

소형 빙축열 멀티시스템 개발

에어컨의 사용비율이 10% 중 5%만 심야시간대로 전이시킨다면
그 효과는 엄청난 것이며 그액으로 만사만치면
수백억원대의 비용이 절약되는 효과

최근 생활개선과 주거환경개선 등으로 에어컨의 수요는 상승곡선을 그리고 있는 추세에 있다. 하지만 이런 수요를 감안하여 발전소를 건립하는 데에는 엄청난 자금이 필요하며, 설사 건립하려고 해도 지역마다 NIMBY 현상 때문에 발전소의 건립도 마음대로 좌지우지 할 수 없는 실정이다.

이러한 이유로 한전에서는 1986년 한국전력 연구원과 제조업체 (당시 경원세기)가 빙축열 시스템 도입을 계획하였고, 전기사용에서 수요관리방식을 채택하여, 전기사용방식을 기존의 방식에서 바꿔, 신규건물의 피크전기 사용을 심야시간대로 전이시키는 빙축열 시스템을 확대보급하게 되었다.

기존 빙축열 시스템은 기계식이 있는 대형 건물에만 적용이 가능하여 일반 가정집에서는 사용할 수가 없었다. 하지만 에어컨의 사용비율이 10%중 5%만 심야 시간대로 전이시킨다면 그 효과는 엄청난 것이며 금액으로 환산한다면 수백억원대의 비용이 절약되는 효과이다.

이를 착안하여 값싼 심야전력을 이용하는 전량축열 방식의 33,000kcal, 66,000kcal, 99,000kcal의 축냉용량을 갖는 관외차빙형 소형 빙축열 멀티시스템을 개발하여 일반 주택, 사무실, 상가, 목욕탕, 콘도 등에 보급하고 있으며 냉방의 효율화와 에너지 사용합리화를 실현하였다.

1. 서론

현재 한국전력공사에서 집계한 가정용 에어컨의 전기사용량은 전체 사용량의 10%이상을 상회하고 있으며 에어컨의 수요는 지속적으로 증가하고 있어 이런 수요를 감안하여 발전소를 건립이 요구되고 있으나 새로운 발전소의 건립에는 막대한 투자가 요구되며 설사 건립하려고 해도 지역적인 문제로 말미암아 발전소의 건립이 쉽지 않은 실정이다.

국내에서는 1989년도에 최초로 빙축열 시스템이 설치되었고, 이를 토대로 지금까지 빙축열 시스템의 보급이 확대 발전되어 왔다. 가까운 일본의 경우 1970년대부터 빙축열 시스템 보급이 시작되었고, 미국의 경

우 1960년대부터 지금까지 빙축열 시스템이 널리 보급되어 에너지의 사용합리화를 오래 전부터 계획적으로 적용하고 있어 그 필요성은 강조해도 지나치지 않을 것이다.

기존 대형 빙축열 시스템은 대용량의 냉방부하를 필요로 하고 기계실이 구비되어 있는 대형건물에만 주로 적용되어 왔다. 또한 일반 가정집에서는 실제로 에어컨이 있어도 전기요금 때문에 평균 1일 3시간 정도의 냉방운전만 하지만 국가적으로 전기용량이 부족한 가장 더울 때 냉방운전을 하게 되므로 전력 예비율의 관리에는 도움을 주지 못했던 것이 사실이다.

이러한 점을 착안하여 전기에너지 사용의 합리화를 확대하고 빙축열 시스템의 대중화를 통한 에너지 절약 실현시키기 위하여 국내 최초로 소형 빙축열 시스템을 개발하게 되었으며 실제로 전체 에어컨의 사용비율인 10%중 5%만 심야시간대로 전이시킨다면 그 효과는 엄청난 것으로 금액으로 환산한다면 수 백억 원대의 비용이 절약되는 경제적 효과를 꾀할 수 있는 것이다.

이 소형 빙축열 시스템은 일반인들이 에어컨이 있으면서도 전기요금 때문에 더운 것을 참으며, 1일 3시간 정도만 운전하던 그런 비효율적인 면을 없애



고, 1일 10시간 동안 냉방을 하더라도 kW당 23.2원의 값싼 심야전력을 이용함으로써 인하여 전기요금이 선풍기 운전요금보다 저렴하고, 전력예비율에도 전혀 영향을 미치지 않는 매우 이상적인 시스템으로 향후 엄청난 수요가 예상되고 있다. 초기 투자비가 약간 높지만 한전 지원금과 연간 운전비용에서 절약되는 것을 고려할 때 약 5년이 지나면 초기 투자비를 회수할 수 있는 장점을 갖고 있다.

2. 본론

1) 소형 빙축열 멀티시스템의 냉동사이클

(1) 빙축열 과정

냉매를 R22로 하는 냉동사이클로써 축열조에 내장된 코일형 증발기의 관내로 보내진 저온저압의 액냉매는 관외표면에 있는 물로부터 증발잠열을 얻어 증발하며 물은 그 온도가 상온에서 서서히 하강하여 0°C 이하로 되고 관외표면에서 착빙이 이루어지고 점차 얼음의 두께가 증가하여 빙축열이 된다. 증발된 냉매는 콘덴싱 유니트의 압축기로 유입되고 고온고압의

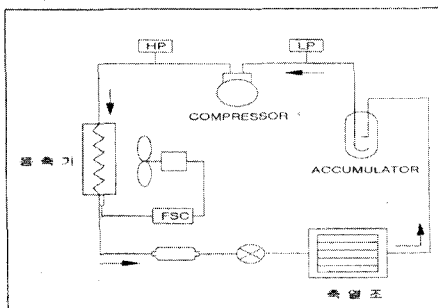


그림1. 빙축열 과정

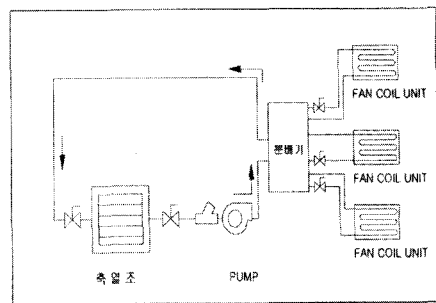


그림2. 해빙과정(냉방과정)

소형 빙축열 멀티시스템 개발

냉매가스로 압축된 후 팽창식 응축기로 보내져 외부의 냉각공기에 의해 응축되며 다시 팽창변을 거쳐 축열조의 증발기로 보내지는 냉동사이클로 구성된다. 이러한 사이클을 빙축열 과정이라 할 수 있다.

(2) 해빙 과정(냉방 과정)

빙축열된 축열조 내에는 차빙된 얼음 뿐만 아니라 0℃의 물도 일정량 존재하도록 설계되어 있어 냉방을 필요로 하는 경우 물펌프가 가동되어 초기에는 0℃의 물이 배관을 따라 실내기로 보내지고 이때 실내기에 있는 열교환기에서 실내공기와 열교환하여 냉방이 시작되고 축열조로 돌아오는 물은 축열조 내의 얼음을 서서히 녹이고, 다시 차겨워진 물은 펌프를 통하여 실내기로 보내지는 해빙 및 냉방운전을 하게 된다.

2) 기본 제원

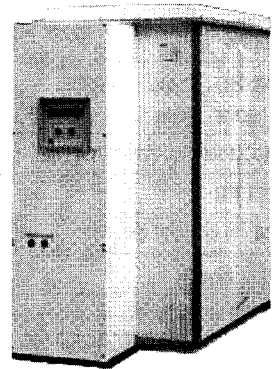
항 목		제 원
축열조	케이싱	FRP
	단열재	발포우레탄 폼(t50)
	냉매제어	팽창변
	물펌프	양 정 12m
실외기 (냉각기)	열교환기	MULTI CROSS FINNED TUBE TYPE (+AL Fin) Copper Tube
	압축기	HERMETIC SCROLL, RECIPROCATING TYPE
	FAN	PROPELLER
실내기	Type	중형, 상부토출 및 전면 토출형
	냉방능력	1,800 ~ 6,000 kcal/h
CONTROL	실내기	실내온도제어 THERMOSTAT
	실외기	FAN SPEED CONTROL
	축열조	수위 및 제빙량 감지 FLOATLESS S/W

3) 구조

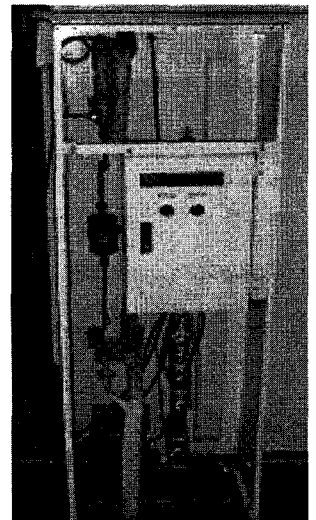
소형 빙축열 멀티 시스템은 관외차빙형 축열조와 공냉식 콘덴싱 유니트 및 여러 형식의 실내기를 조합한 형식으로 다양한 개별 냉방공조를 실현시킨 새로운 시스템이다.

(1) 빙축열조 : FRP

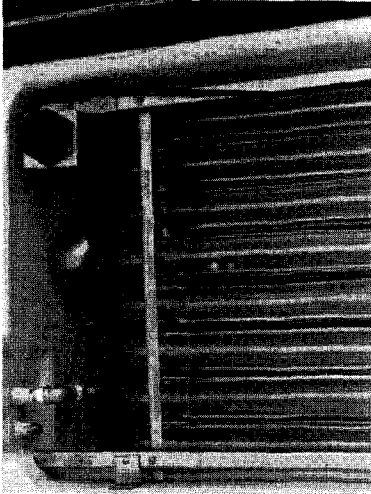
내외부 케이싱 사이에 단열재가 삽입된 축열조 내에는 동관으로 구성된 코일형 직팽식 건식증발기가 내장되어 있는 구조이다.



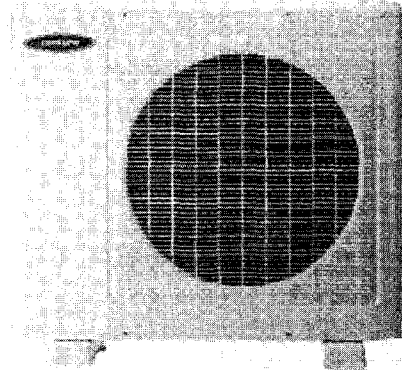
축열조의 외형



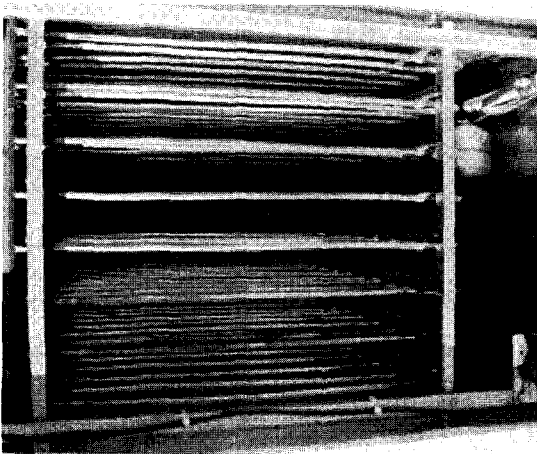
조작실의 내부



착빙된 내부



콘덴싱 유니트의 외형



축열조의 내부구조



콘덴싱 유니트의 구조

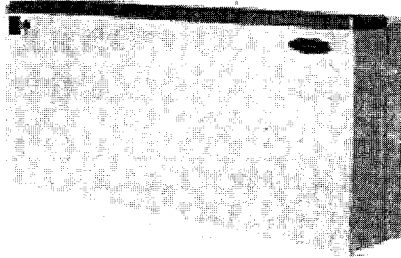
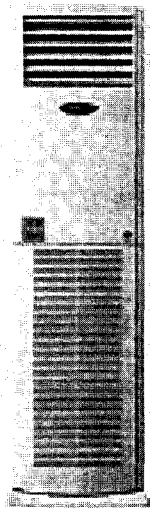
(2) 콘덴싱 유니트

공냉식 응축기와 냉각팬 및 압축기로 구성된 것으로 축열조 내의 증발기와 연결되어 냉동사이클을 이루게 된다.

소형 빙축열 멀티시스템 개발

(3) 실내기

상치형 및 일반형 환코일 유니트의 외형을 갖추며 전체 시스템과 연동되게끔 되어 있는 특징을 갖고 있다.



4) 소형 빙축열 멀티시스템의 특징

- (1) 값싼 심야전력을 이용하여 운전비용을 대폭 절감할 수 있다.
- (2) 냉동기 용량의 소형화로 전기설비 용량이 감소한다.
- (3) 냉동기의 효율적 이용으로 전력 피크치가 감소한다.
- (4) 응해잠열을 이용하므로 수축열 방식에 비해 12배의 열에너지를 이용할 수 있으므로 축열조의 크기를 작게 할 수 있고 설치면적이 적다.
- (5) 여러 대의 실내기를 동시에 사용할 수 있어 MULTI 냉방이 가능하며 냉방의 편리성과 효율성을 기할 수 있다.
- (6) FRP 적용으로 내식성이 강하고 조립성이 좋으

며 외장이 미려하며 중량이 가볍다.

(7) 저소음 저진동 스크롤 압축기 장착 및 FAN 속도 제어 방식을 채용하여 저소음, 고효율화를 실현하였고 최기 보상 사이클을 갖는 특징이 있다.

(8) 직팽식 구조로 되어 있어 제빙시 2차축 열교환기가 필요없고, 교반 작업이 필요없이 열손실을 막을 수 있으며 운전 모드별 사용이 간단하다.

5) 성능시험

다음은 생산기술연구내에서 실시된 성능시험을 토대로 한 성능, 안정성 및 경제성에 관해 평가한 내용이다.

(1) 시험종류 및 방법

(1)-1. 성능시험

축냉설비의 축열조 단열효율, 축열밀도, 총괄에너지 이용률 등을 평가하며 주간 축열운전 및 방방운전을 1사이클로 하여 연속 45일에 걸쳐 실험한다.

① 단열효율 : 축열량에 대한 손실량을 확인하기 위한 시험으로 축열조 내부의 수온을 상승시켜 잠열을 제거한 후 1일간의 방치시험을 실시하여 축열조 내의 수온 변화량을 측정 평가.

② 축열조 내부의 축열밀도 : 축열시간 동안 생산된 열량을 수위상승을 측정하여 축열량으로 환산 평가.

③ 총괄에너지 이용률 : 축열운전 및 방열운전 시의 생산열량 및 소요전력량을 측정하여 평가하며 소요 전력에는 압축기, 순환수펌프, 응축기 냉각팬, 제어용 전원, 기타 구동용 전동기의 소비전력을 모두 포함한다.

(1)-2. 안전성 시험

① 내압 및 누설시험 : 축열조 내부에 물을 가득 채워 충수시험을 실시하고 배관계통에는 10kg/cm²의 수압시험 실시 평가.

소형 빙축열 멀티시스템 개발

② 축열조 과결빙시험 : 축열량을 20% 정도 증가시킨 축냉시험 결과 평가.

(2) 측정기기

(2) 측정기기

항목	모델명	측정 범위	측정 정밀도	제조사, 제조국
기록계	YEW HR 2500E	T: -200~550 ℃	RTD: ± 0.1% (rdg)	YEW, Co., 일본
		P: -50~50 DCV	DCV: ± 0.03% (rdg)	
전력량계	GSTD-34W	W: 0 ~ 2000 W	± 0.25% 이하	급성산전(주)
유량계	COPA-XE	0 ~ 600 LPM	± 0.1% 이하	Fischer, 독일
습도계	HSM	25~95% RH	± 3% 이하	SENTECH, 한국
온도계	RTD Probe	-200 ~ 500 ℃	± 0.5 ℃	CASE, 한국
압력계	VPRQ-A	-1 ~ 35 kg/cm ²	± 0.07 kg/cm ²	VALCOM, 일본
컴퓨터	486-DX	데이터저장분석장치		

(3) 측정결과

다음은 상기의 시험방법과 측정기기로써 측정한 결과를 나타낸다.

구 분	기준(설계)치	실증 시험치	결과
1. 성능 - 축열조 단열효율 - 축열조 축열밀도 - 총괄에너지 이용효율	90.0% 11.2 RT-h/m ³ 1,260.0 kcal/kWh	91.1 % 15.0 RT-h/m ³ 1,658.5 kcal/kWh	적합 적합 적합
2. 안정성 - 기계적 안정성 (내압, 누설, 과결빙시험) - 전기적 안정성 (전열내력, 과부하시험 등) - 축열물질 (인화성, 독성, 공해유발성)	변형/누설/이상유무 절연내력/과부하내력 유독성/유해성	이상 없음 KS 규격품 UL 규격품 이상 없음	적합 및 안정
3. 신뢰성 - 축열재 (상변화 온도, 잠열) - 동관 (제빙코일) (열교환능력)	해당없음 고압질소를 이용한 장기간 시험(7일 이상)	축열재가 물이므로 시험 생략 10kgf/cm ² 압력을 일주일간 시험함	적합 적합
4. 경제성 - 연간 등가 비용 비율 - 추가투자비회수기간	95 % 미만 5.0 년 미만	88.4 % 4.81 년	적합 적합

이상의결과를 통하여 전축열방식 ICE ON COIL형의 본 기기는 성능과 초기투자비 회수기간이 한전의 규정을 만족하였고 45일간의 연속시험기간 중 일정한 열적 성능을 나타내었다.

3. 결론

중전의 대형빙축열 시스템과 더불어 심야전력을 이용하는 전축열방식의 소형 빙축열 멀티시스템을 기존의 에어컨이 필요한 장소와 설비에 확대 적용함으로써 운전비용이 대폭 절감되고 하절기 전력피크를 감소시키는데 크게 기여할 것으로 생각된다. 아울러 직행식 관외차빙형으로 유지보수가 간편하여 사용시에도 특별한 기술이 불필요한 장점을 갖고

있어 그 보급은 향후 급격히 증가할 것으로 전망되고 있다.

본 개발을 통하여 에너지의 사용합리화에 기여하고 냉방을 필요로 하는 소비자의 만족을 확립시키고 있으나 적용을 더욱 확대하기 위하여 일체화되고 사용과 설치가 편리한 빙축열 방식과 구조를 개발하는데 많은 노력과 꾸준한 한전의 지원과 관심이 절실히 필요하다고 할 수 있다.

소형 빙축열 멀티시스템 개발

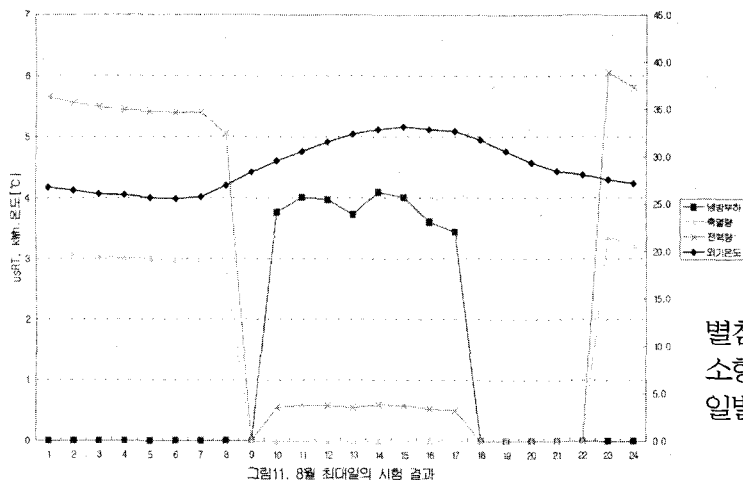


그림 11. 8월 최대일의 시험 결과

별첨 I
 소형 빙축열 시스템
 일별 운전 Data (감소전력 3.0kW급)

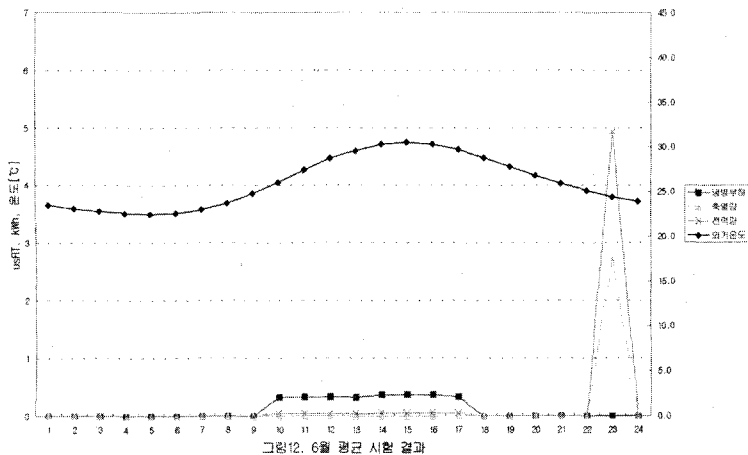


그림 12. 6월 평균 시험 결과

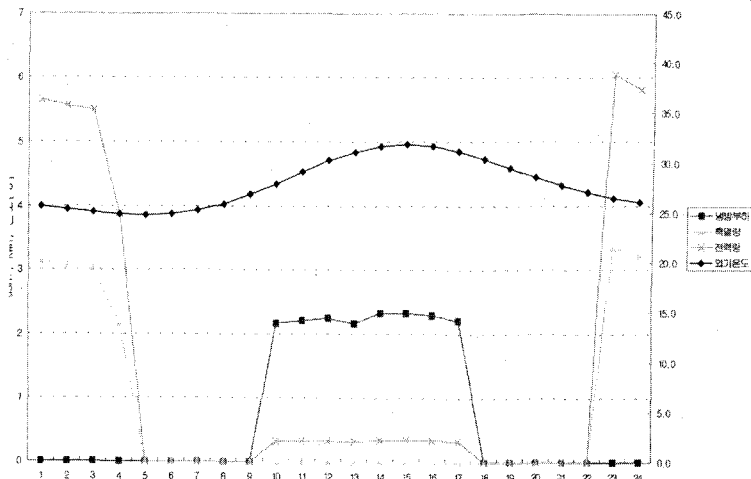


그림 13. 7월 평균 시험 결과

소형 빙축열 멀티시스템 개발



별첨 . 소형 빙축열 시스템 일별 운전 Data (감소전력 3.0kW급)

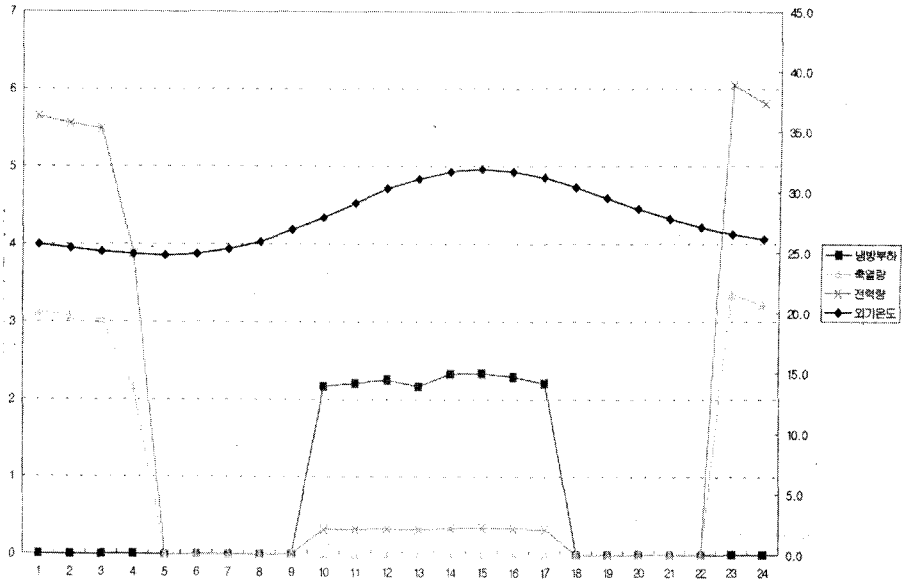


그림13. 7월 평균 시험 결과

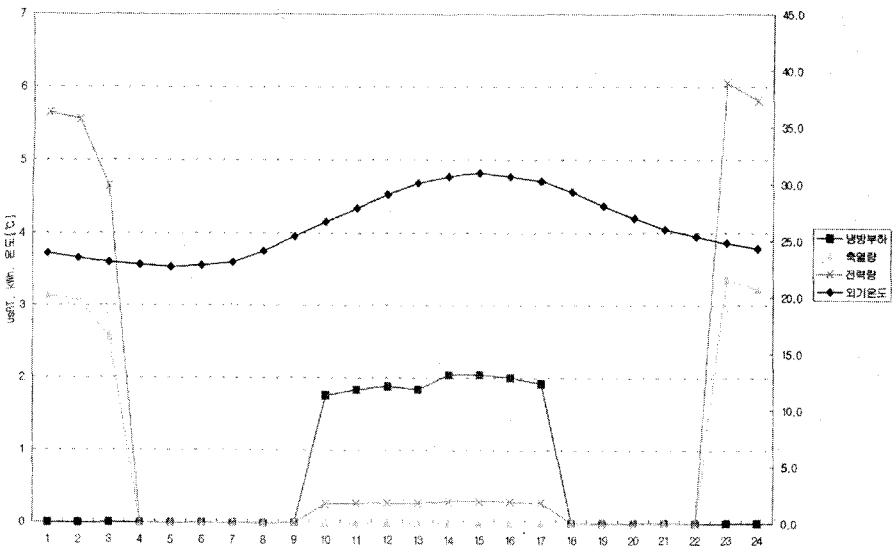


그림15. 9월 평균 시험 결과

소형 빙축열 멀티시스템 개발

별첨 II. = 참고사항 =

● 심야전력 (갑) 적용-전량 축열 방식일 때 적용되며 기본요금에 없고, 전력량요금 23.2원 및 월간 최저요금 464원이 적용된다.

㉔ 빙축열 냉방기와 에어컨의 전기요금 비교 (냉방 6시간/20일 기준)

	Model	소비전력(Wh)		전기요금(원/월)			전력요금 전감액 원/월
		심 야 (제빙운전)	주간 (냉방운전)	심 야 (제빙운전)	주간 (냉방운전)	총 계	
빙축열 냉방기	IS-G2G1 FC-U82	342kWh	68.4kWh	8,727	13,370	22,097	69,621
에어컨	PA-A2GG7	-	324kWh	-	91,718	91,718	

● 한전지원제도

1) 설치지원금 무상지급

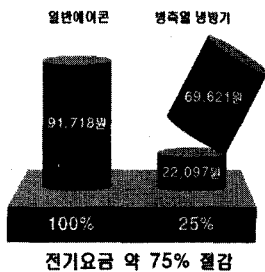
IS-G1G1 : 대당 48만원 IS-G2G1 : 대당 96만원
IS-G3G1 : 대당 144만원

(단, 주간에 6시간이상 냉방하는 경우에만 지원됩니다.)

2) 전기외선공사비 면제

(단, 200m 이
내에 3 전원이
없는 지역은 제
외)

3) 값싼 심야
전력요금 적용
심야전력 빙
축열 냉방기에
대해서는 별도의
계량기를 설



치하여 값싼 심야전력요금 적용.

● 빙축열 냉방기의 사용장소 및 시간별 사용 가능 평수 (예) (단위 : 평)

● 빙축열 냉방기의 사용장소 및 시간별 사용 가능평수 (예)

(단위:평)

용도별	기종 시간	IS-G1G1(33,000kcal)					IS-G2G1(66,000kcal)					IS-G3G1(99,000kcal)				
		10	8	6	4	3	10	8	6	4	3	10	8	6	4	3
병원, 의사실 사무실		11	14	18	27	36	22	27	36	54	72	33	41	54	81	108
다방, 주택 음식점,미용실		10	12	16	24	32	19	24	32	48	63	29	36	48	71	95
백화점,슈퍼마켓, 예약장	8	10	13	19	25	15	19	25	38	51	23	29	38	57	76	
교회,극장, 강당(체육관)	7	9	12	18	24	14	18	24	35	47	21	26	35	53	70	

● 특별부담금 산정방법

○ 심야전력 공급대상 소형 축냉설비 설치고객에
대해서는 준공검사 후 이상이 없을 때에 다음과 같이
특별부담금을 산정하여 지급함(단, 설계장려금은 지
급하지 않음)

특별부담금 = 감소전력 X 지급 단가
(감소전력 계산 결과)

$$\cdot \text{감소전력(kW)} = \frac{\text{축열조 축열량(RTh)}}{\text{표준 방냉시간(12Hr)}} \times 1.25$$

① 10평형일 경우 = (33,000÷3,024) ÷ 12 X 1.25 = 1.1kW(∴.1kW)

② 20평형일 경우 = (66,000÷3,024) ÷ 12 X 1.25 = 2.3kW(∴.2kW)

③ 30평형일 경우 = (99,000÷3,024) ÷ 12 X 1.25 = 3.4kW(∴.3kW)