

크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템

[다이내믹형 빙축열시스템 :
부하평준화의 강력한 수단]

(株) 竹中工務店 藥師寺 大
Dai Yakushiji

본고는 日本의 建築設備와 配管工事
1998年 5月号에 掲載된 内容を 前大韓設
備建設協會 김성찬 設備技術研究所長(現
在 한빛설비기술사사무소장)이 翻譯한 것
으로 無斷으로 複寫·使用할 수 없음을 알
려드립니다. 본 內容의 의문사항은 전화
(02)475-6106 [편집자 註]

1. 머리말

당사에서는 공조의 열원방식으로서 1986년에 캐나다 선웰사와 기술업무 제휴를 체결하고 다이내믹형의 빙축열시스템(크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템)을 개발·도입하였다. 도입을 개시하여 10여년 경과하여 이미 150건, 제빙능력으로 18,940 RT(냉동톤)의 납입실적이 있으며, 센트럴 타입의 빙축열시스템에는 일본내에서 톱 셰어(TOP SHARE)를 자랑으로 여기고 있다. 또한 작년, 단일 건물로서 국내 최대급의 규모를 자랑하는 빙축열시스템(2,294 RT)이 오사카역전의「하비스오사카」에서 가동되고 있다.

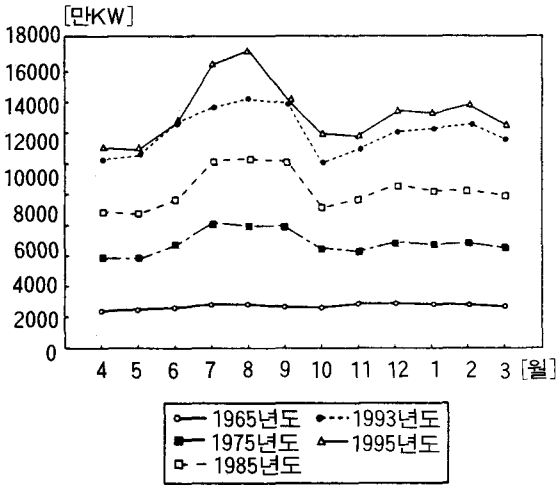
여기에서는 현재 상태의 사회정세를 근거로 하여 크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템을 소개하고, 곁해서 빙축열을 유효하게 이용하는 2차 축의 공조시스템도 포함한 차계대를 담당할 공조시스템을 소개하고자 한다.

2. 현재 상태의 사회정세

에너지의 안정공급의 확보와 지구환경문제에 대응하는 데는 에너지 공급체제의 효율화와 성 에너지에의 대결이 중요하다. 일본에 있어서 전력발전설비는 전력수요에 따라서 결정되고 있으며 현재 상태, 여름의 주간(週間) 몇 시간에 해당하는 피크부하 때문에 발전설비의 용량이 확보되고 있다.

한편으로는 고도정보사회가 진행되고 있어 오피스에서는 퍼스컴·워크스테이션 등의 다량도입에 의해 결과적으로 냉방부하가 증대하고 그림에 표시한 바와 같이 월별의 전력소비량은 해마다 격차가 생기고 있다 [그림 1]. 그 때문에 국내에 있어서 발전설비의 부하율은 낮아지고, 구미제국이 60~70%인 것에 비교하여 일본은 55%로서, 전력요금이 높은 한 요인으로 되고 있다.

이러한 높은 코스트 구조시정(構造是正)을 위



[그림 1] 월별전력수요

해서도 부하율의 향상은 최고의 중요과제이며 부하율을 5% 개선하기 위해서는 2010년까지 1,696만 KW의 전력피크를 제거할 필요가 있다. 여기에서 부하평준화의 강력한 수단으로서 주목을 모으고 있는 것이 주간의 냉방용 전력을 야간 축열함으로써 피크를 제거시키는 축열시스템이다. 1696만 KW의 전력피크 제거중 축열공조에 의한 부하평준화의 목표가 746만 KW로 설정되어 있는 것으로도 매우 중요시되고 있는 것을 이해할 수 있다.

또한 축열시스템은 원자력발전 비율이 높은 야간전력을 이용하기 때문에 NO_x, CO₂의 발생량이 적고 도시환경·지구환경의 개선에도 크게 공헌한다. 이와 같이 빙축열시스템은 전력의 효율이용과 환경부하의 저감 등 현재의 문제점을 일거에 해결하는 유효한 시스템으로써 매우 기대되고 있다.

값싼 야간전력을 이용하는 빙축열시스템은 통상의 공조시스템보다 러닝코스트가 싸게 되는 반면, 초기의 설비투자가 통상의 공조설비에 비

하여 아무리 하여도 값이 비싸게 된다. 그 때문에 축열공조시스템의 보급 확대를 기하기 위하여, 세제의 우대조치나 이자보급제도를 제정하거나 공공건물의 설계기준에 축열공조의 도입을 명확히 부여하고 있다. 한편 전력회사에서는 요금제도에 있어서 야간의 축열공조용의 전력요금을 1/3로부터 1/5로 싸게 설정하고 있다. 더욱이 7월부터 9월의 주간하계(週間夏季) 피크시간대에 열원기를 정지시키면 전력요금을 할인해주는 축열피크조정할인을 시행함으로써 적극적으로 야간전력을 사용하도록 요금제도를 설정하고 있다. 기타 리스제도나 건축주에게 이니셜코스트의 부담이 되지 않도록 축열수탁제도 등도 시행하는 등 여러 가지 보급촉진책을 시행하고 있다.

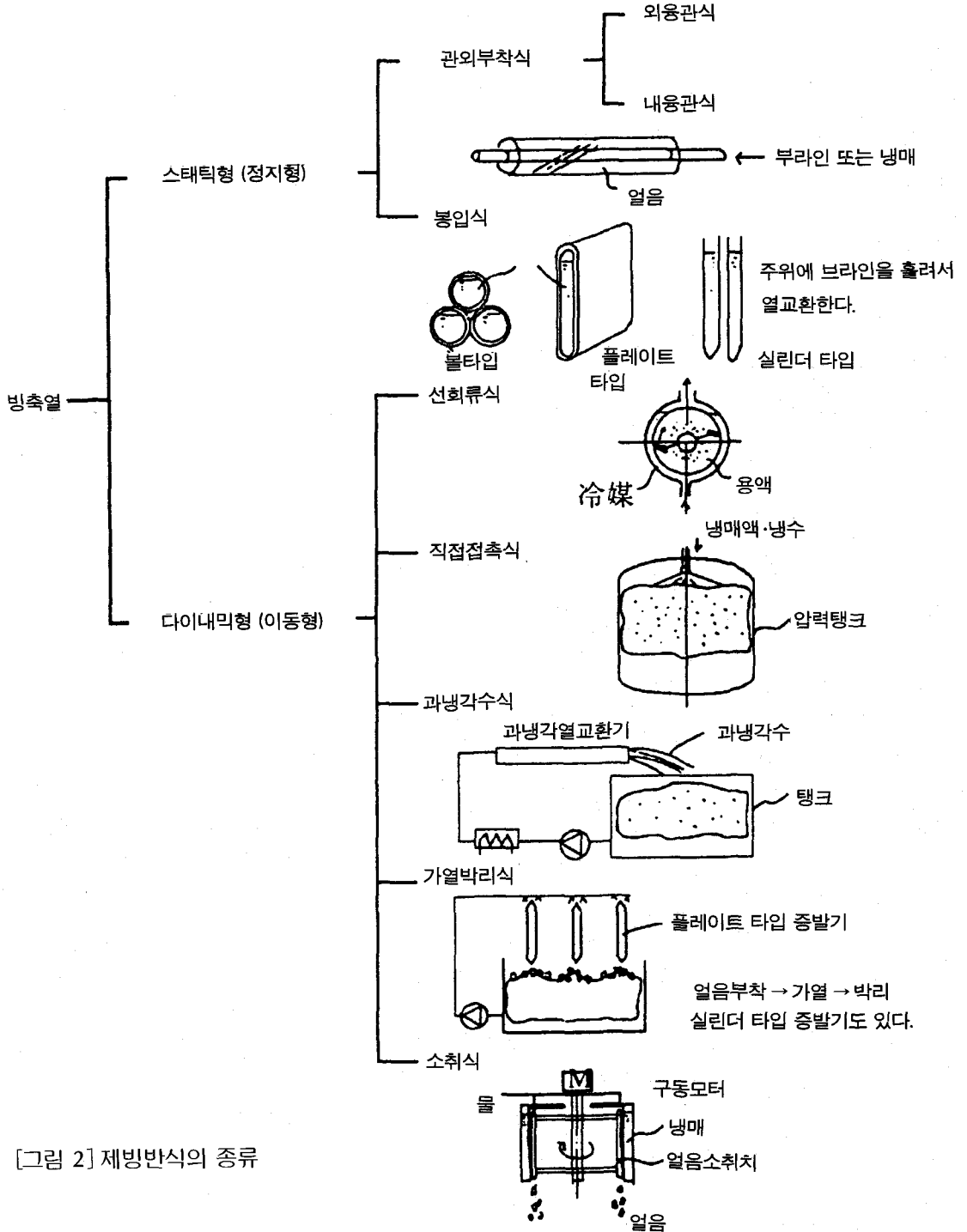
3. 크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템

(1) 빙축열시스템

축열시스템의 목적은 열에너지의 수요측과 공급측의 조정이며 전력소비의 평준화에 축열시스템은 필수가 된다. 또한 수요측의 시간변동을 이용하여 평준화시키는 것으로서 열원용량을 저감시키는 효과도 있다. 따라서 축열시스템을 채용함으로써 열원용량·계약전력의 저감, 값싼 야간전력의 적용이라고 하는 경제효과도 나타낸다. 빙축열시스템은 물이 얼음으로 변할 때의 잠열을 이용하기 때문에 수축열의 현열축열에 비하여 축열량을 많이 얻으므로 축열조의 스페이스를 대폭적으로 축소할 수 있다. 그 때문에 시스템중량도 경량화되고 옥상설치도 가능하여 스페이스의 유효이용을 꾀할 수 있다.

(2) 크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템의 특징

빙축열시스템에 의한 제빙의 시방과 형상, 유행해방법 등에 따라서 여러 가지 타입으로 분류되나, 대별하면 만들어진 얼음이 그 장소에 정지하는 스테틱형(정지형)과 만들어진 얼음을 운반하



[그림 2] 제빙반식의 종류

여 저장하는 다이내믹형(이동형)의 2개의 타입이 있다 [그림 2]

당사의 크리스탈의 리퀴드 아이스 축열시스템은 다이내믹형의 선회류식으로 저농도 부라인의 바이노섬용액을 슈퍼칠러내에서 과냉각하고 날개에 의해 열교환면으로부터 내측에의 3차원적인 흐름을 일으켜서 얼음의 결정을 석출시킨다. 이때 바이노섬용액이 얼음입자관의 결합을 방해하여 100 μ m의 미세한 샤베트상태의 얼음을 만든다. 이것으로 유동성이 있는 얼음이 만들어지며 연속적인 제빙과 반송을 가능하게 한다.

[그림 3, 사진 1]

저장된 얼음은 부력으로 축열조 상부에 뜨게 되고 그들의 미세한 결정간의 무수(無數)한 간격으로 인하여 다공질의 거대한 열교환면적을 갖는 열교환기의 역할을 한다.

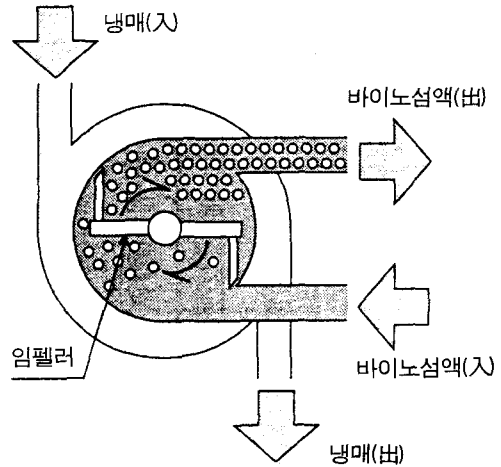
이것 때문에 큰 부하변동에 대해서도 대응이 가능하며 안정된 열공급을 할 수 있다.

또한 빙축열시스템은 제빙한 얼음을 효율 좋게 제어하는 것이 중요하다. 당사의 시스템은 제빙시, 바이노섬용액중의 물만을 얼리기 때문에 수분량변화에 의한 용액농도를 검출하는 것으로써 축빙량(蓄氷量)이 구해진다. 용액농도가 높아지면 얼음의 동결온도가 내려가므로 그 동결온도(용액온도)를 측정하므로써 정확한 축빙량이 측정된다. 이 때문에 극히 세밀한 운전제어가 되지 않아도 부하변동에의 신속한 대응이 가능하다.

4. 빙축열을 이용한 2차측 공조시스템

빙축열시스템에 있어서는 열원뿐만이 아니라 빙축열의 특징을 최대한으로 유효하게 이용하기 위하여 2차측의 공조시스템도 포함한 건물 전체의 공조시스템을 검토하는 것이 중요하다. 이것이 다이내믹형의 빙축열시스템의 특징이다.

부하추종성(負荷追從性)의 높이, 저온취출을



[그림 3] 슈퍼칠러의 개요



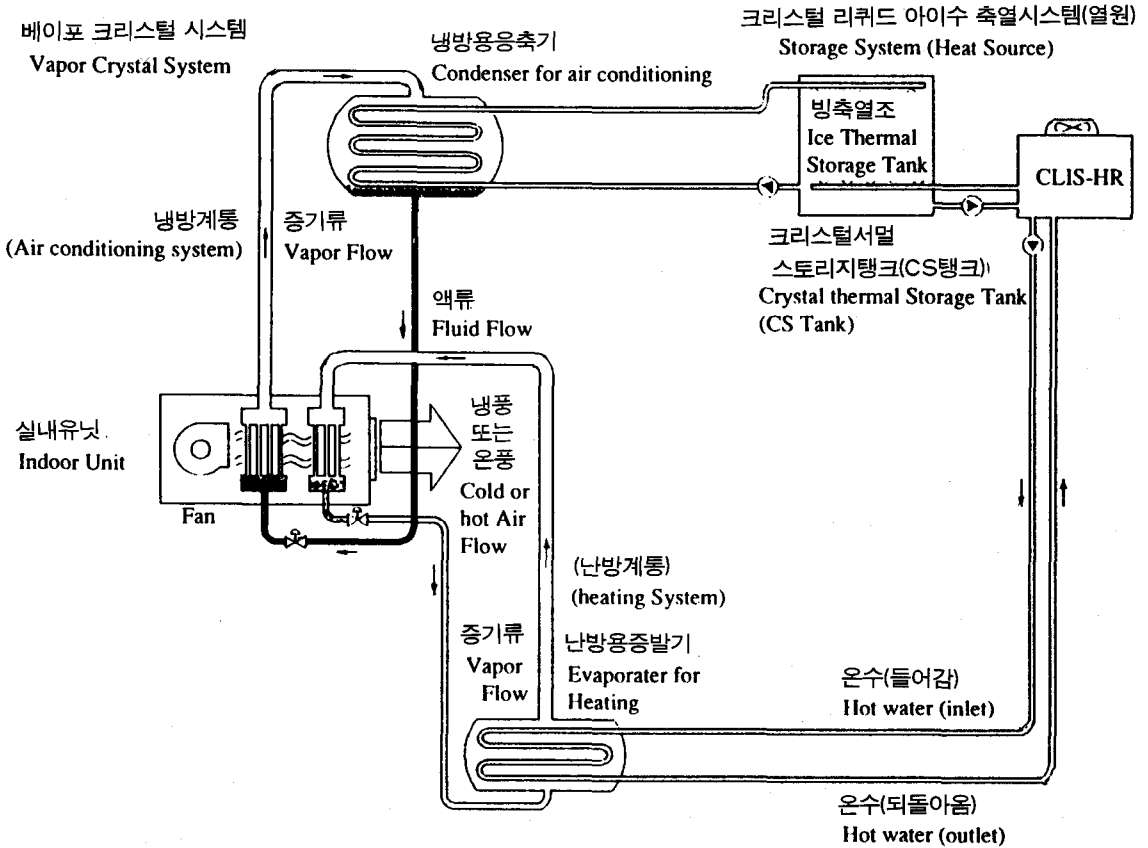
[사진 1] 얼음의 확대

이용하는 2차측의 공조시스템을 반송동력이 필요치 않는 냉매자연순환방식과 최근 주목을 받고 있는 구체축열방식 등과 조합하므로써 대폭적인 성에너지·성코스트가 이루어지는 것이다.

(1) 냉매자연순환방식

쾌적한 실내환경을 얻기 위하여 보다 극히 세밀한 공조가 요구되고, 여기에 수반하는 공조기기도 소형·분산화 경향에 따라서 각종 터미널형의 개별분산형 공조기가 개발되었다. 특히 개별분산형 공조기중에 빌딩용 멀티시스템은

- ① 냉매반송동력이 절약된다.
- ② 2차측에 물을 사용하지 않으므로 누수 염려



[그림 4] 냉매자연순환시스템 계통도

가 없으며 OA기기에 2차 재해가 없다.

③ 필요한 때, 필요한 개소에 24시간 운전이 가능하다.

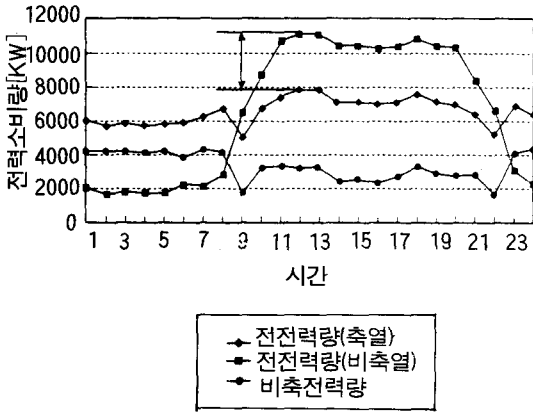
④ 공조기계실이 필요없으며 건축주의 이용면적이 많아지는 이점 때문에 비약적으로 도입되었다.

그러나 인텔리전트빌딩에서는 냉방부하와 난방부하의 비율이 2:1이 되므로 히트펌프의 용량을 냉방부하로 결정하면 난방능력이 극단적으로 여유가 생겨서 히트펌프가 갖고 있는 본래의 메리트를 소멸시켰다. 또한 하계의 주간피크시에 의하여 기기능력이 결정되기 때문에 하계의 주

간피크전력을 올리는 요인도 되었다.

그래서 빌딩용 멀티시스템이 갖는 개별분산기능과 특징을 그대로 살리면서 빙축열의 기능을 합친 시스템이 냉매자연순환방식(베이퍼 크리스탈시스템)이며, 그 계통도를 [그림 4]에 표시한다. 이 시스템은 냉매(R-134a)의 액체, 기체의 비중량차와 건물의 높이를 이용하기 때문에 냉매의 반송에 동력을 사용하지 않고 냉매를 순환시키는 공조방식이다.

요컨대 압축기와 냉매펌프를 사용하지 않으므로 고장의 염려가 없으며 공조기기로서의 신뢰성은 현격하게 높아진다. 냉매의 응축에는 얼음



[그림 5] 하비스오사카의 전력소비량

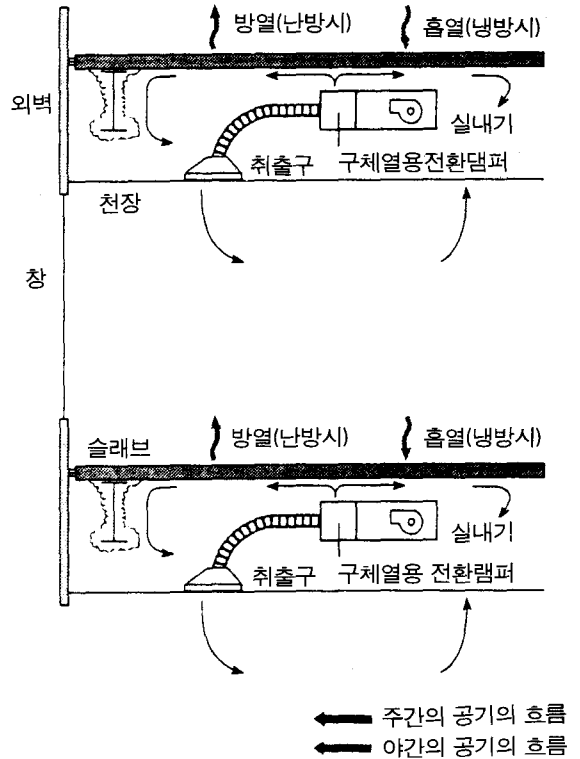
의 저온성을 살린 빙축열조로부터 저온용액을 이용한다. 이 시스템에 의하여 공조2차측의 반송동력은 [그림 5]에 표시하는 바와 같이 대폭적으로 삭감된다.

(2) 구체축열공조방식

구체축열공조시스템은 열용량이 큰 바닥콘크리트를 축열매체로서 이용하고 [그림 6]에 표시한 바와 같이 실내유닛의 뎀퍼를 전환하여, 여름에는 냉풍을, 겨울에는 온풍을 바닥에 직접 내뿜어서 축열하는 방식이다.

구체축열은 실내유닛에 전환뎀퍼를 설치하는 것만으로 적은 이니셜코스트로 냉방과 난방의 축열이 효과적으로 되며, 여름에는 실내에 냉방복사로서 냉방부하의 경감에 직접 작용하고, 겨울에는 난방복사로서 실내환경을 쾌적하게 한다. 이와 같이 구체축열은 바닥의 온도와 피부온도와의 차에 의하여 열을 주고 받기 때문에 종래의 대류식공조에 추가하여 복사공조가 생기므로 쾌적성이 향상된다.

구체축열방식은 종전보다 그 유효성에 대해서는 인정되고 있으나 야간에 운전을 해야 하므로 반송동력이 큰 장애로 되어 있었다. 그러나 2차



[그림 6] 구체축열의 개요

측의 공조시스템에 반송동력이 필요치 않은 냉매자연순환방식을 채용하므로써 그 장애도 없이 고구체축열의 실현이 처음으로 가능하게 되었다.

구체축열을 하므로써 야간에 건축구체에 축열하는 열량분, 열원이 되는 빙축열조의 용량을 작게 할 수 있기 때문에 열원설비의 저감, 건축구조보강의 저감이 가능하다. 또한 2차측 시스템에 있어서도 공조시 바닥으로부터 방열효과에 의하여 주간 열부하가 경감되므로 냉방용 응축기 용량, 실내유닛용량, 덕트, 냉매배관, 난방용 증발기용량의 저감이 가능하게 되어 전체적으로 설비코스트의 삭감을 꾀할 수 있다.

[표 1] 공조러닝 코스트 비교

| 항 목 | O 빌딩(* 1) | | U 빌딩 | | C 빌딩 | | S 빌딩 | | | | |
|---------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|---------|-----------|-------|
| | 열원: 공기열원히트 펌프(수축열) 2차측: 공조기+팬코일 | 빌딩용 열터 | 열원: CUS-HR (빙축열) 2차측: 냉매자연순환 시스템 | 열원: CUS-HR (빙축열) 2차측: 냉매자연순환 시스템 | 열원: CUS-HR (빙축열) 2차측: 냉매자연순환 시스템 | 열원: CUS-HR (빙축열) 2차측: 냉매자연순환 시스템 | 열원: CUS-HR (빙축열) 2차측: 냉매자연순환 시스템 | | | | |
| 공조방식 | 1973. 2 | | 1987. 3 | | 1990. 8 | | 1994. 9 | | | | |
| 준공년월 | 사무소 빌딩 | | 사무소 빌딩 | | 사무소 빌딩 | | 사무소 빌딩 | | | | |
| 건물용도 | 80,090 | | 80,090 | | 86,000 | | 10,755 | | | | |
| 연 바닥면적(㎡) | 44,370 | | 54,200 | | 58,585 | | 6,545 | | | | |
| 에너지사용량 | 공조계약전력 | kW | W/A㎡·년 | 2,318 | 52.2 | 38.7 | 1,541 | 26.3 | 180 | 27.4 | |
| | 주간전력사용량 | kWh | kWh/A㎡·년 | 5,001,225 | 112.7 | 92.5 | 1,733,000 | 29.6 | 211,333 | 32.3 | |
| | 야간전력사용량 | kWh | kWh/A㎡·년 | 2,672,888 | 60.2 | 134,500 | 2.5 | 3,197,000 | 54.6 | 316,999 | 48.4 |
| | 전력사용합계 | kWh | kWh/A㎡·년 | 7,674,113 | 173.0 | 5,145,500 | 94.9 | 4,930,000 | 84.2 | 528,332 | 80.7 |
| | 가스사용량 | N㎡ | N㎡/A㎡·년 | 0 | 0 | 91,574 | 1.69 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 에너지코스트 | 기본요금 | 원 | 원/A㎡·년 | 38,302,632 | 863 | 34,700,400 | 640 | 27,115,884 | 463 | 3,047,760 | 466 |
| | 주간전력요금 | 원 | 원/A㎡·년 | 68,471,673 | 1,543 | 66,434,567 | 1,226 | 23,277,830 | 397 | 2,881,523 | 440 |
| | 야간전력요금 | 원 | 원/A㎡·년 | 10,985,567 | 248 | 552,795 | 10 | 13,139,670 | 224 | 1,331,397 | 203 |
| | 가스요금 | 원 | 원/A㎡·년 | 0 | 0 | 11,120,747 | 205 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 합 계 | 원 | 원/A㎡·년 | 117,759,872 | 2,654 | 112,808,509 | 2,081 | 63,533,384 | 1,084 | 7,260,680 | 1,109 |
| 공조면적당의 에너지코스트 비율(%) | | 100% | | 78.4% | | 40.9% | | 41.8% | | | |
| 비 고 | | 전 력: 특별고압 기본요금: 1,620원/kW 중량요금 하 계: 14.14원/kWh 기 타: 12.85원/kWh 야간전력: 4.11원/kWh | | 전 력: 특별고압 기본요금: 1,620원/kW 중량요금 하 계: 14.14원/kWh 기 타: 12.85원/kWh 야간전력: 4.11원/kWh | | 전 력: 특별고압 기본요금: 1,620원/kW 중량요금 하 계: 14.14원/kWh 기 타: 12.85원/kWh 야간전력: 4.11원/kWh | | 전 력: 특별고압 기본요금: 1,660원/kW 중량요금 하 계: 14.14원/kWh 기 타: 13.13원/kWh 야간전력: 4.20원/kWh | | | |

○ 빌딩을 비축열로 지정하면 공조면적당의 에너지코스트 합계는 3.175원/A㎡·gr로 된다.

5. 빙축열을 채용한 사무소 빌딩의 운전실적

빙축열에 크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템을 채용하고 공조의 2차측에 냉매자연순환을 채용한 사무소 빌딩의 공조러닝코스트를 [표 1]에 표시한다. O빌딩은 수축열방식, U빌딩은 빌딩용 멀티시스템에 의한 실적이며 C빌딩, S빌딩은 크리스탈 리퀴드 아이스 축열시스템과 냉매자연순환방식을 채용한 공조시스템이다. 빙축열을 채용하므로써 값싼 야간전력이 유효하게 이용되고 있는 것을 잘 알 수 있다.

또한 공조면적에 대한 열원소비전력 및 러닝코스트면에 있어서, 빙축열과 냉매자연순환방식을 채용한 시스템이 작아져서 성에너지, 성코스트에

우수한 시스템인 것을 알 수 있다.

빙축열과 냉매자연순환방식을 채용한「하비스오사카」의 하계피크날짜의 건물소비전력을 [그래프 2]에 표시한다.

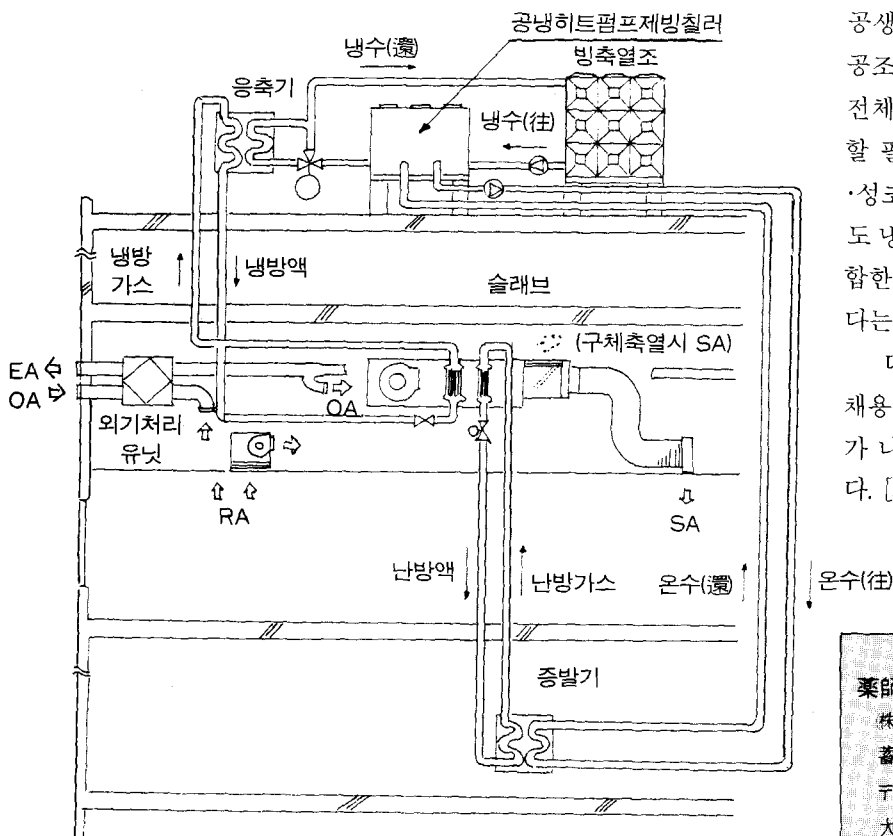
빙축열방식을 가정한 경우와 비교하면 대폭적인 피크의 제거(Peak Shift)가 이루어져, 전력부하도 평준화되어 있는 것을 알 수 있다.

6. 맺음말

발전설비에 있어서 부하율개선을 위해서도 전력부하평준화의 결정적인 방법이 되는 공조열원의 빙축열시스템 채용은 필수적이다. 또한 쾌적한 실내환경을 만들면서 도시환경·지구환경과

공생하기 위해서는 2차측 공조시스템을 포함한 건물 전체의 공조시스템을 계획할 필요가 있으며 성에너지·성코스트의 관점으로부터도 냉매자연순환방식을 조합한 시스템이 매우 유효하다는 것을 알았다.

더욱이 구체축열방식을 채용하므로써 여실히 효과가 나타난다고 확신하고 있다. [그림 7]



[그림 7] 구체축열공조시스템의 계통도

[筆者紹介]

藥師寺 大
 株竹中工務店
 蓄熱エンジニアリング本部
 〒541-0053
 大阪市中央区本町4-1-3
 TEL : 06-252-1201
 FAX : 06-263-5783