

[2] 해수온도차를 이용한 냉난방 시스템의 도입

Introduction of Air Cooling and Heating System by Using Ocean Thermal Energy in KMU



국 승 기

Seung-Gi, Gug

- 한국해양대학교 교수
- E-mail : cooksg@hhu.ac.kr

1. 서 론

에너지, 물, 공기와 식료는 인류의 생활과 생명을 유지하는 데 없어서는 안 되는 매우 중요하고 필수적인 요소이다. 현재 인류는, 에너지원으로서 석탄, 석유, 가스 등의 화석연료에 의존하고 있지만, 이것들은 지구온난화의 원인이 되는 온실효과 (Green House Effect) 가스를 배출하기 때문에 전세계적으로 커다란 문제가 되고 있다. 이 문제를 해결하기 위하여서는 화석연료를 대체하는 클린에너지의 기술개발이 절실하다.

현재 추진되고 있는 화석연료의 대체에너지로서 태양열, 지열, 풍력, 파력 등을 들 수가 있다. 그러나, 이들 에너지의 개발만으로 에너지의 수요를 충족할 수가 없다. 그래서 무한한 에너지원을 가지고 있는 해양열에너지의 개발이 필요하게 된다.

해양은, 태양에서 에너지를 끊임없이 받아서 열에너지의 형태로 축적하고 있다. 해양열에너지는 클린에너지의 하나로서, 잠재 자원량이 무한하고, 지역적인 편차가 적은 것이 특징이다. 이 방법은

해수의 표층수와 심층수 사이의 온도차를 이용하여 에너지를 생산하는 것이다.

우리나라의 관문인 부산항의 입구 섬인 조도에 자리잡고 있는 한국해양대학교가 위치한 지역의 특성을 최대한 살리고, 신·재생에너지 공급체계의 구축의 일환으로서, 해양열에너지를 이용하여 냉·난방시설을 개선하고 설비의 효율성 향상을 통한 에너지이용의 합리화를 통하여 경제적이고 친환경적인 자연에너지의 이용방법에 대한 타당성을 조사하고자 한다.

이러한 기술을 도입을 적극적으로 검토함으로써 파급될 기대효과는 다음과 같다.

○ 신 클린에너지 기술의 개발

지구온난화와 화석자원의 고갈, 석유가격 상승 등에 따라 클린에너지 시장은 2015년까지 4배 이상으로 성장할 것으로 세계의 전문가들은 전망하고 있다. 그래서 외국의 컨설팅 회사들도 시류적인 여러 여건들의 요인에 의해 화석연료에 의존하지 않는 클린에너지에 관심이 높아질 것으로 전망

하고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 본조사를 통하여 한국해양대학교에 해양열을 이용한 신 클린 에너지 기술 도입을 검토함으로써 신 클린에너지 기술개발이나 활용 등에 큰 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 신·재생에너지 공급체계의 구축

산업자원부에서 시행 중인 지역특성에 맞는 환경친화적인 신·재생에너지 공급체계 구축과 에너지이용합리화 사업에 부응하는 것으로서 경제적이고 지구온난화를 억제하기 위한 기후변화협약의 이행에도 해양열의 이용방법의 도입을 통하여, 적극적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 에너지 시설 개선을 통한 냉난방시스템의 효율의 증가

위치적인 특성을 최대한 살리고, 현재 한국해양대학교 해사대학 학생들이 사용 중에 있는 승선생활관에 해수온도차 냉난방시설을 설치함으로써 에너지 시설을 개선하고, 시스템의 효율을 증가시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. 자연에너지 이용기술과 해수온도차 냉난방 시설

2.1 자연에너지의 이용기술

에너지, 물, 공기와 식료는 인류의 생활과 생명을 유지하는 데 없어서는 안 되는 매우 중요하고 필수적인 요소이다. 현재 인류는, 에너지원으로서 석탄, 석유, 가스 등의 화석연료에 의존하고 있지만, 이것들은 지구온난화의 원인이 되는 온실효과(Green House Effect) 가스를 배출하기 때문에 전 세계적으로 커다란 문제가 되고 있다. 이 문제를 해결하기 위하여서는 화석연료를 대체하는 클린에너지의 기술개발이 절실하다.

이러한 클린에너지는 자연 중에 존재하는 자연 에너지를 이용하는 것으로, 그 개발동향은 다음과 같다.

1. 태양열 이용시스템(급탕이용)

상용전원을 사용한 강제 순환펌프를 운전하여,

태양열을 온수로서 회수하여 급탕에 이용하는 시스템이다. 강제 순환식 솔라 급탕시스템은, 태양에너지를 집열기로서 모아 급수를 가열하여 저장조에 축적 시스템으로 온도가 낮은 경우에는 보일러를 추가적으로 급탕에 사용한다.

종래는 자연순환식이 주류를 이루었으나, 최근에는 이것에 추가하여 태양전지에 의한 강제순환식 태양온수기가 등장하고 있다.

2. 태양광발전시스템

태양광에서의 광전효과에 의해서 직류전력을 발생하는 태양전지와, 직류에서 교류로 변환하는 인버터 및 전력계통 연계장치로 구성되는 것이 일반적이다. 변환효율은 다결정실리콘으로 14-18%, 박막계통으로 10-12% 정도이다. 규모에 관계없이 일정한 발전효율을 가지고 있으며, 소음, 진동을 발생하지 않는 등의 이점이 있다.

태양전지의 이용은 주택, 빌딩 등의 일반 조명·동력용으로 이용하는 방법과 개개의 기기에 태양전지를 전원으로 조합하여 이용하는 방법이 있다. 가전제품으로서 이용으로는 에어컨이나 환기선풍기 실용화되고 있다. 해양에서는 항로표지시스템의 전원 공급장치로 사용되고 있다.

3. 풍력에너지 이용시스템

전력 공급이 잘 안되고 바람이 있는 지역에서는 풍력을 이용하여 풍차를 돌려서, 그것을 직접 기계동력으로서, 또는 전력으로 변환하여 대체에너지로서 이용한다.

실용화된 풍력발전시스템으로서는 독립전원형(발전기, 전압제어반, 축전지 등으로 구성된 간단한 시스템이며, 가정용이나 등대 등 벽지에 있어서 전원으로 이용된다.)과 계통연계형(상용전원의 일부로서 전력회사의 배전계통과 연계한 대규모 풍력발전 장치)이 있다.

4. (해)수온도차 에너지 이용시스템

외기에 비하여 온도변화가 거의 없어서, 여름철에는 외기보다 차갑고, 겨울철은 외기보다 따뜻한 해수, 하천수, 지하수 등을 히트펌프의 열원으로 하여, 공기열원의 경우보다 더 높은 에너지효율로서 냉수, 온수를 제조하여 지역에 열공급을 행한다.

5. 해양에너지 이용시스템(파력·조력발전)

파력에너지를 전력으로 변환하는 시스템은, 많이 제안되고 있지만, 현재 주로 해수의 상하운동, 회전운동을 이용한 방식이 개발되고 있다. 상하운동을 이용한 것으로서는 해표면에서 속이 빈 공기실을 가진 부체를 띄우고, 공기실내의 해수면이 상하하는 것으로 생기는 공기실내와 외의 압력차로서 터빈을 구동하는 방식이다.

조력발전시스템은 하구 등 좁은 입구에 댐을 쌓고, 만조시에 수문을 열어서 해수를 저수지에 모으고, 간조시에 해면수위와 저수지의 수위와의 낙차로서 터빈을 구동하여 발전하는 시스템이다.

6. 해양에너지 이용시스템(해양온도차발전)

저위도 해역의 해표면과 1,000m 심해는 수온차가 20℃정도나며, 그 온도차를 열원으로 하여 이용한다.

· Closed Cycle 식

해표면의 온해수에서 암모니아, 프론 등 저비점의 2차 매체를 가열하여, 증기를 발생시켜 터빈을 구동하여 발전한다. 그 후, 저온의 심해수로 냉각, 복수하여 순환사용한다.

· Open Cycle 식

온해수를 Flush 증발기로서 증발시켜, 그 증기로서 터빈을 구동시킨다. 터빈을 돌린 수증기는 심해수에 의해서 냉각되어 순수한 물로 되어 추출된다.

앞에서 열거한 자연에너지를 이용한 방법 중에서, 우리나라의 관문인 부산항의 입구 심인 조도에 자리 잡고 있는 한국해양대학교의 지역특성을 최대한 살릴 수 있는 해수온도 에너지를 이용한 냉·난방시설에 대하여 다음절에 좀 더 자세히 기술한다.

2.2 해수온도차 냉난방 Power Plant

해수온도차 에너지를 이용한 냉난방시스템은 외기에 비하여 수온이 일정하여, 여름철에는 외기보다 차갑고, 겨울철에는 외기보다 따뜻한 해수를 히트펌프의 열원으로서, 공기열원의 경우보다 높

은 에너지 효율로서 냉수, 온수를 만들어 지역에 열공급을 행하는 것이다. 이것은 냉난방 등에 온도차 에너지를 활용하기 때문에 에너지의 사용을 작게 하고, 환경에 주는 영향도 작게 되는 친환경 클린에너지의 이용시스템이다.

해수온도차 냉난방에 사용되는 시스템은 일반적으로 다음과 같이 구성된다.

1. 해수배관

해수배관은 해수를 취수하여 열공급 플랜트에서 열교환후, 다시 방수하기 위하여 매설되어 사용되는 배관이다. 부식에 강한 재료를 사용하며 처음 매설시 향후 히트펌프의 용량이 증가되더라도 충분한 양의 해수를 취수할 수 있도록 충분한 크기의 관을 사용하는 것이 좋다.

2. 해수취수펌프

해수에 부식되지 않는 재료로 만들어지며, 히트펌프의 부하에 대응하여 해수를 취수한다.

3. 해수 스트레이너

취수구 전면에 네트를 붙여서 큰 쓰레기 등의 진입을 방지하고 있지만, 네트로 막을 수 없는 작은 쓰레기나 해초를 해수취수펌프나 해수열교환기에 유입되지 않도록 하기 위하여, 자동역세기능을 가진 스트레이너(쓰레기 제거장치) 설치한다.

4. 해수열교환기

히트펌프로 해수를 직접 넣지 않고, 해수와 히트펌프 냉각수와의 열교환을 행하기 위하여 해수열교환기를 설치한다. 다수의 얇은 금속플레이트를 겹쳐서, 해수가 흐르는 부분과 히트펌프 냉각수가 흐르는 부분을 교호로 만들어 열교환을 행하는 플레이트 형을 많이 사용한다. 플레이트는 부식이 강한 재질을 사용한다.

5. 히트펌프시스템

물질이 액체에서 기체로 변화하는 현상을 기화라고 하며, 이때 기체로 변화하는 물질은 주위로 부터 열을 빼앗는다. 주위의 물체는 열을 빼앗기기 때문에 냉각된다. 이것과 역으로 물질이 기체에서 액체로 변화하는 현상을 액화라 한다. 기체

에서 액체로 변화하는 물질은 주위에 방열하고, 주위의 물체는 열을 받기 때문에 가열된다.(이때 변화하는 액체나 기체를 냉매라 한다.)

히트펌프는 이러한 원리를 이용하여 냉각이나 가열을 행하는 시스템이다. 해수는 온도가 비교적 낮아서 직접 그 열을 사용하는 것은 곤란하므로, 히트펌프를 이용하여 그 열원으로 사용하게 된다. 해수열원을 이용한 히트펌프시스템은 압축기, 응축기, 팽창밸브, 증발기, 해수열교환기로 구성된다. 난방의 경우 해수를 Heat Source로 하고, 냉방·냉동의 경우는 해수를 냉각수로서 사용한다.

3. 시스템의 기본설계

3.1 열원공급시설의 위치선정

열원공급시설은 해수를 이용하는 히트펌프의 경우 해수 취수구에서 히트펌프까지 최단거리에 위치하여야 하며, 열원의 공급대상지역에서도 최단 거리에 위치하여야만 에너지 이송에 따른 열손실을 최소화 할 수 있다. 따라서 현재 취수구로 예정하고 있는 제1지역 및 제2지역을 고려할 경우에 기숙사(입지관) 앞에 설치하는 것이 가장 유리할 것으로 생각된다.

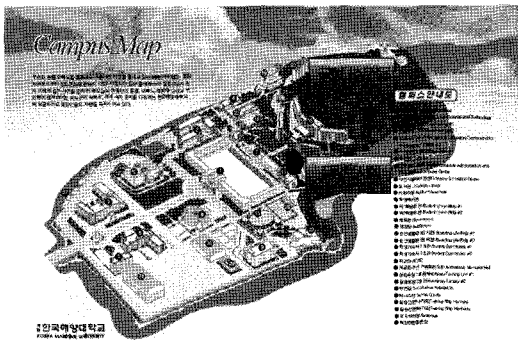


그림 1 플랜트시설의 위치 선정

3.2 해수취수구 위치선정 및 취수방식

해수의 취수구의 위치는 제1안, 제2안 및 제3안으로 다음과 같다. 제1안의 경우에는 해수온도차와 계절에 따라 대기온도와의 차가 크기 때문에

온도차에 대한 큰 이점을 갖고 있으나 여름철 태풍 등에 의한 취수관의 손상 및 항행하는 선박에 대한 안전성 등 다소 문제점을 갖고 있다.

제2안의 경우에는 부산항 내에 위치하고 있어 여름철 태풍 등에 의한 취수관의 손상 및 항행하는 선박에 의한 손상 등에 대하여 안전성은 확보가 가능하나 제1안과 비교하여 해수온도차가 적어 열적인 이점이 작아질 가능성이 있다. 또한 제3안의 경우에는 매우 안정적이긴 하지만 제2안과 비교하여 열적인 손실이 커지는 단점을 갖고 있다. 따라서 안정성 및 해수온도차에 대한 이점 등을 고려하면 제2안을 선택하는 것이 바람직하다고 생각할 수 있다. 그러나 제1안의 경우 취수관의 설치 시에 설치공법의 일부분을 개선하면 제2안 보다 많은 열적인 이점을 얻을 수 있기 때문에 경제성 평가 시에 같이 평가를 하고자 한다.

3.3 열원시스템의 구성

3.3.1 승선생활관 적용시설

현재 한국해양대학교에는 도시가스가 설치되어 있지 않기 때문에 흡수식 히트펌프를 이용하는 냉난방기기의 설치는 경제적으로 큰 이익이 없는 실정이다. 따라서 흡수식 히트펌프 대신에 심야전력을 이용할 수 있는 시스템의 설계가 필요하다. <그림 2>는 일본 후쿠오카의 모모치 지역에 설치되어 있는 시스템을 나타낸다. 일본에 설치되어 있는 시설에서 흡수식 히트펌프를 제외하고 심야전력을 이용할 수 있는 터보냉동기, 냉·온수저장탱크, 빙축열탱크 및 해수열원 교환을 할 수 있는 히트펌프 등으로 시스템을 구성하면 전체적인 효율을 높일 수 있다.

따라서 승선생활관에 적용을 하기 위해서는 다음과 같은 시스템으로 구성하는 것이 가장 효율적인 것으로 생각된다.

- 전동 구동식 터보 냉동기 : 250kW X 3대
- 냉각탑 : 3대
- 냉온수 저장 탱크 : 800m³
- 냉수 저장 탱크 : 500 m³
- 빙축열 저장 탱크 : 100m³ (심야전력사용)

- 해수열원 히트펌프 : 4,000GJ/h X 3대
- 열교환기 형식 : 플레이트형

4. 결 론

해수온도차 이용 냉난방시설의 타당성조사를 위한 계절별 해수온도, 해저지형의 조사 및 시설투자비 등을 고려하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

熱源システムフロー圖 夏期(屋間運転時)

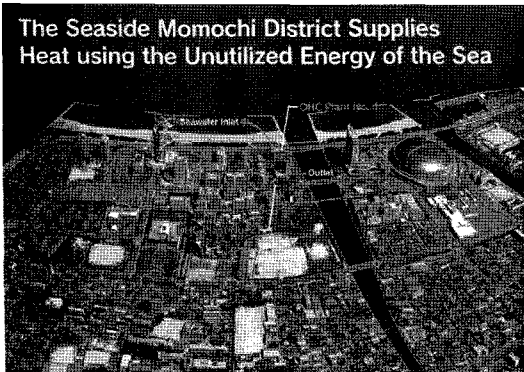
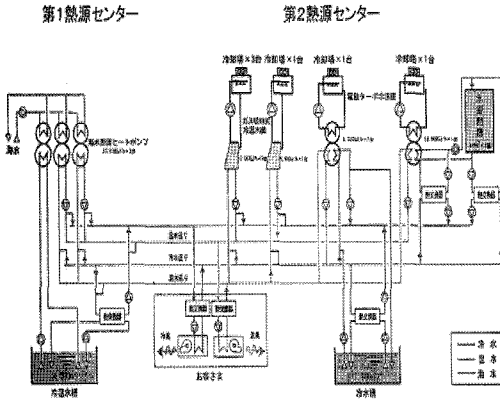


그림 2 일본 후쿠오카의 모모치 지역설치 시설

3.3.2 향후 대학전체 적용시설

향후 대학 전체에 적용할 시설의 경우 일부하가 3,000kW 정도 예상되고 있으며, 공공시설의 이전 계획에 따라 해양연구원이 이전 될 경우에는 3,000kW 이상의 보다 많은 에너지가 소요될 것으로 예측된다. 따라서 해수의 취수를 위한 시설을 3,000kW이상으로 배관을 행함으로써 추가로 증설되는 열 부하에 따른 냉난방기기를 추가하면 대학 전체뿐만 아니라 공공시설의 이전에 따른 냉난방 부하의 증가량도 충분히 공급이 가능할 것으로 판단된다.

1. 해수 취수구의 위치는 제1안~제3안 중 제1안 인 외해에 접한 해역이 해수온도 차가 크기 때문에 가장 적합한 것으로 판단하였다. 또한 수심 15m이하의 해수를 이용하기 때문에 태풍 등에 의한 자연재해에도 안정성이 확보됨을 알았다. 특히 여름철에 냉방효과를 높이기 위해서는 해수성층이 형성되는 수온약층이하의 곳에서 해수를 취수하는 것이 유리하다.

2. 환경영향평가를 통하여 냉난방시설 가동 후 방출되는 해수에 의하여 주변 환경에 영향이 큰 피해가 없음을 알았으며, 방출되는 해수온도와 취수시의 해수온도차를 2℃ 이내로 할 경우에는 해양환경에 전혀 영향이 없음을 알 수 있었다. 또한 설치 후의 환경에 대한 영향을 지속적으로 파악하기 위하여 모니터링이 필요하다.

3. 새로 설치하는 시설(냉난방설비, 취수구 설치 비용, 기계실 및 배관비용)에 대한 경제성 평가를 통하여 초기투자자본의 회수기간을 산정하였으며, 자본회수기간은 9.5년(일본 모모치 지역의 경우 17년)으로 경제성이 높음을 알 수 있다.

4. 해수온도차를 이용하는 해수열원히트펌프를 사용할 경우 우리나라의 해안가에 위치한 소형 건물부터 대형건물까지 모든 건물에 적용이 가능하기 때문에 이후 사업성 및 에너지 절약효과가 클 것으로 생각된다.