

## 蓄熱空調 시스템의 최근 동향

에너지 공급기반이 취약한 일본에서 에너지의 이용효율 향상과 에너지절약의 촉진은 중요한 과제의 하나이다. 이를 위하여 일본 정부는 1997년 4월 “종합에너지대책 추진 각료회의”에서 “에너지의 추진과 전력공급의 안정 및 공급설비의 증대 억제에 의한 전력공급코스트의 저감을 위하여 전력부하 평준화의 추진을 결정하였다. 이것에 이어 '97년 7월에는 “전력부하평준화대책검토위원회”가 발족되고 12월에는 중간보고로서, ‘전력코스트 삭감=공급설비의 적정화=전력부하율의 향상=전력부하 평준화=하계의 공조용 전력피크부하의 저감=축열공조(저온도 포함) 보급확대’가 제안되어 거국적인 축열 보급확대의 필요성이 인식되게 되었다.

빙축열 공조시스템은 주간 전력소비를 억제하고 야간전력을 사용함으로써 탄산가스 배출을 삭감하는 효과도 기대되고 있어, 앞으로 일본 국내 공조시스템의 일익을 담당하며 국가에 의한 지원도 받아 급속한 시장침투가 확대될 것으로 전망되고 있다. 미쓰비시電機에서는 타사에 앞서서 선진적인 빙축열 공조시스템을 제작·판매하고 있으며 업계의 선도적 위치를 유지하고 있다.

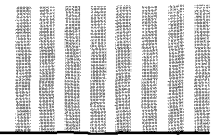
### 1. 머리말

최근 일본의 공조설비상황을 살펴보면 건축건물의 쾌적환경 지향, 정보통신의 고도화, 작업의 省力化 등으로 인텔리전트 오피스빌딩과 작업현장이 늘어나고 하계의 냉방수요도 대폭적으로 증가하고 있다.

민생용 에너지 소비량도 해마다 증가일로에 있으며, 하계의 공조수요 증가에 의한 전력수요의 피크 첨예화는 국가적으로도 중대한 사회문제화 되고 있다. 또한 지구환경 유지개선의 관점에서 “지구환경에 친근한”

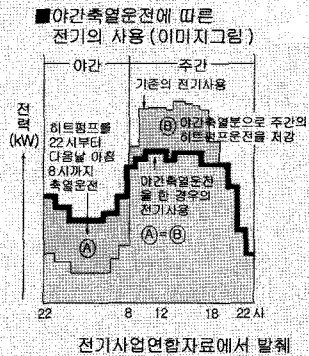
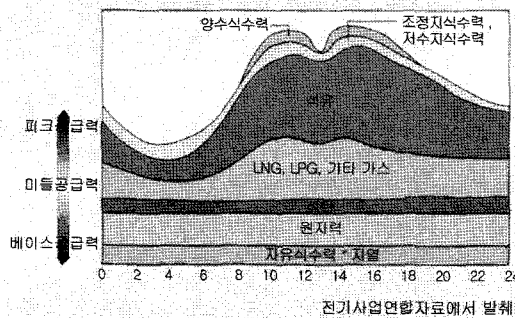
공조시스템의 개발이 요구되고 있다.

한편 에너지 공급기반이 취약한 일본에서 에너지의 이용률 향상과 에너지절약의 촉진은 중요한 과제로 부각되고 있다. 이를 위하여 일본 정부는 '97년 4월의 “종합에너지대책 추진각료회의”에서 “에너지의 추진, 전력공급의 안정과 공급설비의 증대를 억제시켜 전력공급코스트를 저감하기 위한 전력부하 평준화의 추진이 결정되었고 이어 같은 해 7월에는 “전력부하평준화대책검토위원회”를 발족하였다. 12월에 중간보고에서는 전력공급코스트 삭감을 위해서는 공급설비용량을 적정화할



# ECOLOGY

CO<sub>2</sub>의 배출량을 감소시키는, 환경에 친근한 공조시스템이다.



## 빙축열공조시스템은

- 전기히트펌프식이므로, 배기가스를 내지 않는다.
- CO<sub>2</sub>의 배출량을 삭감시킨다.
- 「전기수요평준화」와 사회니즈에 응한다.

## <축열공조 시스템의 환경유지효과>

축열공조 시스템에서는 야간전력을 사용하여 축열조에 냉방시는 냉수 또는 얼음을, 난방시는 온수 등을 비축하여 그것을 주간에 이용함으로써 야간전력소비를 증가시켜 주간전력소비를 삭감하여 전력부하평준화(전력부하율 향상)에 공헌한다. 또 주간전력을 야간으로 시프트시킴으로써 발전에 수반하는 탄산가스 발생을 삭감하여 지구온난화 방지에 도움을 준다. 또한 공조시스템으로서의 외기조건에 따른 능력변화의 영향이 적어 보다 안정되고 쾌적한 공조조건을 얻을 수 있는 효과도 있다.

필요가 있으며, 또한 주야간의 전력수요량을 평준화하여 전력부하율을 향상시키기 위해서는 하계의 주간 공조용전력을 삭감하여 야간전력수요를 장려하는 축열공조의 보급확대가 필요하다는 제안이 있어, 거국적인 축열공조시스템 보급확대의 필요성이 크게 확산되고 있다. 또 축열공조시스템에는 주간의 전력소비를 억제하고 야간전력을 사용함으로써 발전에 수반하는 탄산가스 발생을 억제하는 효과도 기대되고 있다.

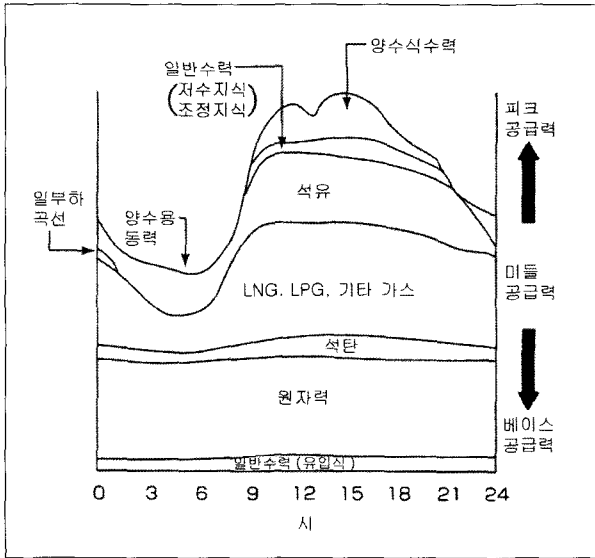
이를 위하여 일본 정부는 '98년 7월부터 "빙축열식공조시스템 보급촉진사업 보조금제도"를 개시하여 빙축열공조시스템의 본격적인 보급도입 추진책이 실시되었다.

동사에서는 이 요구에 응하기 위하여 빙축열유닛(KAH형), 빙축열식 패키지어컨(빌딩용 에어컨 시티멀티 ICE Y, ICE Yk), 점포·사무실용 에어컨 ICE SLIM(에코·아이스 mimi)을 판매하기 시작했으며 고객으로부터 높은 평가를 받고 있다.

본고에서는 빙축열공조시스템의 현황과 장래의 과제에 대하여 기술한다.

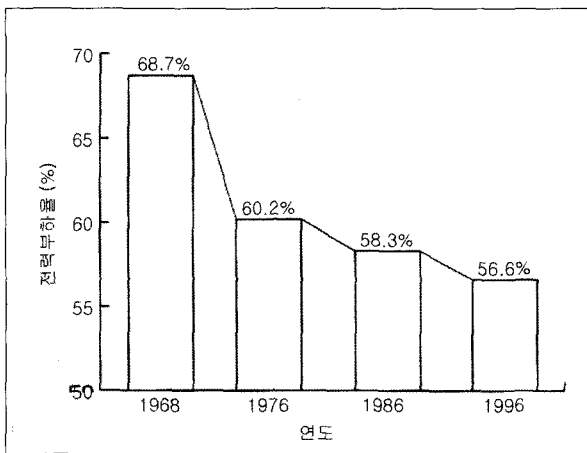
## 2. 氷蓄熱空調 시스템과 地球環境

빙축열 공조시스템은 야간(22시~8시)의 전력을 이



〈그림 1〉 시간대별 발전원 구성비

용함으로써 주간의 공조용 전력소비를 삭감한다. 이 시스템은 화석연료(석유, 석탄)에 의한 발전비율이 낮은 야간전력을 이용하게 됨으로써 화석연료의 사용량이 줄어, 지구온난화의 원인이 되는 탄산가스(CO<sub>2</sub> 가스)의 배출량을 삭감한다. 그림 1에 시간대별 발전원 구성을 표시하였다. 또 주간의 전력소비를 삭감하여 야간의 전력소비를 증가시킴으로써 주야간의 전력부하를 평준화



〈그림 2〉 일본의 전력부하율 추이

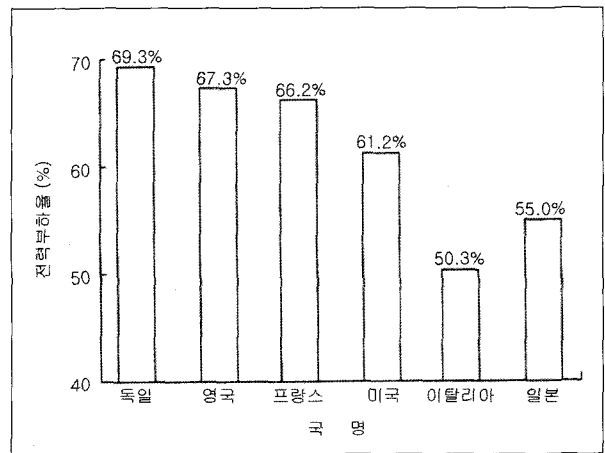
하여 전력발전코스트의 저감과 함께 전력부하율의 향상을 도모할 수 있다.

그림 2에 일본의 전력부하율의 추이, 그림 3에 세계 주요 각국의 전력부하율을 표시하였다. 이를 보면 '69년에는 69% 정도였던 전력부하율이 '96년에는 크게 저하하여 57%로 낮아졌음을 알 수 있다. 이것은 선진 각국 중에서도 낮은 값으로 과잉이라고도 할 수 있는 발전설비 코스트부담이 비싼 전력요금의 요인이 되고 있다. 전력부하율 1%의 개선으로 전력코스트 1%의 인하가 가능하며 또한 탄소환산 약 20~30만톤 정도의 CO<sub>2</sub> 가스 배출억제 효과가 있다고 시산되고 있다.

표 1에 빙축열공조시스템(에코 아이스)과 축열을 사용하지 않는 공조시스템(비축열 공조시스템)의 연간 전력소비에 따르는 직접 CO<sub>2</sub> 가스 발생량 시산결과를 표시하였는데, 연간 CO<sub>2</sub> 가스 발생량으로 약 5%가 안되는 정도의 빙축열 공조시스템쪽이 적게 나타나 지구온난화방지에 효과가 있음을 알 수 있다.

### 3. 氷蓄熱空調 시스템의 현황

빙축열공조시스템은 수십 년 전부터 실용화되어 있어



〈그림 3〉 주요국의 전력부하율(1994년)



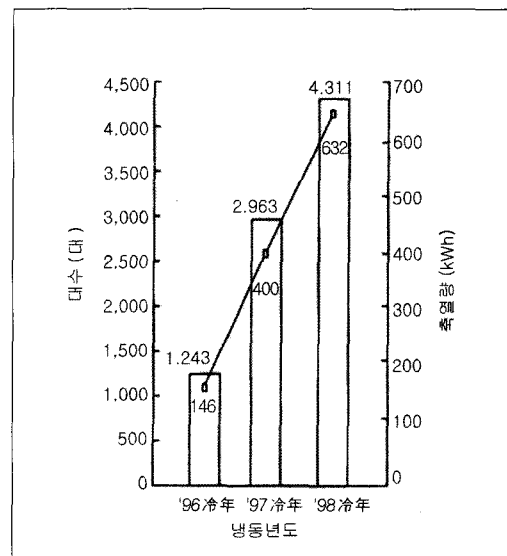
〈표 1〉 빙축열 공조시스템과 비축열 공조시스템의 전력소비에 따른 CO<sub>2</sub> 발생량 사산

| 구분  | 빙축열 공조시스템  |        |         |                           |       |        | 비축열 공조시스템  |                           |
|-----|------------|--------|---------|---------------------------|-------|--------|------------|---------------------------|
|     | 소비전력량(kWh) |        |         | CO <sub>2</sub> 발생량(kg-C) |       |        | 소비전력량(kWh) | CO <sub>2</sub> 발생량(kg-C) |
|     | 주간         | 야간     | 계       | 주간                        | 야간    | 계      | 주간         |                           |
| 1월  | 8,520      | 6,575  | 15,095  | 838                       | 504   | 1,343  | 14,292     | 1,406                     |
| 2월  | 8,817      | 7,212  | 16,029  | 868                       | 553   | 1,421  | 15,177     | 1,494                     |
| 3월  | 5,446      | 5,162  | 10,608  | 536                       | 396   | 932    | 10,044     | 988                       |
| 4월  | 0          | 0      | 0       | 0                         | 0     | 0      | 0          | 0                         |
| 5월  | 8,902      | 7,102  | 16,004  | 876                       | 545   | 1,421  | 15,153     | 1,491                     |
| 6월  | 12,661     | 14,194 | 26,855  | 1,246                     | 1,089 | 2,335  | 25,427     | 2,502                     |
| 7월  | 19,884     | 16,023 | 35,907  | 1,957                     | 1,229 | 3,186  | 33,998     | 3,346                     |
| 8월  | 21,435     | 17,760 | 39,195  | 2,109                     | 1,362 | 3,471  | 37,111     | 3,652                     |
| 9월  | 15,516     | 12,153 | 27,669  | 1,527                     | 932   | 2,459  | 26,198     | 2,578                     |
| 10월 | 9,620      | 6,384  | 16,004  | 947                       | 490   | 1,436  | 15,153     | 1,491                     |
| 11월 | 0          | 0      | 0       | 0                         | 0     | 0      | 0          | 0                         |
| 12월 | 6,648      | 5,487  | 12,135  | 654                       | 421   | 1,075  | 11,454     | 1,127                     |
| 합계  | 117,449    | 98,052 | 215,501 | 11,558                    | 7,520 | 19,078 | 204,007    | 20,076                    |

주 : 1) 사산조건 주소지 동경 냉방기간 5월~10월  
 건물 3,000m<sup>2</sup> 난방기간 12월~3월  
 철골철근콘크리트조 창호시간 8시~18시  
 용도 사무소 공조일수 360일/년  
 공조기 빙축열공조 시스템 PUHY-J355IM-A형(13마력) 8대  
 비축열공조 시스템 PYHY-J355BM-A형(13마력) 8대  
 실내기 PLFY-J56LMD-A형 50대  
 2) 소비전력량은 동경전력(주) 공조용 러닝코스트 계산소프트BCEC에 의하여 계산하였다.  
 3) CO<sub>2</sub> 배출원단위 주간(8~22시) 0.09841kg-C/kWh  
 야간(22~8시) 0.07669kg-C/kWh로 하였다.

대형빌딩에서는 이 공조설비를 많이 채용하고 있다. 그러나 대규모 공조설비에서는 건축계획단계부터 시스템 계획이 필요하다는 것과 Central방식(중앙집중방식)의 공조시스템이 대부분이며, 현재 일본 국내에서의 공조 방식의 주류인 개별분산식 공조방식(패키지에어컨, 빌딩용 멀티에어컨)에는 대응해 오지 못했다는점 등의 이유로 널리 보급되지 못한 실정이다. '80년대 후반부터 미쓰비시電機를 비롯하여 주요 패키지에어컨 메이커와 전력회사가 공동으로 빙축열식 공조기기(에코·아이스) 개발이 시작되어 '92년경부터 상품화되어 시장보급이 개시되었다고 할 수 있다.

그림 4에 일본냉동공조공업회가 조사한 빙축열식 공조기기(에코·아이스)의 출하실적을 표시하였다. '96 냉동연도('95. 10~'96. 9)에 대수 1,243대, 축열용량



〈그림 4〉 빙축열식 패키지 에어컨 출하추이

## 애의 기술

으로 14만 6천kWh였던 것이 2년 후인 '98 냉동연도에는 각각 4,311대, 63만 2천kWh로 대폭 신장하여 급속하게 시장보급이 진전되고 있음을 알 수 있다. 급속하게 보급확대된 요인으로는, ① 국민의 지구환경 유지에 대한 관심이 높아졌고, ② 국가에 의한 보급지원, ③ 전력부하평준화를 지향하는 전력회사의 강력한 영업 방침, ④ 메이커 각사의 기종 갖추기 등을 생각할 수 있다. 이 중에서 국가의 지원을 보면, 종래부터 빙축열공조시스템에 대해서는 국가의 이자보급제도와 에너지 革稅制, 전력회사의 요금우대책 등이 실시되어 왔지만 저금리화 등 사회정세 변화에 따라 당초 목적인 바와 같은 조성효과를 기대할 수 없는 상황이었으므로 이를 개선하기 위하여, 채용하는 고객(시공주)에게 직접 메리트가 돌아갈 수 있는 “빙축열식공조시스템 보급촉진사업보조금” 제도를 '98년 7월부터 2001년 3월말까지의 3년간 기한으로 시행하고 있다. 이 빙축열식공조시스템 보급촉진사업 보조금제도는 다음과 같다.

### (1) 보조교부대상 기종·설비

개별 분산형 공조기기(빌딩용 멀티에어컨, 패키지에어컨) 중 히트펌프 축열센터(HPJCS)를 통하여 新에너지·산업기술총합개발기구(NEDO)의 승인을 받아 기종이 인정된 기기가 대상이 된다. 동사의 빙축열식빌딩용 멀티에어컨 ICE Y, 점포용에어컨 ICE SLIM은 기종인정을 받고 있다.

### (2) 보조금액

보조금액은 다음의 각호 중 가장 낮은 금액에 의한다.

- ㉠ 비축열식 공조시스템 설치비와의 차액의 1/2
- ㉡ 기종용량(마력)에 따른 상한액
- ㉢ 비축열식 공조시스템 설치비와의 차액

기기용량에 따른 상한액은 표 2, 비축열공조시스템의 마력별가격은 표 3에 따른다. 전술한 계산으로 보조금

〈표 2〉 용량별 보조금액의 상한치('98년도)

| 용 량    | 금액(1대당 천円) |        |      |
|--------|------------|--------|------|
|        | 냉방전용형      | 냉난방병용형 |      |
|        |            | 정속기    | 인버터기 |
| 5마력상당  | —          | 130    | 160  |
| 6마력상당  | —          | 130    | 160  |
| 7마력상당  | —          | 130    | 160  |
| 10마력상당 | 470        | —      | —    |
| 13마력상당 | 450        | 750    | 750  |
| 16마력상당 | 620        | 850    | 850  |
| 20마력상당 | —          | 930    | 930  |

〈표 3〉 비축열식 공조시스템 마력별 가격치('98년도)

단위 : 천엔/대

| 능 력  | 금 액   |
|------|-------|
| 5마력  | 560   |
| 6마력  | 590   |
| 7마력  | 660   |
| 10마력 | 870   |
| 13마력 | 1,800 |
| 16마력 | 2,100 |
| 20마력 | 2,420 |

액을 시산하면 상한액으로는 600만엔의 보조금을 국가로부터 고객에게 지급되어 빙축열공조시스템에 대한 커다란 지원이 되고 있다.

## 4. 氷蓄熱空調 시스템 機器

빙축열공조시스템 기기는 개발단계에서 실용단계로 들어섰으므로 얼음의 형태, 제빙방법, 냉열이용방식, 열반송매체의 종류 등 여러 가지 시스템이 시장에서 제안되고 있는데, 동사에서는 중대형 공조설비용으로 빙축열 유닛 KAH형, 소중 공조설비용으로 빙축열식 빌딩용 멀티에어컨 ICE Y와 ICE Yk(에코 아이스), 소형사무소나 점포용으로 ICE SLIM(에코 아이스 mini)

을 판매하기 시작했으며 다종다양한 고객의 요구에 응하고 있다.

### 가. 氷蓄熱유닛 KAH형 (빙축열이용 칠러시스템)

빙축열유닛 KAH형은 비축열형 相當馬力으로 40마력에서부터 150마력 용량의 기종을 갖추고 있으며 1대로 공조면적 1,000~5000m<sup>2</sup>의 공조가 가능하다. 히트펌프 칠러에 의하여 냉방시에는 야간에 -6℃ 정도의 Brine(부동액)을 만들고, 이것을 축열조로 보내어 축열조내의 열교환기에서 물과 열교환하여 열교환기의 표면에 얼음을 생성한다(Static 제빙방식).

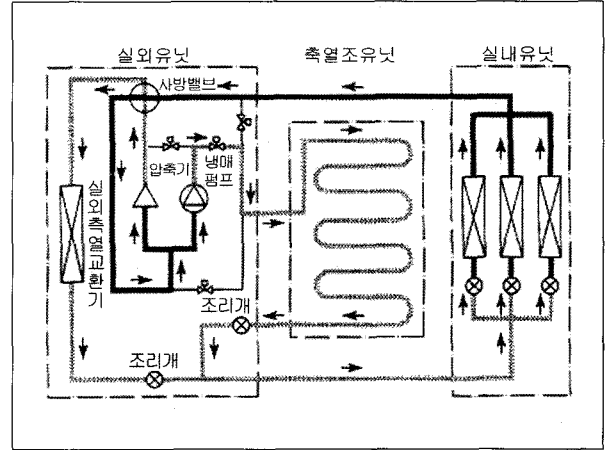
주간에는 이 제빙한 얼음 주위에 물을 흘려 얼음을 녹여서 냉수(약 4℃)를 만들어 이것을 냉방에 이용하는 시스템으로 되어 있다(外融式). 난방시에는 마찬가지로 히트펌프 칠러에 의하여 축열조내에 온수를 만들어 이것을 공조에 이용하는 시스템으로 되어 있다.

### 나. 氷蓄熱式 빌딩용 멀티에어컨 ICE Y 및 ICE Yk

빙축열식 빌딩용 멀티에어컨에는 ① 가스펌프를 탑재하여 가스펌프에서 토출(吐出)된 냉매가스를 제빙된 얼음과 열교환하여 응축시켜 압축기에서 공냉식응축기를 통과해 온 냉매와 합류시키는 합류방식 ICE Y 시리즈와 ② 제빙된 얼음으로 냉동사이클을 순환하는 냉매액을 과냉각하여 냉방에 이용하는 ICE Yk 시리즈의 2종류가 있다. 용량은 ICE Y형은 13, 16마력의 2기종, ICE Yk형은 10마력에서 20마력까지의 4기종을 갖추고 있다.

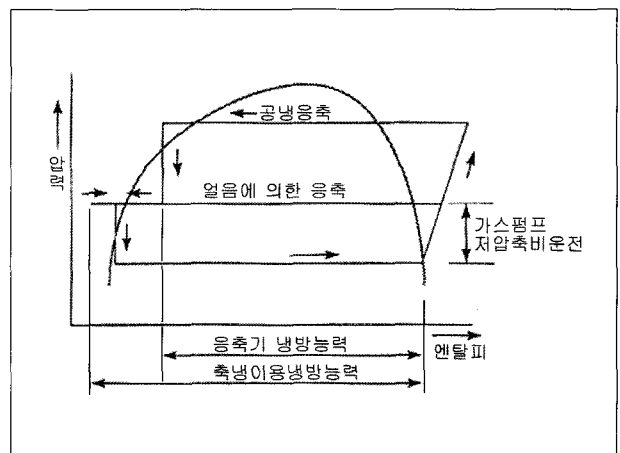
그림 5에 ICE Y의 냉매회로도, 그림 6에 축냉이용의 원리를 나타내는 모리엘선圖를 표시하였다.

ICE Y는, 실외기에 냉매펌프가 있고 축열한 얼을 우

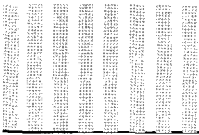


〈그림 5〉 ICE Y냉매 회로도(축냉이용 냉방운전)

선적으로 공조에 이용하여 에너지의 야간 이행률(移行率) 40% 이상을 실현하고 있으며, 빙축열식공조시스템 보급촉진사업 보조금제도의 대상기종으로 되어 있다. 또 난방시에는 야간축열조에 온수를 비축했다가 이것을 주간에 이용하여 난방함으로써 추운지역에서의 난방능력을 가스열원기 정도로 높이고 있어 도후크(東北) 지구와 홋카이도(北海道) 지구에서의 채용이 진전되고 있다. ICE Yk는 축열이용이 냉방시만이지만 ICE Y에 비하여 그만큼 저가격, 축열조의 콤팩트화 등의 장점이



〈그림 6〉 ICE Y냉매 모리엘선도(축냉이용 냉방운전)



있다.

### 다. 氷蓄熱式 점포용 패키지에어컨 ICE SLIM

ICE Yk의 소용량기종으로, 전력회사와 공동개발을 추진하여 '98년 10월부터 5마력과 6마력을 발매하였고 금년 4월에는 7마력을 판매하기 시작했다. 냉매회로는 ICE Yk와 같으며 축열이용이 냉매액 과냉각(過冷却)형으로 되어 있다. 다만 빌딩용 멀티에어컨과는 그 설치환경이 달라 보다 省스페이스·低소음화가 요구되고 있다. 그 결과 안깊이 620mm라는 박형(薄形)축열조와, 축열운전시에 45dB인 콤팩트하고 저소음의 유닛이 실현되었다.

또 난방운전시에는 야간축열조에 비축한 온수를 '서리'제거운전에 이용하여 히트펌프운전의 효율을 개선하고 있다.

### 5. 氷蓄熱空調 시스템의 앞으로의 展開

빙축열 공조시스템은 현재의 사회적 요구(지구환경 유지, 전력부하 평준화에 의한 전력부하율의 향상과 전력요금 저하, 발전에 수반하는 CO<sub>2</sub> 가스 발생 억제 등)에 부응하는 공조시스템으로서 앞으로 더욱 급속하게 신장될 것으로 예상된다. 그러나 축열공조시스템과 축열을 이용하지 않는 공조시스템과의 사이에는 가격차가 있어, 국가에 의한 보조금제도나 전력회사에 의한 각종 우대전기요금제도 등으로 그 차를 축소할 필요가 있으며 메이커로서는 부품의 공통화·표준화 등으로 축열조와 시스템으로서의 저가격화를 추진하여 보급확대를 도모해야 할 것이다. 또 용량적으로도 현재는 5마력 이상이 상품화되어 있으나 5마력 미만의 기종도 축열 또는

축전 등의 방법으로 전력부하 평준화에 대응할 수 있는 상품개발이 필요하다. 시스템적으로는 최근의 유망한 기술로서 빙축열과 구체(軀體)축열을 병행하는 방안이 제기되고 있다. 구체(軀體)축열이란 건물의 구조체 그 자체를 축열재로 이용하는 것으로 빌딩의 Slab 등을 야간냉방시에는 냉각하고 난방시에는 가열하여 축열하는 축열방법이다. 이 구체축열과 빙축열을 병용함으로써 축열조의 소형화를 실현할 수 있어 축열공조의 적용대상범위를 확대할 수 있는 가능성이 있다.

### 6. 맺음말

전력에너지 수요는 앞으로도 지속적으로 늘어날 것이 예상되고 있어, 전력부하 평준화와 전력부하율의 향상은 지구환경보전, 전력코스트의 저감을 위하여 시급히 해결하지 않으면 안되는 중요한 사항이 되었다. 그 해결책으로서 빙축열 공조시스템의 보급 확대에 대한 기대는 크며, 미쓰비시電機로서도 이러한 사회적 요구에 적극 응할 필요가 있다. 빙축열 공조시스템은 성하기(盛夏期)의 냉방과 혹한기(酷寒期)의 난방을 안정하게 공급할 수 있는 등의 장점도 있고 나아가 이용분야를 확대할 수 있는 가능성이 있다. 그러나 빙축열 공조시스템은 비축열 공조시스템과 비교하여 코스트가 높고 축열조 설치스페이스를 필요로 하는 등 보급을 저해하는 요인도 있어, 더한층의 연구개발과 보급을 촉진하는 사회적 풍토의 육성을 위해 노력하고자 한다. ㄹ

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