

지열히트펌프 시스템의 국내 적용현황 조사 및 분석

최 미 영, 고 명 진, 김 용 식^{*†}, 박 진 철^{**}, 이 언 구^{**}

인천대학교 건축공학과 대학원, ^{*}인천대학교 건축공학과, ^{**}중앙대학교 건축학과

Investigation and Analysis on the present state of Geothermal Source Heat Pump System Applied in Korea

Mi-Young Choi, Myeong-Jin Ko, Yong-Shik Kim^{*†}, Jin-Chul Park^{**}, Eon-Ku Rhee^{**}

Department of Architectural Engineering, Graduate School, University of Incheon, Incheon, Korea

^{}Department of Architectural Engineering, University of Incheon, Incheon, Korea*

*^{**}Department of Architecture, Chungang University, Seoul, Korea*

(Received February 23, 2009; revision received March 24, 2009)

ABSTRACT: This study aims to investigate and analyze the present state of ground source heat pump(GSHP) system applied in Korea. It is based on the statistic from the New and Renewable Energy Center in Korea and construction results of the professional companies registered to the center. The research items were installed area, installed year, building use, ground heat exchange type and heat exchanger type of the pump.

According to the result of investigation, the using GSHP system have been increasing steadily as the space heating and cooling system in a building. The capacity of this system is also becoming lager based on technical and economical feasibility analysis about the system since GSHP system first introduced in 2000.

Key words: Geothermal source heat pump systems(지열히트펌프 시스템), Application state in korea (국내 적용현황), Investigation and analysis(조사 및 분석)

1. 서 론

최근 에너지절약 및 대체 에너지자원 확보, 환경보호 등의 관점에서 안정적이고 친환경적인 신·재생에너지에 대한 관심이 증가하고 있으며 그 일환으로 지열에너지 이용에 대한 관심도 높아지고 있다. 우리나라에서도 2000년경부터 지열 에너지를 지열히트펌프를 이용하여 건축물의 냉방 및 난방 시스템에 사용하는 지열히트펌프 시스템의 적용이 이루어지기 시작하였으며, 이와 관

련된 기술 개발과 정책적 지원을 바탕으로 적용 실적이 증가하고 있는 상황이다.

지열히트펌프 시스템 이용 관련 주요 연구로는 지열에너지 이용을 위한 지반의 열적 특성 등에 관한 연구, 지중열교환기의 개발 및 기기 특성 등에 관한 연구, 지열히트펌프 시스템의 에너지 성능 및 경제성 평가 등에 관한 연구 등 주로 기술적인 관점에서 개별 시스템 및 개별 건축물을 대상으로 한 것 들이 대부분이라 할 수 있다.

본 연구에서는 지열히트펌프 시스템의 효율적 적용을 위한 정책개발에 필요한 기본 데이터베이스 구축을 위하여, 국내에 적용된 지열히트펌프 시스템들에 대한 각종 현황조사 및 분석을 실시 하는 것을 목적으로 하고 있다. 연구에 있어서

[†] Corresponding author

Tel.: +82-32-770-8478; fax: +82-32-770-8478

E-mail address: newkim@incheon.ac.kr

관련 데이터의 수집은, 에너지관리공단 신·재생 에너지센터의 지열히트펌프 시스템 관련 통계자료와 신·재생에너지센터에 등록된 지열관련 전문기업 52개사의 시공실적에 대하여 방문조사 및 전화조사 등을 통하여 실시하였으며, 2006년 현재까지의 국내 전 지역에 설치된 지열히트펌프 시스템을 대상으로 하였다. 이를 바탕으로 시스템 적용 실적 및 경년변화, 건축물용도 및 지역별 적용실적, 단위 시스템 설치용량, 지중열 열교환기 설치방식, 지열히트펌프 열교환 방식 등에 대한 조사 및 분석을 실시하였다.

2. 지열히트펌프 시스템의 국내 적용현황 분석

2.1 시스템 적용실적 경년변화 및 분석

Fig. 1은 국내에 적용된 지열히트펌프 시스템의 설치건수 및 총용량의 연도별 변화추이를 나타낸다. 국내 지열히트펌프 시스템의 도입초기단

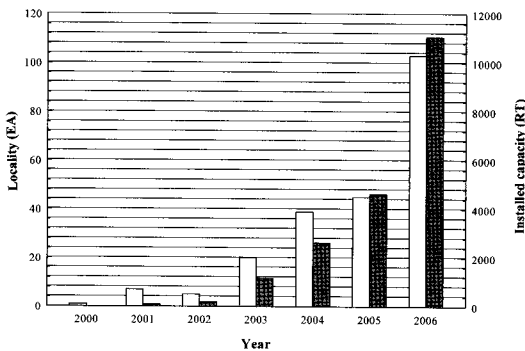


Fig. 1 The application status of GSHP system with time elapse.

계라 할 수 있는 2002년 이전까지 건축물에 설치되어 가동 중인 지열히트펌프 시스템은 13개소에 불과하다. 지열히트펌프 시스템의 보급이 저조했던 이유로는 Table 1에 나타낸 것과 같은 기술적, 제도적 문제점과 이에 따른 시스템 적용에 대한 신뢰성 부족 때문인 것으로 판단된다. 이 시기는 주로 유럽 및 미국 등의 선진국으로부터 기술과 장비를 수입하여 적용하던 시기이며 외국에 대한 기술의존도가 높았고 이로 인해 시스템 적용에 따른 초기투자비 증가, 시스템의 국내 적용을 위한 기술적 검증 미흡, 보급 활성화를 위한 제도적 장치 부족 등을 원인으로 들 수 있다.

2003년 이후부터 지열히트펌프 시스템의 적용실적이 증가하기 시작하여, 2002년에 5건에 불과했던 설치건수는 2003년에 20건, 2004년에 39건, 2005년에 45건, 2006년에 103건으로 크게 증가하고 있다. 국내에서도 지열히트펌프 시스템의 적용이 활성화 단계에 진입하는 시기라고 할 수 있으며 그 배경에는 도입 초기 단계에서의 기술적, 제도적 문제점들에 대한 해결과 이를 바탕으로 한 시스템 적용의 신뢰성 확보가 어느 정도 이루어진 때문이라 생각한다. 구체적인 이유로는, 제도적인 면에서 정부의 신재생에너지 정책이 제 1차 기본계획(1997~2006)에서 2003년에 보급 활성화를 위한 신·재생에너지의 기술개발 및 이용보급 기본계획으로 변화되었고 정부의 이러한 정책변화가 공공기관 설치의무화제도, 일반보급보조사업, 지방보급사업, 융자지원 등을 통해 시스템의 보급 활성화를 촉진시킨 것으로 생각된다. 기술적인 면에서는 도입 초기단계 기간 동안 지열히트펌프 시스템에 대한 각종 성능 측정과 검증을 통해 국내 적용에 대한 기술적 검증이 진행되었기 때문으로 생각된다.

Table 1 The main reasons for poor supply of GSHP system in the introduction stage

Categories	Contents
Technical and Social Barriers	<ul style="list-style-type: none"> - The lack of the technical verification on the domestic application - The lack of the reliability based on performance measurement - The lack of the professional personnel and companies - The high dependence on foreign techniques - The high initial cost compared to the conventional system
Institutional Barriers	<ul style="list-style-type: none"> - Insufficiency of support initiatives and market stimulation incentives - Insufficiency of performance evaluation standards - Insufficiency of performance measurement standards - Insufficiency of generic guide specification

2.2 건축물 용도별 적용실적 분석

Fig. 2는 국내에 적용된 지열히트펌프 시스템의 건축물 용도별 설치건수 및 총용량을 나타낸다. 선진국에서는 지열에너지가 열원의 연속성 및 안정성 면에서 우수성을 인정받아 건축물의 용도에 관계없이 다양한 건축물의 냉·난방시스템에 사용되고 있으나, 우리나라의 경우에 설치건수는 교육연구시설이 53건으로 가장 많고 업무시설, 사회복지시설, 종교시설, 문화시설, 의료시설, 판매시설, 공동주택, 동·식물 관련시설 기타 순으로 조사되었다. 전체 설치건수 중 업무시설, 교육시설 사회복지시설의 비중이 50% 이상을 차지할 정도로 건축물 용도에 따른 편중이 심한 것으로 나타났다. 이는 아직까지 지열히트펌프 시스템의 보급이 민간부분의 자발적인 투자보다는 정부의 보급활성화 정책에 따른 경우가 많기 때문으로 판단된다. 특히, 국내 건축물 용도에서 주를 이루는 주택용 건축물에 대한 적용사례가 현저히 낮게 나타나며 이는 지열히트펌프 시스템에 대한 일반인의 신뢰도 부족과 주택용 전기의 누진세 적용에 따른 유지비용 증가 등의 경제성 문제 때문일 것으로 판단된다.

2.3 설치지역별 적용실적 분석

우리나라는 계절에 따른 외기 온도차이가 크게 나타나며, 9월의 평균온도는 24.9℃, 1월의 평균온도는 -1℃ 정도를 보인다. 하지만 지중온도는 연중 일정하여 국내의 기후조건에서 지하심도 6~8m

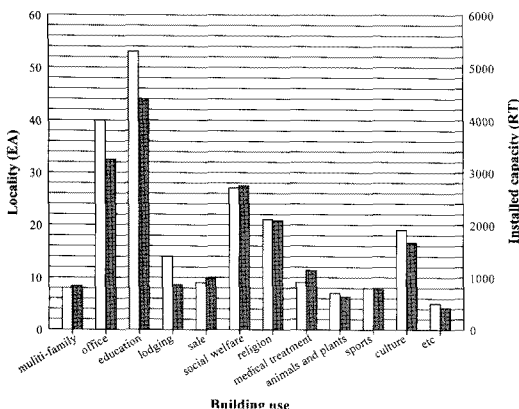


Fig. 2 The application status of GSHP system by building use.

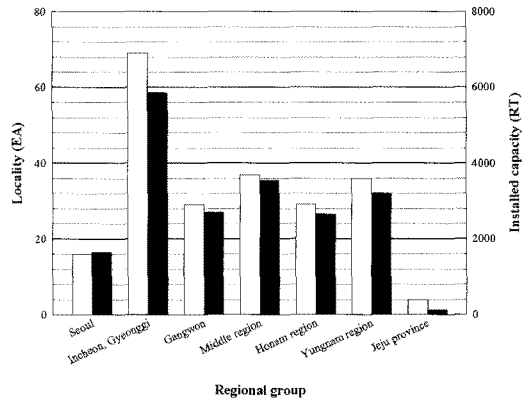


Fig. 3 The application status of GSHP system by regional group.

이하에서는 연평균 14~16℃ 정도의 일정한 지중온도 분포를 유지한다는 조사보고가 있다.⁽¹⁾ 따라서 지역에 따른 차이가 크지 않은 지중열을 이용하는 지열히트펌프 시스템은 전국 어디에서나 사용 가능한 시스템이라 할 수 있다.

Fig. 3은 우리나라 전국을 서울, 인천·경기, 강원, 중부(충북, 충남, 대전), 호남(전북, 전남, 광주), 영남(경북, 경남, 대구, 울산, 부산), 제주 지역으로 구분하고 각 지역별 지열히트펌프 시스템 설치건수 및 설치용량을 나타낸 것이다. 지역별 설치건수 및 건수 비율에 있어서 인천·경기지역이 69건으로 31.4%를 차지해 가장 높은 결과를 보였으며, 중부지역과 영남지역이 유사하게 각각 37건으로 16.8%, 36건으로 16.4%를 차지했다. 강원지역과 호남지역은 각각 29건으로 13.2%의 동일한 결과를 보였다. 서울지역은 16건으로 7.3%, 제주지역은 4건으로 1.8%를 나타냈다. 설치용량 면에서는 전국에 설치된 총용량 19,745.5RT에 대하여 인천·경기지역이 5,856RT로 약 30%를 차지했으며 중부지역이 18%, 영남지역이 16%, 강원지역이 14%, 호남지역이 13%, 서울지역이 8%, 제주지역이 1% 정도를 차지하였다. 전체적으로 각 지역별 설치건수와 설치용량이 차지하는 비율이 유사한 경향을 나타내어 지역에 따른 단위 설치용량의 차이는 작을 것으로 판단된다.

2.4 시스템의 단위 설치용량 및 경년변화

Fig. 4는 국내에 설치된 지열히트펌프 시스템의 단위 설치용량별 건수 및 총용량을 나타낸 것

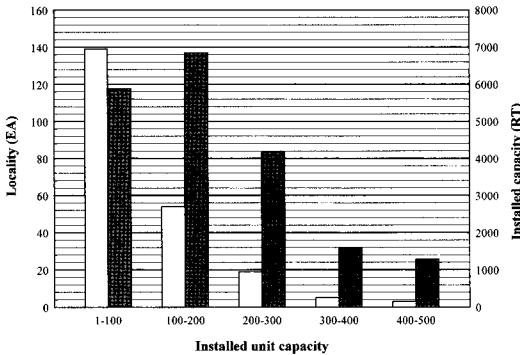


Fig. 4 The application status of GSHP system by unit capacity.

이다. 100RT 미만의 단위 설치용량 설치건수가 전체 설치건수의 63.2%를 차지하여 높은 비율을 차지하고 있다. 이와 같이 작은 용량의 설치사례가 많은 이유는 건축물 총 공사비의 5%를 대체 에너지를 이용한 설비에 투자해야하는 공공건축물에 있어서 대부분이 법적기준을 만족하는 수준에서 대체에너지설비를 설치하고 있으며 지열히트펌프 시스템이 아직까지 건축물 전체 냉·난방 부하를 담당하는 것이 아닌 일부 부하를 담당하도록 설계 시공되기 때문으로 판단된다. 아울러 대체에너지의 적용에 있어서 에너지원의 종류를 다양화 하려는 노력도 작용하고 있는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 건축물에 적용된 지열히트펌프 시스템의 단위용량별 설치건수를 누적하여 경년별로 나타낸 것이다. 적용 초기단계인 2002년까지는 100RT 미만인 경우가 대다수를 차지하고, 2003년 이후부터 시스템의 규모가 점차 증대되며 시

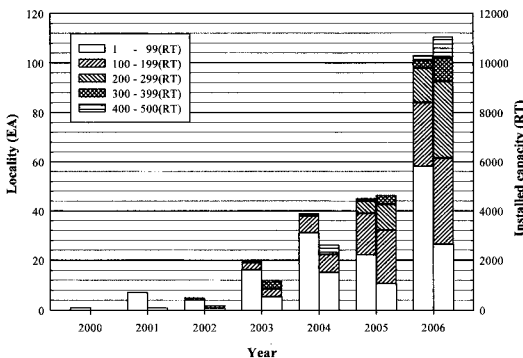


Fig. 5 By unit capacity, application status of GSHP system with time elapse.

스템의 평균용량은 2004년 67.36RT, 2005년 102.74RT, 2006년 107.33RT 정도로 점차 증대되고 있음을 알 수 있다. 지열히트펌프 시스템의 보급 활성화를 위한 정부의 각종 지원과 시스템 적용에 대한 신뢰성 및 경제성 등이 확보되면서 적용되는 시스템이 점차 대형화되고, 실질적인 건축물 냉·난방 시스템으로 자리 잡아 가고 있는 것으로 판단된다.

3. 지중열교환기 설치방식과 지열히트펌프 열교환방식 분석

3.1 지중열교환기 설치방식 분석

Fig. 6은 국내에 적용된 지열히트펌프 시스템의 지중열교환기 설치방식을, Fig. 7은 지열히트펌프 시스템의 지중열교환기 설치방식의 경년변화를 나타낸 것이다.

지중열교환기 설치방식은 수직밀폐형, 우물관정형, 수평밀폐형으로 분류되며 적용건수 비율은 수직밀폐형이 71%, 우물관정형이 27%, 수평밀폐형이 2% 순으로 나타났다. 수직밀폐형 방식은 지열히트펌프 시스템 도입 초기부터 적용비율이 매우 높으며 그 이유로는 국내의 좁은 대지면적 상황과 지속적 연구를 통해 기술적 경제적 신뢰성이 높은 까닭으로 판단된다. 우물관정형 방식은 2003년에 처음 적용되어 2004년에 12건으로 증가하였으나 2005년 8건, 2006년 23건으로 불안정한 증가추세를 나타내고 있으며, 그 이유로는 우물관정형 방식이 효율이 매우 우수하고 작은 설치면적을 필요로 하는 등 장점이 있으나 수원에 포함되는 이물질이 시스템의 수명을 단축시킬 수 있어서 양질의 수원이 필요하며 수질오염과 수자원 고갈 등에 대한 우려가 있기 때문으로 판단된다. 또한 수원의 위치가 깊을 경우 펌프 소비동력이 증가하여 경제성이 떨어질 수 있는 것도 이유로 판단된다. 수평밀폐형 방식은 미국의 경우 시공비용이 저렴한 이유 등으로 전체의 38%를 차지하여⁽²⁾ 매우 높은 비율을 차지하는데 비해 국내에서는 2006년까지 총 3건밖에 적용되지 않아 매우 낮은 비율을 차지하는 이유는, 국내 건축물의 좁은 대지면적 상황으로 인해 초기투자비의 상승이 크고, 굴착 깊이가 깊지 않아 시스템 효율이 낮은 점도 작용한 것으로 판단된다.

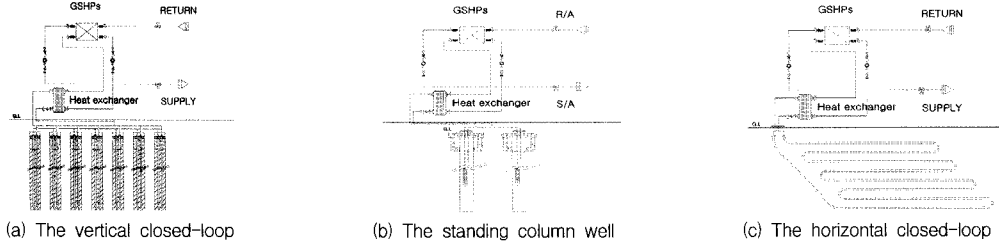


Fig. 6 The ground-coupling system types.

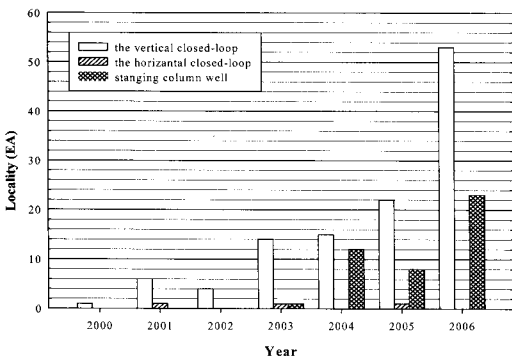


Fig. 7 The application status of ground-coupling system types of GSHP system with elapse.

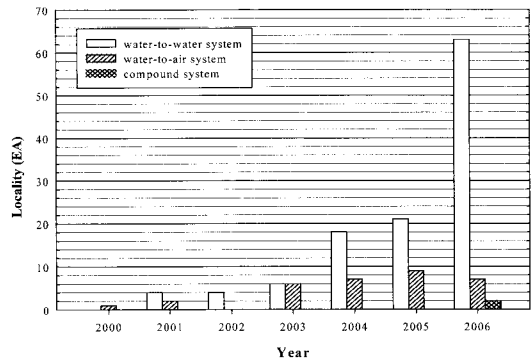


Fig. 9 The application status of heat exchange types of GSHP system with time elapse.

3.2 지열히트펌프 열교환방식 분석

Fig. 8은 지열히트펌프의 열교환방식을 나타내며 물-공기 방식과 물-물 방식이 있다. 물-공기 방식은 열교환기에서 냉매와 실내의 공기가 직접 열교환하여 실내를 냉·난방하는 방식이고, 물-물 방식은 열교환기에서 냉매와 부하측으로 순환되는 물이 열교환 하는 방식이다.

Fig. 9는 지열히트펌프 열교환 방식 적용건수의 경년변화를 나타낸다. 물-물 방식이 전체 150건 중 116건으로 78%를 차지하며, 물-공기 방식은 21%를 차지하고 있다. 두 방식을 병용하는 방식도 2006년에 등장하고 있다. 2000년부터 2003

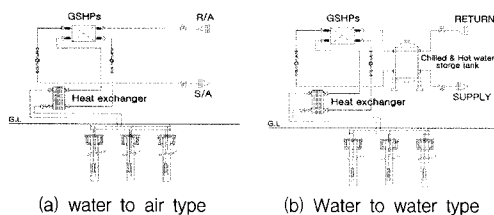


Fig. 8 The heat exchange types of GSHP system.

년까지는 물-물 방식과 물-공기 방식이 비교적 고르게 적용된 반면, 2003년 이후 물-물 열교환 방식의 적용 비율이 크게 증가하고 있음을 알 수 있다. 이러한 이유는 지열히트펌프 시스템의 도입 초기단계에서는 두 가지 열교환 방식 모두에 대해 기술적 검토가 이루어졌지만, 이후 국내에서 냉·난방 방식으로 일반적으로 적용되는 공기조화기나 FCU, 바닥난방 시스템 등과의 적용성 면에서 물-물 방식이 우수하여 국내 건축물에 적합한 방식으로 적용이 증가한 것으로 판단된다. 또한, 한 건물에서 두 가지 방식을 구역별로 사용하는 방식이 2006년에 처음 등장하고 있다. 지열히트펌프 시스템의 성능이 검증됨에 따라 건축물의 특정 구역이나 급탕과 같은 일부 부하에만 사용하던 방식에서 건물의 부하특성을 고려하여 전체 부하를 담당하는 냉·난방 시스템으로 지열히트펌프 시스템이 변화하고 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내에 적용된 지열히트펌프 시

시스템을 대상으로, 시스템 적용실적 및 경년변화, 건축물용도 및 지역별 적용실적, 단위시스템 설치용량, 지중열교환기 설치방식, 지열히트펌프 열교환 방식 등에 대해 조사 및 분석을 실시하였다. 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 시스템 적용 실적은 2002년 이전까지 저조했으나, 2003년 이후 크게 증대되고 있다. 정부의 정책적 지원의 영향이 무엇보다 크고 기술력의 상승도 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다.

(2) 적용 건축물의 용도는 교육연구시설이 가장 많으며, 업무시설, 교육시설 사회복지시설의 비중이 50% 이상을 차지한다. 건축물 용도에 따른 편중이 심하고 주거 건축물에의 적용이 매우 적으므로 이를 개선을 위해 민간부문의 자발적 적용을 유도하기 위한 적극적인 보급정책이 필요하다.

(3) 적용 지역은 인천·경기의 설치건수가 31%로 가장 높고, 중부 및 영남이 각각 17%, 강원과 호남은 13% 정도를 나타냈다. 기술적으로 적용 여건이 상대적으로 유리할 것으로 판단되는 지방의 적용 증대 방안을 강구할 필요가 있다. 설치건수와 설치용량 비율은 유사하며 지역에 따른 용량차이는 작을 것으로 판단된다.

(4) 단위 설치용량은 100RT 미만이 전체 건수의 63%로 높은 비율을 차지하며, 2003년 이후 시스템 규모도 점차 증대되고 있다. 이는 건물부하의 극히 일부를 담당하는 설계와 에너지원의 다양화에 따른 것으로 판단되나, 대규모 시스템의 적용을 위한 기술적 제도적 노력이 필요하다.

(5) 지중열교환기 설치방식은 수직밀폐형 71%, 우물관정형 27%로 대부분을 차지한다. 국내의 좁은 대지면적, 초기투자비 등이 원인으로 판단되며, 이에 대응한 적용기술의 개발이 필요하다.

(6) 지열히트펌프 열교환 방식은 물-물 방식 78%, 물-공기 방식 21% 정도를 차지한다. 국내 건물의 냉·난방 방식과의 적합성 면에서 물-물 방식이 우수하기 때문에 판단되나, 여건에 적합한 방식에 대한 세부 기술개발 및 평가가 필요하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2008년도 첨단도시개발사업(과제번호 : 07도시재생B04) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Yoon, D. W., 2004, Heating and Cooling Systems Technique using the Ground Source Heat Pump, Journal of KGBC 1012, Vol. 5, No. 4, pp. 31-39.
2. Shin, H. J., 2006, The Summary and the Present using Status of Geothermal Heat Pump Heating and Cooling Systems, Korea Journal of the KGBC 0406, Vol. 7, No. 2, pp. 60-69.
3. Kim, Y. I., 2007, Geothermal Heating and Cooling Systems, Institute date of the KGBC pp. 71-105.
4. Shin, H. J. et al., 2005, Construction of Performance Evaluation Methods and Technical Standards for Ground Source Heat Pump Systems.
5. Sohn, B. H. et al., 2004, Ground Source Heat Pump Systems : A Technology Review, Proceedings of the SARAK 2004 summer Annual Conference, pp. 1306-1317.
6. John W. L. et al., 2005, Direct application of geothermal energy : 2005 Worldwide, Geothermics, Vol. 34, pp. 691-727.
7. Song Y. H. et al., 2005, Direct-Use Geothermal Development in Korea : CountryUpdate 2000~2004, Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, pp. 19-24.
8. Ko, M. J. et al., 2008, An Investigation and Analysys of the Ground Source Heat Pump System in Korea, The 9th International symposium on building and urban Environment engineering, pp. 262-267.
9. <http://www.energy.or.kr/>.