

강변여과수(층적층 및 하상)를 이용한 냉방시스템 설치 및 모니터링

정 우성¹⁾, 황 기섭²⁾, 안 영섭³⁾

Installation and Monitoring of Bankfiltration (including alluvial and riverbed deposits) Source Heat Pump Cooling System

Woo-sung Jung, Ki-sup Hwang, youngsub Ahn

Key words : Ground water(지하수), riverbank filtration(강변여과수), Heat pump(열펌프),
Temperature(온도), Return water(귀환수)

Abstract : The Alternative energy has lately attracted considerable attention due to the high oil price and environment problem. In this study, pilot test facility for using the geothermal energy source from riverbank filtration was constructed and monitoring devices are installed to estimate the efficiency of this system. Initial installation cost can be saved efficiently by connecting a heat pump system into the existing pumping well in Changwon riverbank filtration site. One set of monitoring results during summer was presented and analyzed.

Nomenclature

toe : total oil energy
RT : 냉각톤 (ton of refrigeration)
COP : 성능계수 (coefficient of performance)
RBF : 강변여과 (riverbank filtration)

1. 서 론

최근 고유가와 환경문제로 인해 대체에너지에 중요성이 대두되면서 신재생에너지 자원의 활용에 대한 관심은 그 어느 때 보다 높아지고 있다. 신재생에너지는 청정하고 화석연료사용으로 인한 CO₂ 발생이 거의 없고, 고갈되지 않는 지속 이용이 가능하다는 장점이 있다. 현재 우리나라의 경우 정부 기관을 중심으로 신재생에너지 보급 확대를 위하여 노력하고 있으나, 기존의 화석연료를 사용하는 냉난방 시설에 비하여 많은 초기 투자비가 필요하다. 신재생에너지 중 하나인 지열 에너지는 땅속에 있는 열을 끌어내어 냉난방 시

설의 냉난방에너지로 이용하는 것으로 태양열, 풍력 등 다른 대체에너지에 비하여 초기투자비가 적게 들고 소규모 이용이 가능하며, 시설의 수명이 반영구적이며, 지속가능한 에너지라는 장점이 있다. 그러나 많은 현장에서는 국내 실정을 고려하지 않고 외국의 지열원 히트펌프 시스템을 그대로 도입·모방하고 있으며, 이로 인해 많은 비효율이 나타나고 있는 실정이다.

국내의 실정에 맞는 지열원 열펌프 시스템과 그 시스템의 신뢰성을 검증하는 것이 중요하나 아직 국내에서는 객관적이고, 신뢰성 있는 자료가 없는 상태이다.

지열에너지를 이용한 냉난방시스템은 열펌프

- 1) 한국 수자원공사 수자원연구원
E-mail : jus4624@yahoo.co.kr
Tel : (042)860-0325 Fax : (042)-860-0592
- 2) 한국 수자원공사 수자원연구원
E-mail : extermist@hanmail.net
Tel : (042)860-0582 Fax : (042)-860-0592
- 3) 한국 수자원공사 수자원연구원
E-mail : youngsub0718@hanmail.net
Tel : (042)860-0583 Fax : (042)-860-0592

냉난방 시스템의 일종으로 지중매체(토양, 암반, 지하수)를 열원으로 이용하는 시스템을 통칭한다. 지열을 이용한 냉난방 시스템에는 비연소형 열전달 시스템이 적용되는데, 비연소형 열전달 시스템(heat transfer system)에서는 열에너지를 생산하기 위해 새로운 화석연료를 사용하는 것이 아니라, 기존의 열에너지를 지중으로부터 필요한 수송처로 이동시켜 사용한다.

지열 시스템은 열펌프와 함께 사용되는 열원 종류와 사용 방법에 따라 폐회로(closed loop) 방식과 개회로(open loop) 방식으로 크게 분류될 수 있다. 폐회로 방식은 지중 폐순환회로 내에서 일종의 작동유체인 순환수를 순환시켜 열에너지를 추출하거나 방열하는 시스템이고, 개회로 방식은 지하수를 위시한 지중열을 이용하는 시스템이다. 현재 국내에 설치되고 있는 대부분의 지열 시스템은 폐회로 방식을 사용하고 있으나, 지하수가 풍부한 국내 여건상 지하수를 직접 이용하는 지하수 열펌프 시스템에 대한 연구가 필요한 시점이다⁽¹⁾.

본 연구에서는 앞서 기술한 열원을 직접 사용하는 개회로 방식을 이용하여 강변여과수(하천 주변 충적층 및 하상바닥⁽²⁾)의 열자원 활용 타당성을 평가하고, 이를 적용한 시험 시설을 설치하여 적용성을 실증적으로 확인하는 것이다.

창원시 대산정수장의 강변여과 시설을 활용하여, 강변여과수를 열원으로 이용하는 열펌프 시스템을 설계·적용하여 시험 시설을 구축하였다. 이 열펌프 시스템은 창원시 대산정수장의 상수도 취수장에서 취수한 강변여과수를 본관에서 분기된 일부를 열펌프의 열원으로 활용하여 초기 설치비를 절약하였다. 그리고 연간 온도 변화가 적은 강변여과수를 열원으로 이용하기 때문에 지중 열교환에 따른 지중온도 변화로 열펌프의 효율저하가 없으며, 열교환을 끝낸 순환수는 다시 정수장으로 보내져 정수가 되도록 시스템을 구성하여 수질오염을 방지하므로 기존의 지열 시스템의 문제를 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 강변여과수

대표적인 유도방식 인공함양방법인 강변여과방식(RBF, River Bank filtration)은 강변에 존재하는 대수층의 오염저감능력을 이용하는 기법으로, 하천과 인접한 곳에 양수정을 설치하여 하천과 양수정 사이에 물의 흐름을 관정방향으로 유도하는 방식을 말한다(Fig. 1⁽²⁾).

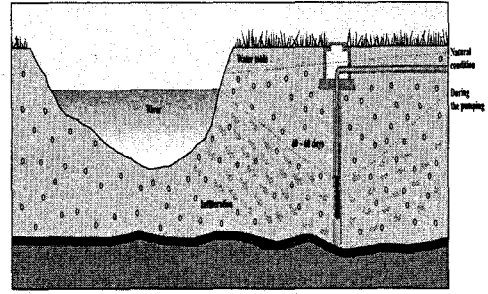


Fig. 1 강변여과 방식 모식도

강변여과수 열원 열펌프 시스템은 일반적으로 지하수 혹은 하천 바닥 물은 지상 대기 온도가 기후변화에 매우 민감한데 반하여 상대적으로 계절적인 온도변화가 작다는 특성을 이용하여 에너지를 얻는 열원으로 이용하는 방식을 말한다.

강변여과 방식은 하천 원수를 일정기간 가변의 대수층에 체류시켜 자연의 자정 능력을 이용하여 오염물질 및 독소를 제거한 후 취수하므로 정수처리 공정에서 부담을 경감시키며, 대규모 하천 이외에 중소규모 하천 주변의 충적층을 활용이 가능하고, 지역적으로 개발 가능성이 높으며, 특히 일정한 수은 유지로 수처리 관리의 용이성 및 열자원 활용 가능성이 높다는 긍정적인 요소들을 가지고 있다.

3. 강변여과수를 이용한 시험 시설

3.1 강변여과 시설 개요

창원시 대산면에 위치한 대산정수장은 용수 확보 방안으로 낙동강 제방 제외지에 Fig. 1과 같은 수직 집수정을 설치하여 강변여과수를 취수하고 있으며, 총 3단계 사업중 1단계 사업이 완료되어 운영 중에 있다. 본 대산정수장의 강변여과 시설은 하루 60,000m³의 강변여과수를 취수하고 있으며, 총 24개의 취수공과 8대의 수송펌프, 11개의 가압소로 구성되었다.

3.2 강변여과 냉난방 시스템 설계

본 연구에 적용된 지열원 열펌프 시스템(GHP : Geothermal Heat Pump)은 강변여과수를 열원으로 이용하는 개회로 시스템이며, 대산정수장에서 취수되는 강변여과수 본관에서 분기한 일부를 강변여과수를 열원으로 사용하였다. 그리고 열교환이 끝낸 순환수를 다시 정수처리하여 수질오염을 방지하였다.

본 연구의 열펌프 시스템은 기존의 대산정수장의 일부 시설을 사용하므로 초기 설치비를 절감하였고, 또한 지중 순환펌프를 이용하여 순환시키던 원수를 단지 개·폐할 수 있는 장치를 열교환기 입구에 장치하여 기존의 시설물을 이용함으로써 냉난방 시스템의 운전비를 절감할 수 있었으며, 연간 온도 변화가 적은 강변여과수를 열원으로 이용하기 때문에 효율적이고, 경제적인 냉난방 시스템이 될 수 있을 것으로 예상된다.

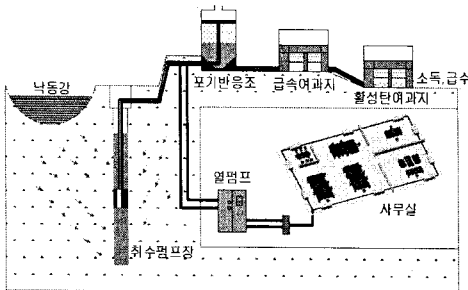


Fig. 2 강변여과수 활용 냉난방 시스템 개념도

본 창원시 대산정수장 강변여과수 시설 활용 시범 냉난방 시스템은 15RT급 히트펌프 1대를 설치하여, 관리본관 내 사무실, 문서고, 체력단련실, 소회의실등을 대상으로 설계/적용하여 시범 시설을 구축하였다. 그 냉난방 부하는 아래 Table 1에 나타내었다.

Table 1 건물의 냉난방 부하

구분	면적 (m ²)	냉방부하 (kcal/hr)	난방부하 (kcal/hr)
지하 (체력단련실)	86.4	-	11,232
1층 (소회의실)	144.0	20,160	15,840
2층 (사무실, 문서고)	144.0	20,160	15,840
	36.0	3,600	3,600
합 계	410.4	43,920	46,512

3.3 장기 모니터링 장비

강변여과수 활용 냉난방시스템 시범 시설 설치 완료 후, 냉난방 시스템의 성능을 평가하기 위한 장기 모니터링을 계획하여 수행 중에 있으며 약 3년간 모니터링을 수행할 계획이다.

장기 모니터링을 위하여 설치된 계측기의 종류, 위치, 제원 등은 Fig. 3과 Table 2과 같다. 모니터링 장비 설치 위치는 Fig. 3에서와 같이 T

형 온도센서 8개, 유량계 2개를 설치하였고, 전력량계 1개를 열펌프에 설치하였다. 그리고 온도센서와 유량계로부터 신호를 레코더로 받아 저장하였다.

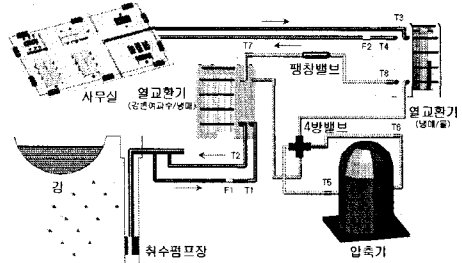


Fig. 3 온도센서 설치 개략도

Table 2 설치 위치별 장치명

	위치	번호	장비명	비고
수배관 입출구	지중열교환기 입구	T1	온도센서	
	지중열교환기 출구	T2	온도센서	
	부하측 출구	T3	온도센서	
	부하측 입구	T4	온도센서	
냉매 회로	압축기 입구	T5	온도센서	
	압축기 출구	T6	온도센서	
	증발기 입구	T7	온도센서	
	응축기 출구	T8		
유량계	지중수 순환	F1	터빈유량계	
	부하 순환	F2	터빈유량계	

Table 3 열펌프 시스템 규격

항목	단위	설계치
히트 펌프 형식	열원종류	지열원히트펌프
	열교환기	판형(Plate Type)
	압축기	스크롤(Scroll)
	크기	mm 900×300×500(H)이상
히트 펌프 능력	냉방 냉방능력	kcal/h 48,500(16USRT) 이상
	입력전원	kW 12.20이상
	난방 난방능력	kcal/h 65,500이상
	입력전원	kW 16.20이상
	3상/전압	ph.V 3ph/380V, 60Hz
냉매	종류	프레온가스(R-22)
	화학적분	CHCLF2

4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 8월 한달 동안 매일 오전 9시부터 오후 6시까지 측정을 수행하였으며, 열펌프의 냉방 운전 설정 온도는 7°C에서 13°C까지로 설정

하였다. 각 온도센서와 유량계의 신호를 레코더를 이용하여 10초 간격으로 저장하였다. 그리고 그 데이터의 정리는 8월 14일의 자료를 사용하였다.

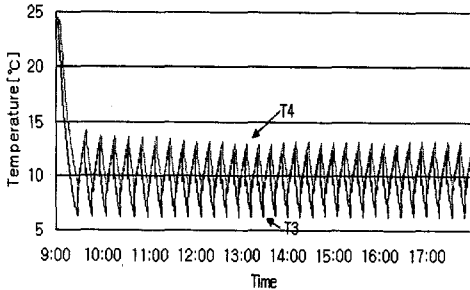


Fig. 4 부하측 입출구의 온도변화

Fig. 4는 부하측 입출구의 온도분포를 나타낸 것이다. Fig. 4에서 공급되는 냉매의 온도는 최하 7°C이고, 최대 13°C인 것을 알 수 있으며, 평균 온도차는 3°C정도 차이를 보였다.

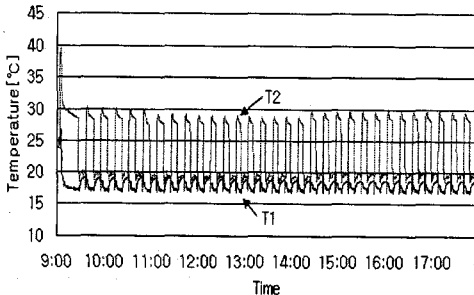


Fig. 5 강변여과수 원수와 귀환수의 온도변화

Fig. 5는 대산정수장 원수관에서 분기한 일부 원수가 열교환기에 공급되는 원수온도와 열교환을 끝낸 귀환수의 온도변화를 나타낸 것이다. Fig. 5에서 원수의 온도는 약 17°C에서 19°C 사이에 분포하며, 귀환수는 약 27°C에서 29°C 사이에 분포함을 알 수 있다. 귀환수의 큰 온도 변화는 열펌프의 작동에 따라 열교환 여부에 의하여 변화 하고, 그 온도의 폭은 약 10°C정도로 실내의 열에너지를 귀환수에 배출한 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 대산정수장의 관리 본관 410m²을 대상으로 지열원(강변여과수) 열펌프 시스템의 적용 시험 시설의 냉방적용에 대하여 8월 한 달 동안의 모니터링 결과 중 8월 14일 모니터링

결과를 나타냈으며, 이를 통해 냉방시스템의 성능을 알아보았다.

측정 결과 강변여과수의 온도변화는 17°C~19°C로 매우 우수하였으며, 약 7°C~13°C의 냉매를 FCU로 공급하여 냉방에 매우 좋은 성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 초기 투자비를 절감하고 운전비의 절약과 귀환수를 다시 정수하여 사용하므로 환경 영향을 최소화시킬 수 있으며, 경제적이라고 할 수 있다.

후 기

본 연구는 2005년도 에너지자원기술개발 사업의 일환으로 에너지관리공단에서 지원하고 한국 지질자원연구원에서 주관한, “강변여과수(층적층 및 하상)열 자원 활용기술”의 과제로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- [1] 남현규, 서정아, 김영일, 신영기, 2004, “지하수 열원 열펌프 시스템 개발을 위한 지하수 온도변화 특성 연구”, 대한설비공학회 2004년 동계학술발표대회 논문집, pp. 439-444
- [2] 김형수, 서민우, 정우성, 송운호, 2005, “강변여과수(층적층 및 하상) 열자원 활용 기술 개발”, 신재생에너지학회 2005 추계 학술발표대회 논문집, pp.591-594
- [3] 과학기술부, 한국수자원공사, 2004, “지속적인 지하수 개발 및 함양기술 개발, 수자원의 지속적 확보기술개발”, 1단계 최종보고서 (세부과제 3-4-1)
- [4] 한정상, 한혁상, 한찬, 2005, 지열펌프 냉난방 시스템, 도서출판 한림
- [5] 박성룡, 안영훈, 박준택, 라호상, 2002, “하천수 열원 열펌프시스템의 성능 분석”, 대한설비공학회 2002년 하계학술발표대회 논문집, pp. 420-428
- [6] 최병윤, 이상훈, 김준호, 이동원, 2004, “지열원을 이용한 수축열식 히트펌프 냉난방시스템의 실증연구”, 대한설비공학회 2004년 하계학술발표대회 논문집, pp. 442-448
- [7] 안영섭, 김진훈, 정우성, 김형수, 2006, “하천수 열원을 이용한 개발 가능한 에너지량 산정” 2006년 지하수토양학회 봄학술발표회, pp. 365-368