

# 냉동공장의 설비 및 운전원가 절감대책



오 후 규

냉동공장의 설비설계 및 운전경비절약을 위한 요점을 기술한다. 특히, 대부분의 현장에서 바로 적용할 수 있는 실무지식과 기술을 중점적으로 취급하고자 하였으나, 에너지 절약적 설비설계와 미래지향적 설비설계 및 편의성을 중시하는 설비기준에 대해서도 언급하고자 한다.

## 서론

**산**업은 전력을 다량으로 소비하는 업종이기 때문에 옛날부터 설계나 사용상의 합리화를 이룩함으로써 해서 에너지를 절약 할려는 노력을 하였다고 본다. 그러나 날로 변천하는 국내외 에너지 사정을 생각하면 냉동공장의 설계감각도 달라하여야 하는 것도 많다고 사료된다. 예를 들면, 실용온도에 의한 설계, 즉,  $-30^{\circ}\text{C}$  로 설계하여 두고도  $-20\sim-25^{\circ}\text{C}$  로 온도를 올려서 운전하는 것은 불합리 하며, 이를 바야야 처음부터  $-25^{\circ}\text{C}$  정도의 실용 온도조건에서 설계함으로써 초기비용은 물론 운전비를 줄이는 것이라든지, 그리고 방열층 두께 선정도, 방열층의 열손실 허용값을 종래의  $10\text{ kcal/m}^2\text{h}$ 에서 대폭 줄여  $5\text{ kcal/m}^2\text{h}$  정도까지로 하는 것 등을 생각할 수 있다. 또한 냉각기의 팬동력은 그대로 고내에서의 열부하로 되기 때문에 1000톤 정도의 방이라도  $2.2\text{ kW}\times 4$ 기 정도까지 할 수도 있을 것이다. 뿐만 아니라 효율 높은 운전을 위한 기기의 조합이라든지 기기의 시간 제어 운전이나 최신 기술을 이용한 자동관리제어 시스템의 도입 등도 있을 것이다. 이 중에서도 운전방법의 합리화는 필요한 것이나, 설비 그 자체의 개선에 의하여 동력의 효율화를 시도하는 것이 보다 효과적이며, 이를 위해서는 새로운 기술이 요망 되는 것은 당연한 이치이다. 이하, 여기에 관련된 여러 가지

항목들에 관해 저온용 냉동공장을 중심으로 이야기 하고자 하나, 농산물 저온저장고에도 같이 적용될 것으로 사료되며, 특히 경영자와 장치 설계자에게 도움될 것으로 생각한다.

## 냉동공장의 에너지절감

### 냉동공장의 근대화와 에너지 절감

미국, 유럽, 일본 등 선진 외국에 비해 우리나라는 비록 오랜 냉동의 역사(현존하는 석빙고 등 고대 냉동사)는 있지만 소위 현대 기계냉동 기술의 발전은 선진국에 비해 극히 저조하였다. 그러나 오늘날에는 고속다기통 압축기가 이미 오래전부터 국산화 되었고, 스크류, 스크롤 압축기도 국산화 되는 등 선진국과 거의 차이 없이 근대화 되고 있다. 우리나라의 근대화 발전 단계를 개략적으로 보면, 저용량 저속압축기에서 대용량 고속 압축기 → 고층 건물에 의한 대형 냉장고로의 규모 확대 → C급( $0^{\circ}\text{C}$ )에서 F급( $-25^{\circ}\text{C}$ )으로의 저온화 경향 → 암모니아에서 후레온계 냉매로 이행하는 안전성 경향 → 에너지 절약 및 공기단축을 위한 장치제작의 자동화 및 콤팩트화 경향이다. 그리고 최근에는 지구환경 보존이라는 측면에서 프레온계 냉매의 대체냉매 사용이 권장되고 있으며, 냉동설비면에서는 화물의 수동 및 반수동 작업에서 기계화역으로의 전환이 이루어지고 있고, 이와 동시에 작업기나

에너지 절약형 냉동 냉장설비

자동관리 시스템을 이용하는 부대시설의 보강 등으로 볼 수 있을 것이다.

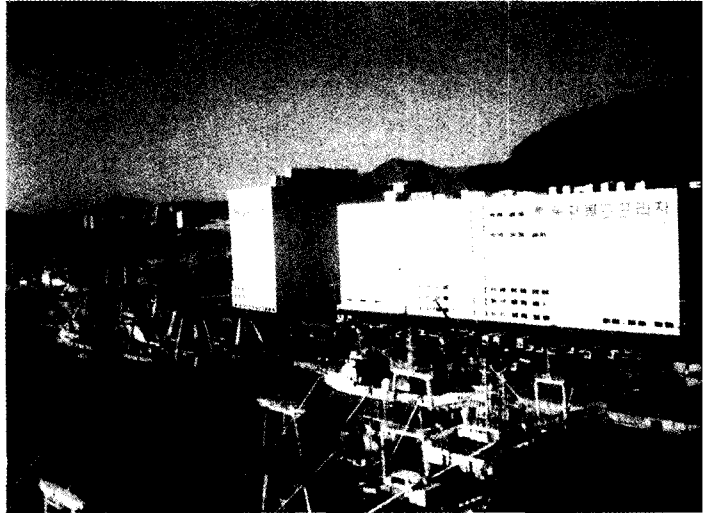
이중에서 에너지 절약과 가장 관계있는 항목은 시설의 대형화라고 할 수 있을 것이고, 나머지 항목들에 대해서는 생산 원가 절감에 역행할 수도 있다. 즉, 에너지 절약이나 안전성을 위한 장치의 근대화는 어쩔 수 없는 것이나, 어디까지나 이윤의 추구라는 기업적인 측면에서 생각해 볼 때는 근대화가 원가절감이라는 등식은 성립하지 않을 수 있다. 사실, 에너지 절약적 관점보다 시설의 근대화란 큰 물결의 추세에 의해 에너지 절약에 대해서는 등한시 한 점도 있다고 본다.

냉장고의 열부하

근본적으로는 냉동작용을 해야하는 것은 고내 혹은 고내로의 열부하이므로 에너지를 절감하기 위해서는 열부하를 분석해야 한다. 즉, 각 기기에 대응하는 소비전력을 상정하여 연간 소비추세를 분석하면 절전대책을 세우기 쉬울 뿐만 아니라 시설개선의 순위 결정에도 참고가 될 것이다.

그리고 방열수단은 가장 기본이 되는 에너지 절약 수단이라는 것을 인식하여야 한다. 방열성능을 나타내는 척도로는 방열층 1㎡당 1시간에 고내로 침입하는 열량으로 나타낸다. 종래의 표준은 방열층의 표면 1㎡당 1시간의 열손실을 10 kcal/mh 정도이나 에너지 절약을 위해서 신설 냉동실의 경우는 10 kcal/mh 보다 훨씬 낮은 값인 4~6 kcal/mh 정도까지 생각할 수 있다고 본다.

신설 공장의 방열계획은 쉬운 일이나 기설공장의 방열성능을 보강하고자 할 경우는 우선 그 경제성에 대해서 고려해 보아야 한다. 기설공장의 경우는 전술한 1㎡당 연간 소비전력료 및 단열재 증설비용과 금리나 감가상각, 그리고 장래성 등을 비교하여 결정하여야 한다. 만약 전체적인 개선이 어려우면 부분적인 방열보완도 좋은 방법이 될 것이다. 에너지 절약의 최종적인 목표는 결국 기계의 운전을 정지시키는 것이므로 어



(사진 1) 최근 건설된 에너지 절약 및 자동화 시설이 우수한 냉동공장(냉장능력 8만톤의 부산 감천만 소재 동영콜드드라자)

떻게 방열을 하여 기계를 장시간 정지시킬까 하는 것이다. 기설의 경우 개략적인 표준은 출입작업이 없는 시간대에서 기계를 하루에 10시간 정도는 운전정지가 되면 좋을 것으로 생각된다. 이 경우의 표면 열손실은 대략 6 kcal/mh 정도라 생각되므로, 이것으로부터도 방열 두께를 산정할 수 있을 것이다. 만약 운전정지 시간이 7~8시간이 안되면 방열의 보강이 필요하다. 장시간의 운전정지는 단순히 그 사이의 전력소비에 해당하는 것만이 이익이 아니고 운전을 재개했을 때 냉각효율이 향상하게 된다.

그런데, 방열벽의 외표면 온도로부터 방열성능을 진단할 경우 방열벽의 외표면 온도는 그것에 접하는 외기온도 보다 1℃정도 낮게 되는 것이 보통이므로 이것을 기준으로 할 수가 있다.

• 고내로의 열반입 경감

고내로의 열반입이라고 하는 것은 화물의 반입(화물의 온도는 대개 고내온도보다 약간 높다)에 수반되는 열부하라는 의미이다. 입고화물의 열부하는 어쩔 수 없는 것이지만 이것과 동

에너지 절약형 냉동 냉장설비

시에 고내에 들어오는 pallet와 forklift 차체를 냉각하기 위한 열손실에 대해서는 고찰을 할 필요가 있다. 먼저, pallet를 냉각하기 위한 열부하는 pallet에 적재하는 화물의 냉각열 부하의 20%에 해당한다는 보고도 있다. 따라서, 사용하지 않는 pallet를 고외 (혹은 옥외)에 방치하면, 온도가 올라가기 때문에, 다음 입고시의 냉각 열부하가 크게 될 뿐만 아니라 빙결과 해동이 반복됨에 따라 pallet의 손상도 촉진된다. 다소 번거로움은 있지만, 사용하지 않는 pallet를 고내의 빈 장소에 저온인 상태로 보관해 두는 것도 한가지 방법이라 하겠다. Forklift 차체의 냉각열손실을 계산한 예는 없으나 차체의 노출표면과 그 표면의 열전달을 계산해서 열부하를 구하고, 또 1대 1년간의 전력소비량으로 환산한다면, 약 7000~10000KWh라고 하는 보고도 있다. 전항의 pallet의 냉각 열손실에 비교하면, forklift 차체의 냉각 열 손실은 약간 적지만, 두가지를 합하면 결코 무시할 수 없게 된다.

• 외기의 침입

문의 개폐에 의한 외기 침입부하는, 냉장고 전체 열부하의 10%에 가까운 값이라고도 하는데, 그 방지는 주로 에어 커텐에 의하는 실정이나 완전한 방법이라고는 볼 수 없고, 좀 더 개량된 방법이 요망된다. 다음은 pallet의 용량도 고려하여야 할 사항이다. pallet의 적재량이 많게 되면 화물의 입출고 회수가 감소하기 때문에 당연히 문의 개폐회수가 적게 된다. 따라서 pallet의 대형화는 에너지 절약효과와 동등한 역할을 한다고 할 수 있다.

• 고내 폐열의 경감

고내 발열의 원인이 되는 것으로서는, 냉각기 강제통풍의 송풍기 동력, 조명, forklift의 동력, 바닥 heater 등이지만, 또한 작업원도 발열의 원인이 된다. 그 가운데서도 송풍기 동력이 대부분을 차지한다. 고내에서 사용되어지는 동력과 조명은 그 대부분이 열에너지로 되어 고내 온도를 높게

하는 역할을 한다. 발열량의 환산율은 1 KW당 860 kcal/h이다. 급속동결에 있어서 강제통풍용 팬이나, 제빙에 있어서는 brine pump, agitator 등도와 같은 종류이다. 이러한 고내 발열원의 기기를 사용하는 경우에는, 압축기 능력을 발열부하에 대치할 수 있도록 보다 크게 설치해야만 한다. 따라서, 송풍기 동력의 감소는, 동시에 압축기 동력의 감소(혹은 운전시간의 단축)를 가져오며, 절전의 효과를 가져온다. 송풍기 동력의 감소는 냉장고의 절전대책 가운데 매우 중요한 역할을 하고 있다 해도 과언이 아니다.

강제통풍 냉각기의 경우, 통상 사용되고 있는 냉각기의 냉각능력(1시간에 몇 kcal의 열교환을 하는가?)은 3가지 요소로서 나타낼 수가 있다.

$$Q = K \cdot A \cdot (t_1 - t_2) \quad (1)$$

- Q : 냉각기의 열교환량 (냉각능력)
- K : 열 통과율
- A : 냉각기 열교환 부분의 표면적
- t<sub>1</sub>-t<sub>2</sub> : 실내온도와 증발온도와의 차

위의 식에서 알 수 있는 바와 같이 냉각능력을 크게 하기 위해서는, A, (t<sub>1</sub>-t<sub>2</sub>), K의 3가지 요소를 크게 한다면 그 목적이 달성된다. 그런데, A를 크게 하는 것은 냉각기 자체가 크게되기 때문에 자체의 한계가 있다. (t<sub>1</sub>-t<sub>2</sub>)를 크게 하는 것은, 실온이 일정하기 때문에 냉매의 증발온도가 저하되는 운전이 된다. 그리고, 증발온도가 내려가면 증발압력도 내려가기 때문에 에너지 절약에 역행된다. K를 크게 하기 위해서는 냉각기를 통과하는 공기의 속도를 증가시킬 필요가 있어, 송풍기 동력을 크게 하지 않으면 안 된다. 이 요소도 에너지 절약적인 면에 바람직하지 않다.

이상의 3가지 요소를 종합하면, 냉각기의 열교환 표면을 가능한 크게 해서 증발압력의 저하와 송풍기 동력의 증대를 방지하는 것이 중요하다. 송풍동력의 경감이라고 하는 것은 절전대책에 확실히 효과가 크지만, 기존 냉각기에 대해서는

그 표면적을 새삼스레 크게 할 수 없기 때문에 증발온도가 저하되는 것을 알아두는 것이 중요하다. 그리고 대부분의 경우에 송풍능력이 경감하는 것에 의해서 대폭적인 절전효과를 얻을 수 있다는 것은 확실하다.

Unit cooler의 강제통풍 동력의 경감에 대해서 생각해 볼 필요가 있다. Unit 형의 냉각기는 가장 일반적으로 사용되고 있는데, 대부분의 경우 필요 이상으로 큰 송풍기를 부착하는 경우가 많기 때문에 이것의 개선은 에너지 절약 효과가 매우 크고, 개선공사가 용이하다. 송풍기 동력은 압축기 동력의 20~30%가 되는 것이 있지만, 냉각기의 열교환 면적이 어느 정도 확보 된 경우에는 1/2정도로 줄일 수 있다.

고내의 방열층 표면에 있어서 풍속이 크면, 표면 열전달율이 증가하고 방열손실이 촉진된다. 이 의미에서 본다면, 강제통풍은 최소한으로 하는 것이 좋다. 또한 고내통풍의 합리화 방안으로 냉각기에서 나오는 바람의 방향은 냉풍 순환에 중요한 요소가 되기 때문에 duct를 사용하는 것은 좋은 방법이 되기도 한다. 송풍거리가 긴 경우와 건물의 구조 혹은 물건에 따라서는 부분적으로 냉기의 순환이 방해될 경우에는 냉각기용의 fan을 설치해서 바람의 순환을 연결시킴으로써 국부적으로 보충하는 방법도 좋다고 생각한다. 뿐만 아니라 조명도 과다 설치를 피하고 실정에 맞도록 조정하는 것도 필요하다.

**냉장장치의 개선**

장치의 근대화에 의하여 새로운 장치로 교환한 기기의 동력설비를 중심으로 과대한 것을 삭감하여 적정화함과 동시에 기기 선택의 잘못을 시정하는 것 등이 주대책이다.

- 냉각기 송풍동력의 경감  
가장 중요한 개선대책이나, 앞에서 이야기하였으므로 생략한다.

- 증발식 응축기의 송풍동력 경감

신설의 경우는 먼저 시로코팬과 유압환기선풍기 중에 어느 것을 사용할 것인가를 생각할 필요가 있다. 증발식 응축기의 송풍기에는 대부분의 경우 시로코형이 적합하다고 볼 수 있는데, 2~3대의 송풍기가 붙어있는 것이 보통이므로, 겨울에는 송풍기의 대수제어에 의하여 절전을 하는 공장도 있다.

증발식 응축기와 비슷한 역할을 하는 것으로 냉각탑이 있으나, 이 경우의 송풍기는 시로코형이 아니고, 환기식 송풍기를 사용하는 것이 보통이다. 환기식은 같은 동력표시의 시로코형팬의 송풍량보다 3~4배정도 큰 것이 보통이므로, 같은 능력의 압축기에 대응하는 송풍기 동력은 3 : 1 혹은 4 : 1 이라는 큰 차이가 있다. 실험에 의하면, 에바콘에 필요한 정압은 6 mm(물)이기 때문에 이 정도의 정압이라면, 유압환풍형으로도 충분히 대응할 수 있다고 한다. 시로코형은 약 20 mm(물) 이상의 높은 정압에서 작동할 경우에 좋은 효과가 발휘되기 때문에 6 mm(물) 정도의 경우에는, 그 장점이 나타나지 않고, 소비되는 동력에 비해 효율이 나쁘다. 여기서도 송풍기 동력 경감 방법에 대해 고려할 필요가 있다.

- 기기운전의 시간제어

절전대책이라고 하는 것은, 어떻게 하면 장기간 기기를 정지시킬까 하는 것이라고 할 수 있는데, 한편으로는 품질도 생각하여야 한다. Thermostat에 의한 자동장치가 사용되고 있는 냉장고는 너무 빈번하게 작동하게 되어 장시간의 정지는 어렵게 되는 경우도 있다.

절전을 위해서는 자동운전보다 수동의 경우가 좋다는 의견이 있으므로 자동장치의 조정이나 운전제어의 시스템을 다시 한번 검토하는 것이 좋을 것이다. 즉 time switch에 의한 시간제어로 하는 것이 절전이 될 수 있다. Time switch의 운전시간 설정은 담당자의 경험에 의한 판단으로 한다. 1일 기동·정지의 회수는 1~2회 정도이고, 가능한 장시간 운전정지를 주원칙으로 한다. 이 운전제어를 실시해 보면, 종래에 주의하지 않았

던 냉장고 열부하의 각요소가 운전시간에 정확히 잘 반영되고 있다는 것을 알 수 있을 것이다. 또한 소규모의 경우는 압축기의 분리배치도 고려해야 할 문제라고 생각한다. 그리고 압축기 선택문제도 중요한 사항인데, 냉장고의 온도가 -20~-25°C 정도일 경우는 screw압축기보다 고속다기통으로 하는 것이 좋다고 생각되며 그 전력소비의 차는 7~10% 전후라고 예측된다. 한 때 스크류식이 유행하였으나, 최근의 경향은 고속다기통을 선호하는 경향으로 분석되고 있다.

냉장장치의 취급방법 개선

- 냉매 pump 운전시간의 조정

압축기를 정지하기 전에는, 냉각기에 잔유하고 있는 냉매액을 회수하기 위해 pump out 운전을 한다. Pump out 운전시간은 10~20분 정도가 보통이지만, 이 운전을 하고 있는 경우에는 냉각기 중의 냉매는 차츰 감소된다. 또 운전을 재개한

직후에는 냉각기 중의 냉매가 부족하므로 효율이 낮은 운전이 한참 동안 계속된다. 전향에서 자동장치를 수동으로 운전할 경우 에너지를 절약할 수가 있다고 했는데, 이 이유의 하나는 시간제어 운전에 의해 정지회수를 가능한 한 적게 하는 것이다. Thermostat에 의해 자동운전을 하는 공장에서는 pump out 시간을 체크할 필요가 있다.

- 압축기의 무부하 운전요령

최근에 시판되고 있는 압축기의 무부하 기구는 매우 교묘하게 구성되어 있다. 이 기구를 이용해서 통상의 운전 중에 증발압력이 저하한 경우 무부하 운전을 하면 확실히 증발압력 저하의 피해를 방지할 수 있다. 그러나 압력 이외의 면에서는 역효과가 따른다. 무부하 운전의 경우에 압축기의 능력을 적게 해서 전체의 보조기기와 같이 운전되기 때문에 보조기기의 운전시간이 길게 되어서 전체적으로 동력소비가 증대된다. 따라서, 무부하 운전은 기동시에 한정하여 사용하는 것이 바람직하다. 압축기의 무부하 운전은 전력의 낭비라 설명했지만, 무부하 기구를 변경하면 다른 역할을 하게 된다. 그것은 회전수 제어이다. 회전수 제어에 관해서는 다른 항에서 설명할 예정이지만, 전압과 주파수를 변환해서 전동기의 회전을 무단계로 바꾸는 방법이다. 전력소비는 대략 회전수에 비례해서 증감되기 때문에 전향의 무부하 운전처럼 전력 낭비가 되지 않는다.

냉장고의 냉각장치를 냉장실마다 독립시킨 분산형에는 열부하가 적게 됨에 따라서 증발압력이 저하되기 쉽다. 따라서 냉장실마다 소능력의 복



(a) 냉동 기계실

(b) 중앙제어 시스템

〈사진 2〉 냉동기기 자동화 및 절전 운전을 위한 기계실과 중앙제어 시스템

수 unit를 배치해서 부하에 적응한 대수제어를 하면 좋다. 그러나 전력소비는 합리적으로 되겠지만 시설비가 높게 된다. 소형 장치에서는 하나의 냉장실 냉각기를 복수로 하고, 1대의 압축기 회전수 제어와 냉각기의 대수제어를 조합시켜 운전하는 방법도 있을 것이다.

• 적은 보관

최근 냉장화물에 대해서 적은보관을 중요시하고 있다. 냉장화물을 가능한한 저온에서 보관하려고 하겠지만 물품의 사정에 맞는 필요하고 충분한 온도조건을 산출함으로 해서 절전과 품질관리를 동시에 할 수 있는 방법을 강구해야 할 것이다. F급 냉장고에서는 고내 유지온도를 5℃ 높게 하면, 증발압력이 약 0.3 kg/cm<sup>2</sup> 상승하므로 결과적으로는 소비전력이 약 15%정도 감소되었다는 보고도 있다. 적은보관의 상한온도는 일반적으로는 F급 냉장고의 경우 -18℃정도이다. 그러나 이것은 실온의 변동이 적을 때 가능하다. 사실, 온도를 어떻게 설정해야만 하는가 라고 하는 것은 쉬운 일이 아니다. 수산물의 경우 다소 안전도를 생각하여도 -20~-25℃의 온도 유지로 하면 되리라 생각한다. 유지온도에 관련해서 주의해야 하는 것은 화물의 건조문제이고, 근본적인 건조의 원인은 온도차이다.

급속동결시의 냉풍 이용

• 동결의 소요동력

급속동결 장치에는 여러 가지 종류가 있지만 여기에서는 air-blast식의 장치에 대해 생각하기로 한다. 일반적인 냉동공장의 동결장치는 전문적인 냉동식품 제조공장의 동결장치와는 사용목적에 다소의 차이가 있다. 일반적으로 air-blast식의 장치가 사용되며 매우 넓게 보급되고 있다. 동결의 소요 전력은 동결품의 종류나 동결온도 등에 의해 차이가 있는 것은 물론이지만, 1일의 동결능력에 대한 실제 입고량의 대소에 의해서도 많이 다르다. Air-blast장치에 의한 동결품 1 ton당의 소요 전력량은 130 kWh정도라고 추정되

지만, 이것은 1일 생산력에 거의 동등한 량의 물건을 동결할 경우의 원단위이며, 1일 생산능력에 비교해서 소량의 물건을 동결할 경우에는 1 ton 당 150~200 kWh에 달할 수도 있을 것이다.

동결의 소요동력 원단위의 대소와 실제로 지불되는 전력요금과는 반드시 정비례하지는 않는다. 1개월에 몇 일간 사용하는가? 라고 하는 조업률이 전력비의 단가에 크게 영향을 준다. 급속동결 장치의 조업률은 일반적으로 매우 낮은 것이 통례이다. 동결장치의 전동기는 냉장고의 것과 비교해서 매우 큰 것이 많기 때문에 수선설비를 합리화해서 기본요금의 감소를 기하는 것은 매우 중요하다. Air-blast장치의 동력설비가운데 강제통풍용 송풍기의 동력의 크기가 압축기 동력과 비교해서 1/3 가깝게 달하는 것이 많다. 고내 송풍은 냉장고의 경우와 같이 그 소비동력의 모두가 열에너지로 되어서 압축기의 열부하로 된다. 따라서 그 감소는 동시에 압축기 부하의 감소가 되고, 절전효과로 나타난다. 급속동결의 에너지 절약에 대해서는 송풍방법의 합리화가 최대 과제가 된다. 따라서 이것을 중심으로 해서 동결에 있어서의 바람 활용에 관해서도 고찰할 필요가 있다.

• 동결의 열부하 요소

동결실의 열부하 요소는 여러 가지가 있다. 먼저 동결실 자체를 냉각하는 열부하가 있다. 이것은 조업을 하는 날이 많게 되면, 동결실 자체의 냉각부하가 증가한다. 또 동결품에 의한 바닥면의 오염을 세척하면, 그것만으로 냉각부하가 크게 된다. 세척후에 문을 개방하고 고내를 건조시키는 것은 그다지 좋은 방법이 아니다. 품온을 동결온도까지 냉각한 열부하, 동결 진행중의 열부하, 그리고 동결품을 실내온도까지 냉각하는 열부하 등은 고정부하로 볼 수 있다.

동결실 방열면에서의 열손실은, 동결실 방열층의 두께는 통상 냉장고보다도 약간 두껍게 시공하지만, 그것에 관해서도 언급해 두고자 한다. 냉동식품 제조 등의 경우에는 동결실은 매일 사

용되어지며 유지온도가 냉장고보다도 10°C 이상 낮기 때문에, 그 방열성능을 냉장고의 것보다 양호하게 해야 한다. 고내온도가 충분히 낮게되는 것은 동결이 완료에 가까운 시점 이후의 짧은 시간이다. 따라서 동결실의 방열에 많은 비용을 소요시키는 것보다, 그 비용을 냉장고 방열에 더욱 충실히 하는 것이 보다 합리적이 아닌가 생각한다.

문의 개·폐에 따르는 열손실은, 냉장고의 경우 이것에 의한 열부하는 전체 10%정도라 보여 지지만 동결의 경우에는 그것보다 매우 적다.

냉각기 서리 제거에 의한 열손실은, 냉장고의 경우보다 동결실은 제상을 자주 실시해야 하기 때문에 제상 비용도 실제로는 상당히 소요되는 경우가 많이 있다. 따라서, 제상 회수를 적게하기 위해서는 냉각실의 편피치를 넓게 하는 것이 유효하다. 가능하면 동결 1cycle에 서리제거 1회로 하는 것이 바람직하다고 본다.

강제통풍에 의한 열부하는, air-blast장치에서는 동결실내에 강력한 송풍기를 설치하지만, 그 동력은 1일 생산 1 ton당 1.5~2 kWh로 하는 것이 통례이다. 이 동력은 동결열부하 전체에 비하면 1/3~1/4 정도가 될 수도 있다. 따라서 동결장치의 에너지 절약에 대해서는 이 송풍동력을 어떻게 감소시킬까 하는 것이 최대의 문제가 된다.

• 송풍기의 역할

고내의 송풍기에는 2가지의 역할이 있다. 첫째는 냉각기의 열교환면을 따라 실내의 공기를 통과시키는 것이고, 두 번째는 동결품의 표면으로 냉풍이 부는 것이다.

여기서 동결품 표면의 열전달, 즉 동결품과 송풍의 관계에 관해서 생각하여 보면 동결품의 표면 풍속과 열의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\alpha = 5 + 3.6 U \quad (2)$$

$\alpha$  : 열전달율 kcal/m<sup>2</sup>C/h  
 $U$  : 표면 풍속 m/sec

여기서 풍속이 0, 1, 3 m 경우의 값은 5, 8.6, 15.8 정도의 비율로 볼 수 있으나, 이러한 표면 풍속은 동결시간이나 동결품의 품질에 큰 영향을 미치므로 어느 정도의 풍속은 확보하여야 한다.

동결실 유속의 분포도 생각해 볼 필요가 있다. air-blast장치에서 송풍기로부터 나온 공기 모두가 동결품의 표면을 따라 흐른다고 하면, 평균적인 풍속은 5 m/s 이상이 될 것이다. 그러나 바람의 일부는 저항이 적은 space로 소통하고 있으므로 부분적으로 바람에 잘 접하는 부분과 그렇지 않은 부분이 있다. 따라서 동결이 빠른 부분과 늦은 부분이 있게 된다. 이 늦은 부분의 풍속은 1 m/s 이하로 되는 것도 있다. air-blast장치에서는 이러한 바람의 소통을 방지하는 것과 풍속을 동등하게 하는 것이 매우 중요하다.

• 송풍기 동력 절감 대책

매우 큰 송풍기를 사용해서 풍속을 상승시켜도 바람이 동결품의 표면 이외의 공간을 소통하여 버리면 송풍동력을 필요 없이 사용하는 결과가 된다. 또 소통한 바람의 동력은 그 대부분이 열에너지로 되어서 동결을 방해하는 역할을 한다. 동결품을 적재한 위층에 큰 공간이 있는 경우에는, 냉풍의 대부분은 이곳으로 소통하게 된다. 극간의 폭이 20~30 cm 이상이 되는 경우에는 주의해야 하며 베니아판 등을 사용해서 바람이 통하지 않도록 하는 연구가 필요하다. 따라서, 송풍효율이 좋게되면 그 만큼 송풍기 동력을 삭감할 수도 있다고 생각된다. 그러나 송풍기 동력을 너무 감소하면 동결완료까지의 시간이 길게 되어 제품의 품질에 영향을 주기 때문에 주의를 해야한다.

전기기기의 적정화

현재 냉동장치에는 동력용 전기설비 외에 정보전달이나 자동장치 등을 위한 전기 관계의 시

에너지 절약형 냉동 냉장설비

설이 많아 졌기 때문에 그 취급법에 관한 상식이 있어야 한다. 보통 냉동 강습의 내용에는 전기에 관한 것은 거의 포함되어 있지 않으나 이것은 정말로 좋지 않는 것이라고 생각된다. 왜냐하면 에너지 절약을 추진하기 위해서도 전기에 대한 상식은 매우 중요한 것이라고 사료되기 때문이다.

• 수선설비의 적정화

일반적인 냉동공장의 변압기 용량은 실제 부하에 비교하면, 너무 큰 경향이 있다. 냉동공장에는 공통적인 특색으로서 부하율이 비교적 크고, 또 사용시에는 전력소비의 증감 변동이 적다는 점 등을 들 수 있다. 특히 전력사용의 변동이 적은 것은 수선설비의 적정화에는 관계가 깊다. 만약에 변압기가 너무 크다고 생각한다면 증설공사를 예상하는 경우에는 전력량 적산계를 사용해서 자사의 최대전력 추정이 가능하다. 성하기의 주간에 필요하다고 생각되어지는 동력설비를 운전하고 한 시간당 전력소비량을 계산하면 되리라 생각된다. 예를 들면 한 시간당의 전력소비량이 115 KWh였다고 하면, 그 공장의 최대전력은 115 KWh로 봐도 될 것이다. 왜냐하면 냉장이나 제빙의 경우에는 부하 변동이 적어서 거의 일정하기 때문이다. 이 경우의 변압기 용량은 120 KVA정도가 적당하다. lift나 쇠빙기 등의 부하는 전체부하의 수 % 이내이면 운전시간도 짧아서 단속적이다. 이것들의 부하는 변압기의 능력 가운데 충분히 흡수할 수 있을 것이다.

• 변압기의

전원절단

급속동결 장치는, 그 설비동력이 매우 크며, 이 때문에 변압기 용량도 크게 된다. 따라서 기본요금도 증가한다. 이 밖에 약간의 전력 손실이 있다. 하루 작업 종료시에 모든 전동기나 전등 switch를 끄고, 다음날 아침까지 적산계의 눈금 차이를 읽어 본다면 그 손실을 알 수 있을 것이다.(누전의 가능성도 있지만 이 경우는 무시한다.) 동결설비는 사용하지 않는 기간이 특히 길기 때문에 일을 하지 않는 기간에는 변압기와 동결용의 변압기를 구분해 본다면 전원 절단이 용이하게 된다. 가능한 한 자동 switch를 설치하여 취급에 안전을 기하여야 할 것이다. 또한 고효율의 전동기로 대체한다든지 부하측 진상기를 설치하는 방법들도 적극적으로 고려해볼 문제라고 생각한다.

설계의 요점

자동장치의 검토가 중요한 항목이 되겠으나 앞에서 약술하였으므로 생략하고, 건설비 감소의 조건에 대해 생각해 보자. 가능한 한 설계는 단순화하는 것이 좋다고 생각되면, 건물과 기기의 가용년수를 고려하는 것도 하나의 요점이다. 건물은 철근 콘크리트로서 만들어 졌다면, 50년 정도는 충분히 사용할 수 있다. 또한, 기기 장치도

10년이나 15년정도 이상은 사용할 수 있다. 더욱더 주의해야 될 점은, 그 공장이 해가 지남에 따라 그때의 새로운 시대에 응할 수 있을까 어떤가 하는 것이다. 내용년수가 길다는 것을 장점이라고 생각하는 것은 옳지



<사진 3> 이동력이 설치된 냉장실



않다고 사료된다. 내용년수라고 하는 것은 물리적으로 사용에 견딜 수 있는가 없는가가 아니고 기능적으로 양호한가 어떤가가 결정되는 것이다. 따라서 건물도, 그 밖의 장치도 내용년수를 15년 정도라고 가정해서 공장전체의 사용재료 등을 선택함이 현실적이라 생각된다. 따라서 실제로는 설계년을 경과하여도 사용이 가능하다고 생각한다. 소규모 저온저장고의 경우는 가능한 한 초기 비용이 적게 소요되는 예산으로 건설하여, 새로운 시대가 오면 그 시대에 적합한 기술에 의해 교체하는 것도 현명한 방법이라고 할 수 있다.

저온 냉장고의 경우 설계 온도조건이 5°C 정도 내려가면, 기계장치의 시설비는 20%정도 증가하고 운전경비도 그 만큼 높게 된다. 따라서 처음부터 -20°C ~ -25°C의 고내온도를 예정하고, 설계하면 적당하리라 생각된다. 자동창고의 경우는 pallet의 수용율이 큰 것이 좋을 것이다. 이점에서는 자동주행 선반의 역할이 중요하다. 특히, pallet의 3단 산적과 4단 산적을 비교하면, 수용율은 3 : 4 비율로 된다. 그러나 건축이나 방열의 공사는 벽면이 1.5m 낮은가, 높은가의 차이 뿐이기 때문에 공사비용의 차는 크지 않다.

기타 방열요령, 배관의 단축, 세련된 기기의 선정 등도 있으며, 공사업자에 대한 편리 도모나 공사에정일을 확실히 지키는 것도 결국은 건설비를 삭감할 수 있는 것이라 생각된다.

기타 설비상의 요점으로서, 장래적으로 볼 때 이동랙의 수요가 증가될 수 있음도 감안하여야 할 것이지만, 이것은 에너지 절약과 편의성으로부터 검토될 문제로써 공장의 일부분, 예를 들면 20%정도를 이동랙으로 하는 것 등을 생각할 수 있을 것이다. 그리고 합리적인 저온저장고의 설비계획 기준으로 입고율의 향상, 품질관리 문제, 하역의 신속성, 수용효율의 향상, 플랫폼의 냉장화 등이 있다. 설계자는 물론 업주는 초기설비 비용의 절감계획을 세울 필요가 있고, 이것에는 적당한 사용재료의 선정, 방열공법, 형틀공법의 효율화 등의 개선도 고려해 보아야 할 것이다.

## 결론

이상, 냉동장치의 원가 절감 대책에 중점을 두어 검토하였다. 기존 냉동장치들에 대해서는 장치의 근대화, 또는 운전방법의 개선이나 컴퓨터에 의한 재고관리를 통해서 에너지를 절감할 수 있을 것이다. 그리고 신설 계획인 공장에 대해서는 세련된 설계 요령과 과잉설비를 피하고 되도록 실제 운전조건에 가깝게 함으로서 가능할 것으로 보았으며, 이상의 각 사항에 대해서는 냉동공장의 경영주는 물론 설비설계, 시공 담당자들에게도 도움될 것으로 생각한다. ㉞