

건물용도별 지열시스템 적용 해외사례

일반원고

황광일, 신승호*, 김중현**, 양기영***

한국해양대학교 기계정보공학부 교수, *삼성물산 건설부문 부장, **과장, ***대리

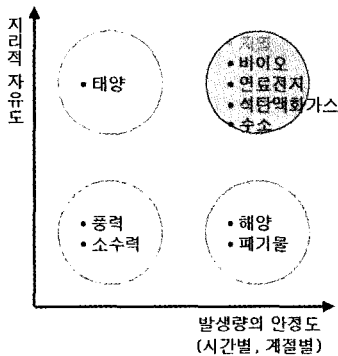
1. 서론

고유가 시대에 97% 이상을 수입에 의존하고 있는 국내 에너지 수급현황과 그러한 상황을 개선하기 위한 정부의 노력으로 국내 신재생에너지 관련 산업이 급속히 팽창하고 있다. 신재생에너지를 에너지원으로 하는 시스템보급을 위한 각자의 관점

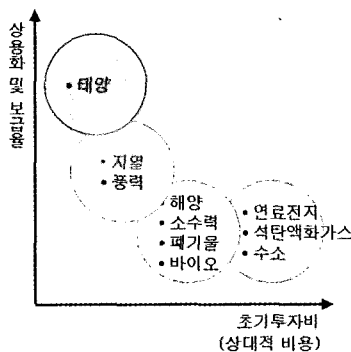
에서 다양한 평가와 분류가 진행되고 있으며, 신재생에너지 시스템의 규모와 적용현장에 따른 견해의 차이가 있을 수 있으나 일반적으로 공개된 자료들을 정리해 보면 그림 1, 그림 2와 같이 표현할 수 있다. 이와 같은 특성 때문에 현재 지열시스템이 가장 많은 관심을 받고 있으며 또한 법규적용 이후 보급률이 가장 높은 것으로 조사되고 있다.

한편 사회의 지속적인 발전(Sustainable growth)과 환경친화적인 시스템 개발의 관점에서 신재생에너지 중 지열에너지의 친환경성이 가장 뛰어나다는 사실을 그림 3에서 알 수 있다.

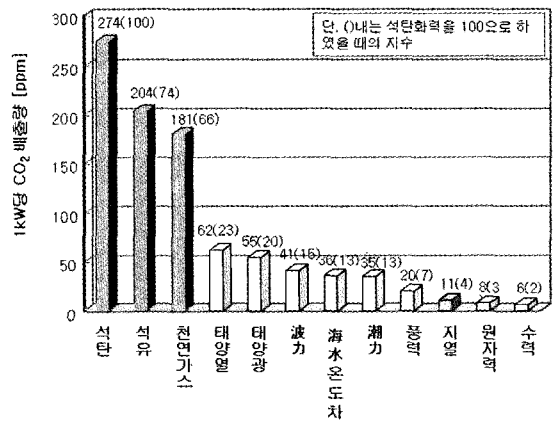
이러한 지열시스템은 다양한 모습으로 활용되고 있는데, 활용방법을 크게 구분해 보면발전열원으로 사용하는 방법과 온도차를 이용하는 방법으로 구분할 수 있으며, 온도차 활용방법에는 히트펌프의 열원으로 활용하거나 순수한 온도차를 이용하는 방법 등으로 구분할 수 있기 때문에 다양한 수



[그림 1] 신재생에너지의 특성 I



[그림 2] 신재생에너지의 특성 II



[그림 3] 에너지원별 1 kW당 CO2 배출량

요처에 적용될 수 있다. 그림 4와 그림 5에서는 미국과 유럽에서 지열에너지가 어떤 수요처에 적용되고 있는가를 보여주고 있다.

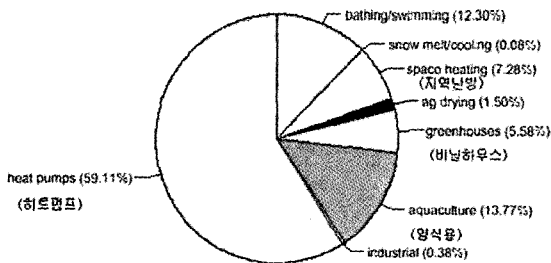
우리나라에서는 2004년도 상반기부터 의무 시행되고 있는 신재생에너지 개발 및 보급에 관한 법률의 적용대상인 공공건물에서 지열원을 활용하는 시스템이 다수 설계 반영되고 있다. 그러나 지열시스템의 저변확대와 안정적인 원가경쟁력을 확보하기 위해서는 공공건물 이외의 주거용, 상업용 등 다양한 용도의 일반 건축물로 적용대상을 확대 보급해야만 한다. 이를 위해서는 건물용도별 지열시스템 설계기술개발과 정책지원 등이 시급히 연구 개발되어야만 할 필요가 있으며, 그에 앞서 미국, 유럽 등의 일반 건축물에 보급된 사례를 충분히 분석 검토과정이 선행되어야만 한다.

이에 본고에서는 지열시스템과 관련한 해외 연구동향을 분석하고 다양한 일반 건축물에 적용된

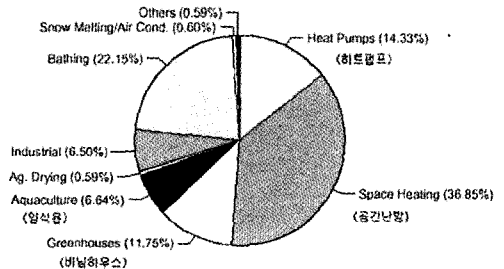
지열시스템을 통해 지열시스템의 또 다른 보급 가능성을 검토해 보고자 한다.

2. 해외 연구동향

2005년 4월 터키(Turkey) 안탈라(Antalya)에서 개최된 World Geothermal Congress 2005에서 발표된 논문을 분석해 보면 그림 7에 나타난 바와 같이 활용시스템 설계(19%)를 비롯하여 시스템 개발에 필수적인 기본기술(22%), 기초과학(23%) 그리고 시스템 보급을 위해 필요한 「법규, 정책」(14%)과 「환경, 보건」(8%)에 미치는 영향에 관한 연구 등 다양한 관점에서의 논문이 발표되었다. 이러한 논문 구성에서 알 수 있듯이, 현재 국내에서 발표되고 있는 논문이 대부분 지열시스템의 하드웨어적이고 열역학적인 관점에서의 설계방법에 초점을 두고 있는데 반하여, 전 세계적



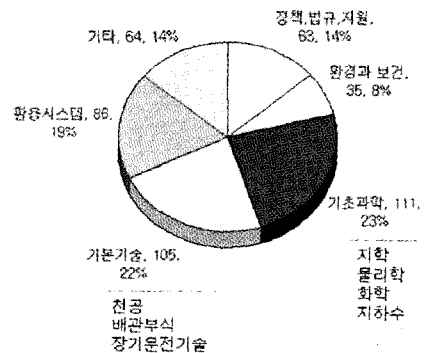
[그림 4] 미국의 지열시스템 활용 용도



[그림 5] 미국의 지열시스템 활용 용도



[그림 6] WGC 2005 대회



[그림 7] WGC 2005 발표논문의 구성

으로는 시스템 보급을 위한 법규, 지원방안 등과 환경에 미치는 영향에도 적지 않은 관심을 보이고 있음을 알 수 있다.

참고로 그림 8에는 지열원 발전시스템에 대한 발표 사례를, 그림 9에는 지열원 히트펌프 방식 운전시의 지중온도 해석에 대한 연구 사례를 보여 주고 있다.

3. 건물 용도별 지열시스템 적용 사례

3.1 농작물 재배용 온실 적용사례

본 현장은 극한지(極寒地) 농업기술 개발과 농



Figure 1: Location of Neustadt-Glewe

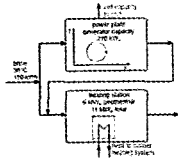


Figure 2: Combined heat and power plant in Neustadt-Glewe, typical operation of power plant and heating station

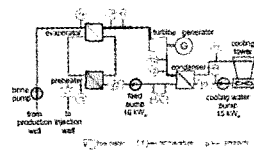


Figure 3: Schematic set-up of Neustadt-Glewe power plant with positions of measuring equipment installed in the plant

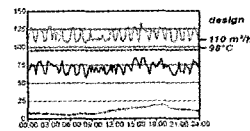


Figure 4: Performance of Neustadt-Glewe power plant May 16th 2004

[그림 8] WGC 2005 발표사례(지열원 발전시스템)



[그림 10] 지열시스템이 운전 중인 온실 내부

업 전문인력 양성을 위해 일본 북해도(北海道)에 설립되어 운영중인 시설이다. 본 현장에 적용된 지열시스템은 실험용 온실 내 식물재배용 토양의 온열환경을 제공하고 사무동 2개 층의 냉난방을 담당하고 있다. 현재 동일 온실은 지열원 히트펌프 난방구역과 등유보일러 난방구역으로 구분하여 운전하고 있는데, 최근까지 실제 소비된 에너지 비용을 비교한 결과 지열원 히트펌프 방식이 약 30% 이상 절감되고 있음을 확인 할 수 있었다.

3.2 전력회사 실험동 적용사례

기업의 경제활동 증가와 개인의 생활수준 향상

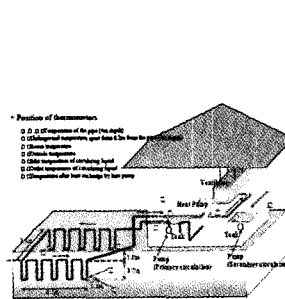
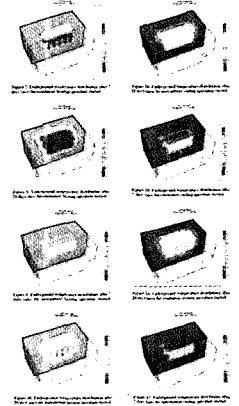
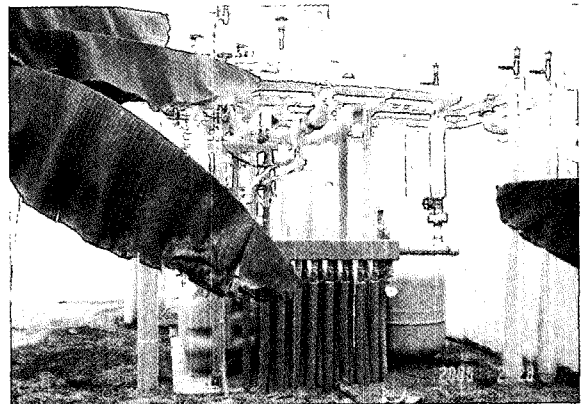


Figure 3: GHP system in Takanosu town.



[그림 9] WGC 2005 발표사례(지열원 히트펌프시스템)



[그림 11] 온실용 지열시스템

에 따라 전력량 소비가 증가하고 있으나 전력회사의 입장에서 증가하는 전력수요에 맞춰 발전소를 건설할 수는 없는 상황이다. 이에 전력회사로서는 저에너지소비형 제품의 개발에 관심을 가질 수밖에 없다. 이에 본 현장에서는 All Electric Equipment(オール家電化, 가정내 모든 에너지 소비기기를 저에너지소비형 가정용 전기제품으로 바꾸는 것)의 관점에서 지열에너지 시스템을 가정용 주택의 냉난방기기로 설정하였고 이와 관련된 연구를 수행 중에 있다.

본 현장에서는 지열시스템의 설계 신뢰도를 높이기 위해 열응답테스터를 자체 제작하여 사용하고 있으나, 일본 내에 열응답테스터에 대한 인증

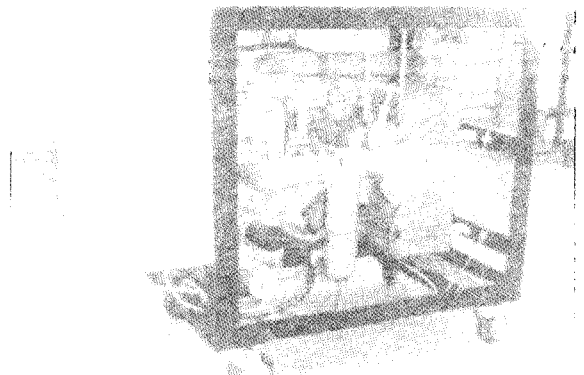
프로세스가 없고 또한 도내(道内) 지열시스템 전문업체가 각자 개발 제작한 열응답테스터의 기능과 평가결과(성능) 보증이라는 문제가 대두된 상태에 이르렀다. 이 문제를 해결함과 동시에 지열 사업을 확대하기 위해 전문업체 상호간에 열응답테스터의 기능과 성능을 공개하고 데이터를 상호 공유하며 보완할 수 방안을 모색 중이다.

3.3 일반주택 적용사례

본 현장은 일본 북해도(北海道)에 보급된 지열원 시스템 중 최초의 실제 거주용 일반 주택이다. 1990년대 중반 시작된 사업으로, 설계는 일본 엔지니어가 했으나, 현장의 냉난방부하 특성에 부합



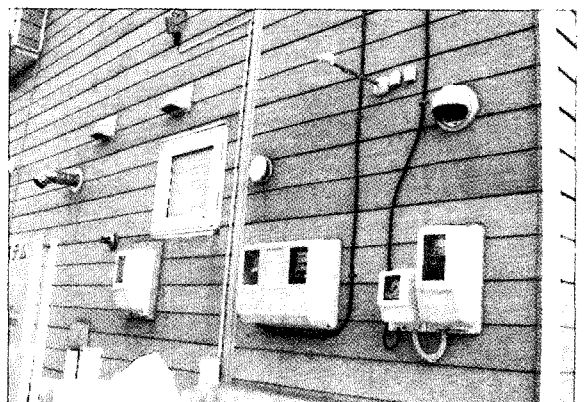
[그림 12] 지열시스템 연구용 실험동



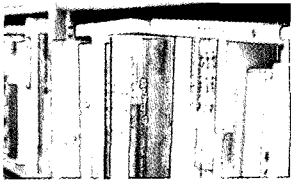
[그림 13] 자체 개발한 소형 열전도 테스터기



[그림 14] 북해도 최초의 지열원 히트펌프 적용 일반 주택



[그림 15] 지열원 히트펌프용 전력량계



일반원고

되는 지열원 히트펌프가 당시 일본 내에는 없었기 때문에 독일산 히트펌프를 수입 설치했다고 한다. 현재 일본 내에서 설치되고 있는 지열원 히트펌프는 대량생산체제 보다는 주문제작에 의하는 비율이 훨씬 높은 것으로 파악되고 있다.

본 현장에서 한 가지 주목할 만한 것은, 그림 15에 나타난 것과 같이 일반전력용 전력량계(좌측)와 지열원 히트펌프용 전력량계(우측)가 분리되어 있다는 것이다. 북해도(北海道)에서는 지열원 보급을 활성화하기 위하여 지열원 히트펌프를 도입한 시설에 대하여 일반전력과 분리된 값싼 지열원 히트펌프용 전력요금을 신설하여 수용가에 제공함으로써 가격경쟁력을 확보하고 있다. 이러한 지열시스템용 특별 전력요금 체계는 우리나라에서도 신재생에너지 보급을 위해서 도입을 검토할 필요가 있다고 판단된다.

3.4 공장 건물 적용사례

본 현장은 전력계량기 등을 생산하는 공장형 건물로써 지열시스템에서 생산된 냉난방열은 1층(생산라인)과 2층(사무실)에 공급되고 있다. 지중으로부터의 설계 흡열온도를 -5°C (설계온도차 5°C) 설계하였으나 실제 측정된 흡열지중온도는 4°C (운전 온도차 2°C)로 난방설계용량 대비 난방부하가 작기 때문에, 안정적인 운전이 시행되고

있다. 본 현장에서는 그림 17에서 보이는 운전모니터링 시스템을 갖추고 이상작동에 즉시 대응할 수 있는 체제를 갖추고 있다.

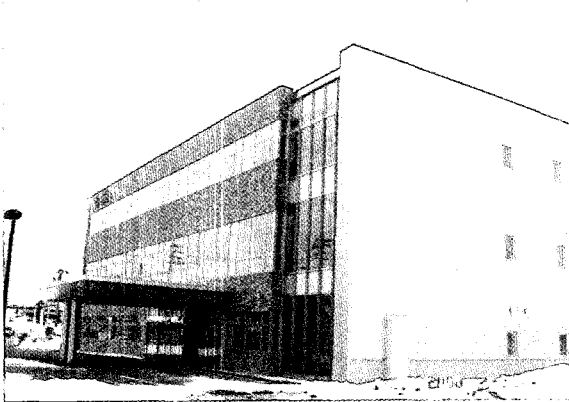
3.5 사무용 건물 적용사례

본 현장은 독일 프랑크푸르트에 위치한 사례로 지중흡열(방열)배관으로부터 취득한 온도차 에너지를 건물의 벽 내부에 매설된 방열(흡열)배관에 공급하고 이 방열(흡열)배관에서는 실내 공간으로 복사에 의해 열을 전달하는 이른바 구조체 냉난방방식을 적용한 것으로 현재 시공 중에 있다.

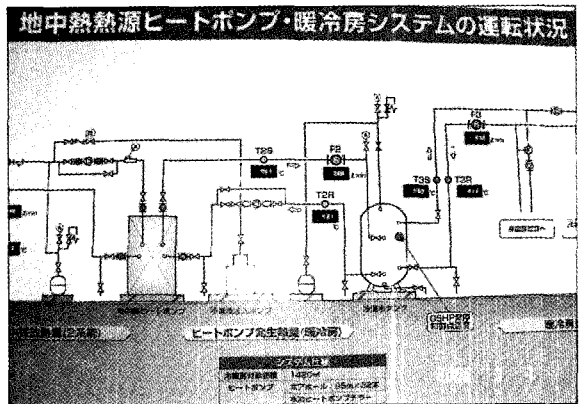
현장 설계 엔지니어와의 인터뷰에서, 구조체 냉난방은 복사 열전달 방식이기 때문에 재실자의 환경변화(온도 증감 등) 요구에 즉각 대응할 수 없는 문제와 재실자의 환기에 대한 수요를 만족시키기 위하여 실제 시스템 구축 시에는 지열시스템 단독의 형태만으로는 부족함이 발생하기 때문에 기존 시스템과의 보완, 환기시스템 반영 등이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

4. 맺음말

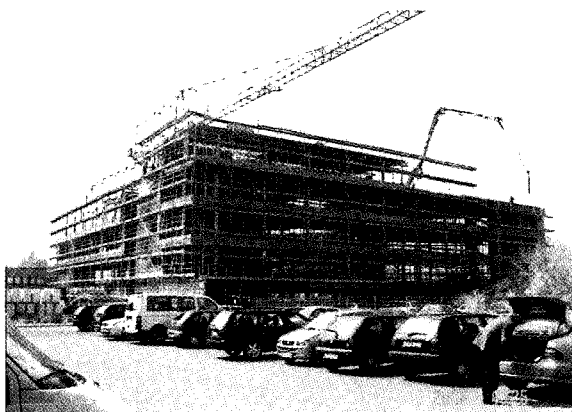
현재 신재생에너지가 내포하고 있는 현실적인 문제, 즉 과도한 초기 투자비 발생이라는 어려움에도 불구하고 에너지 수출국의 에너지 무기화와



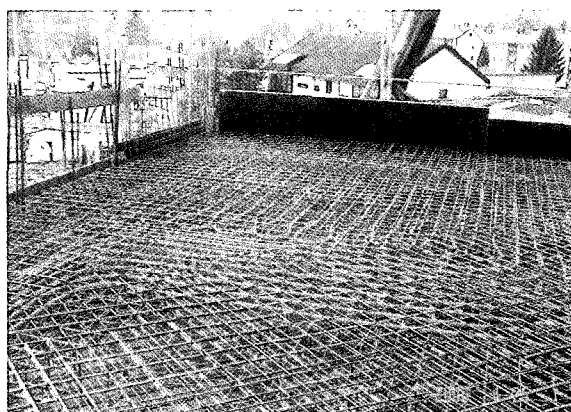
[그림 16] 지열시스템이 적용된 전력기자재 생산업체 건물



[그림 17] 지열시스템 운전 모니터링



[그림 18] 지열원 온도차와 구조체 냉난방 시스템을 설계반영한 건물의 시공현장



[그림 19] 구조체 냉난방용 배관 시공

환경 문제에 대한 핵심 해결 방안이라는 점에서 선진국을 중심으로 전 세계적으로 과감한 연구개발과 보급이 추진되고 있다. 특히 신재생에너지를 활용한 시스템 개발과 보급은 우리나라가 처한 에너지수급상황에서 문제 해결을 위해 시급히 확대 시행되어야만 하는 사안이기 때문에 정부에서도 현재 3,000 m²가 넘는 신축 공공건물에 대해 전체 공사비의 5% 이상을 신재생에너지 시스템으로 적용하라는 법규를 의무 시행하고 있다. 그러나, 국가 차원에서 신재생에너지의 보급을 확대하여 실질적인 에너지 수입의존도를 낮추기 위해서는 법규의 적용대상인 공공건축물 뿐 아니라 일반 건물에 대해서도 신재생에너지 도입을 강력히 추진해야만 한다.

신재생에너지 중에서도 특히 지열시스템은 지리적 제약이 적고, 잠재에너지량이 풍부하며, 가장

환경친화적이기 때문에 현재 가장 경쟁력이 높은 것으로 평가되고 있다. 또한 지열시스템은 건축물의 외관으로 돌출되지 않기 때문에 건축가의 설계자유도에 제약을 주지 않음으로 인해 건축설계시 가장 선호되고 있는 상황이다. 이러한 지열시스템의 특성은 일반 건축물에도 쉽게 적용시킬 수 있는 장점이기도 하다.

그러나 일반 민생용 건물에 지열시스템을 보급하기 위해서는 우선 가격경쟁력을 확보하고 또한 설계, 시공, 유지관리 프로세스의 표준화에 따른 품질 수준을 확보해야만 한다. 이를 위해서는 관련 연구와 기술개발이 수행되어야만 하며, 이에 앞서 오랜 지열시스템 도입 역사를 갖고 있는 국가들이 수십 년간 경험하고 있는 다양한 용도로 활용되고 있는 지열시스템의 성공과 실패 사례에 대한 분석과 평가가 선행되어야만 한다.