

해양 심층수를 이용한 냉방시스템의 경제성 비교분석

박진영[†], 김삼열, 정경식, 남민식

동의대학교 건축설비공학과

An Assessment of Energy Consumption on Deep Sea Water Cooling System

Jin-Young Park[†], Samuel Kim, Kyung-Sik Jung, Min-Sik Nam

Department of Building System Engineering, Dongeui University, Busan 614-714, Korea

ABSTRACT: The alternative energy has lately attracted considerable attention due to the high oil price and environment problem. Deep sea water that is one of the natural energy sources should be getting popular continually to reduce the environment problem. In this study, cooling system of deep sea water using heat exchangers of two hotels where is located in near Hae-undae Bay has been analyzed on the quantity of electricity comparison between existing cooling system and deep seawater cooling system. As shortly, the results of study showed that the first building approximately saves 370 millions won per year, also the second building saves 248 millions won per year. It means that the cooling system by using deep sea water has great worth to reduce the ratio of fossil fuel.

Key words: Deep Sea Water(해양 심층수), Heat Exchanger(열교환기), Fossil Fuel(화석연료)

1. 서론

지구온난화와 기후변화협약 등 급변하는 세계정세와 산업화의 확산으로 인한 에너지 자원의 고갈에 능동적으로 대처하기 위해서는 현재 사용되고 있는 1차 에너지의 사용을 최대한 줄이면서 최근 대두되고 있는 환경 친화적인 에너지 이용기술의 개발 및 도입이 요구된다.

최근에 고유가와 환경문제로 인해 대체 에너지에 대한 중요성이 대두되면서 일부 선진국에서는 이미 해양심층수를 이용한 대체에너지 연구가 한창 진행 중이다.

국내에서도 최근 해양심층수를 대체에너지로의

활용 연구와 적용사례가 증가하는 추세이다. 이러한 점에서 볼 때 해양심층수의 저온특성을 이용한 냉방은 충분한 경제성과 가치성이 있다고 생각된다.

이 논문에서는 해양심층수의 저온성 에너지 이용방식에 대하여 알아보고 기존의 화석연료를 이용한 건물에 적용시켜 두 시스템의 에너지 사용량을 분석하여 해양심층수의 이용 가능성을 알아보고자 한다.

2. 해양심층수의 이론적 고찰

2.1 해양심층수의 정의

해양심층수란 태양광이 도달하지 않는 수심 200m 이상의 깊은 곳에 존재하는 바닷물로써 유기물이나 병원균 등이 거의 없을 뿐 아니라 연중

[†] Corresponding author

Tel.: +82-51-890-2443; fax: +82-51-890-2625

E-mail address: icdie00@naver.com

Table 1 Temperature of Deep Water and HVAC Type

Type	Deep Water Temp.	HVAC Type
Direct	Below 10°C	Heat Exchange ⇒ Convection Cooling
	10~17°C	Heat Exchange ⇒ Emission Cooling
Indirect	15~20°C	Refrigerator ⇒ Convection Heating/Cooling
		Heat Pump ⇒
		Emission Heating/Cooling

안정된 저온을 유지하고 있으며, 해양식물의 생장에 필수적인 영양염류가 풍부하고 미네랄 균형성이 양호한 해수자원을 가리킨다.

2.2 해양심층수를 이용한 냉방

해양심층수의 저온을 이용한 냉방방식은 자연에너지 활용의 한 수단으로써 평가되고 있다. 1980년대 중반에 하와이 주립 자연에너지 연구소에서 시작되었는데, 이 방법의 사용으로 전력 소비량이 상당히 낮아진 것으로 알려져 있다.

심층수는 취수지역이나 심도, 취수온도에 따라 이용되는 방식은 Table 1과 같이 설명이 가능하다.

Table 2 A Building Summary

Type	Hotel		
Number of floors	6 stories below, 22 above the ground	Building area	102,319 m ²
Equipments			
common system	Absorption Chiller(1EA) : 680 USRT		
	Cooling tower(4EA) : 1,457.3 USRT		
	Cooling water pump(2EA) : 220 kw		
	Chilled water pump(2EA) : 110 kw		
	steam boiler(4EA) : 27 ton		
	Hot-water pump(3EA) : 16.5 kw		
	Heating water pump(8EA) : 5.22 kw		
existing system	Absorption Chiller(3EA) : 1,860 USRT		
	Cooling tower (4EA) : 3,616.57 USRT		
	Cooling water pump (4EA) : 440 kw		
	Chilled water pump (4EA) : 220 kw		
deep sea water system	User Supply Temperature : 6.6°C		
	Heat Exchanger (4EA) : 1,800 USRT		
	Deep sea water pump (4EA) : 440 kw		

Table 3 B building Summary

Type	Hotel		
Number of floors	6 stories below, 17 above the ground	Building area	53,147 m ²
Equipments			
common system	Absorption Chiller(2EA) : 200 USRT		
	Cooling tower(4EA) : 940.14 USRT		
	Cooling water pump(4EA) : 200 kw		
	Chilled water pump(4EA) : 88 kw		
	steam boiler(3EA) : 13 ton		
	Hot-water pump(2EA) : 22 kw		
	Heating water pump(2EA) : 11 kw		
existing system	Absorption Chiller(2EA) : 900 USRT		
	Cooling tower (2EA) : 1,653.44 USRT		
	Cooling water pump (3EA) : 279 kw		
deep sea water system	Chilled water pump (3EA) : 66 kw		
	User Supply Temperature : 6.6°C		
	Heat Exchanger (3EA) : 926 USRT		
	Deep sea water pump (3EA) : 279 kw		

3. 대상건물 평가

3.1 건물개요

해양심층수를 이용한 냉방시스템의 경제성을 분석하기 위해서 심층수 취수 가능지역으로 부산 해운대 해안 지역을 선정하여 Table 2, 3과 같이 해안가 근처의 호텔 건물을 모델로 하여 경제성 평가를 도출하고자 한다.

3.2 에너지 절약량 산출을 위한 자료

3.2.1 에너지 절약량 도출식

프로그램을 통해 나타나게 될 에너지 절약량을 금액으로 환산하기 위해서 감소된 가스 사용량과 증가된 전기 사용량을 도출하여 그 단위를 통일시킨 후 차를 구하여 금액으로 환산 시킬 것이다.

즉, 에너지 절약량 = 감소된 가스 사용량 - 증가된 전기 사용량으로 나타낼 수 있다.

3.2.2 절약량 환산

전기 사용량과 가스 사용량의 단위가 다르기 때문에 에너지 사용량의 증감을 나타내기 위해 동일한 단위로 통일 시킬 필요가 있다.

Table 4 Existing Electricity Consumption in A Building

Type Mon	Space Cool	Heat Reject	Vent, Fans	Pumps & Aux	Misc, Equip	Total
1	0	0	0.45	0	0.04	0.49
2	0	0	0.42	0	0.04	0.46
3	0	0	0.48	0	0.04	0.52
4	0.05	0	0.46	0.04	0.04	0.59
5	0.19	0	0.47	0.12	0.04	0.82
6	0.32	0.01	0.46	0.16	0.04	0.99
7	0.48	0.01	0.47	0.17	0.04	1.17
8	0.58	0.04	0.48	0.18	0.04	1.32
9	0.36	0.06	0.45	0.17	0.04	1.08
10	0.20	0.01	0.47	0.12	0.04	0.84
11	0.02	0	0.44	0.02	0.04	0.52
12	0	0	0.47	0.01	0.04	0.52
Total	2.2	0.13	5.52	0.99	0.48	9.32

(unit : kWh×000,000)

1[kWh]를 [kcal]로 나타내면 859.8[kcal]로 나타낼 수 있다. 그리고 가스 1[m³]은 10,500[kcal]로 환산하여 나타낼 수 있는데 가스 1[m³]의 가격은 대한 도시가스에서 공급하는 산업용 가스의 요금인 550[원]을 적용하고자 한다.

3.3 각 건물의 에너지 사용량의 시뮬레이션 평가

두 건물의 에너지 사용량을 분석하기 위해서 현 상태에서의 에너지 사용량을 측정하고 심층수를 적용 하였을 경우의 에너지 사용량을 측정하였다.

3.3.1 대상건물-A의 전기 및 가스량 비교

건물의 세부사항과 eQUEST 프로그램을 이용하여 대상건물-1의 기존 에너지 사용량과 심층수 적용 시 에너지 소모량을 산출하였다.

Table 4는 eQUEST 프로그램을 사용하여 대상 건물-A의 기존 전기 사용량을, Table 5는 심층수 적용 시 전기 사용량을 계산한 값이다. Table 4, 5를 비교해 보게 되면 다른 부분은 변화가 없지만, 냉수·냉각수 펌프에 관한 전기 사용량이 0.99×10^6 kWh에서 1.18×10^6 kWh로 상승하였다. 이것은 흡수식 냉동기 사용시보다 펌프의 용량이 더

Table 5 Electricity Consumption of Deep Water Use in A Building

Type Mon	Space Cool	Heat Reject	Vent, Fans	Pumps & Aux	Misc, Equip	Total
1	0	0	0.45	0	0.04	0.49
2	0	0	0.42	0	0.04	0.46
3	0	0	0.48	0	0.04	0.52
4	0.05	0	0.46	0.05	0.04	0.6
5	0.19	0	0.47	0.14	0.04	0.84
6	0.32	0.01	0.46	0.19	0.04	1.02
7	0.48	0.01	0.47	0.20	0.04	1.2
8	0.58	0.04	0.48	0.21	0.04	1.35
9	0.36	0.06	0.45	0.20	0.04	1.11
10	0.20	0.01	0.47	0.15	0.04	0.87
11	0.02	0	0.44	0.03	0.04	0.53
12	0	0	0.47	0.01	0.04	0.52
Total	2.2	0.13	5.52	1.18	0.48	9.51

(unit : kWh×000,000)

커진 것을 뜻한다. 즉, 사용증가량은 190×10^3 kWh이다.

다음은 가스 사용량을 나타낸 것이다. Table 6은 대상건물-A의 가스사용량을 표로 나타낸 것이고 Table 7은 심층수를 적용 시켰을 경우의 가스 사용량인데 두 표는 [Space Cool] 부분에서 차이가 나는 것을 알 수 있다.

Table 6 Existing Gas Consumption in A Building

Type Mon	Space Cool	Space Heat	Hot Water	Total
1	0	16.49	5.4	21.89
2	0	13.81	5.1	18.91
3	0	13.31	5.7	19.01
4	0	9.56	5.5	15.06
5	0.16	6.47	5.6	12.23
6	2.08	4.05	5.3	11.43
7	7.42	2.03	5.3	14.75
8	10.64	0.72	5.2	16.56
9	3.34	3.19	4.7	11.23
10	0	6.14	4.9	11.04
11	0	10.39	4.8	15.19
12	0	14.11	5.2	19.31
Total	23.64	100.27	62.7	186.61

(unit : Btu×000,000,000)

Table 7 Gas Consumption of Deep Water Use in A Building

Type Mon	Space Cool	Space Heat	Hot Water	Total
1	0	15.69	5.4	21.09
2	0	13.16	5.1	18.26
3	0	12.63	5.7	18.33
4	0	8.91	5.5	14.41
5	0	5.85	5.6	11.45
6	0	3.71	5.3	9.01
7	0	2.50	5.3	7.8
8	0	1.65	5.2	6.85
9	0	3.08	4.7	7.78
10	0	5.49	4.9	10.39
11	0	9.77	4.8	14.57
12	0	13.41	5.2	18.61
Total	0	95.85	62.7	158.55

(unit : Btu×000,000,000)

기존 가스 사용량과 심층수 적용 시의 가스 사용량에서의 차이점은 흡수식 냉동기가 하는 역할을 심층수 냉방방식으로 하기 때문에 흡수식 냉동기에 소모되는 가스사용량 만큼의 절약 효과가 있다.

여기서 얻은 자료를 토대로 분석하여 보면 대상 건물-A의 전기 사용량은 $190 \times 10^3 \text{kWh}$ 이 증가하였고, 가스 사용량은 $23.64 \times 10^9 \text{Btu}$ 만큼 감소하였는데, 즉 $8,222 \times 10^3 \text{kWh}$ 만큼의 에너지 절감효과가 있었다.

증가된 전기량과 감소된 가스량을 합하면 대상 건물-1의 에너지 증감량이 나타나는데, 대상 건물-A에서는 에너지 감소가 나타났다. $8,032 \times 10^3 \text{kWh}$ 정도의 감소는 연간 약 3억 6천만원 정도의 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

3.3.2 대상건물-B의 전기 및 가스량 비교

대상건물-A와 마찬가지로 데이터를 이용하여 전기와 가스량을 산출, 비교하였다.

Table 8, 9에서 나타나듯이 대상건물-B 또한 다른 사항은 변화가 없지만 냉수·냉각수 펌프의 전기 사용량만 $509.2 \times 10^3 \text{kWh}$ 에서 $553.4 \times 10^3 \text{kWh}$ 로 전기 사용량이 증가한 것을 알 수 있다.

Table 8 Existing Electricity Consumption in B Building

Type Mon	Space Cool	Heat Reject	Vent, Fans	Pumps &Aux	Misc, Equip	Total
1	0	0	170.8	7.7	27.7	206.2
2	0	0	154.2	7.0	25.0	186.2
3	0	0	170.8	7.7	27.7	206.2
4	13.1	0	165.2	17.3	26.9	222.5
5	71.0	0	170.8	51.1	27.8	320.7
6	143.1	1.2	165.2	78.7	26.7	414.9
7	266.1	11.2	170.8	89.3	27.8	565.2
8	374.6	20.9	170.8	91.5	27.7	685.5
9	176.9	3.4	165.2	84.5	26.8	456.8
10	79.3	0.1	170.8	55.2	27.8	333.2
11	5.1	0	165.2	11.3	26.7	208.3
12	0.2	0	170.8	7.9	27.7	206.6
Tot -al	1,129. 4	36.8	2,010. 6	509.2	326.3	4,012. 3

(unit : kWh×000)

Table 9 Electricity Consumption of Deep Water Use in B Building

Type Mon	Space Cool	Heat Reject	Vent, Fans	Pumps &Aux	Misc, Equip	Total
1	0	0	170.8	7.7	27.7	206.2
2	0	0	154.2	7.0	25.0	186.2
3	0	0	170.8	7.0	27.7	205.5
4	13.1	0	165.2	18.4	26.9	223.6
5	71.0	0	170.8	55.8	27.8	325.4
6	143.1	1.2	165.2	86.1	26.7	422.3
7	266.1	11.2	170.8	98.2	27.8	574.1
8	374.6	20.9	170.8	100.7	27.7	694.7
9	176.9	3.4	165.2	92.5	26.8	464.8
10	79.3	0.1	170.8	60.2	27.8	338.2
11	5.1	0	165.2	11.8	26.7	208.8
12	0.2	0	170.8	8.0	27.7	206.7
Tot -al	1,129. 4	36.8	2,010. 6	553.4	326.3	4,056. 5

(unit : kWh×000)

Table 10 Existing Gas Consumption in B Building

Type Mon	Space Cool	Space Heat	Hot Water	Total
1	0	8.40	2.02	10.42
2	0	6.60	1.88	8.48
3	0	5.49	2.14	7.63
4	0.21	3.06	2.08	5.35
5	1.27	1.44	2.11	4.82
6	2.68	0.53	2.00	5.21
7	4.25	0.15	2.00	6.40
8	5.69	0.03	1.91	7.63
9	3.05	0.33	1.78	5.16
10	1.36	1.42	1.83	4.61
11	0.08	4.15	1.80	6.03
12	0	6.47	1.92	8.39
Total	18.59	38.07	23.47	80.13

(unit : Btu×000,000,000)

Table 11 Gas Consumption of Deep Water Use in B Building

Type Mon	Space Cool	Space Heat	Hot Water	Total
1	0	8.18	2.02	10.20
2	0	6.40	1.88	8.28
3	0	5.27	2.14	7.41
4	0	2.92	2.08	5.00
5	0	1.55	2.11	3.66
6	0	0.72	2.00	2.72
7	0	0.31	2.00	2.31
8	0	0.08	1.91	1.99
9	0	0.51	1.78	2.29
10	0	1.52	1.83	3.35
11	0	3.97	1.80	5.77
12	0	6.25	1.92	8.17
Total	0	37.68	23.47	61.15

(unit : Btu×000,000,000)

대상건물-B 또한 마찬가지로 심층수 냉방시스템 적용으로 냉방에 소모되는 가스량은 없는 것으로 나타났다.

도출된 자료를 토대로 대상건물-B의 에너지 변화량을 분석하여 보면, 전기량은 44.2×10^3 kWh가 증가하였고, 가스 사용량을 비교해 보면 가스량은 18.59×10^9 Btu 만큼 감소하였는데, 이것은 $5,562 \times 10^3$ kWh로 나타낼 수 있다. 대상건물-B 또한 전

기 증가량과 가스 감소량을 합하면 $5,517.8 \times 10^3$ kWh 만큼의 에너지가 감소한 것을 알 수 있는데 이를 금액으로 환산하면 연간 약 2억 5천만원의 절감효과를 기대할 수 있다.

4. 결론

두 건물을 대상으로 한 모의실험에서 흡수식 냉동기 대신에 심층수를 이용한 냉방시스템을 도입하였을 경우 일정량의 에너지를 절약할 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 현재 심층수를 이용한 냉방시스템 도입 시 필요한 초기 투자비를 정확히 알 수는 없다. 하지만 일정 기간이 지난 후에는 초기 투자비를 회수 할 수 있음을 본 시뮬레이션 실험을 통해 증명할 수 있었다. 그리고 한 건물에 적용하였을 경우에는 에너지 절약을 기대하기 힘들지만, 열병합 발전 설비처럼 많은 건물에 적용하게 된다면 더 많은 에너지 절약을 기대 할 수 있다.

심층수를 이용한 냉방시스템의 특성 중의 하나로써 취수를 이용한 펌프설비만 용량에 맞게 갖추어 설비하게 되면 한 건물에 적용시키기 위해 취수관을 설치할 때와 여러 건물에 적용시키기 위해 취수관을 설치할 경우 투자비의 차이는 크지 않다. 왜냐하면 분기관을 설치하는 것으로 다른 건물에서 심층수를 이용할 수 있기 때문이다. 더군다나 무한한 바다자원을 이용하기 때문에 취수와 건물 공급에 필요한 전력만 있으면 특별히 에너지를 위한 비용 소모는 없다.

태양열을 이용한 시스템을 도입할 경우나, 열병합 발전 설비를 설치 할 경우 국가보조금이 나와 그 시스템을 이용하는 사업자에게 초기 투자비에 대한 부담을 줄여 주는 방법이 적용되고 있다. 이처럼 해양 심층수를 이용하여 냉방을 할 경우에도 국가보조금이 있게 된다면 사업자들의 투자비에 대한 부담이 더욱 줄게 되어 투자비 회수기간은 더욱 짧아지게 된다.

해양심층수는 취수 위치에 대한 제약이 따른다. 하지만 우리나라의 삼면이 바다인 특성을 잘 이용하면 이러한 제약도 어느 정도 해결 될 것이라고 본다.

현재 우리나라에서는 해양 심층수에 대한 냉방 기술의 개발 및 연구가 미흡한 상태이다. 앞으로 많은 기술의 발전이 있게 되어 심층수를 이용한 냉방이 많은 건물에 적용이 된다면 많은 에너지

자원의 절약이 가능하고, 무한한 에너지 자원인 만큼 비용의 절약도 기대할 수 있다.

참고 문헌

1. 中島敏光, 2005, Development and Utilization of Sea Deep Water, Singisul
2. Makai Ocean Engineering, inc, 2006, A Technical and Economic Feasibility Assessment of a Deep Sea Water District Cooling System at Tomon Bay, Gaum
3. Huchita Daiske, Dakahasi Masauki, 2007, Sea Deep Water Utilization : From Basis To Practice · Training, Bookmedia
4. Nakagawha Kazhiro, 2005, Water of life, Sea Deep Water, Ajin
5. Project Planning Phase Tutorial, 2001, Lake Source Cooling at Cornell University
6. Ferraro Choi And Associates, 2007, Hawaii Gateway Energy Center, Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority (NELHA),
7. <http://cafe.naver.com/dswstudy.cafe>
8. <http://www.dahancitygas.com>