

냉방용 가스사용을 중심으로 추정된 냉방전력수요 평가

김창수 이창호
한국전기연구원

A Study on the Evaluation of Cooling Demand using Cooling Gas Sales

C. S. KIM, C. H. Rhee,
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - Cooling demand in Korea has increased constantly. Furthermore, an evaluation and savings of cooling demand has impacted on summer DSM and investment in Korea. Absorbed cooling system uses gas. It could achieve reductions in summer peak load and increase gas demand simultaneously. However its efficiency rate is lower than electric system. Gas cooling system uses separate meter. Therefore we could analyze monthly cooling demand and derive annual uses pattern.

This paper analyzes demand pattern of gas cooling and its effects on electricity savings. Also this paper presents the course of policy in electricity sector on spreading of gas cooling measures.

1. 서 론

우리나라는 대체로 하계에 최대수요가 발생하며, 이에 따라 최대부하절감을 위한 전력수요관리에 하계 수요관리에 집중되고 있다. 2003년의 경우에 여름철 수요관리 3,900MW 중에서 휴가보수 및 하계절전이 2,000MW이다.

<표 1> DSM 추진실적 (누계)

년도	휴가 보수	자율 절전	축냉 설비	고효율 기기	인버 터	원격 제어 에어컨	가스 냉방		합계
							가스 냉방	합계	
1991	183		6				126	315	
1992	316		9				175	500	
1993	280		18				230	528	
1994	487		29	3			287	806	
1995	653	140	43	15			356	1,207	
1996	839	388	58	44			430	1,759	
1997	835	698	75	82			516	2,206	
1998	594	993	100	132			555	2,374	
1999	694	987	115	193			635	2,624	
2000	1,069	698	139	256		2	736	2,900	
2001	1,091	849	183	339	2	4	824	3,292	
2002	1,091	788	230	426	7	11	908	3,461	
2003	1,128	942	268	498	13	19	1,004	3,872	

여름철 냉방설비에 대한 수요관리 실적으로는 가스냉방이 1,000MW, 축냉설비 270MW, 원격제어에어컨 20MW 정도로 추정되어 가스냉방에 의한 수요관리에 대한 효과가 매우 큰 것으로 발표되고 있다. 그러나 현재 축냉식 냉방설비에 대한 지원은 있으나, 가스흡수식 냉방설비에 대한 전력기금에서의 지원은 이루어지지 않고 있다. 이번 연구에서는 전력분야 수요관리에서 큰 비중을 차지하고 있는 가스냉방에 대하여 보급량과 월별 가스사용 등을 중심으로 분석하고 이에 따른 전력분야 효과를 기존 전기냉방설비, 축냉냉방설비 등과 비교하여 분석한다. 아울러 가스사용 패턴을 이용하여 하계 냉방수요를 추정한다.

2. 흡수식냉방 보급현황

2.1 흡수식 냉방기 보급

흡수식 냉방설비는 낮은 기압에서 물의 증발열을 이용하여 냉방하는 기술이다. 증발한 물을 회수하기 위하여 흡수액(취하리튬:LiBr)을 사용하며, 이 흡수액을 재사용하기 위하여 가열하여 흡수된 수증기를 추출한다. 따라서 냉방을 위한 대부분의 에너지는 흡수액을 재사용하기 위한 가열에 사용되며, 기타 순환 등 시스템 가동에 전기가 일부 사용되어진다.

일반 냉방설비는 압축기가동에 따른 소음이 발생하나, 흡수식냉방은 기계적인 작동이 일부분이므로 소음이 거의 없는 장점이 있다. 그러나 냉방효율은 압축식 냉방설비에 비하여 낮다. 냉방효율은 COP로 나타내며, 일반 압축식 및 축냉식 냉방설비는 COP가 2.6~3.6이나, 가스흡수식냉방의 경우에는 COP가 최대 1.1이며, 평균적으로 0.8 수준에 있다.

다음은 가스냉방 보급실적을 나타낸 것이다.

<표 2> 가스냉방설비 보급추이

연도	설치 건물 (개소)	보급 대수 (대)	설비 용량 (천RT)	LNG사용량(천톤)		RT당LNG 사용 (kg/RT)
				냉방용	전체	
1990	497	686	185	3.6		19.49
1991	881	1,175	280	6.3		22.51
1992	1,372	1,768	389	12.5	3,481.1	32.11
1993	1,869	2,373	511	25.0	4,365.3	48.90
1994	2,363	3,060	639	45.1	5,783.1	70.60
1995	2,906	3,824	792	49.4	6,979.1	62.37
1996	3,456	4,609	956	70.9	9,203.9	74.19
1997	4,065	5,476	1,146	117.9	11,146.9	102.92
1998	4,347	5,873	1,232	119.5	10,422.3	97.02
1999	4,808		1,411	138.0	12,654.9	97.80
2000	5,354		1,637	172.7	14,216.8	105.50
2001	5,584		1,831	199.5	15,587.1	108.96
2002	6,270		2,212	203.2	17,703.1	91.86

주 : 설치건물 수, 설비용량은 누계치.
자료: 한국가스공사 영업처

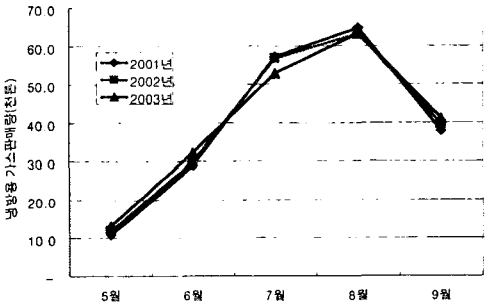
현재 정부는 여름철 냉방부하에 의한 전력수요 증가를 줄이기 위하여 신축건물 중에서 다음에 해당하는 건물은 주간최대 냉방부하의 60%이상을 가스냉방 또는 축냉식 냉방설비로 설치하여 공급하도록 하고 있다.

- 연면적 10천㎡이상의 건축물로 중앙집중식 공기조화설비 또는 냉난방 설비를 설치하는 건축물
- 연면적 3천㎡이상 업무시설, 판매시설, 연구소
- 연면적 2천㎡이상 숙박시설, 기숙사, 유스호스텔, 병원
- 연면적 1천㎡이상 일반목욕탕, 특수목욕탕, 실내수영장

현재 가장 많이 보급되어 있는 가스 냉난방기는 LiBr형 흡수식(냉매는 물)이며, 2002년말 기준으로 천연가스 권역 내에서의 가스냉방기 보급실적은 6,270개소에 2,212천 RT 보급으로 연평균 20%의 높은 성장률을 기록하고 있다

<표 3> 가스냉방용 도시가스판매실적(톤)

년\월	5월	6월	7월	8월	9월
2001년	10,930	28,997	57,114	64,598	37,871
2002년	12,038	29,876	56,696	63,145	39,529
2003년	13,323	32,294	52,902	63,156	41,208



<그림 1> 가스냉방용 도시가스판매 추이

현재 냉방용 가스소비량은 2002년도 기준으로 전체 연간 소비량의 약 1%인 20만톤 수준으로 매우 낮으나, 이에 대한 전력부분 수요절감 효과는 매우 크다. 냉방을 위한 가스사용은 하계 온도수준, 지속시간 등에 따라 달라지나 최근 6년간의 평균은 매년 100kg/RT 수준으로 사용되고 있다. 최근 3년간은 설비증가에도 불구하고 거의 비슷한 수준의 가스사용 실적을 보이고 있다.

2.2 흡수식 냉방설비 이용률 추정

위의 표에서 가스냉방의 경우 냉방설비 보급용량 RT당 연간 100kg을 사용하고 있으며, 이를 가스냉방효율 COP를 0.8로 가정할 경우에 용량 RT당 연간 평균냉방열량을 약 1 Gcal/RT 정도의 냉방가동 수준이다.

$$\text{연간냉방량(Gcal/RT)} = 100\text{kg/RT} \times 0.8 \times 13,000\text{kcal/kg} = 1.04\text{Gcal}$$

정격 RT출력시 시간당 가스사용량은 다음과 같다.

$$\text{가스사용량} = (1\text{RT}/0.8) \times 3,300 / 13,000 = 0.32\text{kg/h}$$

따라서 연간 1 Gcal을 사용할 경우에 정격출력으로 315시간 정도 가동되는 것으로 평가된다. 월별 가스냉방의 사용시간 분석은 다음과 같다.

<표 4> 가스냉방기의 일평균가동시간(정격출력 환산)

	5월	6월	7월	8월	9월
2001년	0.724	1.468	3.781	4.276	1.862
2002년	0.635	1.774	3.107	3.460	2.449
2003년	0.759	1.917	3.015	3.599	2.669

위의 표에서 7, 8월에 가동시간이 가장 많으며, 정격출력 환산으로 평균적으로 약 3.6시간의 가동을 나타냄을 알 수 있다. 그러나 위의 값은 월평균으로 실제 여름철 쉼대부하는 날씨가 올라가고 불쾌지수가 높을 때 발생하며, 이 시기에 냉방설비의 가동률은 더욱 높아지게 된다.

일반적인 냉방부하 분석에서 사용하는 연간 가동시간은 다음을 기준으로 하고 있다.

$$\text{연간 가동시간} = 900\text{시간}(10\text{시간/일, 3개월}) \times 0.7(\text{가동률}) = 630\text{시간}$$

따라서 일반적인 가동률 분석은 실제 가동시간보다 많은 시간으로 분석된다.

3. 가스냉방의 냉방수요절감효과와 경제성 분석

3.1 냉방설비의 기본자료 조사

현재 가스흡수식 냉방설비의 경제성 분석은 기존 전기식 냉방과의 비교에 의한 경제성과 흡수식 및 축냉식 냉방 시스템에 대하여 동시에 경제성을 분석한다. 현재 가스 흡수식 냉방설비의 평균용량이 200RT의 대용량 급이다. 대용량 설비에 대해서는 실제 설치장소에 따라 총 설비의 차이가 많이 발생하므로 여기서는 표준용량인 40RT를 기준으로 분석하였다.

현재 가스공사의 설치지원금은 30RT 초과에 경우에 냉방용량 톤당 1만원을 지불하고 있으며, 이 지원금은 전체 냉방설비에 비하여 매우 작은 수준으로 축냉식 냉방설비의 지원금과 많은 차이가 있다.

다음은 이번 분석에서 사용한 40RT 급 냉방설비의 설비 비용 및 특성자료를 나타낸 것이다.

<표 5> 40RT급 설비비용 및 특성자료

구분	기존냉방	전축냉	부분축냉	가스냉방
냉방기준	40RT	40RT	40RT	40RT
적용	18.0	56.5	28.7	41.6
설비 비용 (백만원)	공랭:21.0 수냉:16.0	실외기:20.2 축열조:29.8 열교환기:6.5	실외기:10.1 축열조:14.9 열교환기:3.7	41.6
전력용량	35kW (주간용량)	40kW (심야용량)	22kW (주간용량)	1.0kW
효율 (COP)	3.2	3.1	3.0	0.8
축냉손실	NA	30%	15%	NA
수명	15년	15년	15년	10년
지원금 (만원)		감소량:20kW 지원:960 장려: 96 세금:565	감소량:10kW 지원:480 장려: 48 세금:287	지원금: 40 장려금: 40

현재 흡수식 냉방설비의 경제성 분석은 기존 전기식 냉방설비의 비용분석과 비교하여 경제성을 평가한다.

소요비용 평가는 설비비용은 수명기간동안 균등화기법을 사용하며, 여기에 적용되는 할인율은 8%를 적용하였다. 가스냉방의 가스요금은 가스공사에서 여름철 수요증가를 위한 요금으로 주택용 및 일반용에 비하여 30%~45% 저렴하며, 서울경기 지역의 평균인 264.8원/m³(327.9원/kg)을 적용하였다.

<표 6> 냉방시스템의 소요비용 비교(수용가 기준)

(단위:천원)

구분	기존냉방	전축냉 냉방	부분축냉 냉방	가스냉방
냉방기준	40RT	40RT	40RT	40RT
연간 고정비용	2,103 (2,103)	6,596 (4,780)	3,356 (2,436)	6,200 (6,080)
변동비용 (315시간)	3,619	903	1,371	1,436
변동비용 (630시간)	4,999	1,523	2,273	2,775

경제성 분석에서 연간 냉방설비의 가동률에 따라 경제성이 달라지며, 앞에서 분석한 전부하용량 출력시간으로 315 시간과 630시간을 적용하여 분석하였다.

3.2 캘리포니아 테스트

가스냉방 및 축냉식냉방의 캘리포니아테스트에서 비교되는 대상은 일반 전기냉방시스템과의 비교이다. 비교에서 편익은 기존 냉방시스템에 대비한 편익이며, 비용은 해당 DSM 기기(냉방프로그램)에 대한 비용이다.

아래의 비용 및 편익 산정에서 회파설비는 LNG 복합화력 및 송변전설비를 기준으로 산정하였다.

<표 7> 프로그램테스트 결과(315시간 운전기준)
(단위 : 천원/년)

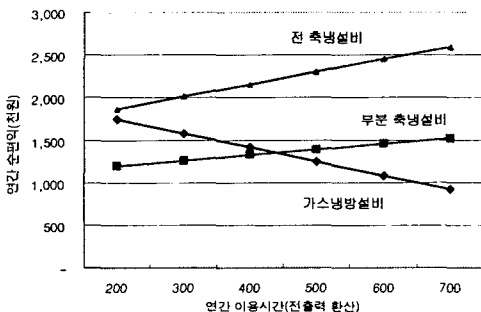
구분		UC	P	RIM	TRC
가스 냉방	편익	6,808	5,781	6,960	9,063
	비용		7,663	3,619	7,511
	편익/비용	NA	0.75	1.92	1.21
부분 축냉 냉방	편익	2,689	6,614	4,060	4,792
	비용	754	4,727	4,373	3,522
	편익/비용	3.56	1.4	0.93	1.36
전 축냉 냉방	편익	6,859	7,482	7,762	8,961
	비용	1,509	7,500	5,127	6,927
	편익/비용	4.55	1.00	1.51	1.29

<표 8> 프로그램테스트 결과(630시간 운전기준)
(단위 : 천원/년)

구분		UC	P	RIM	TRC
가스 냉방	편익	7,598	7,161	7,749	9,852
	비용		8,975	4,999	8,823
	편익/비용	NA	0.80	1.55	1.12
부분 축냉 냉방	편익	3,057	7,994	5,330	5,160
	비용	920	5,629	5,919	3,687
	편익/비용	3.32	1.42	0.90	1.40
전 축냉 냉방	편익	7,468	8,862	9,171	9,751
	비용	1,840	8,120	6,838	7,258
	편익/비용	4.16	1.09	1.34	1.34

가스냉방의 경우에는 냉방효율인 COP가 0.8임에 비하여 축냉식 냉방은 최소 3.0 이상이다. 이에 따라 냉방에 소요되는 종합에너지 효율은 발전 및 송배전을 포함한 효율을 40%로 가정할 경우에 가스냉방의 종합COP는 0.8, 전기냉방의 종합COP는 1.2 이상으로 전기냉방의 에너지 이용 효율이 높다. 따라서 냉방설비의 이용이 증가함에 따라 가스냉방의 순편익 및 B/C율은 낮아지나, 축냉식 냉방설비의 순편익은 증가하게 된다.

아래 그림에서 이용시간 변화에 따른 순편익은 전축냉설비가 가장 높으며, 부분축냉의 경우에 450시간 이상의 경우에 가스냉방에 비하여 순편익이 높아진다.



<그림 2> 냉방설비별 순편익 변화

3.3 가스냉방시스템 보급정책방안

현재 하계 부하관리를 위한 냉방기기는 축냉식냉방과 가스냉방이 있으며, 일정규모이상의 신축건물에 의무적으로 설치하도록 되어 있다. 축냉식의 경우 축냉을 위한 공간이 필요하며, 공간활용 측면에서 가스냉방의 보급이 유리하여 축냉설비에 비하여 많이 보급되어 있는 실정이다. 그러나 전체적인 효율개선은 축냉식이 우수하다.

분석에서는 가스냉방의 경우에는 참여자영향에 대한 B/C분석이 1.0 이하로 나타나 있다. 그에 비하여 가스냉방에 지원이 없는 전기사업자 측면에서는 많은 편익이 발생함을 알 수 있다. 이는 가스냉방에 대한 수요관리 효과가 매우 높으며, 이에 따라 전기분야에서 가스냉방을 보급하기 위한 지원정책이 있어서 가스냉방 참여자의 편익이 높아지며, 추가적인 참여유도가 가능하다. 다만, 이용률이 높아질 경우에는 에너지의 효율적 사용측면에서 불리하며, 이를 극복할 수 있는 가스냉방의 COP의 개선이 이루어져야 한다.

4. 결론

이번 연구에서는 가스냉방시스템의 가스사용을 기준으로 현재 평가하고 있는 냉방시스템에 대하여 분석하였다. 축냉설비의 경제성 및 B/C분석에서 이용률 선택이 매우 중요하며, 가스냉방의 이용률을 바탕으로 전체적인 B/C 분석을 재검토 하였다. 실제 냉방시스템 가동은 가스사용량을 기준으로 이전에 평가기준보다 적은 이용률을 나타내고 있으며, 이를 기준으로 분석할 경우에 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 현재 이용률이 낮은 수준으로 평가되며, 이 이용률에서는 가스냉방의 경제성이 높음.
- 가스냉방의 참여자영향이 1.0이하이며, 이는 가스냉방에 대한 수용가의 자발적 참여를 막는 요인이다. 총자원 비용은 1.0이상이므로 전기분야의 편익에 대한 일부를 가스냉방의 보급에 활용할 수 있는 정책수단 마련이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, 한국전기연구원, "경제적 전력시장에서 중장기 수요관리사업 추진방안", 연구보고서, 2004. 4
- [2] 한국전력공사, 한국전기연구원, "수요관리제도의 지원금수준 적정성 연구", 연구보고서, 1999. 7
- [3] 한정옥, "가스흡수식 냉동기", 한국가스공사 연구개발원
- [4] 한국전력공사, "전기요금표", 2004. 3,