

해양 심층수의 활용(산업분야)

박성제 / 한국기계연구원

1. 서론

최근 우리나라의 생활 수준이 향상됨에 따라 완전한 공기조화 시스템을 갖춘 설비가 날로 증대되어 가고 이에 따른 에너지 사용량도 증가하게 되었다. 특히 부존자원이 빈약한 우리나라의 경우에는 에너지 생산을 위한 원자재 도입에 많은 외화를 지출하고 있는 실정이므로 냉난방을 위한 공조장치에서도 사용에너지의 절약을 위한 관심을 기울여야 하겠다.

동해 심층수는 저온성, 고염양성 및 청정성을 가진 풍부한 자원으로서 해양산업 및 지역 발전을 위한 유용자원이므로 다단계 이용기술의 정립 및 종합화를 위한 기술개발이 요구된다. 특히 동해 심층수는 1~2℃의 안정된 저온 열원이 공급되기 때문에 에너지 재활용 및 절약 측면에서 유용한 자원으로 간주된다. 1~2℃의 동해 심층수를 이용한 에너지 절약형 시스템을 고려해 보면 아래와 같다.

(1) 저온수를 이용한 직접 냉방장치 (2) 저온수를 이용한 저온 냉동고(-30~-40℃) (3)저온수 이용 Heat pump 온수 공급 및 난방 장치 (4) 저온수 이용 Heat pump 건조기 (5) 수축열 또는 빙축열을 이용한 에너지 이용의

합리화

이와 같은 시스템을 이용하기 위해서는 각 장치별, 용량별 연간 에너지 비용 및 시설비, 운전비 등의 평가가 필요하고, 에너지 절약성에 대한 정량적인 평가가 요구된다. 또한 시스템 설계 및 제작, 운용을 위해 열원방식 선정, 시스템 설계 기술, 시스템의 고효율화, 자동제어 기술, 환경오염 및 지구온난화 대비 기술에 대한 기술개발이 요구된다.

따라서 본 고에서는 해양 심층수의 저온성을 이용한 에너지 활용 기술의 대표적인 방법과 에너지 절약성에 대해 논하고, 각 방법에 대한 경제성을 평가하여 해양 심층수 다목적 이용 시스템을 최적화하고자 한다.

2. 공조 시스템의 냉동기 개요

건물 냉난방 및 산업용 공조 시스템에 주로 사용되고 있는 열원 방식과 에너지를 살펴보면 다음의 3가지로 대별 될 수 있다.

(1) 전동터보냉동기(또는 왕복동 냉동기)+보일러(B-C유, 경유, 도시가스) (2) 흡수식 냉동기+보일러 또는 지역 난방 (3) 직화식 흡

〈표-1〉 냉동기 설비 분류

구 분		형 식		단위(USRT)	용 도
증기압축 (기계식)	용적식 (고압냉매)	왕복동식	소형	0.2~12USRT	냉동, 소규모냉방
			고속다기통	11~160	냉동, PAC, 열펌프
		회전식	로터리	2~160	냉장고, Room Aircon
			스크류		냉동, 열펌프
열이용	원심식	밀 폐 형	30~1,500	중, 대규모 건물 냉방용	
		개 방 형	100~10,000	지역냉방, 터빈엔진 조합	
	흡수식	단 효 용	7~1,500	지역난방, 태양열, 저압증기 이용	
		이 중 효 용	110~1,500	가스, 증기, 중, 대규모 건물 냉방	
	직화식 냉온수기	50~1,300	소, 중규모 건물, 냉난방		

수식 냉온수발생기+급탕용 보일러

이상과 같은 3가지 방식을 현실적으로 검토하면 사용에 너지는 LNG와 전기로 볼 수 있다. 초기 투자비는 직화식 흡수냉온수 발생기가 터보냉동기+보일러 보다 다소 저가이

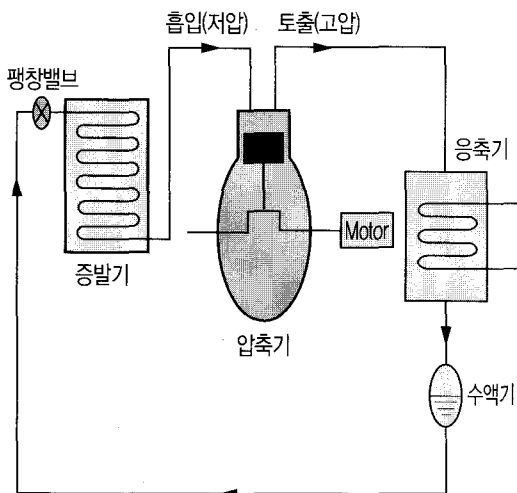
거나 비슷하지만 에너지 비용은 직화식 흡수냉온수 발생기가 다소 저가이다.

이러한 건물 냉난방 및 산업용 공조 시스템에 주로 사용되고 있는 냉동기 설비를 형식별로 분류하여 〈표-1〉에 나타내었다. 이들은 용적식, 원

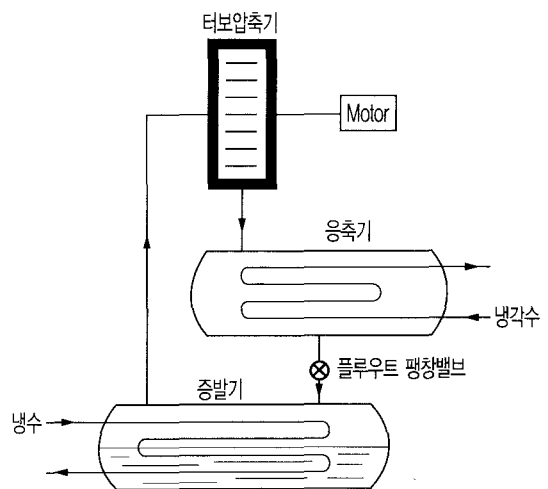
심식 및 흡수식으로 대별할 수 있으며, 그 개요를 요약한다.

용적식 냉동기

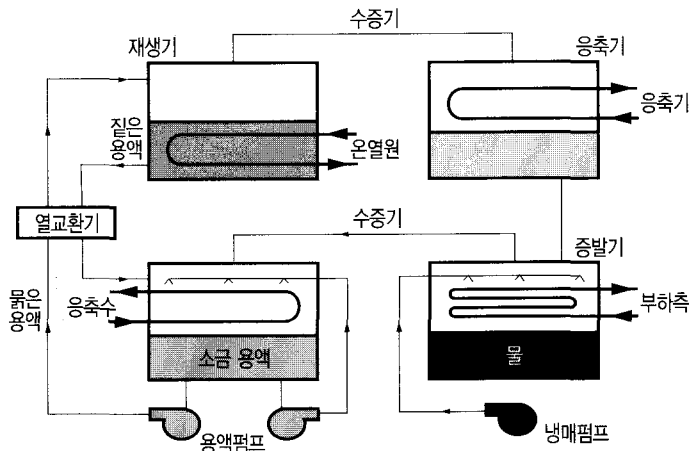
용적식 냉동기의 대표적인 예로서 증기압축냉동기의 개략도를 〈그림-1〉에 나타내었



〈그림-1〉 증기압축 냉동기의 개략도



〈그림-2〉 터보 냉동기의 개략도



〈그림-3〉 흡수식 냉동기의 개략도

다. 증기압축냉동기는 압축기, 응축기, 증발기, 팽창밸브 등으로 구성되어 있으며, 냉매는 증발기에서 저열원으로부터 열을 흡수하여 압축기를 응축기에서 고열원으로 열을 버린 후, 수액기, 팽창밸브를 거쳐 다시 증발기로 되돌아가는 순환 과정을 되풀이한다.

원심식 냉동기

원심식 냉동기의 대표적인 예로써 터보냉동기의 개략도를 〈그림-2〉에 나타내었다. 터보 냉동기는 원심터보압축기, 응축기, 플로우트 팽창밸브, 증발기 등으로 구성되어 있으며, 원심터보압축기는 고속으로 회전하는 임펠러에 의해서 대량의 증기를 흡입, 압축하는데 적당한 압축기이다. 왕복 압축기와 비교하면 가스 흡입

량이 많고 회전수도 높다. 그러나 압축력이 낮으므로 이 압축력을 높이기 위해서는 날개의 직경을 크게 하여 원주속도를 증대시키거나, 압축단수를 증가 시켜야 한다.

흡수식 냉난방기

흡수식 냉동기나 열펌프는 지금까지 에너지의 효과적인 이용을 위하여 버려지는 폐열을 이용하는 방식을 많이 채택하고 있어 중요하다. 흡수식 냉동기의 개략도를 〈그림-3〉에 나타내었다. 흡수식 냉동기는 흡수식 냉온수기나 열펌프와 마찬가지로 발생기(generator), 응축기(condenser), 증발기(evaporator), 흡수기(Absorber), 용액열교환기(solution heat exchanger) 등으로 구성되어 있다.

3. 해양 심층수의 에너지 이용

최근의 유가 인상 및 에너지 이용의 확대로 인해 다양한 에너지 절약 방안이 모색되고 있으며, 크게 에너지 절약형과 대체에너지 개발로 나눌 수 있다.

에너지 절약형은 (1) 폐열 이용(소각로, 발전시스템 등의 배열 이용) (2) 축열 방식(빙축열, 석축열, 수축열) (3) 기기 및 시스템 방식 개선 등이며, 대체 에너지는 (1) 자연에너지(태양, 풍력, 해양, 지열 등) (2) 신에너지(연료전지, MHD, 수소, bio-에너지 등) (3) 재활용 에너지(도시 폐기물, LNG 냉열 등) 등이다.

해양 심층수의 저온성을 이용한 에너지 활용은 대체에너지

지로서의 자연에너지 이용 기술로서 기존의 증기압축식 냉동기, 터보 냉동기, 흡수식 냉동기를 대체하거나 보다 높은 효율로 작동할 수 있도록 하여 에너지 절약 및 에너지 부존 자원 해결에 대한 해결책으로서 크게 대두되고 있다.

해양심층수의 저온에너지 특성은 건물의 냉방, 농수산물의 냉장 및 냉동보관, 얼음 또는

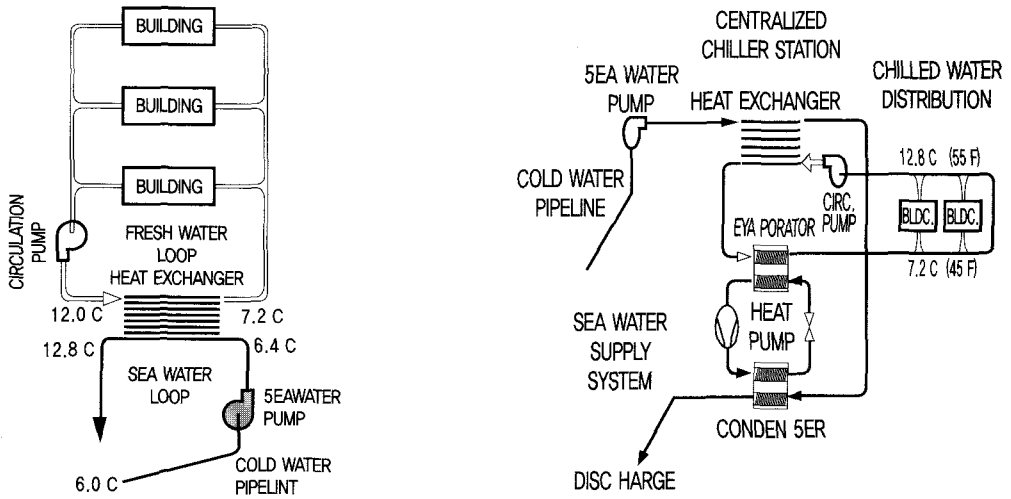
빙해수 제조 등을 위한 에너지원으로 활용할 수 있다. 해양심층수를 이용한 (1)냉방 및 냉장은 심층수의 직접냉방 방식 (2) 난방 및 온수는 흡수식 열펌프 (3)저온 냉장 및 냉동 창고는 압축식 냉동방식 등이 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

해양심층수를 이용한 건물의 냉방시스템(그림-4)이 Ryzin (1996)에 의해 제안된 바 있으

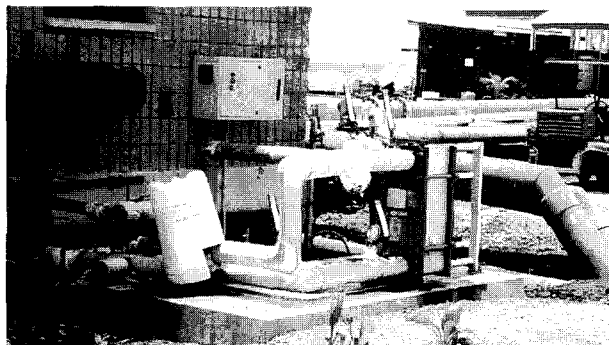
며, 현재 NELHA(그림-5)에 설치되어 월 4,000달러의 전기를 절감하고 있다. 또한, 후술할 경제성 분석에 의하면 시설투자비도 많이 절감되었다.

4. 해양 심층수의 에너지 활용개념 및 타당성

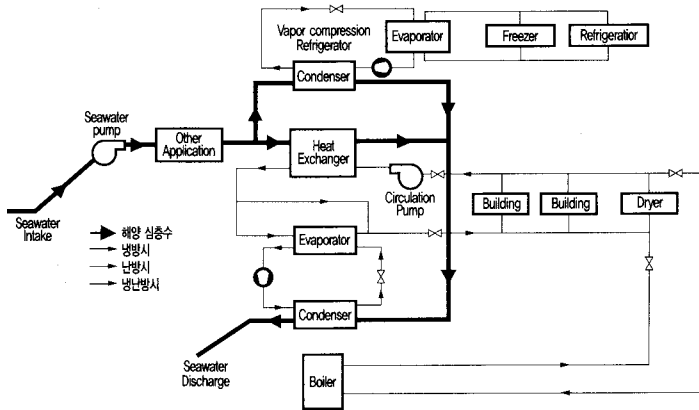
해양 심층수의 다목적 활용



〈그림-4〉 해양심층수를 이용한 냉방시스템의 모식도



〈그림-5〉 NELHA의 해양심층수를 이용한 냉방시스템



〈그림-6〉 해양 심층수의 활용 개념도

화를 위한 에너지 활용 개념도를 〈그림-6〉에 나타내었다. 해양 심층수로부터 급수된 1~2℃의 물은 에너지 이용에 앞서 다른 응용분야에 활용된 다음 크게 3가지의 에너지 이용분야에 활용된다.

- (1) 증기 압축냉동기의 응축기 냉각(냉장, 냉동, 냉각)
- (2) 해수 열교환기 냉각(빌딩 공조 냉방) (3) 흡수식 냉난방기의 냉각(열펌프로써 빌딩 난방) 및 보일러(난방)

1~2℃로 급수된 해양 심층수는 냉장, 냉동, 냉각, 공조 사이클에 순환하지 않고 단지 열교환기를 통해서 냉매 또는 오염 처리된 물과 열교환하고, 냉매 또는 오염 처리된 물이 직접 냉장, 냉동, 냉각, 공조 사이클에서 순환하여 저온의 에너지를 이용하게 된다. 증기 압축 냉동기의 응축기에서 해양 심층

수와 열교환된 냉매는 온도가 낮기 때문에 -40℃ 이하의 초저온을 얻을 수 있기 때문에 냉동 창고로도 활용될 수 있다.

그리고 해양 심층수와 열교환된 공조 사이클의 순환 냉매(물)는 하계 냉방시에는 해양 심층수의 저온 에너지를 이용하여 냉방에 활용되고, 흡수식 열펌프의 응축기와 열교환하여 고온으로 건조기 등에 활용할 수 있다. 또한 동계시에는 흡수식 열펌프의 응축기와 열교환하여 고온으로서 보일러와 함께 난방 및 건조기로서 활용할 수 있다.

동해 심층수의 저온을 이용하여 취득할 수 있는 냉방능력

은 〈표-2〉와 같이 1일 100톤으로 20,833Kcal를 취득할 수 있고, 취수량에 따라 비례하여 증가한다. 이를 이용하는 것에 대한 경제적 타당성을 살펴본 결과는 다음과 같다.

냉방시 경제성 분석 결과

300 USRT 5,000(Ton/day), 내구연한 15년, 이율 9%를 기준으로 할 때 설치 가능한 방식에 따른 경제성을 평가한 결과 심층수 직접 이용 방식이 흡수식 냉방방식과 흡수식 + 터보식 냉방방식에 비해 초기 투자비가 각각 340백만원, 270백만원 이었고, 연

〈표-2〉 해양 심층수 취수량에 따른 냉방능력의 변화

취 수 량(Ton/day)	냉방용량(kcal/h)	냉방용량(USRT)
100	20,833	6.2
1,000	208,333	62.8
10,000	2,083,333	627.5
100,000	20,833,333	6,275.0

〈표-3〉 냉방시 각 방식에 따른 경제성 분석

(단위 : 천원)

구 분	흡수식 냉동기	흡수식 냉동기(60%)+ 터보냉동기(40%)	심층수 직접 냉방
투자비	510,000	430,000	170,000
연간경비	계	170,000	75,000
	고정비	90,000	50,000
	변동비	80,000	25,000
연간 절감액	기 준	5,000	95,000
초기투자비 절감액	기 준	80,000	340,000

간 절감액이 각각 90백만원, 95백만원 이었다.

난방시 경제성 분석 결과

흡수식 열펌프의 난방시와 난방시의 COP(Coefficient Of Performance)를 각각 0.5, 1.5라 하고, 취수량을 50,000ton/day, 5,000ton/day라 할 때 난방시 보일러를 이용한 방식과 해양 심층수에 의한 흡수식 열펌프 이용 방식을 비교한 결과 해양 심층수를 이용한 방식이 초기 투자비는 많이 들지만 연간 절감액은 취수량 50,000ton/day일 때 80

백만원, 5,000ton/day일 때 10백만원으로서 각각 2.4년, 5년이면 투자 회수가 가능하다.

5. 결 론

미국 및 일본 등의 선진국에서 에너지의 다목적 이용 및 효율적인 활용과 자연에너지(태양열 태양광 지열 지하수 조력 풍력)를 이용한 복합 시스템을 개발하여 활용하고 있으며, 해양 심층수도 이러한 관점에서 주목받고 있다.

국내에서도 냉난방 장치 및 냉동장치에 대한 요소기술의 연구 개발은 진행되고 있으나 심층수의 다단계 이용을 위한 냉난방 복합 시스템 및 제염, 담수화 복합 시스템 기술의 개발에 대한 연구는 개념 정립 단계에 불과하다.

특히 해양 심층수의 저온성을 이용한 냉난방 냉장 냉동 건조 제염 담수화 기술에 대한 연구사례는 찾아보기 힘들어 대체 에너지 개발 및 에너지 절약을 위해 해양 심층수를 이용한 냉난방 시스템 및 다목적 이용 시스템의 개발이 시급한 실정이다.㉠

〈표-6〉 난방시 각 방식에 따른 경제성 분석

(단위 : 천원)

구 분	13,280Mcal/h(50,000Ton/day)		1,328Mcal/h(5,000Ton/day)		
	보 일 러	흡수식열펌프	보 일 러	흡수식열펌프	
투자비	620,000	815,000	160,000	210,000	
연간경비	계	360,000	75,000	65,000	
	고정비	110,000	110,000	40,000	45,000
	변동비	250,000	170,000	35,000	20,000
연간 절감액	기 준	80,000	기 준	10,000	
초기투자비 절감액	기 준	-195,000	기 준	-50,000	