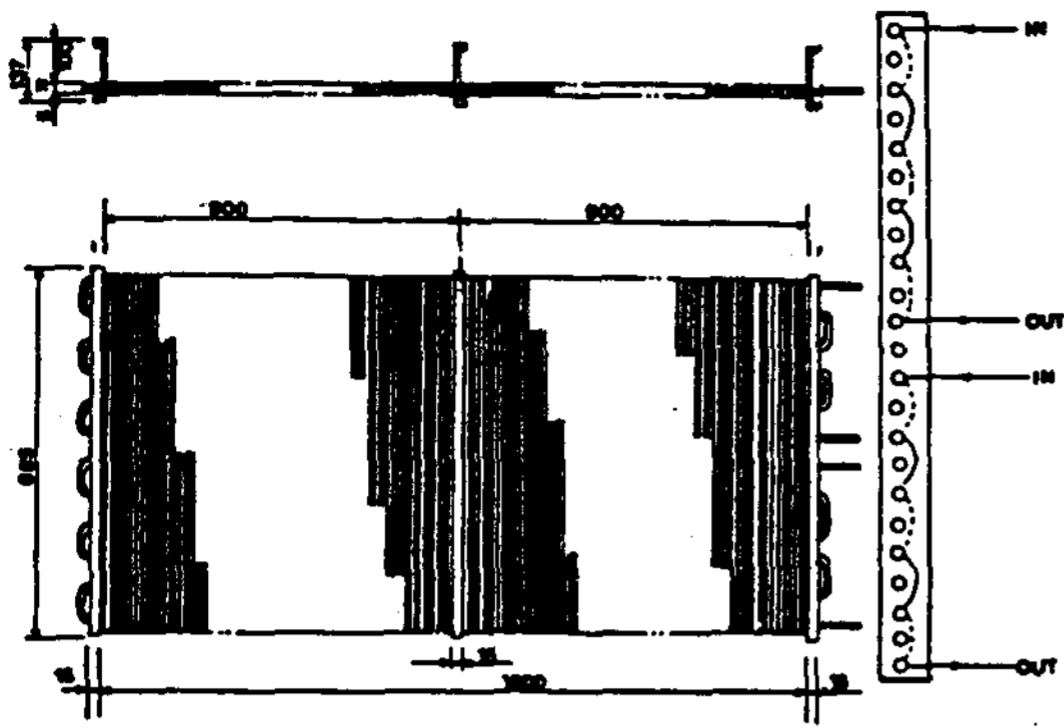


Fig.3 Radiator type solar panel

서 발생하는 열손실을 막고 압축기와 열 교환기의 거리를 최단으로 하기위해 저장조 바로 밑 부분에 압축기로부터 유도된 열교환기 코일이 저장조 하부에서 윗쪽으로 도입되어 있어 압축기의 열이 저장조로 자연 대류하여 전달되도록 설계 제작되었다.

3.2 실험 방법

실험은 매일 아침 저장조에 새로운 물을 주입하고 약 50°C까지 거의 매시간 측정하였다. 이때의 온도측정은 다점 디지털 온도계(K type)로 열 교환기의 입·출구, 집열기의 입·출구, 저장부 상·하단부를 측정하고 이를 도표로 작성했다. 압력측정은 고압계를 열 교환기 출구에, 저압계를 압축기 입구에 부착하여 측정했고 전력량 측정은 교류 단상 2선식 적산 전력 측정기로 했다.

가. 신 개발 라디에타형 집열기에 의한 실험 (1989. 11. 27-12. 29)

- 1) 집열기 한장 2) 집열기 두장 직렬 3) 집열기 두장 병렬 4) 집열기 세장 병렬 연결한 경우

나. 평판형 집열기에 의한 실험(1989. 12. 30-1990. 2. 13)

- 1) 1층 건물벽 2) 2층 건물벽에 부착한 경우

다. 신 개발 시스템에다 신 개발형 라디에타형 집열기에 의한 실험

(1989. 12. 30-1990. 2. 13)

- 1) 집열기 한장 2) 집열기 두장 직렬 연결한 경우

4. 결 과

4.1 분 석

냉매 R-12의 압축 팽창 특성열을 실험적 조건에 맞추어 계산해 보았다. 즉 저장조의 물의 양 $m=300L$ 를 시수온도 $T_{w_c}=10^{\circ}C$ 에서 온도 $T_{w_a}=50^{\circ}C$ 까지 올리는데 필요한 열량 $1000kcal/hr(=0.3012 \text{ 냉동톤})$ 에 대해 냉매가 $5^{\circ}C$ 증발하고 $55^{\circ}C$ 응축될때의 계산값을 Table 2에 나타내었다.

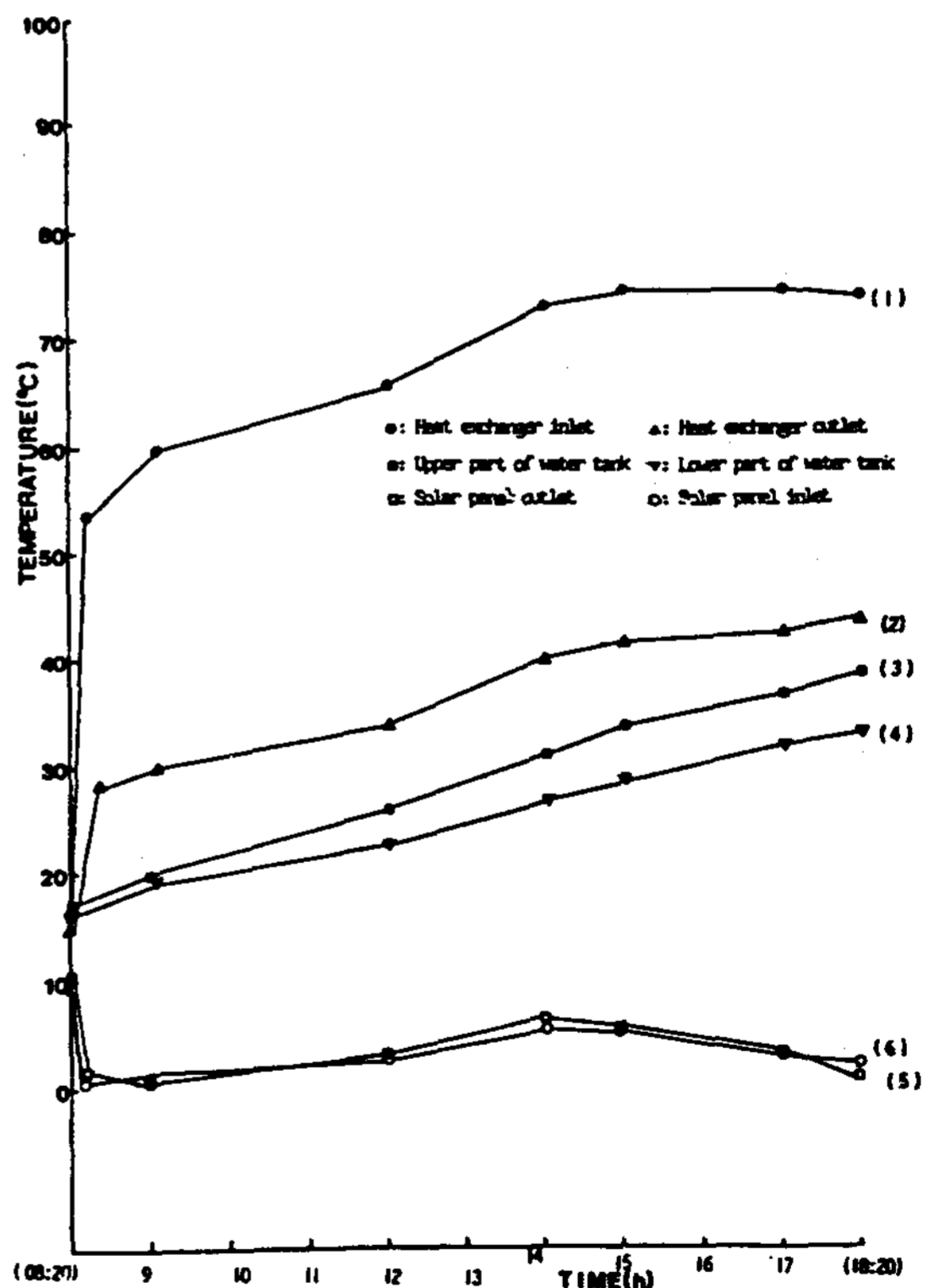


Fig.4 Temperature variation of the 6 points of preexisted system versus time on Nov. 11. 1989(CLOUDY)

Table 2 Expansion-Compression characteristics of Freon R-12; Calculations for 1000 kcal/hr cycles, evaporation at 5°C and condensation at 55°C, $i_1=i_2=113.2$, $i_3=137.2$, $i_4=143.3$ kcal/kg

	계 산 식	계 산 값
냉매의 냉동효과	$q_0=i_3-i_1$	24.0kcal/kg
	$q'_0=0.95 \times q_0$	22.8kcal/kg
	v'' (압축기 입구에서의 비체적)	0.04863m ³ /kg
	흡입 gas/m ³ 당의 냉동효과 : q'/v''	468.85kcal/m ³
냉매의 순환량	$G=1000/q'_0$	43.86kg/hr
	$G'=1000/\Psi q'_0$ (Ψ : 냉동 효과 비=0.85)	51.6kg/hr
배제가스 체적	$v_{th}=G' \times v''$ (압축기 흡입 가스량)	2.51m ³ /hr
	$v_a=v_{th}/n_v$ (피스톤 압축량) (체적 효율 : $n_v=0.8$)	3.14m ³ /hr
압축일	AL(총일량)	6.1kcal/kg
	AL \times G'/632(소요동력)	0.5PS(HP)
응축열량	$q'_0=q_0+AL$	28.9kcal/kg
COP(성적계수)	$e=q_0/AL$	3.93

4.2 결 과

본 시스템에서 온도는 각 부위를 매시간 마다 측정하며 Figs. 4-5에 대표적인 예를 도시하였다. Fig.4의 11월11일의 데이터는 6지점의 온도 변화간의 상관관계를 표시한 것으로 (1)과 (2)의 차이는 열 교환기에서 저장조에 작동유체가 열을 전달한 정도이고 (3)과 (4)의 차이는 저장부 상하부의 차이이다. Fig.5의 라디에터형 집열기 한장을 연결한 12월4일의 데이터는 대기온도 변화에 따른 Freon R-12 기체가 집열기에서 태양열은 물론 잠열까지 얻어냄을 볼수 있다.

또 Fig.6의 1990년 2월12일 데이터는 신개발 시스템에 라디에터형 집열기를 두장 직렬 연결한 경우로서 현저하게 저장조의 물온도가 상승됨을 보게 된다. 작동유체는 집열기에서 완전히 기화되어서 압축기로 뜨거워진 상태로 들어가 압축된후 열 교환기에서(1)에서 (2)온도로 하강하면서 응축된다. 응축(액화)되지못한 기

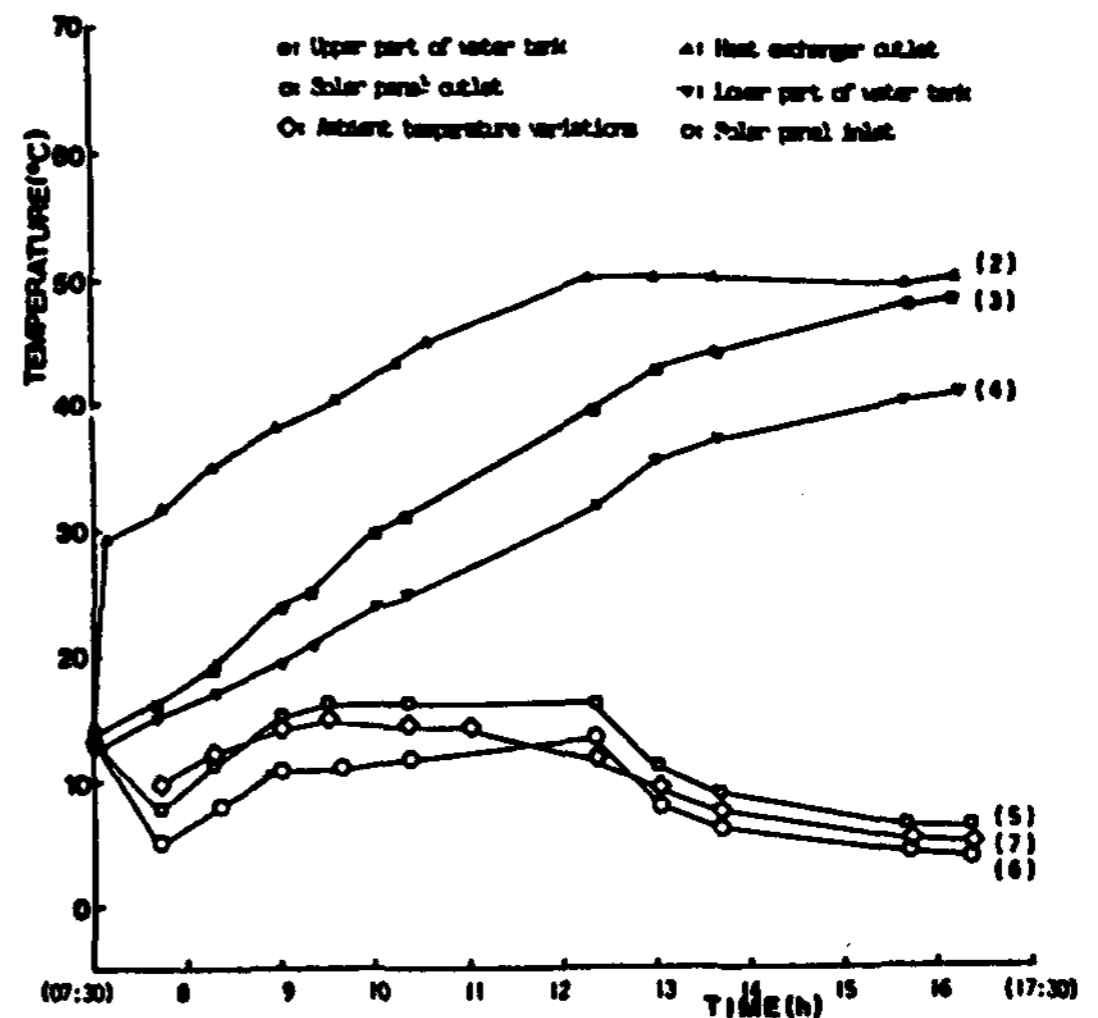


Fig.5 Temperature variation of 5 points of radiator type solar panel(A) attached preexisted system and ambient temperature(\diamond) versus time on Dec.4. 1989(CLOUDY)

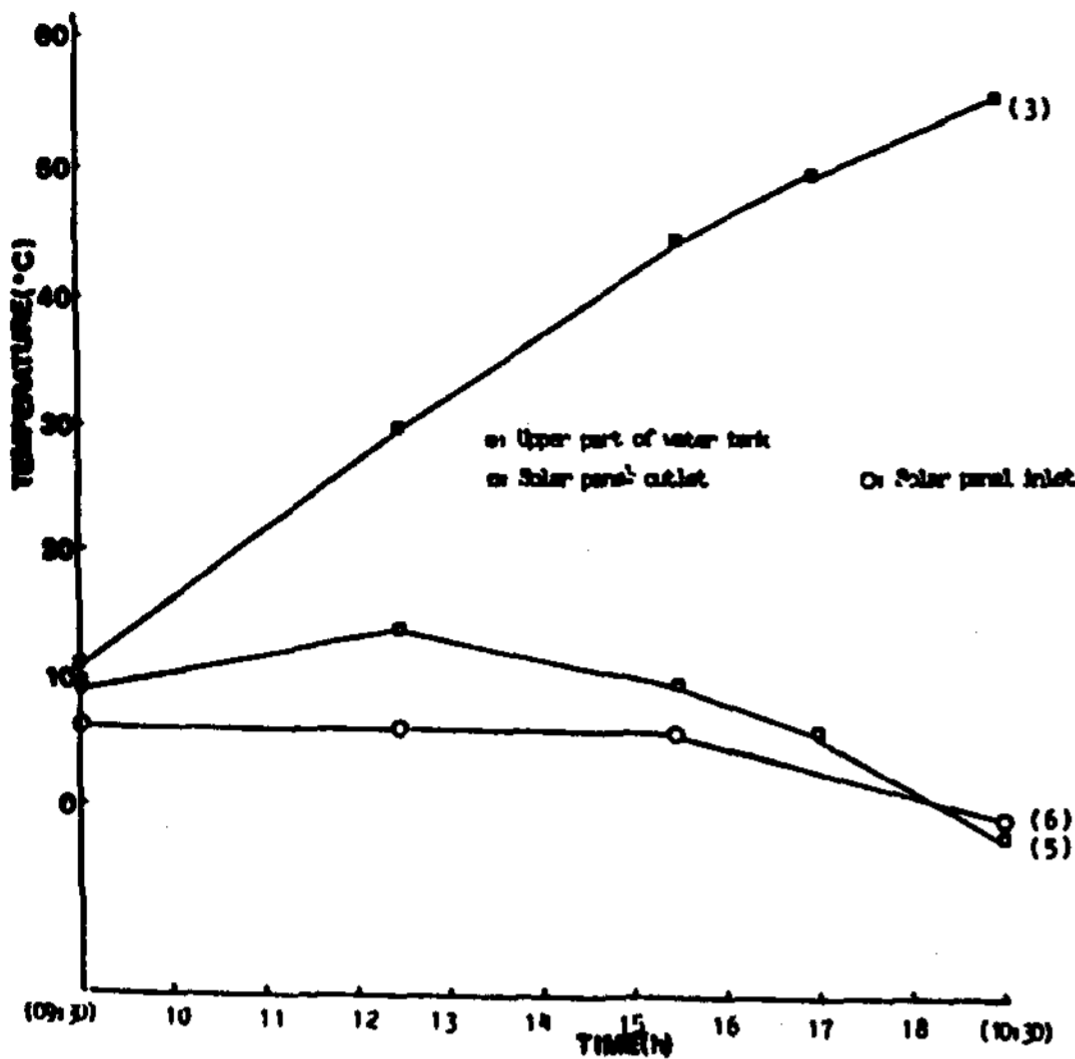


Fig.6 Temperature variations of 3 points(Storage temp., inlet and outlet temp. of solar panel) of newly developed system on Feb. 12. 1990(Clear)

체는 수액 분리기를 통해 기체가 분리되고 다시 액체상태로 팽창밸브로 팽창되어 온도가 하강한다. Fig.7에서 보듯이 압축기에서 나온 고압유체는 일기변화와 저장조의 온도변화에 따라 달라지고 고압부의 압력이 높아질수록 프레온 R-12의 기체는 고온이 되고 열교환 효과는 커지게 된다.

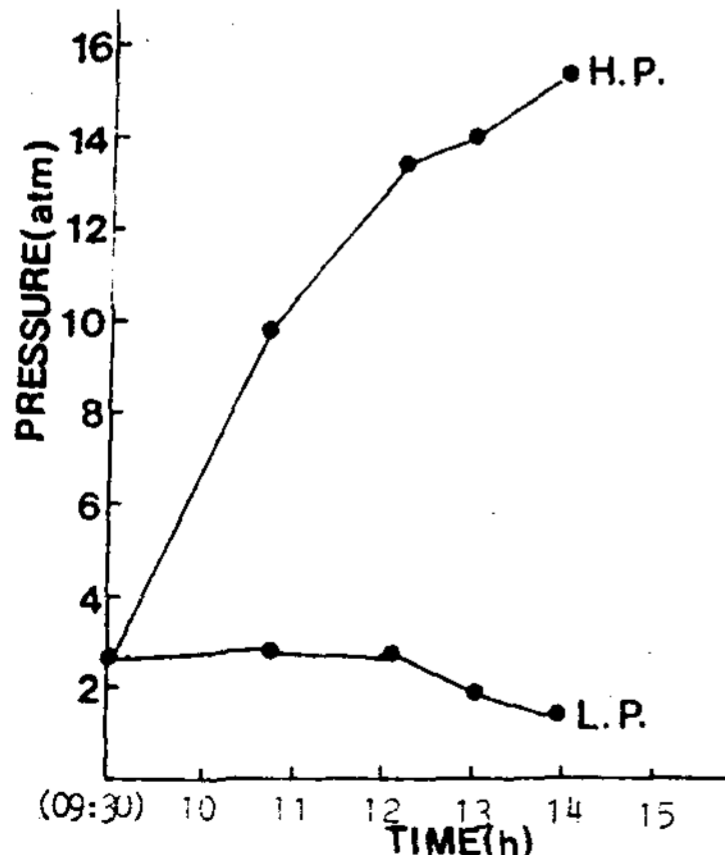


Fig.7 Low and high pressure variations of newly developed system on Feb. 12. 1990 (Clear)

12월4일 데이터는 상대적으로 높은 압력을 나타내고 기온이 높은편은 반면 12월20일 데이터는 비교적 낮은 편인데 외기 온도가 6°C로 낮은 편이었고 흐린기후이었음을 알수 있다. 전력량 측정은 시간에 따라 거의 직선 관계를 나타내고 일반적으로 매시간 마다 0.4kWh에서 0.6kWh 정도를 오르내리는데 이는 대개일기 조건에 따라 약간 달라지고 있음을 볼수 있으나 대개 시스템형이 결정되면 거의 시간당 전력 소모량은 일정함을 나타내고 있다. 라디에타형집열기 3장을 병렬 연결했을때는 시간에 따라 온도상승이 아주 느리고 압력차가 너무 커서 압축기에 무리가 초래됨을 관찰했다. 2월2일과 2월12일의 데이터에서 2월12일의 압력이 훨씬 높고 예상대로 외기온도가 높은 상태이다. 그러므로 고압부의 압력은 외기 온도에 따라 변화되고 저장조의 온수 온도에 따라서 올라가는 경향이 두드러짐을 볼수 있다.

4.3 고 찰

4.3.1 운행 시간에 따른 총체적 획득 열량

1) 신개발 시스템에 대한 계산

저장조의 물 온도 30°C 올리는데 필요한 열량 8400kcal를 소요시간으로 나누어서 대략적으로 시간당 평균 획득 열량을 총체적으로 계산해서 Table 3에 나타냈다. 가장 성능이 좋은 날은 2월13일로 1400kcal/hr이고 가장 나쁜날은 1월18일로 763.64kcal/hr였다. 일기조건이나 외기조건에 비교해보면 10월이나 11월에 비해 1월이나 2월은 훨씬 나쁜 상황인데도 집열 성능이 훨씬 좋음을 알수 있다. 기존 시스템의 가장 좋은 날인 10월14일은 외기온도가 27°C로 좋은 가을 날씨였는데 1200kcal/hr밖에 얻지 못했으나 신개발 시스템의 가장 좋은날인 2월13일은 외기 온도가 9°C밖에 안되는 청명한 싸늘한 날씨인데도 1400kcal/hr라는 좋은 성능이 나타났다. 가장 나쁜 날도 기존 시스템의 경우 11월11일 외기 온도 9°C(흐림)에서 614.93kcal/hr인데 신개발 시스템에서는 1월18일 외기온도 7°C(흐림)에서 763.64kcal/hr라는 상당한 성능을 나타내고 있어 성능상으로 신개발 시스템의 우수성이 입증되었다.

Table 3 Time taken to raise the temp. 30°C (ΔT) and the electric power consumption for the newly developed system

(1990) Date month. day	Starting time hr.min	amb. temp. (weather)	time to raise temp. 30°C (Δt) in hour	consumed electric power in kwh	average obtained heat per hour(kcal/h)
1.4	9:00	4(clear)	7	3.1	1200
1.8	9:39	9(sl.cloudy)	7	3.2	1200
1.9	9:35	5(cloudy,rainy)	7.3	3.4	1146
1.10	10:00	5(Rainy)	7.6	3.7	1096
1.11	9:52	3(cloudy)	10	5.2	840
1.17	10:07	12(sl.cloudy)	6	2.1	1400
1.18	10:30	7(cloudy)	11	5.5	764
2.1	10:13	8.5(snow)	8.5	4.1	988
2.2	9:33	1(cloudy)	8.5	4.2	988
2.3	14:18	8(cloudy)	8.5	4.2	988
2.12	9:28	11(clear)	6	2.4	1400
2.13	9:48	9(clear)	6	2.2	1400

2) 여러가지 시스템에 대한 계산 그것들의 연결방법 및 배관방식에 따라서 총체
 시스템의 종류에 따라서, 집열기의 종류와 적 획득 열량을 산출해서 Table 4에 나타냈다.

Table 4 Time taken to raise temperature 15°C (Δt) and electric power consumption for the various systems

System type	Collector type	Date month.- day	Starting time hr:min	Amb.Te- mp. (Weather)	Time to raise temp. 15°C (Δt)in hour	Con- sumed electric power in kwh	Average Obtained heat per hour(k- cal/hr)	
Preexisted	Preexisted	10.26	08:20	10(rain)	5	2.0	840.00	
		10.31	07:37	27(clear)	3.5	1.5	1200.00	
		11.10	10:21	20(cloudy)	4	1.8	1050.00	
	Radiator	Only A	12.3	10:34	13(cloudy)	5	2.15	840.00
			12.4	07:31	16(sl. cloudy)	4.5	1.88	933.33
		A.B Series	12.20	09:00	6(cloudy)	6	2.16	700.00
			12.22	10:37	5(cloudy)	8	2.40	525.00
		A.B Para- lled	12.1	08:40	8(clear)	6.3	2.50	663.50
			12.5	10:40	12(clear)	5.6	2.38	742.05

	Flat plate	Lower wall	1.11	09:53	3(cloudy)	10	3.0	420.00
			1.17	10:07	11(sl. cloudy)	8	2.6	525.00
		Higher wall	2.5	11:44	2(cloudy)	9.5	3.0	442.11
			2.13	09:23	5(clear)	7.0	2.2	600.00
Newly developed	Radiator	AB Series	2.2	09:45	1(cloudy)	4	1.8	1050.00
			2.12	09:17	11(clear)	3	1.4	1400.00

이때 좀더 비교를 선명하게 하기 위해서 각 시스템과 집열기 형태 및 배관 방식에 따라 가장 대표적인 맑은날과 흐린날 2일간의 데이터를 비교했다. 시스템에 있어서는 신개발 시스템이 월등히 우수하고 같은 시스템에서 배관 방식은 직렬 연결 방식이 약간더 우수함을 알수 있었고 집열기의 종류에 따라서는 평판형 집열기가 가장 성능이 뒤지는 것을 보았다. 절대적인 비교는 불가능했으나 라디에타형 집열기와 기존 집열기는 거의 성능이 비슷했다. 평판형 집열기는 건물의 1층 벽보다 2층벽에 부착했을때 약간 성능이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었다. 전체적으로보면 신개발 시스템에 라디에타형 집열기를 직렬로 연결한 시스템이 현재 실시한 실험에서 가장 우수했다. 집열기를 3개 이상 연결한 경우와 기체압력 변화에 따른 영향은 앞으로 더 연구 실험 되어져야 한다고 본다.

4.3.2 외기 상황에 따른 성능 비교

Table 5에서는 월별로 가장좋은 날과 가장

나쁜날을 택해서 비교하고 실험기간인 10월부터 2월까지를 비교하되 저장조내의 물280L를 온도 15℃ 올리는데 소요되는 시간과 그때 사용된 전기량을 수록하고 물 280L를 15℃ 올리는데 필요한 열량 4200kcal에서 사용된 전기량을 kcal 단위로 환산해서 삭감해주면 집열 시스템이 태양열과 대기로부터 획득량에서 얻은량이 산출된다. 대체적으로 보면 총 획득 열량중 전기에너지가 투입된 것이 30%내지 40%정도 이고 나머지 60-70%가 태양열과 대기로부터 획득열로 간주되어 질 수 있다.

두드러진 것은 날씨가 좋은날 일수록 상대적으로 전기 에너지가 적게 들어도 높은 온도의 다량의 온수를 얻을수 있고 태양열 때문에 쉽게 온수가 구해지는 셈이 된다. 또 시스템 성능에도 관계가 있는데 기존 시스템에서는 평균 35%의 전기량을 투입해야 100%에 해당하는 온수열을 얻었는데 신개발에서는 28%정도의 전기량으로 100% 열 에너지가 획득되는 것을

Table 5 Performance characteristics according to weather conditions [The total heat to raise the storage water($\Delta t=15^{\circ}\text{C}$) is assumed to be 4200 kcal]

System type	Collector type	year month	Day	Starting time hr : min	amb. temp.($^{\circ}\text{C}$) (Weather)	Consumed electric power in kcal	Time to raise 15 $^{\circ}\text{C}$ in hour(t)	Solar thermal fraction(kcal)
Pre-existed		1989	26	07 : 37	27 (clear)	1285.71 (30.6%)	3.5	2914.29 (69.4%)
			27	11 : 08	20 (cloudy)	1542 (36.7%)	4.1	2648.00 (63.3%)
		1989	10	10 : 00	21 (cloudy)	1542 (36.7%)	4.0	2658.00 (63.3%)
			11	13	08 : 08	18 (clear)	1714.29 (40.8%)	4.5

	Radiator	1989	3	10 : 34	13 (cloudy)	1842.86 (43.88%)	5	2357.14 (56.12%)
	only A	12	4	07 : 30	16 (cloudy, clear)	1611.00 (38.36%)	4.5	2589.00 (61.64%)
Newly developed	A·B series	1990	9	09 : 35	5 (cloudy)	1200.00 (28.57%)	3.0	3000.00 (71.43%)
			11	09 : 52	3 (cloudy)	1285.71 (30.6%)	3.5	2914.19 (69.4%)
		1990	2	09 : 33	1 (cloudy)	1542.00 (36.7%)	4.0	2658.00 (63.3%)
			12	09 : 28	11 (clear)	1200.00 (28.57%)	3.0	3000.00 (71.43%)

볼수 있다.

4.3.3 이용에 따른 경제성

대개의 경우 운행 시간당 0.4kWh이고 따라서 280L 저장조의 물을 30℃ 올리는데는 일기에 따라 6시간내지 10시간이 소요되었으므로 주택용 전기료는 월 4,056원내지 7,764원, 농사용은 월 3,282원 내지 월 4,838원, 심야용은 월 1,620내지 월 2,700원 밖에 안되기 때문에 경제성이 있다고 본다. 또 제작단가도 기존의 것보다 1/2내지 2/3가격 정도밖에 안되고 하자요인이 없어서 초기 투자에 대한 이자율이 낮아지고 10년 정도의 수명은 보장될수 있어 투자상환 기간이 5-6년 정도로 훨씬 짧아질 것으로 기대된다.

5. 결 론

태양열-프레온 기체 압축열 복합 온수기 개발에 관한 연구 결과 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

- 1) 동파문제가 완전 무결하게 해결되었고 시공이 간편했다.
- 2) 이론적으로 약간 복잡하나 실제운행이 아주 쉽고 자동제어 장치가 거의 완벽하게 작동되어질수 있다.
- 3) 모든 장치가 시중에서 쉽게 구할수 있어 비교적 실용성이 곧 드러날수 있을 것으로 기대되고 더군다나 하자요인은 거의 없다.

- 4) 또 우리나라 기후에서는 처음으로 체계적 연구가 진행되는 경우이기에 정리 표현에 선례적 역할을 하게 되리라고 본다.
- 5) 아무리 나쁜 날씨에도 충분한 열을 획득할 수 있고 태양이 없는 밤에도 공기의 대류 전열을 이용해서 충분한 열을 얻을수 있으므로 심야전력을 사용할 경우에는 전기 사용료는 더욱더 감소될 것이다.
- 6) 유일한 단점은 작동 유체가 프레온 R-12이기에 오존층 분해라는 국제적 공해문제의 근원이 되어 있다는 점이나 대체 냉매를 개발하면 되는데 현재 대체 냉매로 미국 듀폰사가 탄화 수소(HC)를 사용해 개발한 엑세텔 38, HFC 134, HCFC 123, HCFC134, HCFC32 등이 있다. 또 아직 여론 문제로 대두되어 있을뿐 법적 규제는 안되어 있어 향후 프레온 사용규제가 실현될때까지는 유용한 작동유체로 사용할 수 있다는 것이고 국제 허용 기준 범위 내에서 프레온 가스를 효율적으로 활용하기 위해 프레온 가스의 회수 장치와 누설 방지 기술등을 개발하면 된다.

후 기

이 연구는 1989년도 동력자원부에서 시행한 대체 에너지 개발사업의 연구자금에 의하여 수행되었음을 감사하게 생각하며, 또한 서독의 Karlsruhe 대학교의 Institut für Thermodynamik

und Kältetechnik Prof. Bier께서 많은 기술정보를 제공해 주신데 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 오정무., 태양에너지 이용개발(열 연구부문) 연구 보고서 동력자원 연구소., p. 419-462, 1980
2. 정현채., 한국 태양열주택 실태조사 연구 보고서, 한국 태양에너지학회 주관, 한국 동력자원 연구소 발행., p. 192, 1981
3. 한국 간이 태양열주택 실태조사 연구 보고서, 한국 태양에너지학회주관, 한국 동력자원연구소 발행., p. 111, 1982
4. Yoshiharu Shimobu and Kenji Matsuki., ISES Solar World Congress 1989, Kobe., Book of Abstracts. p. 533. A phototype Direct-Expansion Solar heat pump system. Energy Conversion lab. sharp coporation. Nara, Japan.
5. 정현채., 태양에너지 이론과 실제, 경희대출판국., p. 249, 1980
6. Viswanathan, Madhubalan and K. Srinivasan., ISES Solar World Congress., 1987. Hamburg
7. 서정윤, 김장순., 냉동공학., 형설 출판사.
8. Beathi and Bridgmais., Thermodynamische Eigenschaften von Kaltemitteln by Steinkl Dienemanu. p. 621
9. S. Iwanaga, I. Watanabe, M. Ohama, et al. : p. 53-58, Proceedings of the International Symposium on the Application of Solar Energy, April 7-10, 1985, Hakone, Japan 'SOLAR WATER HEATER USING DIRECT EXPANSION COLLECTOR HEAT PUMP'

The hot water production through the combination of solar thermal energy and freon gas compression heat

Hyun Chai Jung · Ki Sun Kim · Kyung Ho Sun · Sung Young Nam and Jong Won Lee*

Dept of Chemistry Kyung Hee Univ. Kyung Hee Univ. Institute of Solar Energy.
Dept of Mechanical Engineering. Kyung Hee Univ.*

ABSTRACT

The hot water producer by the combination of the solar thermal energy and freon gas compression heat has been developed. Freon R-12 gas was circulated through the system including the solar absorption panel, which has no glassing and no insulation, and the frozen and burst problems were intrinsically eliminated. The manufacturing and running costs may go further down than the regular solar hot water systems.

An Evaluation of a super-absorbent polymer as the Nucleating Agent for a Capsule-type Ice Storage System

Hyung-Joon Choi · Seong-Ahn Hong · Won-Hoon Park

Division of chemical Engineering, Korea Institute of Science and Technology

ABSTRACT

A study was conducted to investigate the feasibility of using a super-absorbent polymer made from an acrylic acid copolymer for a capsule-type ice storage system. In a simple pyrex-tube test, 25% of distilled water samples tested turned out not to be frozen at all at -12°C and the average supercooling of the samples frozen was 9.8°C . With the addition of 0.5wt% super-absorbent polymer, however, the supercooling of the distilled water was dramatically reduced and more than 35% of samples tested did not show any supercooling. The heat transfer characteristics of a capsule-type ice storage unit was also investigated with distilled water as the phase-change material. With the addition of 0.5wt% polymer, the supercooling of water was not observed at all and thus an overall heat transfer was enhanced. Based on these results, it was concluded that a super-absorbent polymer is a potential candidate as the nucleating agent for an ice-storage system.

The characteristics of heat storage and emission of PCM in Ondol system

Cho, Soo · Yoo, Jein · Chung, Hun-saeng

Korea Institute of Energy and Resources