

해수이용 냉난방시스템의 현황과 과제

박준택*, 장기창**

*한국에너지기술연구원, **미활용에너지 지열연구센터 책임연구원

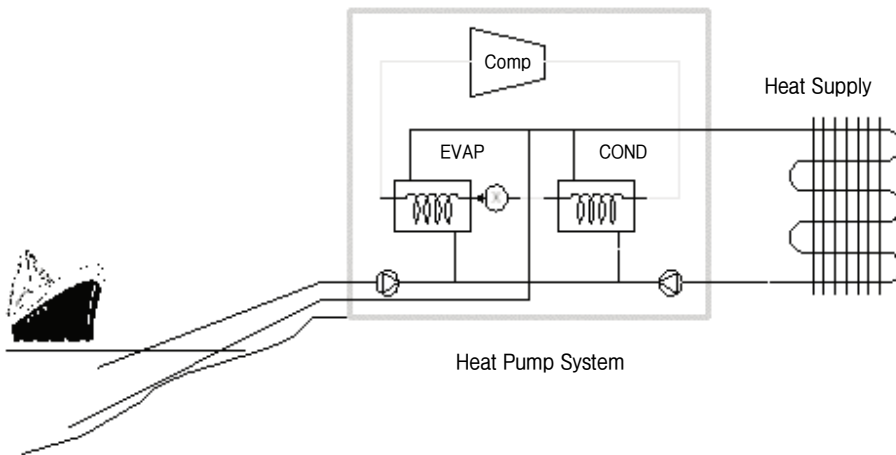
1. 서론

해수는 동결온도가 -1.9°C 로 낮기 때문에 하천수보다 저온까지 열이용이 가능하다. 또한 수온의 계절변화가 하천수에 비해 작다는 점 등에서 히트펌프의 열원으로 우수하다. 해수열원 히트펌프는 그림 1에 나타낸 바와 같이 하나의 시스템으로 겨울철 난방시에는 응축기의 배열, 여름철 냉방시에는 증발기의 냉열을 이용하여 냉난방할 수 있는 열원기기이다.

여름철 해수는 주위 공기보다 차고, 겨울철에는 따뜻하다. 이러한 해수의 온도차에 의한 특성으로

해수열원 히트펌프의 COP는 공기열원 히트펌프보다 높다. 또한 해수 열에너지는 일반적으로 그 부존량이 무한하다고 볼 수 있다. 따라서 해수 열에너지는 전술한 바와 같이 냉난방, 급탕열원으로서 우수한 장점을 가지고 있으므로 우리나라처럼 3면이 바다를 접하고 있는 환경에서 해안의 인구밀집 도시 등에서의 이용가능성은 매우 크다고 볼 수 있다.

따라서 이러한 장점을 가지고 있는 해수 열에너지를 향후 냉난방시스템에 활용하고자 열원으로서의 해수열에너지 특성, 국외의 해수열원 히트펌프를 이용한 열공급시스템 도입사례, 해수열에너지의 이용상 과제 등에 대해 조사, 검토한 결과를 소개하고자 한다.



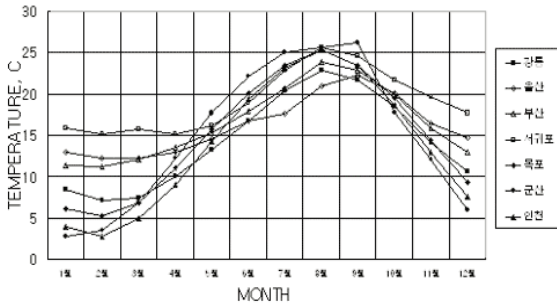
[그림 1] 해수열원 히트펌프 개념도

<표 1> 해수 열에너지의 특징

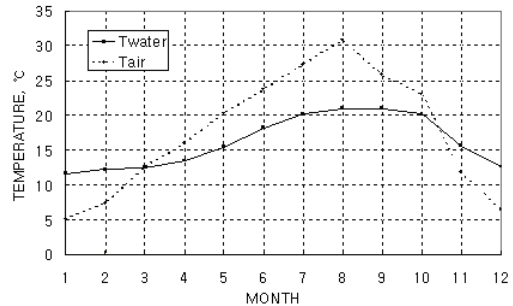
열원	매체	이용방법	용도	특징
해수가 갖는 열	저온수 30℃이하	히트펌프열원, 냉각수 등 이용으로 냉온열제조	냉방 난방 급탕	<ul style="list-style-type: none"> 계절에 따른 온도변화가 적다 열원으로서 언제나 이용가능 여름은 대기보다 차갑고 겨울은 대기보다 따뜻하다 부존량이 거의 무한 문제점 : 어업권 등 규제, 해양환경에 미치는 영향, 기기의 부식, 미생물 방지책 필요

<표 2> 냉난방기간 월 평균 해수온도

지역	기간	냉방기간 월평균해수온도(℃)				난방기간 월평균해수온도(℃)			
		6월	7월	8월	9월	12월	1월	2월	3월
인천		19.4	23.2	25.4	23.4	7.6	4.0	2.8	5.0
부산		17.9	20.7	23.9	22.9	13.0	11.3	11.2	12.0
울산		16.7	17.6	21.0	22.3	14.7	12.9	12.2	12.3
강릉		16.8	20.4	22.8	21.7	10.6	8.4	7.1	7.5
군산		22.2	25.1	25.6	26.2	6.0	2.8	3.5	6.8
목포		20.1	23.4	25.3	23.5	9.4	6.2	5.2	6.9
서귀포		18.9	22.8	25.7	24.6	17.7	15.9	15.1	5.7



[그림 2] 월평균 해수온도 변화



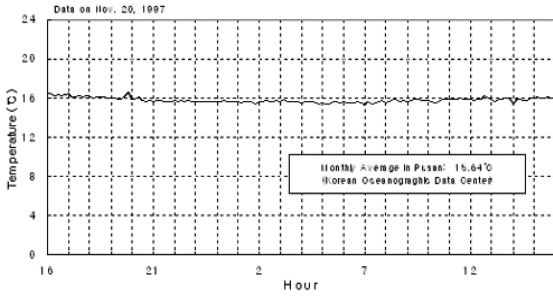
[그림 3] 부산의 경우 월별 해수온도와 대기온도 비교

2. 해수열에너지의 부존량 및 이용시스템

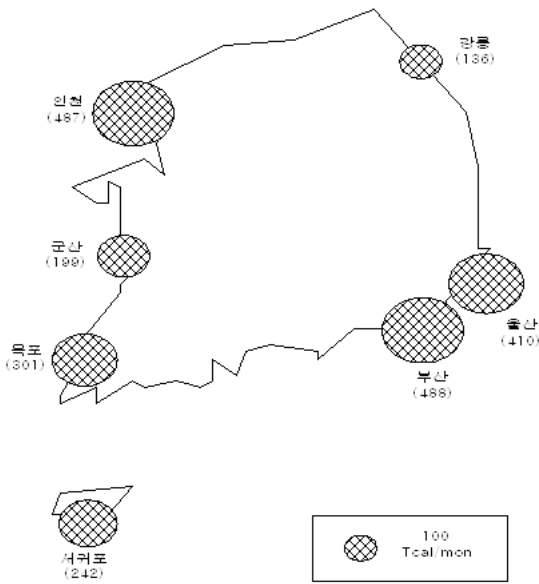
2.1 수온 및 부존열량

우리나라 주요 지역별 월평균 해수면 온도분포는 그림 2와 같다. 겨울철 1월의 경우 서귀포가 15.9℃로 가장 높으며, 특히 군산이 2.8℃로 가장 낮은 특징을 보였다. 여름철 8월의 경우 서귀포가 25.7℃로 가장 높으며 울산이 21.0℃로 가장 낮

았다. 일반적으로 여름철에는 해수온도가 50C 이내로 차이를 보이지만 겨울철에는 10℃ 이상의 차이를 보이고 있다. 그리고 냉난방 기간 각 4개월에 해당하는 월평균 온도를 표 2에 표시하였다. 또한 부산의 경우에 대해 월별 해수온도와 대기온도를 그림 3에 비교해보았다. 부산의 경우 해수온도가 대기온도보다 1월에 7℃ 정도 높고, 8월에 10℃ 정도 낮다. 한편, 일중 해수온도 변화는



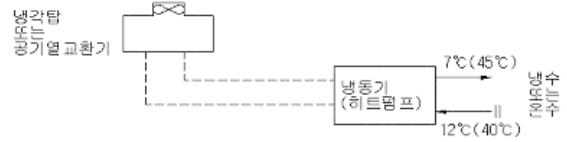
[그림 4] 부산지역 해수온도의 일중 변화 측정자료



[그림 5] 해수 열에너지 지역별 부존량 · 분포

그림 4와 같으며, 일중내내 0.5°C이었다. 이러한 특성은 특히 히트펌프의 안정적 운전에는 좋은 조건을 보여주고 있다고 볼 수 있다.

우리나라 인천광역시(영종도 포함), 부산광역시(가덕도 포함), 울산광역시, 강릉시, 군산시, 목포시, 서귀포시 등 7개 도시에서의 해수 열에너지 부존량은 27,160Tcal/년 정도인데, 이는 우리나라 가정 및 상업용 냉난방, 급탕 에너지소비량의 약 10%에 상당하는 막대한 양이다. 이들 지역의 평균 부존량은 유효해안선 1km 당 7,180 Gcal/



(a) 기존 시스템



(b) 해수열에너지이용 직접 시스템



(c) 해수열에너지이용 간접 시스템

[그림 6] 해수열에너지이용시스템

월로 이는 해안선 1km당 대략 5,000여 세대의 아파트를 난방할 수 있는 열량이다.

2.2 해수열에너지이용시스템

해수의 열에너지는 냉방, 난방, 급탕용에 활용할 수 있다. 그러나 그 상태로는 이용할 수 없고 냉동기 혹은 히트펌프를 사용하여 열교환하지 않으면 안 된다. 해수는 일반적으로 수질에 문제가 있으며, 냉동기나 히트펌프에 송수하기 전에 여과기 등 전처리장치가 필요하다. 통상 열교환기는 부식성의 수질인 경우에 냉동기(혹은 히트펌프)를 보호하기 위해 해수를 직접 송수하지 않도록 설치한다. 여과기는 오염물 제거를 위해 설치한다. 그림 6 (a)~(c)에 시스템의 일례를 보인다.

3. 해수를 이용한 지역열공급 사례

해수열원 열공급시스템은 1970년대 이후에 세계적으로 관심을 갖게 되었으며 실용화의 노력이 계속되어 오고 있다. 표 3은 해수열원 히트펌프시스템의 국외 주요 이용 현황을 간략히 보여주고 있다. 북유럽의 스웨덴, 노르웨이, 핀란드 등에서는 지리적으로 추운 지역이어서 주로 지역 난방

용으로 사용되고 있다.

스웨덴에서는 용량이 1MW 이상급인 히트펌프 플랜트의 약 30% 정도가 해수열원이며, 1.5~2의 해수로 70~83℃에의 승온으로 사용하고 있다. 용량으로는 대용량(수백마력 이상)이 많고, 압축기로 초대형(10MW 이상)에 다단터보형, 중형에 스크류식을 사용하고 있다. 노르웨이 해안에는 멕시코 난류의 영향으로 난방기간에 4~7℃의 해수온도가 얻어진다. 이 해수를 열원으로 약 15km²에 달하는 지역의 난방에 해수열원 히트펌프를 사용하고 있고, 시스템 COP가 3.2 정도의 좋은 결과를 보였다.

일본에서는 지역냉난방에 적용할 수 있는 해수 열원 히트펌프의 개발이 70년대부터 활발히 진행되어 왔다. 기후변화협약 추진과 함께 최근 일본에서는 열공급부문에서의 에너지이용 효율화를 도모하고자 해수, 하천수, 하수처리수 등 온도차 에너지를 이용한 지역냉난방시스템(DHC)의 도입이 도시지역을 중심으로 급증하고 있다.그중 해수 이용사례를 보면 일본의 후쿠오카 Seaside

Momochi 지구 열공급플랜트(93년도 공급개시, 43.5ha 공급대상)이며, 플랜트 내에는 직접방식의 해수열원 히트펌프(3,000RT 3대)가 설치되어 있다. 또 하나는 오사카 남항 Cosmo Square 지구 열공급플랜트(94년공급개시, 21ha공급대상)이며 간접방식의 해수열원 히트펌프를 채용하고 있다.

3.1 일본에서의 도입사례

1) 후쿠오카 Seaside Momochi 지구

후쿠오카 Seaside Momochi 지구는 총면적



[사진 1] Seaside Momochi 지구 전경

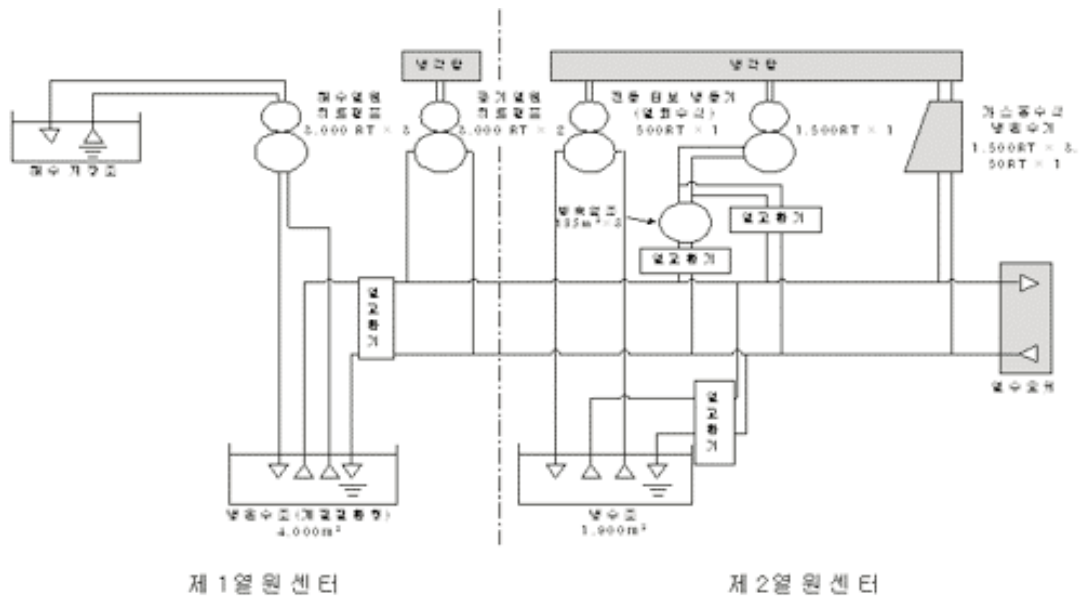
<표 3> 해외에서의 해수열이용 열공급 사례

국명	가동 시기	열공급 규모	온수온도 (℃)	이용대상	히트펌프용량
스웨덴 스톡홀름, Lidingo	1982.12	11MW+ 3MW	55~80	지역난방	3,800kW+ 670kW
" 스톡홀름 Ropsten		344,000 Gcal/yr	85	"	100MW
" Visby	1983.2		80		11MW
노르웨이 Harstad	1982.11	200KW	45	오피스빌딩 난방	120kW
홍콩				시청난방	66kW
프랑스 Havre		969kW		회의장난방	120HP×2
일본 후쿠오카 Seaide Momochi	1993.4	냉수: 76Gcal/h 온수: 58 Gcal/h	47	스포츠시설 오피스빌딩 호텔 공공시설	9MW×3
" 大阪南港 Cosmo Square	1994.4	냉수: 71Gcal/h 온수: 49 Gcal/h	47	오피스빌딩 상업시설 호텔	

138ha로 스포츠시설, 호텔, 오피스빌딩, 주택 등이 입지되어 있다. 구주전력 서부가스가 주체로 되어 1990년 11월에 (주)후쿠오카 에너지서비스가 설립되어 1993년 4월부터 공급이 개시되었다. 공급구역면적은 약 44ha, 공급대상은 스포츠시설, 호텔, 의료시설, 오피스빌딩, 도서관 등으로 최종연면적은 88만 m^2 가 예정되어 있다. 공급능력은 냉수 76Gcal, 온수 58Gcal이다. 지역배관은 4관식으로 냉수와 온수를 공급하고 있다.

이 지구는 공원에 인접하고 하천이 지구내를 거쳐 흐르고 있다. 히트펌프 열원으로 이용하고 있는 해수는 해면으로부터 4m 아래에서 취수하여 열이용 후는 하천으로 방류하도록 되어 있다. 해수 취수량은 방류시 하천수온의 영향을 고려하여 시간당 6,600 m^3 로 계획되어 있으며, 하기는 15 $^{\circ}C$, 동기는 3.5 $^{\circ}C$ 의 온도로 방류시킨다.

취수된 해수는 직접 히트펌프로 도입되며 열원수의 유속을 올릴 수 있어 부하변동에 대한 응답성이



[그림 7] Seaside Momochi 플랜트의 열원시스템 흐름도

<표 4> Seaside Momochi 시스템 개요

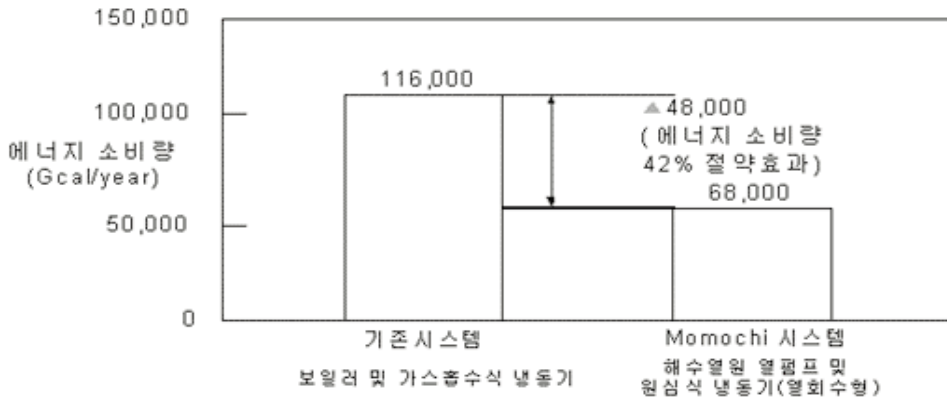
플랜트능력(Gcal/h)	열원기기 등	공급대상	관식 공급열매
냉열 · 냉수: 76 온열 · 온수: 58	해수열원 히트펌프 3,000RT×3 공기열원 히트펌프 3,000RT×2 수축열조 4,000 m^3 /h 전기터보냉동기 1,500RT×1, 500RT×1 가스흡수식냉온수기 1,500RT×1, 500RT×1 빙축열조 4,000 m^3 /h×3 수축열조(연간냉수조) 1,900 m^3	공급구역면적 - 43.5ha 건축연면적 - 88만 m^2 스포츠시설 오피스빌딩 호텔 공공시설	4관식 냉수(6 $^{\circ}C$) 온수(47 $^{\circ}C$)

양호하다. 해수열원 히트펌프에 의해 제조된 냉수 또는 온수는 계절교체형 축열조에 일단 저장되었다 수요가즉 계통의 냉수 또는 온수로 열교환된 후 수요가로 공급된다. 해수이용열공급시스템은 보일러 및 흡수식 냉동기에 의한 시스템에 비해 약 42%의 에너지절약 효과가 있으며, 냉각탑을 사용하지 않으므로 절수효과도 있다. 축열조는 계절간 교체형 4,000m³, 냉수용 1,900m³, 빙축열조가 555m³ 설치되어 있으며, 이들에 의한 설비용량 저감효과는 약 12%이다. 한편 이 지구는 미활용에너지 지역을 이용한 열공급사업자에 대한 통상산업성의

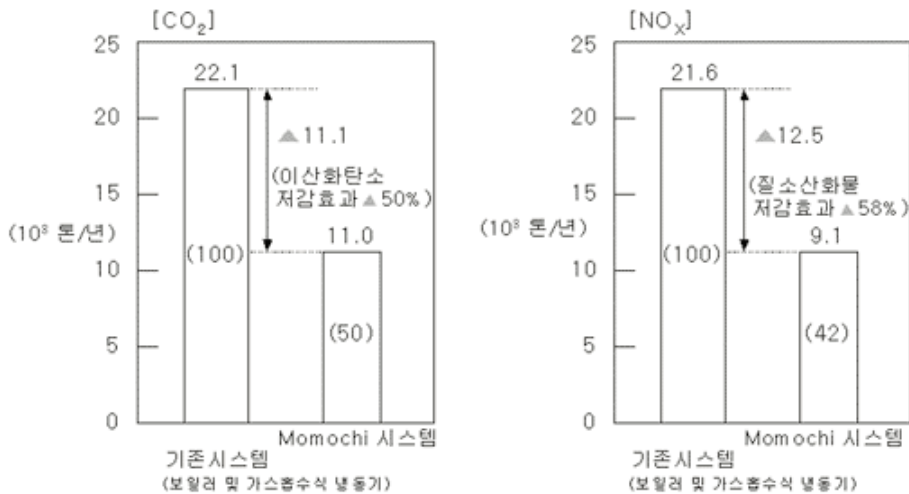
「미활용에너지이용지역열공급시스템 사업비 보조금 제도」의 최초 적용대상으로 되었다.

2) 오사카 남향 Cosmo Square 지구

오사카 남향 Cosmo Square 지구는 첨단기술개발, 국제교역, 정보통신기능 등 오사카시가 추진하고 있는 「Techno-Port 오사카」 정비계획대상구역 약 775ha 중 약 160ha를 차지하는 지역이다. 개발자에 의해 제안된 해수열원 히트펌프 및 코제너레이션을 활용한 지역열공급시스템이 채용되어 1990년 12월에 설립된 코스모 스퀘어 열공급



[그림 8] Seaside Momochi 시스템 에너지절약효과



[그림 9] Seaside Momochi 시스템 환경개선효과

(주)에 의해 1994년 4월부터 공급이 개시되었다.
공급구역면적은 오사카 남향 코스모 스퀘어지구
약 21ha로, 공급대상건물은 오피스빌딩, 오사카



[사진 2] Cosmo Square 지역 열공급구역 전경

국제무역센터(WTC), 아시아 태평양 무역센터(ATC), 호텔이다. 최대열부하는 냉열 약 68Gcal/h, 온열 약 34Gcal/h, 연간열수요 약 145Tcal, 연면적 75만m²가 예정되어 있다. 주 플랜트의 설비능력은 냉열 71Gcal/h(축열조 방열분 포함), 온열 49Gcal/h이다. 지역배관은 6관식으로 냉수, 온수, 증기를 공급하고 있다.

이 지구는 항만시설에 인접되어 있다. 해수를 취수하여 히트펌프 열원용 급수와 열교환한 후 방류된다. 해수는 스크린을 통과하면서 이물질이 제거된 다음 자동세정장치에 의해 미세한 오염물질이 다시 제거된 후 티타늄제 열교환기로 유입된다. 해수 취수량은 시간당 약 13,000m³로 열교환된 급수는 터보히트펌프, 스크류 히트펌프, 증기흡수 냉동기 및 냉온수기의 열원수 또는 냉각수로 사

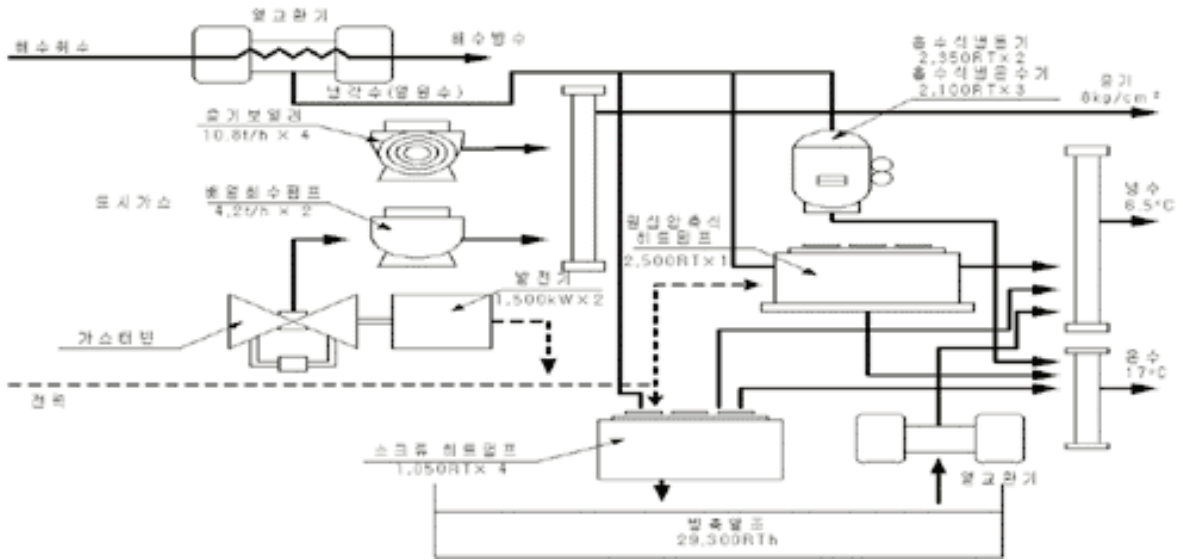
<표 5> Cosmo Square지구 DHC시스템 개요

플랜트능력 (Gcal/h)	열원기기 등	공급대상	관식 공급열매
냉열 · 냉수: 71 · 온열: 49 (온수+증기)	노통연관보일러 증기발생량 10.8t/h×4 배열회수보일러(수관식) 증기발생량 4.46t/h×2 증기흡수식냉동기 · 냉동능력 2,350RT×2 증기흡수식냉온수기 · 냉동능력 2,100RT · 난방능력 5,000Mcal/h×3 수열원히트펌프 터보히트펌프(열회수형) · 냉동능력 2,500RT · 난방능력 6,000Mcal/h×1 스크류히트펌프(2대 열회수형) · 제빙능력 860RT · 난방능력 2,950Mcal/h×4 축열조 - 축열용량 7,325RTh×4 가스터빈발전기 발전출력 1,500kW×2 수변전설비 변압기용량 4,000kVA×3 해수취수량 13,100m ³ /h 취수펌프 해수열교환기 · 해수유량 1,740m ³ /h · 전열면적 779m ² /h×9	공급구역면적 21ha 건축연면적 약75만m ² 오피스빌딩 상업시설 호텔	6관식 냉수 (6.5℃) 온수 (47℃) 증기 (8kg/cm ² 포화)

용된다. 해수열이용에 의해 냉각탑방식 대비 연간 약 105의 1차에너지소비량을 저감시킬 수 있었으며, 또한 냉각탑을 사용하지 않으므로 물 사용량을 95% 줄일 수 있었다. 스크류 히트펌프는 야간운전에서 89Gcal의 축열용량을 갖는 빙축열조에 냉열을 축열하고 낮에 열교환기로 소정 온도

의 냉수로 취출된다. 축열조의 방열은 플랜트 냉각능력 71Gcal/h중 약 18Gcal/h를 담당하고 있다. 그림 10은 大阪南港 Cosmo Square의 해수이용시스템 예를 나타낸 것이다.

3.2 유럽등 기타 지역에서의 도입사례



[그림 10] 大阪南港 Cosmo Square 지구의 해수이용시스템

<표 6> 스웨덴에서의 해수이용 열공급사례(1)

공급지역명	스톡홀름시 Ropsten			
도입개요	스톡홀름시는 시 전체의 열수요중 약 56%를 지열난방으로 하고 있다. 열원중 히트펌프에 의한 것이 약 44%이며, 해수, 하수, 호수, 지하수가 사용되고 있다. 본 시스템은 제1플랜트가 1985년 9월, 제2플랜트가 1986년 11월, 1986년 12월에 준공되었다.			
시스템 이용 형태	종별/용도	해수	히트펌프	수요
	규모 (전기/열 MW)	취수량 15m³/s 8.4m³/s	27MW×6 25MW×4	연간 344,000Gcal
	열조건 (온도, 압력계)	1.5~2.0℃		공급온도 : 급수 80℃ 환수 40~50℃
	기타	축열조 : 지상설치 30t/보조보일러 : 40kW×2(동계 보조보일러 가동)		
	공급면적	VARTAN플랜트와 열배관 네트워크화 되어 있으며 배관총연장은 500km에 달함		
시스템특징	여름은 수심 5m로부터 취수하고 동계는 15m로부터 취수한다. 방수는 5m이다. 취수와 방수의 온도차는 2℃이다. 해수 취수관은 염해대책으로 목재 (2,200φ, 150m)이다. 기저부하를 히트펌프로 감당하고 동계의 첨두부하시는 전기와 유류 보일러로 부담하고 있다. 운전원은 상주자 2명이 24시간 감시 체제로 되어 있다.			

<표 7> 스웨덴에서의 해수이용 열공급사례(2)

공급지역명		스톡홀름 Lidingo			
실시기관		SCBR(스웨덴 건축물연구개발 추진기관)			
도입개요		스웨덴은 자원이 부족하기 때문에 에너지 유효활용에 노력하고 있으며 그 중에서도 가장 힘을 기울이고 있는 것이 히트펌프의 연구개발과 보급추진이다. Lidingo 플랜트는 스웨덴의 에너지 사정을 배경으로 SCBR 프로젝트의 하나로서 해수이용 히트펌프에 의한 지역냉난방을 실시하고 있다.			
시스템 이용 형태		열원			수요
	종별/용도	해수	히트펌프	보조보일러	
	규모 (전기/MW)	스웨덴의 해안과 호수에 부존하고 있는 에너지총계 :약 15TWh 이상	터보형 : 11MW 스크류형 : 3.7MW	석유 : 30 전기 : 24	
	열조건 (온도, 압력계)	하 : 수면부근수온 15~18℃ 등 : 15m의 수온 1~5℃해수			공급온도 송수 : 55~80℃ 환수 : 50~60℃
	기타				
공급면적	Lidingo 플랜트는 Lidingo 지구 건물의 약 50%에 열공급을 하고 있다. 주변 약 60마일의 배관을 설치하고 약 1,500세대의 주택, 공장, 사무소 등에 공급하고 있다				
시스템특성	<ul style="list-style-type: none"> · 히트펌프의 열원으로 해수를 이용하고 있지만, 이 해수는 발트해와 메라멘 호수와의 접촉에 의해 보다 효과적인 열회수가 가능하다. · 해수로부터의 취수는 2단취수이고 여름은 해면하 2~3m의 수온 15~18℃의 해수로부터 겨울은 15m 깊이의 수온 1~5℃의 해수로부터 열회수한다. · 해수로부터의 열회수에는 목관사용(철관과 달리 목관은 부식에 강함) 				

<표 8> 노르웨이에서의 해수이용 열공급사례

공급지역명		올레슨시		
도입개요		올레슨시는 수도 오슬로시의 북서 약 400km에 위치하고 있으며, 북해와 접한 작은 도시이다. 북위 63도로 고위도이지만 난류의 영향으로 해수온도는 비교적 높아(난방기간중은 5℃ 이상) 해수를 이용한 지역냉난방을 하고 있다. 플랜트는 해안에 입지하고 있고 열원인 해수의 취수, 배수에 적합한 위치이다.		
시스템 활용 형태		열원		수요
	종별/용도	해수		
	규모 (전기/열MW)	히트펌프 3MW×2 열공급량 27GWh/년 (장래 32GWh 예정)		연간수요량 300GWh
	열조건 (온도, 압력계)			공급온도 60℃ (외기온도 0℃이상) 90℃ (-12℃) 압력 21.9bar
	기타	열원인 해수는 해안 가까이에서 배출되고 있지만 해수온도의 변화에 의한 바다 생물 등의 영향은 없다.		
공급면적	공급지역대상은 면적 약 15km ² 이고 열공급배관총연장 약 3km, 연간수요량 약 300GWh로 되어 있다.			
시스템특징	<ul style="list-style-type: none"> · 히트펌프의 증발기에 직접 해수가 유입되는 시스템이다. 증발기는 shell and tube형이며 1개의 shell중에 티타늄관(18mmφ)가 300본 수납되어 있다. · 현재는 히트펌프만 운전되고 있지만, 장래적으로는 열수요 증가에 대응하여 보일러를 증설하고 back-up을 포함하여 약 12MW의 출력을 예정하고 있다. · 히트펌프의 공급온수온도는 외기온에 의해 변화하지만 외기온이 0℃ 이상일 때는 60℃, 외기온이 -12℃ 일때는 90℃로 되어 있다. · 해수의 취수는 130m까지 PVC 배관(500mmφ)이 부설되어 있고 취수수심은 40m이다. 			

<표 9> 홍콩에서의 해수이용 열공급사례

공급지역명		호텔日航홍콩	
도입개요		호텔日航홍콩은 1988년 2월에 개업된 호텔로 부지면적 2,850m ² , 건물바닥면적 39,400m ² , 지하2층, 지상 15층 건물, 462실로 되어 있다. 여기에서 해수를 다음과 같은 목적으로 사용하고 있다. · 터보냉동기의 냉각수용 · 화장실 세정수 · 터보냉동기의 냉각수에 의한 급탕용급수의 1차가열	
시스템 활용 형태	종별/용도	열원	수요
	규모 (전기/열 MW)		
	열조건 (온도, 압력계)		
	기타		
	공급면적	호텔日航홍콩은 1988년 2월에 개업된 호텔로 부지면적 2,850m ² , 건물바닥면적 39,400m ² , 지하2층, 지상 15층 건물, 462실로 되어 있다.	
시스템특징	해수는 취수구로부터 도로 아래를 횡단하여 315m, 400mm 주철관으로 유입된다. 직류 81V, 200A의 Electro-chlorination에 의해 박테리아 등을 제거한다. 해수펌프는 60HP의 것이 2대이고 취수구의 스테인레스 스크린은 주 1회 여과물을 제거하고 있다. 터보냉동기의 열교환 튜브는 년 2회 brush로 세정하고 있다. · 취수구스크린 (스테인레스, 구경 8mm) : 큰 쓰레기 제거 · 스트레이너 (스테인레스, 구경 5~8mm) : 작은 쓰레기 제거 · Electro-chlorination system(4kg/h) DC81V, 200A : 박테리아 등의 살균 · 해수펌프(45kW, 60HP) 11,400L/m, 15m : 2기 · 파이프라인(400mm cast iron) : 315m · 전동터보냉동기(560RT, 4sets) 또한 화장실 세정용시스템은 다음과 같다. · 모래필터(10ton/h) · 수수조(12ton+5ton) · 가압송수펌프(인버터식) · 화장실 (전 50 unit) 해수온도는 하절기 28℃ 전후, 동절기는 18℃ 전후로 안정되어 있다. 급탕용열원기에는 증기보일러를 사용하고 있다. 용량은 5t/h×20이고, 호텔내는 냉수 2관, 온수 2관 4관식이다. 냉각수 계통은 모두 해수이며 back-up은 고려되어 있지 않다.		

스웨덴 스톡홀름시 Ropsten 및 Lidingo 지역, 노르웨이의 올레순시, 홍콩의 호텔日航홍콩에서의 해수열이용사례를 표 6~표 9에 나타내었다.

4. 국내 해수열이용을 위한 과제

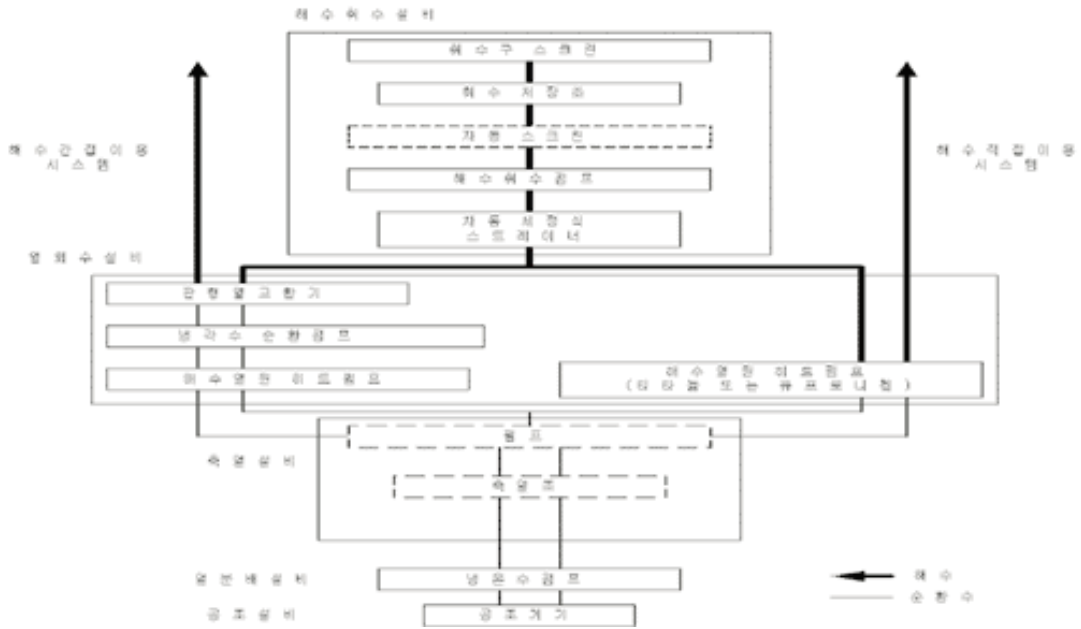
4.1 기술적 과제

해수는 저온이고 대기와의 온도차가 적으며, 오염부식성 열원수이므로 이에 대응한 열의 회수 및 변환기술 등의 개발이 필요하다. 오염방지 및 부식

대책, 해양생물부착 방지기술의 확립과, 고온/고효율 히트펌프기술(보다 높은 온도로 승온과 COP 향상) 개발이 당면과제이며 핵심애로기술이다.

상기 과제중 해수용 열교환기 및 전처리 방안으로는 다음과 같은 대책이 고려될 수 있다.

- (1) 해수용 열교환기로는 대향류방식으로 고효율이면서 소형화가 가능한 판형열교환기를 주로 이용하고 있다. 부식대책으로 수질에 대응한 열교환기용 재료의 선정이 필요한데, 기존 시스템에서는 주로 티타늄을 이용하고 있다. 해수의 이용방식에는 해수를 직접 히트펌프에 송수하는



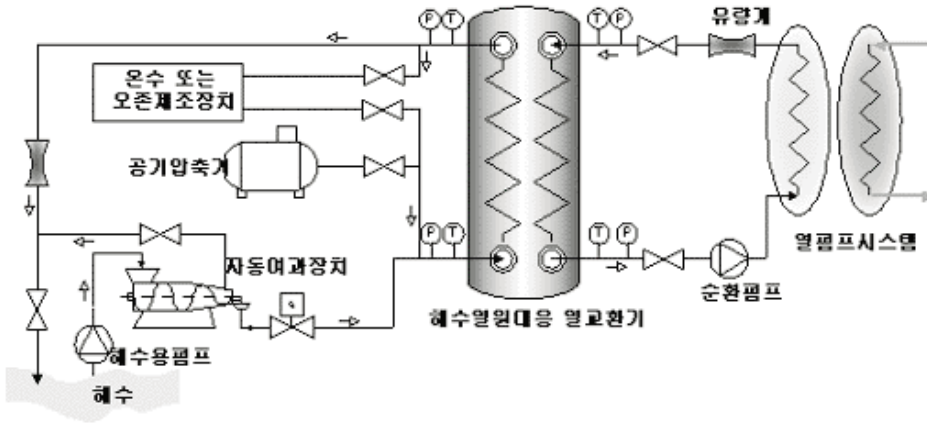
[그림 11] 해수염원 냉난방설비 구성방식

<표 10> 해수간접이용시스템과 해수직접이용시스템과의 비교

	해수간접이용시스템	해수직접이용시스템
장점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 열교환기에 의해 해수로부터 분리되어 있기 때문에 열펌프에는 순환수가 이용가능 2. 열교환기의 세정이 비교적 용이하며 전체의 유지관리도 직접 이용시스템에 비하여 용이 3. 해수배관계를 짧게 할 수 있기 때문에 배관재료비가 저렴 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 냉방시 응축온도를 낮게 할 수 있기 때문에 간접이용보다 효율이 높음 2. 해수열교환기가 불필요하기 때문에 설비공간이 적게 소요
단점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 냉방시 히트펌프의 응축온도가 높아 직접 이용보다 효율이 낮음 2. 판형열교환기 및 순환수펌프가 추가적으로 필요하며 기계실의 공간 증가 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 해수에 의해 열펌프의 응축기가 급속히 부식될 우려가 있음 2. 열펌프가 고가 3. 해수에 함유된 이물이나 생물이 히트펌프중에 유입될 가능성이 있으며, 히트펌프 응축기의 세정은 판형열교환기보다도 어려움 4. 해수 배관계통이 길게 되고 배관계의 설비비나 유지관리비용이 더 소요

직접방식과 해수로부터 중간열교환기를 통하여 순환수와 열교환하고 순환수를 열펌프에 송수하는 간접방식이 있으나, 표 10과 같은 장단점을 가지고 있으므로 조건에 따라 선택적으로 채용되며 후자의 경우를 주로 적용하고 있다. 해양생물부착에 대해서는 그림 12에서와 같이 오존처리나 온수주입 등에 의한 처리를 실시하고 있으

며, 열수요처 가까이에 취수점을 취하면 부식성분을 다량 함유하기 때문에 간접열교환방식 적용이 효과적이나 최적한 취수장소의 검토가 필요하며 해면 아래 약 4m로부터 취수한다. 취수구와 방수구의 위치는 100~300m 정도 떨어져 설치하고 있으며 해수의 취방수 온도차는 6정도로 설계하고 있다.



[그림 12] 해수열원 전처리장치

<표 11> 해수 이용관련 법령

<p>항만법</p>	<p>第9條 (港灣工事의 施行者等) ① 港灣施設의 新設·改築·유지·補修 및 浚渫등에 관한 工事(이하 “港灣工事”라 한다)는 이 法 또는 다른 法律에 특별한 規定이 있는 경우를 제외하고는 指定港灣은 海洋水産部長官이, 地方港灣은 市·道知事 각각 施行한다. <改正 1997.12.13></p> <p>② 管理廳이 아닌 者(이하 “非管理廳”이라 한다)가 港灣工事를 施行하고자 하는 때에는 大統領令이 정하는 바에 의하여 港灣工事의 計劃을 작성하여 管理廳의 許可를 받아야 한다.</p>
<p>공유수면관리법 (“공유수면관리법” 제5조의 규정에 따른 점용·사용허가, 동법 제6조의 규정에 따른 협의 또는 승인 및 동법 제8조의 규정에 따른 실시계획의 인가 또는 신고)</p>	<p>第5條 (占·使用許可) ① 다음 各號의 1에 해당하는 행위를 하고자 하는 者는 大統領令이 정하는 바에 依하여 海洋水産部長官 또는 市長曷煩核區廳長(이하 “管理廳”이라 한다)으로부터 占用 또는 使用(이하 “占·使用”이라 한다)의 許可를 받아야 한다. 다만, 公有水面埋立法에 依하여 免許를 받은 者가 그 免許를 받은 公有水面을 占·使用하고자 하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2005.3.31></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 公有水面에 埠頭·防波堤·橋梁·水門·建築物 기타 工作物을 新築·修繕·增築 또는 변경하거나 이를 제거하는 행위 2. 公有水面에 接續한 土地를 水面 이하로 掘鑿하는 행위 3. 公有水面을 浚渫 또는 掘鑿하는 행위 4. 大統領令으로 정하는 浦落地 또는 개인의 所有權이 인정되는 干漚地를 土地로 造成하는 행위 5. 공유수면으로부터 물을 끌어들이거나 공유수면에 물을 내보내는 행위. 다만, 해양수산부령이 정하는 행위를 제외한다. 6. 公有水面에서 土石矧 또는 자갈을 採取하거나 植物을 栽培 또는 採하는 행위 7. 公有水面에 多量의 土石을 버리는 등 公有水面의 水深에 영향을 미치는 행위 8. 埠頭·防波堤 등 公有水面에 設置된 施設物로서 國家 또는 地方自治團體의 所有에 속하는 施設物을 占用 또는 사용하는 행위 9. 第1號 내지 第8號외에 公有水面을 占用하는 행위

4.2 제도적 과제

(1) 해수이용 냉난방플랜트의 보급에 있어서 예측되는 최대의 과제는 경제성이다. 일본처럼 세제, 융자, 보조 등 해수이용열공급사업에 대한 제도 마련이 절실히 필요하다.

(2) 해수이용시 항만의 경우, 항만법에 의해 항만시설관계자로부터 취수시설 등 공사와 점유허가를 득해야 하며, 공유수면인 경우 공유수면관리법에 의해 점용·사용허가를 득해야 한다. 또한 해당지역에 어업권이 있을 경우 수산업법에

의해 당해 어업조합과 협의가 필요하며, 이 외에도 배관부설에 따른 도로법에서의 도로점용 허가 등 법적 규제사항이 있다.

(3) 해양으로부터 열을 유효하게 이용할 수 있는 거리는 1km 정도이며, 이 거리내에 열수요밀도가 높은 수요처 확보가 관건이다. 이를 위해 항만관리시설, 여객선 터미널시설 등 공공시설의 신설 혹은 개수시기에 적극 도입을 유도하며, 기존 빌딩에서도 열원설비 개수나 증설시기에 맞추어 적극적으로 도입 유도가 필요하다.

참고문헌

1. 방광현, 이경중, 조성화, 박준택, “해수 열에너지 부존량에 관한 연구”, 공기조화냉동공학회 98하계학술대회, 1998. 6.
2. 新エネルギー財團地域エネルギー委員會編 : 最新未利用エネルギー活用マニュアル, エーム社 (1992)
3. 西實正彦他 : 海水, 河川水を熱源とするヒートポンプシステム, ヒートポンプによる冷暖房, No.35, p.10-15 (1989)
4. 高柳幹男 : 海水利用, 電氣評論, Vol.77, No.12, p.1242-1245(1992.12)
5. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(2)-해수 열이용에 의한 Seaside Momochi지구의 지역냉난방-, 설비, 20(12)87-92('03. 12).
6. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(4)-해수 온도차에너지 이용에 의한 Cosmo Square 지역냉난방-, 설비, 21(2)90-94('04. 2)
7. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(7)-해수 열이용에 의한 Sun port 高松지구 지역냉난방, 설비, 21(5)90-93('04. 5)
8. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(10)-유럽, 북미에서의 해수 및 지하수이용 지역열공급, 설비, 21(8)87-94('04. 8)
9. 박준택, 해외미활용에너지이용사례(13)-해양요법시설에서의 해수열원이용 급탕·해수 가온시스템-, 설비, 22(2)95-97('05. 2).
10. 박준택, 해외 미활용에너지 이용사례, 도서출판 성화, 2006.7.20