



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

빙축열 냉방 시스템 운전 성능평가 및
비용분석



2007년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

건 축 공 학 과

임 형 찬

공 학 석 사 학 위 논 문

빙축열 냉방 시스템 운전 성능평가 및
비용분석

지도교수 임 영 빈

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2007년 2월

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

건 축 공 학 과

임 형 찬

임형찬의 공학석사 학위논문을 인준함

2006년 11월 30일



주 심 공학박사 박 천 석 (인)

위 원 공학박사 이 재 용 (인)

위 원 공학박사 임 영 빈 (인)

목 차

1. 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 방법 및 범위	2
2. 빙축열 시스템	4
2.1 빙축열 시스템의 현황	4
2.2 빙축열 시스템의 원리	6
2.3 축냉 시스템의 성능 평가	7
2.3.1 축열조 성능 시험 온도 조건	7
2.3.2 축열조 단독 방열성능	7
2.3.3 병렬운전 방열성능	8
2.3.4 축열밀도	8
2.3.5 축열이용률	9
2.4 운전비용	11
2.4.1 빙축열 시스템	11
2.4.2 흡수식 냉온수기	12
3. 빙축열 시스템의 성능 평가 및 비용분석	13
3.1 개요	13
3.2 측정	16

3.3 측정결과	19
3.3.1 6월의 운전 패턴	19
3.3.2 7월의 운전 패턴	23
3.3.3 8월의 운전 패턴	26
3.4 총괄에너지 이용효율의 산출	29
3.5 운전비용 분석	32
 4. 결론	 36
 참고문헌	 37
 <i>Abstract</i>	 39
 부록	 41
 감사의 글	 60

표 목 차

표 2.1 건물 용도별 축냉시스템 설치 현황	4
표 2.2 축열조의 방열 성능	7
표 2.3 병렬운전 방열성능 시험	8
표 2.4 축열밀도	8
표 2.5 총괄에너지 이용효율 기준치	9
표 2.6 빙축열 에너지 축·방열 운전시간	10
표 2.7 열원기기에 따른 기준 온도 조건	10
표 3.1 D 리조트의 건축개요	13
표 3.2 빙축열 시스템의 장비 사양	15
표 3.3 측정위치와 내용	17
표 3.4 빙축열 시스템의 열부하 현황	18
표 3.5 D 리조트 월별 부하측 방냉량	30
표 3.6 빙축열 시스템 성능 측정 결과	31
표 3.7 흡수식 냉온수기 장비사양	32
표 3.8 요금체계	33
표 3.9 월별 에너지 사용량	34
표 3.10 월별 냉방 운전요금	34
표 3.11 각 시스템별 운전비용	35

그림 목 차

그림 1.1 연구의 흐름도	3
그림 2.1 국내 축냉 시스템 보급 현황	5
그림 2.2 빙축열 시스템의 원리	6
그림 3.1 D 리조트의 배치도	13
그림 3.2 빙축열 시스템 계통도	14
그림 3.3 빙축열 시스템 장비 배치도	15
그림 3.4 온도센서 설치모습	16
그림 3.5 유량계 설치 모습	17
그림 3.6 Data 수집장치	18

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1990년대에 들어서면서 국내 산업발전과 더불어 국민 생활수준이 크게 향상되면서 삶의 질에 대한 욕구가 증가되어 일반 건물뿐만 아니라 가정 주택에서도 냉방기기 도입이 크게 증가되고 있는 실정이며, 2005년도 전력소비중 약 30%정도를 차지하는 냉방용 전력은 더욱 증가하여 전력수급 문제가 대두될 것으로 예상됨에 따라 정부에서는 이의 해결방안으로 2015년까지 제5차 장기 전력수급계획에 따라 발전원가가 매우 저렴한 기저 발전설비인 원자력과 유연탄 발전의 설비용량을 1999년 28%에서 2015년에는 33%로 증가시킬 예정이며, 여름철 냉방용 전력수요를 심야 시간대로 분산시킬 수 있는 축냉식 냉방시스템의 설치를 적극 권장하고 있다.

국내의 빙축열시스템의 적용은 1990년 이후 크게 증가하여 이전에 비해 많은 발전을 거듭하고 있지만, 대부분 외국 기술을 이전받아 생산한 제품을 설치하고 있는 실정으로 빙축열시스템의 성능을 확인하는 방법은 한국전력공사로부터 축냉설비 인증을 받기 위하여 제출하는 인증시험 결과가 유일한 방법으로 이는 운영자의 운전패턴 및 건물특성에 따라 현저한 편차가 발생할 수 있으므로 이를 통한 빙축열시스템의 정확한 성능평가는 곤란하다 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 국내 기술에 의해 개발되어 실제 건물에서 운영 중인 캡슐형(Capsule type) 빙축열 시스템의 성능을 확인하기 위하여 실제 운전중인 캡슐형 빙축열시스템을 대상으로 냉방 운전기간 동안 운전특성 및 운영자의 운전패턴이 나타난 운전 실적을 분석하여 시스템의 성능을 판단할 수 있는 총괄에너지이용효율의 적정 여부와 에너지 사용량을 조사하여 건물의 운전비용 측면에서 흡수식 냉온수기와 비교분석을 통하여 운전비용 여부를 판단하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

빙축열시스템의 운전특성에 따른 성능 확인과 운전비용분석을 위하여 국내 기술로 개발되어 충청북도 지역에 위치한 D리조트에 적용된 캡슐형 빙축열시스템을 대상으로 선정하였으며, 냉방기간에 해당하는 2006년 6월에서 8월까지의 3개월 동안 발생한 부하를 제거하기 위하여 야간의 축냉 운전 및 부분 축열운전모드로 주간 냉방운전을 실시하는 빙축열시스템의 운전에 따른 자료를 측정하였다.

냉방기간동안의 운전경향을 파악하기 위하여 빙축열시스템의 각 부분에서 온도 및 유량을 측정하였으며, 측정결과와 전력요금표에 의한 실제 전력 사용량을 통하여 총괄 에너지 이용 효율을 산출하여 한국전력공사 인증과정에서 필요한 기준치와 비교를 통하여 성능을 확인하였다. 데이터 수집 장치는 YOKOGAWA의 DA100과 전용 소프트웨어를 사용하여 각 지점의 온도를 1분 간격으로 측정하였으며, 온도 측정용 센서는 RTD(Pt-100 Ω)을 사용하였으며, 전력량은 심야전력 계량기를 이용하였고, 열교환기측 냉수의 유량은 초음파 유량계를 사용하여 데이터를 획득하였다.

빙축열시스템을 선정하기 위한 경제성 분석과정에서 생애비용에 큰 영향을 미치는 운전비용에 따른 경제성 여부를 판단하기 위하여 측정결과로부터 계산되어진 월별 부하량을 이용하여 동일한 용량으로 선정된 흡수식 냉온수기와 에너지 비용에 따른 운전비용을 비교검토를 실시하였다.

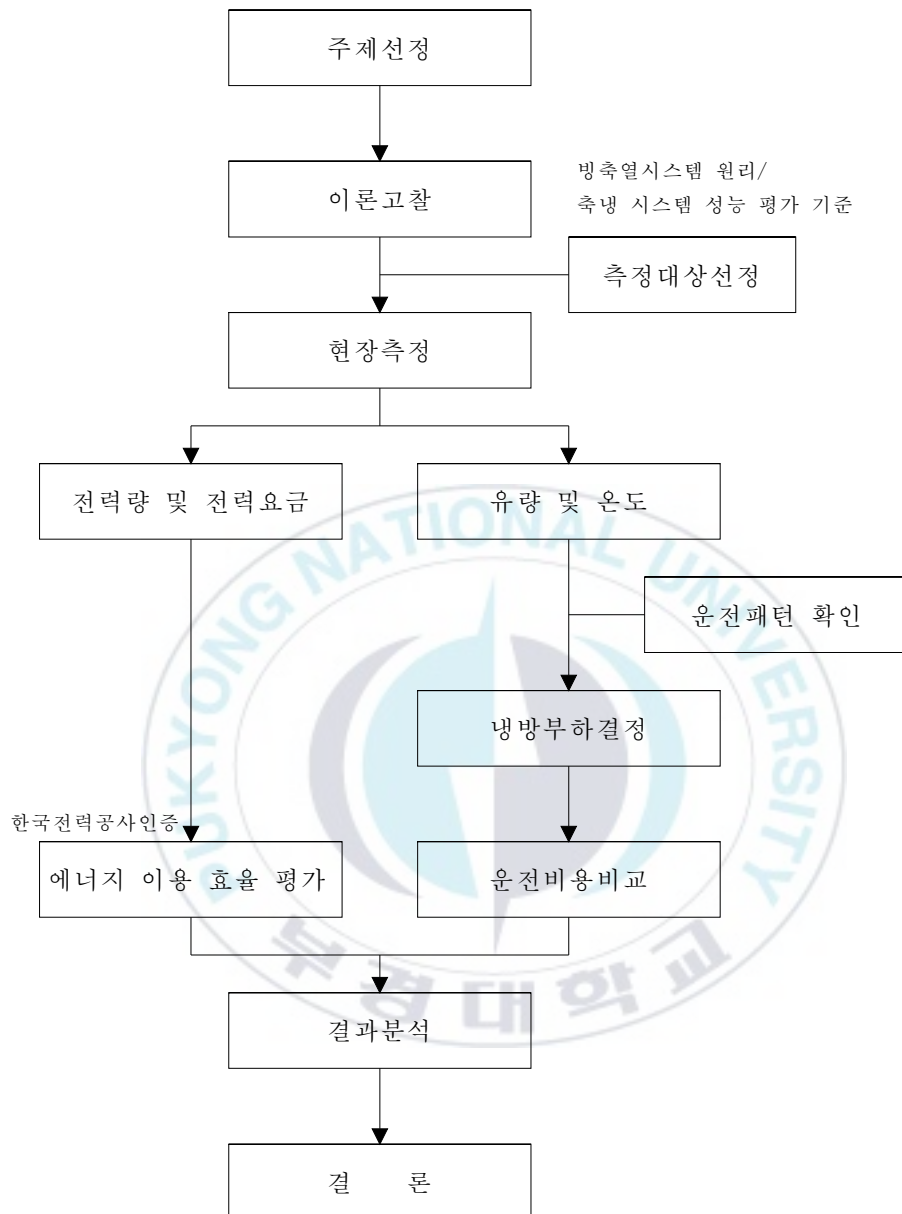


그림 1.1 연구의 흐름도

2. 빙축열 시스템

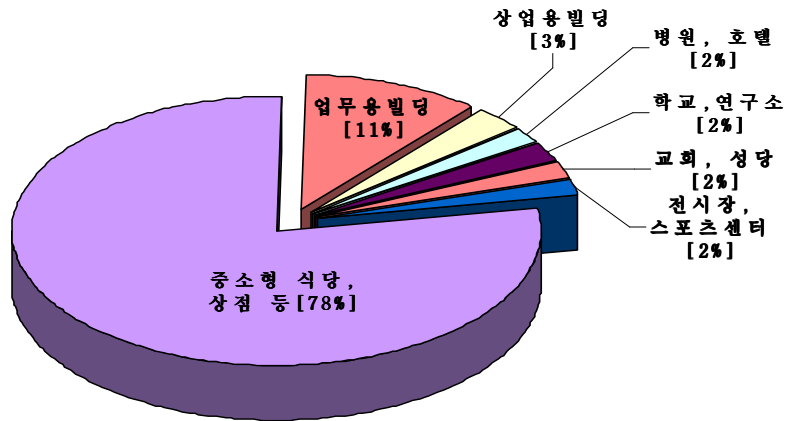
2.1 국내현황

1980년대 중반 수축열을 이용한 축냉식 냉방설비가 처음 도입되기 시작하였으며 수축열 시스템의 축열조 설치공간이 많이 필요하다는 단점 때문에 90년대에 들어서는 빙축열시스템이 도입되기 시작하였다. 1991년 3월 한국전력의 “빙축열 보급촉진을 위한 지원제도”에 의한 축냉설비 설치 지원제도 및 1992년 7월 통상산업부 고시 “건축물의 냉방설비에 대한 설치 및 설계기준”에 의한 축냉설비의 설치 의무규정 등의 적극적인 보급촉진 정책에 힘입어 축냉식 냉방시스템은 꾸준히 보급이 확대되었다.

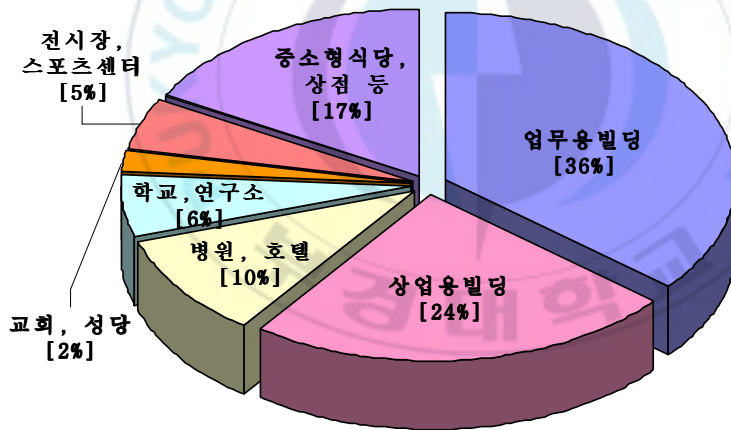
축냉시스템이 처음 도입된 1991년 이래 5년 만에 약 10배로 성장하였으며, 현재 22개의 업체가 수축열, 빙축열, 잠열축열, 아이스 슬러리 등 다양한 축냉식 냉방설비를 공급하고 있으며 1999년부터 소형 빙축열시스템이 도입되면서 보급속도가 훨씬 빨라지고 있다. 건물용도별 축냉시스템의 설치현황을 보면, 대형시스템의 경우 업무용 빌딩에 가장 많은 보급실적을 보이고 있으며, 소형의 경우에는 식당 또는 상점 등에 설치되고 있는 것을 알 수 있다.

표 2.1 건물 용도별 축냉시스템 설치현황 (2002년도 누계기준)

건물용도	설치개소	냉방면적 (천평)	설비용량 (kW)
업무용 빌딩	396	2503	134,465
백화점, 상가	112	1661	87,504
병원, 호텔	81	634	35,764
학교, 연구소	70	326	21,377
교회, 성당	77	141	8,761
전시장, 스포츠센터	64	304	20,925
중소형 식당, 상점 등	2,845	255	63,435
Total	3,645	5,824	372,231



[건물용도별 설치호수(총 3,645개소)]



[건물용도별 설비용량 (총37.2만 kW)]

그림 2.1. 국내 축냉시스템 보급현황

2.2 빙축열 시스템의 원리

빙축열시스템은 열원방식, 제빙방식, 시공방식에 따라 분류할 수 있다¹⁾.

빙축열시스템은 값싼 심야전력을 이용하여 심야시간대(22:00~08:00)에 냉기를 저장해 두었다가 부하가 발생하는 낮 시간대에 냉방을 하는 시스템으로 물이 얼음으로 변화되면서 수반되는 잠열을 이용하므로 많은 양의 냉기를 저장할 수 있다. 이러한 빙축열 냉방시스템은 건물의 부하변동에 대응하지 않고 냉동기가 운전될 수 있기 때문에 냉열을 효율적으로 생산하게 되며 부분부하 운전시 축열조만으로 냉방부하가 감당되므로 경제적인 운전을 이룰 수 있다. 그림 2.2²⁾는 빙축열 시스템의 운전개요를 나타낸 것으로 횡축은 운전시간을, 종축은 냉방 부하량을 의미한다.

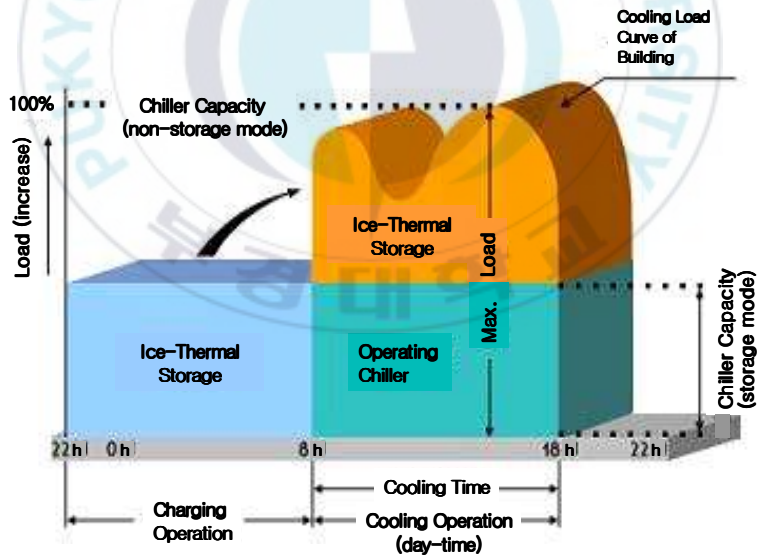


그림 2.2 빙축열시스템의 원리

1) Park, S. S., 2002, 빙축열시스템의 종류 및 특징, 축냉기술세미나

2) 문기선, 이종인, 하옥남, 빙축열시스템의 에너지 소비량에 대한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp. 1279~1284, 2003

2.3 축냉 시스템의 성능 평가 기준

2.3.1 축열조 성능 시험 온도 조건

축열조의 축열 및 방열완료 기준온도는 설계치를 적용하되, 방열시의 최대 이용 가능 온도(축열조 출구온도를 기준으로 한다)는 특수한 용도로 사용하는 것을 제외하고 빙축열시스템은 7℃ 수축열 및 잠열 축열시스템은 12℃ 이하로 한다.

2.3.2 축열조 단독 방열성능 (실험실 시험 또는 현장시험)

축열조의 방열량을 아래와 같이 측정하여 기준치를 상회하는지 평가한다.

표 2.2 축열조의 방열 성능

구 분	기준치	측 정 방 법
축열조 전체 방열성능	축열조 설계치의 95%이상	축열조 단독운전으로 설계시간(10시간 이 내로 한다)동안 설계열량을 부하에 공급하면 서 방열량을 측정하며, 이 과정을 3회 반복 하여 평균함
축열조 순간 최대 방열성능	축열조 설계치의 95%이상	축열조내 축열잔량이 50%이하일 때 축열 조 단독운전으로 1시간동안 부하에 설계 최 대열량을 공급하면서 방열량을 측정하며, 이 과정을 3회 반복하여 평균함

2.3.3 병렬운전 방열성능(실험실 시험 또는 현장시험)

축열조와 열원기기를 병렬로 운전하면서 방열량을 아래와 같이 측정하여 기준치를 상회하는지 평가한다.

표 2.3 병렬운전 방열성능 시험

구 분	기 준 치	측 정 방 법
전체 방열 성능	설계치의 95%이상	병렬운전으로 설계시간(10시간 이내로 한다)동안 설계 열량을 부하에 공급하면서 방열량을 측정하며, 이 과정을 3회 반복하여 평균함
순간 최대 방열 성능	설계치의 95%이상	축열조내 축열잔량이 50%이하일 때 축열조 병렬운전으로 1시간동안 부하에 설계 최대열량을 공급하면서 방열량을 측정하며, 이 과정을 3회 반복하여 평균함

2.3.4 축열밀도(실험실시험 또는 현장시험)

축열조에 저장된 이용가능한 열량을 축열 시작전(상변화 이전)의 온도조건에서의 축열조 내부 유체면까지의 용적으로 나눈 값이 기준치를 상회하는지 평가한다. 다만, 현열을 이용하는 수축열시스템은 "2.3.5"항의 축열 이용률 시험으로 대체한다.

$$\begin{aligned}
 \text{축열밀도} &= \frac{\text{축열조내축열량(축열조내이용가능한열량, kcal)}}{\text{축열조내부유체면까지의용적(m}^3\text{)} \times 3,024(\text{kcal/RTH})} \\
 &= \frac{\text{상변화물질의보유잠열(kcal)} + \text{이용가능한물질의현열(kcal)}}{\text{축열조내부유체면까지의용적(m}^3\text{)} \times 3,024(\text{kcal/RTH})} \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

표 2.4 축열 밀도

축열형태	기준치	측정방법
병 축 열	13.0 RTH/m ³ 이상 (단, 슬러리형 및 하베스트형은 11.2 RTH/m ³ 이상)	축열조 보유열량은 심야시간동안 축열조에 저장된 실제 열량으로 산정하며, 이 과정을 3회 반복하여 평균함
잠열축열	9.5 RTH/m ³ 이상	

2.3.5 축열이용률(실험실 시험 또는 현장시험)

축냉시스템의 성능평가 방법으로 한국전력공사에서는 총괄에너지이용효율을 측정하여 축냉기기 인증을 하고 있으며, 그 방법은 축열 및 방열 1Cycle 동안의 방열량을 전력소비량으로 나눈 값(총괄에너지이용효율)이 기준치를 상회하는지 평가한다.

총괄에너지이용효율 (kcal/kWh)은 다음과 같은 식을 이용하여 산정한다.

$$\text{총괄에너지이용효율} = \frac{\text{부하(냉수)측에서 측정한 총 발열량}}{\text{축방열 1cycle 동안의 총 전력소비량}} \dots\dots\dots (2)$$

이 경우 방열량은 부하측 입출구 온도와 유량을 이용하여 측정하며, 3회 이상 반복 시험하여 평균치로 평가한다.

표 2.5는 한국전력공사에서 제시하는 총괄에너지이용효율 기준치이다.

표 2.5 총괄에너지이용효율 기준치

구 분		방식별	실외 설치시			
			축열 온도 0℃ 이하		축열 온도 0℃ 초과	
			전축열식	부분축열	전축열식	부분축열식
냉 열	냉동기	공냉식	1,020	1,420	1,570	1,690
		수냉식	1,080	1,460	1,580	1,710
	히트 펌프	공기 열원	-	-	1,260	1,470
		수열원	-	-	1,460	1,710
온열 (히트펌프)		공기 열원	-	-	1,030	1,080
		수열원	-	-	1,420	1,660

총괄에너지이용효율 평가시의 축·방열 운전시간은 표 2.6과 같이 적용된다.

표 2.6 빙축열 시스템의 축·방열 운전시간

구 분	축열운전	방열운전
전축열식	10시간	8시간(단, 소형은 6시간)
부분축열식	10시간	10시간

열원기기의 입·출구 온도 및 외기온도는 표 2.7의 기준 온도조건에 맞추어 시험하되, 불가피한 사유로 기준 온도조건을 유지할 수 없는 경우에는 시험 완료 후에 기준 온도조건으로 환산(보정)하여 평가한다.

표 2.7 열원기기에 따른 기준 온도조건

구 분			기준 온도조건
냉 열	냉동기	공냉식	외기온도 35℃ (야간 제빙시는 32℃)
		수냉식	응축기 입구온도 32℃ (야간 제빙시는 25℃)
	히트 펌프	공기열원	외기온도 32℃ 증발기 출구온도 7℃
		수열원	응축기 입구온도 32℃ 증발기 출구온도 7℃
온열 (히트펌프)		공기열원	외기온도 7℃ 응축기 출구온도 45℃
		수열원	증발기 입구온도 12℃ 응축기 출구온도 45℃

2.4 운전비용

운전비용의 근거가 되는 빙축열 시스템과 흡수식 냉온수기 시스템의 총 에너지 사용량을 구하는 방법은 다음과 같다.

2.4.1 빙축열시스템

빙축열시스템은 심야전력을 사용하여 냉방을 하기 때문에 소비전력량 산출할 때에는 주간과 심야시간대 전력요금이 차이가 있기 때문에 주간과 야간소비량으로 나누어 계산을 하게 된다.

빙축열시스템의 소비전력량 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \cdot \text{심야사용전력량[kWh]} = \text{축열조 담당부하[USRt} \cdot \text{h]} \\ & \quad \times \text{빙축열장비심야소비전력[kW]} \\ & \quad \div \text{냉동기 심야용량[USRt]} \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cdot \text{주간사용전력량[kWh]} = \text{냉동기 담당부하[USRt]} \\ & \quad \times \text{냉동기 용량당 소비전력[kW]} \\ & \quad \times \text{펌프소비전력[kWh]} \times \text{냉방시간[h]} \times \text{냉방일} \\ & \quad \div (\text{냉각탑} + \text{냉각수펌프 소비전력[kWh]}) \\ & \quad \times \text{냉방시간[h]} \times \text{냉방일} \times \text{가동비율} \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

월간 축열조 담당부하는 축열조용량에 월간 냉방일수를 곱한 값이며, 주간 냉동기 담당부하는 월간 냉방부하량에서 축열조 용량을 제외한 값이 된다.

2.4.2 흡수식 냉온수기

식(5)는 흡수식 냉온수기 소비전력을 구하는 공식³⁾이다. 식(5)를 살펴보면, 병축 열시스템과 달리 주간에만 운전이 되고, 모든 장비가 동시에 사용되므로 소비전력을 구하는 공식이 간단한 것을 확인할 수 있다. 그리고 식(6)은 흡수식 냉온수기 가스소비량을 구하는 공식이다.

$$\begin{aligned}
 & \cdot \text{흡수식 냉온수기 시스템의 총 소비전력[kWh]} \\
 & = \text{월별 부하량[USRt} \cdot \text{h]} \times \text{냉동기 용량당 소비전력[kW]} \\
 & \quad + (\text{냉각탑} + \text{냉각수 펌프소비전력}) \times \text{냉방시간} \times \text{냉방일수} \times \text{기동비율} \\
 & \quad \dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

여기서 기동비율은 월별냉동기담당부하량을 냉동기 최대담당부하량으로 나눈 값이 된다.

$$\begin{aligned}
 & \cdot \text{흡수식 냉동기 가스소비량[Nm}^3\text{]} = \text{흡수식 담당부하[USRt} \cdot \text{h]} \\
 & \quad \times \text{흡수식냉동기 용량당 가스소비량[Nm}^3\text{/USRt} \cdot \text{h]} \dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

흡수식 냉온수기의 경우에는 전력뿐만 아니라 가스를 사용하기 때문에 식(5)와 식(6)을 모두 이용하여 계산하여야 한다.

총 에너지 사용량을 비교하기 위해 가스의 발열량(10,550kcal/Nm³)을 이용하여 kWh로 환산하여 식(7)과 같이 나타낼 수도 있다.

$$\begin{aligned}
 & \cdot \text{흡수식 냉동기 가스소비량[Nm}^3\text{]} \\
 & = \text{흡수식 담당부하[USRt} \cdot \text{h]} \times 1 \text{냉동톤(kcal/USRt} \cdot \text{h)} \\
 & \quad \div \text{가스발열량[kcal/Nm}^3\text{]} \dots\dots\dots (7)
 \end{aligned}$$

3) 축열식 냉방시스템 기술자료집, EnE System, 2004

3. 빙축열시스템의 성능 평가 및 비용 분석

3.1 개요

빙축열 시스템의 운전특성에 따른 성능 측정은 충청북도에 위치하고 있는 지상 17층, 지하 2층의 D리조트를 대상으로 하였다. D리조트의 건축개요는 표 3.1에, 배치도는 그림 3.1에 나타내었다.

표 3.1 D 리조트의 건축개요

구 분	내 용
대 지 위 치	충청북도 D군
콘도부지면적	53,107.0m ²
지 역, 지 구	자연녹지 지역, 유원지 지구
규 모	콘도미니엄 지하2층, 지상17층 및 부속동
건 축 면 적	7,451.95m ²
연 면 적	88,566.82m ²
건 폐 율	14.03(%)
용 적 율	119.95(%)

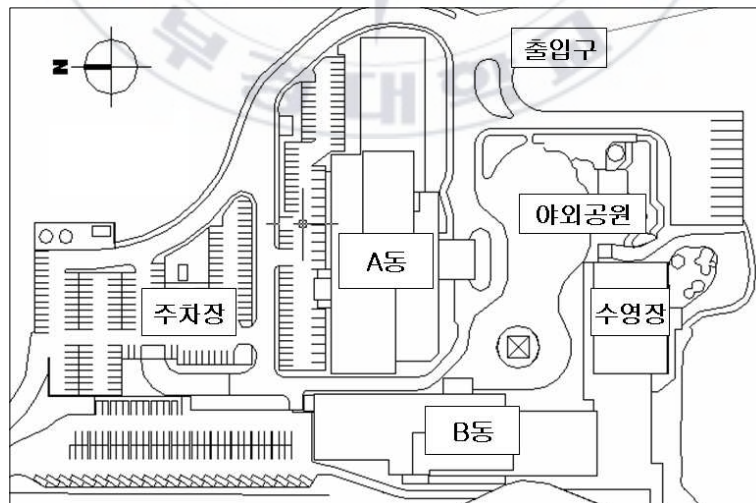


그림 3.1 D 리조트 배치도

빙축열시스템은 객실을 제외한 냉방면적이 12,730m²으로 산정된 공용 존(zone)을 담당하고 있으며, 공용 존의 냉방부하는 1,000 USRt이며, 냉방시간은 14시간으로 설계되었다.

빙축열시스템은 캡슐형의 축열조 성능이 우수하여 축열조 입구온도가 낮아도 최대한 축열조에 저장된 열량을 이용할 수 있으므로 냉동기 입구온도를 높일 수 있어 냉동기 효율도 향상시킬 수 있는 Chiller Upstream으로 구성되어 있다.

축냉 운전시에는 축열조 전단의 3-way 밸브를 이용하여 냉동기를 거쳐 온도가 낮아진 브라인이 전부 축열조로 흘러 들어가 축열재를 제빙할 수 있도록 하며, 이때 열교환기로 영하의 브라인 흘러가지 않도록 열교환측 밸브를 조정하여 준다. 냉방시에는 냉동기 및 축열조에 저장된 냉기를 적절히 사용하여 부하측에 냉기를 공급하게 되는데, 축열조측 자동밸브는 축열조 출구온도를 일정하게 유지할 수 있도록 조절되며, 열교환기측 밸브는 냉기 공급온도를 조절하는데 이용된다. D리조트에 설치된 빙축열시스템의 계통도를 그림 3.2에 나타내었다.

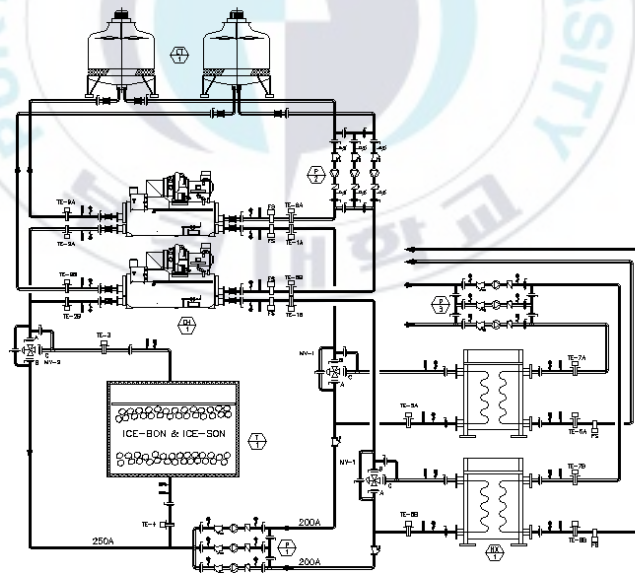


그림 3.2 빙축열시스템 계통도

빙축열조는 PDF 재질의 사각탱크로 크기는 L 15.6m × W 4.1m × H 5.5m로 제작되었으며, 냉동기는 만약의 경우 냉동기 한 대가 고장 나더라도 운영이 가능하도록 2대를 설치하였다. 빙축열시스템 장비사양을 표 3.2에 나타내었다.

표 3.2 빙축열시스템 장비사양

구 분	형식	용 량	수 량	소 비 전 력
축열조	PDF	4,500 USRt · h	1	-
냉동기	터보	425 USRt	2	598
냉각탑	대향류형	500 RT	2	27.6
열교환기	판형	500 USRt	2	
브라인펌프	인라인	40 HP	3	75

빙축열시스템의 경우 냉수를 저장하는 수축열에 비해 물의 잠열을 이용하기 때문에 단위 부피당 저장할 수 있는 용량이 크기 때문에 축열조를 충분히 기계실 내부에 설치가 가능하여 그 주위에 냉동기, 열교환기, 펌프를 설치하였다. 기계실 내에 빙축열시스템의 설치는 그림 3.3에 나타내었다.

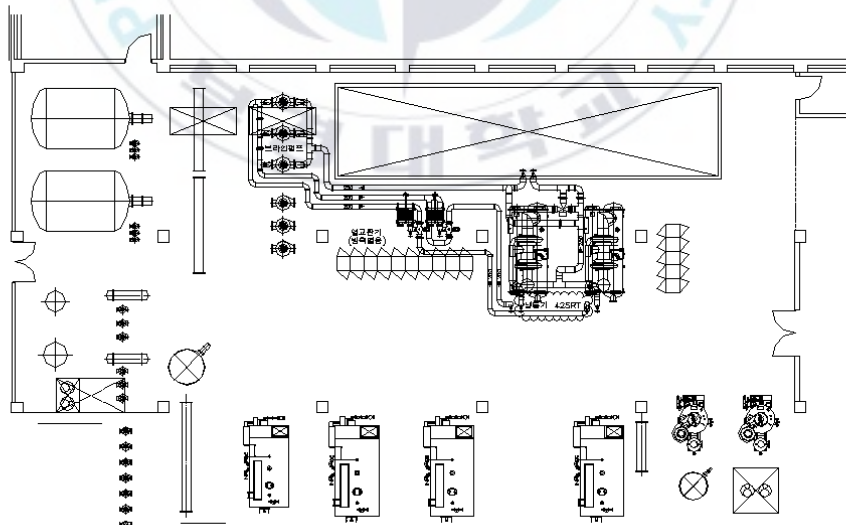


그림 3.3 빙축열시스템 장비 배치도

3. 2 측정

캡슐형 빙축열시스템이 설치된 D리조트는 심야전력 시간대인 22:00~08:00 동안 축열조에 냉기를 저장하는 야간 축냉운전과 낮 시간대의 변동부하를 빙축열시스템이 담당하는 부분축열 운전모드로 주간 냉방운전을 실시하고 있다.

냉동기 가동 상태를 확인하기 위하여 냉동기 전후단의 온도를 측정하였으며, 빙축열시스템의 성능 확인을 위하여 방냉시 축열조의 온도경향을 확인하기 위한 축열조 입출구의 온도와 부하측 냉방량을 산출하기 위하여 열교환기 냉수측 입출구에서 온도를 1분단위로 측정하였다. 온도측정을 위한 온도센서의 설치모습은 그림 3.4에 나타내었다.

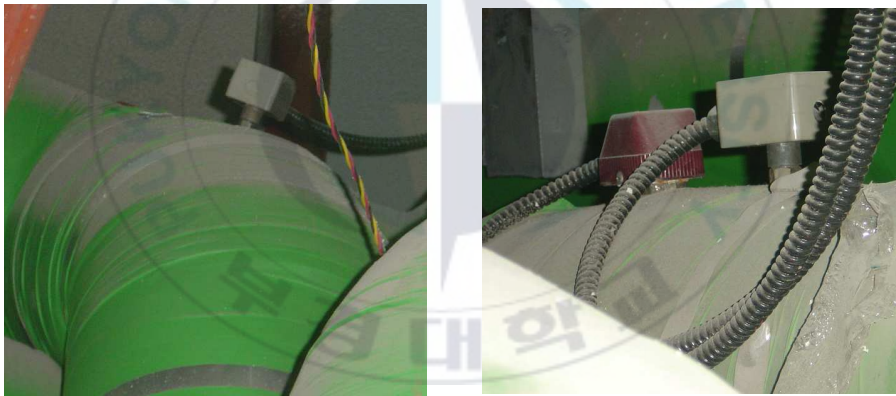


그림 3.4 온도 센서 설치 모습

열교환기를 지나는 열매의 유량을 측정하기 위하여 열교환기 출구측에 초음파 유량계를 그림 3.5와 같이 설치하였다.

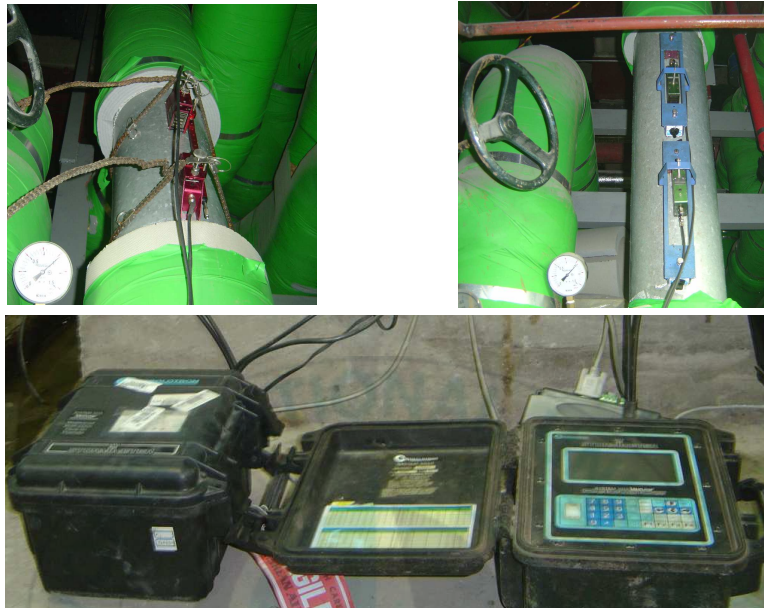


그림 3.5 유량계 설치 모습

표 3.3 측정위치와 내용

구분	측정위치	비고
온도	냉동기 전후	냉동기 가동
	축열조 입출구	방냉시 축열조 온도
	열교환기 냉수측 입측구	부하측 냉방량
유량	열교환기 출구	유량



그림 3.6 Data 수집장치

6월에서 8월까지 3개월간 D리조트에 설치된 빙축열시스템의 운전 데이터를 측정하였다. 일 최대부하 및 방열량은 식(8)을 이용하여 계산하였으며, 실험대상의 열부하 현황은 표 3.4에 정리하였다.

$$\text{일최대부하} = \text{시간최대부하} \times \text{방열운전시간} \times \text{부하율}(80\%) \dots\dots\dots (8)$$

표 3.4 빙축열시스템의 열부하 현황

시간최대부하	3,024,000 kcal/hr(1,000RT/hr)
일 최대부하	33,868,800 kcal(11,200RTH)
축 열 량	13,608,000 kcal(4,500RTH)
방 열 량	33,868,800 kcal(11,200RTH)
방열 운전시간	14시간
축열조 방열량	13,608,000 kcal(4,500RTH)
냉동기 방열량	20,260,800 kcal(6,700RTH)

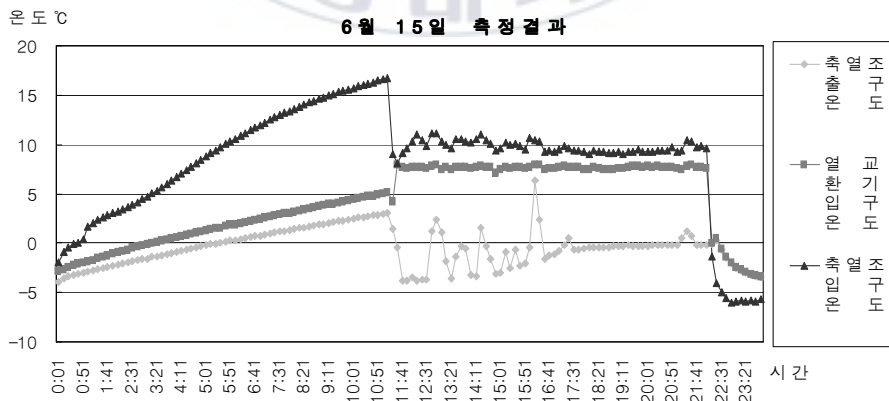
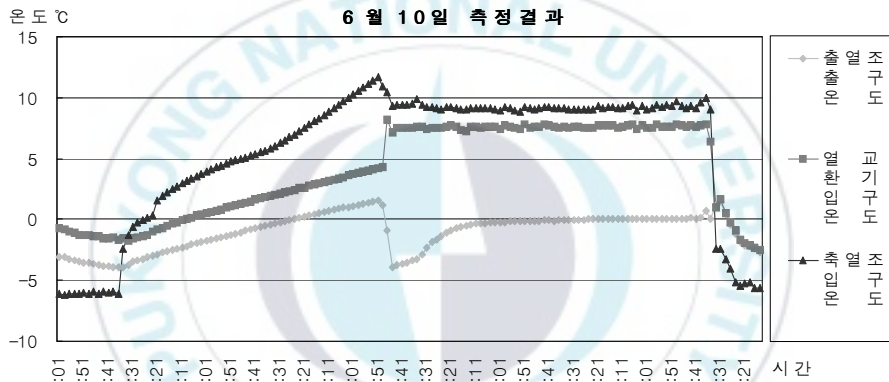
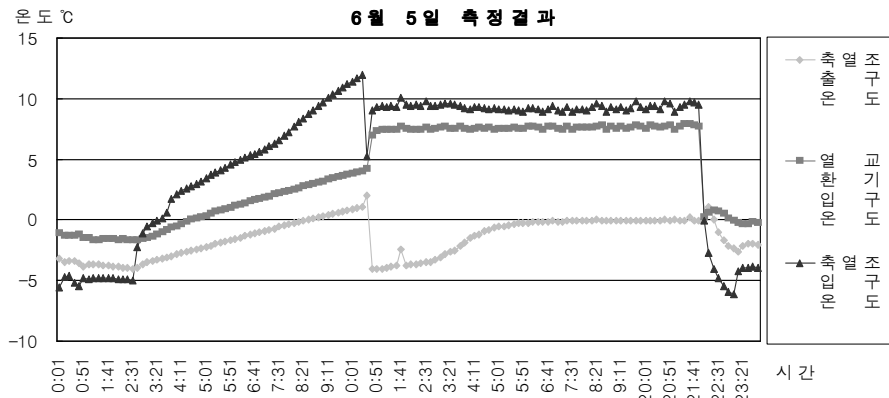
3.3 측정결과

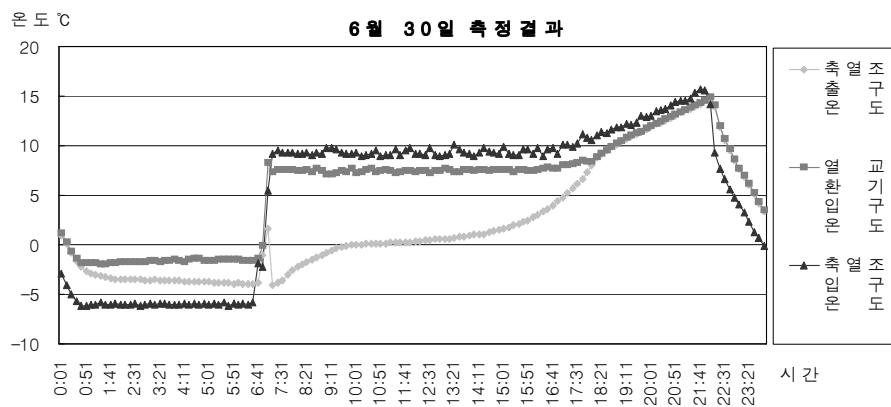
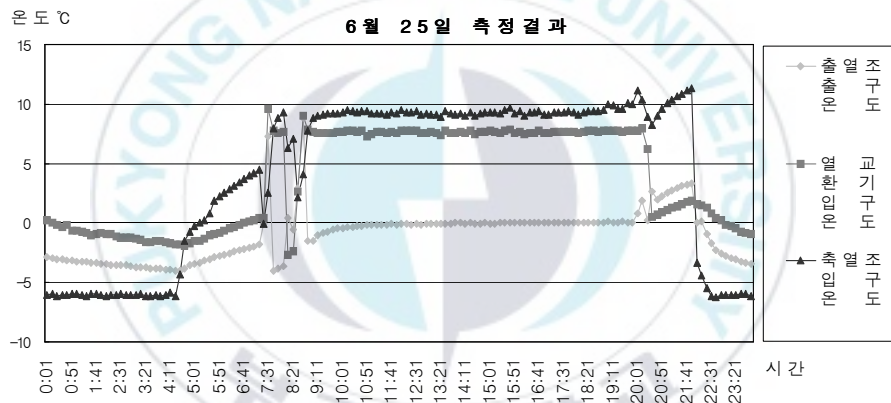
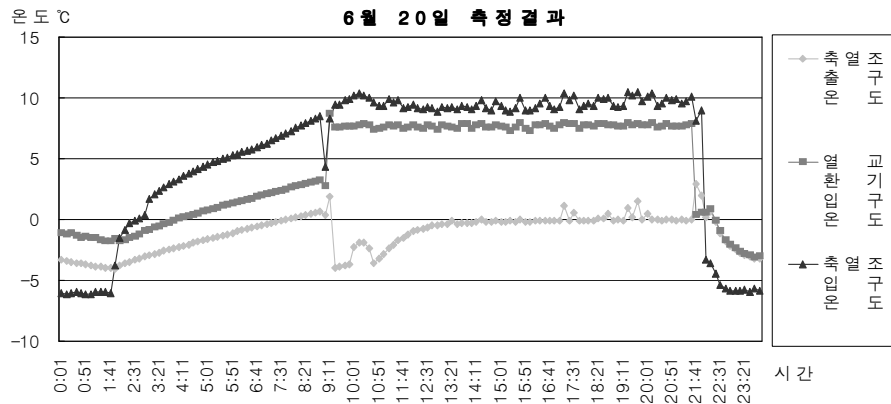
측정은 1분 마다 이루어졌고, 데이터는 매 5분마다 기록하였다. 측정된 데이터가 방대하여 5일, 10일, 15일, 20일, 25일, 30일에 측정된 것을 부록에 나타내었다.

3.3.1 6월의 운전 패턴

6월 25일까지의 운전패턴을 살펴보면 주간냉방시 축열조 출구 온도가 냉방운전이 끝나는 시간까지 0℃를 유지하는 일정한 패턴을 보이고 있다. 이는 냉방부하보다 축열조 용량이 커서 축열조의 냉열을 전부 소진하지 못해 축열조 출구 온도를 낮게 유지할 수 있었던 것이다. 빙축열 시스템의 운전시간을 살펴보면 20:00부터 8:00까지 전시간에 걸쳐 빙축열 냉동기를 운전한 것이 아니라 일부 시간만 운전이 되고 있음을 확인 할 수 있다. 밤에 축열조 입구 온도가 급격히 떨어지는 부분부터 새벽에 급격히 올라가는 부분이 냉동기가 운전된 시간이다. 이는 주간에 발생하는 냉방부하에 대응하기 위해 필요 이상으로 운전하는 것은 에너지 낭비가 되기 때문이다. 오전에 축열조 온도가 급격히 떨어지는 부분이 빙축열 시스템이 가동이 되는 것을 의미한다.

6월 30일의 경우 이전 측정 data와 축열조 출구온도의 경향이 상이한 것을 확인할 수 있는데, 이는 냉방부하가 증가하여 축열조에 저장된 냉기를 모두 소진하여 냉방이 끝날 시기에는 축열조 출구온도가 7℃까지 상승하는 것을 볼 수 있다. 다음 그래프는 D리조트에 설치된 빙축열 시스템 6월 측정 결과를 보여주고 있다.





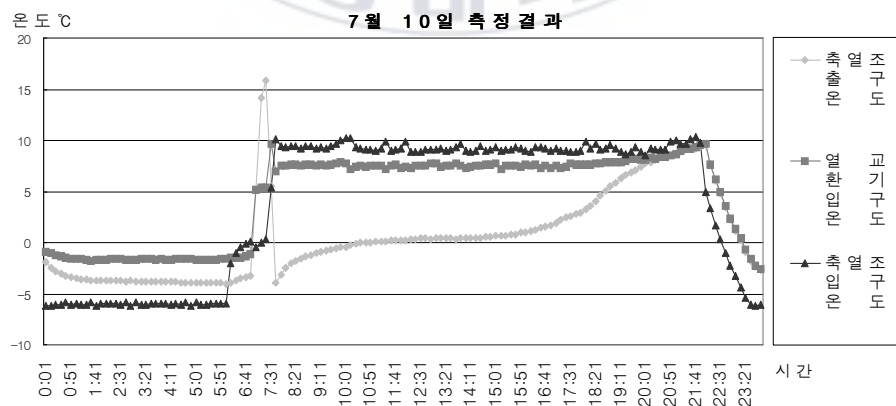
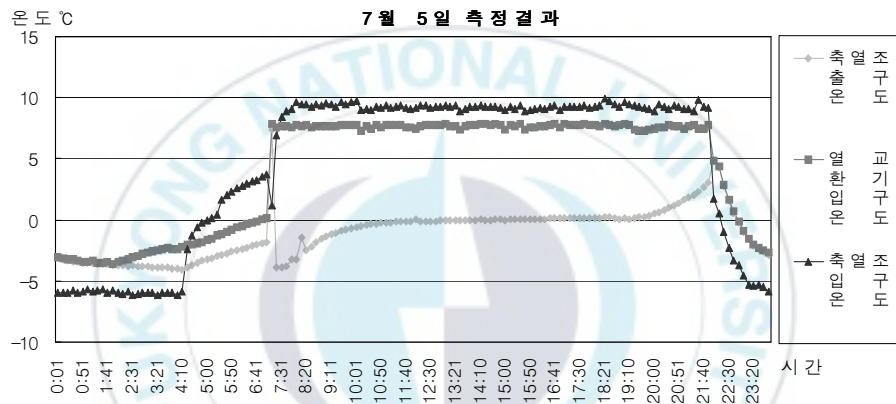
이상의 결과에 따르면 6월은 냉방부하가 전체적으로 크지 않으므로 빙축열시스템은 냉동기의 가동없이 빙축열조만으로 냉방이 충분히 가능하며, 이는 전력요금이 저렴한 야간에 장비를 운영하며 주간 전력요금이 높을 때는 펌프류(브라인, 냉수펌프)만을 사용하여 냉방을 실시함으로써 전력요금이 크게 절약됨을 알 수 있다.

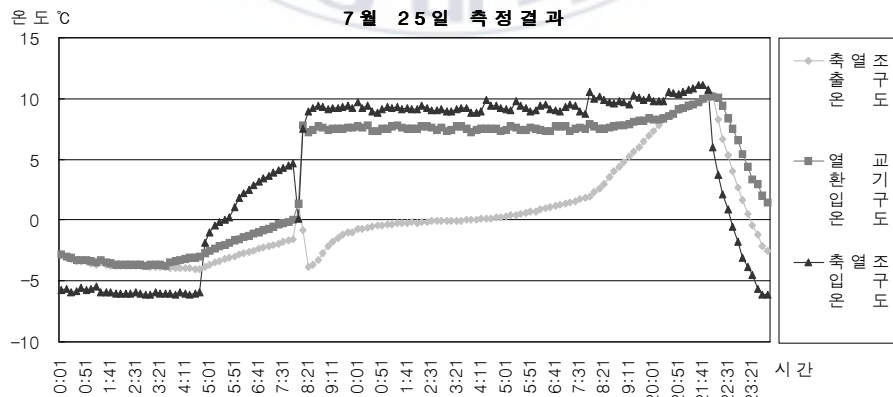
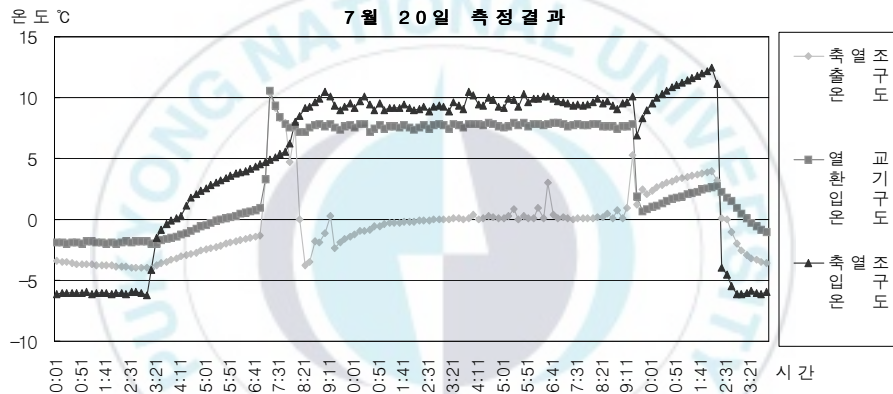
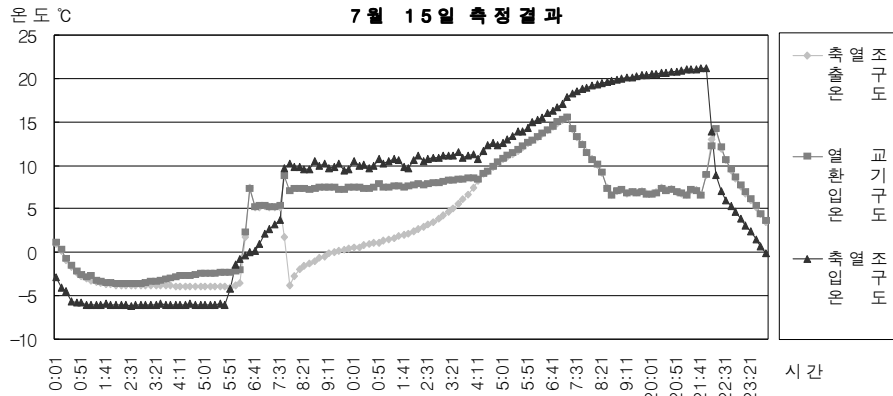
캡슐형의 경우 열전달 표면적이 다른 type(코일형)에 비해 월등히 크기 때문에 브라인과의 열전달이 잘 이루어져 냉방기간 동안에 5℃ 이하로 유지되었다. 또한 일 부하량이 빙축열시스템의 축열조 용량에 미치지 못했기 때문에 6월과 같이 냉방부하가 작은 달에는 충분히 축열조로 냉방이 가능하다는 것을 확인하였다.

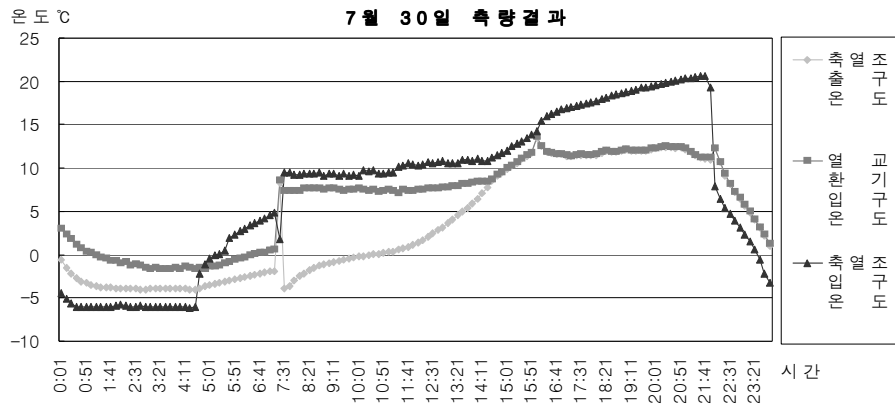


3.3.2 7월의 운전패턴

7월 초에는 6월과 같이 냉방부하가 크지 않아 냉동기의 가동 없이 축열조만으로 냉방을 수행하였으며, 중순부터는 부하의 증가로 인해 축열조뿐만 아니라 냉동기를 가동하여 부하측에 냉방을 수행하였다. 냉동기를 가동한 부분은 축열조 입구 온도에서 오전 시간 중 온도가 급격히 올라갔다가 내려온 부분이다. 이 후에 빙축열을 이용하여 냉방하였다. 다음 그래프는 7월 측정 결과이다.



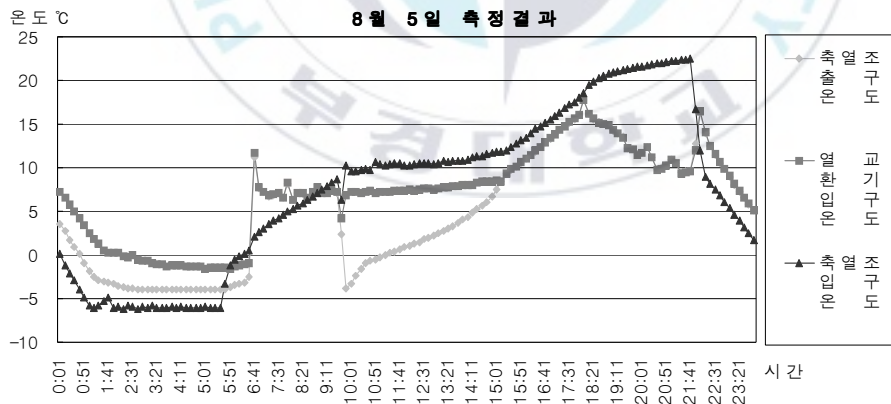


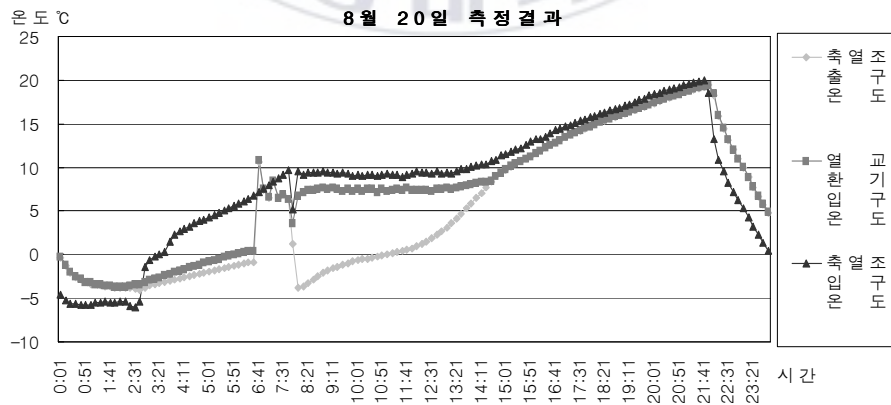
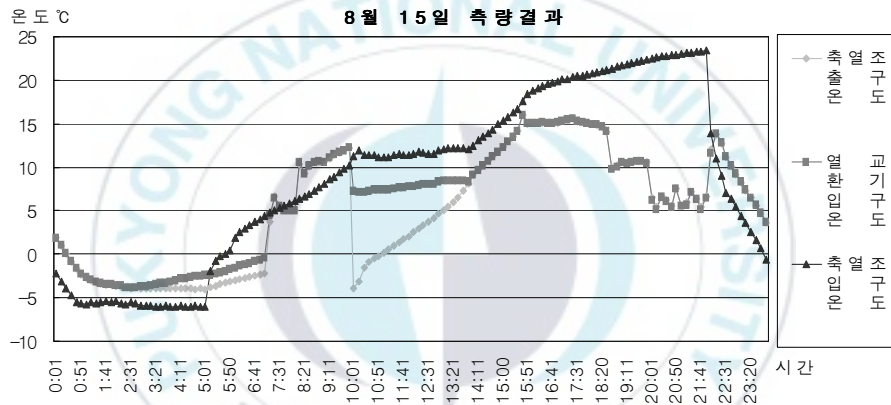
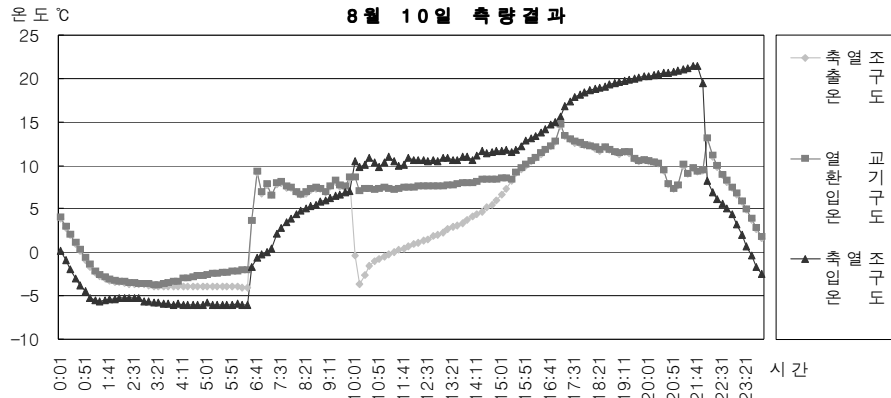


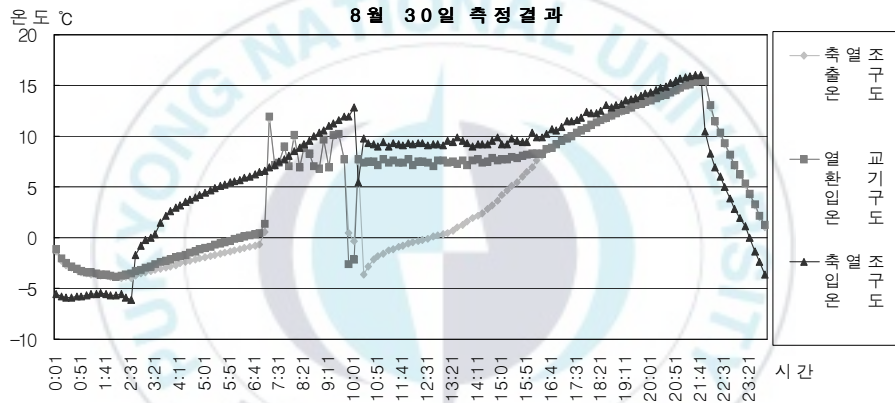
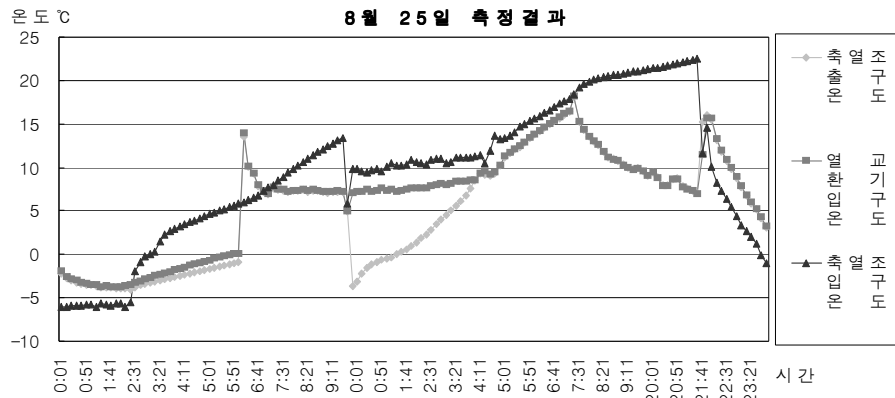
3.3.3 8월의 운전패턴

8월은 냉방부하가 7월 보다 증가하여 오전부터 냉동기 및 축열조 이용한 냉방을 실시하였다. 냉동기를 가동한 시간이 7월 보다는 많이 증가되었음을 알 수 있다. 본 건물에서 빙축열시스템 운전시 특이점은 부하 증가시 냉동기 단독운전을 수행하다가 일정시간 후 축열조 단독운전으로, 축열조 용량을 소진 후(저녁시간대) 다시 냉동기를 가동하는 운전패턴을 보여주고 있다. 보통의 경우 주간 피크시에는 축열조 및 냉동기 동시운전을 하는데, 본 D리조트는 주간에 축열조 단독운전을 통해 Peak 부하를 담당하도록 하였다.

이와 같은 운전경향은 축열조 용량을 Peak부하 전에 소진할 경우 냉동기만으로는 부하를 담당할 수 없다는 단점을 가지고 있어, 적절히 빙축열조의 남은 용량을 확인하여 운전을 수행해야만 한다. 그림 11은 빙축열시스템 8월 측정 data를 보여주고 있다.







3.4 총괄에너지이용효율의 산출

빙축열시스템 총괄에너지이용효율은 냉방기간동안 운전 결과를 통하여 확인할 수 있으며, 부분 축열방식의 빙축열시스템이 설치된 D리조트는 수냉식 냉동기의 사용으로 한국전력공사 총괄에너지이용효율 기준은 1,460 kcal/kWh 이다.

총괄에너지이용효율 산출시 필요한 냉방량은 측정된 열교환기 입출구 온도와 냉수유량을 이용하여 다음의 식에 의하여 산출하였다.

$$Q = mc_p \Delta t \dots\dots\dots (9)$$

여기서, Q : 열량
 m : 질량
 c_p : 비열
 Δt : 온도차

식(9)를 이용하여 나타낸 계산결과는 표 3.5와 같다.

표 3.5 D리조트 월별 부하측 방냉량(USRt-h)

일	방 냉 량(RT · h)		
	6월	7월	8월
1	2,165	4,595	5,986
2	2,518	4,948	8,017
3	2,392	5,223	6,210
4	2,675	4,728	6,681
5	3,793	4,159	5,956
6	3,458	4,774	6,076
7	3,641	4,960	6,508
8	2,847	5,962	6,718
9	3,188	4,521	6,743
10	3,429	4,809	6,879
11	1,501	4,672	6,113
12	2,156	4,306	6,695
13	3,396	5,191	6,219
14	2,123	4,029	6,688
15	2,422	5,915	6,952
16	3,171	4,772	6,667
17	2,384	2,622	6,646
18	3,171	3,523	6,717
19	3,136	3,826	5,139
20	3,386	3,019	3,948
21	2,519	3,549	5,400
22	4,332	4,208	6,437
23	4,131	4,384	6,069
24	4,461	4,584	6,408
25	2,837	4,929	6,256
26	3,925	4,563	6,219
27	4,131	4,119	5,545
28	4,861	4,443	5,557
29	4,699	5,508	5,172
30	4,809	5,654	4,145
31		5,254	3,629
합계	97,657	141,747	188,396

냉방량 계산 결과 8월은 가장 많은 냉방부하가 발생하는 피크월에 해당하며, 6월은 피크 월에 비해 약 50%정도 냉방부하가 적에 발생하는 것으로 나타났으며, 5~6월, 9월과 같이 냉방부하가 작은 경우에는 축열조만으로 충분히 냉방이 가능하다는 것을 알 수 있다. 3개월간의 심야전력 사용량은 월별 전력 사용량을 이용하였다.

이를 이용하여 총괄에너지이용효율을 산출한 결과는 표 3.6에 나타내었다.

표 3.6 빙축열시스템 성능 측정 결과

구 분	6월	7월	8월	비 고
전력사용량 (kWh)	86,160	148,723	195,427	한전 영수증 참조
냉방량 (RT · h)	97,657	141,747	188,396	측정결과 (표 3.5참조)
총괄에너지 이용효율	3,428	2,882	2,915	평균 : 3,075 한전기준 : 1,460

총괄에너지이용효율 산출 결과를 살펴보면, 6월에 가장 우수한 것으로 나타났으며 이는 주간에 최대한 장비를 사용하지 않고, 축열조만을 이용하여 냉방을 수행했기 때문에 방냉량에 비해 전력사용량이 낮아 효율이 우수하게 나왔다. 냉방부하가 높은 7, 8월에도 야간에 저장된 빙축열조 냉기를 주간 냉방시 최대한 이용하여 냉동기 가동을 최대한 감소시켜 한국전력공사의 기준보다 2배 이상의 성능이 나오는 것으로 나타났다.

연구대상의 캡슐형 빙축열조는 상하부 디퓨저 및 균등흐름을 이용하여 축열조 내 사구역(dead zone)을 없애고 축열조 냉방효율을 향상시켜 전체적인 빙축열시스템 성능을 향상됨에 따라 기존 현장에서 문제점과는 달리 안정적으로 냉방운전을 수행할 수 있으며, 한국전력공사 기준을 월등히 상회하는 우수한 성능을 나타내었다.

3.5 운전비용 분석

빙축열시스템의 선정시 고려되는 초기 투자비와 운전비용은 각각 53.39%와 16.08%⁴⁾으로 시스템 선정에 있어서 큰 영향을 미치고 있으므로 측정결과를 이용하여 운전비용을 분석하기 위하여 월별 부하량을 산출하여 흡수식 냉온수기와의 비교검토를 실시하였다.

흡수식냉온수기는 냉방부하 1,000RT를 담당할 수 있도록 500RT 2대를 선정하였으며, 냉각탑의 경우에는 빙축열시스템과 동일한 대향류를 사용하였다. 비교에 사용된 흡수식냉온수기 장비사양은 표 3.7에 나타내었다.

표 3.7 흡수식냉온수기 장비사양

구 분	형 식	용 량	수 량	소 비 전 력
냉 동 기	냉 온 수 기	500 USRt	2	35 kW
냉 각 탑	대 향 류 형	800 RT	2	75 kW
냉 각 수 펌 프	인 라 인	100 hp	3	187.5 kW
합 계				297.5 kW

빙축열시스템은 3개월의 운전기간동안 부과된 전기요금을 이용하였으며, 흡수식 냉온수기의 경우에는 빙축열시스템과 동일한 용량으로 장비를 선정하여 표3.5의 부하량을 담당할 경우의 가스 및 전기요금을 산출하였다. 운전비용의 산출에 이용한 전기 및 가스요금은 표 3.8과 같다. 분석대상의 D리조트는 천연가스가 공급되지 않고 경유를 사용하지만 일반적인 비교를 위해 본 연구에서는 천연가스를 사용하는 것으로 하였다.

4) 정순성, 냉열원 시스템의 LCC분석시 리스크 인자 특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2005. 09

표 3.8 요금체계

구 분		빙축열시스템	흡수식냉온수기
사용 전력		심야전력(을)	일반용 전력(을) (고압A, 선택Ⅱ)
기본요금		5,890, 580(비냉방기간)	6,300
전력요금 ⁵⁾ [원]	7,8월	29.9(주간:72.8)	111.0
	4~6,9월	29.9(주간:72.8)	71.2
	10~3월	36.8(주간:72.8)	80.8
가스요금 ⁶⁾ [충주]	냉방용		458.6
	난방용		714.6

동일한 냉방 부하량일 때, 흡수식 냉동기의 운전비용 과정은 다음과 같다.

일반전력사용량은 식(5)를 이용하여 구할 수 있지만 실질적인 냉동기 가동시간을 산정할 수 없기 때문에 식(10)을 이용하여 개략적인 시간을 구할 수 있다.

$$\cdot \text{냉동기 가동시간} = \text{월별 냉방부하[USRt]} \div \text{냉동기 최대부하[USRt/h]} \dots\dots\dots (10)$$

일반전력량은 식(11)을 이용하여 구할 수 있다. 그 결과는 표14와 같다.

$$\cdot \text{일반전력사용량} = (\text{냉동기} + \text{냉각탑} + \text{냉각수 펌프의 소비전력})[\text{kW}] \times \text{가동시간[h]} \dots\dots\dots (11)$$

식(7)을 이용하여 가스 사용량을 구할 수 있다.

5) 한국전력공사 (<http://www.kepco.co.kr>)
6) 충주도시가스 (<http://www.skens.com>)

이상의 결과를 정리하면 표 3.9와 같다.

표 3.9 월별 에너지사용량

구 분	6 월	7 월	8 월
가동시간(h)	98	142	189
전력사용량(kWh)	29,053	42,170	56,048
가스사용량(Nm ³)	27,992	40,630	54,001

앞에서 구한 각 에너지 사용량을 바탕으로 월별 운전비용을 구하기 위해서는 식(12)~식(14)을 이용하면 표 3.10과 같은 결과를 얻는다.

$$\cdot \text{일반전력기본요금} = \text{총소비전력[kW]} \times \text{기본요금[원/kW]} \dots\dots\dots (12)$$

$$\cdot \text{일반전력사용요금} = \text{일반전력 사용량[kW]} \times \text{월별 전력요금[원/kW]} \dots\dots\dots (13)$$

$$\cdot \text{가스사용요금} = \text{가스 사용량[Nm}^3\text{]} \times \text{가스요금[원/Nm}^3\text{]} \dots\dots\dots (14)$$

표 3.10 월별 냉방 운전 요금(단위 : 천원)

구 분	6 월	7 월	8 월
일반전력기본요금	1,874	1,874	1,874
일반전력사용요금	2,069	3,003	3,992
가스사용요금	12,837	18,632	24,764
합 계	16,780	23,509	30,630

6월에서 8월까지 3개월간 빙축열시스템과 흡수식냉동기의 운전비용을 분석한

결과는 표 3.11과 같다.

표 3.11 각 시스템별 운전비용 (단위 : 천원)

월	빙축열시스템	흡수식냉동기
6월	4,610	16,780
7월	7,367	23,509
8월	11,286	30,630
합 계	23,263	70,919
	32.8%	기준

운전비 검토 결과, 심야전력을 사용하는 빙축열시스템이 흡수식냉온수기에 비하여 약 67.2% 정도 절감되는 것을 확인되었다. 이는 빙축열시스템이 일반전력의 1/4정도로 저렴한 심야전력을 사용하며, 최근 가스요금이 큰 폭으로 상승했기 때문이다.

4. 결론

실제 건물에 적용된 캡슐형 빙축열시스템의 성능을 확인하기 위하여 냉방 운전 기간동안 냉동기의 운전실적을 측정하여 총괄에너지이용효율과 경제적 시스템 선정을 위한 연간 에너지 사용량을 통한 운전비용을 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 3개월 간 측정된 냉방량은 6월부터 8월까지 계속 증가하여 7월 중순부터는 축열조뿐만 아니라 냉동기를 가동해야지만 냉방부하에 대응할 수 있으며, 6월에는 냉방부하보다 축열조 용량이 커서 축열조를 전부 소진하지 못해 축열조 출구온도를 낮게 유지할 수 있으며, 냉방부하가 작은 5월과 9월의 중간기에서의 냉방은 축열조로 충분히 냉방이 가능하다는 것을 확인하였다.

(2) 빙축열시스템의 총괄에너지이용효율에 따른 성능 기준은 수냉식 냉동기를 사용하는 경우의 한국전력공사의 기준인 1,460kcal/kWh보다 2배 이상의 성능이 나타났다.

(3) 빙축열 시스템의 경우 일반전력보다 58%~73% 값싼 심야전력을 사용하기 때문에 운전비용은 일반용 전력을 사용하는 흡수식 냉동기의 33%정도로 나타났으며, 초기투자비가 다른 열원에 비하여 약간 높더라도 운전비용이 저렴하여 경제성이 우수하므로 많은 보급이 이루어질 것으로 판단된다.

이상의 결과를 통하여 볼 때, 빙축열시스템은 에너지의 절약을 위한 효율적 시스템으로 향후 많은 적용이 이루어질 것으로 예상되며, 운전비용뿐 아니라 LCC분석을 통하여 보다 경제적인 시스템의 선정이 필요함에 따라 다양한 비용분석이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강한기의 냉방시스템 효율에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2004. 06,
2. 김영일, 냉난방 방식의 경제성 분석, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp. 1214 ~1233, 2005
3. 문기선, 빙축열시스템의 에너지 소비량에 대한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대논문집, 2003
4. 문기선, 이종인, 하옥남, 빙축열시스템의 에너지 소비량에 대한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp. 1279~1284, 2003
5. 송귀남외, 전력수요관리와 축냉식 냉방시스템 보급, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2004. 06
6. 신영기외, 빙축열 시스템 냉동기 성능 및 축열밀도 현장측정 기법연구, 설비공학논문집, v.17 n.12, 2005. 12
7. 안영환 강병하 김석현 이대영, 빙축열 냉방 시스템의 운전 특성 및 비용분석, 설비공학논문집 제17권 제2호
8. 정순성, 냉열원 시스템의 LCC분석시 리스크 인자 특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2005. 09
9. 최용문외, 빙축열 시스템 성능 평가 방법에 대한 연구, 공기조화냉동공학회 동계학술발표회 논문집, 1994. 11
10. 조남윤, 축냉시스템 효율에 대한 고찰, 연세대학교 기계공학과 석학학위논문, 2004
11. 축열식 냉방시스템 기술자료집, EnE System, 2004
12. Lee, Y. J., A Study on Ice Slurry Formation and Adhesion by Cooling Aqueous Solution, Kyunghee Univ. , 2002
13. Park, S.S., 빙축열시스템의 종류 및 특징, 축냉기술세미나 ,2002

14. Charles E. Dorgan, et al., Design Guide for Cool Thermal Storage, ASHRAE, 1993
15. 한국전력공사 (<http://www.kepco.co.kr>)
16. 충주도시가스 (<http://www.skens.com>)
17. 에너지 관리공단 (<http://www.kemco.or.kr>)



Cost Analysis & Performance Evaluation of Ice Thermal Storage Cooling System

by Lim, Hyung-Chan

Department of Architectural Engineering, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

From the beginning of the 1990's as Domestic industry development and life level of people has been improving, and it's been highly increasing fast not only normal buildings but also general houses to introduce cooling air-conditioning system as increasing aspiration toward quality of life. However, as increasing power demand, spare rate of power has been decreasing and it has been becoming a problem of power supply during peak time of summer season. In 2005 the power for air-conditioning was 30%. it is expected that it would be increasing.

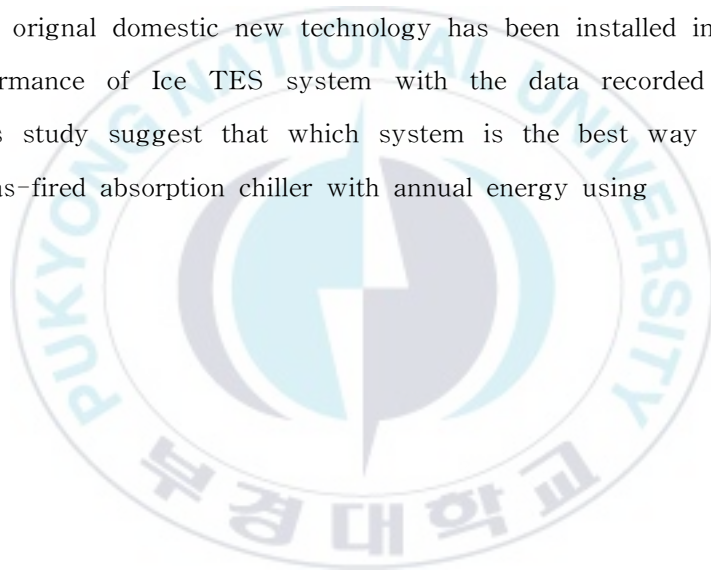
The power demand for air-conditioning is related with office automation, airtightness of building and global warming, so it is necessary to increasing it.

Increasing power demand for air-conditioning is a important reason increasing cost of generation of electric power and building power plant. Therefor as an alternative plan the government made a law to install Thermal Energy Storage system and Gas Heat Resource facility over 60% in case of installing the center intensively cooling heat resource so that the amount used on peak electricity in summer season can be decreased.

According to this, application of Ice Thermal Storage Cooling system of Ice TES system has been highly increased since 1990, as increase of installation domestic Ice TES system performance has been developed.

However most of domestic Ice TES system has been installed from other country technology, only two domestic companies have their own technology of Ice TES system. Therefore to check the performance of Ice TES system applied in Korea is certification test report to get the TES system certification, there is no particular method to check the performance of the system.

In this study, in compensation for the site that capsule type Ice TES system developed by original domestic new technology has been installed investigated the overall performance of Ice TES system with the data recorded from Jun to August. This study suggest that which system is the best way by comparing TES with Gas-fired absorption chiller with annual energy using



부 록

1. 온도 측정 데이터



6월 5일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:44	-3.1480	-1.0940	-5.5840
0:51:41	-3.8720	-1.5000	-4.8080
1:41:43	-3.7800	-1.5760	-4.8040
2:31:43	-4.0240	-1.6720	-4.9880
3:21:45	-3.2840	-1.2140	-0.0140
4:11:43	-2.7360	-0.3280	2.3740
5:01:44	-2.2000	0.3380	3.4000
5:51:42	-1.6580	1.0300	4.5460
6:41:41	-1.1220	1.6020	5.4640
7:31:42	-0.5720	2.1860	6.6060
8:21:40	-0.0160	2.7460	8.3800
9:11:40	0.4560	3.3080	10.0580
10:01:42	0.9280	3.8500	11.4260
10:51:44	-4.0260	7.3580	9.2780
11:41:41	-2.4500	7.7260	10.1040
12:31:42	-3.4480	7.6080	9.7980
13:21:40	-2.6240	7.5480	9.5940
14:11:44	-1.2940	7.5440	9.2860
15:01:43	-0.4920	7.5460	9.1280
15:51:43	-0.2740	7.5080	8.9800
16:41:42	-0.1640	7.6880	9.1400
17:31:41	-0.0580	7.3840	8.9120
18:21:44	-0.0060	7.7320	9.5640
19:11:42	-0.0480	7.6640	9.2840
20:01:44	-0.0480	7.5180	9.1580
20:51:43	-0.0520	7.7900	9.6360
21:41:42	-0.0480	7.8040	9.6500
22:31:41	-0.9940	0.6800	-4.7780
23:21:43	-2.1140	-0.3740	-3.9520

6월 10일 측정 data

시 간	출열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:36	-3.0440	-0.7300	-6.0880
0:51:36	-3.5560	-1.2980	-6.0600
1:41:35	-3.8680	-1.5460	-6.0300
2:31:35	-3.5060	-1.5260	-0.6280
3:21:38	-2.8620	-0.8380	1.5860
4:11:36	-2.2980	-0.0960	2.9340
5:01:35	-1.7700	0.5020	3.9260
5:51:36	-1.2520	1.0700	4.7580
6:41:36	-0.7500	1.6080	5.3480
7:31:37	-0.2460	2.1300	6.2620
8:21:37	0.2120	2.6400	7.5280
9:11:35	0.6560	3.1600	8.8540
10:01:37	1.1180	3.7200	10.2940
10:51:37	1.5780	4.2260	11.6660
11:41:33	-3.6200	7.5560	9.4320
12:31:34	-2.3480	7.4660	9.2100
13:21:33	-0.8700	7.6860	9.2040
14:11:36	-0.3500	7.6140	9.0920
15:01:33	-0.2060	7.3900	8.9220
15:51:37	-0.1460	7.7660	9.1920
16:41:34	-0.0640	7.7300	9.1960
17:31:35	-0.0760	7.5820	9.0500
18:21:34	0.0180	7.7400	9.3200
19:11:36	0.0060	7.6180	9.1280
20:01:36	0.0080	7.5620	9.0620
20:51:35	0.0680	7.6580	9.3100
21:41:35	0.0340	7.6520	9.1760
22:31:34	1.4900	1.6420	-2.4180
23:21:33	-2.1120	-1.9940	-5.2200

6월 15일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:28	-3.9080	-2.7780	-1.9000
0:51:30	-2.9960	-1.9720	0.4120
1:41:28	-2.4240	-1.2420	2.8460
2:31:27	-1.8700	-0.4820	3.9140
3:21:27	-1.3100	0.1620	5.3000
4:11:27	-0.7680	0.7280	6.9980
5:01:28	-0.2260	1.3040	8.7660
5:51:29	0.2420	1.8560	10.3240
6:41:30	0.6920	2.3760	11.7020
7:31:27	1.1500	2.9320	12.9540
8:21:30	1.5960	3.4220	14.0060
9:11:29	2.0420	3.9500	14.9620
10:01:27	2.4680	4.4660	15.7280
10:51:29	2.8900	4.9780	16.4460
11:41:31	-3.7820	7.7260	9.1520
12:31:27	-3.7500	7.6120	9.8140
13:21:30	-3.5920	7.5000	9.6520
14:11:28	-3.3040	7.7600	10.5220
15:01:27	-2.9660	7.5660	9.6180
15:51:29	-2.0220	7.6360	9.4640
16:41:28	-1.2980	7.6700	9.3300
17:31:25	-0.6680	7.7180	9.3660
18:21:30	-0.4540	7.6640	9.3100
19:11:27	-0.3100	7.5880	9.0520
20:01:30	-0.2960	7.8020	9.2500
20:51:28	-0.1620	7.7920	9.7620
21:41:26	-0.1620	7.7000	9.7640
22:31:25	-0.7000	-0.5380	-4.9240
23:21:28	-3.0420	-2.9080	-5.8800

6월 20일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:24	-3.3180	-1.1560	-5.9920
0:51:22	-3.6960	-1.4580	-6.1120
1:41:23	-3.9940	-1.8380	-6.0400
2:31:23	-3.3060	-1.3960	-0.0600
3:21:24	-2.6920	-0.5400	2.3560
4:11:22	-2.1380	0.1440	3.5540
5:01:19	-1.6080	0.7520	4.5000
5:51:20	-1.0960	1.3180	5.2560
6:41:22	-0.5720	1.8520	5.9340
7:31:21	-0.0480	2.3980	6.8940
8:21:20	0.3840	2.9300	7.9260
9:11:20	1.8500	8.6540	8.3160
10:01:22	-2.2760	7.6840	10.1760
10:51:22	-3.2100	7.4520	9.3080
11:41:19	-1.4900	7.4100	9.1040
12:31:20	-0.6240	7.7540	9.2720
13:21:20	-0.0960	7.5320	9.2300
14:11:22	-0.2320	7.7480	9.3640
15:01:20	-0.2120	7.6800	9.3620
15:51:22	-0.1680	7.4520	8.9780
16:41:19	-0.1020	7.6600	9.3180
17:31:17	0.5400	7.8280	10.1760
18:21:21	0.0600	7.7880	10.0000
19:11:20	-0.0720	7.6400	9.3660
20:01:22	0.4440	7.7420	10.0520
20:51:21	-0.0360	7.6880	9.7840
21:41:21	2.8960	0.4100	8.1360
22:31:19	-1.0900	-0.9300	-5.4160
23:21:22	-2.9200	-2.8260	-5.7940

6월 25일 측정 data

시 간	출열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:13	-2.8460	0.2540	-6.0680
0:51:14	-3.1440	-0.6720	-5.9560
1:41:14	-3.3300	-0.9200	-5.9740
2:31:12	-3.5560	-1.2040	-5.9860
3:21:16	-3.7620	-1.6200	-6.0940
4:11:16	-3.9360	-1.7140	-5.8460
5:01:14	-3.4320	-1.5460	-0.2840
5:51:17	-2.7800	-0.8340	2.2660
6:41:16	-2.1820	-0.0040	3.6740
7:31:12	7.2720	9.5700	2.5580
8:21:12	-0.5760	-2.3880	7.1120
9:11:15	-1.0100	7.5660	8.9860
10:01:13	-0.4400	7.6660	9.3380
10:51:14	-0.1920	7.2540	9.4440
11:41:14	-0.0800	7.6700	9.2820
12:31:15	-0.0660	7.7380	9.3760
13:21:14	-0.0380	7.3940	8.9440
14:11:15	-0.0540	7.5380	8.9840
15:01:13	-0.0140	7.7780	9.3260
15:51:13	0.0260	7.6080	9.2480
16:41:13	0.0620	7.7220	9.3700
17:31:11	-0.0080	7.6720	9.3260
18:21:11	0.0380	7.7220	9.3880
19:11:13	0.0420	7.7660	9.8920
20:01:11	0.8180	7.7380	11.1280
20:51:11	2.2880	0.9120	9.5660
21:41:15	3.2320	1.7320	11.1120
22:31:11	-1.7280	0.8420	-6.1520
23:21:13	-3.0700	-0.4540	-6.0660

6월 30일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:05	0.9620	1.1060	-2.8740
0:51:08	-2.6500	-1.8580	-6.1600
1:41:09	-3.3860	-1.8480	-6.0380
2:31:06	-3.5100	-1.7160	-5.9520
3:21:08	-3.5900	-1.7180	-5.9760
4:11:07	-3.6800	-1.7000	-5.9840
5:01:09	-3.7440	-1.6420	-6.0880
5:51:06	-3.9140	-1.5060	-5.9320
6:41:08	-3.8500	-1.3900	-1.8600
7:31:09	-3.5620	7.5120	9.3280
8:21:09	-1.7520	7.5820	9.3000
9:11:06	-0.5460	7.1000	9.7920
10:01:07	0.0160	7.2660	9.3600
10:51:05	0.1740	7.5000	8.9520
11:41:05	0.2780	7.4760	9.4780
12:31:06	0.4900	7.1580	9.8060
13:21:08	0.6580	7.3440	10.1120
14:11:04	1.0320	7.5760	9.2960
15:01:05	1.6020	7.5580	9.8960
15:51:07	2.4800	7.4100	9.6520
16:41:06	3.9780	7.6680	9.7600
17:31:03	6.1700	8.2080	10.2460
18:21:07	9.1580	9.1800	11.3380
19:11:05	10.7180	10.7680	12.1900
20:01:05	11.9540	11.9580	13.0620
20:51:05	13.0560	13.1160	14.3740
21:41:05	14.1980	14.2520	15.6440
22:31:07	10.6120	10.6980	6.6100
23:21:07	6.0600	6.1400	2.2860

7월 5일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:01	-3.1580	-3.0080	-5.9800
0:51:01	-3.4800	-3.3840	-5.8180
1:41:00	-3.5960	-3.4580	-5.9300
2:31:00	-3.7220	-3.0540	-6.1080
3:21:00	-3.8780	-2.4580	-6.1060
4:10:59	-4.0380	-2.2020	-5.9060
5:00:59	-3.2300	-1.6500	-0.0140
5:50:59	-2.6100	-0.8060	2.3500
6:41:01	-2.0340	-0.1120	3.2960
7:31:01	-3.9040	7.6240	8.3820
8:20:58	-2.5080	7.7520	9.4240
9:11:00	-1.2060	7.6540	9.4180
10:01:01	-0.6220	7.7640	9.7100
10:50:58	-0.2520	7.6060	9.1320
11:40:58	-0.1780	7.6180	9.1640
12:30:57	-0.1480	7.7400	9.1920
13:21:01	-0.0700	7.6620	9.3180
14:10:58	0.0100	7.8560	9.3940
15:00:58	-0.0020	7.3720	8.9480
15:50:58	0.0400	7.5480	8.9800
16:41:01	0.1380	7.8700	9.3340
17:30:59	0.1460	7.7200	9.2420
18:21:00	0.2220	7.8960	9.9600
19:10:57	0.0960	7.7440	9.4100
20:00:59	0.5460	7.4800	8.8960
20:51:00	1.3360	7.6320	9.2460
21:40:59	2.7160	7.4900	9.3040
22:30:58	1.5700	1.7000	-2.3060
23:20:58	-2.0960	-1.9740	-5.4200

7월 10일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:54	-1.9340	-0.9180	-6.1840
0:51:54	-3.3320	-1.5460	-6.0320
1:41:54	-3.6640	-1.6620	-6.1360
2:31:52	-3.7420	-1.6220	-6.0480
3:21:52	-3.8160	-1.6080	-6.0920
4:11:56	-3.8720	-1.6340	-6.0500
5:01:54	-3.9740	-1.6500	-5.8380
5:51:54	-3.9580	-1.5840	-5.9760
6:41:50	-3.3760	-1.3280	-0.0840
7:31:52	5.4540	9.7000	5.3560
8:21:53	-1.8220	7.6800	9.4140
9:11:53	-0.9300	7.6100	9.3780
10:01:52	-0.4180	7.7300	10.2020
10:51:53	0.0140	7.5120	9.0500
11:41:53	0.1960	7.6380	9.1420
12:31:55	0.4000	7.5260	8.8620
13:21:50	0.4460	7.5340	8.9680
14:11:51	0.4580	7.4700	8.8840
15:01:54	0.6180	7.8000	9.2980
15:51:53	0.9680	7.4540	9.1860
16:41:53	1.5400	7.5520	9.2500
17:31:52	2.6180	7.7460	8.9020
18:21:52	4.0840	7.7520	9.6580
19:11:53	6.3200	7.8300	8.9160
20:01:52	7.7120	8.1260	8.5640
20:51:53	8.5180	8.5620	9.9040
21:41:50	9.2320	9.3380	10.3280
22:31:53	4.7920	4.9080	0.3200
23:21:49	-0.8940	-0.6220	-5.3400

7월 15일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:46	1.0120	1.1380	-2.9060
0:51:47	-2.7700	-2.6420	-5.8060
1:41:47	-3.6560	-3.4920	-5.9280
2:31:47	-3.7800	-3.6640	-6.1060
3:21:48	-3.8520	-3.3340	-6.0600
4:11:45	-3.8680	-2.7920	-6.0520
5:01:45	-3.9180	-2.4420	-6.0740
5:51:46	-4.0120	-2.3160	-4.2360
6:41:46	5.1540	5.1780	0.2080
7:31:47	5.2200	5.2700	3.6700
8:21:46	-1.5080	7.3600	9.5840
9:11:48	-0.1320	7.3960	9.6820
10:01:47	0.5420	7.4160	10.4340
10:51:47	1.1420	7.7740	10.7500
11:41:47	2.0800	7.4240	9.8360
12:31:46	3.1780	7.8020	10.7740
13:21:46	5.1220	8.2420	11.1720
14:11:46	8.2380	8.3500	10.7540
15:01:46	10.6980	10.7520	12.5200
15:51:45	12.5280	12.5740	14.3040
16:41:46	14.4380	14.4860	16.2460
17:31:47	13.2840	13.2940	18.5720
18:21:47	9.1420	9.1220	19.4820
19:11:45	6.8360	6.7700	20.0720
20:01:48	6.7280	6.6720	20.5000
20:51:43	6.9220	6.8400	20.8240
21:41:45	6.5900	6.5000	21.1640
22:31:45	10.5600	10.6460	5.9960
23:21:45	5.9980	6.0780	2.3840

7월 20일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:41	-3.3580	-1.9040	-6.1500
0:51:40	-3.6580	-1.9380	-6.0400
1:41:41	-3.7800	-1.9500	-6.0400
2:31:42	-3.9420	-1.8580	-5.9560
3:21:41	-3.7840	-1.9480	-1.5120
4:11:38	-3.0620	-1.2120	0.2800
5:01:41	-2.4720	-0.4420	2.5800
5:51:40	-1.9200	0.2120	3.6080
6:41:42	-1.3960	0.7960	4.3740
7:31:43	8.2580	8.3980	5.3340
8:21:41	-3.7620	7.1840	9.1840
9:11:41	0.2800	7.8720	10.1020
10:01:38	-1.2060	7.5160	9.1380
10:51:38	-0.5320	7.7080	9.5360
11:41:38	-0.2180	7.7060	9.3980
12:31:40	-0.0660	7.4640	8.9140
13:21:40	0.0580	7.8500	9.6600
14:11:37	0.0200	7.8260	9.4560
15:01:37	0.0680	7.5400	9.1520
15:51:40	0.1200	7.6660	9.6480
16:41:37	0.3940	7.9220	9.8700
17:31:40	0.1000	7.8180	9.4100
18:21:41	0.1420	7.6680	9.4860
19:11:38	0.9740	7.5980	9.5840
20:01:38	2.3960	1.0300	9.5220
20:51:39	3.2680	1.7940	11.0700
21:41:40	3.7760	2.4200	11.9600
22:31:38	-0.0040	1.8240	-4.5060
23:21:39	-3.1700	-0.2480	-5.8860

7월 25일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:31	-2.8840	-2.7560	-5.7580
0:51:34	-3.4100	-3.3220	-5.7280
1:41:33	-3.7080	-3.5920	-5.9260
2:31:35	-3.7680	-3.6220	-5.9600
3:21:33	-3.8100	-3.6880	-5.9920
4:11:32	-3.9480	-3.1960	-6.0700
5:01:32	-3.6360	-2.4780	-1.0040
5:51:34	-2.9560	-1.6840	1.0480
6:41:34	-2.3620	-0.9600	3.1380
7:31:34	-1.7980	-0.2260	4.3340
8:21:35	-3.8400	7.2200	8.9500
9:11:31	-1.7500	7.5260	9.2440
10:01:32	-0.7640	7.6880	9.6880
10:51:33	-0.3900	7.4840	9.1740
11:41:32	-0.2160	7.5500	9.1960
12:31:34	-0.1000	7.5680	9.0340
13:21:33	-0.0240	7.6700	9.1200
14:11:32	0.1180	7.4880	8.9860
15:01:31	0.3160	7.4540	9.1500
15:51:34	0.7080	7.5940	8.9700
16:41:34	1.1420	7.6620	9.0240
17:31:31	1.7000	7.6300	8.8980
18:21:31	3.0020	7.5520	9.9000
19:11:31	5.2360	7.8940	9.4680
20:01:30	7.3400	8.3180	9.7840
20:51:32	9.0100	9.1060	10.3780
21:41:31	9.9200	9.9340	11.1120
22:31:32	5.3540	8.3360	0.8520
23:21:34	-0.4320	3.3980	-4.4720

7월 30일 측정 data

시간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:25	-0.6400	3.0080	-4.3780
0:51:27	-3.2720	0.3160	-6.0100
1:41:28	-3.8060	-0.7300	-5.9760
2:31:23	-3.9500	-1.1120	-6.0460
3:21:24	-3.9660	-1.5980	-6.0660
4:11:26	-3.9180	-1.4320	-6.0080
5:01:23	-3.4460	-1.4000	-0.4160
5:51:26	-2.8140	-0.6120	2.3560
6:41:27	-2.2060	0.1520	3.9420
7:31:26	-3.8760	7.3940	9.5320
8:21:24	-1.7600	7.5940	9.3700
9:11:23	-0.8280	7.6940	9.3680
10:01:26	-0.2260	7.5700	9.0720
10:51:22	0.1860	7.3080	9.4140
11:41:23	0.9160	7.4200	10.5040
12:31:26	2.4140	7.5920	10.5960
13:21:25	4.5540	7.9520	10.5980
14:11:23	7.0960	8.3880	10.8220
15:01:26	9.9180	9.9860	12.0140
15:51:26	11.7580	11.8080	13.8600
16:41:27	11.6320	11.6540	16.5680
17:31:23	11.5120	11.5460	17.3580
18:21:22	11.9580	12.0000	18.1400
19:11:23	11.9500	12.0260	18.9540
20:01:25	12.2520	12.2960	19.6020
20:51:23	12.3740	12.3800	20.2780
21:41:25	11.1160	11.1500	20.6340
22:31:26	8.1180	8.1920	4.6600
23:21:24	4.0500	4.0740	0.5440

8월 5일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:19	3.5740	7.2040	0.1360
0:51:19	-0.9740	3.3920	-4.8880
1:41:16	-3.1780	0.3200	-4.9140
2:31:15	-3.7700	-0.0160	-5.9440
3:21:15	-3.8980	-1.0520	-5.9980
4:11:18	-3.9300	-1.1840	-5.9560
5:01:16	-3.9680	-1.5360	-5.8820
5:51:20	-3.6900	-1.5720	-1.1720
6:41:19	11.1800	11.6560	2.1000
7:31:18	7.0600	7.1280	4.2540
8:21:17	7.0240	7.0580	5.9800
9:11:18	7.0980	7.0980	7.9100
10:01:18	-3.3200	7.2140	9.6140
10:51:15	-0.4780	7.1600	10.6180
11:41:18	0.6340	7.3960	10.4960
12:31:15	1.7900	7.5900	10.5840
13:21:17	3.0500	7.7420	10.7200
14:11:15	4.8100	8.0480	11.1500
15:01:17	7.5000	8.4940	11.8220
15:51:16	10.5600	10.6180	13.1140
16:41:17	12.8740	12.9180	15.1300
17:31:17	15.1520	15.2160	17.1780
18:21:16	15.5840	15.6080	19.9160
19:11:14	13.9280	13.9040	21.0520
20:01:16	11.6760	11.6540	21.6320
20:51:17	10.2700	10.2240	22.1100
21:41:13	9.6540	9.5600	22.5240
22:31:16	11.4540	11.5220	7.4780
23:21:15	7.2940	7.3900	3.8900

8월 10일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:08	3.8520	3.9660	0.2040
0:51:10	-0.8220	-0.6580	-4.4960
1:41:10	-3.2000	-3.0920	-5.4300
2:31:10	-3.6520	-3.5600	-5.2640
3:21:08	-3.9160	-3.7840	-5.7200
4:11:11	-3.9420	-3.0420	-6.0640
5:01:11	-3.9460	-2.6120	-5.8260
5:51:10	-3.9800	-2.2460	-5.9860
6:41:09	9.1960	9.3320	-0.6400
7:31:08	8.0060	8.0920	2.8660
8:21:07	6.8300	6.8480	5.0060
9:11:06	7.5080	7.5880	6.2180
10:01:09	-0.3100	8.5720	10.4200
10:51:08	-0.6940	7.2860	9.7760
11:41:11	0.4620	7.4160	10.1260
12:31:08	1.5480	7.5240	10.5140
13:21:08	2.8900	7.6860	10.6300
14:11:10	4.3820	8.1180	11.0860
15:01:07	6.6160	8.4640	11.6380
15:51:10	9.9900	10.0240	12.8760
16:41:09	12.2100	12.1940	14.7100
17:31:10	12.6320	12.6760	17.8200
18:21:06	11.7220	11.7700	18.9600
19:11:08	11.5460	11.5780	19.7380
20:01:07	10.4940	10.4660	20.2980
20:51:04	7.3360	7.2860	20.8060
21:41:08	9.2980	9.2500	21.4800
22:31:10	8.8440	8.9380	5.5800
23:21:08	4.8760	4.9720	0.7080

8월 15일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:03	1.8660	1.9520	-2.2140
0:51:02	-2.3520	-2.2340	-5.6060
1:41:03	-3.4880	-3.4120	-5.4120
2:31:03	-3.9260	-3.8380	-5.5020
3:21:00	-3.9640	-3.4360	-6.0520
4:11:00	-3.9420	-2.7640	-5.9540
5:01:03	-3.9960	-2.3920	-6.0360
5:50:59	-3.1600	-1.6540	0.4020
6:41:01	-2.4840	-0.7460	3.7280
7:31:04	5.5720	5.6060	5.2720
8:21:03	9.2620	9.3320	6.6260
9:11:02	11.0660	11.1480	8.5600
10:01:02	-3.8880	7.3360	11.2680
10:51:01	-0.2760	7.4300	11.1920
11:41:01	1.7340	7.6740	11.3620
12:31:04	3.7960	8.1080	11.5120
13:21:00	5.9620	8.5500	12.1740
14:11:01	9.6740	9.6580	13.1060
15:00:58	12.3400	12.3620	15.3000
15:51:00	15.0160	15.0580	18.3500
16:41:03	15.1400	15.1580	19.7480
17:31:00	15.2860	15.2940	20.4500
18:20:59	14.7580	14.7620	21.0700
19:11:03	10.4700	10.4840	21.8460
20:01:03	6.5340	6.2900	22.5200
20:50:59	7.5760	7.6240	22.9440
21:41:00	5.4320	5.2540	23.3360
22:31:01	11.1180	11.2160	7.0420
23:20:58	6.4740	6.5680	2.6000

8월 20일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:58	-0.3200	-0.1640	-4.5560
0:51:57	-3.1720	-3.0800	-5.7660
1:41:58	-3.6900	-3.5840	-5.5320
2:31:58	-3.9700	-3.3900	-6.0240
3:21:57	-3.2480	-2.5440	0.0340
4:11:58	-2.5960	-1.6220	2.9700
5:01:57	-1.9600	-0.7720	4.3020
5:51:56	-1.3160	0.0040	5.5540
6:41:57	10.5500	10.8300	7.1680
7:31:56	6.8620	6.8780	9.1860
8:21:55	-3.3160	7.4940	9.3740
9:11:54	-1.5860	7.6860	9.4300
10:01:54	-0.6480	7.5760	9.1740
10:51:54	-0.0460	7.5220	9.1140
11:41:54	0.6040	7.6580	9.1940
12:31:54	1.9180	7.3420	9.3180
13:21:54	4.1660	7.7120	9.5900
14:11:56	7.0740	8.4200	10.2920
15:01:56	9.7200	9.7720	11.5840
15:51:54	11.3160	11.3080	12.9380
16:41:54	12.8040	12.8500	14.2920
17:31:53	14.2040	14.2480	15.3260
18:21:56	15.4080	15.4460	16.3060
19:11:57	16.4020	16.4300	17.2640
20:01:54	17.3960	17.4300	18.3840
20:51:53	18.4420	18.4580	19.2460
21:41:56	19.2480	19.3120	19.9420
22:31:52	13.1500	13.2340	8.2500
23:21:54	7.7200	7.8320	3.1480

8월 25일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:49	-2.1880	-1.9940	-5.9940
0:51:47	-3.5720	-3.3940	-5.7180
1:41:48	-3.8320	-3.7520	-5.8660
2:31:49	-3.7860	-3.2960	-1.9320
3:21:51	-2.9880	-2.3280	1.4440
4:11:50	-2.3520	-1.4940	3.4320
5:01:49	-1.7120	-0.7180	4.6340
5:51:49	-1.0840	0.0660	5.5880
6:41:50	7.8360	7.9020	6.8360
7:31:49	7.2640	7.3760	8.9100
8:21:50	7.2040	7.2680	11.0220
9:11:51	7.1340	7.2120	12.7560
10:01:50	-3.1340	7.2100	9.7540
10:51:51	-0.6560	7.5560	9.5580
11:41:50	0.5820	7.4880	10.3480
12:31:50	2.8440	7.7700	10.9220
13:21:51	5.5500	8.3660	11.0780
14:11:48	9.3220	9.2240	11.3520
15:01:51	11.1920	11.2460	13.4260
15:51:50	13.3200	13.3580	15.3740
16:41:51	15.2980	15.3480	16.9900
17:31:51	15.2280	15.2080	19.1440
18:21:46	11.7920	11.7520	20.3580
19:11:51	10.0060	9.9020	20.8700
20:01:48	9.4740	9.4300	21.4140
20:51:46	8.7720	8.6780	21.9000
21:41:47	15.2820	11.4000	11.6520
22:31:48	10.7660	10.8600	6.4080
23:21:46	5.9060	5.9780	2.0400

8월 30일 측정 data

시 간	축열조 출구온도	열교환기 입구온도	축열조 입구온도
0:01:45	-1.4020	-1.1620	-5.5500
0:51:44	-3.3560	-3.2640	-5.8260
1:41:41	-3.7880	-3.6720	-5.5200
2:31:44	-4.0140	-3.5060	-6.0840
3:21:43	-3.1740	-2.6120	0.3100
4:11:43	-2.5520	-1.8200	3.2320
5:01:40	-1.9440	-1.0480	4.4840
5:51:41	-1.3440	-0.2960	5.4120
6:41:41	-0.7600	0.3460	6.2300
7:31:42	7.3340	7.4240	7.4640
8:21:42	8.7020	8.9080	9.2280
9:11:40	6.9540	6.9600	10.9680
10:01:41	-0.3860	-2.1340	12.8000
10:51:41	-1.8340	7.2080	8.9780
11:41:41	-0.7720	7.3920	9.1040
12:31:41	-0.0600	7.3800	9.0980
13:21:44	0.7200	7.5340	9.4540
14:11:45	2.1420	7.7680	9.1720
15:01:45	4.1620	7.6960	9.2300
15:51:42	6.4920	8.1320	9.4660
16:41:41	8.8480	8.9000	10.6600
17:31:43	10.3180	10.3580	11.6080
18:21:42	11.5920	11.6320	12.4820
19:11:43	12.5640	12.6520	13.5760
20:01:43	13.4920	13.5580	14.3640
20:51:43	14.4340	14.5180	15.4520
21:41:44	15.4240	15.4780	15.9980
22:31:42	9.2180	9.2920	4.9740
23:21:42	4.2180	4.3260	-0.0300

감 사 의 글

오늘의 이러한 결실이 있기까지 많은 관심과 격려로 늘 변함없이 따뜻한 지도와 격려로 학문의 길로 인도하여 주신 임영빈 지도교수님께 진심으로 감사드립니다.

이 논문이 완성되기까지 부족한 점을 지적해 주시고 본 논문을 지도 심사하여 주신 박천석 교수님과 이재용 교수님, 이수용 교수님, 김영찬 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 많은 학문의 부족함을 언제나 열정을 가지고 채워주신 건축학부의 모든 교수님께 끝없는 존경과 감사를 드립니다.

바쁜 직장생활에서도 학업에 정진할 수 있도록 배려해주신 (주)한화건설의 김현중 사장님, 이근포 부사장님, 박장희 상무님, 김일택 상무님, 가까이에서 항상 도움을 주신 기전팀 홍성근 팀장님 이하 선·후배, 직장 동료들에게도 진심으로 감사드립니다.

이 논문이 완성되는데 협력과 성원을 아끼지 않으신 김동완 박사님, 정근주 박사님, 건축환경·설비연구회 조영준 회장님, 이병현 총무님, 김종배 전회장님, 후배 윤광찬 외 건축환경연구실 선·후배, 동기님들, 현장의 자료수집과 많은 조언을 주신 (주)이앤이시스템의 유제인 사장님, 강한기 본부장님이하 여러분께 진심으로 감사의 마음을 드립니다.

2년여의 짧은 기간 동안 직장과 학업을 병행하는 일이 결코 쉽지는 않았지만 건축환경·설비연구회의 총무활동, 건축기계설비기술사 취득등 많은 성과를 거두어온 것은 그동안 저를 도와주신 많은 고마운 분들이 계셨다는 것을 항상 생각하게 합니다. 좁은 지면에 그분들을 일일이 열거하면서 감사의 마음을 전하지는 못하지만 항상 감사드립니다.

저에게 항상 사랑으로 헌신하여 주신 조모님과 부모님, 처부모님 이하 모든 가족들에게 감사드리며, 항상 편안하게 학업과 사회생활을 할 수 있도록 묵묵히 뒤에서 부족한 점을 채워주고 내조해준 사랑하는 아내 송정윤과 딸 정엽, 아들 석배에게 고마움을 전합니다.

2006년 11월

임 형 찬