

# 냉동·냉장 식품의 저장·유통 분야에서의 축냉시스템 적용

냉동·냉장 식품의 저장·유통 분야에서 축냉시스템이 적용되는 사례를 외국을 중심으로 소개하고자 한다.

백종현

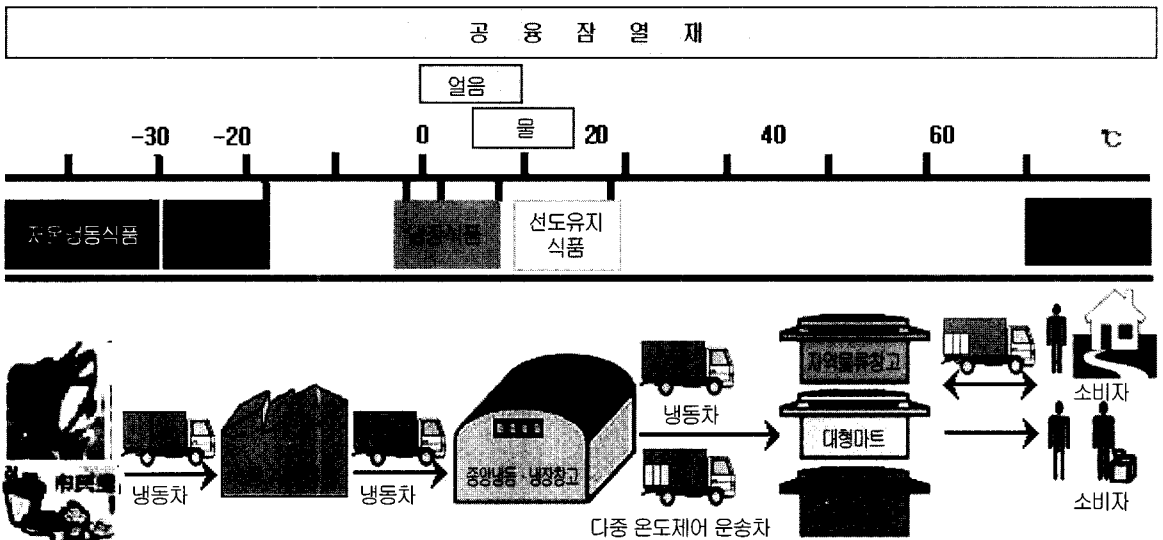
한국생산기술연구원 (pjh6240@kitech.re.kr)

## 냉동·냉장식품의 저온유통과 축냉시스템 개요

냉동·냉장식품의 저온유통(cold chain)시스템은 아래의 그림 1에서 보는 바와 같이 상온보다 낮은 온도로 유지되어야 할 대상물을 생산자(생산지)에서부터 소비자(소비지)에 이르기까지 지속적으로 적절한 온도로 유지시켜 생산 당시의 품질상태 그대로 소비자에게 공급하는 유통체계 시스템을 의미하는 것으로, 주요 구성 요소로는 냉동·냉장 저장창고,

수·배송시스템, 쇼케이스 등을 들 수 있다. 여기서 대상물이란 구체적으로 농·수·축산물, 화훼, 가공식품, 의약품 등을 의미하며, 저온유통 시스템의 본질적인 목적은 이들 대상물을 적정온도 하에서 일정하게 유지함으로써 생물학적 반응을 적절히 억제하여 대상물의 선도 및 본질적 가치를 연장시키는 것을 포함한다.

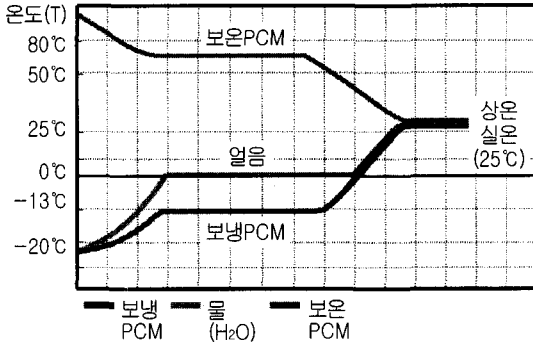
식품의 유통관련 기술은 지역의 식생활 및 주요 생산품에 따라 오랜 역사와 함께 지속적으로 발전하여 왔으며, 그 중에 한 분류로 최근에는 축냉기술의 장



[그림 1] 냉동·냉장식품의 저온유통 및 축냉매체

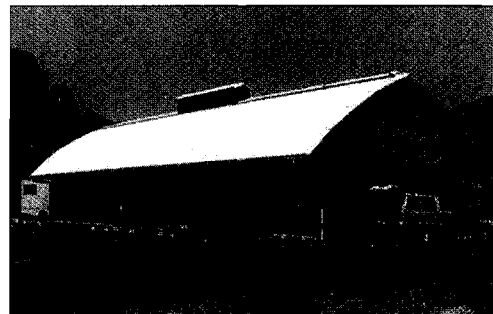
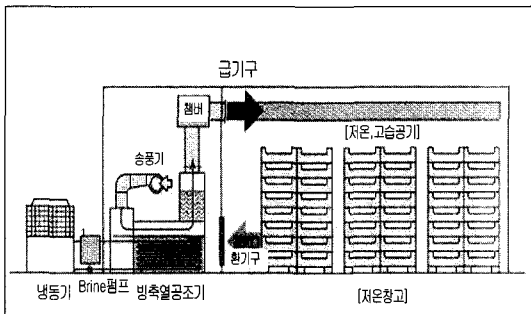
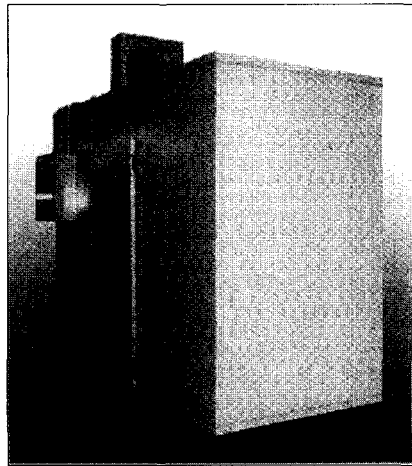
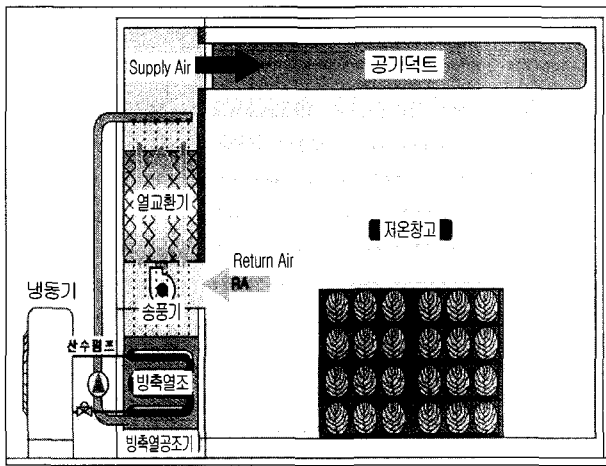
점을 저온유통분야에 접목하여 새로운 시스템을 개발하고 있다. 축냉시스템에서 이용 가능한 매체는 매우 다양하다. 그 중에서 대표적인 축냉매체로는 그림 1에서 보는 바와 같이 물, 얼음과 공융잠열재 (eutectic PCM)로 압축할 수 있으며, 축냉방식에 따

라 물의 비열을 이용하는 현열축냉시스템과 얼음 및 공융물질의 상변화시 발생하는 잠열을 이용하는 잠열축냉시스템으로 나누어진다. 특히 잠열축냉시스템으로 이용되는 얼음과 PCM의 경우 그림 2와 같은 해빙 · 동결 특성을 갖는다.



[그림 2] 얼음 및 PCM의 해빙 또는 동결 특성 그래프

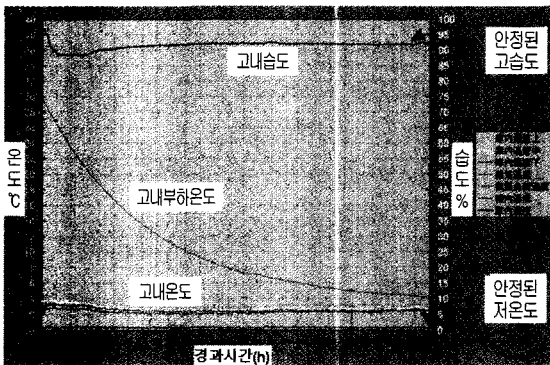
잠열축냉시스템이 가지고 있는 두 가지의 중요한 특성은 일정한 상변화온도를 갖는다는 것과 냉동기에 의해 축냉과정이 완료된 후 특정시간 동안 열흡수와 동시에 보냉유지가 가능하다는 것이다. 이러한 특성은 저온유통시스템에 요구되는 특성과 많은 공통점이 있어 적절한 시스템 설계로 효과적인 시스템 구성이 가능하다. 즉, 물에서 얼음 또는 얼음에서 물로 상변화시에 자체에서 보유한 잠열(80kcal/kg)을 방출할 때까지 0°C의 온도를 일정시간 유지하게 된다. 이때 방출 또는 흡수되는 잠열의 양은 매우 큰 편이어서 특정한 용도에 이용할 수 있으며, 보냉 또



[그림 3] 시스템 구성도 [중소형(상), 대형(하)]

는 보온용 PCM은 얼음과 같은 특성을 갖고 있으나 상변화온도가 영상 또는 영하로 유지되므로 사용하고자 하는 온도에 알맞은 PCM을 사용할 경우, 효과적인 이용이 가능하다. 일반적으로 저온유통시스템에서 특히 고려되어야 하는 항목으로서 다음과 같은 조건을 들 수 있다.

- 온·습도의 변화가 최소화될 수 있는 보관조건을 충족하여야 한다.
- 물품의 적재와 하역과정에서 온도변화의 위험성을 최소화하여야 한다.
- 유통 제품마다 필요로 하는 온·습도조건이 상이하다.



[그림 4] 고내 온습도 측정 데이터

본 고에서는 상기의 축냉매체 및 방식이 저온유통 분야의 구성요소별로 적용되는 사례를 외국을 중심으로 소개하고자 한다.

## 냉동·냉장 저장창고

### - 냉장 저장창고

(일본 東熱, 빙축열공조 이용 Wet Air 창고)

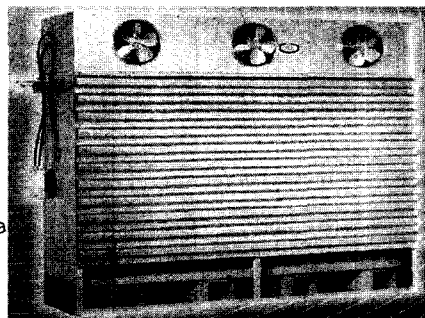
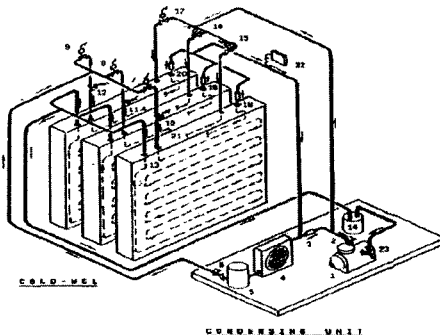
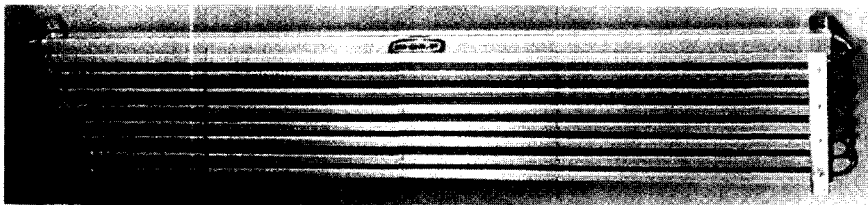
그림 3에서 보는 바와 같이 빙축열조의 물과 순환 공기가 직접접촉 열교환을 이루어 지므로 저온, 고습의 공기가 저장고 내로 유입됨으로서 저장물의 동결방지 및 보관식품의 수분증발률을 감소시키게 된다. 또한 공기 압력손실 및 수 압력손실이 저감되고, 순환공기의 청정효과가 있도록 설계되었으며, 심야 전력 이용에 따른 운전비용 절감효과를 거두고 있다. 그림 3의 상부는 판넬조립형식의 중소형 저장창고를, 하부는 대형 저장창고의 시스템 구성도를 보여주고 있다.

그림 4는 실제 운전시의 고내 온습도 측정 결과를 나타내고 있으며, 안정된 냉각온도 및 고습도를 유지하고 있다.

### - 냉동 저장창고

(미국 DOLE社, eutectic PCM 이용)

공용잠열재를 이용한 냉동 저장창고 시스템은 위



[그림 5] 공용잠열재를 이용한 냉동시스템[자연대류식(상), 강제대류식(하)]



에서 소개한 냉장 저장창고 시스템과 매우 유사하며, 단 빙축열조 및 열교환기 대신에 그림 5와 같이 공용잠열재를 충전한 plate 또는 bar 형태의 열교환기에 강제송풍식 또는 천정부착에 의한 자연대류식 PCM 모듈을 사용한다. 공용잠열재의 상변화온도는 -26℃ 부근이고 고내 온도 유지는 -18℃ 이하이며, 심야축냉운전에 의한 주간 피크절감 운전이 가능하다. 특히 천정부착형 자연대류식의 경우에는 넓은 열전달 면적에 따른 고내 온도의 신속한 복원능력 및 고습도 유지가 가능하며, 정전시에도 일정시간(18시간 이상) 양호한 식품상태를 유지할 수 있다.

### 수 · 배송 시스템

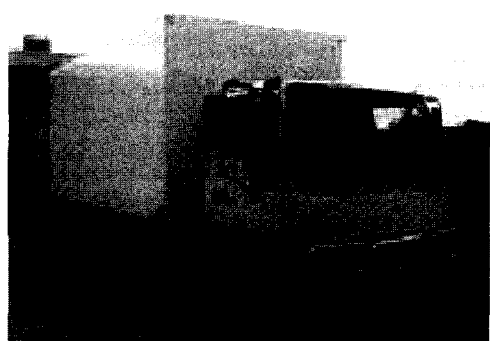
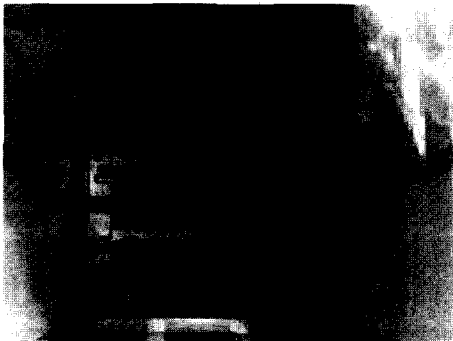
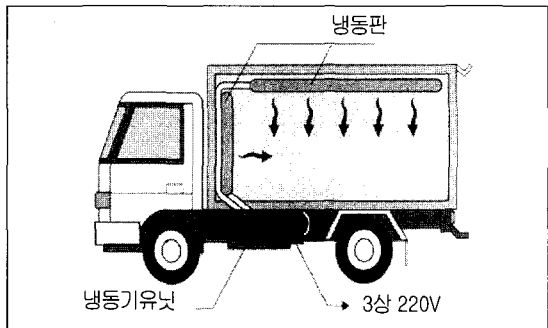
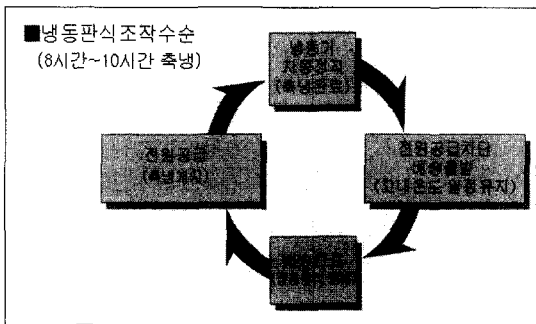
#### -냉동 · 냉장차

(미국 DOLE社, 일본 Topre社, 이태리 Plamac社)

일반적으로 냉동차에서 탑재된 냉동기의 동력을 2.5톤급 용량을 기준으로 소형인 경우 주엔진으로부터 취득하고 있으며, 대형인 경우에는 별도의 보조

엔진을 사용하고 있다. 이와는 별도로 운송품목 또는 운영 시스템에 따라 유럽, 미국, 일본 등에서는 적절한 잠열재를 축냉판 또는 특정형태의 용기에 봉입한 축냉시스템을 장착하여, 야간전기로 냉열을 축적하고 주간에는 별도의 구동원 없이 저온상태로 고내 온도를 유지시키는 축냉식 냉동탑차 시스템을 채택하고 있다. 특히 유럽의 경우 CCQI(cool chain quality indicator) 표준을 정하고 평가항목 등에 들어있는 공용잠열재를 이용한 축냉시스템이 갖추어질 경우 좋은 배점을 주고 있다.

축냉식 냉동탑차의 가장 큰 특징이자 장점은 엔진 구동식 냉동탑차에 비교하여 일정온도유지가 확실하고 고습유지가 가능하며, 경제적이면서 환경 친화적이라는 점이다. 심야전력 등의 혜택여부와는 관계 없이 매우 호평받고 있는 시스템이다. 국내에서도 이미 개발되어 보급을 시도했으나, 지입차 위주 및 영세성을 벗어나지 못하는 국내물류산업 특성과 비교적 느슨한 저온유통관련 규제 등에 의해 시장요구에 의한 자발적 성장은 아직 초보단계에 머무르고 있다.

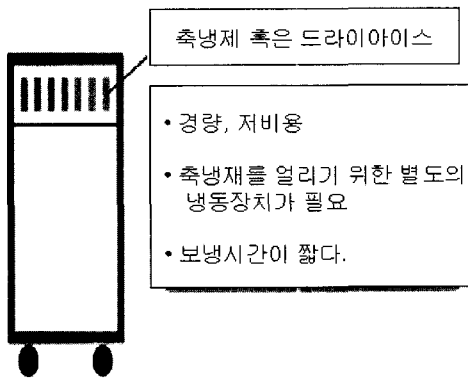


[그림 6] 공용잠열재를 이용한 냉동차[원리 및 개념도(상), 제품사진(하)]

- 이동식 냉동박스

(CRB: Cold Roll Box, 일본 SANYO社, National社)

그림 7에서 보는 바와 같이 이동식 냉동박스에는 이미 열려진 축냉 잠열재를 단열 처리된 박스 안에 충전하여 이동시간 동안 보냉효과를 유지하는 수동형 이동식 냉동박스와 박스 내부에 냉동유닛이 추가 설치되어 장시간 대기시에도 적용이 가능한 능동형 이동식 냉동박스로 구분된다. 일본에서 이미 저온유통에 사용되고 있는 방식으로 가까운 시일내에 국내에서도 도입 또는 개발이 이루어 질 것으로



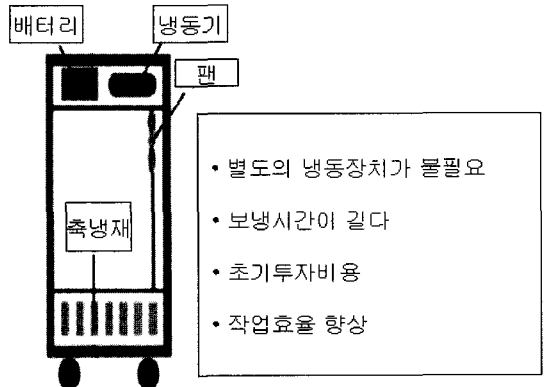
기대된다.

그림 7과 같은 이동식 냉동박스를 이용하여 그림 8과 같이 하나의 일반차에 다중온도대의 식품을 배송할 수 있어, 인력경감에 의한 경제성은 물론 각 온도대별 식품배송에 고품질 서비스가 가능하다.

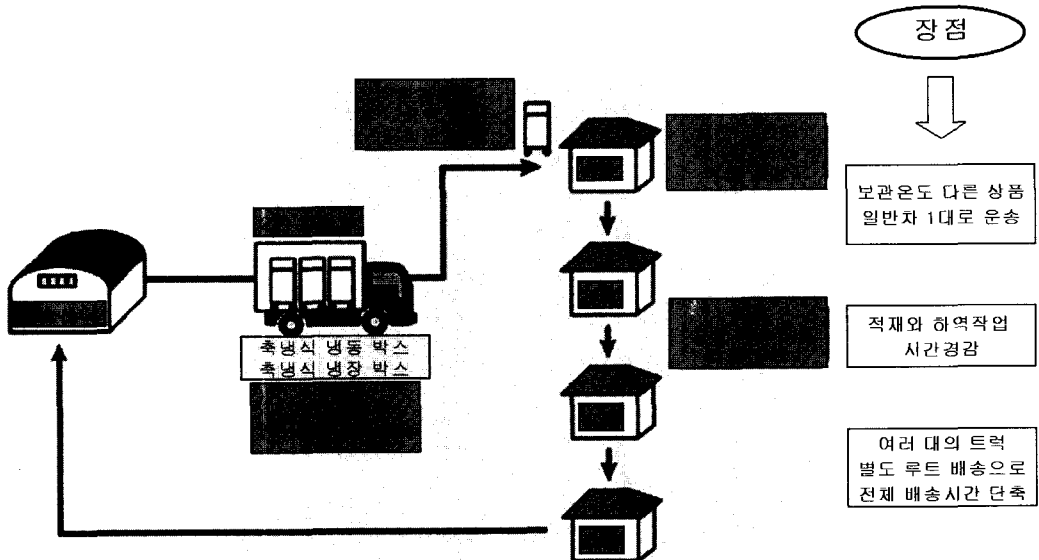
쇼케이스

- 수축열식 (일본, Yamato社)

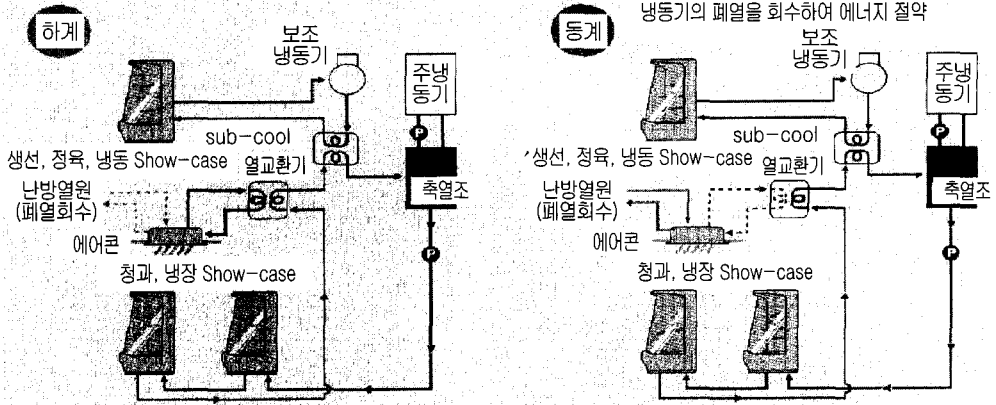
그림 9는 수축열방식을 쇼케이스에 적용한 사례로 축열된 냉수를 이용하여 냉장쇼케이스의 온도를



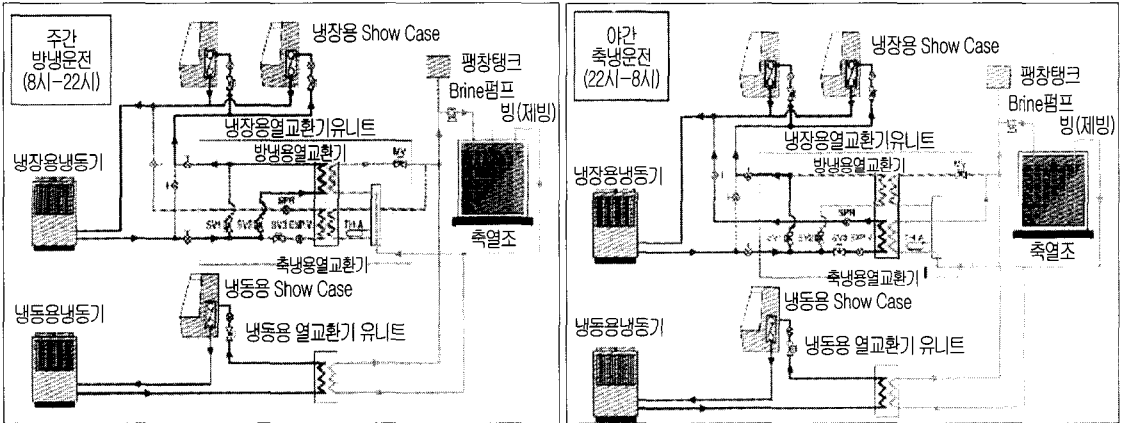
[그림 7] 수동형 및 능동형 이동식 냉동박스(CRB) 비교



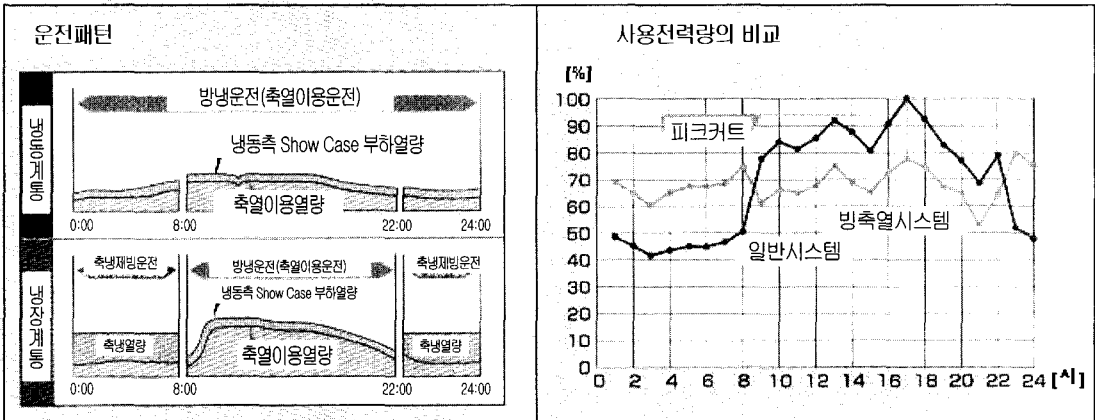
[그림 8] 이동식 냉동박스를 이용한 냉동·냉장 배송방법



[그림 9] 수축열 방식을 이용한 쇼케이스



[그림 10] 빙축열방식 쇼케이스



[그림 11] 운전 패턴 및 소비전력량 비교

조절하고, 냉동쇼케이스의 냉매를 과냉각시켜 효율을 향상시켰다. 또한 하계에는 축열된 냉수를 이용하여 냉방까지 담당하였고, 동계에는 폐열회수에 의한 난방열원을 확보함으로써 시스템효율의 최적화를 도모하였다.

#### 빙축열식 (일본 三菱電機)

그림 10에서 보는바와 같이 야간의 냉각부하 감소를 이용하여 여분의 냉동능력으로 축열조에 제빙한 후, 주간에는 축열조의 냉수를 냉장 및 냉동쇼케이스의 냉매 과냉각용으로 이용하여 시스템의 효율을 향상시켰다. 이에 따라 그림 11과 같이 비축냉식 대비 냉동능력 20%, 냉장능력은 25% 정도 향상되어 초기 설비용량을 축소할 수 있었으며, 주간 최대소비전력을 약 14% 절감하여 운전비용 절

감효과를 달성하였다.

#### 맺음말

본 고에서 소개된 냉동·냉장 저온유통분야에서의 축냉시스템 적용사례는 많은 사례 중 몇 가지 제한적인 예에 불과함을 밝혀두며, 각종 음료, 식품가공, 농·수·축산용 예냉 및 수확처리 등에 더욱 폭넓게 적용되는 축냉시스템의 경우는 본 고의 한계상 소개하지 않았다. 식품과 관련된 분야에서의 축냉시스템 도입은 현재에도 많은 새로운 시스템의 개발이 진행중이거나 완료되었으며, 현장적용이 이루어질 것이다. 이러한 노력은 국내에서도 진행 중이며, 특히 심야전력을 이용한 전력부하 평준화 과제와 연계하여 더욱 경쟁력있는 분야가 될 것으로 사료된다. ●