

해수열이용 현황 및 부산롯데마트 해수열공급 계획

본 고에서는 해수열이용 현황과 함께 국내에서 최초로 대규모 해수열이용사업인 부산롯데마트에서의 해수열 이용 냉난방 열공급계획에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

해수열에너지 특성

해수가 갖는 열에너지의 특성은 자연에너지로서 그림 1~2에 나타난 바와 같이 온도의 계절 간, 일간 변동이 적고 동결온도가 -1.9°C 로 낮아 저온까지 열이용이 가능하며, 여름은 대기보다 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 낮고 겨울은 대기보다 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 높은 온도차에너지의 특성을 가지고 있어 열펌프의 열원으로서 아주 우수하다. 해수열원 열펌프는 그림 3에 나타난 바와 같이 하나의 시스템으로 겨울철 난방 시에는 응축기의 배열, 여름철 냉방 시는 증발기의 냉열을 이용하여 냉난방 할 수 있는 열원기기이다.

여름철 해수는 주위 공기보다 차고, 겨울철에는 따뜻하다. 이러한 해수의 온도차에 의한 특성(표 1)으로 해수열원 열펌프의 COP는 공기열원 열펌프보다 높다. 또한, 해수 열에너지는 일반적으로 그 부존량이 무한하다고 볼 수 있다. 따라서 해수열에너지는 전술한 바와 같이 냉난방, 급탕열원으로서 우수한 장점을 가지고 있으므로, 우리나라처럼 삼면이 바다를 접하고 있는 환경에서 해안의 인구밀집 도시 등에서의 이용 가능성은 매우 크다고 볼 수 있다. 해수의 부존량은 거의 무한하며,

박준택

한국에너지기술연구원

연구자문위원

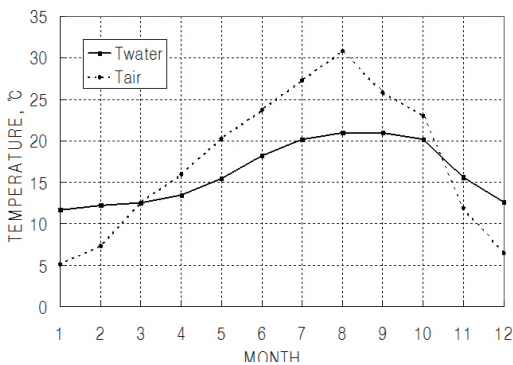
jtspark2014@daum.net

국내 7개 해안도시에서의 해수 열에너지 부존량은 표 2에 나타난 바와 같이 27,160 Tcal/년 정도이다. 이는 해안선 1 km당 약 5,000여 세대의 아파트를 난방할 수 있는 막대한 열량에 해당된다.

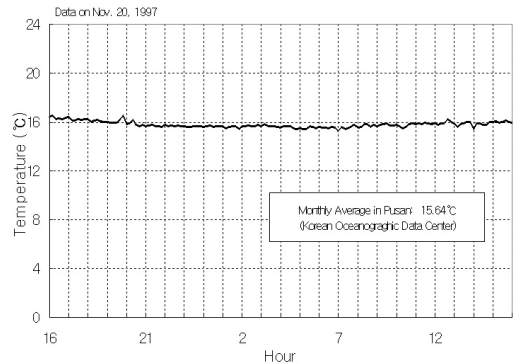
국내 이용현황

우리나라는 삼면이 바다이며 해안선을 따라 도시가 형성되고, 해안 주변에 많은 건물이 분포

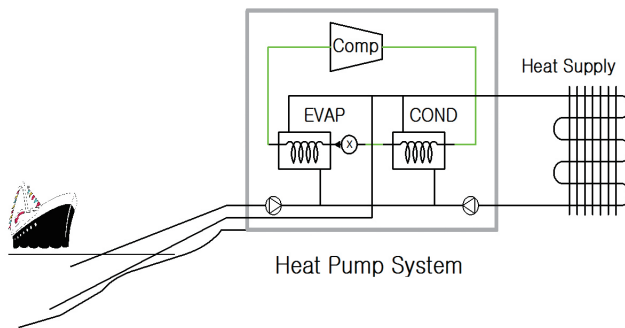
하고 있다. 해수는 무한한 양을 가지고 있음에도 불구하고 국내에는 아직까지 소규모로 이용할 뿐 대규모 해수열이용 냉난방시스템은 보급되고 있지 않다. 이는 보다 경제성을 갖는 시스템 기술 개발이 이루어지지 않았으며, 아직 해수를 에너지로 활용할 수 있는 주변 여건이 활성화되어 있지 않기 때문이다. 그러나 일부 양식장에서는 해수를 에너지원으로 활용하는 기술이 보급되어 있고, 목욕탕의 해수를 가온하기 위하여 열펌프를



[그림 1] 부산의 월별 해수온도와 대기온도 비교



[그림 2] 부산지역 해수온도의 일중변화



[그림 3] 해수열원 열펌프 개념도

<표 1> 해수 열에너지의 특징

열원	매체	이용방법	용도	특징
해수가 갖는 열	저온수 30°C이하	열펌프열원, 냉각수 등 이용으로 냉온열제조	냉방 난방 급탕	<ul style="list-style-type: none"> 계절에 따른 온도변화가 적다 열원으로서 언제나 이용가능 여름은 대기보다 차갑고 겨울은 대기보다 따뜻하다 부존량이 거의 무한 문제점: 어업권등 규제, 해양환경에 미치는 영향, 기기의 부식, 미생물 방지책 필요

〈표 2〉 국내 7개 해안도시에서의 해수열에너지 부존량

지역	해수열에너지 부존량 (Tcal/mon)
인천광역시(영종도 포함)	487
부산광역시(가덕도 포함)	488
울산광역시	410
강릉시	136
군산시	199
목포시	301
서귀포시	242

적용한 사례가 있기는 하지만 소수에 불과하다. 그러나 최근에는 해수열에너지를 이용한 건물의 냉난방 및 지역열공급에 대한 관심이 고조되고 있으며, 현재까지 국내에 적용된 사례를 보면 표 3과 같다.

해외 이용현황

해외에서의 해수열이용 열공급 사례를 보면 표 4와 같다. 홍콩에서는 1950년대 중반부터 냉

동기나 열펌프의 냉각수로 사용하여 왔으며, 스웨덴, 노르웨이, 핀란드 등 북유럽에서는 지리적으로 추운 지역이어서 주로 지역난방용으로 사용되고 있다. 스웨덴에서는 용량이 1 MW 이상급인 열펌프플랜트의 약 30% 정도가 해수열원 열펌프이며, 1.5~2℃의 해수로 70~83℃에의 승온으로 사용하고 있다. 용량으로는 대용량(수백 마력 이상)이 많고, 압축기로 초대형(10 MW 이상)에 다단터보형, 중형에 스크류식을 사용하고 있다. 노르웨이 해안에는 멕시코 난류의 영향으로 난방기간에 4~7℃의 해수온도가 얻어진다. 이 해수를 열원으로 약 15 km²에 달하는 지역의 난방에 해수열원 열펌프를 사용하고 있고, 시스템 COP가 3.2 정도의 좋은 결과를 보였다.

일본에서는 지역냉난방에 적용할 수 있는 해수열원 열펌프의 개발이 70년대부터 활발히 진행되어 왔으며, 해수이용사례를 보면 일본의 후쿠오카 Seaside Momochi지구 열공급플랜트(93년도 공급개시, 43.5 ha 공급대상)이며, 플랜트 내에는 직접방식의 해수열원 열펌프(3,000 RT×3대)가 설치되어 있다. 또 하나는 오사카 남향 Cosmo

〈표 3〉 국내 해수열이용현황

	시설명	소재지	시설제원	열이용처	준공연도	비고
1	해수열 이용양식장	전남 여수	· 난방 716 Mcal/h /냉방 50 RT · 냉수 16.6℃/온수 18.7℃ · COP 난방 6.2/냉방 6.2	양식장	2002	
2	금강산콘도	강원 고성	40 RT×2대	콘도 냉난방	2005	
3	강원대 삼척캠퍼스 해양관광레저 스포츠센터	강원 삼척	· 난방 80 Mcal/h/냉방 30 RT · COP 난방 3(60℃온수생산시)	스포츠센터 건물냉난방	2008	
4	해양심층수이용 탠덤 히트펌프	강원 고성	난방 210 KW 냉방 60 RT	해양과학기술원 심층수연구센터 건물냉난방	2011	해양심층수 에너지 이용기술 개발
5	여수엑스포 주제관	전남 여수	난방 800 KW 냉방 230 RT	여수엑스포 주제관	2012	
6	해수열원이용 지역 열공급 시스템	제주 김녕	난방 70 KW 냉방 20 RT	JGRC 건물냉난방	2012	해수열원이용 지역열공급 시스템 개발

〈표 4〉 해외에서의 해수열이용 열공급 사례

국명	가동시기	열공급규모	온수온도(℃)	이용대상	열펌프 용량
스웨덴 스톡홀름, Lidingo	1982.12	11 MW+3 MW	55 ~ 80	지역난방	3,800 KW+670 KW
스톡홀름 Ropsten		344,000 Gcal/yr	85	"	100 MW
Visby	1983.2		80		11 MW
노르웨이 Harstad	1982.11	200 KW	45	오피스빌딩난방	120 KW
홍콩	1956			시청난방	66 KW
프랑스 Havre		969 KW		회의장난방	120 HP×2
일본 후쿠오카 Seaside Momochi	1993.4	냉수: 76 Gcal/h 온수: 58 Gcal/h	47	스포츠시설, 오피스빌딩 호텔, 공공시설	9MW×3
大阪南港 Cosmo Square	1994.4	냉수: 71 Gcal/h 온수: 49 Gcal/h	47	오피스빌딩, 상업시설, 호텔	
高松市Sunport高松地區	2001.4			오피스빌딩, 호텔	400 RT×2 800 RT×2

Square지구 열공급플랜트(94년 공급개시, 21 ha 공급대상)이며 간접방식의 해수열원 열펌프를 채용하고 있다.

부산롯데마트 해수열공급 계획

사업 개요

본 해수열이용 냉난방 시스템 도입 사업은 신재생에너지인 해수열원 열펌프 시스템 도입으로 에너지비용 절감 및 환경개선에 기여, 하절기 냉방을 위한 해수냉각 시스템 도입으로 냉각탑 800평 타용도 활용 가능, 국내 최초로 상업용 대형건물에 해양에너지 이용 냉난방 시스템 도입으로 보급 활성화에 기여 등을 목적으로 도입되었다. 사업기간은 2012. 6 ~ 2014. 8 (2년 2월)이며, 총 투자비 : 10,766 백만 원 (V.A.T 별도)이다. 사업 위치는 부산시 중구 중앙동 7가(부산 롯데타운 내 마트 동)이다.

사업 추진경위를 보면, 에너지관리기술(주)에 용역 의뢰(용역기간 : 2010. 7. 27 ~ 2011. 4. 30) 하여 부산 롯데타운마트 및 타워 동 해수열 시스템 기본설계 용역, 타당성 결과 보고를 하였다. 부산시 중구청으로부터 해수 취·배수관 설치공사 허가 승인을 2013. 1. 31에 하였으며, 부산지방해양항만청으로부터 공유수면 점용사용 허가 승인을 2013. 3. 11, 실시계획승인을 2013. 4. 17에 득하였다(그림 4).



[그림 4] 사업 위치도

건물 개요

해수열이용 냉난방시스템 도입 대상 건물인 부산롯데타운 마트 동은 연면적 61,775 m², 층수는 지하 8층, 지상 12층이다. 건물 냉난방 부하는 표 5와 같이 냉방 10,351 Gcal/년, 난방 4,869 Gcal/년이며, 단지 배치도는 그림 5와 같다. 해수열 활용 입지여건은 표 6에서와 같으며, 취수이격 거리는 9m로 단거리 내 취수 가능하다.

시스템 개요

해수는 열펌프의 열원으로 냉/난방 및 급탕에 활용하며, 냉동기의 해수 냉각으로도 이용하는 시스템으로 되어 있다(그림 6). 취수된 해수는 펌프 → 필터 → 해수열교환기를 거쳐 배수되며, 기존방식 대비 해수열원 열펌프 방식을 비교하면 표 7과 같다. 열펌프 시스템 운용모드는 표 8과 같이 동절기에는 해수를 열원으로 난방하고 하절기에는 해수냉각, 기타 계절에는 냉,온수 동시모드

로 운전된다.

취·배수구는 기존호안 제거 후 신설 구조물을 설치하여 전면에 취수하고, 집수정을 통해 차집된 유량을 영도대교 측으로 관부설하여 호안 전면으로 배수하는 공법을 사용했으며, 취·배수구의 계획위치 및 구조형식은 표 9와 같다. 그림 7에는 취·배수구 평면 배치도, 그림 8에는 해수이용 냉난방시스템 다이어그램, 그림 9에는 해수관로 및 취·배수구 배치도를 각각 나타내었다.

해수이용 냉난방시스템 주요설비 규격은 표 10에 나타난 바와 같이 해수열원 열펌프는 난방 60℃, 냉방 7℃를 생산하여 공급하며 냉매는 R-134a를 사용하였다. 해수열교환기는 관형으로 티타늄재를 사용하였다.

에너지절약 효과

기존방식 대비 해수열원 열펌프 방식의 에너지

〈표 5〉 건물 개요

소재지	부산시 중구 중앙동 7가(부산롯데타운내마트동)			
건축물 명칭	부산 롯데타운 마트동			
건물면적	연면적	61,775 m ²	층수	지상 12층, 지하 8층
건물냉난방부하	냉방	10,351 Gcal/년	난방	4,869 Gcal/년
건축기간	2010.8~2014.8		설계	SOM



[그림 5] 건물 단지 배치도

〈표 6〉 해수열 활용 입지여건

구분	입지여건 조사결과
취수이격거리	9m로단거리내취수가능(수심4~5m)
해수온도	하절기20.7℃/동절기12.7℃ (국립해양조사원)
설계파랑 및 조류속	만내풍파1.0m, 조류속1.0m/sec로 취배수의 영향미미
지장물 및 기존항로	잔교(해안도로)하부시공 및 항로간섭 배제가능

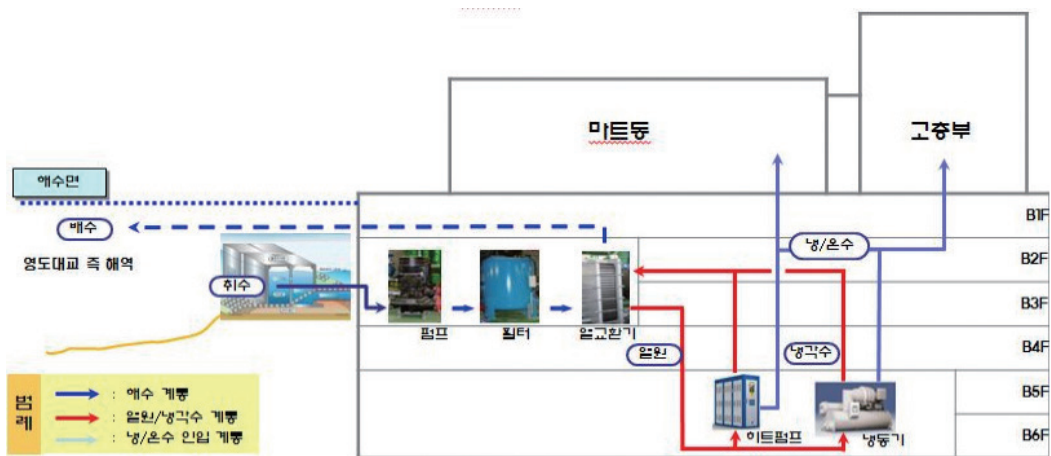
지질감률은 54%이고 투자비 회수기간은 약 9년으로 산출되었다(그림 10).

결언

우리나라의 가정 및 상업부문 에너지소비량 중 약 82%가 냉난방, 급탕 열로 소비되고 있으며, 국민 생활의 쾌적성 지향에 따라 금후 냉난방, 급

탕 열수요가 급증할 것으로 전망되고 있다. 가정 및 상업용 냉난방, 급탕 열수요는 지속적으로 증가될 전망이다 반면, 기존의 에너지 공급원이 환경 문제로 인하여 그 지속적인 증가에 문제점을 가지고 있는 국제적인 상황에서 미활용에너지의 이용 확대는 매우 바람직한 대체에너지 전략이라고 볼 수 있다.

미활용에너지 중 해수 열에너지는 냉난방, 급탕열원으로서 우수한 장점을 가지고 있다. 우리나라처럼 삼면이 바다를 접하고 있는 환경에서 해안의 인구밀집 도시 등에서의 이용 가능성은 매우 크다고 볼 수 있다. 해수 열에너지를 열펌프의 열원으로 이용하여 대규모 지역열공급사업용 열원 외에도 공장, 사업장 등의 열원, 자가소비용 냉난방, 급탕열원, 온실 재배, 수산양식 등 산업용 열원, 도로용설용 열원 등 다양한 용도로 그 활용



〔그림 6〕 해수이용 냉난방시스템 설치 개략도

〈표 7〉 기존방식 대비 해수열원방식 비교

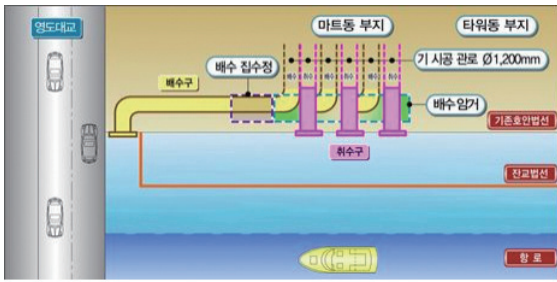
구분	기존방식		해수열원방식	
난방, 급탕	흡수식냉온수기+보일러	10t/h	열펌프(난방) : 5.12 Gcal/h	10t/h
냉방	흡수식냉온수기+터보냉동기	1,587 RT	열펌프(냉방) : 794 RT×2대	1,588 RT
냉각	냉각탑	6,392 CRT	해수열교환기	6,340 CRT

〈표 8〉 열펌프 시스템 운용모드

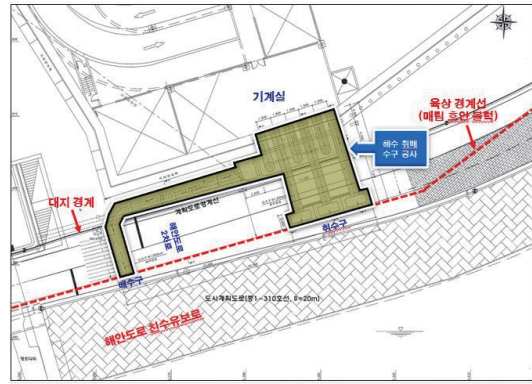
동절기	하절기	기타 계절
난방모드(해수열원)	냉방모드(해수냉각)	온수+냉수 동시모드

〈표 9〉 취·배수구 계획위치 및 구조형식

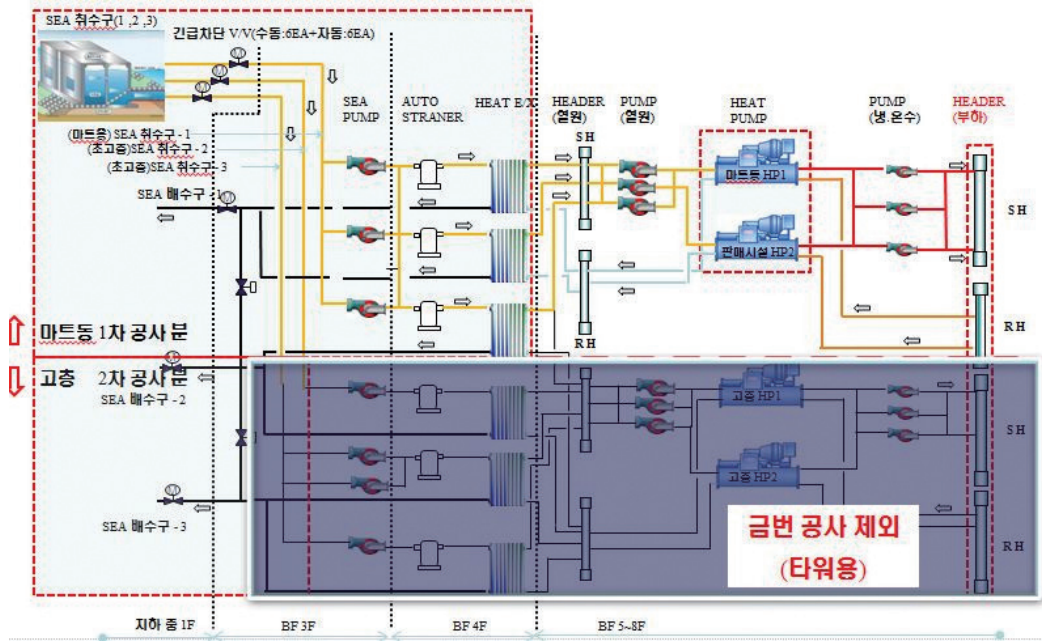
구분	취수구	배수구
계획위치	호안전면 증충배수	영도대교측 호안전면 증충배수
구조형식	취수블록 + 관부설	관부설+배수박스+배수집수증



[그림 7] 취·배수구 평면 배치도



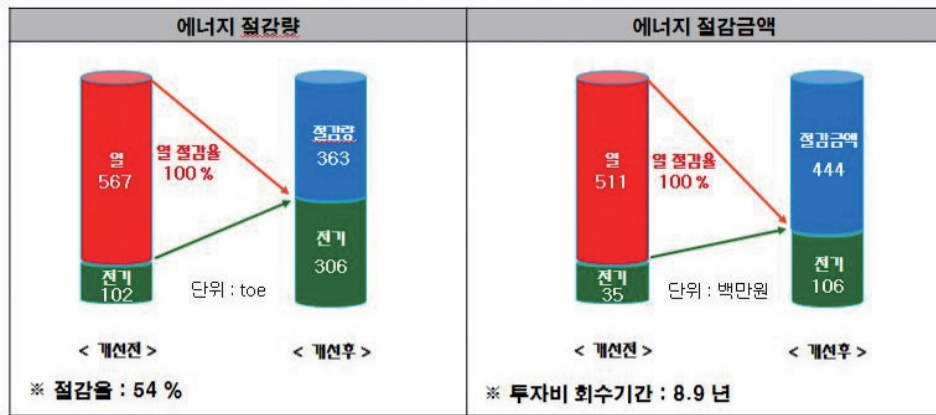
[그림 9] 해수관로 및 취·배수구



[그림 8] 해수이용 냉난방시스템 다이어그램

(표 10) 해수이용 냉난방시스템 주요설비규격

설비명		단위	규격 또는 기준	비고	
해수열원 열펌프	용량	난방	Gcal/h	2.56	2대
		냉방	RT	794	
	생산온도	난방	℃	60	
		냉방	℃	7	
	소비전력(난방/냉방)		kW	987.7/520.6	
사용냉매		-	R-134a		
해수열교환기	용량	Gcal/h	10.14	3대	
	Type	-	Plate(판형)		
	재질	-	Titanium		
해수펌프	형식	-	양흡입(접액부 All SUS)	3대	
	용량	kW	310 (34,600 lpm)		
자동스트레이너	형식	-	자동역세타입	3대	
	용량	m ³ /h	2,050		
이산화염소 주입설비	형식	-	자동농도조절 타임		



[그림 10] 기존방식 대비 에너지절감량 및 절감금액비교

이 기대되고 있다. 따라서 앞으로 우리나라도 열 공급부문에서의 에너지이용 효율화를 도모하기 위해서는 해수 열에너지를 이용한 열공급시스템의 보급이 절실히 요구되고 있다.

참고문헌

1. (社)日本熱供給事業協會, 未利用エネルギー-活

用地域熱供給事業事例集, 2002

2. 방광현, 박준택, 1998, 해수열에너지 부존량에 관한 연구, 공기조화·냉동공학회 하계학술대회 논문집.

3. 박준택, 2002, 해수열에너지를 이용한 지역열 공급시스템, 설비, 19(3)87-92.

4. 박준택, 2002, 해수를 이용한 지역냉난방 열공급기술, ETIS분석지, 제18권, pp.44-54. 