

家電製品의 에너지節約

洪 國 男*

■ 차

례 ■

- 1. 서 론
- 2. 전기 냉장고
 - 2.1 냉장고의 개요
 - 2.2 냉장고의 소비 전력량 측정기준
 - 2.3 냉장고의 에너지절약 추진방향
- 3. Room Air Conditioner (RAC)
 - 3.1 에너지 절약 방향
- 4. Show Case
- 5. 결 론

1. 서 론

1973년 oil shock 이후 전 세계는 energy 절약의 길로 접어들었다.

특히 국내는 energy 소비의 거의 전부를 수입에 의존하고 있으며, 高 energy價 국가중 하나이므로 각 기업체는 소비자의 요구와 정부의 정책도 있어 1980년 부터 가전제품중 특히 냉장고에 energy절약 제품을

개발하기 시작하였다. 그 결과 1981년도에는 전년도 대비 약 40~50%의 소비전력 절감 효과를 내었으며 여타 제품도 현재 개발에 진념하고 있다.

표 1은 일반 가정에 있어서의 소비전력량 내역의 일례를 나타내고 있으며 여기에서는 가정용 냉장고, 에어컨, show case에 관하여 기술하고자 한다.

표 1. 한세대당 소비전력량의 예(1980)

기	기	소비전력량 kwh	비 %
냉	장	55	38.7
조	명	23	16.2
	Color TV	20	14.1
	Room Air Con.	20	14.1
전	기	18	12.7
소	제	3	2.1
전	기	1.2	0.8
선	기	1.8	1.3
합	계	142	100

2. 전기 냉장고

가정용 전기냉장고는 냉동실(冷凍室)과 냉장실(冷藏室)을 갖는 냉동 냉장고와 냉장실만을 갖는 냉장고 그리고 냉동실만을 갖는 냉동고로 나누고 있지만, 현재 판매되고 있는 전기 냉장고의 80% 이상이 냉동냉장고이며 이하 냉동 냉장고(이하 냉고)에 대하여 기술한다.

전기 냉장고는 70년도 120ℓ, 80년도에는 200ℓ로 대형화 되고 있는 실정이다.

2.1 냉장고의 개요

냉장고의 냉각 방식은 대별하여 직접 냉각방식(直冷式)과 간접 냉각방식(間冷式)으로 나눈다.

직냉식의 냉각방식은 그림 1과 같이 냉동실과 냉장실에 각각 독립된 전용 냉각기(冷却器)를 갖고, 냉동실은 식품을 냉각기 표면에 저장하여, 열전도와 냉기대류 열전달 및 복사열 전달로 냉동시킨다.

주 1) 하절기제품은 2~3개월 가동하는 것으로 계산함.

2) 전평 20평 Apt를 기준으로 했음.

* 正會員 : 金星社 昌原工場 部長

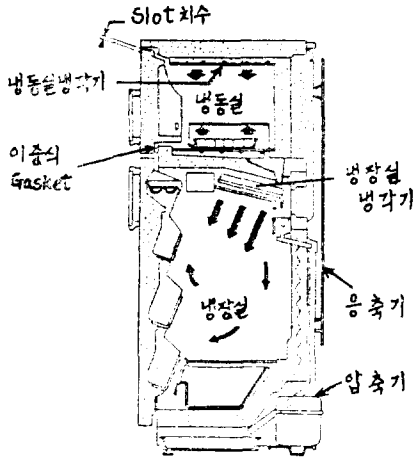


그림 1. 직냉식 냉장고 구조도

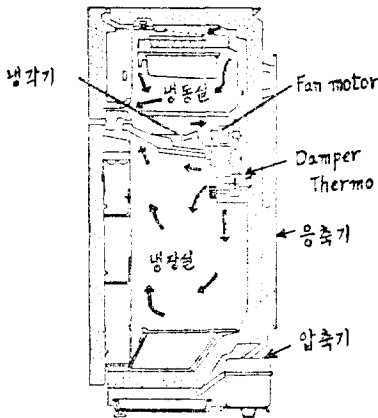


그림 2. 간냉식 냉장고 구조도

이 직냉식은 열전달 효율이 좋아 절전(節電)효과는 좋으나 실용 상태에서 냉각기 표면에 서리가 낄 경우 오히려 효율이 떨어지는 경우가 있다.

한편 그림 2에서 나타내는 간냉식은 냉각기 하나로 냉기 fan으로 냉기를 냉동실로 불어내고 일부의 냉기를 냉장실로 공급시켜 냉동실→냉장실→냉동실로 냉기를 강제 순환시키는 방식이다.

이 방식의 특징은 냉각기에 쌓이는 서리를 주기적으로 heater로 강제 제상(除霜)시키므로 냉동실 표면에 서리가 붙지 않는 것이다.

2.2 냉장고의 소비 전력량 측정기준

'81년 부터 정부 코시로 국내 생산 냉장고에 소비전력을 표시토록 의무화 했으며 그 월간 소비 전력량 계산식은 다음과 같다.

주위온도 30°C 및 15°C에서 각각 측정하며 14시간

운전후 냉장실은 12분에 1회, 냉동실은 40분에 1회도어 개폐하며 10시간 운전 모두 24시간 운전시킨후의 일일(一日) 소비 전력량(kwh/日)을 기준으로 다음과 같이 계산한다.

$$\text{월간 소비전력량} = \frac{W_{15} \times 265 + W_{30} \times 100}{12} \text{ (kwh/月)}$$

W_{15} : 주위온도 15°C에서의 일일소비전력량 (kwh/日)

W_{30} : 주위온도 30°C에서의 일일소비전력량

2.3 냉장고의 Energy절약추진 방향

냉장고는 냉기를 발생시키는 냉동 cycle 부분과, 냉기를 '보존하는 단열 구조와 냉기 순환 구조 및 제상 heater 등 불요 부하로 대별할 수 있다.

2.3.1 냉동

cycle의 심장부는 압축기이며 소비전력량의 80%를 차지한다.

압축기는 체적효율, 모우터 효율, 기계효율을 종합적으로 향상시키고 성적계수(成績係數: COP)를 향상시킬 필요가 있으며 현재 대부분 100%를 넘고 있다.

특히 압축기 모우터에 running condenser를 사용함으로써 전체 절전효과의 1/4을 달성했다고 해도 과언이 아니다.

냉장고의 부하의 크기, 구조에 따라 냉동 cycle을 적정 설계해야 하며 이 부분도 상당히 절전효과에 기여를 한다.

2.3.2 단열 구조의 개선

1) 단열재료의 개선

냉장고의 단열재(斷熱材)로서 glass wool을 사용했으나 국내에서는 75년경 부터 polyurethan 발포로 바꾸기 시작했으며 최근 절전 목적으로 고밀도 polyurethan 발포로 바꾸었다.

2) 냉기 누설의 방지

냉장고 door 부분의 gasket를 2중으로 만들어 이 부분의 누설을 최대한 격해 하고 있다.

3) 단열벽의 증가

압축기 또는 냉각기와 접하는 부분의 단열벽을 두껍게 키워 이 부분으로 통한 열 loss를 막는다.

2.3.3 불요 부하의 감소

냉장고 외벽에 이슬맺힘을 방지하는 dew, 방지 heater 대신에 응축기 단말에 hot line을 직결시켜 여기서 방열되는 열을 활용했으며 냉장실 내부의 온도를 조절하기 위한 내벽의 heater 등 불필요한 전열 heater를 모두 삭제하고 있다.

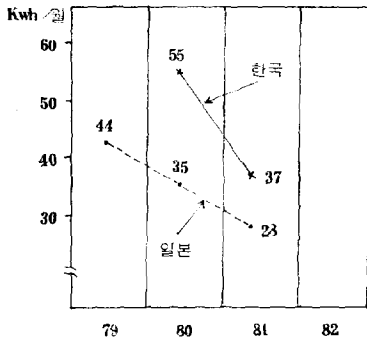


그림 3. 년도별 절전 실적(냉장고)
주) 간냉식의 일정 maker의 사례임

특히 간냉식의 경우 냉기 순환용으로 사용하는 fan motor를 병동고 밖으로 나오도록 설계하고 이 motor 자체의 입력도 9w에서 5.5w까지 줄이고 있다.

2.3.4 소비전력의 절감 현황

그림 3에서와 같이 국내는 80년보다 48%이상 절감되었으며 일본과 비교하면 약 1년이상 늦어지고 있는 실정이다.

82년도는 아직 발표는 되고 있지 않으나 200l 표준형이 모두 30kwh/月 이하는 될것으로 전망하고 있다.

그러나 앞으로 83년이 고비이며 향후 2~3년내에 절전 효과는 한계에 이를 것으로 보여진다.

3. Room Air Conditioner(RAC)

RAC는 보급율이 매우 낮고, 하절기 2~3개월 밖에 가동되지 않으므로 년평균 전력 소비량은 냉장고에 비해 낮으나, 향후 보급의 증가와 하절기 집중 사용으로 인한 민간 전력소비의 집중 현상과 사회적 needs에 의해 Energy절약화의 연구가 각 업체별로 진행되고 있는 실정이다.

이웃 일본은 '83냉동년도('82.10~)부터 법적으로 소비전력 판계 규제를 하도록 되어 있으며 이를 위해 약 4년전('78)부터 준비토록 정부에서 유도해 오고 있다.

소비전력의 규제 방법으로는 소비전력당 냉방 능력치(冷房能力値)인 EER로 표시토록 하고 있다.

$$EER = \frac{\text{냉방능력}}{\text{소비전력}} = \frac{\text{kcal/hr}}{\text{watt}} \quad (\text{일본})$$

$$= \frac{\text{BTU}}{\text{watt}} \quad (\text{미국})$$

(energy efficiency ratio)

미국은 각 주 정부별로 규제하고 있으며 규정된 EER이하의 제품은 판매금지 시키고 있다.

표 2는 일본의 규제치를 표시한다.

RAC는 실내기(室内機)와 실외기(室外機)로 구성된 분리형(split type)과 실내외기가 동일 제품으로 결합된 일체형(window type)으로 대별할 수 있다.

실내기는 증발기와 송풍기로 구성되어 있으며, 송풍기가 실내 공기를 증발기로 보내어 열교환 시켜 냉각시키고 이것을 다시 실내로 보낸다.

실외기는 압축기, 응축기, 송풍기로 구성되어 있으며 실외의 공기를 응축기로 보내 열교환 시켜 실내측에서 흡수된열을 실외로 배출 시키는 구조로 되어있다 일체형의 경우 증발기는 실내측, 응축기, 압축기는 실외측으로 되어 있으며 두개의 송풍기는 모두터를 공용하고 있다.

Energy절약 측면에서는 분리형이 매우 유리하며 사용면에 있어서도 소음이 적으며 실내기를 박형(薄形)으로 할 수 있어 유리하다.

3.1 에너지절약 방향

그림 4와 같이 일본의 경우 냉동능력 1800kcal/h(일

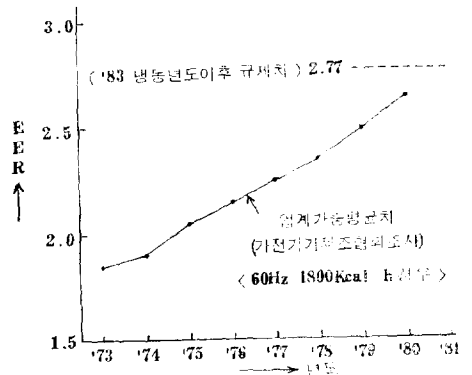


그림 4. 일본의 RAC EER향상 현황

표 2. 일본의 EER 규제치(RAC)

구분	용량(냉방능력)	EER(법적규제치)	비고
一體形 (Window Type)	3550kcal/h 이하	2.11이상	$EER = \frac{\text{냉방능력 (kcal/h)}}{\text{소비전력 (watt)}}$ (EER: Energy Efficiency Ratio) ※ '83냉동년도('82.10~)부터 규제
	3550kcal/h 이상	1.93 "	
分雜形 (Split Type)	3550 " 이하	2.77 "	
	3550 " 이상	2.08 "	

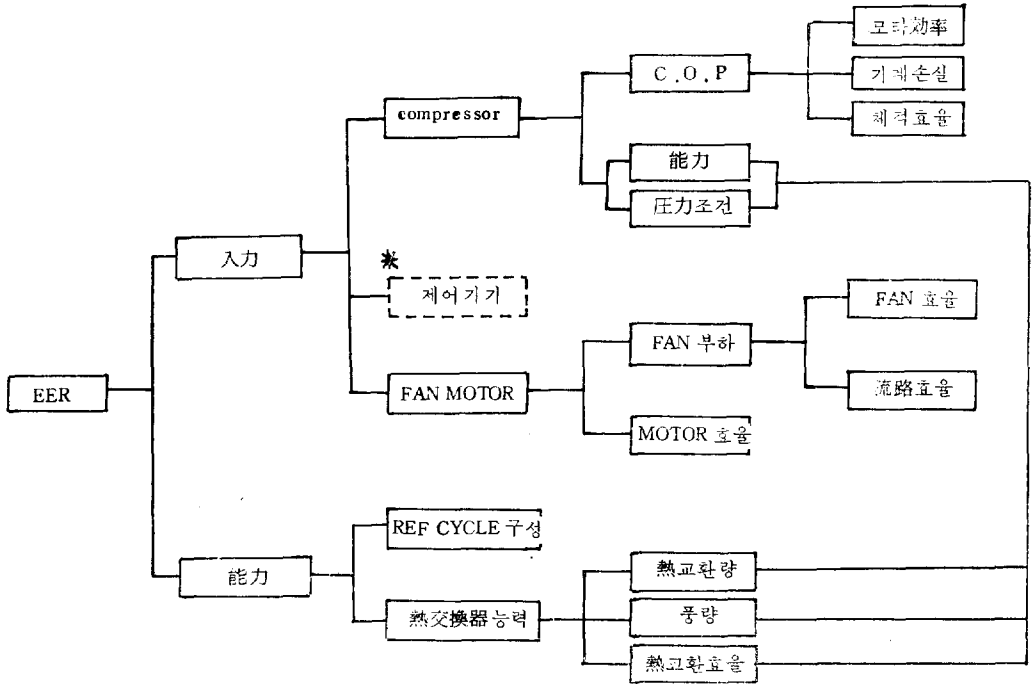


그림 5. RAC의 EER 체계도

본의 주력 grade)의 것을 예를 들면 '73년 대비 '80년 현재 약 1.44배 EER이 증가하여 44%의 Energy절약효과를 내고 있음을 알 수 있다.

그 후 '81년도에 일본 각 업체에서는 벌써 EER이 3.6을 넘는 기종을 한가지 이상씩 생산하고 있는 실정이다.

국내에도 EER 향상을 위해 각 업체 별로 연구중인 것으로 알려지고 있다.

EER을 높게 할려면 제품도 대형화 되고 cost up되므로 신기술 개발이 없는 한, 상품으로서의 한계가 있다.

그러하여 제품 자체 뿐만이 아니고 사용면에 있어서도 소비전력을 절감할 수 있는 요소가 많다.

3.1.1 제품의 Energy절약 방안

RAC를 구성하고 있는 압축기, 열교환기, 송풍기 등 기능부품의 효율 향상과 냉동 cycle의 효율 개선, 운전 제어 방식 개선을 통한 불필요한 전력소모방지등을 들 수 있다.

그림 5은 EER 향상을 위한 체계도를 나타낸다.

각 요소별 중요방안을 나열하면 다음과 같다.

1) 압축기 : motor 효율향상

- 기계손실의 저감
- 조립정도 향상
- 습동부의 마찰손실 저감

유체손실의 저감

체적효율의 향상

각 부의 clearance, 도출변의 진동연구

2) 열 교환기 : fin의 pattern, pitch의 조정 및 pipe

의 내면에 주름 만들기등으로 열교환면적의 증가

3) 송풍기의 효율향상

모우터의 효율개선

최근 대형 air conditioner의 경우 부하의 변동에 따라 냉동 cycle의 냉동능력을 가변시켜 최적운전 시키는 방법이 개발되고 있으며, 특히 주파수 변환 inverter를 사용 압축기의 속도를 가변시켜 20~30%의 절전효과를 내고 있는 예도 있다.

3.1.2 사용면에 있어서의 Energy절약

저나친 냉방은 건강에 좋지 않으며 27°C~30°C사이의 온도가 신체에 무리를 주지 않는 온도범위로 알려져 있으며 취침중에는 2°C정도 높은 온도가 적당하다 사용면에 있어서의 energy절약 방안으로서는

- 1) 실온을 적온(適溫)으로 약 2°C 높게 설정함으로 약 20% 절전
- 2) air filter를 항상 깨끗이 유지
- 3) timer등을 사용 필요 시간만 운전
- 4) 풍향을 상면이나 정면으로
- 5) 실내외기에 직사광선이 닿지 않도록 한다.
- 6) 실내로 부터의 냉기 누설을 적게 한다.

- 7) 건물의 단열재 사용
- 8) 실외기의 공기 흡입구 및 취출구가 막히지 않도록 한다.

등과 같은 예를 들 수 있다.

4. Show Case

Ice cream, 우유 또는 청량 음료수등의 저장 판매에 많이 사용되고 있는 show case류도 각 음료수 및 식품의 유통 장비의 개선과 더불어 매년 출하대수 및 그 운전시간이 증가되고 있는 실정이므로 절전의 필요성이 인식되고 있다.

Show case의 경우 절전 기준은 유효내용적(有効内容積)당 시간당 소비전력(w) 즉 w/l로 표시하고 있다

Show case는 내용물을 전시 판매하기 위한 제품이므로 이 목적에 부합되는 기능과 Design이 요구되어야 한다.

즉 내용물을 볼 수 있도록 투시 glass door를 사용한다든지 광고 목적으로 형광등을 사용하는 것 등이다.

Show case의 절전 방안은 냉장고와 마찬가지로 냉동 cycle의 효율 향상 냉기 누설의 방지등으로 나눌 수 있으며 그 개선책은 다음과 같다.

- 1) 압축기의 역률 개선을 위해 running condenser 채용
- 2) 응축기 방열을 좋게 하기 위해 통풍 개선
- 3) 냉기 순환용 또는 응축기용 fan motor의 효율향상
- 4) seal 구조의 개선
- 5) 단열벽의 polyurethan발포

- 6) 냉각기를 pipe on sheet에서 Aluminium bond로 변경하는 방법이 있다.

5. 결 론

이 외에도 조명기구, 진공 소제기, 세탁기등도 energy절약화를 위해 개발 진행 되고 있다.

가전제품의 개개의 소비전력량은 매우 작으나 전국 총 소비 전력량으로 환산하면 엄청난 량이 되며 미미한 절전 효과라 할지라도 금액적으로 상당한 절감효과가 나타난다.

Energy절약 제품 개발로 인한 업체의 개발투자비 증가로 initial cost는 상승되나 결국 running cost는 빠져 life cycle cost는 down되는 효과를 가져 올 것이다.

그러나 획기적인 기술의 변천이 없고서는 제품의 Energy절약화는 한계가 있으며, 소비자의 사용적 측면에서도 소홀히 해서는 않된다.

즉 불필요한 조명기구는 끈다든지, 진공 소제기의 경우 운전 시간을 단축키 위해 청소 구역을 미리 정리한 다음 청소한다든지, 하절기에 냉장고를 통풍이 잘 되는 위치에 설치하고 도어 개폐 회수를 줄인다 든가, 온도 조절기를 불필요하게 저온으로 setting하지 않는 다든지, RAC의 경우 설정 온도를 1~2°C 높게 setting 하고 filter를 깨끗이 청소하는 일, show case의 경우 설치장소는 직사광선을 받는 곳을 피하고 주기적으로 제상(除霜)시켜 주는 것 등의 세밀한 배려가 필요하며 이러한 노력으로 적어도 10~20%정도 절전 효과를 낼 수 있다고 생각된다.