

지역냉방 보급확대의 전력피크 및 수요관리 효과

2013. 11. 28

**강병하
국민대학교**

지역냉방 보급확대의 전력피크 및 수요관리 효과

본 발표내용은 2009년 에너지관리공단의 용역사업의 일환
으로 이대영(KIST) 박사, 김민수(서울대) 교수, 김용찬(고
려대) 교수와 공동으로 수행한 연구내용의 일부를 발췌하여
보완 수정한 것입니다.

발표 내용

(1) 전력수요관리 및 지역냉방의 필요성

(2) 지역냉방 확대보급에 따른 **하절기 전력피크 감소 효과 분석**

- 지역냉방 냉방용량당(RT) 전력피크 감소 효과와 발전설비 회피비용 산정

(2) 지역냉방 확대보급에 따른 **하절기 수요관리 효과 분석**

- 지역냉방 확대보급이 된다는 정량적인 가정 하에서 하절기 가스 및 전력수급에 미치는 영향 분석

전력수요관리 및 지역냉방의 필요성



최대전력 실적

단위 만kW

구 분	2012년 실적	2013년 실적	증감
공급능력	7,708	7,873	+165
최대전력	7,429	7,402	-27

2010년 전력소비량

지난 10년간 OECD 국가 평균보다 5배 이상 빠른
연평균 약 5% 이상 증가

GDP 대비 전력소비량(kWh/\$)

한국	OECD	프랑스	독일	일본	미국
0.44	0.25	0.20	0.18	0.22	0.29

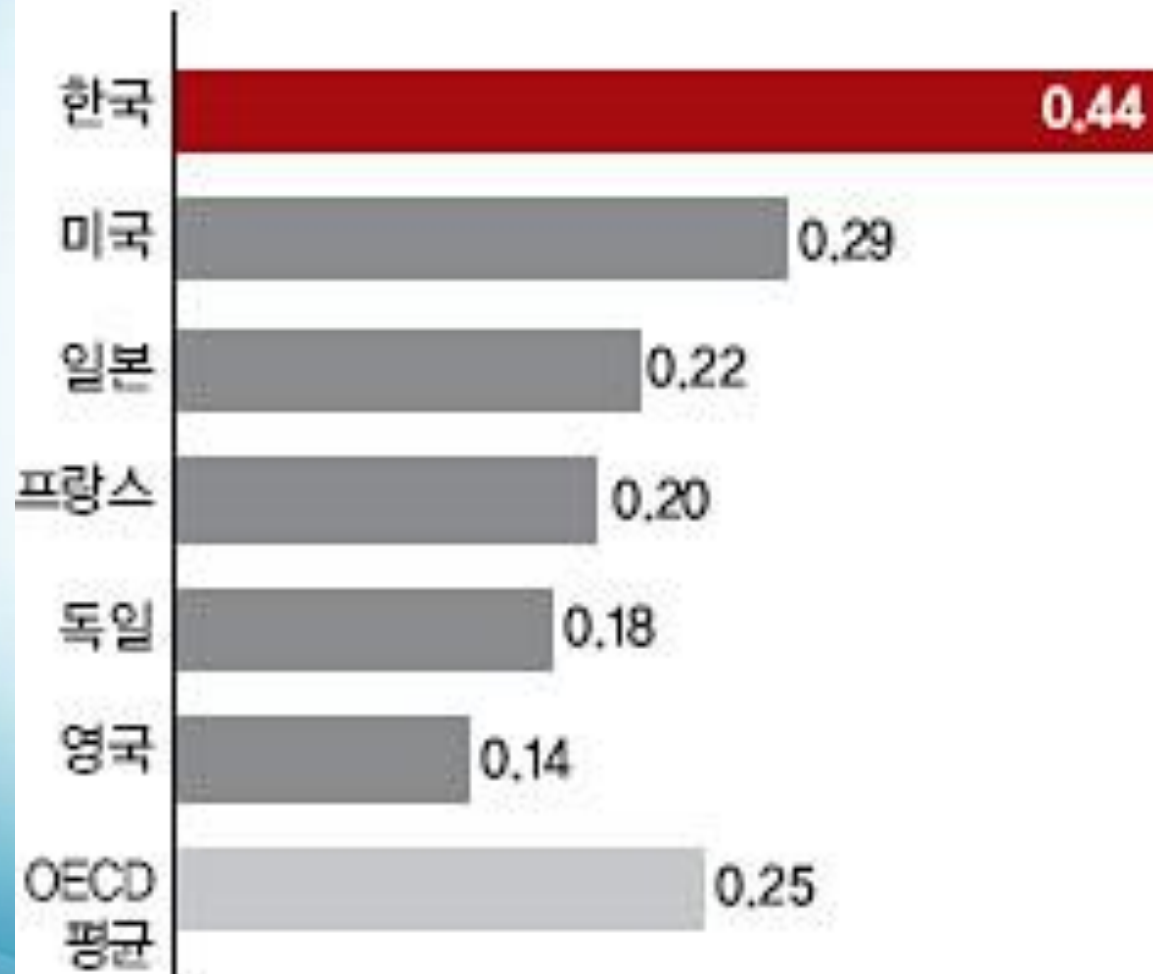
1인당 전력소비량(kWh)

한국	OECD 평균	세계평균
9,851	8,315	2,892

2010년 GDP 대비 총전력소비량 (kWh/\$)

국내총생산(GDP) 대비 총 전력소비량

단위: kWh/달러

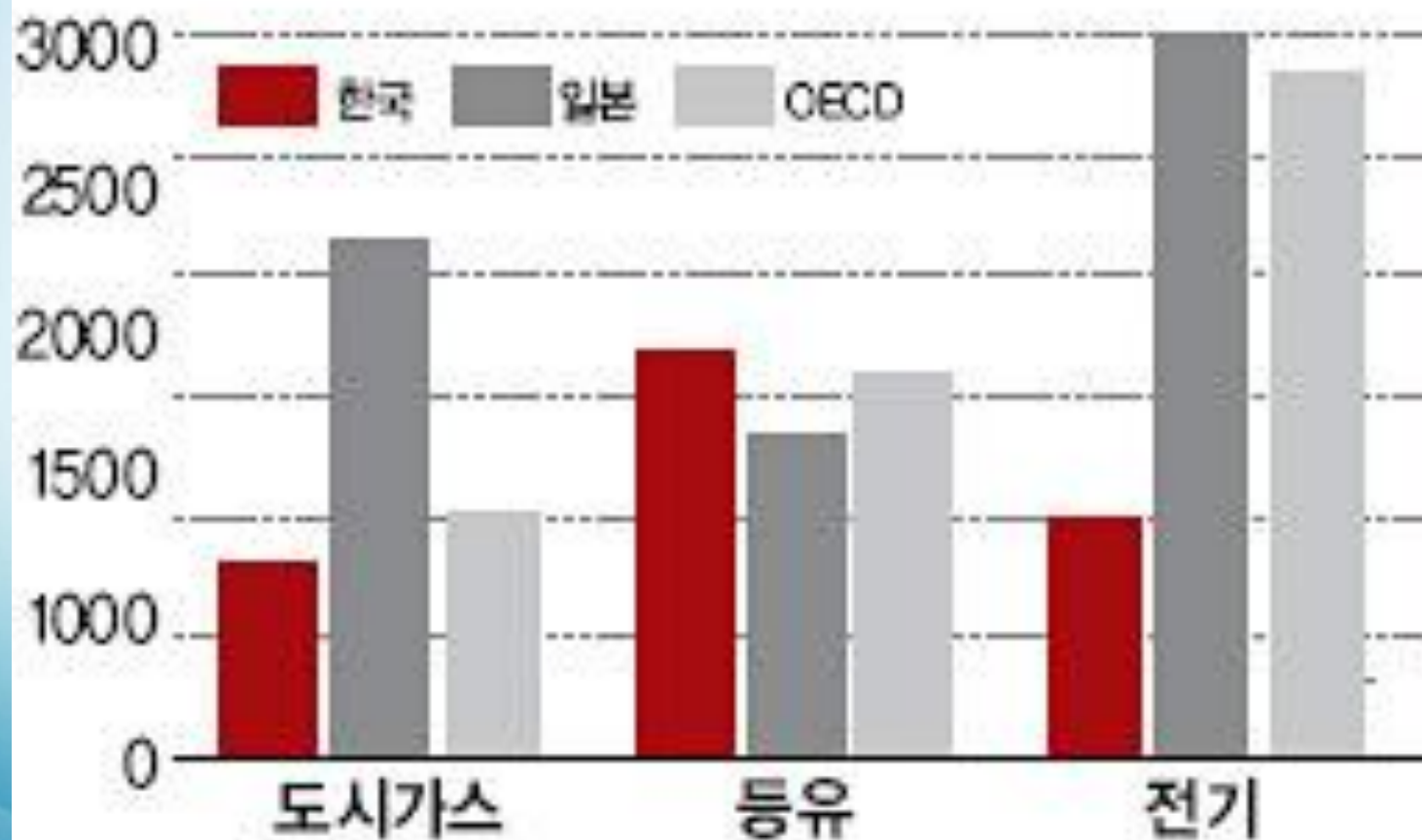


자료 : 현대경제연구원, 2010년 기준

2011년 기준 에너지 가격

한·일·OECD의 도시가스·등유·전기 가격

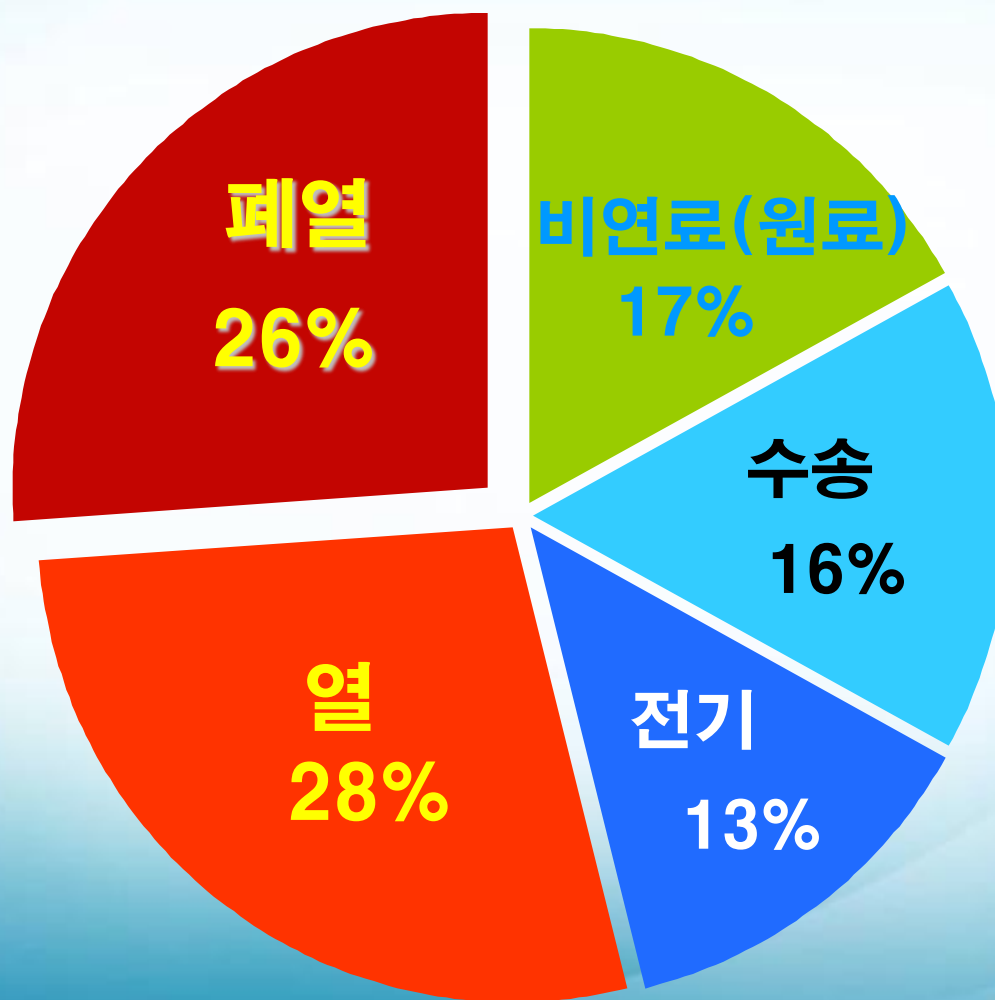
단위 : 원 같은 열량 기준



자료 : 에너지시민연대, 2011년 기준

국가총에너지소비 비율

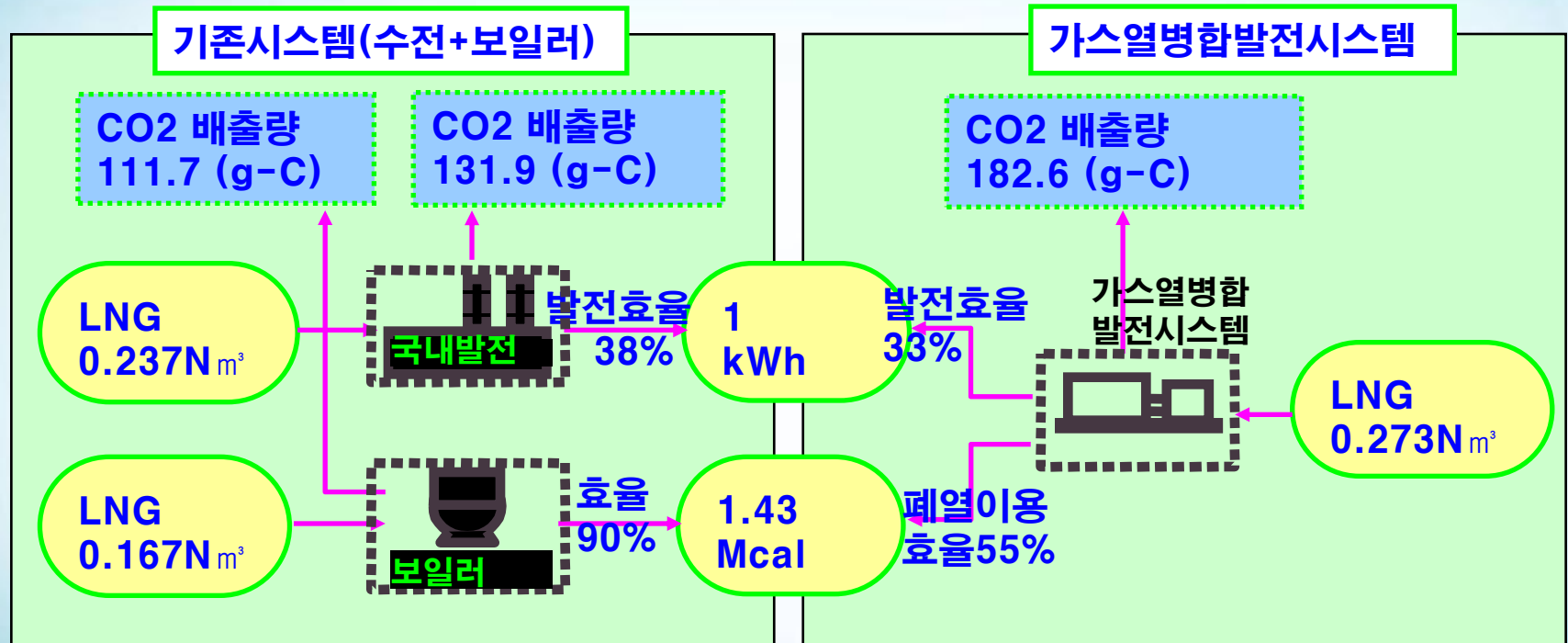
(에너지경제연구원)



에너지원 별 이용 용도



열병합발전(Combined Heat and Power)

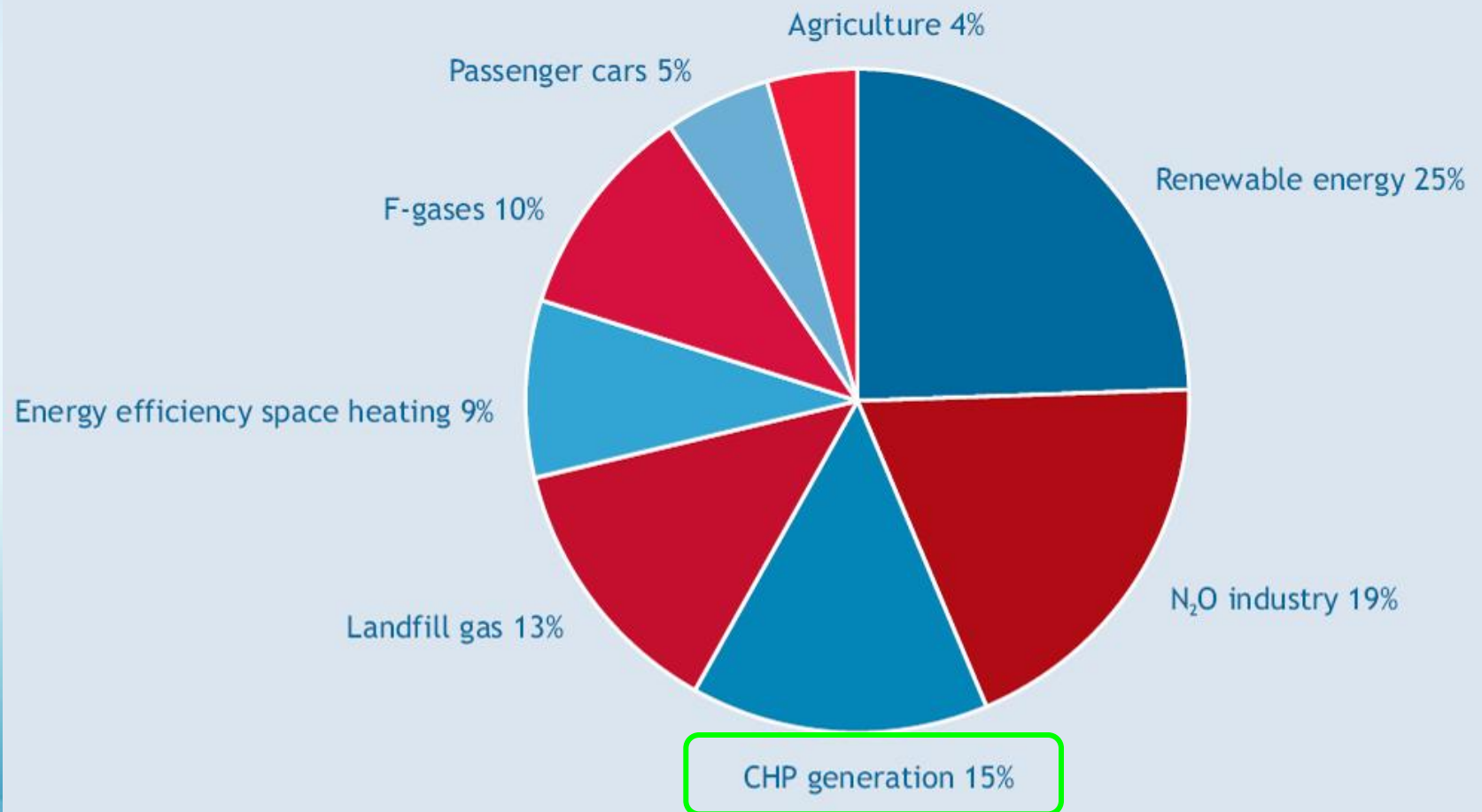


• 에너지절감율 : 32%, CO₂배출감소율 : 25%

※ 산출기준

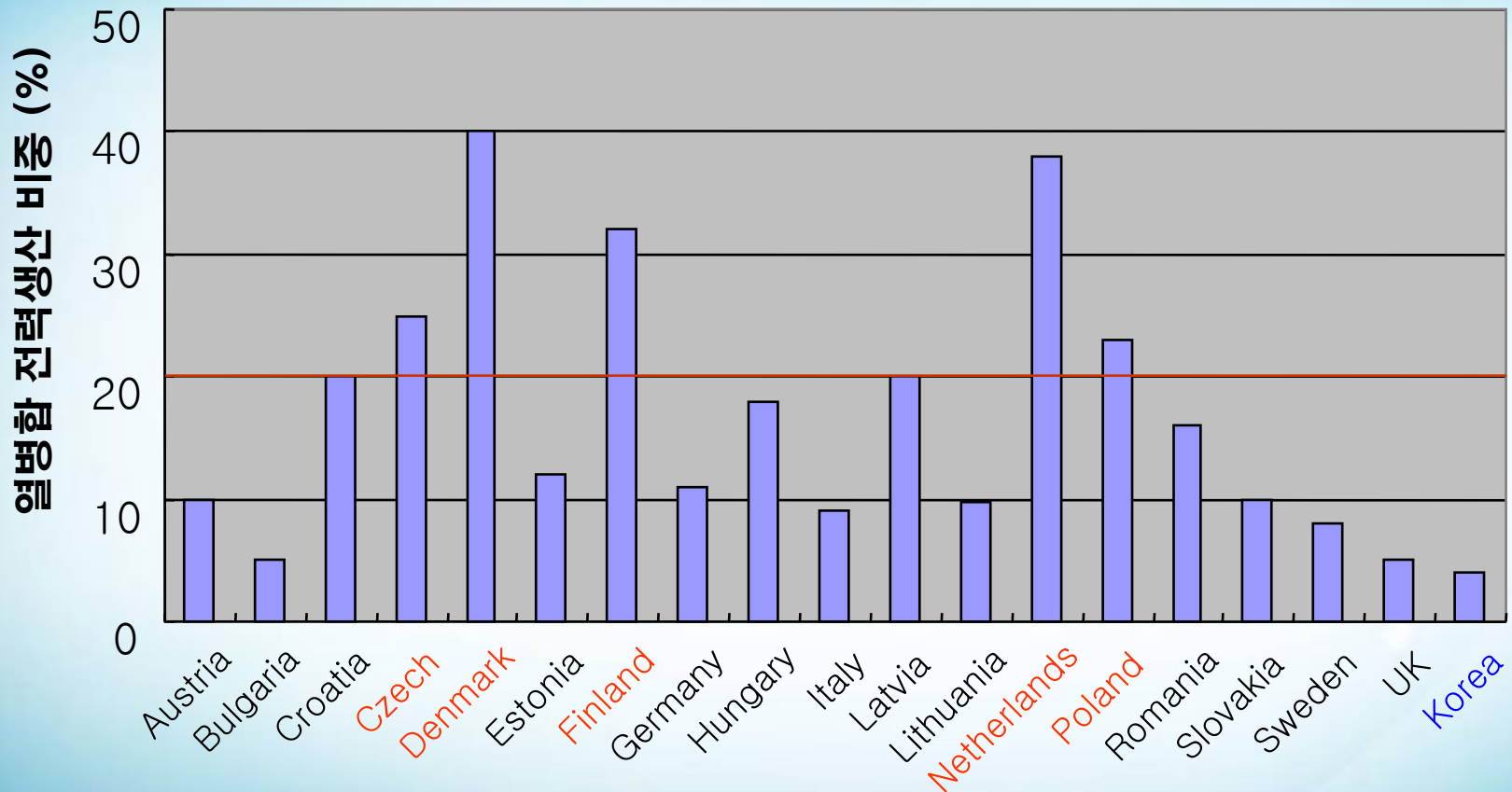
- CO₂ 배출계수 : LNG 0.637 tC/toe, 전기 0.1319 tC/MWh
- 국내발전효율 : 38%, 가스열병합발전시스템효율 : 88%

European GHG Emissions Reductions Shares between 1990-2005



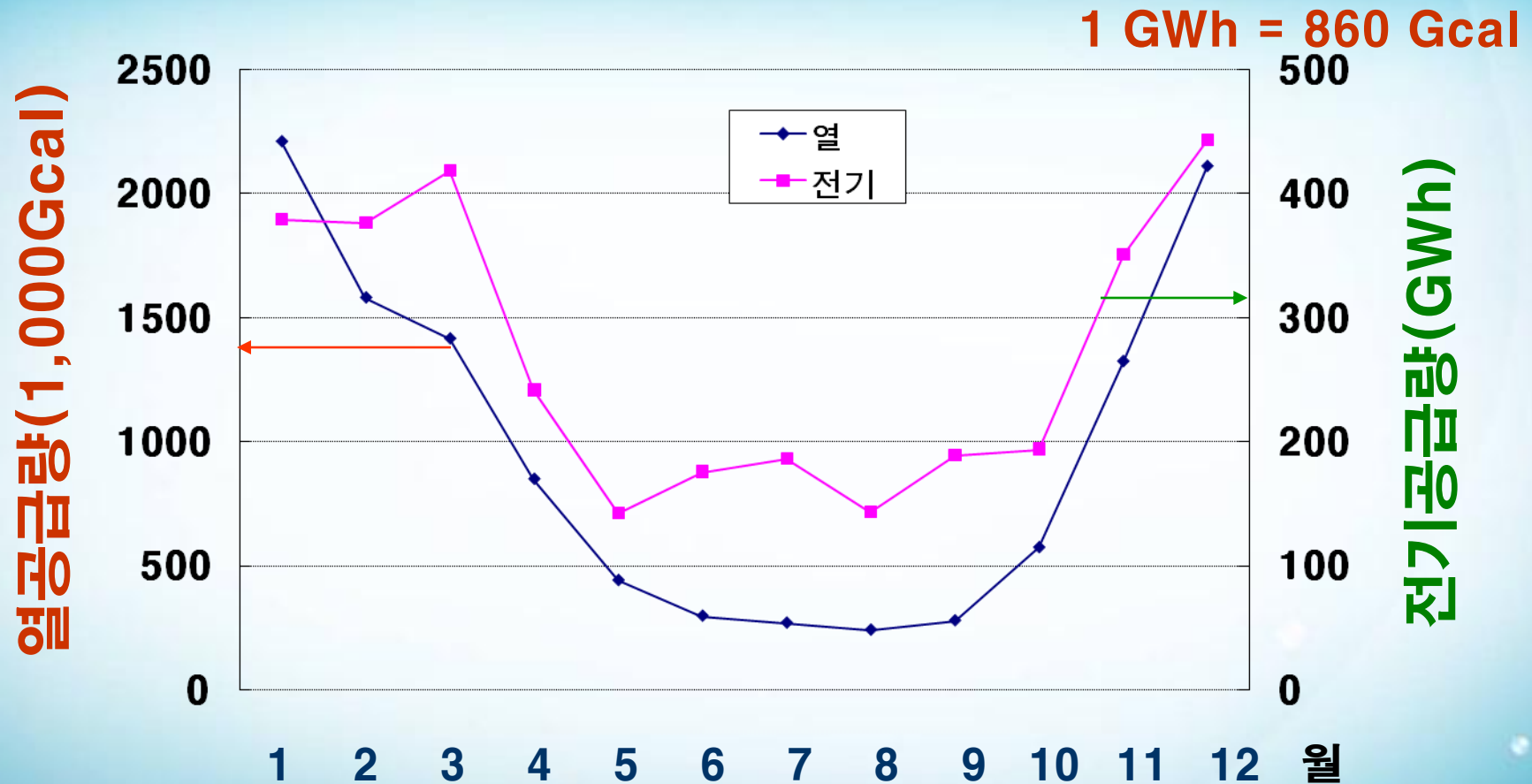
IEA report, 2008, *Combined Heat and Power*

EU의 열병합발전 전력생산 비중



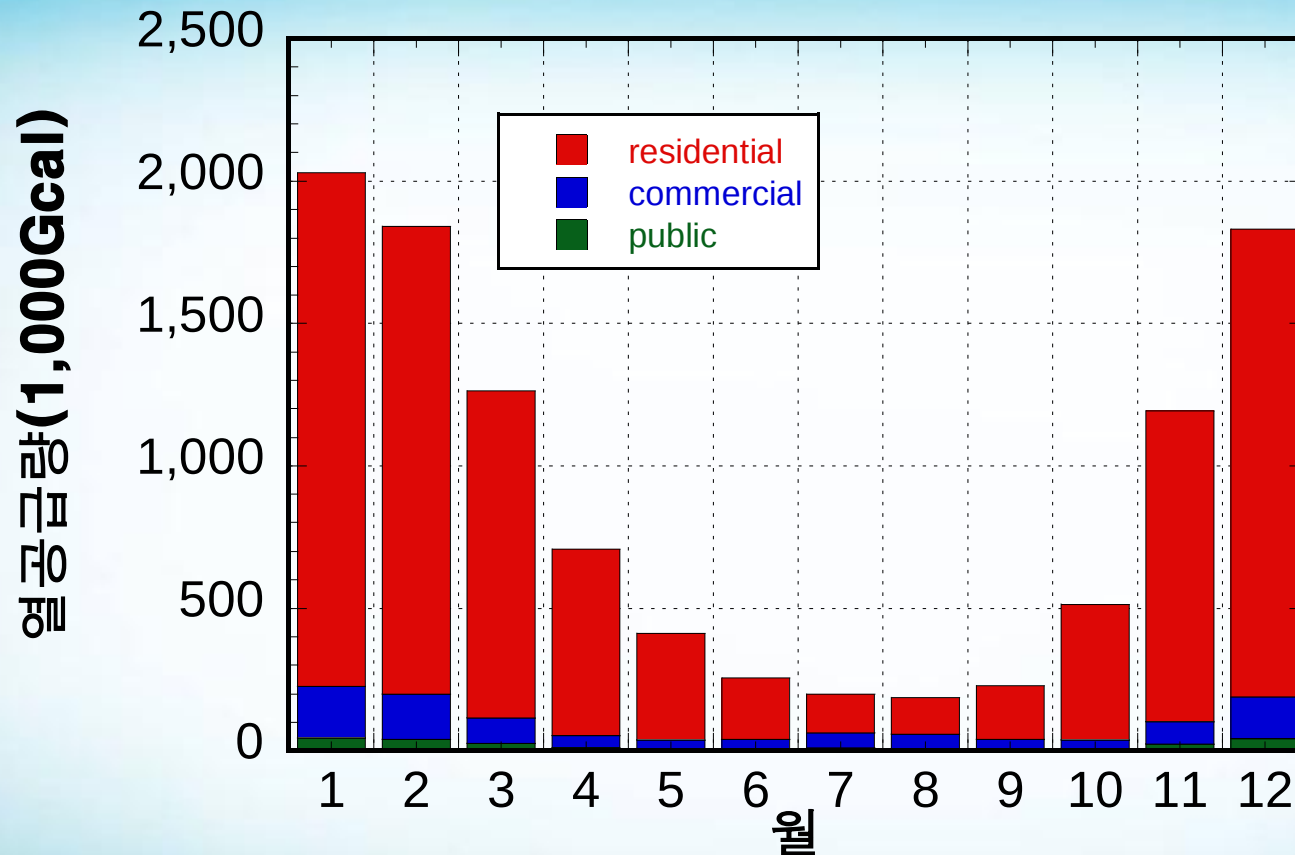
- 국가 전체 전력생산 대비 열병합발전 생산전력 비중
 - 기존 EU회원국: 10%
 - 신규 가입국 : 18%

지역난방 월별 공급량(2009년)



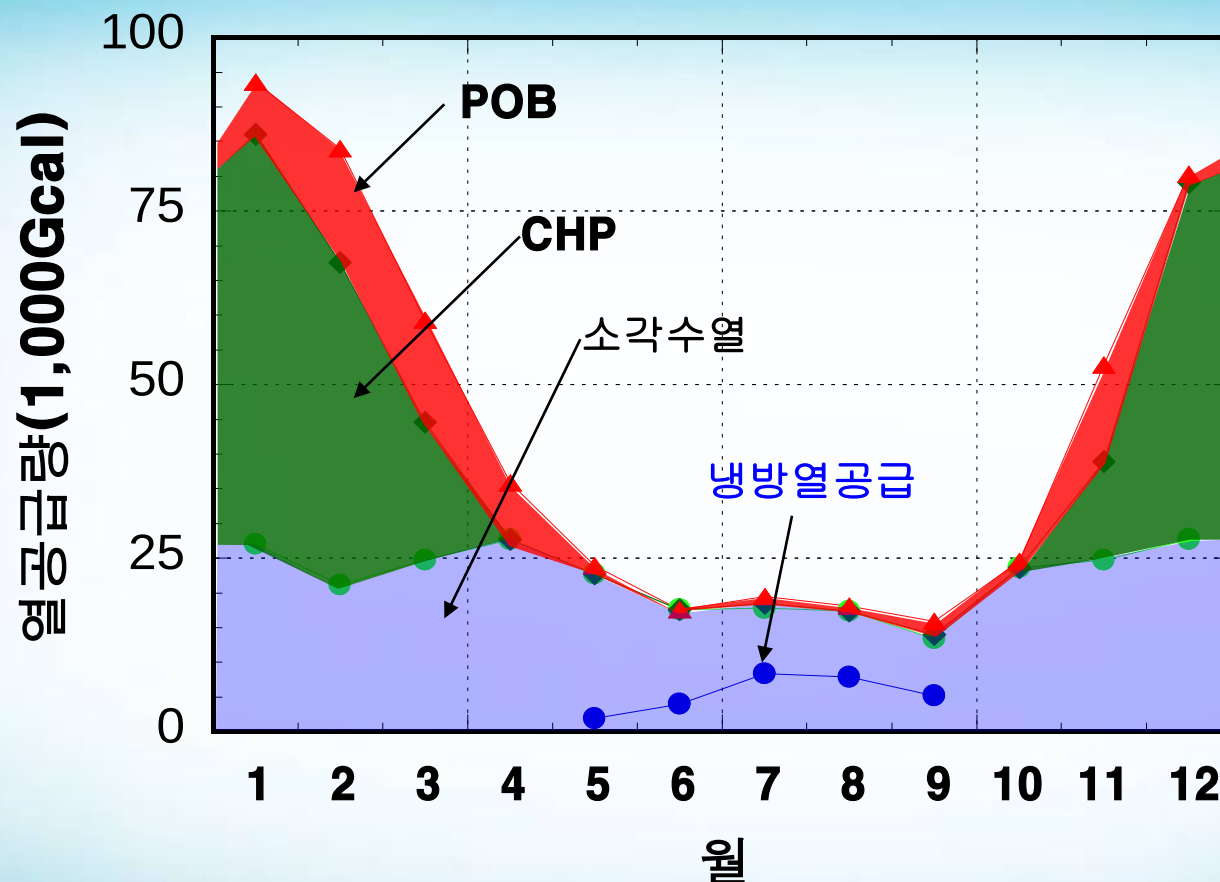
지역난방공사 CHP 발전용량: 1,338 MW(매월 최대 418 GWh)
 연간 발전설비 운전율: 32.7% (화력 발전 평균 운전율: 74.6%)

수요처별 열공급량 (한난 2008)



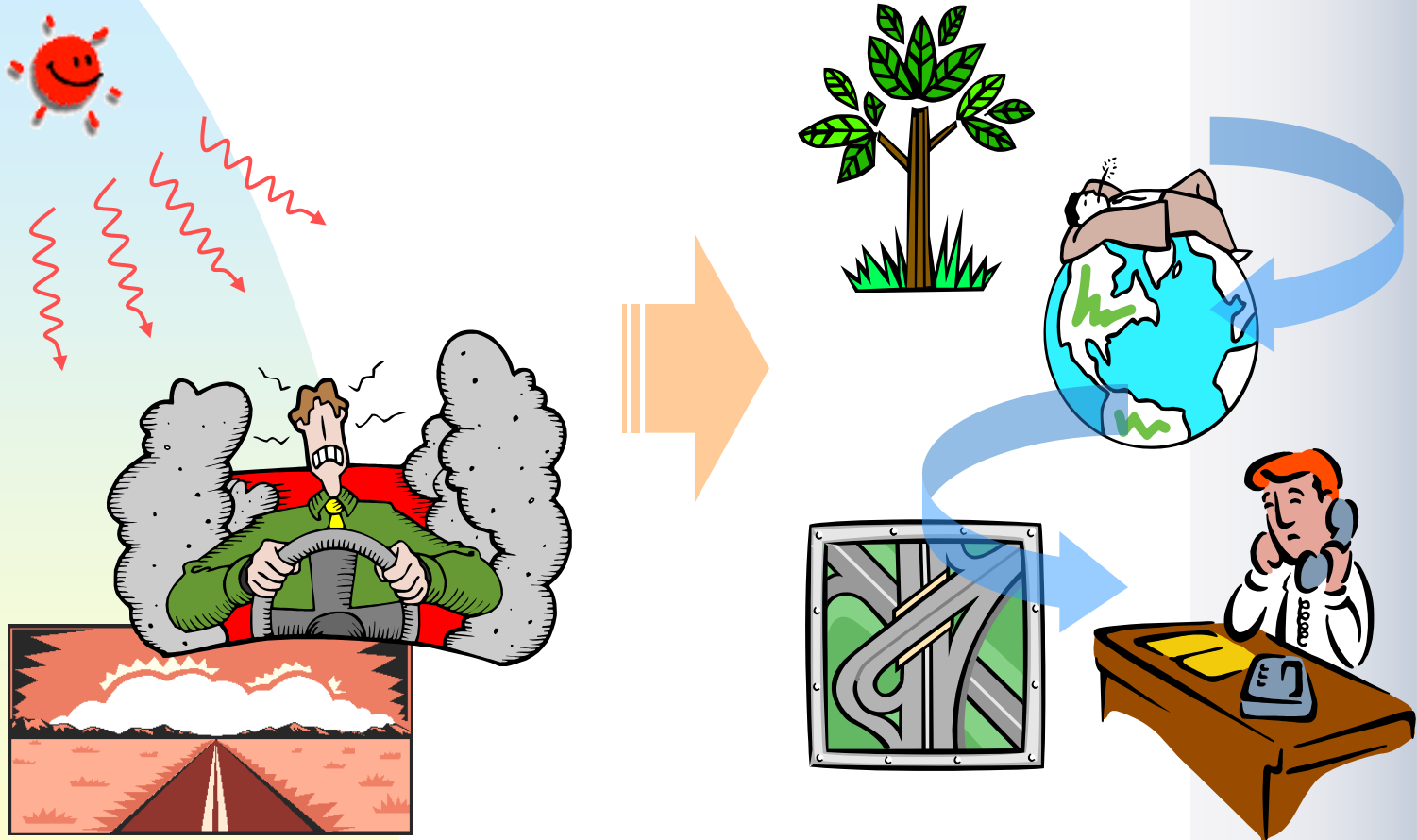
- 열수요의 90%가 주택용
- 빌딩의 지역냉방 보급률 증가하여도 하절기 열수요 진작 효과는 제한적
- 주택용 지역냉방 보급이 필요

열원별 열공급량 (안산도시개발, 2008)

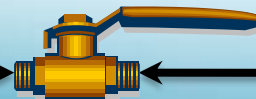


- 하절기 열수요는 소각 수열만으로 충당
- 평월대비 하절기 소각 수열 30% 이상 감소
- 냉방수요 현 대비 2배로 증가하여도 소각 수열만으로 열부하 충당 가능
- CHP 운전율 제고 위해서는 냉방수요 현 대비 10배로 신장 필요

생활 수준 향상에 따른 에어컨 사용의 증가

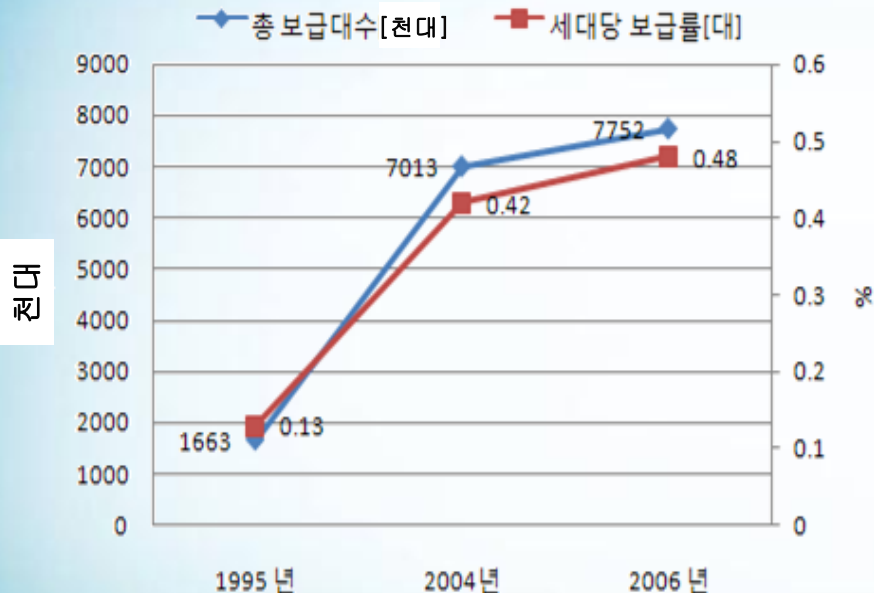


냉방 방식의 형태



에어컨 보급증가와 전력피크 증가

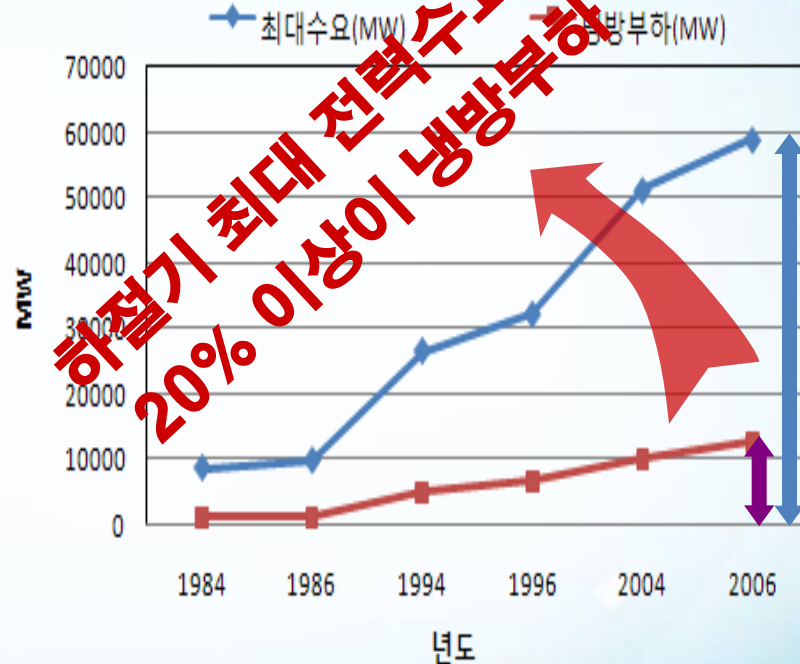
전국 에어컨 보급률



(가전기기보급률조사2006, 한국전력)

10년 동안 보급률
약 50%로 급증

최대전력수요 및 냉방부하

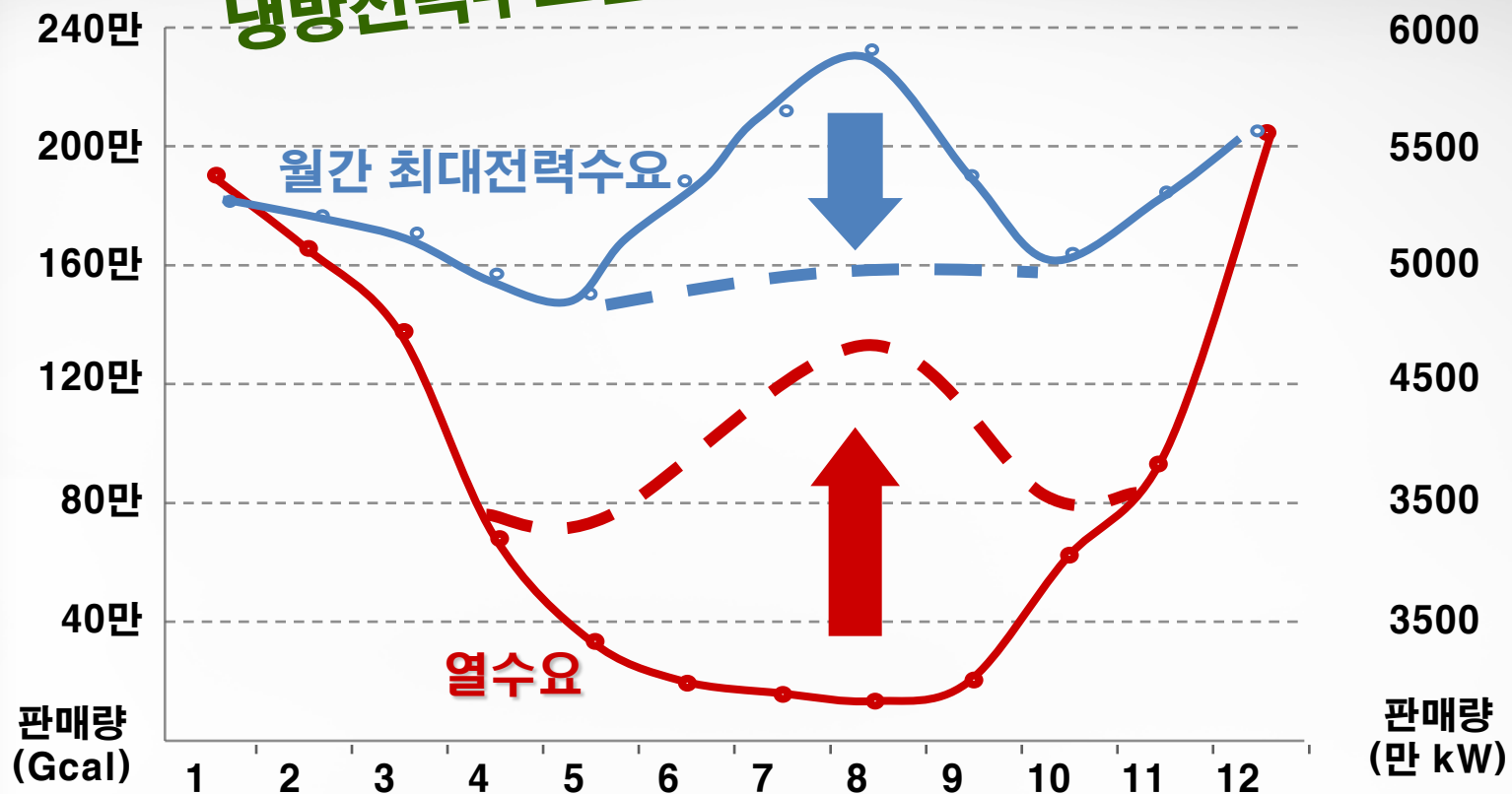


(하계 냉방부하 특성분석 2007, 한국전력거래소)

84년 전력피크 8787MW,
냉방부하 1362MW
2006년 전력피크 5배,
냉방부하 8배 급증

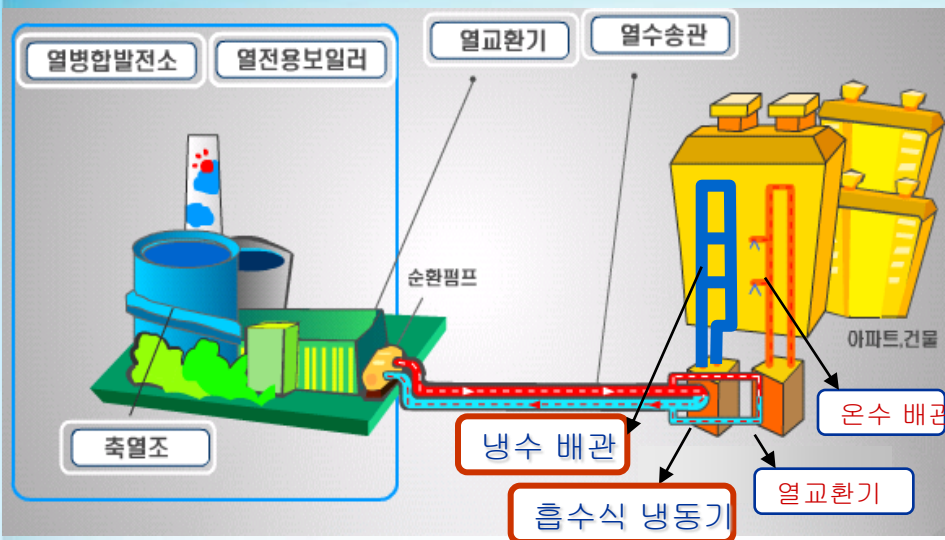
월간 열 및 최대전력수요 패턴(2009)

냉방전력수요를 열공급으로 대체할 수 있으면~



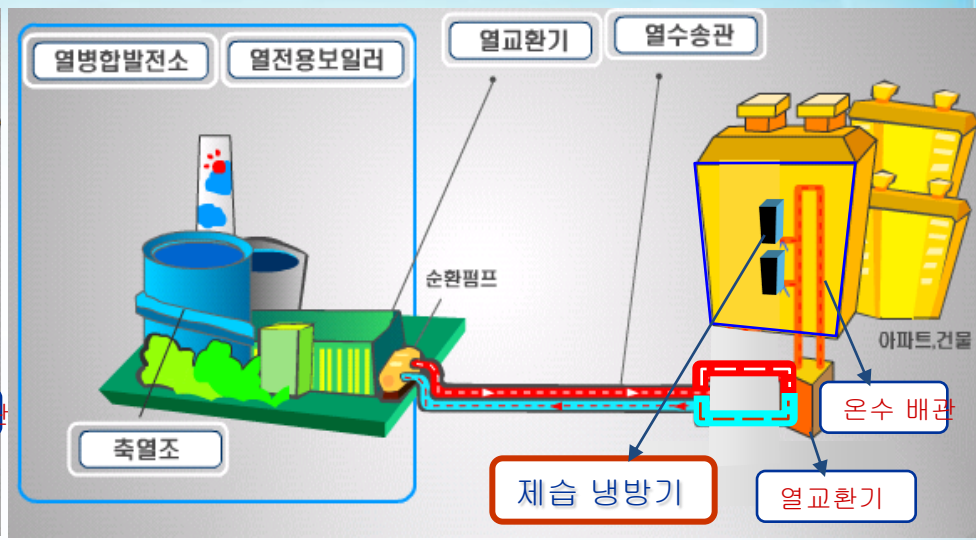
하절기 전력수급 불균형 해소 및 열병합발전설비 운영을 향상

지역난방 배관망 이용한 지역냉방 공급



흡수식 냉동기 이용방식

- 별도의 기계실에 냉동기 설치
- 냉수배관을 추가로 설치하여 세대 공급
- 세대별 FCU 또는 AHU 설치



제습냉방기 이용방식

- 세대별로 제습냉방기 설치
- 난방용 온수배관을 그대로 이용
- 별도 환기설비 필요없음

지역냉방 확대보급을 통한 수요관리 효과분석

수요관리 효과분석

지역 냉난방 설비의 열전비율 분석

하절기 냉방부하율 분석

지역냉방 냉방용량당(RT) 전력피크 감소 효과와 발전설비 회피비용 산정

지역냉난방 확대 보급에 따른 수요관리 효과 분석

동절기 Peak치 대비
하절기 열공급
확대에 따른
전력 대체 효과

지역냉난방
보급세대수
증가에 따른
전력 대체 효과

동절기 Peak치 대비
하절기 열공급
확대에 따른
천연가스 수급전망

지역냉난방
보급세대수
증가에 따른
천연가스 수급전망

(1) 하절기 전력피크 감소 효과 분석을 위한 기본 자료

■ 냉방방식에 따른 평균 COP 정의

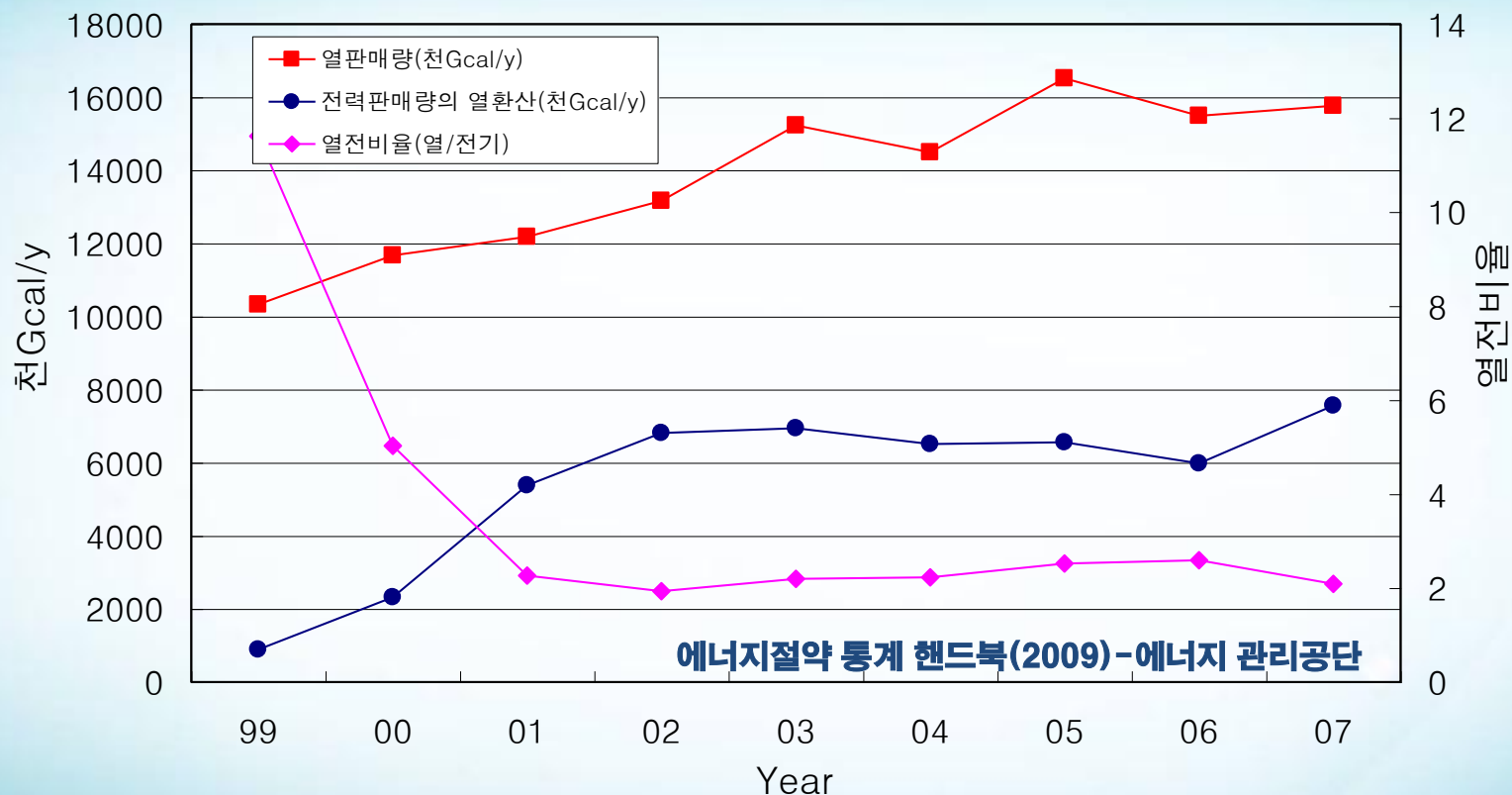
	전기식 에어컨	1단 흡수식	2단 흡수식	제습식 냉방기
온수입출구(°C)	-	95/80	95/55	95/55
COP	3.0 (EHP)	0.72	0.64	0.8

■ 단위 환산 자료

- 1 RT = 3320 kcal/h = 1.098 USRT = 3.51617 kW
- 1 MWh = 0.86 Gcal
- 전력의 1차 에너지 환산 계수 = 223 toe/(GWh electricity)
- 500 MW 급 발전소 건설경비 ; 약 7000억 , 발전설비비용/1kW = 1,400,000 ₩

(2) 지역난방 열전비율 분석

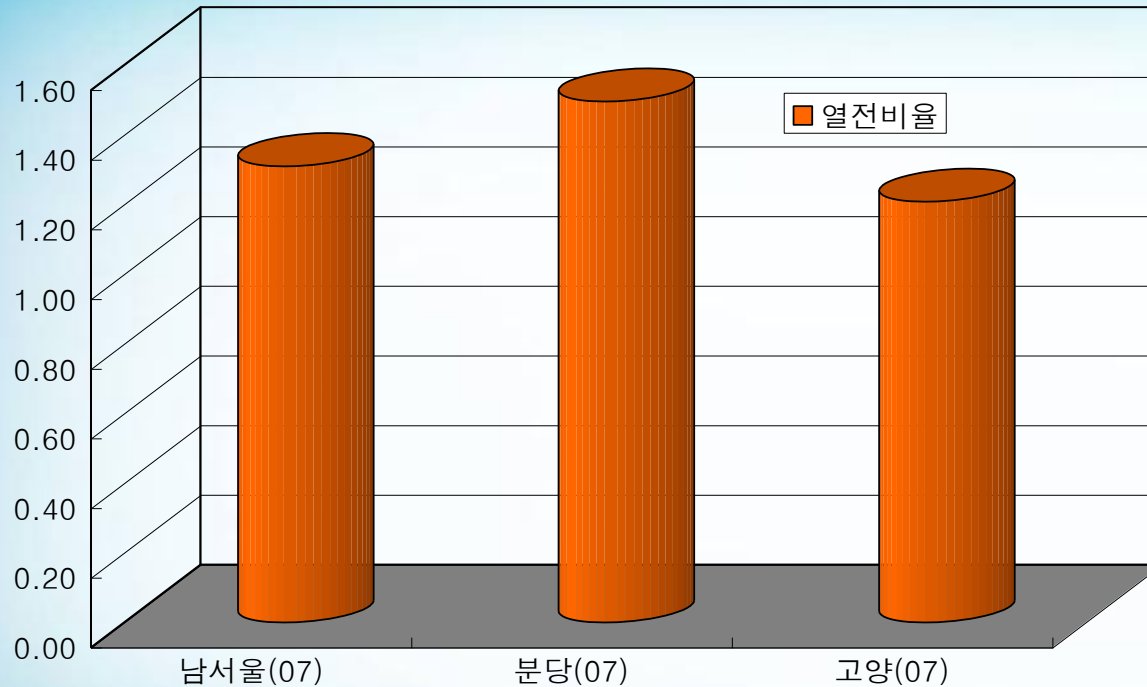
지역난방 연도별 운영실적



- 지역난방 열 및 전력 판매량 상승 추세
- 지역 냉난방 시스템 보급시 열 및 전력 판매량의 상승경향 가속화
- 열전 비율도 꾸준히 감소하여 2007년 **2.0** 수준으로 향상
- 현재 도입되는 지역난방설비의 열전비율은 1.12 수준

지역난방 설비의 열전비율 산정

최근 지역난방 우수 설비의 열전비율 생산현황



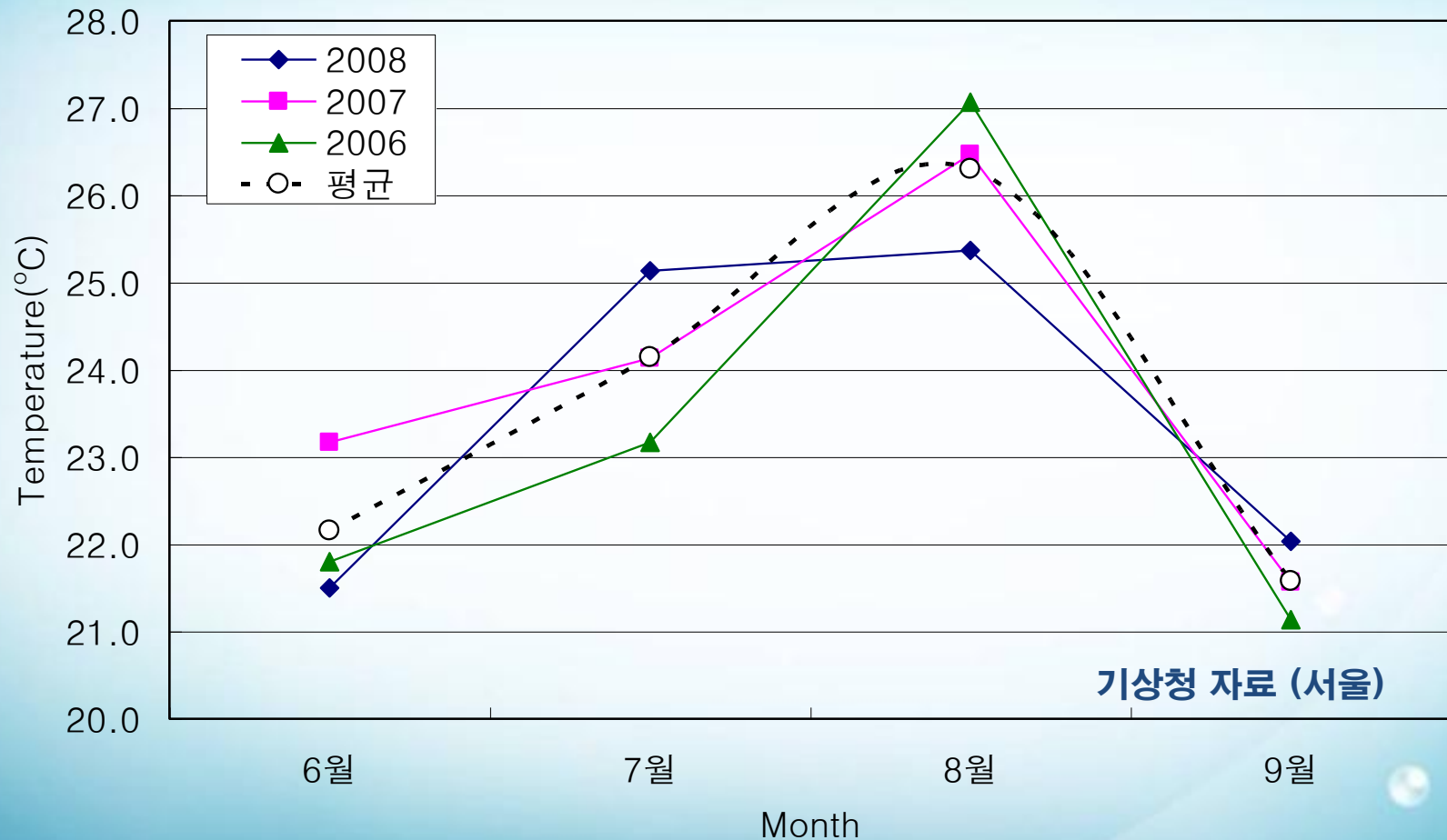
에너지절약 통계 핸드북(2009)-에너지 관리공단
열원별 생산량 통계(2008)-지역난방공사

	남서울	분당	고양
데이터 기준	2007	2007	2007
열전비율	1.3	1.5	1.2

- 현재 도입되는 지역난방 설비의 열전비율은 **1.12**로 산정

(3) 하절기 월별 냉방부하율 산정

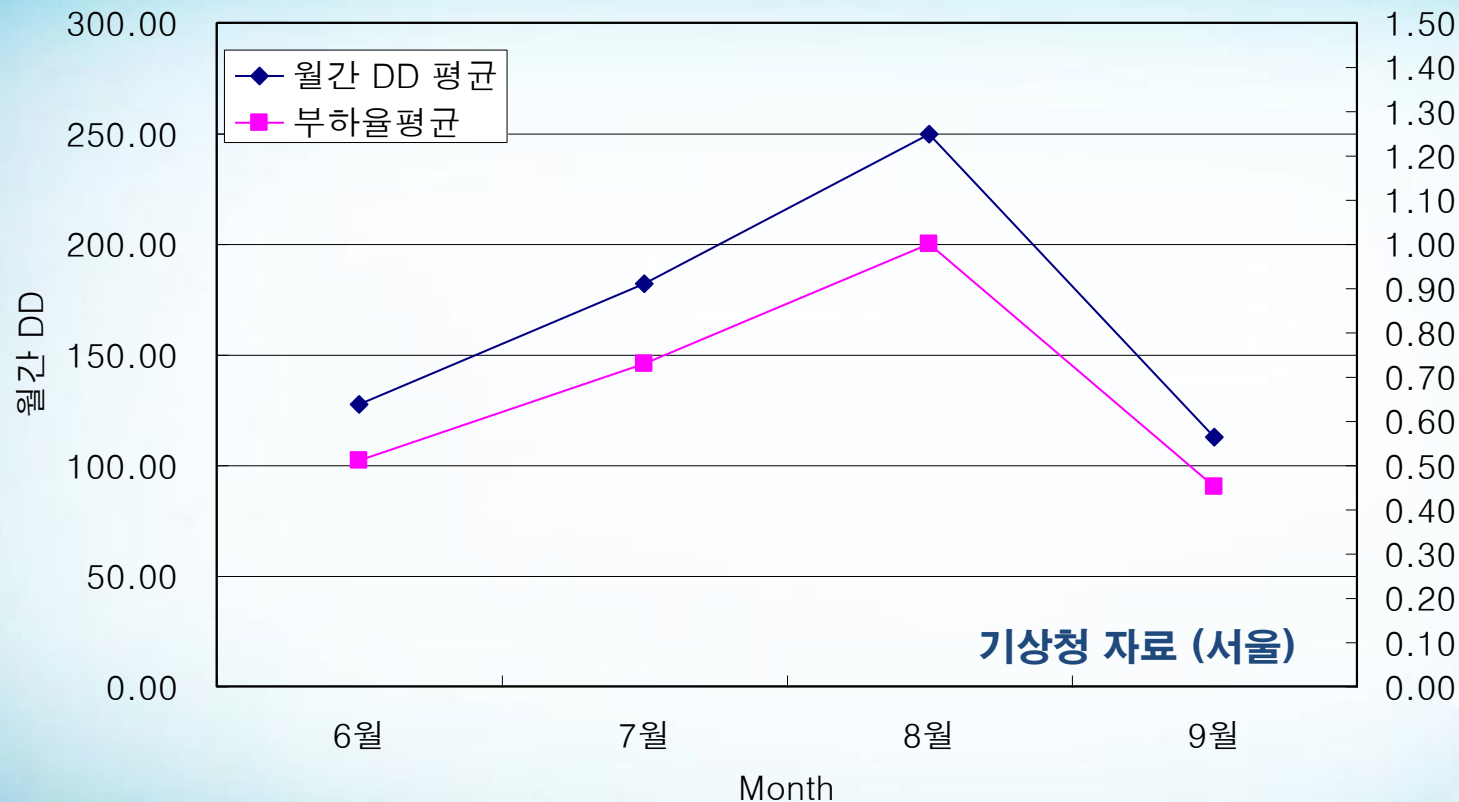
하절기 서울지역 월평균온도



하절기 월별 부하특성은 외기온도와 밀접하게 나타남

월간 DD 계산법에 의한 월별 냉방 부하율

월간 DD 평균 및 월별 냉방 부하율(06'~08')



06', 07', 08'	6월	7월	8월	9월
월간 DD 평균	127.43	181.97	249.63	112.67
부하율 평균	0.51	0.73	1.00	0.45

(4) 1 RT 지역냉방 공급시 전력피크 감소효과

전력피크 감소효과 (1단 흡수식)

▪ 1단 흡수식 냉방기 사용시 (예시)

	수치	단위	DATA 산출 방법	비 고
1 RT 전기식 냉방기의 전력부하 (1)	1.172	kW	q / COP	평균 COP : 3.0
1 RT 흡수식 냉방기의 공급열량 (2)	4611	kcal/h	q / COP	평균 COP : 0.72
1 RT 냉방 공급시 지역냉방 발전량 ⁽³⁾	4117 4.360	kcal/h kW	$\text{공급열량}^{(2)} / \text{열전비율}$	열전비율 : 1.12
1 RT 지역냉방 공급시 전력피크 감소량 ⁽⁴⁾	5.532	kW	$(1) + (3)$	-
발전설비 회피비용	7,745,000	₩	$(4) \times \text{발전설비비용} / 1\text{kW}$	발전설비비용/ 1kW = 1,400,000 won

(5) 겨울 피크치 대비 하절기 열공급률에 따른 전력대체 효과

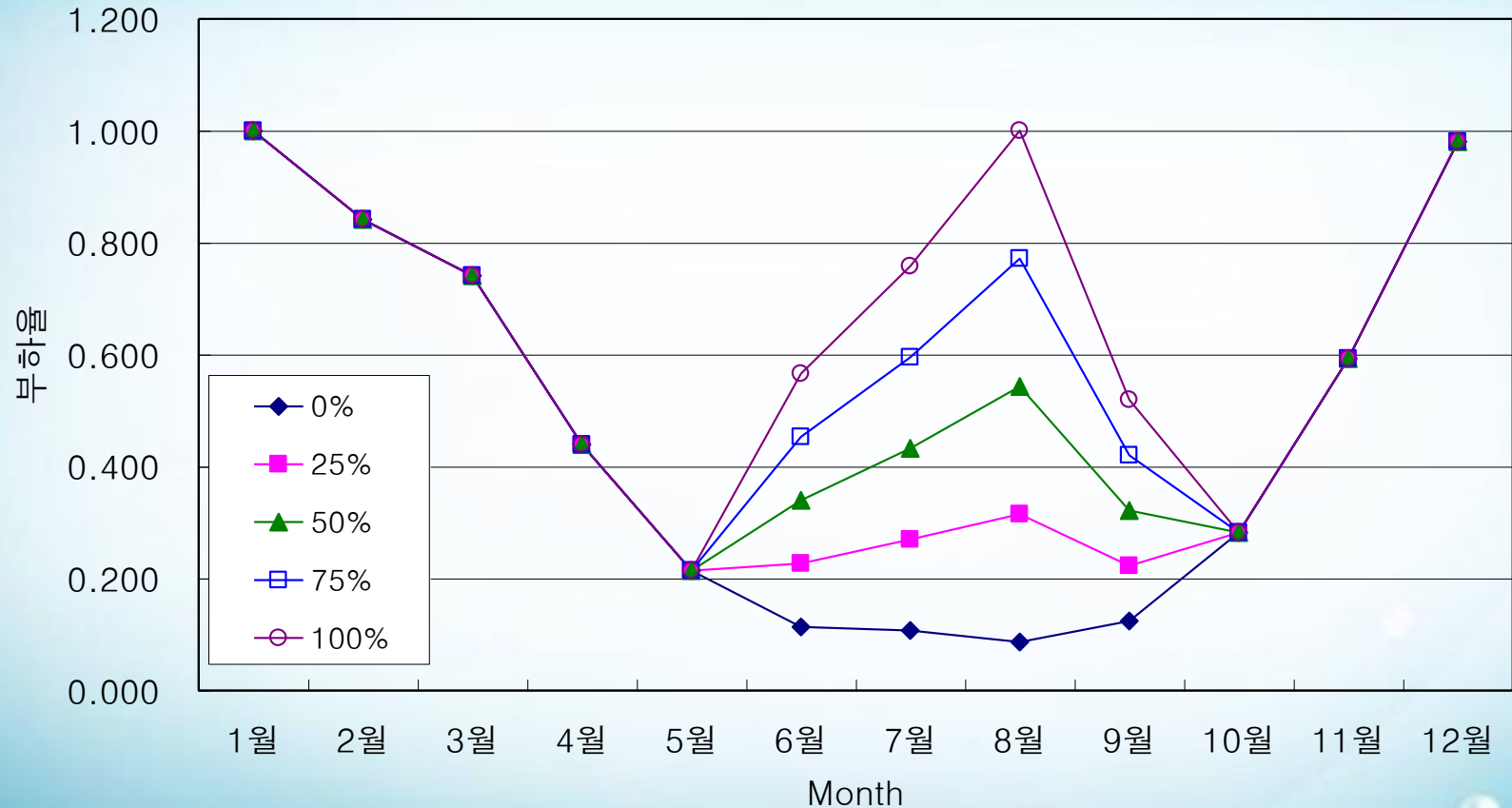
가정 상업에너지 월별 열사용량



- 월별 열공급 특성이 매우 유사함.
- 연도별 데이터를 바탕으로 월별 부하율 산출

하절기 월별 부하율 변화

동절기 대비 냉방 열공급율 변화에 따른 월별 부하율 변화



- 가정 상업에너지 월별 열사용량을 바탕으로 월별 부하율 산출(0~100%)

하절기 냉방열 공급율에 따른 열공급량 및 전력생산량 추산

• 냉방열 공급율에 따른 열공급량 추산

05~07 평균	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율					비 고
Month	0	0.25	0.5	0.75	1	단위 : 천 Gcal , 2007년 자료 기준
6월	323.74	646.81	969.88	1292.94	1616.01	6월 열사용율 x 연간 열공급량
7월	305.35	770.02	1234.69	1699.36	2164.03	7월 열사용율 x 연간 열공급량
8월	246.49	898.67	1550.85	2203.03	2855.21	8월 열사용율 x 연간 열공급량
9월	353.17	635.48	917.79	1199.04	1482.41	9월 열사용율 x 연간 열공급량
합 계	15764.10	17486.33	19208.56	20929.73	22653.01	1월~12월 합산

• 냉방열 공급율에 따른 전력생산량 추산

05~07 평균	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율					비 고
Month	0	0.25	0.5	0.75	1	단위 : 천 MWh , 2007년 자료 기준
6월	336.11	671.52	1006.93	1342.34	1677.75	6월 열공급량 / 열전비율(1.12)/ 단위환산계수(0.86)
7월	317.02	799.44	1281.86	1764.29	2246.71	7월 열공급량 / 열전비율(1.12)/ 단위환산계수(0.86)
8월	255.90	933.00	1610.10	2287.20	2964.30	8월 열공급량 / 열전비율(1.12)/ 단위환산계수(0.86)
9월	366.67	659.76	952.86	1244.85	1539.05	9월 열공급량 / 열전비율(1.12)/ 단위환산계수(0.86)
합 계	16366.39	18154.41	19942.44	21729.37	23518.49	1월~12월 합산

- 2007년 연간 지역난방 열공급량 : 15764 천Gcal/y
- 하절기 열공급율이 25% 일 때 8월 열공급량 246,000 Gcal에서 899,000 Gcal로 증가
- 하절기 열공급율이 25% 일 때 8월 전력생산량 256 GWh에서 933 GWh로 증가

냉방열 공급율에 따른 전력대체 효과 및 발전설비 회피비용

· 하절기 냉방열 공급율에 따른 지역냉방의 전력대체 효과

05~07 평균	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율				비 고
Month	0.25	0.5	0.75	1	단위 : 천 MWh, 2007년 자료 기준, 1단 흡수식 기준
6월	852.0	1277.6	1703.2	2128.7	6월 지역냉방 전력생산량 + 6월 EHP 대체 전력 소모량
7월	1014.3	1626.4	2238.5	2850.6	7월 지역냉방 전력생산량 + 7월 EHP 대체 전력 소모량
8월	1183.8	2042.9	2902.0	3761.1	8월 지역냉방 전력생산량 + 8월 EHP 대체 전력 소모량
9월	837.1	1209.0	1579.5	1952.7	9월 지역냉방 전력생산량 + 9월 EHP 대체 전력 소모량
합계	3887.3	6155.9	8423.2	10693.2	
절감효과(%)	3.74	6.45	9.16	11.88	8월 기준

· 하절기 냉방열 공급율에 따른 발전설비 회피비용

05~07 평균	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율				비 고
	0.25	0.5	0.75	1	2007년 자료 기준, 1단 흡수식 기준
8월 대체전력량[천 MWh] ₍₁₎	1183.8	2042.9	2902.0	3761.1	지역냉방 전력생산량 + EHP 대체 전력 소모량
8월 대체전력량[kcal/h] ₍₂₎	1,368,370,968	2,361,416,667	3,354,462,366	4,347,508,065	(1) × 0.86 × 10 ⁶ /744 (단위환산계수)
8월 대체전력량[kW] ₍₃₎	1,449,224	2,500,946	3,552,669	4,604,391	(2) / 944.2092 (단위환산계수)
환산비용[W]	20,289억	35,013억	49,737억	64,461억	(3) × 1,400,000

- 지역냉방 열공급율 25% 시 피크(8월) 전력대체 효과 3.7%
- 지역냉방 열공급율 25% 시 피크 발전설비 회피비용 20,289억

(6) 지역 냉난방 확대 보급에 따른 하절기 전력대체효과 분석

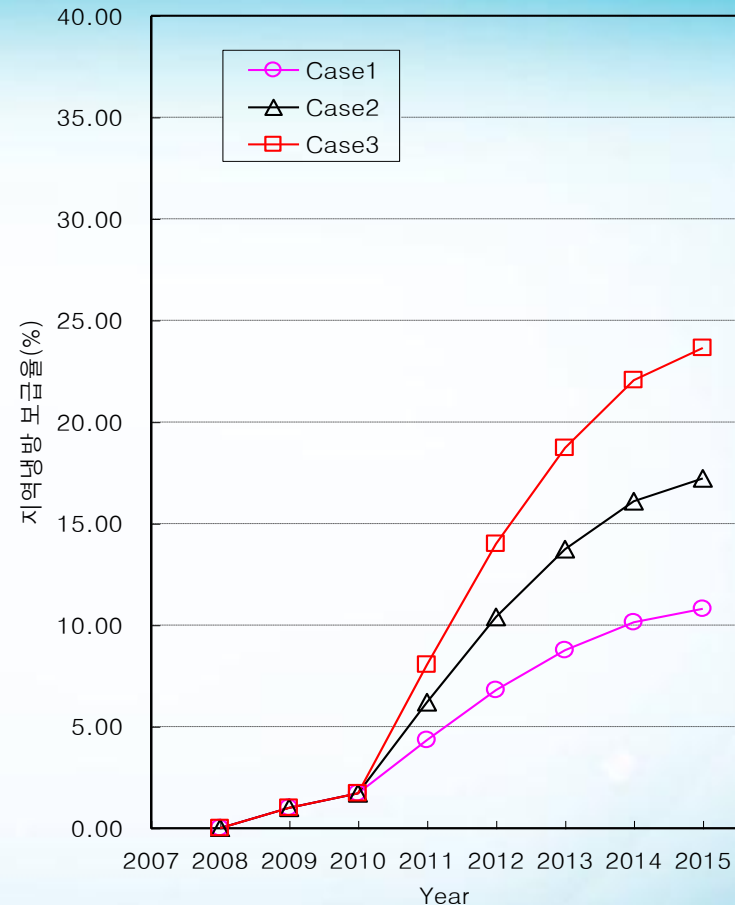
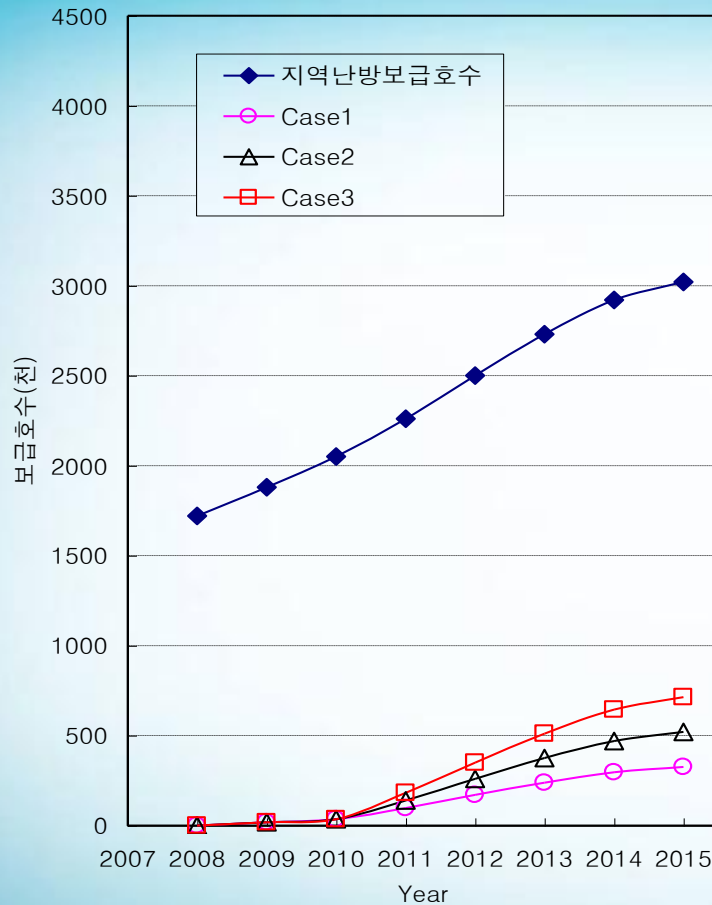
· 지역난방 보급실태 및 현황

구분	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008
총주택수(천)	9,570	10,113	10,627	10,867	11,181	11,472	11,892	12,358	12,669	12,988	13,223	13,501	14,080
지역난방 보급호수	525	620	740	839	912	980	1,083	1,177	1,251	1,377	1,390	1,484	1,720
보급률(%)	5.5	6.1	7.0	7.7	8.2	8.5	9.1	9.5	9.9	10.3	10.5	11.0	12.2

· 지역난방 보급계획 – 잠재수요: 동탄 2지구, 평택신도시 등 정부신도시 계획 반영

구분		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
총주택수, 단위:천		14080	14390	14700	14990	15280	15580	15880	16190
보급호수	확정수요	1720	1880	2040	2210	2340	2430	2490	2500
	잠재수요	0	0	10	50	160	300	430	520
	합계	1720	1880	2050	2260	2500	2730	2920	3020
보급율(%)		12.2	13.1	13.9	15.1	16.4	17.5	18.4	18.7

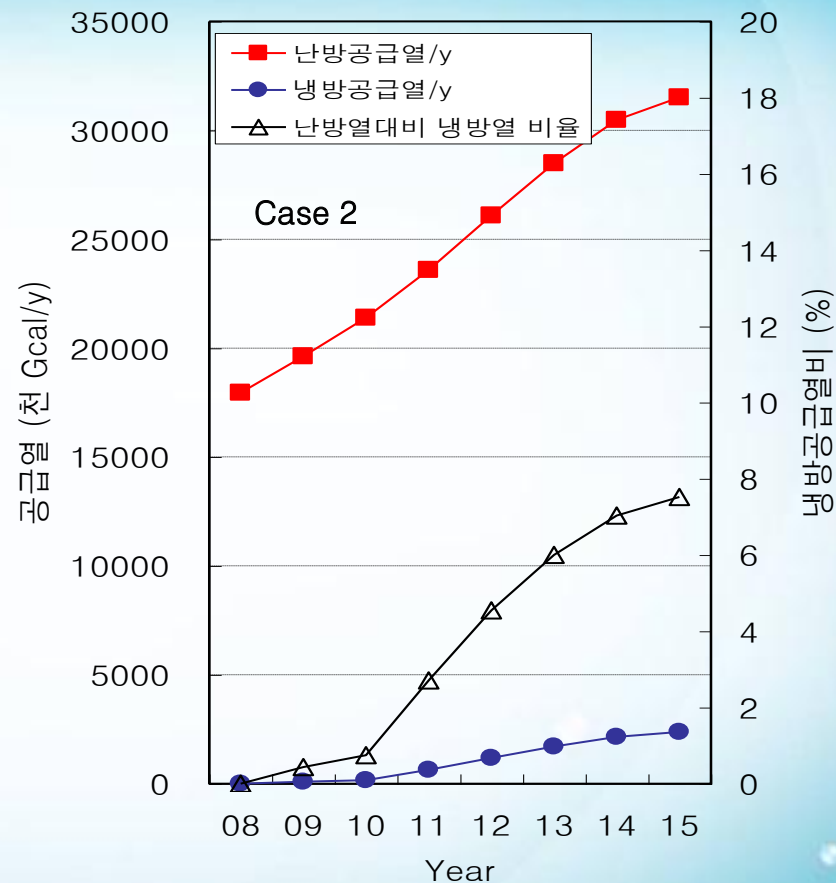
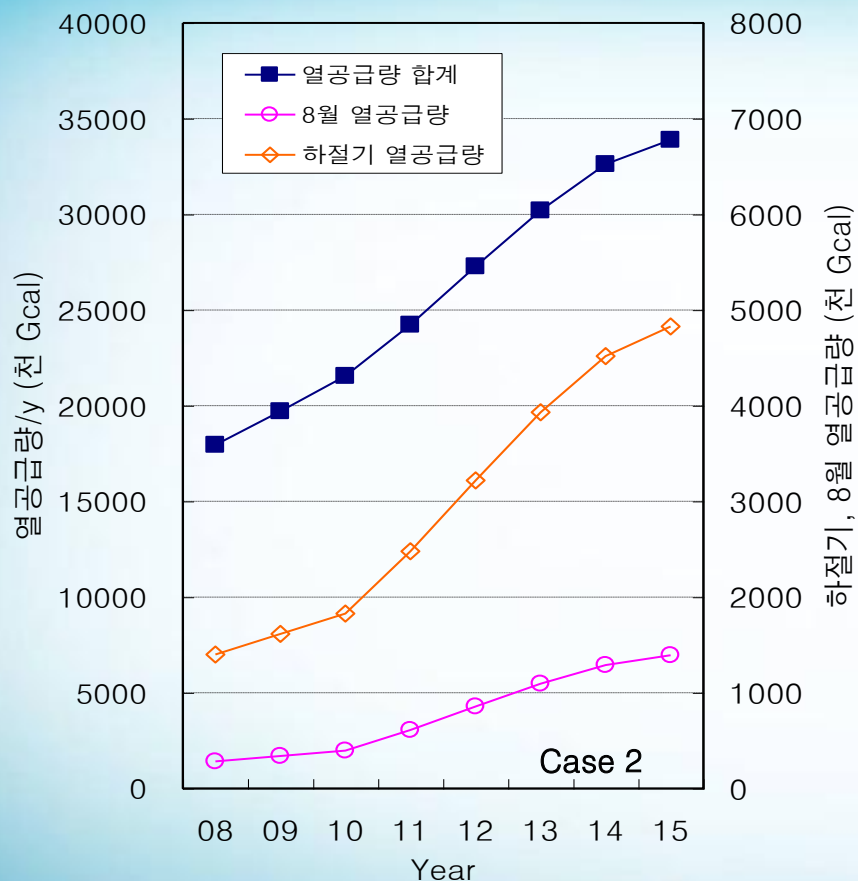
지역냉난방 보급계획



- **Case1:** 2010년부터 추가 지역난방보급세대의 **30%** 지역냉방 보급 가정
- **Case2:** 2010년부터 추가 지역난방보급세대의 **50%** 지역냉방 보급 가정
- **Case3:** 2010년부터 추가 지역난방보급세대의 **70%** 지역냉방 보급 가정

지역난방 대비 지역냉방 보급율은 2010년 **2%**에서 2015년 **11~24%**로 증가 전망

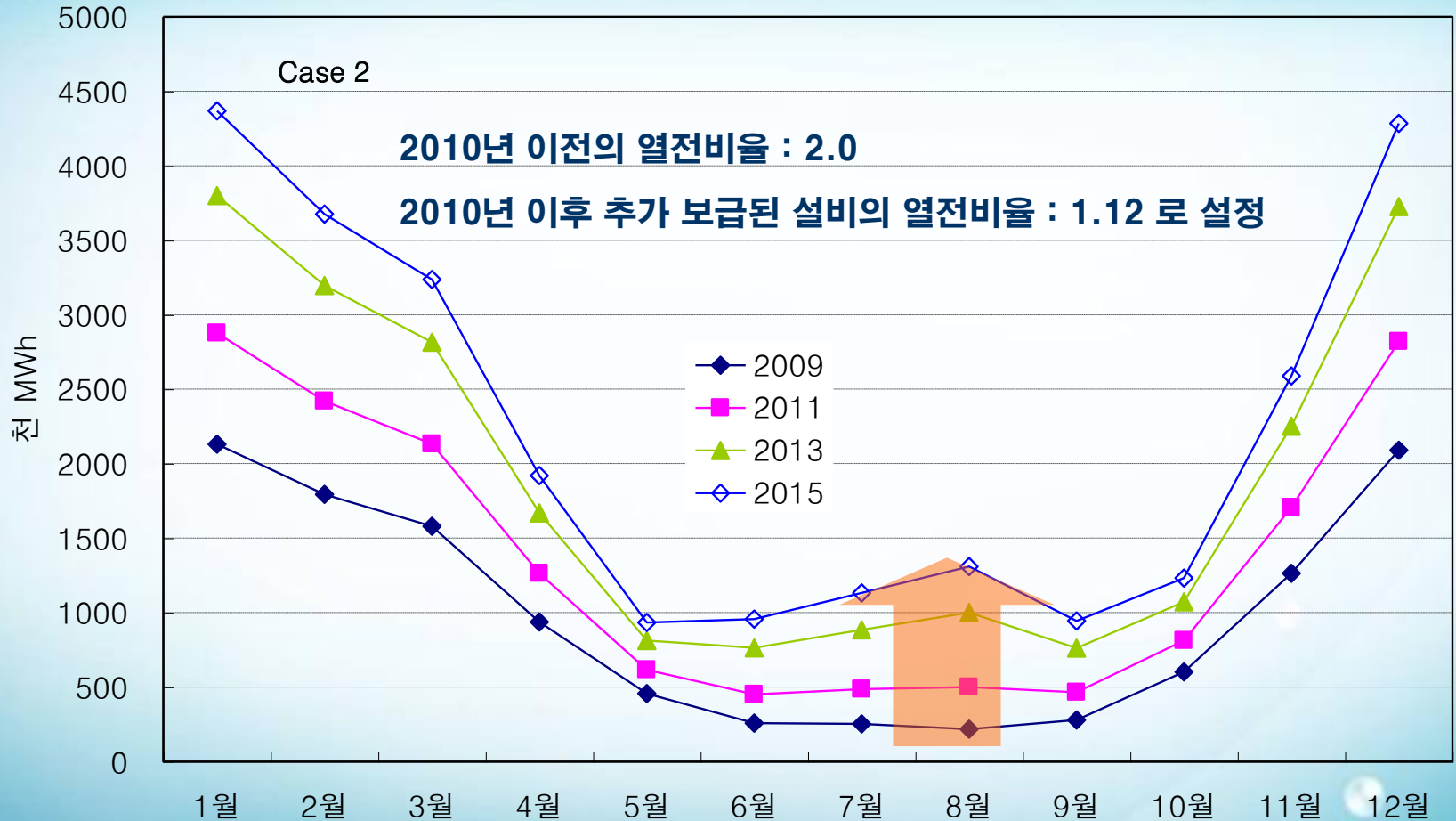
지역난방 보급에 따른 열공급량 추이



- 하절기 열공급량은 2010년 **1,827,000 Gcal**에서 2015년 **4,727,000 Gcal**로 증가 전망
- 난방열 대비 냉방열 공급량비 2010년 **0.7%**에서 2015년 **7.5%**로 증가 전망 (Case 2)

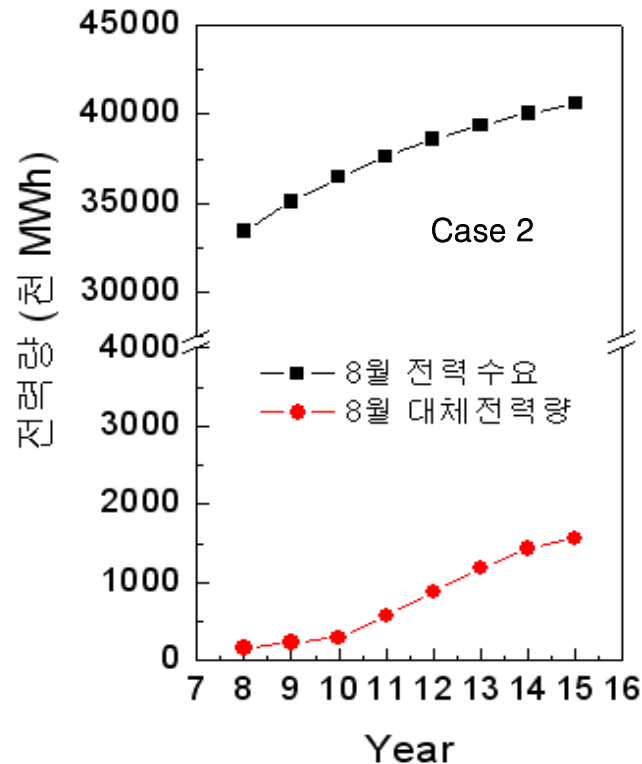
지역냉난방 보급에 따른 월별 전력공급량 추산

지역냉난방 보급에 따른 전력공급량 추산



하절기 전력공급량 점차 확대

지역냉난방 보급에 따른 피크전력 대체효과

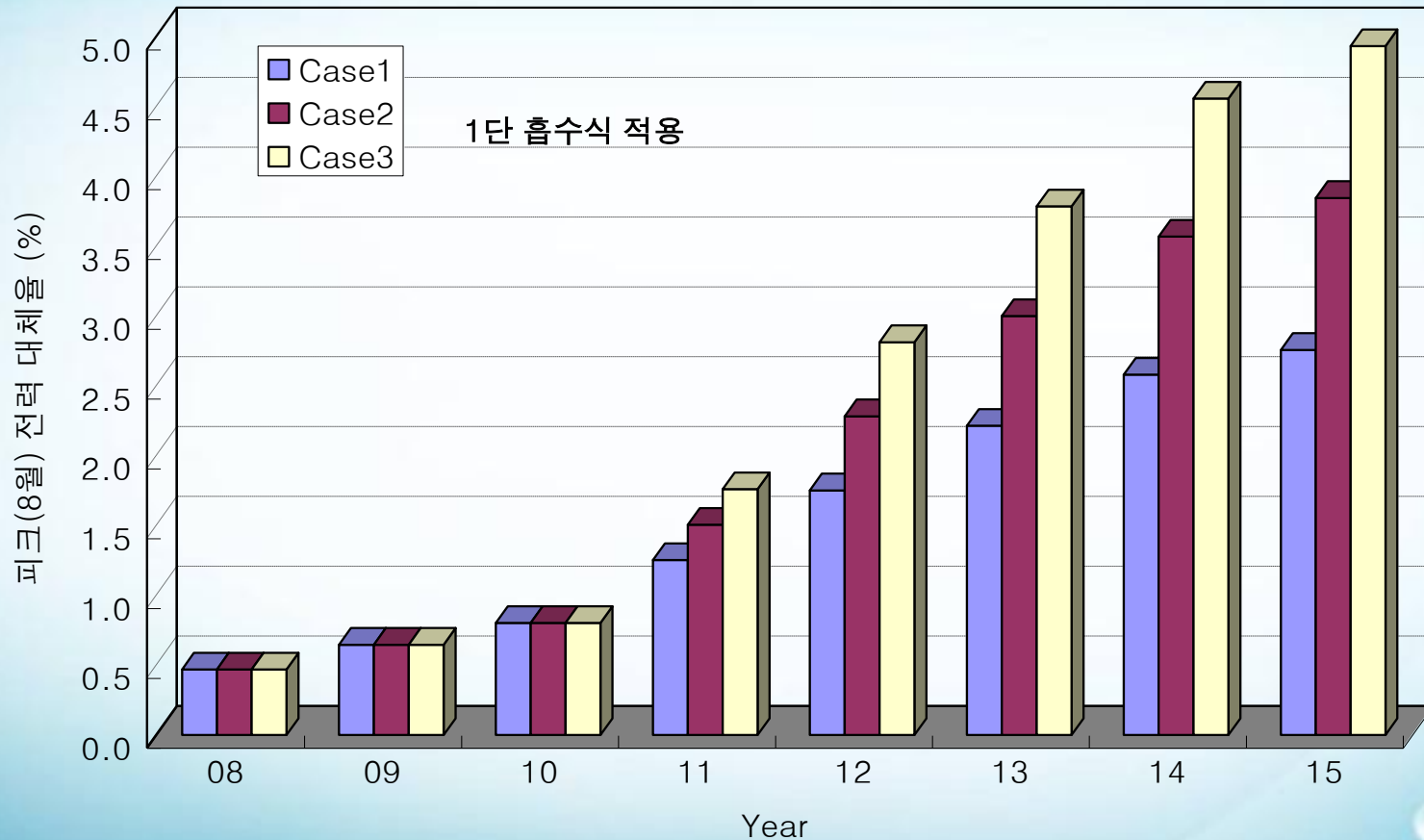


피크전력(8월)

- 전력량 예측(제 4차 전력 수급 기본계획 참고)
- 피크(8월) 전력수요는 2010년 36,454 GWh에서 2015년 40,567 GWh로 11% 증가 예상
- 피크(8월) 대체전력량은 2010년 292 GWh에서 2015년 1560 GWh로 약 5배 증가 예상

지역냉난방 보급에 따른 피크(8월) 전력 대체율

지역냉난방 보급에 따른 피크(8월) 전력 대체율



- 2010년 0.8% 2015년 2.8~4.9%의 피크(8월) 전력대체 효과 예상

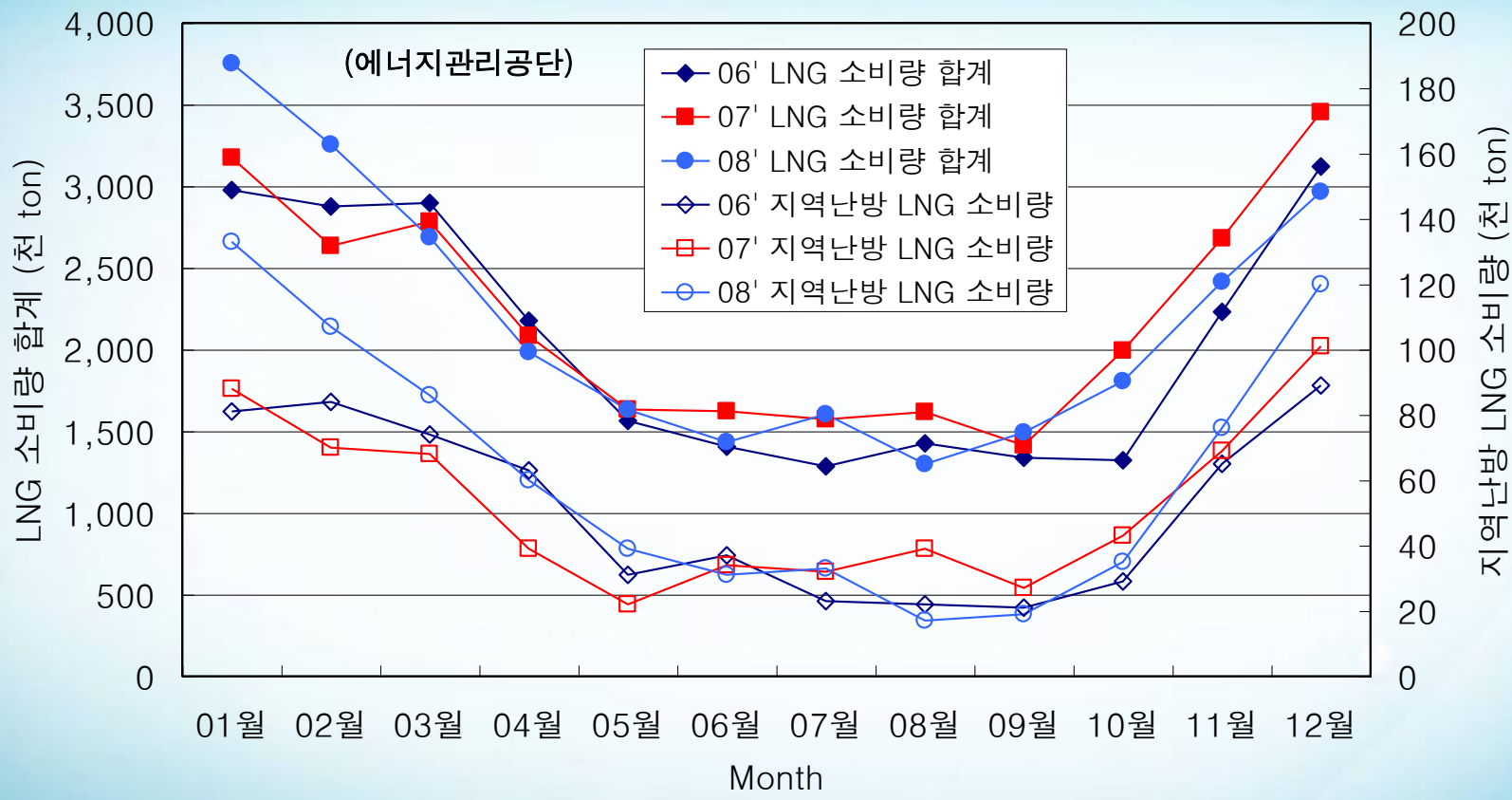
지역냉난방 보급에 따른 발전설비 회피비용

	Year	MWh	kW	억₩
Case1 피크전력(8월) 기준	10	292,410	357,972	5,012
	11	471,296	576,967	8,078
	12	675,737	827,246	11,581
	13	871,659	1,067,097	14,939
	14	1,033,508	1,265,235	17,713
	15	1,118,692	1,369,518	19,173
Case2 피크전력(8월) 기준	10	292,410	357,972	5,012
	11	566,837	693,930	9,715
	12	880,468	1,077,881	15,090
	13	1,181,031	1,445,834	20,242
	14	1,429,322	1,749,796	24,497
	15	1,560,002	1,909,775	26,737

- 추가보급세대의 지역냉방 도입을 30% 시 2015년 발전설비 회피비용 19,000억
- 추가보급세대의 지역냉방 도입을 50% 시 2015년 발전설비 회피비용 26,737억

(7) 겨울 피크치 대비 하절기 열공급률에 따른 LNG소비량 분석

월별 LNG 소비량



06', 07', 08' 평균 (천 ton)	01월	02월	03월	04월	05월	06월	07월	08월	09월	10월	11월	12월	합계
LNG 소비량 평균	3,301	2,922	2,790	2,081	1,609	1,487	1,487	1,447	1,415	1,708	2,442	3,180	25,870
지역난방 LNG 소비량 평균	101	87	76	54	31	34	29	26	22	36	70	103	669

하절기 냉방열 공급율에 따른 월별 LNG 소비 부하율 분석

06~08 평균	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율					비고
Month	0	0.25	0.5	0.75	1	지역냉방 LNG 사용량 기준
1월	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1월 사용량/ 1월 사용량
2월	0.864	0.864	0.864	0.864	0.864	2월 사용량/ 1월 사용량
3월	0.755	0.755	0.755	0.755	0.755	3월 사용량/ 1월 사용량
4월	0.536	0.536	0.536	0.536	0.536	4월 사용량/ 1월 사용량
5월	0.305	0.305	0.305	0.305	0.305	5월 사용량/ 1월 사용량
6월	0.338	0.422	0.570	0.735	0.870	$(6월사용량/1월사용량)+(1-(6월사용량/1월사용량))*(하절기 6월 부하율)*(하절기 지역냉방 열공급율)$
7월	0.291	0.421	0.632	0.833	0.955	$(7월사용량/1월사용량)+(1-(7월사용량/1월사용량))*(하절기 7월 부하율)*(하절기 지역냉방 열공급율)$
8월	0.258	0.444	0.722	0.931	1.000	$(8월사용량/1월사용량)+(1-(8월사용량/1월사용량))*(하절기 8월 부하율)*(하절기 지역냉방 열공급율)$
9월	0.222	0.310	0.465	0.646	0.806	$(9월사용량/1월사용량)+(1-(9월사용량/1월사용량))*(하절기 9월 부하율)*(하절기 지역냉방 열공급율)$
10월	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	10월사용량/1월사용량
11월	0.695	0.695	0.695	0.695	0.695	11월사용량/1월사용량
12월	1.026	1.026	1.026	1.026	1.026	12월사용량/1월사용량
합계	6.6457	7.13	7.93	8.68	9.17	
		6월	7월	8월	9월	
		하절기부하율	0.51	0.73	1.00	0.45

하절기 냉방열 공급율에 따른 월별 LNG 소비량

· 지역난방용 천연가스 소비량

단위:천 톤	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율				
Month	0	0.25	0.5	0.75	1
1월	100.7	100.7	100.7	100.7	100.7
2월	87.0	87.0	87.0	87.0	87.0
3월	76.0	76.0	76.0	76.0	76.0
4월	54.0	54.0	54.0	54.0	54.0
5월	30.7	30.7	30.7	30.7	30.7
6월	34.0	42.5	57.4	73.9	87.6
7월	29.3	42.3	63.6	83.9	96.1
8월	26.0	44.7	72.7	93.7	100.7
9월	22.3	31.2	46.9	65.1	81.1
10월	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7
11월	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
12월	103.3	103.3	103.3	103.3	103.3
합계	669.00	718.02	797.81	873.88	922.84
소비증가율 (%)	0.0	7.3	19.3	30.6	37.9

· 국가 전체 천연가스 소비량

단위:천 톤	동절기 대비 지역냉방의 하절기 열공급율				
Month	0	0.25	0.5	0.75	1
1월	3301.3	3301.3	3301.3	3301.3	3301.3
2월	2922.0	2922.0	2922.0	2922.0	2922.0
3월	2789.7	2789.7	2789.7	2789.7	2789.7
4월	2081.3	2081.3	2081.3	2081.3	2081.3
5월	1609.0	1609.0	1609.0	1609.0	1609.0
6월	1487.3	1495.8	1510.7	1527.3	1540.9
7월	1487.0	1500.0	1521.3	1541.5	1553.8
8월	1447.3	1466.0	1494.0	1515.0	1522.0
9월	1415.0	1423.8	1439.5	1457.7	1473.8
10월	1707.7	1707.7	1707.7	1707.7	1707.7
11월	2442.3	2442.3	2442.3	2442.3	2442.3
12월	3180.0	3180.0	3180.0	3180.0	3180.0
합계	25870.0	25919.0	25998.8	26074.9	26123.8
소비증가율 (%)	0.0	0.2	0.5	0.8	1.0

지역냉방 열공급율 25% 시 지역난방 LNG 소비량 7.3% 증가

지역냉방 열공급율 25%시 전체 소비량 0.2% 증가

수요관리 효과 요약

	냉방열공급 보급확대(25%)	지역냉방 보급계획(Case 1)
해석 방법	2007년 기준으로 냉방열공급 25% 확대	2010년 이후 지역난방 보급세대의 30% 지역냉방 보급 가정
피크(8월) 전력대체효과	3.7% (2007년 기준)	2.8% (2015년 기준)
발전설비 회피비용	20,300억	19,000억 (2015년 기준)
연간 지역냉난방용 LNG 수요	7.3% 증가 (2007년 기준)	2015년에 81% 증가 (08년 기준) * 장기 천연가스 수급계획자료 반영
연간 국가 전체 LNG 수요	0.2% 증가 (2007년 기준)	2015년에 16% 증가 (08년 기준) * 장기 천연가스 수급계획자료 반영

Thank you!!



(8) 지역 냉난방 확대 보급에 따른 LNG 수요 분석

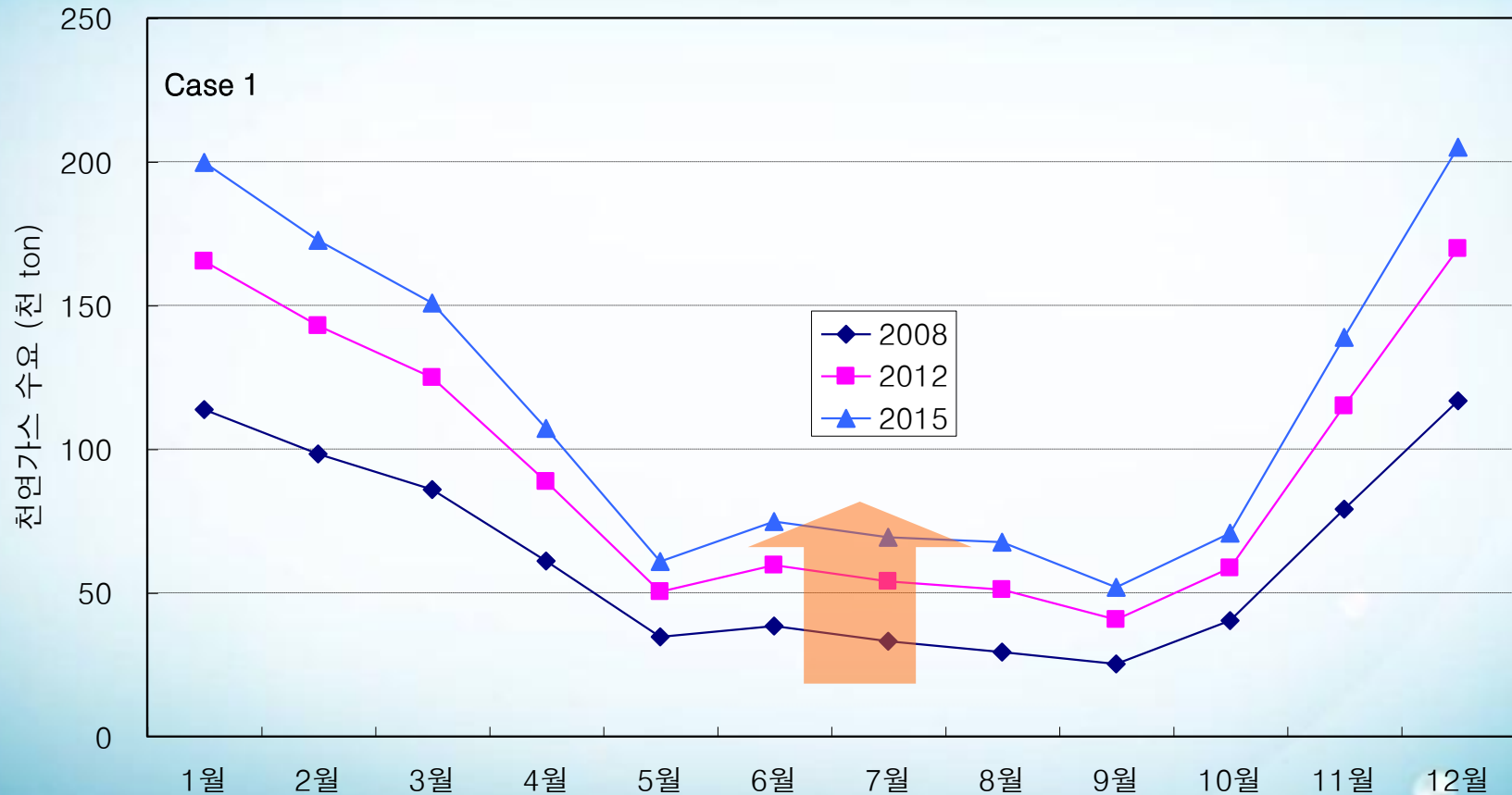
· 9차 장기 천연가스 수급계획[지식경제부]

연도	도시가스용				발전용				합계 (천 ton)
	가정용	일반용	산업용	소계	발전용	열병합	자가용	소계	
2007 실적	7,153	2,813	4,483	14,449	9,234	2,219	623	12,075	26,524
2008 잠정	7,480	2,930	4,942	15,352	9,012	2,529	554	12,095	27,447
2012	8,354	3,589	6,226	18,169	10,873	3,524	627	15,025	33,194
2015	8,917	4,093	7,233	20,243	7,251	3,549	627	11,428	31,671
2020	9,950	5,067	9,171	24,188	3,563	3,555	627	7,745	31,933
2022	10,319	5,461	9,953	25,734	3,487	3,549	627	7,663	33,397
연평균증가율	2.50%	4.50%	5.50%	3.90%	-6.30%	3.20%	0.05%	-3.00%	1.50%

- 천연가스 수급은 2008년 27,447,000 톤에서 2012년 33,194,000 톤으로 증가전망
- 2012년 이후 발전용 LNG 수요 감소 경향으로 2015년 LNG 수요의 감소예측

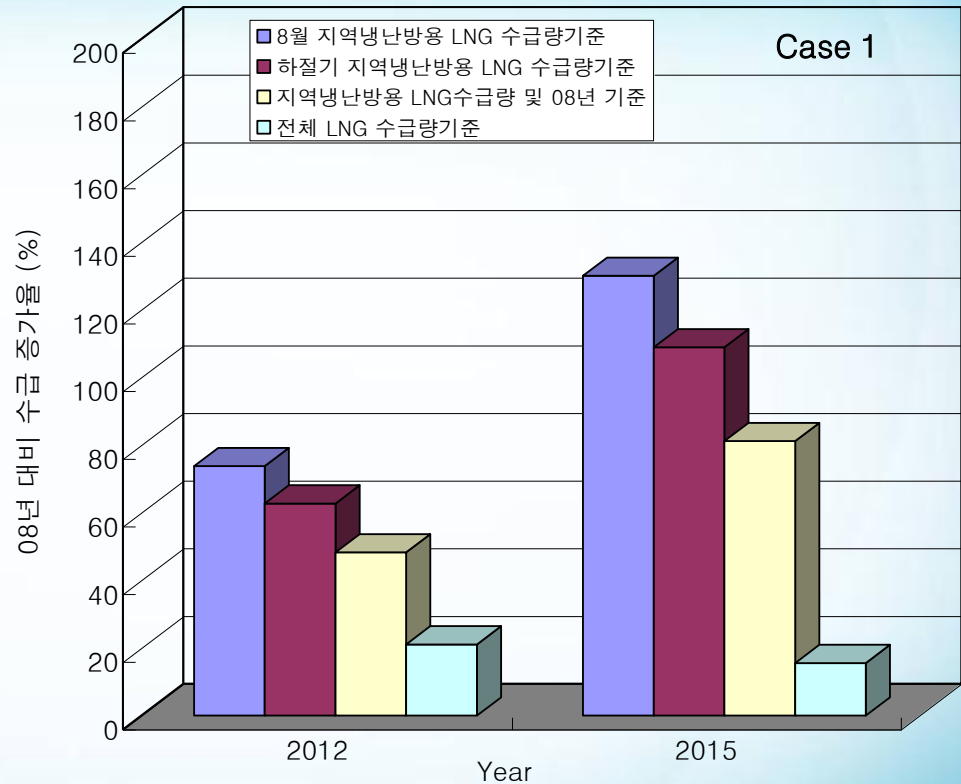
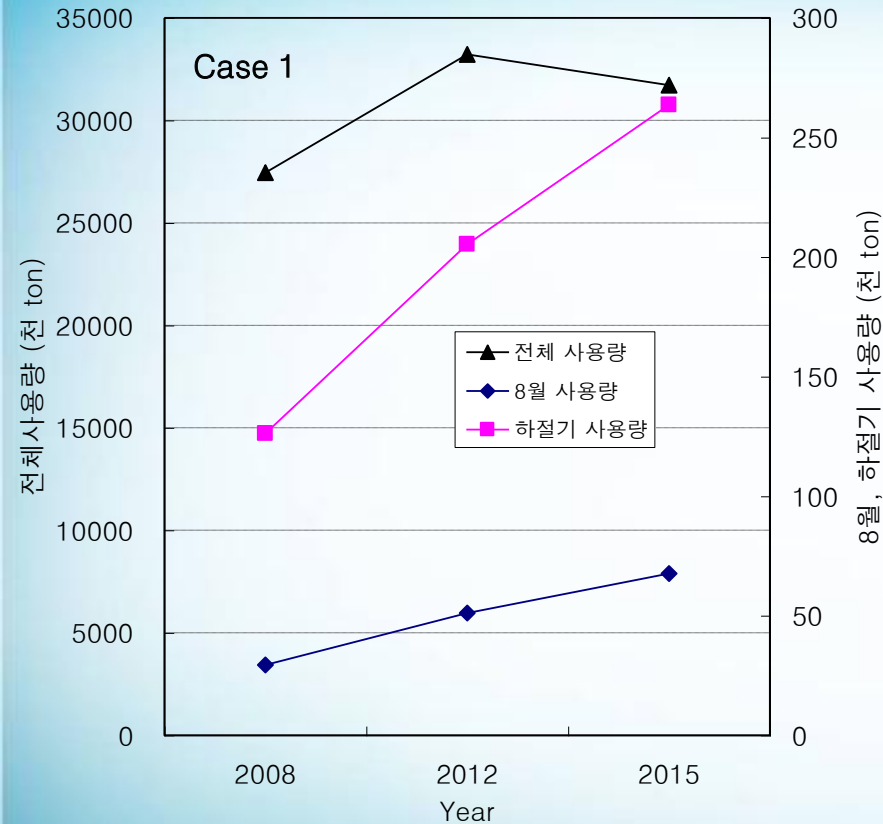
지역냉난방 보급에 따른 천연가스 수요예측

지역냉난방 보급에 따른 천연가스 수요예측



■ 하절기 천연가스 수요의 꾸준한 증가 예상

지역냉난방 보급에 따른 LNG 수요 증가율



- 2015년 피크 (8월) LNG 수요는 08년 대비 120% 증가 전망
- 2015년에 연간 지역냉난방용 LNG 수요는 08년 대비 81% 증가
- 2015년에 연간 국가 전체 LNG 수요는 08년 대비 16% 증가