

# 냉방에너지 소비현황 및 전망

국내 냉방에너지에 대한 소비분석을 통해 가스냉방의 도입 필요성 및 보급효과를 소개하고자 한다.

한 정 옥

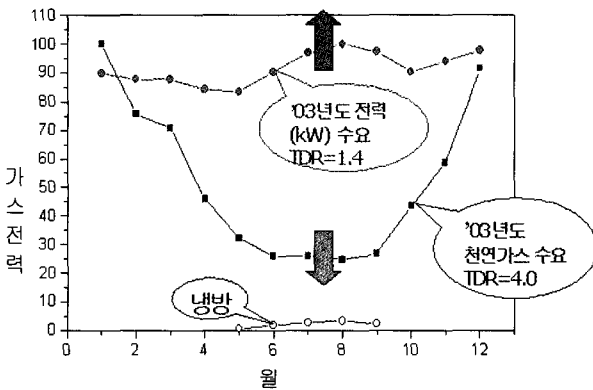
한국가스공사(johan@kogas.or.kr)

## 에너지 소비 현황

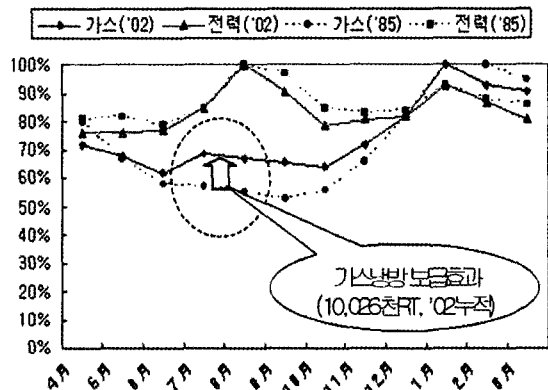
### 가스와 전력의 연간 수요형태

국내와 일본의 에너지 소비형태는 그림 1에 나타난 바와 같이 가스와 전력이 계절별로 다른 형태를 보이고 있으며 특히 하절기의 경우 두 에너지원은 서로 상반된 수요형태를 보이고 있다. 전력은 냉방 수요로 인해 하절기에 최대수요를 보이고 있고 가스

는 난방수요로 인해 동절기에 수요가 집중되는 현상을 보이고 있다. 계절별 수요편차에서는 가스가 전력에 비해 큰 편차를 보이고 있다. '03년을 기준으로 전력의 경우 TDR(turn down ratio)<sup>1)</sup>은 1.4인 반면 가스의 경우 4.0으로 3배 수준의 차이를 보이고 있다. 일본의 경우는 '85년에 비해 '02년도에 상당히 완화된 형태를 보이고 있으며 '02년도 천연가스 TDR은 1.6 수준이다.



a) 국내의 가스-전력 수요형태



b) 일본의 가스-전력 수요형태

[그림 1] 국내와 일본의 에너지 소비 현황 비교

1) TDR=월간 최대수요/월간 최소수요

**천연가스 소비현황**

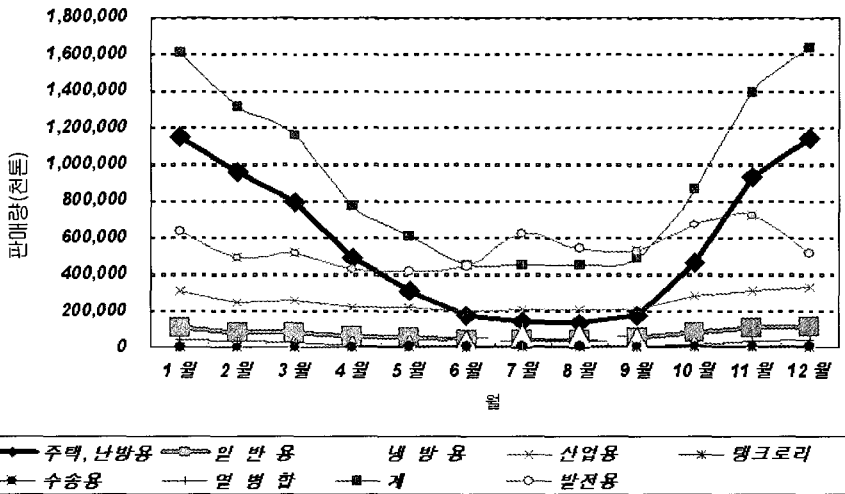
천연가스는 '87년 국내에 처음으로 도입된 이래 도시가스 배관망의 확대에 힘입어 급격한 성장을 이루어 왔다. 그림 2는 연도별 국내 가스의 공급량을 월별 용도별 그래프로 보여주고 있으며, 주택난방용의 경우 수요편차가 크게 발생됨을 알 수 있다. 가스는 난방 또는 취사 목적의 주택난방용 수요와, 발전용, 산업용 등으로 그 용도가 집중되어 있고 냉방용은 전체 가스 공급량의 1% 수준으로 매우 적은 수요이다.

**전력 소비현황**

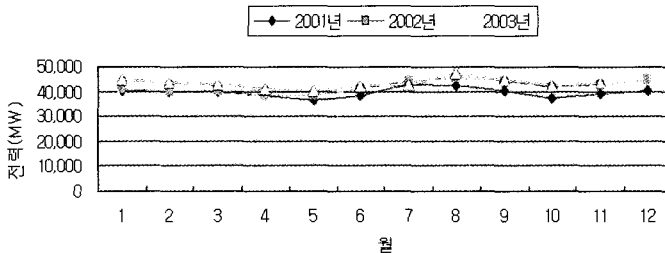
그림 3은 '01년부터 '03년까지의 월별 최대전력 추

이로서 '03년의 경우 최대전력은 47,385 MW이었으며 매년 상승하는 경향을 보이고 있다. '03년 월간 최고전력 수요차이는 5월의 최고부하가 40,679 MW임을 고려하면 8월의 최고부하와 14%의 차이이며 이를 발전부하로 표시하면 6,700 MW (=47,385 - 40,679) 이다. 여기서 설비측면에서 볼 때 구축된 설비가 수요에 따라 예비로 대기됨으로서 운영되지 못하는 경우 설비의 감가상각이 발생되며 운영비용에 전가될 수밖에 없다.

초기투자비에 대한 비용효과를 고려하기위해 수요편차를 최대전력과 월간 평균전력 최소와의 차이를 살펴보면 전력통계<sup>2)</sup>로부터 28% 수준인 약 13,200

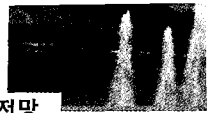


[그림 2] 용도별 가스 판매현황



[그림 3] 월별 최대전력 변화추이('01~'03, 전력통계)

2) 월 최고전력 : 8월(47,385 MW), 5월(40,679 MW), 월 평균 최소전력 : 5월(34,186 MW)



MW(=47,385-34,186)의 수요차가 발생한다. 이는 월간 최고전력 차이인 6,700 MW보다 커지게 된다. 이를 전력수요 TDR로 표시하면 약 1.4가 된다. 즉, 투자된 설비를 효과적으로 이용하기 위해서는 이러한 수요편차를 최소화 할 수 있는 방법이 필요하다. 전기는 특성상 저장개념이 없기 때문에 최대부하를 상회하는 발전설비를 보유해야 하므로 월간 수요차를 최소화 할수록 설비 이용효율이 향상되고 설비투자가 감소됨으로서 효과적인 에너지 공급구조가 될 수 있다.

2,232천 RT에 상당하는 보급 실적을 보이고 있다. 이러한 가스냉방기 보급용량의 증가는 냉방수요를 분담하는 역할을 함으로서 계절별 가스수요 평준화뿐 아니라 전력 최대부하를 감소시키는 역할을 하고 있다. 그러나 전체 수요 중 냉방수요는 '03년에 203천 톤으로 전체 수요의 1.2% 수준의 미미한 실정이다.

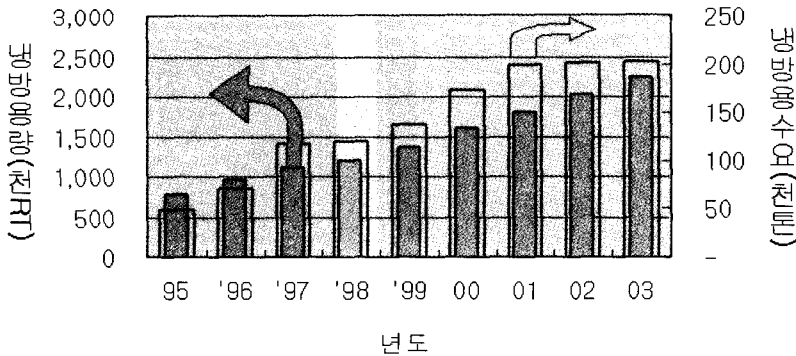
과거에 발전용 수요는 천연가스의 수요공급에 상당한 역할을 담당하였으나 '01년 한국 전력의 수. 화력 발전부문이 5개 발전사로 분할됨으로서 경쟁에 의한 발전이 시작되었고 따라서 사용 연료도 경제급전 원칙으로 전환되게 되었다. 이에 따라 천연가스는 발전 연료에서 지위가 약화됨으로서 안정적인 공급을 보장받을 수 없게 되었다. 또한 계절별 수요형태도 발전사의 상황에 따라 결정됨으로써 가스의 안정적인 수급에 도움을 주기 어렵게 되었다.

그림 5는 '03년 국내 발전 5개사에서 발전용으로

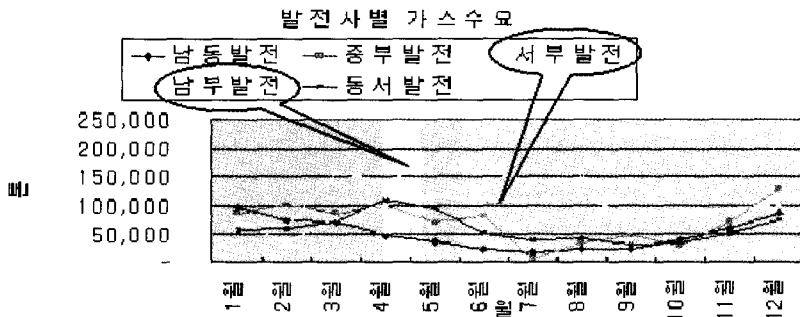
## 냉방에너지 분석

### 가스냉방보급 현황

가스냉방 설치용량은 IMF 시기를 제외하면 매년 증가추세이며 그림 4에서 보는 바와 같이 '03년을 기준으로 설치건물수는 7,343개소에 누적용량으로



[그림 4] 국내 가스냉방 보급용량 및 천연가스 냉방수요



[그림 5] 발전사별 발전용 천연가스 수요형태 '03년 기준)

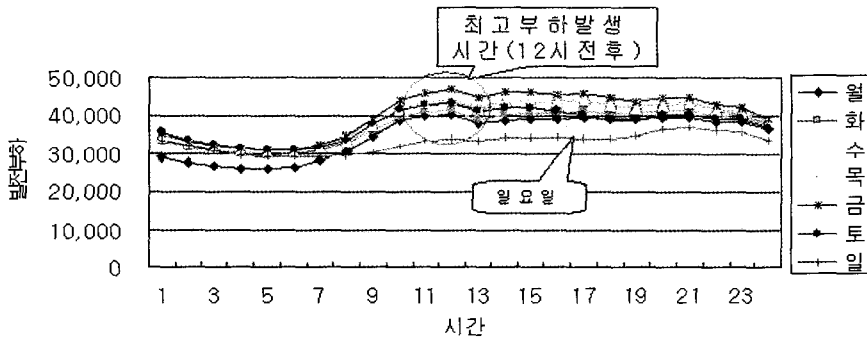
사용한 천연가스 수요형태이다. 서부와 남부발전을 제외한 3개 발전사들은 하절기 수요가 동절기 수요보다 작음으로서 천연가스의 수요관리에 도움을 주지 못했음을 알 수 있다. 발전용의 경우는 하절기에 수요가 집중되지 않고 오히려 동절기에 최대수요가 발생하고 있다. 이러한 현상은 천연가스를 사용하는 발전용 수요가 최대전력 발생형태와 무관하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 발전용 천연가스가 전체의 35% 수준임을 고려할 때 발전용의 계절별 수요형태는 천연가스의 수요관리에 상당한 영향을 미치며 향후 이에 대한 불확실성에 대비할 필요가 있다.

**전기냉방**

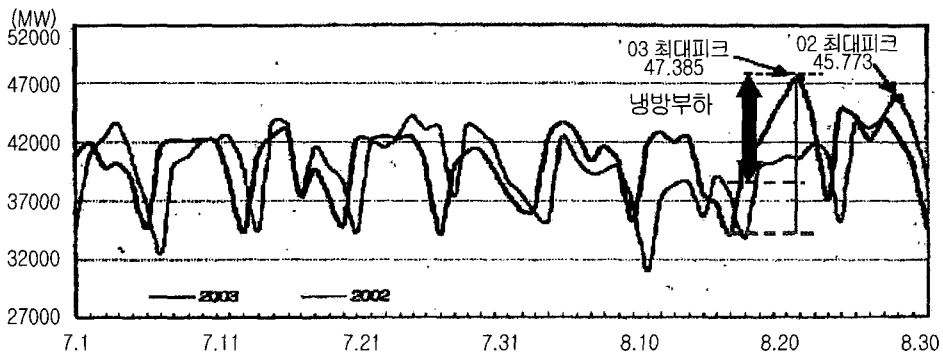
그림 6은 최대전력이 발생하는 기간에 1주일 동안 시간별 최대부하 추이를 관찰한 것이다. 피크전력은

낮 12시경에 발생되었으며 지속시간은 1시간 이내이다. 이때 부하는 새벽시간에 최저부하를 나타내며 최대부하가 발생한날의 일일 편차는 34% 수준이다. 또한 최대피크가 발생한 시간의 주간 편차는 28%에 이르며 주일인 일요일이 최저부하를 나타낸다. 전력의 수요형태를 분석한 결과 일일 편차가 크고 주간 및 월간 편차도 큼을 알 수 있다.

그림 7은 일간 최대 전력부하로서 주간단위의 주기를 갖는 것을 알 수 있다. 이는 일요일이 최소 전력을 나타내는 그림 6의 결과를 포함하는 것이다. 여기서 냉방부하로 인한 최대전력 영향을 분석한 것이 그림 8이다. '03년의 경우 냉방부하는 9,003 MW로 최대전력의 19%인 것으로 분석되었다. 이를 일간 전력부하에서 관찰하면 냉방부하는 주간 진폭 내에 있기 때문에 냉방부하 감소는 결국 진폭을 줄여줌으로서 최대 피크전력 감소에 기여할 수 있음



[그림 6] 국내 발전실적(MW) ('03. 8월, 전력통계)



[그림 7] 일간 전력 최대부하 형태



을 알 수 있다. 전력수요관리는 이러한 효과를 위해 여러 가지 방법이 시행되고 있으며 가스냉방 도입과 같은 보다 적극적인 냉방전력 대체방안을 통해 최대전력 억제효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

이중 냉방전력으로 인한 영향을 20%로 예상하면 약 10조원의 투자비용이 냉방전력으로 인해 발생된다. 따라서 이러한 대규모의 투자를 절감하기 위해 전력과 가스의 수요관리가 절대적으로 필요하며 상호 보완을 통해 국가적인 비용 절감효과를 기대할 수 있을 것이다.

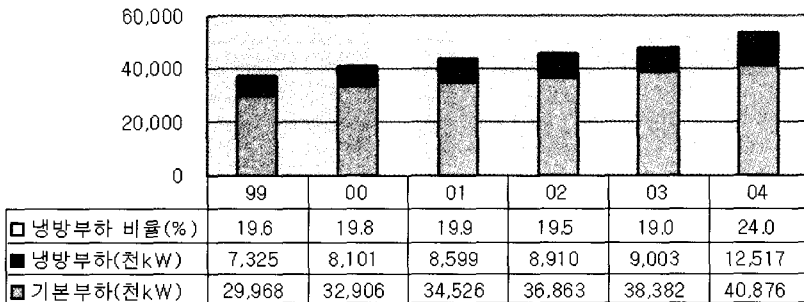
## 냉방에너지 수요전망

### 냉방전력

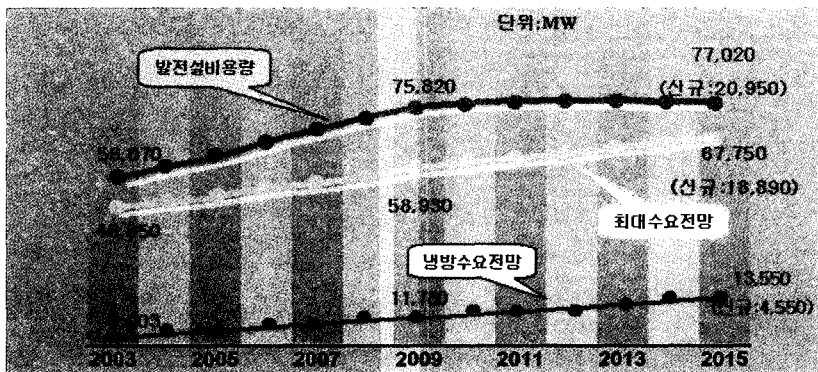
그림 9는 제1차 전력수급 기본 계획을 기준으로 냉방전력 수요를 예측한 것이다. '03년을 기준으로 '15년에 신규 냉방 수요가 약 4,550 MW 전망된다. 또한 최대전력수요를 고려할 때 신규 발전설비 규모는 20,950 MW이다. 한국전력거래소에서 분석한 결과에 따르면 '15년까지 송전선 및 변전소 건설을 포함하여 약 50조원의 투자가 필요한 것으로 전망되며

### 가스냉방

가스냉방에 대한 중장기 보급방향은 국내의 편중된 가스수요 형태와 전력의 냉방피크 부하 해소를 위해 확대되어야 한다. 산자부에서 발표한 제2차 전력수급계획에 가스냉방 보급 목표는 '04년부터 '17년까지 2,401 MW(누적기준)로 설정되어 있다. 표 1에 표시된 바와 같이 가스냉방 목표는 전체 수요관리 프로그램의 24%를 담당하는 것으로 되어있으나 이 수준은 현재 가스냉방 보급 속도를 반영한 것으로



[그림 8] 냉방부하(전력) 분석



[그림 9] 냉방수요를 포함한 장기 전력수요 전망

로 보다 더 확대될 필요가 있다.

가스냉방 보급용량은 표 2에서 보는바와 같이 '10년 이후 매년 150 MW 이상이 가스냉방에 의한 전력 수요관리를 담당한다고 볼 때 가스냉방 보급용량은 연간 340천 RT 이상이 보급되어야 한다.

제2차 전력수급 기본계획에 반영된 가스냉방 보급 목표치를 기준으로 전체 냉방수요에 대한 가스냉방의 분담비율을 검토한 것이다. 표 3에서 보는 바와 같이 '04년 11% 수준에서 '10년경에 분담비율이 15% 수준이나 이는 보급 확대를 통한 국민 경제적 편익을 고려할 때 낮은 수준이며 조기에 30% 수준이 달성될 수 있도록 보급정책을 강화할 필요가 있다.

**냉방수요 분담전망**

<표 1> 수요관리 프로그램중 가스냉방 목표 설정치(누적기준)

(단위 : MW)

구분 \ 년도	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'17
부하관리	412	816	1,141	1,377	1,624	1,869	2,122	2,372	2,627	2,875	3,815
효율향상	123	302	528	763	970	1,170	1,397	1,621	1,849	2,058	3,024
신규	75	136	184	236	284	332	380	420	460	500	660
가스냉방	104	204	313	432	562	703	857	1,025	1,208	1,407	2,401
합계	714	1,458	2,166	2,808	3,440	4,074	4,756	5,438	6,144	6,840	9,900

\*자료: 제2차 전력수급 기본계획, 산자부

<표 2> 가스냉방 보급용량 전망

(단위 : MW)

구분 \ 년도	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'17
가스냉방목표(MW)	104	204	313	432	562	703	857	1,025	1,208	1,407	2,401
보급용량(천RT)	231	453	696	960	1,249	1,562	1,904	2,278	2,684	3,127	5,336
년간보급용량(천RT)	231	222	243	264	289	313	342	374	406	443	627

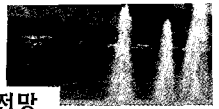
\*보급용량(천RT)은 가스냉방목표(MW) ÷ 0.45 적용

<표 3> 가스냉방 보급 전망 및 분담비율

구분 \ 년도	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'17
가스냉방보급(MW)	104	204	313	432	562	703	857	1,025	1,208	1,407	2,401
누적가스냉방(MW)	1,108	1,208	1,317	1,436	1,566	1,707	1,861	2,029	2,212	2,411	3,405
냉방전력*(MW)	9,466	9,929	10,392	10,855	11,318	11,780	12,075	12,370	12,665	12,960	14,140
가스냉방분담비율, 가스/(가스+전기), %	11.7	12.2	12.7	13.2	13.8	14.5	15.4	16.4	17.5	18.6	24.0

\* '04년 이후 누적가스냉방(MW)은 '03년까지 누적 전력대체량을 1,004 MW로 보고 연간 보급용량을 합산하여 추정

\*\* '04년의 냉방전력 9,466 MW 은 실제 발생한 결과(12,517 MW)보다 낮으나 이는 '04년이 평년보다 이상고온 현상으로 높게 나타났으며 여기서는 과거 추세선으로부터 전망한 결과임



## 효과 분석

### 냉방 방식별 에너지 효율 검토

표 4는 전기를 생산하는 과정과 송배전을 포함하여 최종 소비자까지 도착하는 효율을 분석한 것이다. 여기서 송배전 손실은 국내의 평균 송배전 손실을 적용하였으며 발열량 적용에 따른 효율 강하를 고려하였다. 복합발전의 경우 발전단 효율은 45.7%이지만 최종 소비자가 사용하는 단계에서는 36.2% 수준(고위발열량 기준)으로 떨어짐을 알 수 있다. LNG 화력의 경우에는 36.4%에서 27%로 감소하며 중유화력의 경우에는 37.6%에서 28%로 감소한다.

전기와 가스를 각각 냉방에너지원으로 사용할 경우 1차에너지로부터 최종단계의 기기 효율을 고려한 전과정 효율을 검토하여 냉방 방식별 에너지 경제성을 검토하고자 한다. 우선 1차에너지원은 전력의 경우 단속운전이 용이한 화력발전을 기준으로 하여 복합화력과 중유화력의 경우로 하였으며 이때 사용연료는 각각 LNG와 중유로 한정하였다. 또한 가스의 경우 LNG를 사용하는 흡수식 또는 GHP로 운전하는 냉방기기를 기준으로 한다.

냉방기기의 효율은 대표적인 효율을 정하기가 어렵기 때문에 인터넷과 수집자료를 통해 보편적으로

적용될 수 있는 아래의 기준을 적용한다.

- 전기냉방기 COP=3.0
  - 가스흡수식 냉온수기 COP=1.0(고위발열량 기준)
- 우선 기기 방식별 효율(1차에너지변환효율\*기기효율)을 계산하고 동일 냉방능력 기준으로 투입에너지를 비교하면 표 5와 같다.

전기냉방에 의한 냉방에너지 공급은 LNG복합의 경우 가스냉방 방식보다 1차 에너지(열량기준)를 7% 적게 사용하는 결과이지만 LNG화력으로 발전하는 경우는 23%, 중유화력의 경우는 19% 정도 더 사용하는 결과이다.

설비 투자시 첨두부하에 대응하기위한 발전소는 투자 효율성을 고려할 때 LNG복합보다 LNG화력으로 대응하는 것이 경제적이라 판단되며 LNG화력 또는 중유화력을 도입할 경우 결국 에너지효율 측면에서 가스냉방의 경우가 경제적인 방식이라 판단된다.

### 국민 경제적 편익분석

가스냉방 보급에 따른 효과를 전력대체로 인한 발전소건설과 송변전설비 투자 회피로 인한 비용절감 효과로 보아 그 규모를 추정하고자 한다. 우선 제2차 장기전력 수급계획에 계획된 수요관리 방안 중 가스냉방 보급용량을 기준으로 향후 10년간 기대되는 효

<표 4> 발전효율 검토

구 분		복합화력	LNG화력	중유화력	비고
발전효율(발전단효율)*, %		45.7	36.4	37.6	'03 기준
손실 (%)	송전단 손실	0.9	1.7	1.7	'03 기준
	송·배전손실	4.4	4.4	4.4	'03 기준
	고위발열량기준시 효율강하	4.2	3.3	3.5	
	합계	9.5	9.4	9.6	
최종소비자 인입단 발전효율(고위기준)		36.2	27.0	28.0	

\*자료: 한국전력 통계('04년판)

<표 5> 전기냉방(발전방식별) 방식과 가스냉방에 의한 연료소비 비교

발전방식항목	LNG복합발전전기냉방	LNG 화력발전전기냉방	중유화력발전전기냉방
연료소비(가스냉방:100%)	93%	123%	119%

과를 분석하였다. 년차별로 가스냉방에 의한 전력대체 수요와 누적수요를 표 6에 표시하였으며 이를 공급할 수 있는 발전소 건설기수를 산정하였다.

분석을 위해 누적용량이 500 MW가 되는 시점에 발전소가 건설되고 송변전 설비는 발전소 건설비용의 50%를 적용하였다. 또한 표 7에서 발전소 및 송배전 설비 투자비를 할인율을 6%로 하여 현재 가치로 환산하였다. 분석결과 가스냉방 보급은 '17년까지 전력사업자 측면에서 34,848억원(현재기준)의 절

감효과가 있는 것으로 나타났다. 이를 단위 전력당 편익으로 환산하면 14.5억/MW의 효과를 가져오는 것이다. 즉, 분석기준으로 잡은 투자비는 단위 전력당 21억/MW(발전소 14억+송변전 설비 7억)을 고려하였지만 현재분석결과 14.5억/MW로 분석된다. 이와 같은 효과는 가스냉방 보급규모가 증가할수록 커지므로 가스냉방 보급 확대 방안이 적극적으로 검토되어야 한다.

결과적으로 가스냉방에 의한 냉방부하 부담은 국

<표 6> 가스냉방에 의한 전력대체 목표(제2차 전력수급기본계획 기준)

구분 \ 년도	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
전력대체목표(MW)	104	100	109	119	130	141	154
누적용량(MW)	104	204	313	432	562	703	857
발전소 건설 소요기수(500 MW/기)	-	-	-	1기	-	-	1기
구분 \ 년도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
전력대체목표(MW)	168	183	199	217	237	258	282
누적용량(MW)	1,025	1,208	1,407	1,624	1,861	2,119	2,401
발전소 건설 소요기수(500 MW/기)	-	-	1기	-	1기	-	1기

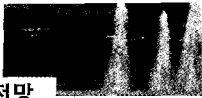
<표 7> 가스냉방의 전력 대체로 인한 발전소 및 송변전 투자비 절감 효과

(단위: 억원)

항목	년도	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
투자비	발전소	1,750	1,750	1,750	1,750	2,300	2,300	2,400
	송변전	875	875	875	875	1,150	1,150	1,200
합 계		2,625	2,625	2,625	2,625	3,450	3,450	3,600
현 가		2625	2476	2336	2204	2733	2578	2538
현재누적		2,625	5,101	7,438	9,642	12,374	14,952	17,490
항목	년도	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17
투자비	발전소	2,300	2,300	2,400	3,500	3,500	3,500	3,500
	송변전	1,150	1,150	1,200	1,750	1,750	1,750	1,750
합 계		3,450	3,450	3,600	5,250	5,250	5,250	5,250
현 가		2,294	2,165	2,131	2,932	2,766	2,609	2,461
현재누적		19,785	21,949	24,080	27,012	29,778	32,387	34,848

- 500 MW급 LNG화력 건설비용 7,000억원 적용(14억원/MW)
- 송변전설비는 발전소 투자비의 50% 적용(7억원/MW)
- 단위전력당 발전소 및 송변전 시설 총 투자비(14+7= 21억원/MW)
- 현재: 대상금액/(1+할인률/100)^경과년수, 할인율은 6% 적용





민 경제적으로 도움이 되며 증가하는 전력수요를 효과적으로 대비하는 방법이 될 수 있다.

## 결론

국내외의 에너지 소비현황과 가스와 전력간의 장기수급계획을 분석하였고 특히 냉방에너지에 대한 분석을 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 가스와 전력분야 모두 계절별 에너지 수요의 불균형으로 인해 각각 수요관리에 대한 필요성이 요구된다. 특히 가스분야의 경우 동절기에 집중된 주택난방용의 수요(TDR=10)로 인해 계절별 수요편차를 확대시키는 주요 원인이 되며 전력의 경우는 냉방전력(최대전력의 20% 내외)이 최대전력을 발생시키는 주요 원인으로 밝혀졌다.
2. 전기냉방에 의한 냉방부하 분담보다 가스냉방에 의한 냉방부하를 대응하는 것이 1차에너지 연료

소비측면에서 유리한 것으로 분석되었다.

3. 가스냉방 보급은 가스수요관리와 전력수요관리에 모두 효과가 있으며 특히 국민 경제적 관점에서 발전소 및 송배전 설비투자를 절감시키는 효과를 주며 제2차 장기 전력수급 기본계획에 설정된 가스냉방 보급목표를 달성할 경우 '17년까지 3조4천억원의 편익이 발생하는 것으로 분석되었다.

## 참고문헌

1. “하계 냉방부하 특성분석” 보고서 한국전력거래소
2. 제2차 전력수급기본계획, '04. 12, 산자부
3. 용도별 가스판매량, 용도별 전기판매량, 전력통계, 인터넷자료
4. “국내의 냉방에너지 현황과 정책제안”, IIR 정책보고서, 04. 12