

제주지역 연구소 건물의 해수열원 냉난방시스템 적용 및 평가

The Application and Evaluation of Heating and Cooling System by Seawater Heat Source for Research Center Building in Jeju

박진영*† · 김삼열** · 장기창***

Park Jin-Young*, Kim Sam-Uel**† and Chang Ki-Chang***

(Submit date : 2013. 09. 24., Judgement date : 2013. 09. 30., Publication decide date : 2013. 12. 23.)

Abstract : Use of heat from seawater could be different from the weather conditions of a coastal city and seawater temperatures near the city. It will be a good option to use surface layer water with Heat Pump system for using seawater cooling/heating in Jeju. The study investigates the proper depth for seawater heat gain of Jeju area in Korea. Sampling points are 0, 10, 20, 30m from the surface of the Sea. Seawater temperature does not change significantly according to the depth in winter, while the temperature is quite different according to the depth in summer. In this study, it is analyzed to compare existing system and seawater heat source system for target buildings on Jeju. And this systems are calculated a initial cost.

Key Words : 해수열원(Seawater heat source), 냉난방시스템(Heating and cooling system), 히트펌프(Heat pump), 해양에너지(Ocean energy)

1. 서 론

전 세계적으로 화석연료의 고갈, 지구온난화로 인한 기후변화 등으로 인하여 신재생에너지 및 미활용에너지에 대한 관심이 커지고

있으며, 그에 대한 기술개발이 많이 이루어지고 있다. 개발되고 있는 다양한 에너지원 중에서 해양에너지는 그 보존량이 방대하고 조력, 파력, 온도차 에너지 등 다양한 방법으로 이용이 가능하다. 또한 미국, 일본 등의 선진국에

*† 박진영(교신저자) : 동의대학교 건축공학과
E-mail : icdie00@naver.com, Tel : 051-890-2443
**김삼열 : 동의대학교 건축설비공학과
***장기창 : 한국에너지기술연구원

*† Park Jin-Young(corresponding author) : Department of Architectural Engineering, DongEui University.
E-mail : icdie00@naver.com, Tel : 051-890-2443
**Kim SamUel : Department of Building System Engineering, DongEui University.
***Chang Ki-Changi : Korea Institute of Energy Research

서는 이미 해양에너지 기술을 개발하여 적용하고 있는 실정이다.

우리나라도 해양에너지 개발기술을 미래의 해양국가 유망기술로 분류하고 기술개발 투자를 지속적으로 확대해 나가고 있으나, 아직 산업화 단계에는 이르지 못하고 있으며 유럽에 비해 기술수준도 열위에 있다. 우리나라의 해양에너지 기술수준은 2007년 기준으로 선진국을 100으로 보았을 때 평균 73.3이며, 부문별로는 조력발전 73.8~81.7, 조류발전 71.7~78.8, 파력발전 65.0~76.7, 해수온도차발전 40.0~53.0 정도로 평가되고 있다. 정부는 해양과학기술 중장기계획(2009~2013)에서 15개 우수중점추진과제의 하나로 ‘해양에너지 실용화 및 고도화 기술개발’을 선정하고, 2013년까지 5년간 해양에너지 실용화를 위한 R&D에 약 3,600억을 투자할 예정이다.¹⁾

하지만 대부분의 연구가 해양에너지를 이용한 발전에 초점을 맞추고 있으며, 해양심층수나 해양표층수를 이용한 해양온도차에 의해 발생하는 열에 대한 연구는 부족한 실정이다. 해양심층수는 연평균 2~4℃의 저온 특성을 가지고 있고 해양표층수의 해수온도는 외기온도와 비교하여 여름에는 낮고 겨울에는 높은 특성을 가지고 있어 열교환을 통하여 건물이나 지역의 냉난방시스템에 활용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 제주도에 위치한 연구센터를 대상으로 인근 해역의 해수 온도를 분석하고 해수열원 히트펌프를 적용한 냉난방시스템 및 기존 냉난방시스템을 비교함으로써 해수열원 이용 냉난방시스템의 비용을 분석하고자 한다.

2. 제주지역 해수온도 분석

제주도 지역의 해수열원 냉난방시스템을 도입하기 위한 조건으로써 해수온도에 대한 분

석을 하였다. 수심별 해수온도를 알아보기 위하여 국립수산과학원의 정선측정자료를 토대로 최근 측정연도를 분석하였다.



Fig. 1 Measuring point of seawater temperature

측정지점은 제주도 주위의 7군데 측정지점 중 연안에서의 거리가 20km를 넘는 4지점을 제외한 3개의 지점을 대상으로 하였다. Fig. 1의 203-03, 204-06, 400-27 지점을 대상으로 2012년 수온측정 데이터를 수심 0, 10, 20, 30m로 구분하여 분석하였다.

수온을 분석한 결과 3개의 지점에서 수심별 온도 분포는 비슷하게 나타났다. 그 중 제주글로벌센터와 가장 가까운 위치에 있는 204-06 지점의 수온은 Fig. 2와 같이 나타났다.

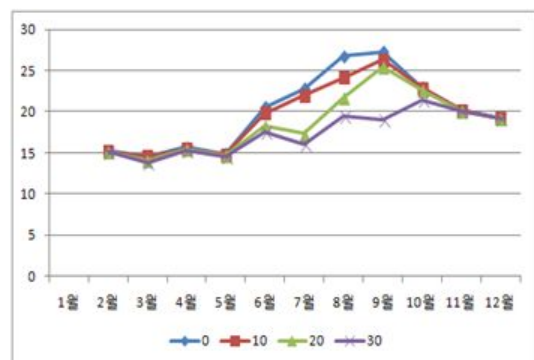


Fig. 2 Seawater temperature on 204-06

해수온도를 분석한 결과 제주도 지역에서는 심층수를 취수하기 어려워 표층수를 이용한 히트펌프 방식의 냉난방시스템을 적용하여야 한다. 또한 수심에 따른 차이를 분석한 결과 6~10월을 제외한 나머지 달에서는 수심에 따른 온도영향이 적은 것으로 나타났다.

수심별 온도 그래프를 분석한 결과 수심 30m일 때 계절에 따른 온도변화가 다른 수심에 비하여 적은 것을 알 수 있지만 수심이 깊어질수록 해안에서의 직선거리 및 수직거리가 멀어져 취수 배관 설치에 대한 초기투자비용이 올라가고 시공 상의 어려움이 존재한다. 이에 비용 및 시공 상의 문제를 고려하여 취수 깊이는 10m 이내로 하도록 한다.

3. 대상건물 개요 및 냉난방시스템

대상 건물은 제주도 제주시 구좌읍 김녕리에 위치한 신재생에너지 개발 및 실증단지로서, 연구동, 연구지원동, 특수실험동, 대형실험동 및 숙소동으로 이루어져 있다. 본 연구에서는 사람들이 거주하지 않는 실험동을 제외한 연구동, 연구지원동, 숙소동을 대상으로 해수 열원 냉난방시스템을 적용하고자 한다. 또한 연구센터는 바다와 인접하고 있어 해수를 취수하기 좋은 조건을 가지고 있다.

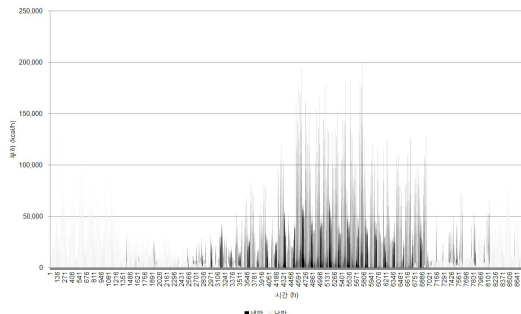


Fig. 3 Annual heating and cooling loads

또한 동적 열부하해석 해석 프로그램인 TRANSYS를 사용하여 대상 건물의 연간 냉난방 부하량을 분석하였다. 건물 도면을 통하여 각 건물의 층별 공조 및 비공조 존을 나누었으며, 제주도 기후 및 시뮬레이션에 필요한 입력조건을 설정하여 Fig. 3과 같은 연간 냉난방부하를 도출하였다.

3.1 기존 냉난방 시스템

제주글로벌연구센터에 대한 설계도서 및 도면을 바탕으로 기존 냉난방 시스템을 분석하였다. 열원시스템은 EHP(전기히트펌프)를 사용하였으며, 연구동의 냉난방시스템 설비는 Table 1, 연구지원동의 시스템은 Table 2, 숙소동은 Table 3과 같다.

Table. 1 System for research building

Equipment	Cooling/Heating capacity (kcal/h)	EA
Indoor unit (H/P)	5,160/5,850	1
	7,140/8,000	7
	9,460/11,010	13
	12,470/14,020	8
	2,750/3,100	2
	3,440/3,870	1
Outdoor unit (H/P)	4,470/5,160	2
Outdoor unit (H/P)	92/106 (kW)	4

Table. 2 System for research support building

Equipment	Cooling/Heating capacity (kcal/h)	EA
Indoor unit (Multi type)	6,190/6,970	1
	7,140/8,000	1
	9,460/11,010	8
	12,470/14,020	11
Indoor unit (Duct type)	12,470/14,020	6
Outdoor unit (H/P)	46/53 (kW)	2
	92/106 (kW)	3

Table. 3 System for accommodation building

Equipment	Cooling/Heating capacity (kcal/h)	EA
Indoor unit (Multi type)	5,160/5,850	1
	2,750/3,100	2
	3,440/3,870	17
	4,470/5,120	2
Outdoor unit (H/P)	98.6/110.9 (kW)	1

3.2 해수열원 냉난방 시스템

해수열원 지역냉난방 시스템은 크게 해수취수 시설, 열교환시설, 열사용시설로 구분할 수 있다.

해수취수시설에서는 연구센터 전면의 해변의 해수를 취수하며, 진공자압식 해수취수펌프를 통하여 해수를 끌어올려 열교환시설로 공급한다.

또한 취수배관은 해수로 인한 부식 문제로 인하여 다양한 배관을 사용할 수 없으며, 일부 배관을 적용하고 있다. 일반적으로 콘크리트관, PE관, HDPE관, FRP관을 많이 사용하고 있다. 에너지관리공단 신재생에너지센터에서 발표한 2013년 에너지원별 시공기준 중 해수 온도차에너지 이용설비 시공기준에서 취수 및 배수배관의 재질은 해수에 부식되지 않는 재질이어야 하며, HDPE 또는 스테인리스 이상의 재질을 사용해야 한다고 명시하였다. 이에 본 연구에서는 세계적으로 가장 보편적으로 사용되는 취수배관인 폴리에틸렌 재질의 HDPE관을 해수 취수배관으로 선정하였다.

열교환을 위해서 수열원 히트펌프를 적용하였다. 수열원 히트펌프의 적용은 히트펌프에서 생산된 냉난방열을 이용하여 축열조에 열을 저장하고 이를 활용하여 건물 또는 지역의 냉난방을 실시한다. 해수를 열원으로 할 경우 냉방 시에는 히트펌프가 축열조로부터 흡열을 실시하여 바다로 열을 방출하고 난방 시에는

해수가 히트펌프의 열원이 되어 축열조에 난방열을 제공한다.

본 연구에서는 해수로 인한 히트펌프의 부식을 방지하기 위하여 티타늄 열교환기를 통하여 1차 열교환 후 150RT급 히트펌프에 공급한다. 열의 안정적인 공급을 위하여 축열조를 설치하여 열수요처로 공급하도록 한다.

4. 시스템별 경제성 분석

본 연구에서는 연구소 건물의 해수열원 적용방안에 대한 평가를 위하여 기존 시스템 및 해수열원 냉난방시스템을 비교하여 경제성을 평가하였다. 평가는 두 가지의 대안을 대상으로 경제성 평가에 필요한 기본 조건들을 설정하고 초기투자비용, 유지관리비용 및 기타비용을 산출하여 경제성을 분석하였다.

초기투자비용은 대상건물의 설계 도서 및 해수열원 적용방안을 통하여 냉난방시스템을 분석하여 산정하였다. 각 시스템에 따른 펌프, 배관 및 팬코일유닛 등의 설비에 대한 비용은 한국물가정보의 자료를 기초로 하여 산정하였다.

Table. 4 Initial cost for each system (unit : won)

	EHP	Seawater
Equipment	289,835,000	343,500,000
Seawater intake system	-	262,500,000
Total	289,835,000	606,000,000

초기투자비용을 분석한 결과 Table. 4와 같이 기존 시스템에 비하여 해수열원 시스템이 약 2배 더 많은 비용이 소모되는 것으로 나타났다. 이는 해수 부식 방지를 위한 열원시스템의 재료가 고가이며, 해수 취수에 따른 공사비의 증가로 인한 것으로 사료된다.

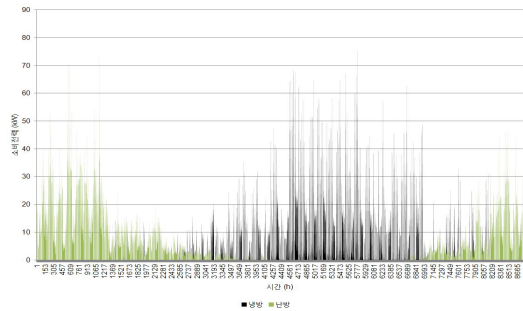


Fig. 4 Annual power consumption for EHP system

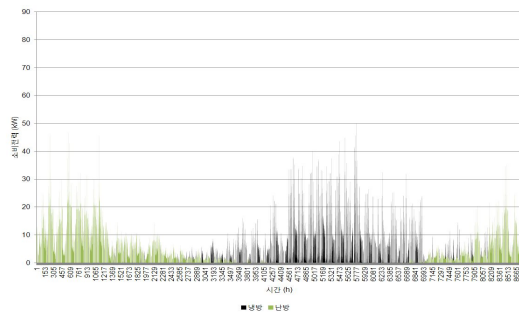


Fig. 5 Annual power consumption for seater system

Fig. 4는 기존 시스템인 EHP 시스템의 연간 전기사용량이며, Fig. 5는 해수열원 시스템의 연간 전기사용량을 나타낸 것이다.

Table. 5와 같이 각 시스템별 소비전력에 따른 에너지비용을 분석한 결과 해수열원 시스템의 연간 전기사용량은 EHP 시스템과 비교하여 23,780 kW가 절감되며, 전기요금은 3,043 천원이 절약된다.

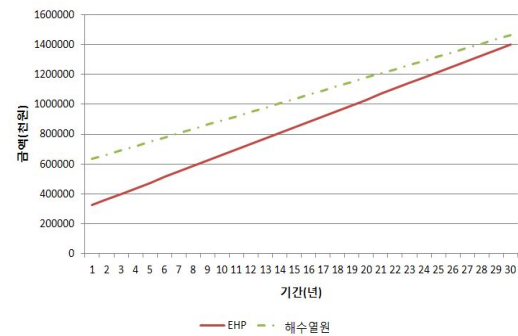


Fig. 6 Analysis of payback period

또한 에너지비용을 산출하기 위하여 각 시스템별 연간 에너지 소모량을 분석하였다.

LCC 30년을 분석한 결과 해수열원 히트펌프 시스템은 EHP 시스템과 비교하여 경제성

Table. 5 Energy cost for each system (unit : won)

Month	① Unit price (won/kW)	EHP system		Seawater system	
		③ Usage (kW)	④ Price (won)	③ Usage (kW)	④ Price (won)
1	105.1	8,618	2,246,084	5,619	1,911,799
2	105.1	7,534	2,132,157	4,995	1,846,259
3	77.1	3,826	1,742,488	2,599	1,521,642
4	77.1	2,419	1,594,598	1,558	1,441,381
5	77.1	2,421	1,594,788	1,227	1,415,836
6	77.1	3,641	1,722,959	1,797	1,459,822
7	106.9	7,114	2,087,978	4,126	1,762,329
8	106.9	7,329	2,110,638	4,945	1,849,892
9	77.1	4,468	1,809,901	2,644	1,525,072
10	77.1	3,830	1,742,807	2,034	1,478,047
11	105.1	3,583	1,716,943	2,022	1,533,750
12	105.1	6,774	2,052,275	4,212	1,763,908
Total		61,558	22,553,617	37,778	19,509,736

①② Unit price & Minimum fare : KEPCO / Normal / High voltage A / Option 2 / Medium load

② Minimum fare : EHP - 1,340,325won / Seawater - 1,321,247won

④ Price/Month : ①Unit price × ③Usage + ②Minimum fare

이 없는 것으로 나타났다. 이는 에너지 사용량 및 금액은 절감되지만 해수 취수 및 열원 장비의 높은 가격으로 인한 초기투자비용의 차이로 인한 것으로 사료된다.

5. 결 론

해수를 열원으로 하는 냉난방시스템의 적용 방안을 알아보기 위하여 제주도에 위치한 연구센터를 대상으로 해수열원 냉난방시스템을 적용방안 및 경제성 분석을 하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 대상 지역 인근의 해수온도를 분석한 결과, 대상 건물에는 표층수를 열원으로 온도차에너지를 적용한 히트펌프 냉난방시스템이 적합하며, 여름철을 제외한 계절에는 수심에 따른 온도변화가 적어 취수비용을 고려하여 10m 이내의 지점에서 취수하는 것으로 하였다.
- (2) 대상 건물의 냉난방 부하를 분석하여 해수열원 냉난방시스템의 적용방안을 선정하였으며, 이를 기존에 설치되어 있던 냉난방시스템과 비교하였다.
- (3) 각 시스템별 초기투자비용을 산정한 결과 해수열원 시스템이 기존 EHP 시스템에 비하여 약 2배 더 높은 것으로 나타났으며, 이는 해수취수설비에 대한 공사비 및 고가의 해수용 설비로 인한 것으로 사료된다.
- (4) 각 시스템별 에너지비용을 분석한 결과 해수열원 시스템의 연간 전기사용량은 EHP 시스템과 비교하여 23,780 kW가 절감되며, 전기요금은 3,043 천원이 절약되는 것으로 나타났다.
- (5) LCC 30년 분석 결과 해수열원 시스템은 EHP 시스템과 비교하여 경제성이 없는 것으로 나타났으며, 이는 높은 초기투자

비용으로 인한 것으로 사료된다.

해수열원 냉난방시스템의 적용을 통한 경제성을 분석한 결과 경제성이 없는 것으로 나타났지만, “대체에너지개발 및 이용보급 촉진법”에 따라 국가가 사업비의 일정부분을 지원할 경우 경제성이 높아질 것으로 사료된다. 또한 매년 에너지비용이 상승하는 것을 고려한다면 해수열원 냉난방시스템의 경제적 가치가 더욱 상승할 것이다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 주요사업으로 수행한 결과입니다(B3-2431-06). 또한 본 연구는 국토해양부가 지원하는 “해양심층수의 에너지이용기술 개발” 성과 중 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Hwang, K.Y. et al., A Study of Policy Measures for Commercializing Marine Energy in Korea, Korea Maritime Institute, 2010
2. www.kpi.or.kr (Korea Price Information)
3. Hong, H.K. et al., Air-Conditioning System by Heat Pump, Sungandang, 2002
4. Park, H. C., et al., Building Energy Demand Models for Offices in Korea, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 29, No. 5, 2009
5. Park, H. C., et al., Development of Energy Demand Models for Hospitals, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 11, 2009
6. Lee S. J., Study of the Energy Consumption Survey and Energy Intensity Analysis of the University Campus, Master's thesis, Changwon University, 2013