



건물용도 및 계절별 지열에너지 사용양태 분석

박성구
(주)지오테크 대표이사

1. 서론

1970년대 에너지과동 이후, “대체에너지 기술개발 촉진법”이 제정되면서 “대체에너지 기술개발 기본계획”(1988-2001년)이 수립됐다. 에너지 절약 운동과 더불어, 선진국을 중심으로 진행된 신 재생에너지 개발에 관한 활발한 연구로 실용 가능한 지열 냉/난방 기술이 개발 보급되어 왔다. 특히, 외국에서는 오래전부터 지열 냉/난방 기술의 연구를 통해서 실용화 기술개발에 성공하여 실제 생활의 많은 분야에 지열 냉/난방 기술을 적용하고 있으며, 이에 대한 검증도 이미 이루어진 상태이다.

1990년대에는 기후변화협약에 대응하기 위해 에너지·환경의 종합기술개발계획인 “에너지기술개발 10개년계획”(1997-2006년)이 수립되어 신·재생에너지뿐만 아니라 에너지절약, 청정에너지, 자원기술 부문의 종합적인 기술개발 추진 체계를 마련하여 추진하게 되었다.

2000년대에 접어들어 신·재생에너지의 중요성이 재인식되면서 기술개발과 함께 이용보급 정책을 강화하기 위해 “대체에너지 기술개발 촉진법”을 “대체에너지 개발 및 이용·보급촉진법”으로 개정하였다. 이 법은 신·재생에너지발전전력에 대한 차액보전제도, 공공기관 신·재생에너지 이용의무화, 신·재생에너지설비 인증제도 등의 사업 추진 근거를 마련하여 신·재생에너지 산업 초기 시장창출을 할 수 있게 되었다. 신·재생에너지개발과 보급의 활성화를 위한 “신·재생에너지개발 및 이용·보급 기본계획(2003 ~ 2012)”

을 수립하고 법률을 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법”으로 2004년 말에 보완 개정하였다.

2011년까지 총 에너지량의 5% 신·재생에너지 공급 목표를 달성하기 위해 보급이 활성화되어야 하지만, 아직 초기투자비가 충분한 경쟁력을 확보하지 못하고 있기 때문에 여러 보급촉진책을 시행하고 있다. 『일반보급보조사업』, 『공공기관 설치의무화』, 『지방보급사업』, 『신·재생에너지 용자지원사업』, 『시범보급사업』제도등은 지열시스템의 시장진입에 큰 초석을 다져놓았다. 특히 타 열원보다 늦게 국내시장에 상업도입된 지열에너지의 경우 그 효율적 타당성 과 신·재생에너지 원 중에서 실제 건물에 적용될 수 있는 대상이 제한되는 사유로 인해 급속한 성장을 이룩하였다. 해외 에너지 수입 의존도가 97%에 도달하고 있는 우리나라의 경우, 수입에너지의 약 30%가 건축물의 냉/난방에 소비되고 있는데, 그 비율이 점점 증가하는 추세에 있다. 이러한 이유로 국가차원에서도 과도한 에너지 수입비용을 절감시키고, 세계적으로 강화되고 있는 공해물질 및 온실가스 배출기준을 충족시킬 수 있는 지열 냉/난방 기술을 대안으로 적극 보급하여야 할 것이다.

지열시스템은 타 공조 시스템과는 다르게 지열을 열원으로 사용하고 있다. 많은 열원 설비의 입력에너지는 소비자가 부담하여야 하는 유료의 에너지(석탄, 석유, 천연가스, 전기)를 이용하지만, 지열원 열펌프시스템은 입력에너지로 지열(약간의 전기소비)을 이용하기 때문에 소비자는 저렴한 에너지 비용으로 건물의 냉/난방에 필요한 모

든 에너지를 공급 받을 수 있다.

본 고에서는 당사가 설치한 건물중에서 용도별로 대표적인 5군데를 표본으로 산출하여 과거 2년동안의 지열에너지 사용량을 계측하고 각 용도별로 건물에서 소요되는 부하분석 및 경향을 파악하여 향후 지열시스템 설계시 참고토록 하는데 그 목적이 있다.

2. 대상건물의 종류

2.1. 건물선정 기준

지열에너지 사용량을 조사할 대상건물을 선정함에 있어 다음과 같은 기준을 설정하였다.

- 1) 건물의 안정적 운전여부 (과도기적운전 특성을 나타내거나 시운전상태 제외)
- 2) 충분한 운전기간 확보(2년 이상의 운전결과

를 종합화)

- 3) 지열시스템 가동에 소요되는 총 전력량으로 에너지사용량을 산출함(COP 감안시 실제 지열시스템이 공급하는 열량-생산열량-은 본 고에서 논의를 제외함)

2.2. 대상건물 종류

위와 같은 기준에 의거하여 당사가 설계,시공한 사업장 중에서 용도별로 5곳을 선정하였다. 그 건물의 특징은 아래, 표 1과 같다.

3. 건물용도별 지열에너지 사용량분석

3.1. 연간 총전력소비량 분석

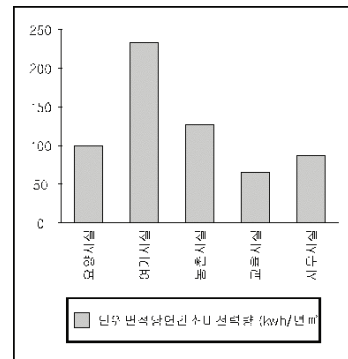
각 대상건물의 연간 총 지열에너지 소비량(소비 전력량)은 다음 표 2와 같다. 균일한 비교를 위하

<표 1> 검토대상 건물 사양

용도 \ 사양	(유효) 연면적 (㎡)	냉방부하 (kcal/hr)	난방부하 (kcal/hr)	급탕부하 (kcal/hr)	설치용량	사용시간
요양시설	2,675	293,991	226,668	별도처리	-냉,난방 100RT	주,야간
여가시설 (사무실,골프텔)	580	49,964	58,225	30,000	-냉,난방 20RT -급탕 10RT	주,야간
농촌공동시설 (경로당)	59.4	7,200	8,160	별도처리	-냉,난방 3RT	주간
교육시설 (도서관,기숙사)	2,400	279,141	214,778	30,000	-냉,난방 90RT -급탕 10RT	주,야간
사무시설	264	24,000	26,200	별도처리	-냉,난방 10RT	주간

<표 2> 건물용도별 단위면적당 연간 총 소비전력량 (kwh/년㎡)

용도 \ 단위(유효)면적당 연간 소비전력량 (kwh/년㎡)	비율 (%)	
요양시설	99.8	100
여가시설 (사무실,골프텔)	233.1	234
농촌공동시설 (경로당)	127.5	128
교육시설 (도서관,기숙사)	65.9	66
사무시설	87.0	87



여 대상 건물의 유효면적당 소비전력량으로 계산하였다.

5가지 건물용도에 대한 연간 지열시스템 소비전력량을 분석한 결과 여가시설인 골프텔의 에너지 사용량이 가장 많은 것을 알 수 있다. 본 골프텔은 24시간 상시 가동체제를 갖추고 있으므로 이렇게 소비전력량이 증가하게 된다. 요양시설은 24시간 가동건물임에도 에너지 절약을 위한 자체 운전규정이 매우 엄격하여 실제 소비되는 전력량이 상대적으로 적고, 교육시설은 건물의 사용시간대가 주간(도서관) 및 야간(기숙사)로 구분되어 있어 전체 면적으로 환산하니 소비전력량이 작아졌다. 총 사용량이 역시 작게 되었다. 특이한 사항은 농촌 경로당의 경우 농한기인 늦가을부터 초봄까지 거의 하루종일 부락민들이 모여 친교의 장으로 활용하므로 상대적으로 전력소비량이 크다. 일반 사무시설의 경우 주간에만 사용하므로 보통의 사용량을 나타내었다.

3.2. 동절기 전력소비량 (11월 ~ 3월) 분석

동절기 각 건물별 지열에너지의 단위면적 사용량은 다음 표 3과 같다.

연간 총 지열에너지 사용량과 비교해보면 골프텔 및 농촌 경로당에서는 상대적으로 동절기 사용량이 많고, 교육시설에서는 적음을 알 수 있다. 즉, 골프텔은 운동시즌이 아님에도 일반 관광객들

이 자주 찾게 되고 이로 인해 겨울철 사용량이 많아지고, 농촌경로당의 경우는 예상한 바대로 농한기 주민들의 집중사용이 두드러진다. 교육시설은 학생들의 방학과 더불어 사용량이 상대적으로 줄어들게 되었다.

3.3. 하절기 전력소비량 (6월 ~ 8월) 분석

하절기 각 건물별 지열에너지의 단위면적 사용량은 다음 표 4와 같다.

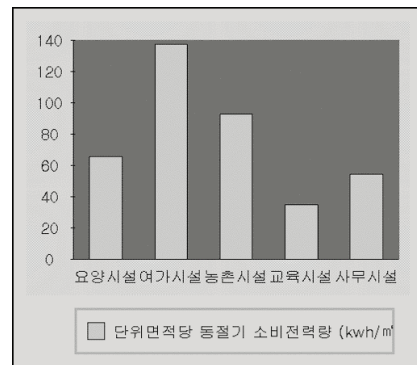
하절기 사용량에 대한 경향은 연간 총에너지 사용량등과 비교하면 아주 특이한 경향을 보인다. 젊은이들이 많이 사용하는 장소(여가시설, 교육시설, 사무시설)에서는 하절기 사용량이 증가한 반면 노인들에 의해 주로 사용되는 장소(요양시설, 농촌 경로당)에서는 아주 적어짐을 알 수 있다. 즉, 노인들의 경우 냉방의 수요가 그리 크지 않고 여름철에도 따뜻한 생활공간을 요구하는 것으로 판단된다. 물론 이런 결과는 사용주체의 에너지절감에 대한 의지도 많이 반영되어 있다. 반면, 젊은 층은 하절기에 시원한 생활공간을 추구하는 것으로 판단된다. 골프텔은 하절기에도 관광객들의 수요가 많고 또한 시원한 환경을 요구하는 것이기에 당연히 사용량이 많아지게 되었다.

3.4. 춘·추기 전력소비량 (4, 5, 9, 10월) 분석

하절기 각 건물별 지열에너지의 단위면적 사용

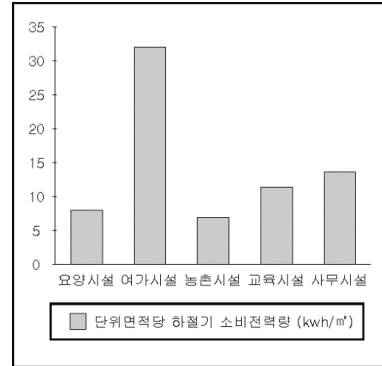
<표 3> 건물용도별 단위면적당 동절기 소비전력량 (kwh/년m²)

건물용도	단위(유효)면적당 연간 소비전력량 (kwh/년m ²)	비율 (%)
요양시설	65.8	100
여가시설 (사무실, 골프텔)	137.6	209
농촌공동시설 (경로당)	92.8	141
교육시설 (도서관, 기숙사)	34.9	53
사무시설	54.3	83



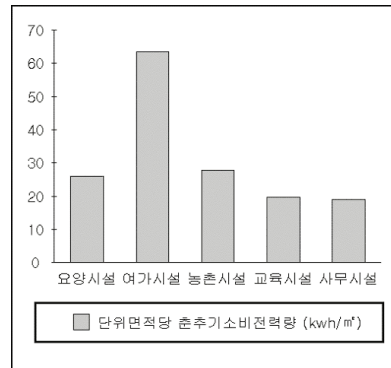
<표 4> 건물용도별 단위면적당 하절기 소비전력량 (kwh/년㎡)

건물용도	단위(유효)면적당 연간 소비전력량 (kwh/년㎡)	비율 (%)
요양시설	7.9	100
여가시설 (사무실,골프텔)	32.0	405
농촌공동시설 (경로당)	6.9	87
교육시설 (도서관,기숙사)	11.3	143
사무시설	13.6	172



<표 5> 건물용도별 단위면적당 춘·추기 소비전력량 (kwh/년㎡)

건물용도	단위(유효)면적당 연간 소비전력량 (kwh/년㎡)	비율 (%)
요양시설	26.0	100
여가시설 (사무실,골프텔)	63.5	244
농촌공동시설 (경로당)	27.8	107
교육시설 (도서관,기숙사)	19.6	75
사무시설	19.0	73



량은 다음 표 5와 같다.

봄가을철 소비전력량의 경향은 연간 총에너지 사용량과 유사한 특성을 보이고 있다. 즉 동절기 및 하절기는 건물용도에 따라 사용량이 차이가 큰 반면, 춘·추기에는 전체 사용량에 근사하여 평균적인 수치를 나타내고 있는 것이다. 각 시설에서 선택하고 있는 에너지 사용기준등에 따라 에너지 사용량은 차별화를 가져오게 된다.

하절기에도 관광객들의 수요가 많고 또한 시원한 환경을 요구하는 것이기에 당연히 사용량이 많아지게 되었다.

4. 결론

당사에서 설치한 5가지 건물용도별 지열 에너지

사용량에 대한 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 에너지 운용계획을 절감차원에서 별도 수립하는 건물과 일반인을 상대로 서비스업을 수행하는 장소는 에너지 사용량에 있어 큰 차이를 보인다.
- 2) 상업용 건물의 지열에너지 사용량 예측시 충분한 여유를 두어 설계토록 별도의 설계기준을 수립하여야 한다.
- 3) 노령층이 주로 사용하는 건물은 냉방보다 난방에 대한 수요가 훨씬 집중되므로 이에대한 설계 보정이 이루어 져야 한다.
- 4) 교육 시설은 겨울방학보다 여름방학 때 사용빈도가 상대적으로 많다. 이는 학년변경이 있는 겨울철에는 학교에서의 생활보다 개인적

으로 집에서 생활하는 경우가 많으며 여름방학 때는 학교에서의 면학시간을 많이 갖는 것으로 판단된다.

- 5) 본 결과를 토대로 향후 지열시스템 설계시 각 용도별 특성을 감안하여 수행한다면 수요자의 요구에 보다 능동적인 생활환경을 조성할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. IGSHPA, Oklahoma State University. Closed-Loop/Ground-Source Heat Pump Systems.
2. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc (ASHRAE). Cooling and Heating Load Calculation Manual.
3. Stephen P. Kavanaugh Kevin Rafferty. (ASHRAE). Ground-Source Heat Pumps : Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings.
4. Ground Loop Design. Geothermal Design Studio. GBT, Inc.
5. W/S Load Calculation Manual. DS, Inc.
6. Comparison of the Thermal Performance of Double U-Pipe Borehole Heat Exchangers Measured In Situ. D. Pahud, B. Matthey. University of Applied Sciences of Southern Switzerland.
7. Heat Transfer Analysis of Borehole In Vertical Ground Heat Exchangers. Heyi Zeng, Nairen Diao, Zhaohong Fang. Shandong Institute of Architecture and Engineering, China.