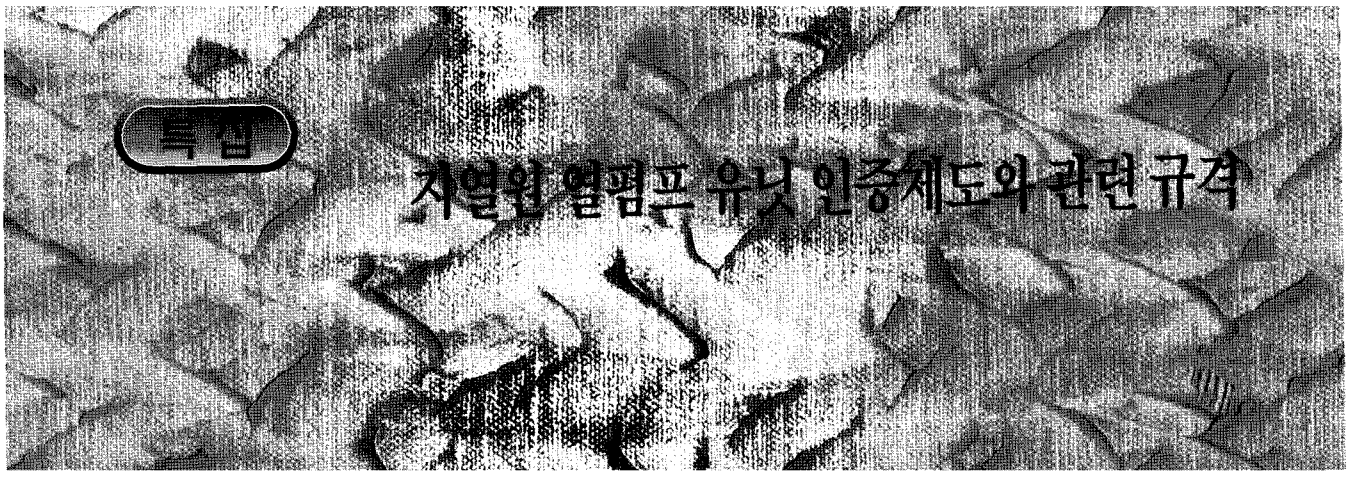


특집

지열원 열펌프 유닛 인증제도와 관련 규격

강 희 정*, 우 정 태*, 심 창 호**, 강 신 형***, 최 종 민****
*냉동공조 인증센터, **에너지관리공단 신재생에너지센터, ***건양대학교 기계공학과, ****국립 한밭대학교 기계공학과

최근 고유가, 화석연료 고갈, 온난화물질 감소, 저탄소 녹색성장, 에너지 패러다임의 변화 등 에너지 및 환경과 관련된 주제가 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 국가적 관심분야이다. 이에 따라 세계 각국에서는 화석에너지의 고갈과 지구환경보호를 위한 주요 해결방안으로 신 · 재생에너지의 기술개발과 보급에 혼신의 힘을 기울이고 있다.

신 · 재생에너지는 크게 전력생산, 열생산, 연료생산 산업분야를 구분되어진다. 이러한 신 · 재생에너지원 중에서 냉방, 난방, 급탕에 관련된 분야는 지열시스템이 유일하다. 친환경적이고 지속가능한 에너지원으로서의 지열산업의 개발과 보급뿐 만아니라 고유가로 인한 서민 에너지에 대한 현실적인 대책으로 정부에서는 지열분야에 관심을 갖고 개발 및 보급에 주력을 하고 있다. 우리나라의 전력은 원자력에너지를 근간으로 하고 있고, 향후 원자력 발전설비에 대한 용량의 확대를 통해 화석연료에 대한 비중을 축소하는 방향으로 국가에너지 기본 계획을 설정하고 있다. 전력 생산에 대한 대책마련도 중요하지만 사용에너지의 효율성을 증가시키는 것이 보다 큰 의미를 갖고 있다고 할 수 있다.

미국 환경보호청(Environment Protection Agency: EPA)은 현존하는 냉난방 기술 중에서 가장 에너지 효율적이고 환경 친화적이며, 비용효과가 우수한 공기조화 시스템으로 지열 열펌프 시스템을 예로 들고 있다(**그림 1**). 이와 같이 높은 효율성과 경제성, 친환경성으로 인해 세계 각국에서는 지열에너지 시스템의 보급에 박차를 가하고 있다.

최근 국내에서는 세계적으로 에너지 고갈 및 환경규제에 대응하기 위하여 저탄소 녹색성장의 에너지 산업 분야의 국가 발전 방향과 목표를 수립하고, 이를 달성하기 위해 기존의 신재생에너지 보급 정책과 함께 그린 홈 100만호 보급 정책 등을 수립 시행하고 있다.

현재 국내 신재생에너지 보급률은 1차에너지 총 소비량의 약 2.4%이며, 2030년에는 총에너지 소비량의 약 11%을 달성하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 달성하기 위하여 지열 에너지 보급률은 현재 110Gcal에서 5,606Gcal로 증가할 것으로 예상하고 있다. 이러한 지열 에너지 보급을 위한 대표적인 지열 이용 기기가 지열원 열펌프 시스템이다.

지열원 열펌프 시스템은 열펌프 유닛을 비롯한 각종 기계설비, 지상 시스템과 지중열교환기의 설계 그리고 이들 시스템의 시공 등 기계기술과 건설기술이 종합적으로 복합된 기술 분야이다. 지열원 열펌프 시스템은 냉난방은 물론 급탕을 겸용할 수 있는 공조시스템이다(**그림 2**). 즉, 냉방 시에는 건물 내의 열을 지중으로 방출하고, 난방과 급탕 시에는 지중의 열을 실내와 온수에 공급함으로써 하나의 시스템으로 공간 냉난방과 온수 · 급탕을 동시에 구현할 수 있다. 냉방과 난방 모드

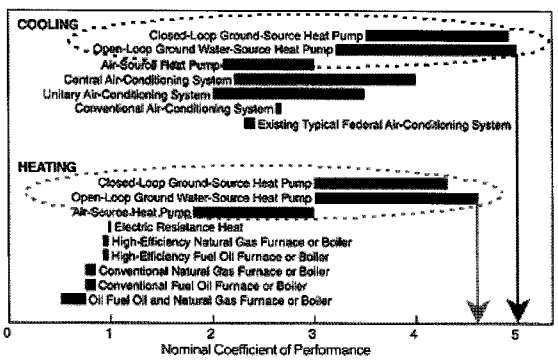
에서 각각 냉열원(heat sink)과 온열원(heat source)의 역할을 하는 지중 온도는 연중 안정적이기 때문에 지열 열펌프시스템은 높은 효율과 우수한 성능을 갖는다.

기술상으로 시스템의 구성에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 열펌프유닛과 지중 열교환기로, 지열원 열펌프 유닛은 설계와 제작면에서 공기열원 열펌프와 기술적으로 유사한 부분이 많이 있으나, 지중의 열을 이용한다는 열원 자체의 차별성 때문에 지열 열펌프만의 기술 개발이 필요하다. 국내 도입 초창기, 지열 냉난방 시스템 설치에 사용된 열펌프유닛은 주로 외국에서 수입한 제품이었으나, 최근에는 국내 기업에서 생산된 제품의 적용비율이 50% 이상 차지할 정도로 그 비율이 증가하고 있다. 국내에서 생산된 열펌프 유닛이 시장에 보급 확산 적용되고 있다는 것은 정부가 지원한 연구개발 사업 및 열펌프 인증제도의 성과로 평가된다. 따라서, 본 고에서는 지열원 열펌프 시스템의 신뢰성 확보를 위해 수행하고 있는 열펌프 유닛 인증제도에 대해서 기술하고자 한다.

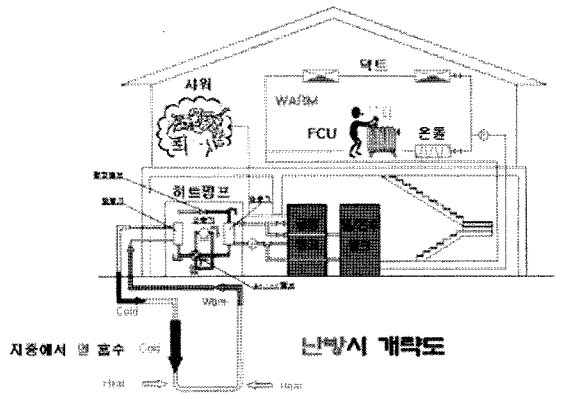
1. 인증제도

지열원 열펌프 시스템은 신재생에너지 설비로서 신에너지 및 재생에너지개발 · 이용 · 보급촉진법 제13조에 따라 신재생에너지설비의 보급촉진을 위해 일정기준 이상의 신재생에너지설비에 대하여 인증하는 신재생에너지 인증제도를 따라야한다. 신재생에너지 인증제도는 신재생에너지설비의 품질을 보증하고 소비자 신뢰도를 제고하여 신재생에너지 보급확대를 위한 성장기반 조성을 목적으로 하고 있으며, 관련 추진 근거는 신에너지 및 재생에너지개발 · 이용 · 보급촉진법, 시행령, 시행규칙에 따라 산업자원부고시 제2005-134호("신재생에너지설비 인증에 관한 규정")에 의하여 신재생에너지설비 인증을 에너지관리공단 신재생에너지센터에서 실시하고 있다.

인증업무 운영절차는 제조 · 수입자가 공단에 인증을 신청하면, 인증기관(에너지관리공단 신 · 재생에너지센터)에서 일반심사(공장심사) 후 성능검사기관에 성능검사를 의뢰하여, 성능검사기관



[그림 1] 냉난방기기의 COP 비교(EPA)



[그림 2] 난방 시 지열 냉난방시스템 개략도

[그림 3] 신재생에너지설비 인증절차

의 성능검사 성적서를 판단 후 일반심사(공장심사)와 성능검사 합격 시 인증서 교부하게 된다. 또한 인증제품의 품질관리를 위한 사후관리 업무를 수행하고 있다. 신재생에너지 설비 인증절차는 **그림 3**과 같다.

현재 지열원 열펌프 시스템 관련 신재생에너지 인증설비 인증대상 품목은 "물대물 지열원 열펌프 유니트"와 "물대공기 지열원 열펌프 유니트"로서 인증을 위한 범위가 지열원 열펌프 시스템의 일부분인 열펌프 유닛으로 한정되어 있다.

지열원 열펌프 유닛 인증과는 별도로 신재생에너지 설비의 설치확인 및 사후관리 규정에 따라 2007년부터 105kW 이상의 지열 설비는 설치 확인 후 단위시설별로 에너지 생산량 및 가동 상태를 신재생에너지 센터의 장이 운영하는 중앙서버로 전송하여야하며, 전술한 용량 설비 이외의 설비는 가동실적을 알 수 있는 운전데이터 등 센터의 장이 요구하는 자료를 소유주는 제공하여야 한다.

2. 국내외 규격현황

2.1 국외 규격현황

지열원 열펌프 유닛과 관련된 해외규격으로는 국제표준규격인 ISO 13256-1(수열원 히트펌프:물-공기, 브라인-공기 히트펌프), ISO 13256-2(수열원 히트펌프:물-물, 브라인-물 히트펌프)가 있고 미국 냉동협회 규격인 ARI 320-98(수열원 히트펌프), ARI 330-98(지열원 폐루프형 히트펌프), ARI 325-98(지하수, 지표수 이용 히트펌프), ARI 870-2001(직접 지중열교환 방식의 히트펌프)등이 있으며 미국 환경보호국(EPA)과 에너지국(DOE)에서 공동으로 운영하는 에너지 효율성 프로그램인 Energy Star 등이 있다.

ISO 13256-1, ISO 13256-2는 물을 열원으로 사용하는 가정용, 상업용, 산업용으로 제작된 열펌프에 대한 성능테스트 및 평가기준으로 지하수, 지중열을 열원으로 적용하는 열펌프 뿐 만 아니라 냉각탑을 이용한 폐루프 형태의 수열원 열펌프에도 포괄적으로 적용하고 있다.

ISO 13256-1, ISO 13256-2는 수열원 히트펌프 유닛의 종류별 성능 시험조건 및 시험절차 등에 대해 정의하고 있으나 냉방/난방 효율기준인 EER, COP에 관해서는 언급하고 있지 않다.

ARI 320-98(Water-source heat pumps)은 미국 냉동협회(America Refrigeration Institute)에서 시행하고 있는 단체 인증 규격으로 물을 열원으로 하여 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 열펌프의 정의, 시험 및 평가조건에 대한 기준으로 냉방용량기준 40kW 미만에 대해 정의하고 있다. ARI 320은 지열원을 적용하는 열펌프는 포함하고 있지 않으며 냉난방 기기 뿐 만 아니라 냉방전용기기에 대해서도 적용대상에 포함시키고 있다.

ARI 325-98(Ground water-source heat pumps)은 지하수, 지표수를 열원으로 하여 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 열펌프의 정의, 시험 및 평가조건에 대한 기준으로 냉방용량기준 40kW 미만에 대해 정의하고 있고 ARI 320과 마찬가지로 냉난방 기기 뿐 만 아니라 냉방전용기기에 대해서도 적용대상에 포함시키고 있다.

ARI 330-98(Ground source close-loop heat pump)은 수직형 또는 수평형 밀폐식 폐루프 열펌프 유닛에 대한 정의, 시험, 평가조건에 대한기준으로 용량40kW 미만, 루프통과 유체온도를 -3℃ ~ 37.7℃로 정의하고 있다.

ARI 870-2001(Direct Geoexchanged heat pump)은 냉매공급 배관이 직접 지하 폐루프와 연결되어 지열 원과 열교환하는 유닛으로서 다른 규격과 마찬가지로 공장에서 제작된 주거용, 상업용, 산업용 등 모든 열펌프의 시험조건, 평가조건 등에 대한 규격이다. **표 1**은 각 규격별 냉난방 표준 시험조건을 나타낸다.

Energy Star는 미국 환경보호국과 에너지국에서 공동으로 운영하는 에너지효율성의 프로그램으로 그 대상품목은 에어컨디셔너, 세탁기, 냉장

고 등 가전기기부터 창문, 출입문, 지붕 등 주택 단열품목까지 매우 다양하고 폭이 넓은데 지난 10년간 Energy Star 제품이 소비되었고, 7000여개 기업과 단체가 이 프로그램의 파트너로 가입하는 등 범 친환경 인증으로 평가받고 있다. 특히 냉동공조기기 관련 품목만 하더라도 룸 에어컨디셔너, 공랭식 열펌프, 제습기, 중앙식 공조기, 팬, 공기청정기, 환기장치, 지열 열펌프 등 여러 종류의 품목에 대하여 기준보다 10 ~ 25% 정도 더 높은 에너지 소비효율 기준을 정해놓고 있다. **표 2**는 Energy Star 인증의 지열열펌프 유닛 효율을 나타내고 있다.

2.2 국내 규격현황

지열 열펌프 유닛 관련 국내규격으로는 현재 국제표준규격인 ISO 13256 series를 한국 산업규격으로 부합화한 KS B ISO 13256-1(수열원 히트펌프 - 성능 테스팅 및 평가 제 1부 : water-to-air 히트펌프 및 brine-to-air 히트펌프), KS B ISO 13256-2(수열원 히트펌프-성능 테스팅 및 평가 제 2부 : water-to-water 히트펌프 및 brine-to-water 히트펌프)와 신재생에너지 촉진법에 의해 에너지관리공단에서 제정한 지열 열펌프 기술기준인 NR GT 101(물-물 지열 열펌프 유닛)과 NR GT 102(물-공기 지열 열펌

<표 1> 규격별 냉난방 표준 시험조건

시험항목 \ 온습도 조건		장비내부로 유입되는 공기온도(℃)	장비주변의 공기온도 (℃)	냉매-물/냉매-유체 열교환기에 유입되는 물온도(℃)	냉매-물/냉매-유체 열교환기에서 유출 되는 물온도(℃)
ARI 320	냉방	26.7(건구) 19.4(습구)	26.7	29.4	35.0
	난방	21.1(건구) 15.6(습구)	21.1	29.4	-
ARI 325	냉방	26.7(건구) 19.4(습구)	26.7	21.1	-
	난방	21.1(건구) 15.6(습구)	21.1	21.1	
ARI 330	냉방	26.7(건구) 19.4(습구)	26.7	25.0	-
	난방	21.1(건구) 15.6(습구)	21.1	0	-
ARI 870	냉방	26.7(건구) 19.4(습구)	26.7	25.0	-
	난방	21.1(건구) 15.6(습구)	21.1	5	-

<표 2> 지열열펌프 유닛의 Energy star 효율기준

Product type	EER	COP	qualify under
Close Loop With integrated WH	14.1 14.1	3.3 3.3	ISO 13256-1
Open Loop With integrated WH	16.2 16.2	3.6 3.6	ISO 13256-1
DX With integrated WH	15 15	3.5 3.5	ARI 870

프 유닛)가 있다. NR GT 101, NR GT 102의 대부분은 KS B ISO 13256-1, KS B ISO 13256-2내용을 기반으로 하여 제정하였고 현재 지열 열펌프 유닛 인증을 위한 기술기준서로 활용되고 있다.

NR GT 101, NR GT 102는 물을 열원으로 사용하여 부하측에서 냉매와 물 또는 냉매와 공기가 열교환하는 방식으로 가정용, 상업용, 산업용으로 제작된 열펌프에 대한 기준으로 지하수, 지중 열을 열원으로 적용하는 열펌프뿐만 아니라 냉각탑을 이용한 폐루프 형태의 수열원 열펌프 시스템에도 적용되고 있다. 물을 적용하는 거의 모든 시스템을 범위로 포함시킨 관계로 열펌프의 구분 또한 물 순환 시스템, 개방형 지하수-지표수 시스템, 밀폐형 지중루프 시스템으로 정의하고 있다. 하지만, 물순환 시스템과 개방형 시스템의 운전조건이 유사하므로 2007년도부터 지열원 열펌프 유닛 인증기준에서는 물 순환시스템과 개방형 지하수-지표수 시스템을 개방형 지하수 시스템으로 재정의하였다.

NR GT 규격은 KS B ISO 13256 규격과 달리 각 시스템 별로 표준 냉난방 조건하에서 냉난방 효율기준인 EER, COP가 명시되어 있고 이에 따른 시험환경조건도 명시되어 있다. **표 3**은 국내 지열 열펌프 유닛 인증을 위한 NR GT 효율기준을 나타내고 있다.

3. 기술기준분석

국내 지열원 열펌프 유닛 인증을 위한 기술기준을 NR GT 101 (물-물 지열열펌프 유닛)위주로 정의, 냉·난방능력 산출식, 에너지효율 산출식, 시험조건, 시험방법 등 핵심사항은 다음과 같다.

3.1 정의

지열원 열펌프 유닛은 적용 시스템별로 지하수 시스템과 지중 루프 시스템으로 나누어 지며, 각각에 대한 정의는 ISO 13256 series에 나온 적용범위와 유사하다.

3.2 냉난방능력 및 에너지 효율

냉난방능력은 주어진 시간동안 열펌프가 부하측 열교환기를 순환하는 순환수로부터 제거하는 열량 또는 순환수에 공급하는 열량을 의미하며 단위는 W이다.

3.2.1 정미 냉·난방능력

정미냉방능력은 부하측 순환수 펌프 소비전력까지 고려한 능력이며, 단위는 W이다.

- 펌프 외장형 : 정미냉방능력(W) = 냉방능력(W) - 순환수 펌프 소비전력 보정(W)
- 펌프 내장형 : 정미냉방능력(W) = 냉방능력(W) + 순환수 펌프 소비전력 보정(W)

정미 난방능력은 부하측 순환수 펌프 소비전력까지 고려한 능력으로 단위는 W이다.

- 펌프 외장형 : 정미난방능력(W) = 난방능력(W) + 순환수 펌프 소비전력 보정(W)
- 펌프 내장형 : 정미난방능력(W) = 난방능력(W) - 순환수 펌프 소비전력 보정(W)

펌프 소비전력 보정 값은 순환수를 열펌프의 냉

<표 3> 지열원 열펌프 유닛의 NR GT 효율 기준

운전 모드	열펌프 적용 시스템	최소 요구 성능 W/W
냉방	지하수시스템	4.80
	지중 루프 시스템	4.10
난방	지하수 시스템	3.60
	지중 루프 시스템	3.45

매-물 열교환기내로 유동시키는데 소요되는 부분만을 유효전력에 포함시키는데 이 값은 직접 측정될 수 없기 때문에, 부하 측 냉매-물 열교환기 입·출구에서 순환수 유동에 의한 압력강하와 유량 등으로부터 간접 계산된다. 이 값은 펌프가 열펌프 구성요소가 아닐 경우 냉방용량 산정시(-), 난방용량 산정시(+)가 되며, 펌프가 열펌프 내장형일 경우 냉방용량 산정시(+), 난방용량 산정시(-)가 된다. 열원측 순환수 펌프 소비전력 보정 값의 산출 방법도 부하측 순환수 소비전력 값 산출 방법과 동일하다. 물-물 열펌프의 표준용량 및 성능시험에는 액체엔탈피법(liquid enthalpy test method)이 적용되며 열펌프의 부하측과 열원측에 액체엔탈피법을 적용하여 각각의 냉방용량과 난방용량을 계산하고, 두 값들을 평균하여 총 냉방용량과 난방용량을 산정한다.

3.2.2 에너지 효율비

에너지 효율 비는 지열 열펌프에 공급되는 유효전력에 대한 정미 냉·난방능력의 비를 의미하며, 물-물, 물-공기 열펌프의 냉·난방 성능 척도를 대변한다. 식 (1)은 냉방 효율을 나타내며, 식 (2)는 난방 효율을 나타낸다.

$$EER = \frac{\text{정미 냉방능력(W)}}{\text{유효 전력(W)}} \quad (1)$$

$$COP = \frac{\text{정미 난방능력(W)}}{\text{유효 전력(W)}} \quad (2)$$

3.3 시험조건

지열 열펌프 유닛의 표준용량 냉·난방 용량 및 부분부하 용량 산정을 위한 시험조건은 지하수 시스템과 지중루프 시스템에 따라 변화되며, 물-물 시스템의 냉방 및 난방 용량 산정을 위한 시험조건은 **표 4, 5**와 같다.

<표 4> 물-물 열펌프의 냉방용량 산정을 위한 시험 조건

	지하수 시스템	지중루프 시스템
부하 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	12	12
열펌프 주위 공기-건구온도, ℃	15 ~ 30	15 ~ 30
표준용량 시험 열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	15	25
부분부하용량 시험 열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	15	20
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

<표 5> 물-물 열펌프의 난방용량 산정을 위한 시험 조건

	지하수 시스템	지중 루프 시스템
부하 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	40	40
열펌프 주위 공기 -건구온도, ℃	15 ~ 30	15 ~ 30
표준용량 시험 열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	10	5
부분부하용량 시험 열원 측 순환수의 열펌프 유입 온도, ℃	10	5
주파수*	정격 값	정격 값
전압**	정격 값	정격 값

4. 인증시험 결과 및 분석

4.1 시험방법

본 고에서는 국내 지열원 열펌프 유닛 인증기관에 의뢰된 지열 열펌프 유닛들의 냉·난방 용량 및 소비전력 등을 측정하여 각각의 제품에 대한 EER, COP성능을 일부 분석하였다. 시험에 사용된 제품들은 인증 또는 개발을 위한 제품들로서 10 ~ 30 RT 용량범위의 제품들이었으며 물-물, 물-공기 방식의 제품들이 모두 포함되어 있었다. 제품들 중 물-물 방식의 지열원 열펌프 유닛은 천안 생산기술연구원에 위치해 있는 열원설비 시험 장비를 이용하였고, 물-공기 방식의 제품들은 안산 냉동공조인증센터에 위치해 있는 멀티에어컨 칼로리미터 시험 장비를 이용하였다. **그림 4**는 물-공기 지열원 열펌프 유닛의 성능을 측정할 수 있는 시험설비의 개략도를 나타낸다.

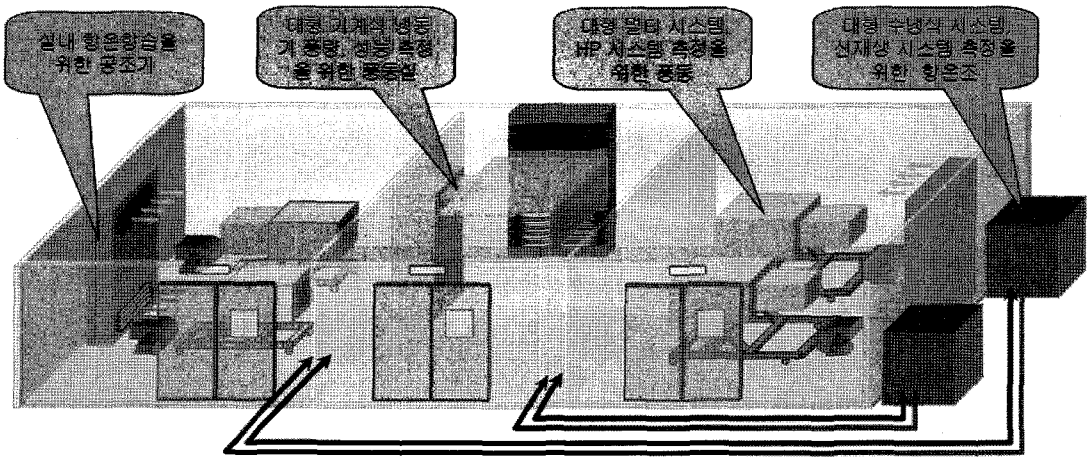
시험에 사용된 제품들은 모두 수직형 지중루프 시스템이었지만 폭넓은 연구를 위해 지하수 시스템과 지중루프 시스템 등 모든 냉·난방 표준 조건하에서 시험을 실시하였다.

본 시험에 앞서 측정시스템의 실·내외 측정 재현성은 NR GT 기술기준서 8번 항목의 5% 이내를 모두 만족하였고 각 계측기기의 정밀도, 시험데이터의 불확실도 및 허용오차는 NR GT 기술기준서 8.2 ~ 8.9번 항목의 기준을 모두 만족하였다.

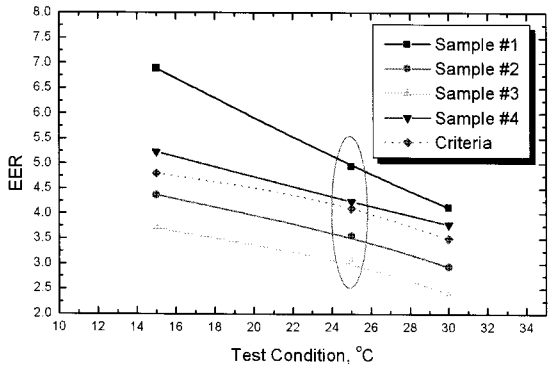
4.2 시험결과

물-물, 물-공기 지열 열펌프 유닛에 대한 2007년도까지의 성능시험결과를 **그림 5**에서 **그림 7**에 나타내었다. 냉방표준조건 및 난방표준조건에서의 각각의 성능을 측정 및 분석한 결과 **그림 5**에서 보는 바와 같이 약 50%의 시료가 모든 냉방 표준조건하의 효율기준 이상의 성능을 나타내었다. 현재의 냉·난방 효율기준은 Energy Star의 효율기준을 수정 적용하여 제정되어 그 기준이 조금 높은 편으로 볼 수 있다. 하지만, 성능 시험 제품의 용량이 다양하고, 구성요소기기(열교환기, 압축기, EEV, 4-way V/V 등) 등이 다른 점과 시험 제품의 상태가 개발품, 완제품 등으로 나뉜 점 등을 고려하여도 현재 뿐 아니라 향후에도 일부제품을 제외하고는 대부분의 제품들이 냉방 효율기준 이상의 성능을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

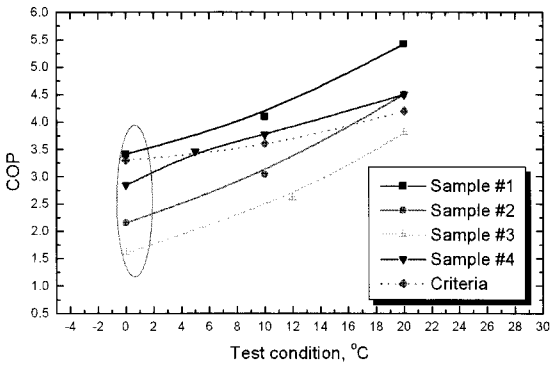
난방성능의 경우 **그림 6**에 나타난 바와 같이 거의 모든 시료가 지중루프시스템의 열원측 유입온도인 0℃에서는 효율기준 이하의 성능을 나타내



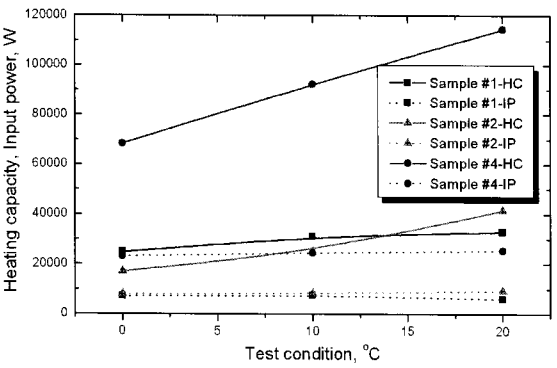
[그림 4] 물-공기 열펌프 성능시험장비 개략도



[그림 5] 냉방 에너지효율 기준 및 시험결과



[그림 6] 난방 에너지효율 기준 및 시험결과



[그림 7] 조건별 난방용량 및 소비전력

었다. 이는 열원측 순환수의 입구 온도가 0℃일 경우 난방시 증발기 내부를 흐르는 냉매의 온도가 낮아서 사이클의 성능이 저하되어 전반적으로 시스템 용량이 급격이 감소하기 때문으로 분석된다. 이는 **그림 7**에 나타난 바와 같이 온도조건별 소비전력은 거의 변함이 없으나 난방용량의 경우 온도가 떨어질수록 급격히 감소하기 때문이다. 하지만, 2009년 현재 난방 성능 인증 기준은 **표 5**에 나타나 바와 같이 0℃로 상향 조정되었다. 2009년 5월 현재 28개의 물-물 지열원 열펌프 유닛과 3개의 물-공기 지열원 열펌프 유닛이 인증을 받은 상태이다.

후 기

본 원고의 내용은 연구는 지경부 산하 에너지관리공단의 2007년 신재생에너지기술개발사업의 수행 결과이며 관련 보고서 및 발표 자료들의 내용을 기반으로 구성된 것이다.

참고문헌

1. Rybach, L., The advance of geothermal heat pumps-worldwide, IEA Heat pump Center News Letter, 23(4), No2/2006.
2. ISO 13256-1, ISO 13256-2.
3. Air-conditioning and Refrigeration Institute.
4. U.S Environmental Protection Agency
5. 에너지관리공단 신재생에너지설비 인증제도