

빙축열이용空調시스템

에너지수요 구조개혁이란 관점에서 볼 때 전력부하 평준화의 한 수단으로서 빙축열이용 공조시스템의 채용과 그 신장이 현저하다. 빙축열이용 공조시스템은 다른 축열이용시스템(예를 들면 수축열)에 비하여 단위체적당의 축열량을 크게 할 수 있어 쉘 스페이스를 도모할 수 있다. 또 취급이 간단하여 환경에의 영향부하가 적다는 점 등 시대를 대표하는 공조시스템이라 할 수 있다. 미쓰비시電機에서는 타사에 앞서 선진적인 빙축열이용 공조시스템을 개발·판매하고 있으며 기종 갖추기, 성능 공히 업계 톱클래스를 유지하고 있다.

채용이 넓어지고 있는 중·소규모 빙축열이용 공조시스템은 패키지 에어컨 방식과 Chiller방식으로 대별된다. 전자는 야간전력으로 만든 얼음으로 냉매를 냉각하여 냉방능력을 높여 에너지이용효율(COP)을 올림으로써 주간전력에너지를 삭감하는 것이다. 후자는 야간전력으로 만든 얼음으로 공조용 순환수를 냉각하여 주간에 냉방으로 이용하는 것이다. 어느 방식이나 야간의 전력으로 만들어진 얼음으로 주간에 필요한 전력에너지를 충당하고 있어, 주간전력의 야간전력으로서의 시프트를 달성할 수 있는 시스템이다.

1. 머리말

공조기기 등의 급속한 보급에 따라 주야간의 전력부하의 언밸런스는 점차 벌어지고 있어 과거에는 70% 이상이었던 전력설비의 가동률이 현재는 55%까지 저하하였다고 한다. 이 전력부하의 언밸런스를 시정하게 되면 종래의 전력설비의 가동률을 높여 신규설비투자를 억제하는데도 효과가 있다. 이렇게 함으로써 전력코스트를 삭감할 수 있을 뿐만 아니라 발전설비의 운전율 향상에 따라 CO₂ 발생량도 줄어들므로 지구온난화방지에도 기여하는 것이다.

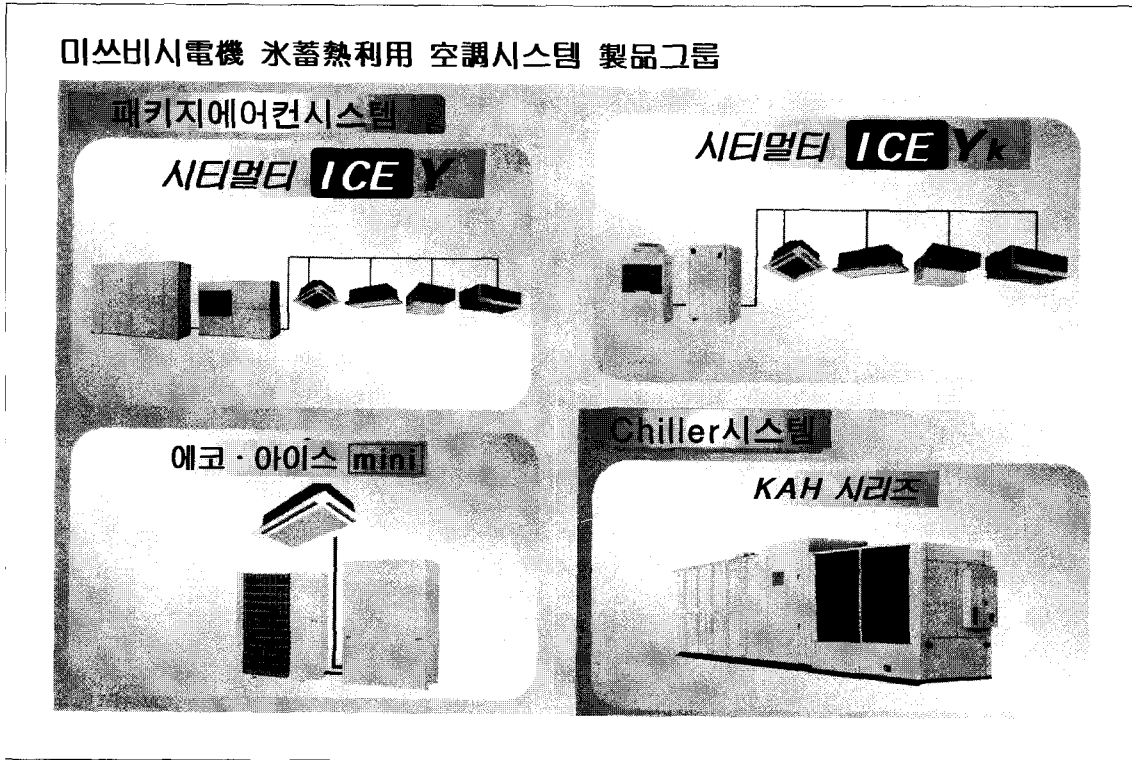
전력부하 평준화의 목표수치로서 2010년에 1696만 kW의 야간전력으로서의 시프트를 들고 있는데, 이 목표

수치의 45%는 축열공조의 보급촉진에 기대하는 것이다. 그 요구에 응하여 미쓰비시電機에서는 손쉽게 이용할 수 있는 소규모의 빙축열이용 공조시스템의 개발을 의욕적으로 추진하여, 이미 상당량의 시장실적을 쌓아 올리는데까지 이르렀다.

이 논문에서는 同社의 빙축열이용 공조시스템에 대한 대처상황을 소개하고 방식별 특징, 실적, 앞으로의 과제에 대하여 기술한다.

2. 빙축열이용 공조시스템

빙축열이용 공조시스템은 오래전부터 실용화되어 왔으며 빌딩공조에서의 대규모 빙축열이용 예가 다수 보



〈밤에 시작, 주간공조〉

야간전력을 이용하여 空調 러닝코스트를 대폭저감. 독자기술과 풍부한 기증을 갖추어 蓄熱空調의 신시대를 구축.

고되고 있다. 이들 현장시공형 대규모시스템은 건축계 획단계부터 시스템계획이 필요하며 주로 중앙집중방식 의 공조시스템이기 때문에 공조의 개별분산화 및 시스템의 소형화의 흐름에 대응하기 어려워 광범위하게 보급 확대시키기 어려운 시스템이라 할 수 있다. 그래서 同社는 빙축열이용 공조시스템의 보급확진을 도모하기 위해 기기의 소형화·패키지화를 적극적으로 추진하여 왔다.

빙축열이용 공조시스템의 개발은, 대별하여 패키지에 어컨 시스템의 개발과 Chiller시스템을 들 수 있다. 패키지에어컨 시스템은 처음에는 공장 등의 비교적 큰 공간에서의 공조를 대상으로 하여 범용타입 공조기 시스템을 개발한 것으로서 그후의 시장요구에 따라 빌딩공

조설비에 이용할 수 있는 멀티에어컨을 베이스로 하여 독자적인 시스템을 개발하였다. 현재는 더욱 광범위하게 빙축열이용 시스템을 보급하기 위하여 각 전력회사와의 공동연구로 점포용 패키지에어컨을 베이스로 한 소형빙축열식 패키지에어컨 “에코·아이스 mini”를 개발중이다.

Chiller시스템에 있어서도 同社의 독자적인 기술로 고성능의 사용이 편리한 상품을 개발하여 시장평가에서 높은 점수를 얻고 있다.

3. 빙축열이용 빌딩용멀티에어컨

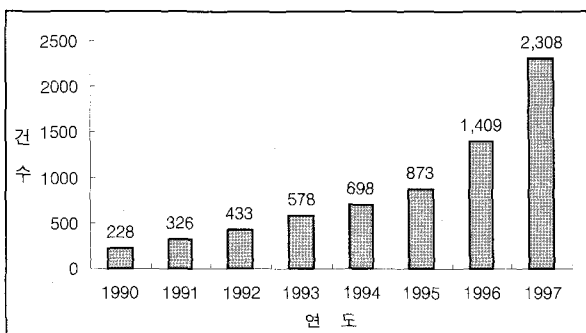
전력부하 평준화를 배경으로 하여 급속히 수요가 신

장된 것이 “에코 아이스”라는 애칭으로 알려진 빙축열이용 패키지에어컨이다. 그림 1에 에코 아이스의 설치실적을 표시하였다. 특히 빌딩용 멀티에어컨을 베이스로 한 기종들은 증가하는 빌딩의 냉방수요에 따라 그 신장이 현저하다. 또한 축열조에 저장된 온열을 이용하여 난방능력을 높인 것은 한냉지에서의 히트펌프 난방에서 높이 평가되고 있다. 이들의 시장배경속에는 同社의 두 가지 형의 기종시리즈가 호평을 받고 있다. 그 하나는 同社의 독자적인 냉매회로(합류방식)로 축열 우선사용을 가능케 하여 에너지의 야간이행률(Peak Shift율)을 40% 이상 달성한 “시티멀티 ICE Y” 시리즈이다. 이 기종은 동시에 난방시의 야간 축열이용도 가능케 하여 기존에 사용해오던 히트펌프 기종의 약점인 한냉지에서의 난방능력을, 가스열원기종 정도로 높인 것이 특징이다. 또 하나는 아직은 난방시에만 축열이용이 가능하긴 하지만 “저가격”, “콤팩트性”, “시설기에의 축열 추가대응”을 컨셉트로 하여 시장에 내놓은 “시티멀티 ICE YK” 시리즈이다. 이 시리즈는 비축열타입의 빌딩용 멀티에어컨 실외기를 거의 그대로 사용하고 축열기능을 부가한 것으로, 상기의 컨셉트에 추가하여 기종 갖추기의 용이성을 이용하여 단기간에 기종시리즈의 충실을 기하고 있다.

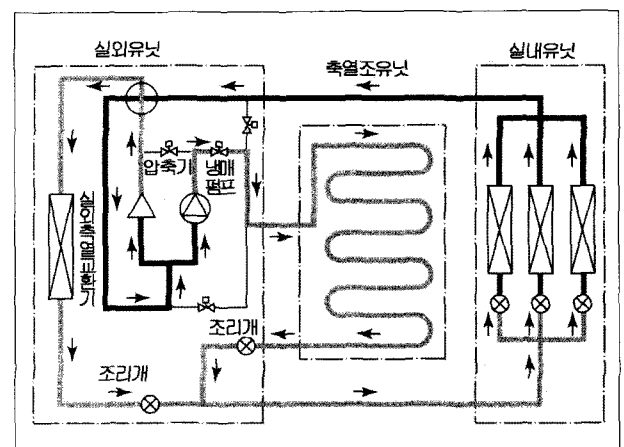
그림 2에 시티멀티 ICE Y의 축냉이용 냉방운전의 간단한 냉매회로를 표시하였다. 이 기종의 실외기에 탑재

된 압축기와 냉매펌프를 병용함으로써 축열조에 비축된 축열에너지를 이용하여 높은 운전효율로 더 큰 능력을 얻고자 하는 것이다. 난방시에는 압축기에서 토출된 가스냉매를 실외열교환기에서 공냉응축함과 동시에, 냉매펌프에서 토출된 가스냉매를 축열조에 흘려 야간에 축열조의 전열관 주위에 만들어 놓았던 얼음의 냉열로 단번에 냉각응축한다. 이렇게 만들어진 2개의 응축냉매를 압력조정하여 합류시킨 다음에 실내기로 보내 실내기의 조리개장치에서 감압하여 저온저압의 냉매로 만들어 냉각작용을 하는 것이다. 이때 냉매펌프에서 토출된 냉매는 얼음의 에너지로 냉각되기 때문에 통상 실외기의 열교환기에서 외기냉각되는 것보다 훨씬 낮은 온도와 압력으로 응축할 수가 있다. 그렇게 해서 보다 작은 입력에너지로 큰 냉방능력을 얻을 수가 있다. 또한 압축기 측의 냉매는 실외열교환기를 통하게 함으로써 실외기의 기능을 유효하게 이용할 수 있음은 물론 얼음을 많이 쓰는 것을 방지하여 빙축열이용냉방시간을 10시간으로 늘렸다. 이와 같이 두 가지의 다른 냉매회로의 특징을 살리면서 이용측에는 합류된 냉매를 공급하므로 이 방식을 합류방식이라 부르고 있다.

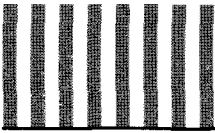
난방시에는 압축기와 냉매펌프에서 토출된 고온의 가스냉매를 합류하여 실내기에 흘린다. 실내기에서 방열



(그림 1) 에코·아이스의 설치실적(전력 10사 계)(速報值)



(그림 2) ICE Y 냉매회로도(蓄冷이용 냉방운전시)

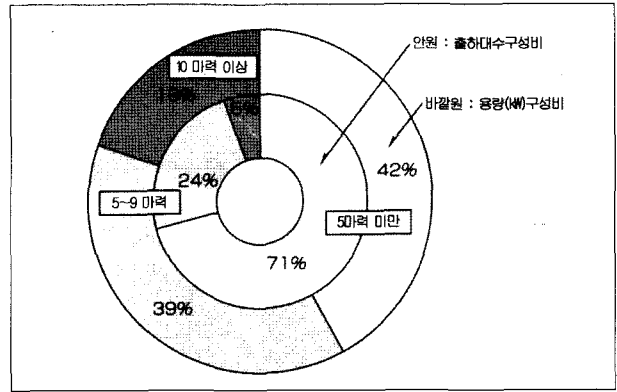


되고 응축된 냉매는 축열조내에 야간에 비축되어 있던 온열에서 에너지를 받아 증발되어 재차 압축기로 공급된다. 아침 첫번째 난방운전시에는 모든 냉매를 높은 수온의 축열조에 흘리기 때문에 대단히 큰 난방능력을 얻을 수 있다. 실온이 충분히 상승되면 냉매의 일부를 실외열교환기로 흘려 외기의 열을 함께 이용함으로써 난방운전에 있어서도 10시간의 축열이용운전이 가능하도록 하였다. 이와 같이 시티멀티 ICE Y는 同社의 독자적인 냉매회로와 제어기술로 전력부하의 평균화에 공헌할 뿐만 아니라 비축열시스템에 비하여 대폭적으로 향상된 쾌적함을 가져다 주고 있다.

이들의 우수성을 평가받아 '97년도에는 일본냉동공조학회 기술상을 받았다.

4. 빙축열이용 점포용 패키지 에어컨

수요신장이 현저한 10마력 이상의 빙축열이용 패키지 에어컨에 이어 전력부하 평균화의 강화책으로서 각 전력회사와 공동연구를 추진하고 있는 것이 10마력 미만의 소형빙축열식 패키지 에어컨 에코 아이스 mini이다. 그림 3에 1997년도의 마력별 패키지 에어컨 업계출하대수비율, 용량구성비율을 표시하였다. 그림에서 5~9마력은 출하대수비율, 용량구성비율에서 각각 24%, 39%를 점하고, 용량구성비율에서는 10마력 이상의 약 2배의 잠재력(능력)이 있음을 알 수 있다. 5마력 미만은 용량구성비율에서 42%로 큰 위치를 점하고 있으나, 경제성면에서 축열시스템의 보급은 크게 볼 수 없기 때문에 에코 아이스 mini는 10마력 미만 중 5~9마력의 능력대에 타격을 맞추어 5, 6, 7마력을 개발모델로 하였다. 고효율·단기간의 개발 보급을 위한 경제성을 과제로 검토한 결과, 베이스가 되는 실외기를 4, 5, 6마력의 인버터기로 하고 여기에 각각 5, 6, 7마력의 실내기



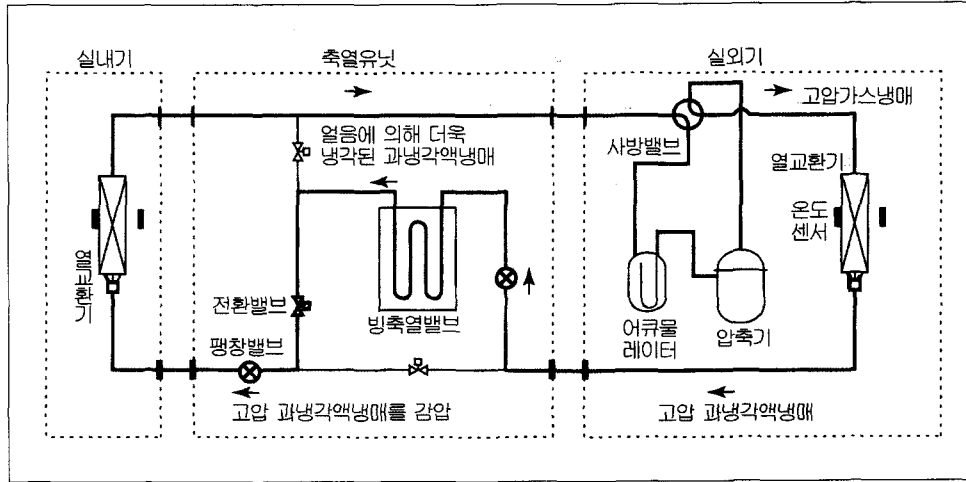
〈그림 3〉 1997년 냉동년도 마력별 패키지 에어컨 업계출하데이터(출하대수구성비, 용량(kW)구성비)

를 조합하여 1마력분을 빙축열로 보충하는 구성으로 하였다. 주요 제품사양을 표 1에 표시하였다. 목표로 하는 전력피크 시프트량은 1kW로 하고 이것을 달성하기 위한 축열량을 90MJ, 얼음충전율(IPF)을 60%로 하여 축열조용량을 결정하였다. 여기서 축열조는 경제성 개선의 중심이 되고 있으므로 재질을 대형기종에 사용하는 스테인리스에서 FRP로 변경하고, 동업4사가 기본 사양을 통일한 공동구입방식을 채용함으로써 코스트다운과 동시에 개발부하의 분담경감화를 도모하였다. 또한 축열조를 수용하는 축열유닛은 실외기와 옆으로 병설할 수 있도록 실외기의 치수에 거의 가깝게 한 박형설계로 하였다.

그림4는 에코 아이스 mini의 축냉이용 냉방운전을

〈표 1〉 에코·아이스 mini의 주요사양('98년 7월 시점)

시 스템	5마력	6마력	7마력
냉방능력(정격(최대))(kW)	12.5(14.3)	14.0(17.1)	16.0(19.1)
난방능력(정격(최대))(kW)	12.5(16.0)	14.0(18.0)	16.0(19.4)
냉방/난방축열용량(서리제거시 열원)(MJ)	90/24		
氷充填率(IPF)(%)	약 60		
축열유닛 외형치수(H×W×D)(mm)	1,455×1,000×620		
냉방정격 소음치(50/60Hz)(dB)	51/52	53/54	53/54
축열운전소음치(dB)	56		



〈그림 4〉 예코·아이스 mini 냉매회로도(蓄冷이용 냉방운전시)

표시하는 냉매회로이다. 실내기, 실외기는 비축열타입의 인버터에어컨 실외기와 거의 같고, 냉방운전시에 실외기에서 응축한 과냉각냉매를 축열유닛에 흘려 얼음으로 더욱 냉각시켜 냉방능력을 증대시키는 “과냉각방식”을 채용하였다. 이 방식은 저코스트이면서도 동일능력의 비축열 인버터기에 비하여 약 30%의 소비전력을 줄일 수 있으므로 목표의 피크시프트전력 1kW를 달성할 수 있게 되었다. 또 난방운전에서는 야간축열조에 저장한 온수를 ‘서리 제거’운전에 이용하여 히트펌프운전 효율을 개선하고 있다. 야간의 축열운전에 대해서는 운전 주파수와 송풍기회전수를 극력 억제한 설계로 하여 실외기 운전소음치 46dB이라는 소형이 아니면 할 수 없는 저 소음을 실현하였다.

5. 빙축열이용 Chiller시스템

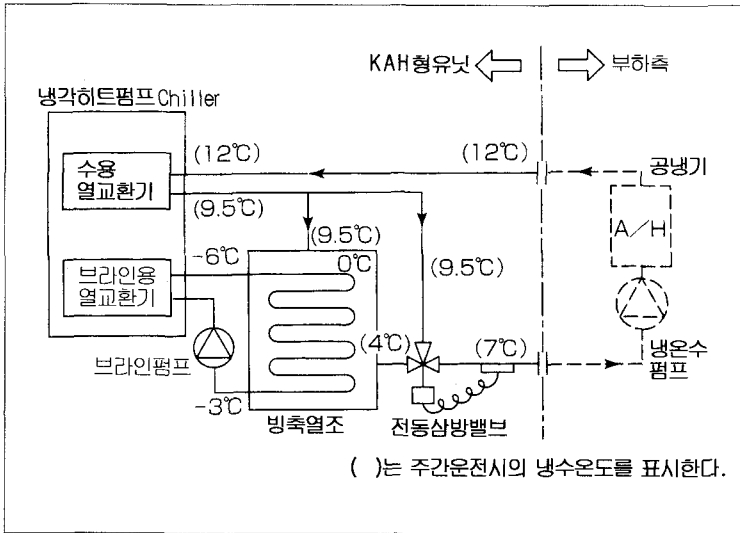
빙축열이용 Chiller 시스템으로서 同社는 1983년에 東京電力(株) 銀座支店에 수냉식 빙축열전용 열원기 1호기 BCL-270형(270마력)을 납품하고 다음해에는 立川營業所에 공냉히트펌프식 빙축열전용열원기 1호기 CAH-30FB형(30마력)을 납품하였다. '86년에 공냉히

트펌프식 빙축열전용열원기와 축열조 및 마이컴탑재 전용컨트롤러를 조합하여 유닛화한 빙축열유닛 KAH형 시리즈를 발매하였다. 이에 의하여 현장시공형이었던 빙축열이용 Chiller시스템을 유닛화할 수 있어 품질이 안정되고 취급이 용이하게 되었다.

빙축열이용 Chiller시스템에서는 야간에 제조한 얼음을 녹여 직접냉방용의 냉수로 만들어 이용하는데, 이 얼음의 제조방법에 따라 Static타입과 Dynamic타입으로 대별된다.

Static타입에서는 아이스캔디 모양의 Solid한 얼음이 생성되는데 대하여 Dynamic타입에서는 Sherbet상의 얼음이 생성된다. 그 때문에 Dynamic타입에서는 체적당 얼음량이 Static타입의 약 2/3 정도가 되어 같은 용량의 열을 축적하는데 필요한 축열조의 용적이 커진다. 유닛타입으로 하기 위해서는 될 수 있는 한 축열조를 콤팩트화할 필요가 있으며 빙축열유닛 KAH형 시리즈에서는 Static타입의 제빙방식을 채용하고 있다.

그림 5에 빙축열유닛 KAH형의 시스템계통을 표시하였다. 야간축열시에는 열원기의 Brine 냉각기로 Brine을 -6℃에서 -10℃로 냉각하여 축열조내의 제빙용 열교환기에서 얼음을 제조한다. 주간에는 축열조내의 열



(그림 5) 빙축열 유닛 KAH형 시스템 계통

음을 녹여 또 필요에 따라 열원기를 냉수'추적' 운전하여, 부하측기(팬코일유닛이나 에어핸드링유닛)에 7°C의 물을 공급한다.

여기서 사용하고 있는 열원기에는 Brine 냉각용의 열교환기와 냉온수용 열교환기가 갖추어져 있어 이것을 2 Cooler방식 열원기라고 부르고 있다. 2 Cooler방식 열원기는 주간 '추적'운전시에 Brine 열교환기만인 1 Cooler방식 열원기에 비하여 능력에서는 약 15%, 효율에서는 약 10%의 성능을 향상시킬 수 있다(同社比).

열원기, 축열조, 전용컨트롤러를 조합한 빙축열유닛은 현지공사가 용이하기 때문에 소형빌딩만이 아니라 대형 빌딩에도 채용되게 되었다. 빙축열시스템의 대용량화가 진전되고 있어 同社에서는 30~120마력까지의 7기종을 시리즈화하여 빙축열시스템의 대용량화에 대응하고 있다. 각 기종의 單機 적용공조면적은 대략 1,000~5,000m²이다.

6. 앞으로의 전개

빙축열이용 공조시스템은 시대의 요청에 맞는 대단히

우수한 공조시스템이며 앞으로의 신장이 더욱 기대된다. '98년부터는 새로운 국가보조금제도가 시행되어 구입시의 가격차도 대폭 삭감되고 있다. 이들은 축열시스템의 확대에 크게 탄력을 줄 것으로 기대되는데 우리들 메이커로서도 더욱 연구에 전념하여 저가적시스템의 개발에 최선을 다하고자 한다.

최근의 유망한 기술로서 빙축열 軀體蓄熱의 병용이 제안되고 있다. 軀體蓄熱이란 빌딩의 구조체 그 자체를 축열재로 이용하는 것으로, 슬래브 등에 냉·온풍을 불어 넣어 적극적으로 축열한다. 이 방법은 軀體蓄熱을 빙축열과 병용함으로써 축열조를 소형화할 수 있어 이용범위의 확대가능성이 기대되고 있으며, 앞으로의 연구방향의 하나이다.

7. 맺음말

지구환경보전의 움직임이 높아가는 가운데 증대하는 전력에너지수요의 평준화는 중요한 과제이다. 그 해결책으로서 빙축열이용 공조시스템에 대한 기대는 매우 크며, 미쓰비시電機의 기기그룹은 그 기대에 충분히 응하고 있다고 자부하고 있다.

앞으로도 더욱 사용하기 쉽고 유효한 시스템을 연구 개발하여 사람과 지구에 친근한 미래를 위한 새로운 住居環境시스템을 위한 제안을 계속해갈 생각이다. ❧

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.