

## 사례 분석을 통한 해양심층수의 지역냉방시스템 적용 방안

진수휘\*, 박진영\*\*, 김삼열\*\*\*, 김현주\*\*\*\*

\*동의대학교 대학원 건축공학과(syrepid2@nate.com), \*\*동의대학교 대학원 건축공학과(icdie00@naver.com),  
\*\*\*동의대학교 건축설비공학과(skim@deu.ac.kr), \*\*\*\*한국해양연구원(hykim@moeri.re.kr)

### Application of District Cooling System for Deep Ocean Water by Case Study

Jin, Su-Hwuy\*, Park, Jin-Young\*\*, Kim, Samuel\*\*\*, Kim, Hyeon-Ju\*\*\*\*

\*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Dongeui University(syrepid2@nate.com),  
\*\*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Dongeui University(icdie00@naver.com),  
\*\*\*Dept. of Building System Eng., Dongeui University(skim@deu.ac.kr),  
\*\*\*\*Korea Ocean Research & Development Institute(hykim@moeri.re.kr)

#### Abstract

---

The development of new energy has attracted consideration attention due to the high oil price and environmental problems. In advanced country, they have tried to carry out a long range plan for energy. We need to develop new energy for Low Carbon Green Growth in Korea.

The building is 30% among ratio of energy consumption in Korea. And in the past, heating energy was high ratio for energy using at home. But recently, the demand for cooling energy keeps growing due to rising average temperature on the earth and improvement of life quality. In this situation, the energy of lake water and ocean water has studied to utilize in advanced country because of low temperature at underwater. But the study for deep water is still a lot left to do.

In this study, we analyzed district cooling system and the present condition. Analyzing the deep lake water cooling system in Toronto, we found an application of district cooling system using deep ocean water.

Deep lake water uses heat source for district cooling and water source for city in Toronto. So reducing the initial cost, this city had economic effect. When DLWC was applied at existing building, the heat exchanger was installed instead of cooling tower and refrigerator. And the heat exchanger used to connect main pipe with cool water on city. System using deep ocean water can be applied as a similar way to supply cool water from lake to building.

Keywords : 해양심층수(Deep ocean water), 지역냉방(District cooling), 호수냉방(Deep lake water cooling), 신재생에너지(New & renewable energy)

---

## 1. 서 론

지구온난화, 오존층파괴, 화석연료의 고갈, 기후변화협약 등으로 인하여 신재생에너지 및 미활용에너지의 활용에 대한 관심이 커지고 있다. 이에 선진국에서는 장기적인 국가 에너지 정책을 수립하여 이를 이행하기 위해 다각적으로 노력하고 있다. 국내에서도 2008년 “저탄소 녹색성장” 정책을 발표함으로써 환경친화적인 에너지 이용기술 개발 및 보급 확대를 추구하고자 하고 있다.

국내의 에너지소비 비율 중 건축물에서 사용되고 있는 에너지 사용량이 30%정도를 차지하고 있어 새로운 에너지원 개발이 시급한 실정이다. 또한 기존 건축물에서는 난방이 차지하는 에너지의 비율이 높았으나 지구온난화로 인하여 기온의 상승, 거주자들의 삶의 질이 높아짐에 따라 쾌적성에 대한 요구가 증가하여 냉방에너지에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다.

이러한 상황에서 선진국에서는 호수나 해수가 가지고 있는 저온의 심층수를 활용하고자 하는 방안이 적극적으로 연구되고 실용화를 이루고 있다. 그러나 국내의 경우 심층수에 대한 연구가 다른 선진국에 비하여 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 심층수를 경제적으로 활용할 수 있는 지역냉방에 대하여 알아보았다. 또한 국외의 심층수 이용 사례 중 캐나다의 토론토 호수 이용 냉방시스템을 분석하여 국내의 해양심층수를 이용한 지역냉방시스템의 적용 방안에 대해서 알아보하고자 하였다.

## 2. 지역냉방에 대한 이론적 고찰

### 2.1 지역냉방 시스템

해양심층수를 에너지원으로 사용하기 위해서는 취수시설에 따른 초기투자비용이 화석에너지원에 비하여 많이 소비되기 때문에 단

일 건물에 적용하는 것보다는 지역단위로 적용하는 것이 경제적인 것으로 사료된다.

국내의 지역냉방은 대규모 냉방열원에서 생산된 냉수를 냉수배관을 통하여 일괄적으로 공급하는 “냉수직접공급방식”과 각 건물에 중온수 흡수식 냉동기를 설치하고, 지역난방 열원시설로부터 중온수를 공급받아 냉방하는 시스템으로 열을 공급하는 방식인 “중온수 공급방식”으로 분류할 수 있다.

두 가지 방식 모두 대규모의 집중화된 열생산시설로부터 에너지를 공급받기 때문에 에너지 및 대기오염물질의 체계적인 관리가 가능하다는 장점이 있다.<sup>1)</sup>

본 연구에서는 저온의 해양심층수를 열원으로 하여 열교환기를 통하여 지역의 각 열원 수요처로 공급하는 직접 공급 방식을 분석하여 이에 대한 적용방안을 알아보하고자 한다.

### 2.2 국내 지역냉방 보급현황<sup>2)</sup>

2006년 말을 기준으로 전국 433개 건물에서 지역냉방을 사용하고 있으며, 대부분 중온수를 공급받아 건물 내의 중온수 흡수식 냉동기를 가동하여 냉방하는 중온수 공급방식을 적용하고 있다. 냉수 직접공급방식의 지역냉방은 한국지역난방공사의 상암DMC사업장에서 현재 운영중이고, 동남권 유통단지 와 고양시 국제전시장 단지는 건설 중이다.

그리고 주택냉방용(공용부분 포함)으로 지역난방 중온수가 공급된 사례는 2007년 6월 30일 기준의 한국지역난방공사 지사별 사용자 현황에 의하면 3개 사용자 2,238 USRT이고, 2006년 7월 안산시 사동에 위치한 “푸른마을 3단지” 106세대가 안산도시개발로부터 중온수를 공급받아 단위세대 냉방용으로 시범 사용하고 있다.

1) 김상훈, 변운섭, 지역냉방 공동주택 적정 냉방부하 산정, 대한설비공학회 하계학술발표대회, 2008, pp643~649

2) 김상훈, 변운섭, 공동주택 지역냉방 단위세대 설비최적화, 설비저널 제 37권 제6호, 2008.06, pp.39~44

### 3. 토론토 지역냉방 사례분석

캐나다 토론토에서는 에너지절약을 위하여 호수심층수를 이용한 지역냉방시스템(Deep Lake Water Cooling, 이하 DLWC)을 사용하였으며, 그에 대한 경제적인 효과를 높이기 위하여 열교환한 호수물을 상수원으로 이용하였다. 이에 대한 분석은 다음과 같다.

#### 3.1 토론토 지역냉방 시스템

##### (1) 토론토 지역냉방 시스템 개요

토론토에서는 도심의 냉방을 대체하기 위하여 호수심층수를 이용한 지역냉방시스템을 Enwave와 함께 개발하였다. 지역냉방시스템의 개요는 그림 13)과 같다.

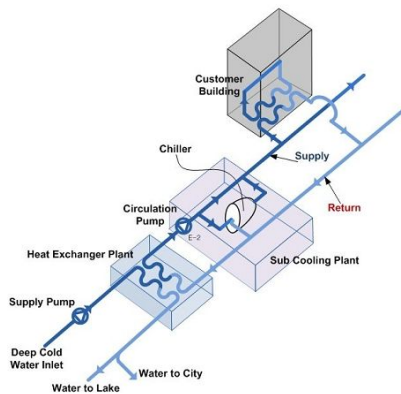


그림 1. 심층냉수 이용 냉방시스템 개념도

도시로 호수심층수를 끌어들이기 위한 세 개의 취수관은 약 5km 떨어진 온타리오호의 수심 83m에 설치되어 있으며, 이 곳에서 4°C의 물을 끌어올린다. 호수심층수는 도시의 존스트리트 펌프시설로 가도록 설계되어 있다.

차가운 호수심층수와 도시의 폐쇄된 루트의 급수 시설 사이에는 열교환을 위하여 열교환기가 설치되어 있다. 호수심층수는 도시

측 물과 열교환을 할 때 4.4°C에서 12.5°C로 온도가 변화하고, 도시측 물은 8.1°C로 열교환을 하게 된다. 도시와 호수측의 물은 물 그 자체의 교환이 아닌 열에너지만이 변화할 수 있도록 설계되었다.

또한 호수로부터 끌어들이는 물은 도시의 상수원으로 이용하기 위하여 존스트리트 펌프 시설에 의하여 상수도 배관으로 연결이 된다.

##### (2) DLWC의 효과

토론토에서의 DLWC를 적용하였을 경우 일반 냉동기에 비하여 90%의 전기가 절감되었으며, 온타리오의 전력망에서부터 61MW보다 더 많은 양이 절약되었다. 오존에 영향을 미치는 CFC와 HCFC를 줄일 수 있었다. 그리고 79,000톤의 CO<sub>2</sub>를 공기 중에서 제거할 수 있었으며, 이는 도로에 15,800대의 자동차가 배출하는 양과 동일하다.

토론토 구시청 건물에 2007년부터 2056년 50년간 DLWC를 적용하였을 때 초기투자비용을 현재가치로 산정해본 결과 DLWC는 \$ 2,762,798이며 냉동기는 5,007,160으로 약 두 배 정도 차이나는 것으로 나타났다. 자연에너지를 사용하여 에너지비용 및 온실가스 방출량이 적은 DLWC을 고려한다면 더욱 큰 경제적인 효과를 얻을 수 있으리라 사료된다.

또한 온타리오 호수에서 끌어올린 물은 열 에너지를 이용하기 위하여 더욱 깊은 곳에서 깨끗한 심층수이기 때문에 이를 상수원으로 이용하여 더욱 깨끗한 물을 시민들에게 제공할 수 있다.

##### 3.2 토론토 지역냉방 시스템의 건물 적용

메트로홀은 토론토 존스트리트 55번가에 위치하고 있는 건물로써 그림 2와 같이 도시를 나타내는 대표적인 건물이다.

3) 이진성, 심층냉수 특성분석 및 지역냉방시스템에의 적용, 한양대학교 학위논문, 2010, pp.97



그림 2. 메트로홀의 전경

### (1) 메트로홀 개요

28층의 사무소 건물인 메트로홀은 내부에 어린이보호소와 도서관 등을 가지고 있으며, 완공 후 약 15년 정도가 되었다. 그리고 이 건물은 전체바닥면적이 71,802㎡이다.

또한 1990년대 중반에 에너지 효율에 대하여 The Building Owners and Managers Association(BOMA) Award를 수상하여 건물의 에너지 절약의 효과를 입증받은 건물이다.

### (2) 메트로홀 냉방시스템

메트로홀의 냉방시스템은 1,050톤의 중앙 냉방시설로 구성되어 있으며, 냉동기는 CFC R11을 사용하고 있어 친환경적인 건물로 개선하기 위하여 시스템에 대한 교체가 필요하였다. 이에 메트로홀의 냉방수요를 만족시킬 수 있는 여러 대안 중 DLWC를 선택하여 냉방시스템을 구성하였다. DLWC를 적용하기 위한 전체적인 프로젝트의 개요는 표 1과 같다.

표 1. 메트로홀 프로젝트 개요

구분	내용
프로젝트 완공	2006.06
전체 프로젝트 비용	\$ 2.9 mil
실제 전기 절감	3,000 MWh/yr
CO <sub>2</sub> 방출 절감	732 tonnes/yr

건물로 공급하는 DLWC 시스템의 냉수는 토론토 주위에 위치하고 있는 온타리오호 표면에서 83m 깊이에서 차가운 냉수를 취수관을 통하여 공급한다. 냉수는 존스트리트 펌프시설로 들어가 열교환기를 통하여 호수측 냉수배관과 도시에서 열원으로 사용되어질 단힌 물 순환 루프배관 사이에서 열교환이 이루어진다.

메트로홀에 DLWC를 적용하기 위해서는 우선 기계실에 도시 전체의 열원배관과 건물에서의 열원배관 사이에 열교환을 위하여 두 개의 열교환기를 설치하였다. 새로 설치된 열교환기와 DLWC를 연결하여 냉방에 필요한 열원을 공급받는다. 또한 기존 설치되어 있던 냉동기와 냉각탑을 제거하고 공간 확보를 위하여 냉열 저장소가 제거되어졌다. 그 외 건물의 냉방시스템은 열교환기 시스템에 맞도록 변경을 통하여 이용할 수 있었다.

### (3) 메트로홀 DLWC 적용효과

메트로홀에서 DLWC를 적용하였을 경우 얻을 수 있는 효과는 기존 냉동기보다 90% 절약된 연간 3백만 kWh의 전기 수요를 줄일 수 있다. 이를 통하여 도시 중심가에 집중된 전기 수요에 대한 압박을 감소시킬 수 있다.

그리고 내구연한이 DLWC는 50년임에 반해 기존 냉동기는 25년 정도이므로 기기의 수명이 더 길어 교체비용이 줄어든다. 또한 도시의 녹색동력 목표를 만족시킬 수 있으며, 전기수요와 공기오염물질을 줄임으로써 환경적으로 긍정적인 효과와 건강상의 이점을 얻을 수 있다.

## 4. 해양심층수 지역냉방 적용 방안

국내의 해양심층수를 통한 지역냉방의 적용 방안을 알아보기 위하여 유사 열원인 호수 심층수를 이용한 토론토의 지역냉방시스템을 분석하였다.

### 4.1 해양심층수 지역냉방 시스템

해양심층수는 연중 4°C 정도의 수온을 유지하기 때문에 호수의 심층수와 비슷한 열에너지를 가지고 있다. 이를 국내 도시에 적용하기 위해서는 토론토와 유사한 방식으로 바다에 취수관을 설치하여 해양심층수를 취수한 후 도시 연안에 열교환시설로 보낸다. 취수관에서 끌어올린 해양심층수를 열교환기를 통하여 도시의 배관과 열교환하여 해수를 사용하지 않고 저온성의 열에너지만을 사용한다. 해양심층수를 직접적으로 도시의 열원으로 사용하지 않고 도시의 배관망과 열교환하여 사용하기 때문에 해수로 인한 배관의 부식이 적어진다.

또한 취수된 해양심층수는 표층수에 비하여 깨끗하고 유익한 물질을 많이 포함하고 있어 바다로 직접 보내지 않고 어류 양식, 화장품 및 식수 등의 개발에 사용된다면 에너지 이용뿐만 아니라 다른 경제적인 활동도 가능하기 때문에 초기투자비에 대한 부담도 많이 줄어들 것으로 사료된다. 그리고 화석연료의 사용을 줄여 친환경적인 에너지 사용을 유도할 수 있다.

#### 4.2 해양심층수 지역냉방 건물 적용 방안

해양심층수를 열원으로 하는 지역냉방시스템을 건물에 적용하기 위해서는 작은 단위의 주택보다는 대규모의 건물이나 시설에 적용하는 것으로서 초기투자비용, 유지관리비용을 줄일 수 있을 것이다. 또한 각 사용처에는 해양심층수와 열교환된 도시배관이 연결되어야 한다.

신축 건물의 경우 해양심층수와 열교환된 도시의 주배관과 열교환하기 위한 열교환기를 각 건물의 기계실에 설치를 해야 한다. 기존 건물의 경우 기존에 설치되어 있던 냉동기 및 냉각탑을 제거한 후 열교환기를 설치하여 주배관과 연결하여 열교환된 냉매를 열원으로 사용하며, 그에 따른 주변 장치만 변경함으로써 해양심층수를 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

해양심층수를 열원으로 하는 지역냉방시스템을 적용하기 위하여 그와 유사한 방식인 캐나다 토론토의 호수 냉방 시스템을 분석하여 그에 따른 적용방안을 알아보았다.

- (1) 해양심층수를 경제적으로 적용하기 위해서는 단일 건물보다는 규모가 큰 지역냉방 시스템으로 가는 것이 경제적인 것으로 사료된다.
- (2) 캐나다 토론토의 DLWC를 분석해 본 결과 저온의 특성을 가진 호수 심층수를 열원뿐만 아니라 상수원으로도 사용하여 초기투자비용에 대한 부담을 줄임으로써 경제적인 효과를 얻었다.
- (3) DLWC를 기존 건물에 적용할 경우 기존 냉동기와 냉각탑의 제거 후 열교환기로 설치하고 도시의 주배관과 연결하여 기존 건물의 냉방시스템을 변경을 최소화함으로써 시공이 용이하였다.
- (4) 토론토의 DLWC를 분석한 결과 해양심층수를 열원으로 지역냉방시스템을 적용할 경우에도 취수관부터 도시의 각 수요처에 공급하는 방식 및 기존 건물에의 적용방식을 유사하게 적용할 수 있다고 사료된다.
- (5) 또한 취수된 해양심층수를 열교환 후 직접 바다로 보내지 않고 어류 양식, 담수화를 통한 식수 개발 등과 같이 다양한 산업분야로 적용하게 된다면 해양심층수 취수설비에 들어가는 초기투자비용을 줄일 수 있어 적용이 용이할 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 국토해양부가 지원하는 “해양심층수의 에너지 이용기술 개발” 성과 중 일부이며, 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 김상훈, 변운섭, 공동주택 지역냉방 단위 세대 설비최적화, 설비저널 제37권 제6호, 2008.06
2. 김상훈, 변운섭, 지역냉방 공동주택 적정 냉방부하 산정, 대한설비공학회 하계학술 발표대회, 2008, pp643~649
3. 박진영 외 3명, 해양심층수를 이용한 냉방시스템의 LCC 평가, 한국태양에너지학회 학술발표대회, 2010
4. 백승효 외 5명, 지역냉방 도입을 위한 공동주택 세대 내 냉방시스템 대안별 경제성 평가, 한국건축친환경설비학회 춘계학술발표대회, 2010
5. 이진성, 심층냉수 특성분석 및 지역냉방 시스템에의 적용, 한양대학교 학위논문, 2010
6. 후지타 다이스케, 다카하시 마사유키, 해양심층수 이용학, 북미디어, 2007.10
7. [www.enwave.com](http://www.enwave.com)
8. [www.kadowa.com](http://www.kadowa.com)