

# 지역냉난방 부하관리 (Load management of district heating and cooling)

우리나라 지역냉난방 사업의 특성을 분석하여 향후 집단에너지 사업의 발전 방향을 제시한다.

이 대 영

한국과학기술연구원 열유동제어연구센터 (ldy@kist.re.kr)

박 윤 철

제주대학교 기계에너지생산공학부 (ycpark@chejy.ac.kr)

오 명 도

서울시립대학교 기계정보공학과 (mdoh@uos.ac.kr)

김 용 열

한국지역난방공사 전략팀 (kimjang@kdhc.co.kr)

장 승 찬

에너지관리공단 정책연구실 (schang@kemco.or.kr)

## 개요

효율 향상을 위하여 집중된 에너지 생산시설에서 생산된 열과 전기를 주거, 상업지역 내의 다수 사용자에게 일괄적으로 공급하는 사업이다.

지역냉난방사업은 가정/상업 부문의 에너지 이용

표 1과 표 2에 나타난 바와 같이 발전폐열을 난방

<표 1> 집단에너지 공급에 따른 에너지 절감효과(2001, 에너지관리공단)

구 분	집단에너지방식 에너지사용량(A)	기존방식 에너지사용량(B)	절감량(B-A)	절감률(%)
지역난방	1,539,786	2,544,357	1,004,571	39.5%
산업단지	5,357,959	6,569,365	1,211,406	18.4%
합계	6,897,745	9,113,722	2,215,977	24.3%

<표 2> 집단에너지 공급에 따른 환경개선효과(2001, 에너지관리공단)

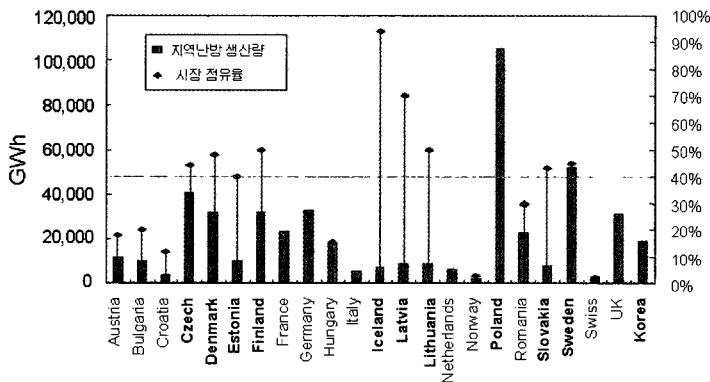
구 분	대기오염물질 배출량		감소량	감소율(%)
	집단에너지방식	기존방식		
황산화물(SOX)	35,565	65,773	30,208	45.9
질소산화물NOX)	31,999	48,224	16,225	33.6
먼 지(DUST)	6,527	10,060	3,533	35.1
소 계	74,091	124,057	49,966	40.3
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	5,641,238 TC	7,573,718 TC	1,932,480 TC	25.5

급탕 열원으로 이용함으로써 에너지 이용 효율 향상 및 20~30% 정도의 에너지 절감, 연료사용량 감소 및 집중적인 환경관리로 대기환경 개선(30~40%) 등의 효과를 얻을 수 있는 것으로 보고되고 있다. 집단에너지 사업의 이러한 장점은 기후변화협약 등 국제적 환경규제에 대한 효과적 대응에 크게 기여할 것으로 기대된다.

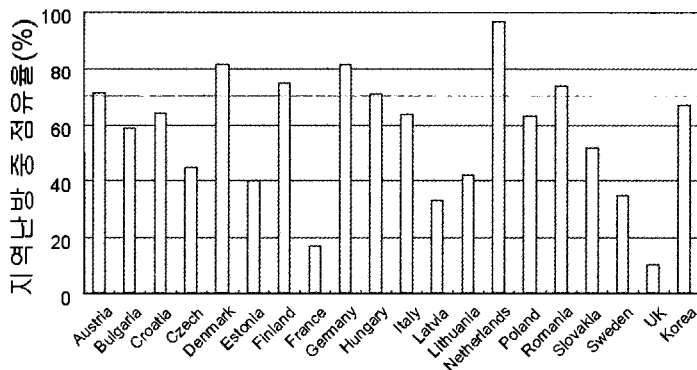
### 해외사례

세계지역난방 시장의 선두주자인 유럽 국가들은 지역난방이 에너지의 효율적 이용 및 환경보호차원에서 가장 우수한 난방형태임을 일찍이 인식하고 지역난방 산업의 발달을 위한 각종 정책들을 지속적으로 추진해 왔다." 그 결과 지역난방 연간 열 판매량

은 550 TWh(2EJ)로 이 지역 총 열수요량의 약 10%에 이르고 있으며, 지역난방 공급 인구는 약 6400만 이상(러시아 제외)이며 주택난방시장의 약 16%의 점유율을 차지하고 있다. 2004년에 신규 가입국을 포함한 유럽연합 28개국 내에서 지역난방산업은 연간 180~190억 유로 규모의 판매량과 함께 에너지 분야의 큰 비중을 차지하고 있다. 연간 열 생산량은 러시아를 제외하고 폴란드(105,000 GWh)가 가장 높으며 그 뒤를 이어 독일(89,829 GWh), 스웨덴, 체코 순이다(그림 1). 시장 점유율은 일반적으로 북부 및 동부유럽국가에서 높으며 인구밀도가 높은 대도시의 경우에는 점유율이 80% 이상인 경우도 있다. 반면 남부 및 서유럽의 경우는 1~10% 수준이며, 한국의 경우는 약 10% 수준이다.



[그림 1] EU의 지역난방보급 현황



[그림 2] 지역난방 중 열병합발전의 점유율



지역난방의 시장점유율은 동유럽 국가가 더 높지만, 지역난방 열생산 중 열병합발전 생산비율은 EU 국가의 경우 약 67%로 동유럽국가(52%)보다 더 높은 편이다. 한국은 약 67.4%로 비교적 높은 편이다.

그림 2에 보인 바와 같이 지역난방에서 열병합발전이 차지하는 점유율(생산량 및 생산능력 기준)은 스웨덴을 제외한 기존 EU회원국의 경우 64~94%로 높은 편이다. 네덜란드는 거의 94%에 이르고 있는 반면 스웨덴의 경우는 쓰레기 소각열을 이용한 지역난방 공급에 더 큰 비중을 두고 있어 열병합발전 점유율이 낮다. 중·동부 유럽국가의 경우 지역난방 점유율은 기존 EU회원국에 비해 높으나, 지역난방의 열병합발전 비중은 35~72%로 상대적으로 낮은 수준이다. 예외적으로 헝가리의 경우는 오랜 기간 동안의 중·소형 열병합발전 확대 보급 정책으로 인해 열병합발전 점유율이 높다.

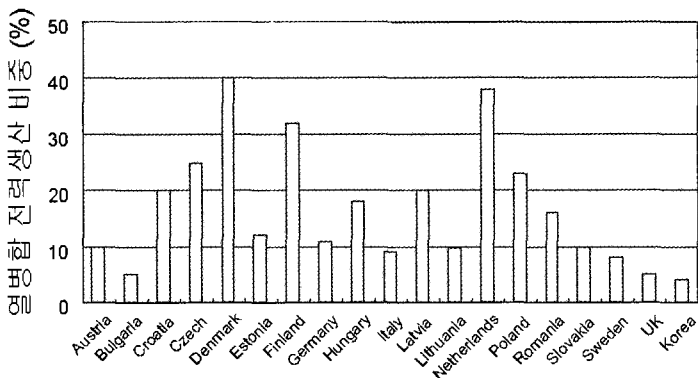
한편, 기존 EU회원국의 열병합발전 생산전력은 국가 전체 전력생산의 약 10%인 반면 신규 가입국의 경우는 그 보다 높은 약 18% 수준이다(그림 3).

1997년에 작성된 유럽연합집행위원회의 열병합발전 전략에서는 열병합발전의 전력생산 비율을 2010년까지 두 배로 증가시킨 18%로 목표를 설정했다. 열병합발전의 전력생산이 1994년에 유럽연합 전체 전력생산의 9% (204 TWh)를 달성했으며 2001년에는 10%에 이르렀다. 현재의 추가 건설계획(29 GWh)이 추진되면 1994~2010년 동안에 열병합발전 능력은 49 GWh에 이르러 전력생산은 2010년 전체 전력생산량

의 11~14%에 이를 것으로 전망된다. 현재의 전력생산 점유율(9%)을 2010년까지 두 배인 18%로 확대시키기 위해서는 현재의 신설계획을 두 배로 증대시키고 부하율을 30% 증대시키며 각 회원국이 장애요인을 제거하면 충분히 달성 가능할 것으로 기대되고 있다. 이러한 증대계획에 의하면 2010년 이산화탄소 배출량의 4%가 감축될 수 있을 것으로 기대된다.

1997년의 열병합발전 확대 지침에서는 1) 열병합발전의 생산제품(전기, 열)과 열병합발전 연료에 대한 정의 2) 개별생산방식에 비해 최소 10%의 에너지절약을 달성하는 열병합 발전을 고효율의 열병합발전으로 정의 3) 각 회원국들이 이러한 고효율 열병합 발전을 인증할 수 있도록 제도를 갖추어야 하며 4) 회원국들이 고효율 열병합발전의 잠재력을 분석해야 하며 5) 회원국들이 고효율 열병합발전 잠재력을 달성할 수 있는 전략을 수립하도록 명시하고 있다. 동 지침은 1997년의 전략에서 제시된 구체적인 목표(18%)를 명시하지 않는 대신 회원국들로 하여금 고효율의 열병합발전 잠재력을 분석하도록 요구하고 있다.

유럽 국가들과는 달리 석유·가스·석탄 등의 부족한 자원이 풍부한 미국은 주로 대학 캠퍼스, 군부대, 병원을 중심으로 지역난방이 일찍이 도입되었으나 저렴한 연료가격으로 인하여 그다지 많이 보급되지는 못하였다. 따라서 유럽 국가들이 도입초기에 이용한 증기방식의 지역난방방식이 현재에도 이용되고 있는 실정이며, 기후적인 조건으로 인하여 유럽 국가들에 비하여 지역난방을 겸한 경우가 비교적 많은 편이다.



[그림 3] EU의 열병합발전 전력생산 비중

미국에서는 지역난방 시스템의 발전 및 확대 보급에 장애가 되는 여러 가지 요인들을 해소하기 위하여 여러 법령들을 제정하여 적용하고 있는데, 주요 골자는 아래와 같다.

- 특정 열에너지 생산자 및 지역난방 시스템의 공공사업법에 의한 규제 면제
- 일부/지역난방 시스템에 제한적 공공사업법 적용
- 주정부 기관에 지역난방 시스템 및 열에너지 생산설비 소유 자격 부여
- 공공단체의 지역난방 시스템 및 열에너지 생산 설비 소유 자격 부여
- 공공단체에 대한 지역난방 열 공급 계약조건 완화

2002년, 미국의 주정부 에너지관리국으로 구성된 The National Association of State Energy Officials(NASEO)는 지역난방 시스템의 개발 및 확대 보급을 위한 결의안을 마련하여 연방정부와 의회에 제출하였다. 모든 정부기관들은 에너지가 국가의 근간임을 인식하고 국가 에너지와 환경문제에 대한 책임의식을 가지며, 에너지 효율향상과 에너지 보존에 많은 현안이 있음을 확인하고, 또한 에너지의 생산·소비의 형태가 지구환경보존에 결부되어 다뤄져야하며, 노후화되어가는 사회기반시설과 대기오염, 불가역제, 전력소비증가 등 다양하고 복잡한 사회 전반에 대한 문제점을 제기하고, 인구밀집 지역의 환경을 개선하며 빌딩관리 비용을 절감하기 위해 지역난방 시스템의 도입을 적극적으로 유도하기로 한 것이다.

기후가 온화한 일본은 다른 선진국보다 늦은 1960년대부터 대규모의 난방공급을 시작하였다. 지역난방은 1970년 북 오사카의 센리쥬오 지구와 센리구릉에서 개최된 국제만국박람회에 열공급을 시작한 것이 그 최초이다. 이듬해인 1971년에는 도쿄의 신주쿠 지역에 지역난방이 그리고 홋카이도의 삿포로시 도심 및 아쓰베쓰, 마코마나이 등의 주택단지에 지역난방이 도입되어 일본의 본격적인 지역난방의 역사가 시작되었다. 1970~74년은 오사카, 도쿄 및 홋카이도에서 거의 동시에 시작된 일본의 지역난방이 '일본열도 개조론'의 조류에 편승하여 전국적으로 도입되기 시작한 시기이다. 석유, 석탄에 이어

도시가스가 열원으로서 사용되었다. 홋카이도에서는 주택단지에 고온수에 의한 지역난방이 대거 실시되었고, 1972년에는 열공급사업법이 제정되었다. '일본 지역난방협회'와 '일본 열공급사업협회'가 설립된 것도 바로 1972년의 일이었다. 1975~1979년은 1973년에 시작된 세계적인 석유 파동의 영향을 받아 성장이 둔화된 침체기로서, 실시건수가 감소하고 그나마 대부분은 이전의 도입기에 계획되어, 마무리되지 못한 프로젝트를 계속해서 실시한 것에 불과하였다. 1980~84년은 회복기로 실시건수에서는 침체기와 별반 다를 바 없었으나, 석유 파동의 경험을 바탕으로 시스템 면과 경제성 면에서 점차 개선되어, 도쿄시의 '지도요강'에 기초한 중규모의 시가지 재개발형 지역난방과 도쿄의 주택단지에 청소공장의 배열을 이용한 지역난방이 실시되었고 히트펌프 축열시스템, 열병합발전 등의 새로운 절약형 에너지기술이 채용되기 시작함으로써 1985년 이후의 지역난방 발전의 기초가 마련되었다.

1985~1989년은 발전시기로 활발한 도시재개발 및 전력회사의 지역난방사업 참여, 열병합발전방식, 히트펌프 축열시스템, 배열이용 등의 신기술이 채용되고 보급된 시기이다. 통산성, 건설성, 도쿄시 등 행정당국에 의한 지역난방의 도입·촉진책에 의해 지역난방이 급속히 보급되어 갔다. 또한 과거에는 도쿄가 중심이었던 지역난방이 오사카, 나고야, 큐슈 등 전국적으로 확산되기 시작하였다. 1990년대에 들어와 재개발사업에 따른 지역난방사업은 더욱 활발해졌다. 뉴타운건설, 국제공항 등 제3섹터 방식에 의한 대규모 지역난방의 증가가 오사카, 큐슈, 나고야, 센다이 등 전국적으로 확산되었다. 도시가스, 전기, 배열을 포함한 에너지원의 다양화, 에너지 병용방식의 증가 및 병축열, 잠열축열, 흡수식 히트펌프, 연료전지 등 신기술을 채택하는 특징을 보여 여러 면에서 지역난방의 다각화가 이루어졌다. 현재 일본은 전국적으로 154개 지역에서 지역난방 시스템이 가동 중에 있다.

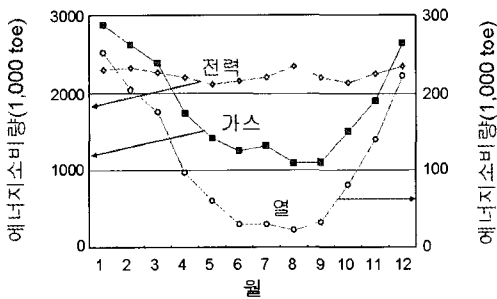
### 우리나라 지역난방사업의 특성

우리나라에는 2003년 현재 120만 호에 지역난방이 공급 중이며, 이중 85%가 열병합 발전으로 생산되고



있다. 2010년까지 200만 호에 확대 보급될 예정이다. 열병합 발전에 의한 전력과 열의 생산비율이 3:4 내외로 고정되어 있으므로, 집단에너지 사업 효과의 극대화를 위해서는 전력부하와 열부하의 비율이 어느 정도 적절히 유지되어야 한다.<sup>2)</sup> 그러나 지역난방이 주로 공급되고 있는 가정/상업 부문에서 전력부하와 열부하는 연중 상당히 차별되는 부하특성을 나타낸다. **그림 4**에 나타난 바와 같이 지역난방의 공급실적은 동절기에 커지며 하절기에는 최소가 되는 반면, 전력 공급실적은 연중 비교적 균일하며 지역난방과는 반대로 하절기에 최대값을 나타낸다. **표 3**에 월간 전력, 가스, 지역난방 공급실적의 연중 최대값에 대한 연중 최소값의 비율을 나타내었다. 월별 공급실적을 기준으로 할 때, 전력공급실적은 최대값에 대한 최소값의 비율이 90%로 연간 거의 균일한 특성을 보이는 반면, 지역난방은 8.7%로 부하의 연간 변화가 매우 큰 것을 알 수 있다. 최대값에 대한 최소값의 비율은 최대 설비용량에 대한 최소 운전실적의 비율로 해석할 수 있으므로, 지역난방 설비의 운전율이 하절기에는 10%에도 미치지 못하는 것으로 이해할 수 있다.

이러한 실태는 하절기 수요를 증가시키기 위하여 여러 가지 지원책이 시행되고 있는 가스 소비현황보다도 상당히 심각한 수준임을 알 수 있다. 더욱이 가스의 하절기 수요 창출은 에너지 효율적 수단이라기보다는 저장시설 확충에 따른 비용증가를 회피하기 위한 비용효율 증대 수단인 반면, 지역 열공급의 하절기 수요 창출은 집단에너지 설비의 이용률 확대에 따른 에너지 사용효율의 증대로 직접적으로 귀결된다.



[그림 4] 2004년 월별 전력/가스/지역난방 공급실적 (지역난방공사)

하절기에 열수요가 감소하더라도 열병합 발전설비가 운전을 지속하는 한 발전량의 일정한 비율에 해당하는 폐열이 발생하므로, 열수요가 없으면 이 폐열은 유용하게 사용되지 못하고 폐기되게 되어 집단에너지 설비의 총괄적인 에너지 이용효율이 감소하게 된다.

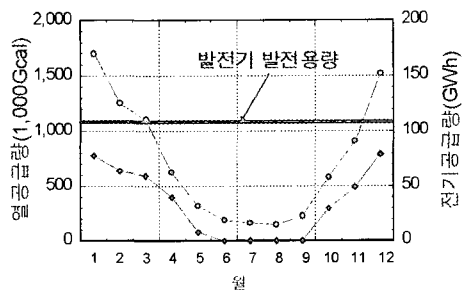
**그림 5**는 2003년 지역난방공사의 월별 열/전기 공급실적을 나타낸 것이다. 특이한 것은 하절기 전력수요가 상승하는데 반하여, 6~9월 사이의 발전실적이 전혀 없음을 알 수 있다. 이는 지역난방공사가 보유한 열병합 발전설비가 저압 스팀터빈 방식으로 발전효율이 한국전력 등의 대형 화력발전 효율에 미치지 못하여 발전원가가 한전의 전기매입 단가보다 높아, 열판매 없이 전력판매만으로는 수지를 맞출 수 없기 때문인 것으로 사료된다. 그 결과 열부하가 감소하면 발전실적도 동반하여 낮아지다가, 열부하가 최대 용량의 10% 이하로 감소하는 하절기에는 발전설비의 가동을 완전히 정지하게 되는 것이다.

<표 3> 2004년 월별 전력/가스/지역난방 공급실적의 최소값과 최대값 비율

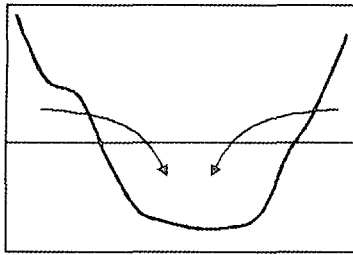
	전력	가스	지역난방
최소/최대 (%)	90	38	8.7

<표 4> 지역냉난방 사업자의 발전용량 및 발전실적(2003)

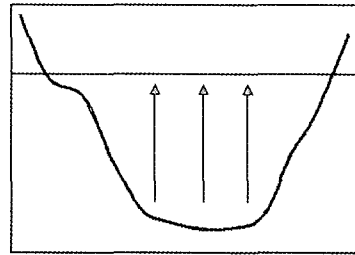
구분	지역난방	국가	비율(%)
발전용량 (MW)	1,296	55,488	2.34
연간 발전량 (GWh)	4,626	322,452	1.43



[그림 5] 지역난방공사의 2003년 월별 열/전기 공급실적 (지역난방공사)

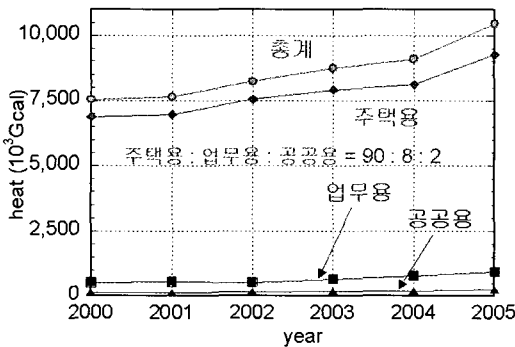


(a) load shifting



(b) valley filling

[그림 6] 부하균등화를 위한 수요관리 방법



[그림 7] 지역난방공사의 용도별 열공급실적 변화 추이

결과적으로 지역난방공사 보유의 열병합발전설비의 연간 운전율은 31% 정도로, 국내 화력발전의 평균 운전율 86%<sup>3)</sup>에 비하여 상당히 낮은 수준에 머물고 있다. 이러한 문제는 비단 지역난방공사에만 국한되는 것이 아니며, 지역난방사업 전체에 관련된 것이다. 표 4에 정리한 바와 같이, 2003년 기준 지역난방사업자 보유 열병합설비의 총 발전용량은 1,300 MW로 국내 총발전용량 55,000 MW의 2.3%를 차지하는 반면, 실제 전력생산실적은 연간 4,626 GWh로 국내 발전량 322,000 GWh 1.4%에 불과하여, 열병합발전시설의 연간 운전율이 국내 발전소 평균 운전율의 60% 정도에 불과함을 알 수 있다.

이와 같이 열수요의 연간 변화가 크면, 열병합발전시설의 운전율이 낮아지게 되며, 또한 열/전기의 생산비율을 최적의 조건으로 유지하기 어려워 에너지 효율이 감소하므로, 지역난방사업의 장점을 충분히 활용하지 못하게 된다.

이러한 문제의 해결을 위해서는 연간 열수요를 균

일하도록 하는 것이 필요하며, 여기에는 그림 6에 나타낸 바와 같이 일반적으로 두 가지의 수요관리 방법이 가능하다. 지역난방사업의 경우, 그림 6(a)와 같이 수요이전을 통하여 상기 문제를 해결하기 위해서는 엄청난 규모의 축열조가 필요하기 때문에 현실적인 방안이 되기 어려울 뿐만 아니라, 그림에 나타낸 바와 같이 설비의 평균 이용률이 낮아져 잠재적인 이득을 최대한 활용하지 못하는 문제가 있다. 따라서 이러한 문제의 해결책은 그림 6(b)에 나타낸 바와 같이 부하가 낮은 기간의 수요를 창출하는 방향으로 추진되어야만 하며, 이런 경우에 지역난방사업의 잠재적인 이득을 최대한 활용할 수 있게 된다.

### 하절기 열수요 창출 추진방향

지역난방 사업에서 수요관리 사업의 핵심은 앞서 기술한 바와 같이 하절기 열수요 창출이며, 이러한 관점에서 지역난방공사의 수요관리 사업을 지역 열공급을 이용한 지역난방 보급에 중점을 두어 추진하는 것이 필요하다.

2003년 현재 지역난방의 보급현황은 표 5에 정리한 바와 같다.<sup>2)</sup> 지역난방은 중온수 흡수식 냉동기를 이용하여 95℃방식이 보급되고 있으며, 2003년 현재 총 391개 건물에 중온수 흡수식 냉동기가 설치되어, 지역난방이 공급되는 건물 중 약 14% 정도에 지역난방이 보급되어 있다. 그러나 지역난방의 대부분의 수요를 차지하고 있는 공동주택에는 전혀 보급실적이 없다.

그림 7에는 지역난방공사의 열공급 실적을 주택용, 업무용, 공공용으로 구분하여 나타내었다. 그림으로 알 수 있는 바와 같이, 주택용이 대부분의 수요



〈표 5〉 지역냉방 보급 현황(2003)

공급사	건물개소	건축연면적(m <sup>2</sup> )	냉방면적(m <sup>2</sup> )	냉동기용량(USRT)	냉방공급비율(난방빌딩수)
한국지역난방공사	229	4,129,856	1,844,135	84,133	13.7%(1,674)
기타사업자	162	3,499,551	2,296,645	72,072	14.6%(1,112)
소계	391	7,629,407	4,140,780	156,205	14.0%(2,786)

를 차지하며, 업무용과 공공용은 총수요의 10% 정도에 불과한 것을 알 수 있다.

따라서 하절기의 열수요 창출을 위해서 현재의 건물 위주의 지역냉방 보급 사업을 성공적으로 추진한다 하여도, 수요 창출 효과는 제한적일 것으로 예상되며, 의미 있는 수준의 수요 창출을 위해서는 공동주택에 지역냉방을 보급하는 방향으로 부하창출 사업이 추진되어야 한다.

## 맺음말

지역냉난방사업은 가정/상업 부문의 에너지 이용 효율 향상을 위하여 집중된 에너지 생산시설에서 생산된 열과 전기를 주거, 상업지역 내의 다수 사용자에게 일괄적으로 공급하는 사업으로, 에너지 이용 효율 향상 및 에너지 절감, 연료사용량 감소 및 집중적인 환경관리로 대기환경 개선 등의 효과를 얻을 수 있다. 집단에너지 사업의 이러한 장점은 기후변화협약 등 국제적 환경규제에 대한 효과적 대응에 크게 기여할 것으로 기대되며, 유럽, 미국, 일본 등 세계적으로 그 적용범위가 확대되고 있다.

우리나라에는 2003년 현재 120만 호에 지역난방이 공급 중이며, 이중 85%가 열병합 발전으로 생산되고 있다. 2010년까지 200만 호에 확대 보급될 예정이다. 열병합 발전에 의한 전력과 열의 생산비율이 3:4 내외로 고정되어 있으므로, 집단에너지 사업 효과의 극대화를 위해서는 전력부하와 열부하의 비율이 어느 정도 적절히 유지되어야 한다. 그러나 지역난방이 주로 공급되고 있는 가정/상업 부문에서 전력부하와 열부하는 연중 상당히 차별되는 부하특성을 나타낸다. 지역난방의 공급실적은 동절기에 커지며 하절기에는 최소가 되는 반면, 전력 공급실적은 연중 비교적 균일하며 지역난방과는 반대로 하절기에 최대값을 나타낸다. 월별 공급실적을 기준으로 할 때, 전력

공급실적은 최대값에 대한 최소값의 비율이 90%로 연간 거의 균일한 특성을 보이는 반면, 지역난방은 8.7%로 부하의 연간 변화가 매우 커서, 결과적으로 지역난방 설비의 운전율이 하절기에는 10%에도 미치지 못하고 있다. 이와 같이 열수요의 연간 변화가 크면, 열병합발전시설의 운전율이 낮아지게 되며, 또한 열/전기의 생산비율을 최적의 조건으로 유지하기 어려워 에너지 효율이 감소하므로, 지역냉난방사업의 장점을 충분히 활용하지 못하게 된다.

이러한 문제의 해결을 위해서는 연간 열수요를 균일하도록 하는 것이 필요하며, 열병합 설비의 평균 이용률을 높여 집단에너지사업의 잠재적인 이득을 최대한 활용하기 위해서는 부하가 낮은 기간의 수요를 창출하여야 한다. 이러한 관점에서 지역난방공사의 수요관리 사업은 지역열공급을 이용한 지역냉방 보급에 중점을 두어 추진하는 것이 필요하다. 현재 중온수 흡수식 냉동기를 이용한 지역냉방이 일부 건물에 보급되고 있으나, 지역난방 수요의 90%를 차지하고 있는 공동주택에는 전혀 보급실적이 없다.

따라서 하절기의 열수요 창출을 위해서 현재의 건물 위주의 지역냉방 보급 사업을 성공적으로 추진한다 하여도, 수요 창출 효과는 제한적일 것으로 예상되며, 의미 있는 수준의 수요 창출을 위해서는 공동주택에 지역냉방을 보급하는 방향으로 부하창출 사업이 추진되어야 한다.

## 참고문헌

1. 한국지역난방공사, 2005, 세계의 지역난방 현황 및 발전추이 조사 연구(정책분야)
2. 한국지역난방공사, 2005, 전력수급기본계획에 집단에너지설비의 장기적 반영 및 효과분석에 관한 연구
3. 한국전력공사 전력통계요약(전력정보) ㉔