히트펌프시스템의 국내외 적용사례

■ 이 영 수 /한국에너지기술연구원 태양열지열연구센터, yslee@kier.re.kr

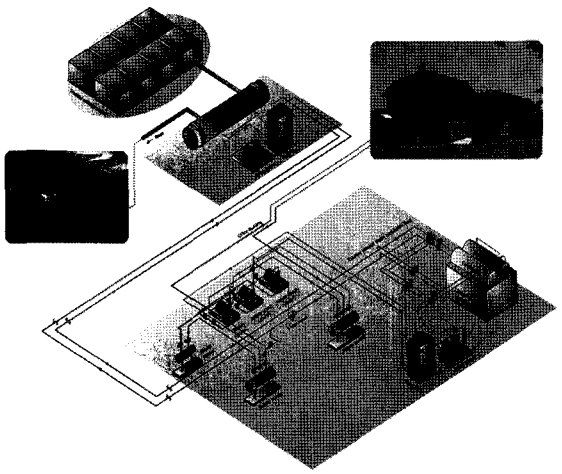
최근 녹색성장을 실현할 그린에너지 기술의 확보가 그 어느 때보다 중요하게 부각되고 있는 시기에 히트펌프의 국내외 적용사례를 소개하고자 한다.

국내적용사례

국내에서 최초로 미활용에너지를 이용한 사례는 1991년 서울 마포변전소 지하에 있는 변전소의 주변압기에서 발생되는 열을 열펌프로 회수하여 지상에 있는 한전 서부지점 신축건물의 난방에 이용한 것이다. 그 후 1995년에는 한전 속초생활연수원에서 배출되는 생활배수를 열원으로 하여 급탕과 냉방에 이용하였으며, 1996년에는 서울 탄천하수처리장의 하수처리수를 이용하여 하수처리장내 건물의 냉난방열 공급을 시도한 사례가 있다. 또한 1999년에는 낙동강 하천수를 열원으로 하여 화훼단지의 난방열 공급과 해수를 열원으로 하여 양식장의 난방을 위한 사례가 있으며, 최근에는 대구시 서부하수처리장의 관리동에 하수열원을 이용한 100RT급 열펌프시스템이 설치되어 운전중에 있다. 그러나 이들은 기술개발에 따른 소규모 시범적용사업으로 수행되었으며, 상용화를 위한 미활용에너지이용 대규모 플랜트에 대한 도입은 최근 유가상승과 신재생에너지 보급확대에 따른 국가적인 관심이 고조되고 있다.

하수 열이용 현황

2007년에 대구시 서부하수처리장에 설치된 하수처리수 열원이용 시스템은 국내 최초의 스크류 2단 압축 방식을 적용하고 있으며, 적용대상 건물은 지하 1층, 지상 2층 규모로, 대구광역시의 환경시설공단과 서부하수처리장의 관리사무소가 입주해 있다. 건물의 연면적은 3.599.7 m^2로서 지하 1층은 기계실과 체력단련 및 휴게실 등으로 사용하고, 지상 1층은 서부하수처리장 관리사무소이며, 지상 2층은 환경시설공단이 위치하고 있다.



[그림 1] 하수열원이용 열펌프시스템 적용 개념도

플랜트 구성은 **그림** 1과 같이 개략적으로 나타낼 수 있으며, 주요 특징은 다음과 같다.

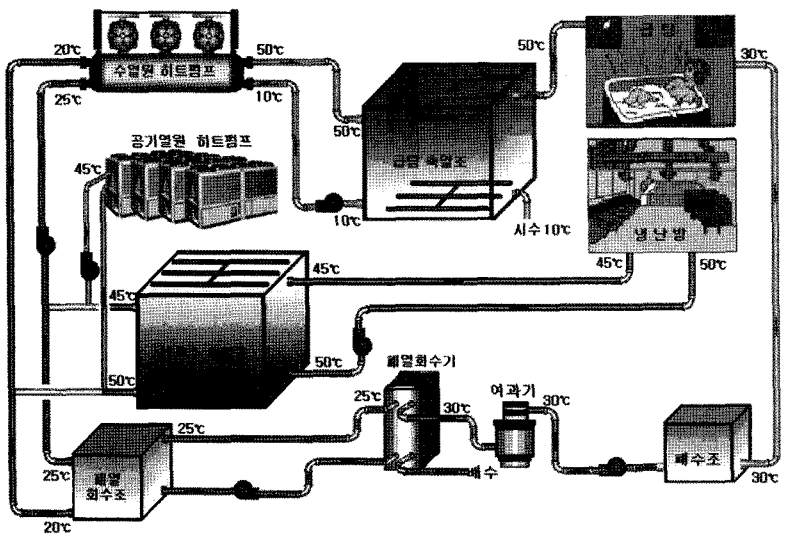
- 2단 스크류 압축 시스템 적용(설계냉방용량 : 382 kW, 설계난방용량 : 468 kW)
- 넓은 운전 범위 : 냉방, 난방 및 고온난방 (2단압축) 모드 지원
- 열펌프 기술 분야 국내 최고수준인 65℃ 온수 생산 가능
- 오존층을 파괴하지 않는 친환경냉매 (HFC-134a) 적용
- 인터쿨링 및 이코노마이징 등을 이용한 성능 향상 기술 적용
- 25 ~ 100% 용량 제어 및 실시간 모니터링 지원

생활배수 열이용 현황

경주 토비스콘도에 적용된 생활배수열을 이용한 수축열식 열펌프시스템으로 2004년 5월에 완공되어지고 현재 가동중에 있다. 이 건물은 연건평 4,900평의 숙박시설로 폐열을 활용하기위한 생활배수가 충분하여 시스템적용에 최적의 조건을 갖추고 있다.

이 시스템은 냉방 및 급탕 외에도 난방이 가능한 심야전력을 이용한 공기 및 수열원 수축열식 열펌프시스템으로 공기열원 열펌프는 냉난방용으로 수열원 히프펌프는 냉방 및 급탕용으로 사용된다.

이 시스템의 하절기 냉방/급탕 운전시에는 심야시간에 수열원 열펌프가 증발기에서 7℃의 냉열을 생산하여 냉온수축열조에 냉수를 저장하고, 응축기배열을 50℃의 온수상태로 급탕축열조에 저장하고, 공기열원 열펌프는 냉각팬을 사용하여 외부공기로 응축기 배열을 방출하면서 증발기에서 7℃의 냉수를 생산하여 냉온수축열조에 냉수를 저장한다. 주간시간에는 냉온수축열조에 저장된 7℃의 냉수는 건물의 FCU로 공급하여 냉방운전을 수행하며, 부하펌프에 부착된 인버터가 부하측 회수온도에 따라 유량을 조절하면서 변동되는 부하에 대응하고, 냉열이 부족한 경우에는 주간에도 공기열원 및 수열원 열펌프를 가동시켜 냉열을 보충한다. 수열원 열펌프에서 생성하여 급탕축열조에 저장된 50℃의 온수는 각 실의 목욕탕 등 급탕장소로 공급되어 온수로 사용되며, 온수사용으로 급탕축열조의 수위가 낮아지면 5 ~ 20℃의 시수를 급탕축열조에 유입시킨다. 수열원 열펌프 가동시 급탕축열조에 축열이완료되어 응축기로부터 더 이상 열저장이 불가능한 경우에는 수열원 열펌프의 가동은 중단된다.



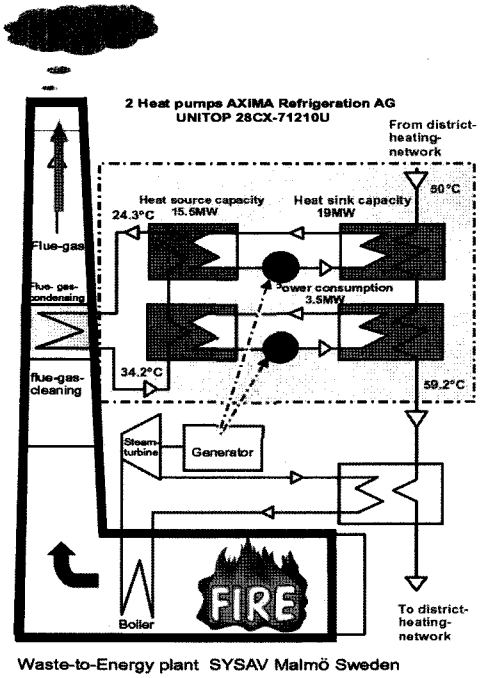
[그림 2] 생활배수열이용 열펌프시스템 구성도(경주 토비스콘도)

춘추동절기 난방/급탕 운전시에는 심야시간에 공기열원 열펌프는 냉각팬으로 외부 공기를 열원으로 사용하면서, 난방을 위하여 응축기에서 50℃의 온수를 생산하여 냉온수 축열조에 온수를 저장한다. 주간시간에 냉온수축열조에 저장된 50℃의 온수는 건물의 FCU로 공급하여 난방운전을 수행하며, 부하펌프에 부착된 인버터가 부하측 회수온도에 따라 유량을 조절하면서 변동되는 난방부하에 대응하고, 냉온수축열조의 온열이 부족한 경우에는 주간에도 공기열원 열펌프를 가동시켜 온열을 보충한다. 목욕후 배출되는 30℃의 폐수는 일단 폐수조에 저장되며, 폐수조의 수위가 설정치 이상 올라가면 폐수는 폐열회수열교환기를 통하여 열을 전달하고 자신은 외부로 배출된다. 폐열회수열교환기를 통하여 전달된 25℃의 온수는 열펌프의 열원으로 사용하기 위하여 폐열회수조에 저장된다. 심야시간에 수열원 열펌프는 폐열회수조에 저장된 25℃의 온수를 증발기 열원으로 사용하고, 응축기에서 생산된 50℃의 온수를 급탕축열조에 보내 저장한다. 급탕축열조에 저장된 50℃의 온수는 각실의 목욕탕 등 급탕장소로 공급되어 온수로 사용되며, 온수사용으로 급탕축열조의 수위가 낮아지면 약 5~20℃의 시수를 급탕축열조에 유입시킨다. 주간시간에 급탕축열조의 온열이 부족한 경우에는 주간에도 수열원 열펌프를 가동시켜 온열을 보충한다.

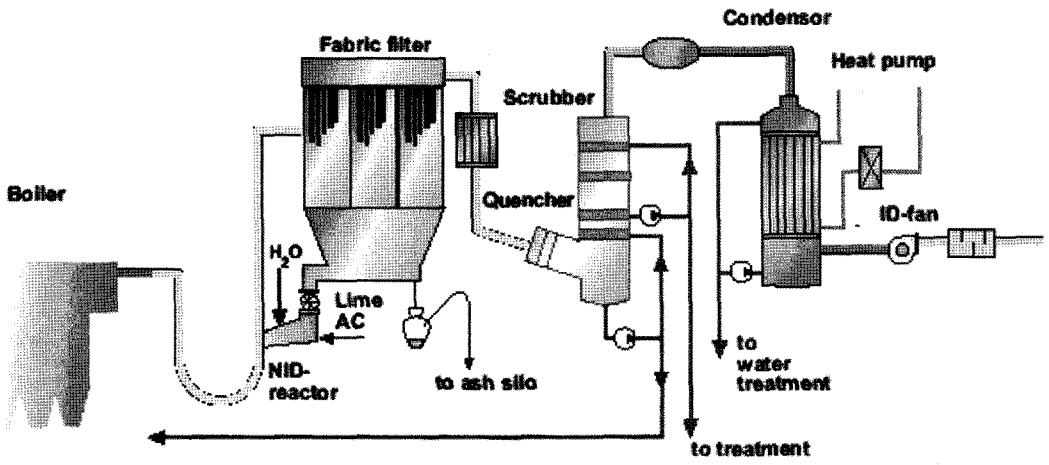
그러나 이같은 생활배수열을 이용함에 있어서 목욕탕 등에서 배출되는 생활배수는 머리카락 같은 이물질을 다량으로 함유하고 있기 때문에 이를 여과하기 위한 자동여과장치에서 배수의 유동이 막히는 경우가 자주발생하는 운전상의 어려움을 갖고 있기 때문에 이에 대한 대책과 배수열회수열교환기의 오염물질 부착으로 인한 열펌프의 성능저하 등의 개선방향이 있어야만 향후 보급확대를 기대할 수 있다.

해외 응축열 회수 열펌프 적용사례

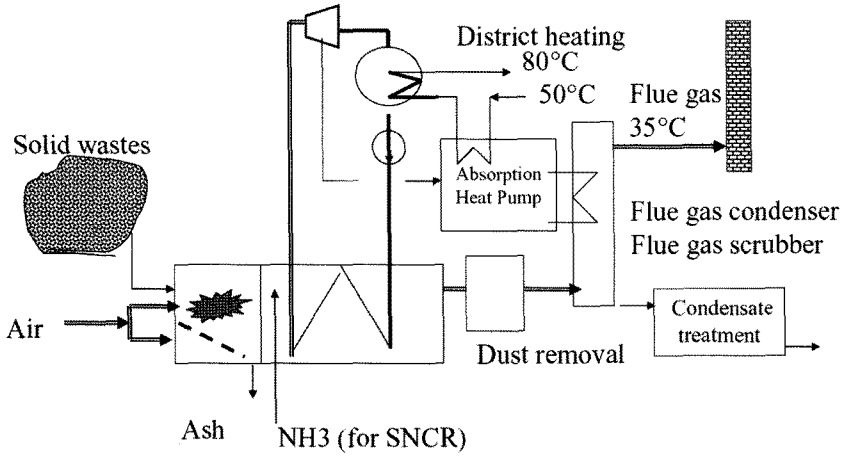
스웨덴의 Umea 지역(107,000명 거주)의 70% 열공급.



[그림 3] 스웨덴의 Umea 지역의 응축열 회수 열펌프 적용 에너지 절감 사례



[그림 4] 스웨덴 Jönköping의 Waste to Energy plant



[그림 5] 열펌프 이용 배가스 응축잠열 회수

- 스위스 Friotherm사의 고온 출력 열펌프를 이용.
- R134a 사용 UNITOP 28C 모델 2 유닛 적용.
- 응축잠열 회수를 이용하여 총합 에너지효율을 94% → 107%로 향상시킴.

스웨덴 Torsvik south of Jönköping의 배가스 + 열펌프 조합 Waste to Energy plant 개발 안 (Modern Flue Gas Cleaning Enables Optimal Energy Recovery, Bo Herrlander, Alstom Power Sweden AB, 2007)

- 30%의 CO_2 배출 감소 기대
- 열펌프 이용 응축열 회수를 통한 10 MWth를 지역 난방에 활용

Swedish plants with integration of absorption cooling and flue gas condensation, ZAE-Symposium 11-12 Dec 2006, "Biomasse Polygene-ration - die Zukunft", 스웨덴 KTH의 Prof. Mats Westermark

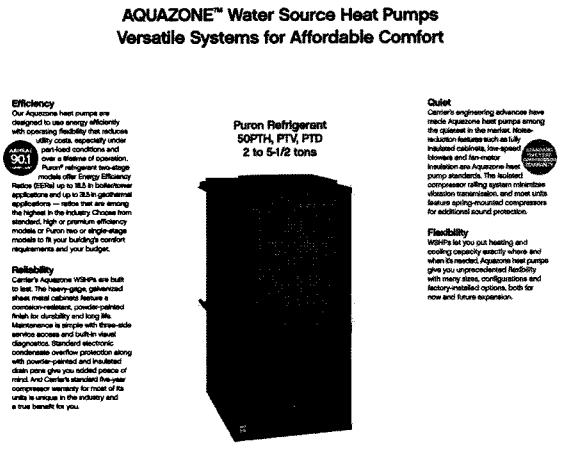
- 열펌프를 이용하여 배가스의 응축잠열을 회수 → 총효율 100 ~ 105%

해외 시장 조사 및 기술수준 분석

히트펌프 제품군은 공기열원과 수열원 제품으로 나눌 수 있다. 공기열원 제품의 개발방향은 한랭지형 위주로 되고 있으며, 수열원의 경우 지열 등을 열원으로 이용하여 온수를 생산하는 제품 개발. 배가스를 열원으로 하여 응축열을 회수하는 목적으로는 수열원 열펌프가 적합하다.

미국의 경우, 중소형 제품에 대해 주로 공기열원 water heater 개발이 주로 이루어져 왔음. 미국의 선두 업체인 Carrier (http://www.carrier.com/)에서도 수열원 열펌프를 생산하고 있으나, 양산품의 경우 약 30RT (약 100 kW 출력)의 규모까지만 생산.

- 대형 수열원 water heater 메이커로는 York (http://www.york.com/)가 있으며, 22,000 kW 용량의 제품까지 생산. 최고 온수생산 가능 온도는 77℃.



[그림 6] 미국 Carrier사의 수열원 열펌프

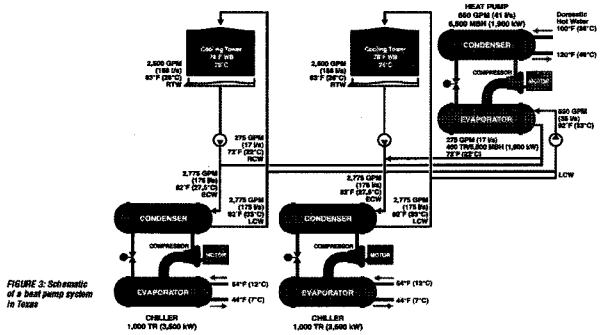


FIGURE 3: Schematic of a heat pump system in Texas

Institutional application with 6-month simple payback

A university in Texas had a year-round need for both chilled water and domestic hot water. Instead of operating a fossil-fuel water heater, a heat pump was installed to utilize the chillers' leaving condenser water (LCW) as a heat source (see Figure 3). A portion of this water at 92°F (33°C) LCW is piped to the heat pump instead of the cooling towers. The heat pump raises the temperature high enough to heat the domestic hot water (DHW) from 100°F (38°C) to 120°F (49°C), at a COP which ranges between 5.5 and 6.5. The 72°F (22°C) return condenser water (RCW) is then mixed with the 83°F (28°C) return tower water (RTW) to produce a lower entering condenser water (ECW) temperature of 82°F (27.5°C). Thanks to the lower temperature of the ECW, the water chillers' efficiency improves, which increases the efficiency of the entire system.

In this application, the capital investment for the heat pump came to $220,000. The annual operating-cost savings totaled $260,000, providing a very attractive ROI.

For more information on heat pump applications, or the innovative adaptability of YORK chillers, contact your local YORK/ Johnson Controls sales representative at 800-861-1001 or visit www.york.com

YORK
A JOHNSON CONTROLS COMPANY

P.O. Box 1592, York, Pennsylvania USA 17405-1592
© 2006 Johnson Controls, Inc.
Form 160.00-SB4 (306)

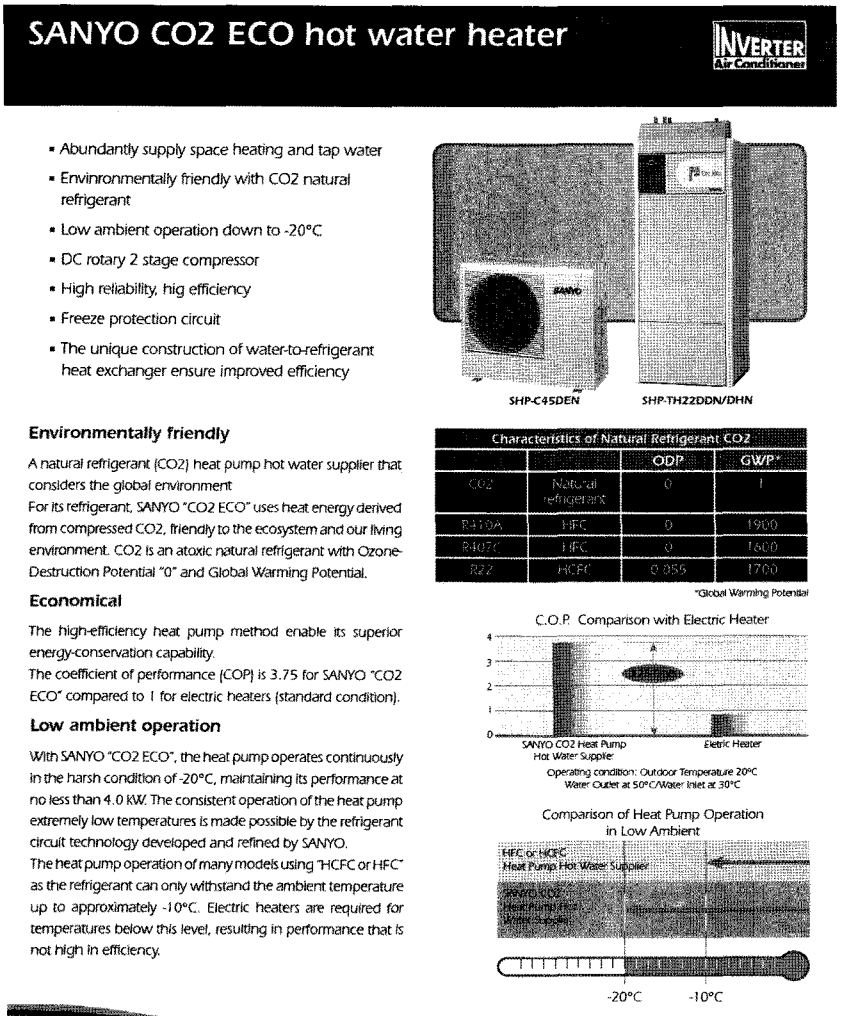
Tele. 800-861-1001
www.york.com

Subject to change without notice. Printed in USA
ALL RIGHTS RESERVED

[그림 7] 미국 York사의 수열원 열펌프 기술 사양

일본의 경우, 소형 가정용 공기열원 water heater 개발이 주종. 가장 고성능의 제품(동경전력과 Sanyo (http://www.sanyoaircon.com/)에서 개발)은 2단 압축 시스템을 적용시킨 CO_2 시스템으로서, 최고 온수생산 가능 온도는 90℃에 이른다고 보고됨. 대형 터보 냉각기(chiller) 분야에서도 MHI가 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고 있으나, 대형 열펌프는 생산하고 있지 않음. 대형 열펌프 제품이 출시되지 않으므로, 본 연구에의 적용성은 떨어진다고 판단됨.

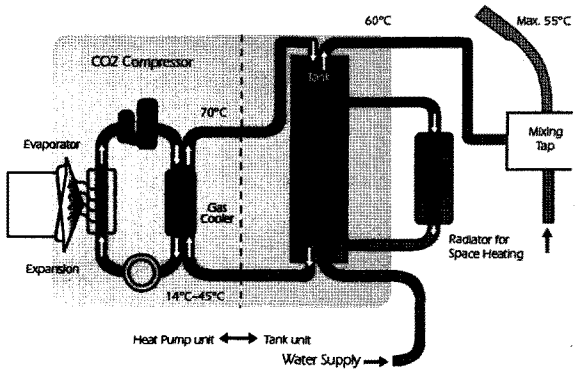
스위스의 Friotherm (http://www.friotherm.com/) 은 매우 높은 기술력을 가진 곳으로, 최고 온수생산 가능 온도는 약 80℃. 앞서 설명된 스웨덴 Umea 지역 배가스 응축열 회수 열펌프의 제작사이며, 중대형 ~ 대형 시스템 제작. 지역 냉·난



SANYO CO2 ECO hot water heater

INVERTER Air Conditioner

SANYO CO2 ECO is a system that effectively utilises heat in the atmosphere



System flow of the Heat Pump Hot Water Supplier

Heat pump unit			SHP-C45DEN		
Tank unit				SHP-TH220DN	SHP-TH220DHN
Performance					
*1 Heating capacity / input	kW		4.5 / 1.20		
C.O.P. (Outdoor temp. 20°C)	W/W		3.75		
*2 Heating capacity / input	kW		4.5 / 1.45		
C.O.P. (Outdoor temp. 7°C)	W/W		3.10		
*3 Heating capacity / input	kW		4.5 / 2.48		
C.O.P. (Outdoor temp. -15°C)	W/W		1.81		
Electrical Rating					
Power supply	Heat pump unit	V	220-230-240		
	Tank unit	V		400 / 3+N	230 / 3+N
Maximum current	A			20	30
Tank unit					
Tank capacity		l	223		
Maximum working pressure		kg/cm2	2.5		
Auxiliary electric heater capacity		kW		9.0	7.05
Dimensions	Net HxWxD	mm	1547 x 597 x 619		
	Shipment Hx WxD	mm	1736 x 700 x 792		
Weight	Net/Shipping	kg	170.0 / 180.0		
Heat pump unit					
Refrigerant (amount)	(kg)		CO2 (0.86)		
Pressure sound level	dB-A		45.0		
Compressor			DC Rotary two-stage compression		
Dimensions	Net HxWxD	mm	690 x 840 x 290		
	Shipment hx WxD	mm	765 x 943 x 433		
Weight	Net/Shipping	kg	65.0 / 72.0		

Rating conditions
*1, *2, *3; Outlet Water Temp. 50 deg. C / Inlet Water Temp. 30 deg. C
Specifications subject to change without notice

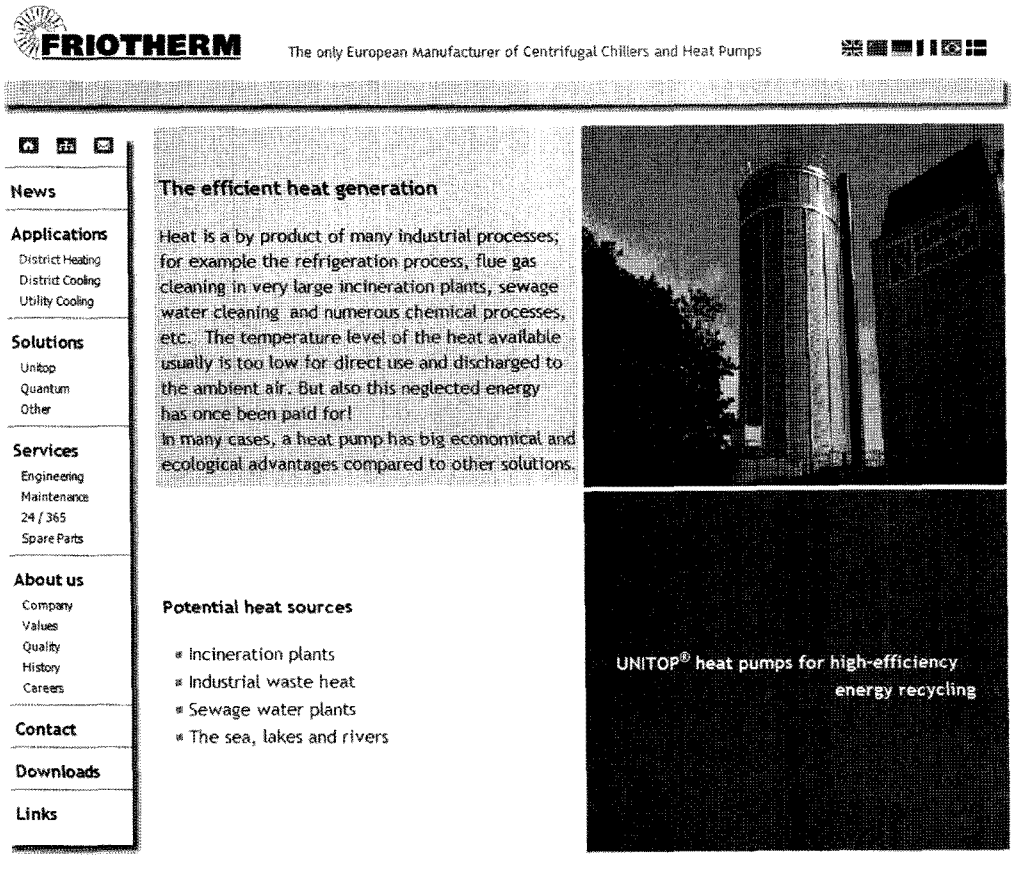
SANYO Air Conditioners. The natural choice. **www.sanyoaircon.com**

[그림 8] 일본 Sanyo사의 CO_2 열펌프 기술 제원

방용 열펌프 전문제작. 최대 용량은 약 34,000 kW(@증발온도 30℃, 응축온도 80℃). 본 연구의 배가스 응축열 회수 및 온수 가열 목적으로 매우 적합. 단, 소형 유닛은 생산하지 않으므로, 소규모의 pilot test는 불가능 함.

노르웨이의 Hybrid Energy 社 (http://www.hybridenergy.no/) 는 폐열이용 고온 생산 히트펌프 분야 최고 기술력을 가진 곳으로, 최고 온수생산 가능 온도는 100℃.

- 일반 히트펌프와는 달리 암모니아-물 혼합 작동유체를 적용함으로써 효율을 극대화. Nortura Rudshøgda에 설치된 제품(2007)의 경우 83℃ 온수 생산에 COP = 4.54 달성. 연간 에너지 절약은 3 GWh로 기대.
- 자사의 홈페이지에 따르면, Hybrid Energy AS(2004년 설립)는 암모니아-물을 작동유체로 하는 하이브리드 열펌프의 유일한 공급처라고 밝히고 있음. 이 설비는 1996년도에 연구(IFE에서)를 착수, 2000년 실험실 pilot 개발, 2003년 60 kW 상용화, 2007년 650 kW 상용화 했으며, payback period를 2년으로 보고 있다고 함.
- Hybrid Energy AS는 열펌프 분야 17년 경력자인 Bjarne Horntvedt, M.Sc(bjarne@hybridenergy



[그림 9] 스위스 Friotherm사의 지역 냉 · 난방용 열펌프 소개 사이트

HybridEnergy
HIGH TEMPERATURE HEAT PUMPS

search

home | news | hybrid heatpump | products | contact | about us | norsk tekst

News

Stilling ledig for kjølemontør
2008-08-26

The Hybrid heat pump at Nortura Rudshøgda has saved 1 GWh
2007-11-07

Akershus Energi new partner in Hybrid Energy AS
pump at Nortura Rudshøgda has saved 1 GWh
2007-11-07

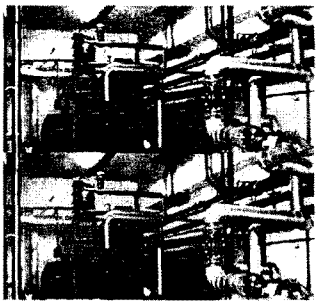
Akershus Energi new partner in Hybrid Energy AS
støtte til hybride varmepumper
2005-04-06

More...

			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

Your industrial waste heat can be used to produce hot water

The company Hybrid Energy AS deliver hybrid heat pumps with water and ammonia as working fluid. We build complete waste energy recovery systems for the food industry and other larger energy consumers.



The Hybrid heat pump uses a working pair of pure water and ammonia. This natural refrigerant and has no negative environmental effect on the ozone layer or global warming. By using this heat pump you save energy and money in addition to reduce the CO2 -emission from your company.

We deliver two types of hybrid heat pumps, depending on the company need. Single stage or two-stage hybrid heat pump.

A single stage hybrid heat pump is very suitable for companies needing hot water / high temperature heat having waste heat from e.g. cooling towers or oil coolers. Read more about the single stage heat pump at Nortura Rudshøgda in Norway here.

If you need hot water and also prefere water for cooling, a two-stage hybrid heat pump may be favourable. The installation at TINE Nærbø in Norway is a two-stage heat pump. You can read more about the two-stage heat pump here.

For e-mail contact to get more information about possible heat recovery in your process:

hybridenergy@hybridenergy.no

Plone and its visual design is Copyright © 2000-2009 by Alexander Limi, Alan Runyan, Vidar Andersen.

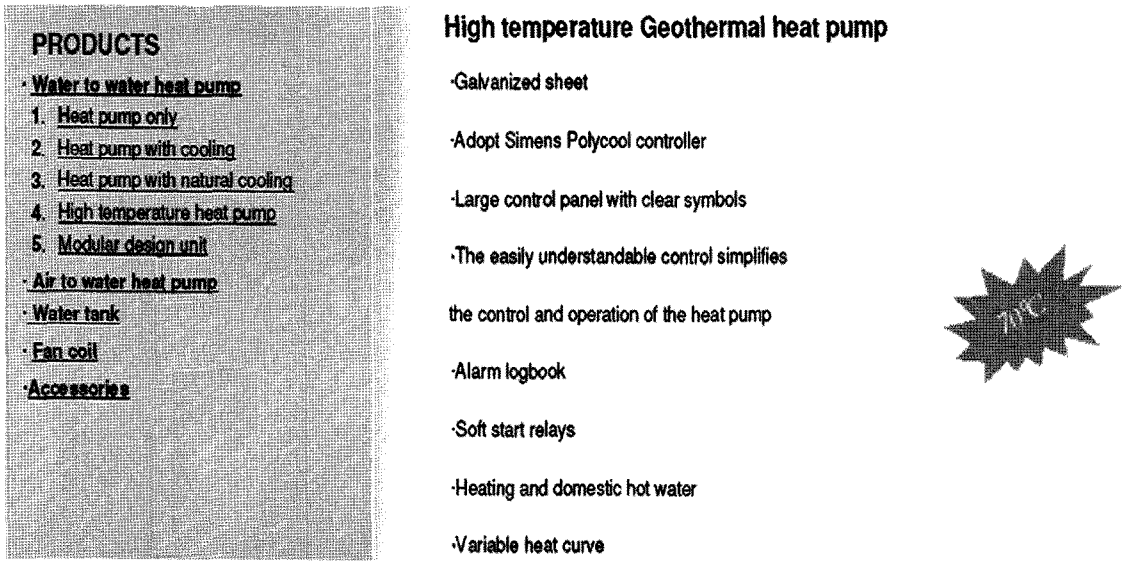
POWERED

[그림 10] 노르웨이 Hybrid Energy사의 고온 열펌프 소개 사이트

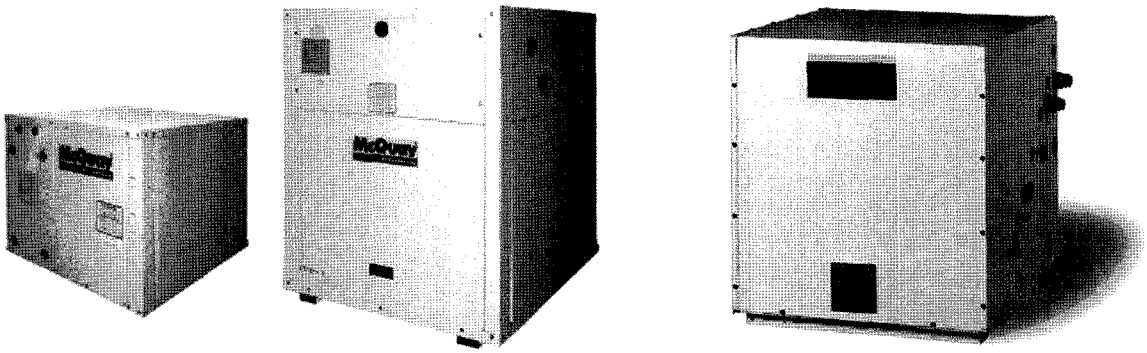
.no)가 director로 되어있으며, Institute of Energy Technology (IFE)의 소유.

- 이들의 주장대로만 작동한다면 우리의 목적에 가장 부합하는 제품으로 판단. 다만, 이 제품은 적용처가 많지 않아, 아직 신뢰성이 100% 보장 되었다고 보긴 어려움.

우리나라와 중국의 경우, 수열원 열펌프는 중소기업에서 주로 제작하며 (소형 밀폐형 압축기 적용), 최고 온수생산 가능 온도는 약 50℃ 수준. 아래와 같이 최고 70℃ 생산이 가능하다고 주장하는



[그림 11] 중국 Guangzhou Hiseer Air Conditioning Co., Ltd의 열펌프 기술사양



[그림 12] 미국 McQuay 및 Trane사의 수열원 열펌프 유닛

곳도 일부 있으나, 유사 사양을 가진 미국 제품들과 비교하였을 때 신뢰성이 부족하다고 판단됨. 동급의 미국 제품들, 예를 들면 McQuay (http://www. mcquay.com/) 및 Trane (http://www.trane.com/) 등 선두 메이커들의 유닛도 최고 온수생산 가능 온도는 50℃ 정도임.

- 중국 Guangzhou Hiseer Air Conditioning Co., Ltd.

<표 1> 열펌프 메이커 및 기술수준

제조사	최고온수생산 가능 온도(℃)	작동유체	비 고
York (미국)	77	R134a	– 1,600 ~ 22,000 kW 용량의 제품 생산. – 가격대비 성능 우수. – 소용량 제품은 생산하지 않으므로 1단계에서는 고려대상에서 제외.
Sanyo (일본)	90	CO_2	– 소형 가정용 공기열원 제품이 주력. – 대형 열펌프 분야는 취약하므로, 고려대상에서 제외.
Friotherm (스위스)	80	R134a	– 열펌프 분야 매우 높은 기술력을 가진 곳. – 스웨덴의 Umea 지역 열공급 플랜트에 적용. – 2,000 ~ 34,000 kW 용량의 제품 생산. – 소용량 제품은 생산하지 않으므로 1단계에서는 고려대상에서 제외.
Hybrid Energy (노르웨이)	100	NH_3–H_2O	– 폐열이용 고온 생산 히트펌프 분야 최고 기술력을 가진 곳. – 현재까지는 적용처가 많지 않아, 신뢰성이 100% 보장되었다고 보긴 어려움. 따라서 대형 플랜트에 적용하기엔 위험부담이 큼.
McQuay/ Trane (미국)	50	R22 R407C	– 미국의 소형 물–물 열펌프. 밀폐형 압축기를 적용한 가정용 제품들의 온수생산 한계온도는 약 50℃.
한국/중국	50	R22 R134a	– 국내의 경우 물–물 열펌프는 주로 중소기업에서 제작. 미국의 소형 물–물 열펌프와 유사한 성능. 중국제품도 비슷.

- 동급의 미국제품들 (매우 자세한 기술정보를 공개하고 있으며, 최고 온수생산 가능 온도는 약 50℃ 수준임)

이상의 열펌프 메이커 조사 및 기술수준 분석 결과는 **표 1**과 같다. 검토결과, 본 연구에 직접 적용이 가능한 배가스 응축잠열 회수 목적의 고온출력 열펌프 양산제품은 없었다.