

# 냉방기기 현장 운영 현황

김 성 수\*, 강 용 태†

## Operation and management state for cooling systems

Sung Soo Kim\*, Yong Tae Kang†

\*Department of Mechanical Engineering, Kyung Hee University, Kyung-gi 449-710, Korea

† Department of Mechanical Engineering, Kyung Hee University, Kyung-gi 449-710, Korea

**ABSTRACT:** 경제성장에 따라 에너지 수요는 지속적으로 증가되어 왔다. 국민경제 성장에 따른 생활수준 향상으로 여름철 냉방에너지 수요 또한, 계속적으로 증가하고 있다. 여름철 냉방수요의 증가는 하절기 전력공급을 위태롭게 하고 있어 국가 전체 에너지 이용효율을 악화시키는 주요 요인으로 작용하고 있어 가스냉방 및 축냉 시스템의 보급을 정부가 주도하여 왔다. 본 연구에서는 계속적으로 증가하고 있는 냉방기기를 분류하여 특징 및 운영상의 문제점을 살펴보고, 개선방향에 대하여 제시하였다. 합리적인 운영으로 하절기 냉방수요의 대부분을 차지하고 있는 냉방기기의 에너지를 합리적으로 이용할 수 있어야 하겠다.

**Key words:** 냉방기기, 운영 현황

### 1. 서 론

에너지의 안정적 공급은 경제성장에 필수적인 요소로서 경제성장에 따라 에너지수요는 지속적으로 증가되어 왔다. 80년대 이후부터 국민경제 성장에 따른 생활수준 향상으로 여름철 냉방에너지 수요는 연간 20%정도 증가하였으며, 향후에는 약 30%의 급격한 증가가 예상된다.<sup>(1)(2)</sup>

냉방부하는 특성상 여름철 낮 시간에 집중적으로 발생하여 공급예비율과 부하율을 악화시키는 요인으로 작용하여 전력이용의 효율성을 저하시키고, 국가적으로 에너지 공급비용을 상승시키는 요인이 되고 있다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 2006년 하계최대전력은 58,994천kW인데, 냉방부하는 22%로 13,000천kW를 차지하였다.

여름철 냉방수요의 증가는 하절기 전력공급을 위태롭게 하고 있으며, 국가 전체의 에너지 이용효율을 악화시키는 주요 요인으로 작용하고 있

다.<sup>(3)</sup> Fig. 2에서 천연가스 동하절기 수요추이를 나타내었다. 하절기 전력수요의 급증과 가스 수요의 동고하저 현상을 동시에 해결할 수 있는 효과적인 방안으로 정부에서는 여름철 가스냉방의 보급 확대를 제시하였고 꾸준히 보급되어 왔다. Fig. 3에서 가스냉방 보급현황을 나타내었다.

가스냉방 보급 목표는 전력-가스간의 상호보완적인 역할 및 에너지 이용합리화를 통한 국가경쟁력 제고에 있다. 즉, 전력부하의 상당부분을 차지하는 냉방수요를 천연가스를 이용한 냉방으로 대체함으로써 안정적인 전력수급을 유지하는 것이다. 또한 천연가스의 기저부하 향상을 통해 가스와 전력간 상관설비의 이용효율을 향상시킬 수 있기 때문이다.

지속적으로 증가할 냉방 에너지 수요에 대응하기 위하여 본 연구에서는 냉방기기를 분류하고 운영상의 특징을 분석하였다. 또한 냉방기기의 운영상의 문제점을 살펴보고, 개선 방향을 제시해 보고자 한다.

† Corresponding author

Tel.: +82-31-201-2990; fax: +82-31-201-8106

E-mail address: ytkang@khu.ac.kr

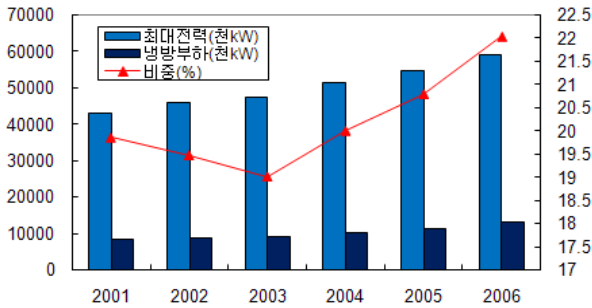


Fig. 1 하계최대전력 및 냉방부하 추이

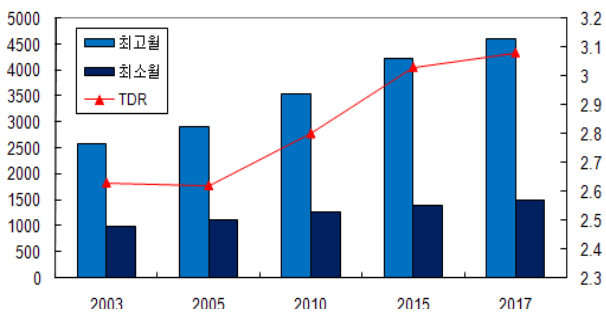


Fig. 2 천연가스 동하절기 수요추이

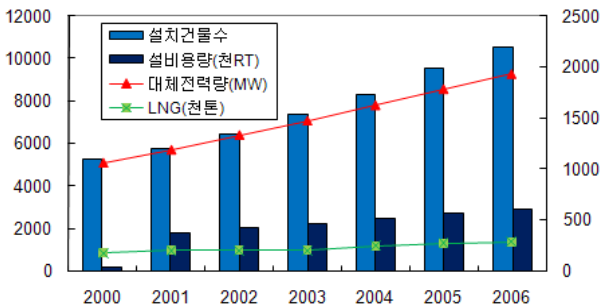


Fig. 3 가스냉방 보급현황

## 2. 본 론

### 2.1 냉방기기의 분류

#### 2.1.1 시스템 에어컨

대표적인 전기 냉방설비인 에어컨은 공조시장의 거의 대부분을 차지하고 있다. 따라서 생활수준이 향상되고 고급화를 추구하는 현대사회에서 에어컨이라는 설비는 필수품으로 인지가 되고 매년 그 보급량이 기하급수적으로 증가하고 있다.

시스템에어컨은 한 대의 실외기에 다수의 실내기를 냉매배관으로 연결하는 냉난방시스템이다. 시스템에어컨은 중앙공조방식에서 필요한 기계설

이나 냉각탑 공조기 등 부대적인 기계설비가 필요 없어 공간절약 공기 건축비 등의 저렴하고 간단한 조작만으로 ON/OFF를 할 수 있어 따로 관리자를 둘 필요도 없다.

따라서 공간절약성이 뛰어나며 건축비 절감 및 공기 단축효과가 기존 시스템에 비해 우수해 미래지향적 공조시스템으로 각광받고 있다. 일반 가정용 에어컨이 건물 완성 후 설치하는 냉방방식이라면 시스템에어컨은 건물 설계시 반영되는 공조시스템이라는 점도 다른 점이다. 또 실내공간에 따라 여러 종류의 실내기를 조합한 복합형과 천장카세트형, 천장매립덕트형, 벽걸이형, 코너형 등을 설치할 수 있어 인테리어 비중이 커지는 최근 건물에 적합하다.

#### 2.1.2 터보냉동기

터보냉동기는 증기압축식 냉동기의 일종으로 원심압축기를 사용하여 높은 효율(COP 5)로 대용량의 냉매를 압축할 수 있기 때문에 흡수식 냉동기와 더불어 중앙공조용으로 널리 사용되는 냉동기이다. 압축기의 구동에 주로 모터를 사용하기 때문에 가스나 스팀을 구동원으로 저압에서 물의 흡수현상을 이용하는 흡수식 냉동기와는 구동원과 작동원리에서 크게 대변되는 것이 특징이다.

터보냉동기는 구동원으로 전기모터를 사용하기 때문에 (드물게 가스엔진이나 터빈을 사용하기도 함) 사용자가 소비전력에 민감하게 되어 있다. 터보냉동기의 수명이 20년 정도에 이르는 데다 구입비가 다소 비싸더라도 효율이 좋은 기계는 수년 내에 투자비 회수가 가능하기 때문에 시장에서는 가격보다 효율이 중요한 구매인자로 되어 있다. 전기비는 냉동기의 효율, 즉 성적계수에 직결되며 냉동기의 성적계수는 압축기의 설계기술의 우열에 따라 크게 좌우되는 특징이 있다.

#### 2.1.3 빙축열 시스템

빙축열 시스템은 값싼 심야전력을 이용하여 심야시간대(20:00~08:00)에 냉기를 저장해 두었다가 부하가 발생하는 낮 시간대에 냉방을 하는 시스템으로 물이 얼음으로 상변화 되면서 수반되는 잠열을 이용하므로 많은 양의 냉기를 저장할 수 있다. 이러한 빙축열 시스템은 건물의 부하변동에 대응하지 않고 냉동기가 운전될 수 있기 때문에 냉열을 효율적으로 생산하게 되며, 부분부하 운전

시 축열조만으로 냉방부하가 감당되므로 경제적인 운전을 이룰 수 있다. 하절기 주간 냉방수요 급증에 따른 피크 전력 관리를 위해 빙축열 시스템을 활용하고 있다.

또한, 공급 열원기기를 전부하 연속운전에 의해 정격운전이 가능하고 부하 변동이 심하거나 공조계통 시간대가 다양한 곳에서도 안정된 열공급이 가능하다. 건물의 증설 또는 용도변경에 따른 미래부하 변화에 대한 적용성도 높다. 그러나 빙축열시스템의 설치운용에 있어서 축열조 설치에 따른 소요공간과 초기투자비가 증가하고 운전시간 장기화에 따른 관리 인건비가 상승하며, 심야운전에 따른 진동 또는 소음 등의 환경문제에 대한 대책이 요구되고 있다. Fig. 4는 빙축열 시스템의 개략도이다.

### 2.1.4 흡수식 시스템

흡수식 냉방 시스템은 작동원리상으로 냉매증기를 고온고압으로 전환시켜 주는 단계에서 증기압축식 사이클과의 차이가 발생한다. 증기압축식 시스템은 고온고압 증기를 위해 기계적 에너지를 사용하나, 흡수식 냉방 시스템은 냉매증기를 흡수기에서 흡수시키고, 이를 액체 펌프로 가압한 뒤, 기계적인 방법 대신 열에너지를 이용하여 고온고압의 증기를 생성한다.

이를 통해, 구동에너지를 비교적 저렴한 1차 에너지로 선택할 수 있어 운영비용이 증기 압축식에 비해 상대적으로 저렴하고, 환경친화적 자연냉매에 대한 선택의 다양성이 확대된다.

반면, 결정화 문제로 거론될 수 있는 LiBr 등의 흡수제 석출현상이 시스템의 효율 감소 및 고장을 발생시킬 우려가 있다. 따라서 시스템 운전 중 적절한 관리를 통해 결정이 생기지 않도록 용액 농도 범위를 유지해야 한다. Fig. 5는 흡수식 시스템의 냉방 사이클의 개략도 이다.

### 2.1.5 가스엔진구동열펌프(GHP)

GHP(Gas engine driven heat pump)는 LNG와 LPG를 열원으로 가스 엔진의 동력으로 구동되는 압축기에 의해 냉매를 실내기과 실외기 사이의 냉매배관으로 흐르게 하여 액화와 기화를 반복시켜 여름에는 냉방장치로, 겨울에는 난방장치로 이용하는 가스 냉난방 멀티공조시스템이다.

GHP는 450~600℃의 엔진 배기가스 및 70~9

5℃의 엔진 냉각수 배기열을 이용하여, 단순 냉난방은 물론, 급탕과 공업적 가열 등 지금까지 불가능했던 열펌프로서의 기능을 확장시킬 수 있다. 또한 이러한 열에너지는 기존 EHP의 단점으로 제기되는 외기온도에 따른 영향을 최소화할 수 있다.

반면, 엔진을 구동원으로 쓰는 기기의 특성상, 일정 기간을 두고 엔진 정비가 필요하다는 점과 엔진의 소음 및 진동 발생을 고려해야 한다. Fig. 6 GHP 구성도이다.

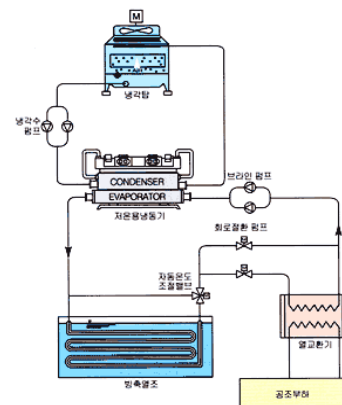


Fig. 4 빙축열 시스템

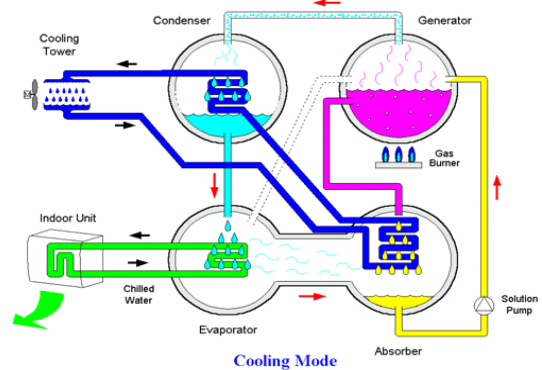


Fig. 5 흡수식 시스템 냉방 사이클

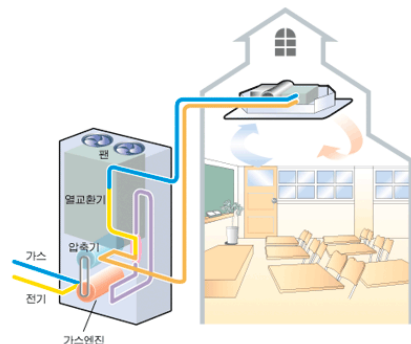


Fig. 6 GHP 구성도

## 2.2 냉방기기 운영

제 3차 전력수급기본계획에 따르면 국내 총 전력수요량은 2006년 3,531억kWh에서 연 평균 2.5% 증가해 2020년에는 4,786억kWh에 달하고, 최대전력수요도 2020년에는 올해 5,899만kW의 1.2배인 7,181만kW에 이를 전망이다. 냉방전력은 하절기 냉방수요에 소비되는 전력이다. 경제성장으로 인해 냉방보급률이 점차 증가하는 추세를 고려하면 냉방수요는 미래에도 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

냉방전력부하를 용도별 냉방전력으로 구분하면 가정용은 25%, 상업용은 66%, 산업용은 9% 수준이다. 전기 냉방시장 규모를 예측하기 위해 Table 1에서 각 냉방기기 형태에 따른 대표 용량 및 누적보급대수를 나타내었다.<sup>(4)</sup> 창문, 룸, 패키지형은 모두 5RT 미만의 소용량 냉방기기이며, 냉동기(터보, 스크류, 왕복동식, 빙축열)는 30~2000RT 급의 대형 냉방기기로 구분하였다.

가스냉방 설치용량은 IMF 시기를 제외하면 매년 증가 추세이며, 가스냉방기 보급용량의 증가는 냉방 수요를 분담하는 역할을 함으로서 계절별 가스수요를 평준화 시킬 뿐만 아니라 전력 최대 부하를 감소시키는 역할을 담당할 수 있다.

정부에서는 매년 늘어나는 냉방 수요로 인한 하절기 전력사용량 증가와 전력 예비율 감소에 대한 대안으로 전기 냉방기기에 대한 대체 냉방의 확대에 초점을 두고 있다. 그 중 대표적인 대체 에너지원인 천연가스를 사용하는 가스 냉방시설에 대한 생산, 보급에 관심을 기울이고 있다.

일본가스협회가 가스냉방보급실적에 따르면 누계가스냉방용량은 전년대비 4.5% 증가한 1214만 1000냉동톤(RT)로 꾸준한 성장을 나타냈다. 흡수식냉온수기는 2.7% 증가한 870만7000RT였으며 GHP는 9.3% 증가한 343만5000RT로 GHP의 호조가 여전히 두드러졌다. 하지만 국내 가스냉방보급 확대를 위해 2007년 지원한 설치지원금은 23억 5,600여만원으로 집계되어 전년대비 25.6% 감소했고 총보급용량은 전년대비 3.2% 증가했다. 한국가스공사의 통계에 따르면 GHP, 흡수식 등 가스냉방기기는 총 3,232대가 보급되었고, 보급총용량은 12만1,218RT였으며, 가스흡수식이 353대, GHP가 2,879대가 보급되었다. Fig. 8은 GHP의 신규 보급 대수를 보여주고 있다.

전체 냉방용량을 살펴볼 때, 가스식 냉방기기의 비율은 최대 6.5% 정도로 전기식 냉방기기의 93.5%에 비교하여 보았을 때, 매우 낮은 비율을 보여주고 있으며, 가스식 냉방기기인 흡수식과 GHP의 비율은 전체 냉방용량 대비 각각 약 4.8%, 1.7%의 비율을 나타낸다.

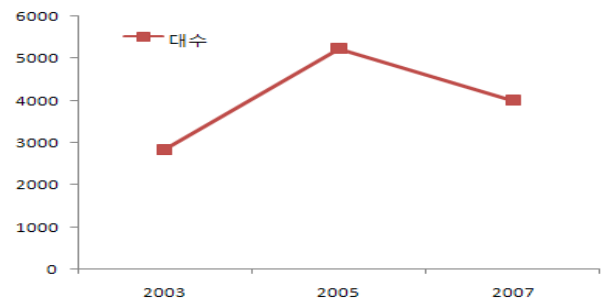


Fig. 7 GHP 신규 보급 대수

Table 1 전기냉방기 보급 현황

형태	규격	대표용량 기준	보급대수(누적치)	비고
창문, 룸, 패키지	10평 이하	1.0RT	3,320,900	5RT 미만
	11-20평	2.1RT	6,002,226	
	21-25평	2.4RT	1,452,870	
	26평 이상	3.0RT	252,000	
터보 냉동기	135~2000RT	1200RT	12,123	5RT 이상
스크류 냉동기	30~450RT	250RT	4,030	
왕복동식 냉동기	5~120RT	80RT	15,760	
빙축열 시스템	300~750RT	550RT	585	

### 2.3 냉방기기 운영 상 문제점 및 개선사항

터보냉동기는 사용의 용이성과 뛰어난 제어성 때문에 일반 공조용으로 많이 사용하고 있는 제품이다. 국내에서는 전기 수급 사정상 전기를 많이 소모하는 압축식 냉동기보다 전기를 사용하지 않는 흡수식 냉동기 사용이 권장되고 있는 실정이다. 터보냉동기의 경우 원심압축기 설계가 핵심이며 압축기의 크기가 작아지고 많은 일을 요구하므로 고속화되고 있다. 이러한 압축기의 고속화로 발생하는 가장 큰 문제로 소음과 진동문제가 있다. 특히 소음은 사용자의 편의성과 관련이 있기 때문에 중요하게 다루어져야 할 것으로 판단된다.<sup>(5)</sup>

빙축열 시스템의 경우, 공급 열원기기를 전부하 연속운전에 의해 정격운전이 가능하고 부하 변동이 심하거나 공조계통 시간대가 다양한 곳에서도 안정된 열공급이 가능하다. 건물의 증설 또는 용도변경에 따른 미래부하 변화에 대한 적용성도 높다. 그러나 빙축열시스템의 운영에 있어서 가장 큰 문제점은 운전시간 장기화에 따른 관리 인건비가 상승과, 심야운전에 따른 진동 또는 소음 등의 문제로 이에 대한 대책을 요구하고 있다.<sup>(6)</sup>

에너지관리공단에서 대전지역에 설치된 가스 흡수식 냉온수기 및 냉동기가 설치된 54업체의 113대를 현장 조사하였다. 현장 조사 결과, 흡수식 냉온수기는 냉각수온도가 32℃를 넘는 경우 흡수기내 용액온도 상승으로 흡수 능력이 떨어지고 응축기 내의 냉매 응축온도가 상승하여 고온 재생기의 온도가 상승하게 되어 안전운전에 영향을 미치게 된다. 냉각수온도 1℃ 상승 시 냉수온도는 약 0.6℃ 상승한다. 또한 냉각수 유량이 변할 경우에도 냉동능력에 영향을 미치며 냉각수유량이 10% 감소 시 냉동능력은 약 4% 감소하는 것으로 알려져 있다. 그러므로 냉각수 순환량의 점검 및 전열관 청소를 주기적으로 해야 할 필요가 있다.

흡수식 냉온수기는 각 제작사에서 제작 시 외부로부터 누입량을 줄이기 위해 플렌지 이음, 나사이음 등을 용접 화 및 기내의 상태관찰용인 보기창의 삭제 등 누설억제에 대한 노력을 하고 있으며, 제작 후 누설검사에서는 헬륨가스를 이용한 검사를 통해 극히 미세한 누설조차 허용하고 있지 않다. 그러나, 흡수식 냉온수기의 운전 시 리

튬 브로마이드 수용액과 함께 봉입되어 있는 부식억제제에 의해 강판표면에 보호피막이 형성되는데 이때 수소가스(불응축 가스)가 발생하게 된다. 흡수식 냉동기에서는 불응축 가스에 미치는 영향이 커서, 흡수기 내에 극소량의 불응축 가스가 있어도, 흡수 능력을 대폭으로 감소시킨다. 이 경우는 연료를 연소시켜도 용액의 농도만 진해지며 결국은 결정을 일으키는 사고로 발전하게 된다. 그러므로 진공상태를 항상 감시하는 것과 필요에 따라서 추기장치를 올바르게 운전하는 것이 필요하다.

공기비가 증가하면 비례적으로 CO 발생량이 증가하며, 특히 공기비가 1.94 이상에서 CO발생량이 크게 증가한다. 따라서 적정공기비로 운전하면 과잉공기에 의한 열손실을 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 불완전연소도 감소할 수 있어 연료절감에 크게 기여하게 되므로 적정공기비관리가 필수적이며, 매우 중요하다고 할 수 있다.

적정공기비운전, 배가스열 회수 및 불완전연소 방지 등에 의한 연소효율 향상시 많은 에너지를 절감할 수 있으며, 특히 운전효율 향상 방안 중 가장 중요하고 효과적인 방법이 적정공기비 운전이라고 할 수 있다. 이러한 적정공기비운전을 지속적이고 체계적으로 하기위하여 흡수식냉온수기를 매년 법적으로 운전성능검사를 실시하는 것이다. 참고로 보일러는 법적으로 매년 성능검사를 받고 있어서 적정공기비운전이 지속적으로 실시되어 많은 에너지절감을 거두고 있다. 따라서 에너지이용합리화법을 변경하여 흡수식냉온수기의 성능검사 제도를 신설할 필요가 있다.<sup>(7)</sup>

GHP 설치 업체 중 약 10개소를 선정하여 기기의 현장을 방문하여 기기의 운영을 살펴보았다. GHP는 운전관리의 미숙으로 인한 문제를 겪고 있었다. 예를 들어, ON/OFF 운전 이외의 관리 정보 및 지식이 부족하였고, 낙뢰방지 시설 및 우천시 안전문제에 대한 의식이 부족하였다. 천연가스 연료 사용의 위험성에 대하여 인식이 부족하여 관리자 및 시공자에 대한 교육 시스템이 필요할 것으로 여겨진다.

GHP는 대부분 수입된 기기를 사용하여 고가의 부품교환을 통하여 A/S가 실시되고 있어 비용면에서 낭비되어지고 있는 부분이 있었다. 이 문제는 국내 GHP 전문 A/S 요원을 교육시켜, 고가의 기기를 장기간 사용할 수 있도록 사후관리를 담

당할 인력으로 성장시켜야 한다.

GHP는 10,000시간 또는 5년에 한번 정기점검 및 교환이 필요하다. 부품 교환 비용으로 약 200만원이 소요되고 있는 실정인데, 이것은 GHP의 운영 상 가장 큰 문제점이라고 할 수 있다. 부품의 국산화를 통하여 유지보수비용을 절감할 필요가 있다. GHP는 국내 생산에 있어 초기 단계라고 볼 수 있다. 이 단계에서 제품의 표준화를 이루어 점검 및 보수가 효율적으로 이루어질 수 있게 해야 한다.<sup>(8)</sup>

### 3. 결 론

지금까지는 각 냉방기기에 대한 특징 및 운영상의 문제점을 다루었다. 터보냉동기, 빙축열 시스템, GHP 및 흡수식 냉온수기의 경우 모두, 기기의 관리를 위해 관리자가 필요하여 관리 인건비가 추가적으로 요구된다. 또한 기기의 심야운전에 따른 진동 또는 소음 등의 문제로 이에 대한 대책이 요구되고 있다.

GHP와 흡수식 냉온수기의 경우 기기의 운전 연료는 가스이다. 2007년 전기세의 경우 7% 인하된 반면 가스비의 경우 66% 인상되었다. 가스비의 상승으로 인하여 가스냉방기기를 운영하는 업체들은 운영 자체에 어려움을 호소하고 있다.

경제발전과 온실효과로 더워지는 환경으로 인하여 가정 및 건물에서 냉방기기의 설치는 미래에도 계속적으로 증가될 것이다. 합리적인 운영으로 하절기 냉방수요의 대부분을 차지하고 있는 냉방기기의 에너지를 합리적으로 이용할 수 있어야 하겠다.

### 참고 문헌

1. Long term diffusion road map for LNG-Fired air-conditioning devices, 2005, Report of Korea Gas Coporation.
2. Statistic Report of production for refrigeration and air-conditioning devices, 2006, Korea Refrigeration and Air-Conditioning Association.
3. Jeong, S., Cho, K., Kim, M. S., Kim, Y., 2007, A Study on the Status and Promotion Plan of Gas Cooling, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp. 358~364.
4. 김정국, 조금남, 김민수, 조진민, Analysis of Air-conditioning Market, 2005, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 1204~1213.
5. Cho. N. Y., A Study on efficiency of cool thermal storage system, Yonsei university.
6. Jeon, W. H., A Study on the Identification of Noise Source and the Noise Reduction Method of a Turbo Chiller, 2002, 유체기계저널, Vol 7, No 3, pp. 7-13.
7. 가스직화 흡수식냉온수기 운전효율 향상사업 결과 보고서, 2006, 에너지관리공단.
8. 가스 엔진 구동형 히트펌프 (GHP) 성능 향상 연구, 2006, 에너지관리공단.