

지열에너지(Geothermal Energy) 활용 학교 계획

A School Planning Using Heat Exchange with the Earth

이화룡*

Lee, Hwa-Ryong

1. 처음 글

21세기는 환경과 에너지의 시대라고 한다. 에너지 고갈과 지구환경에 대한 관심은 사회적 또는 교육적으로 환경친화적이며, 지속가능한 개발(Environmentally Sound and Sustainable Development) 개념과 부합되는 학교시설을 요구하고 있다.

이러한 시대적 요구에 대응하는 학교 계획의 전략으로 대체에너지를 활용한 학교를 적극 고려할 필요가 있겠다. 대체에너지는 현재 사용되고 있는 에너지, 즉 석유와 기름을 대체할수 있는 에너지로 정의되며 넓은 의미로는 석유를 대체하는 에너지원, 좁은 의미로는 신 재생에너지원을 말한다. 대체에너지의 종류는 태양에너지, 바이오매스, 풍력, 수소에너지, 조력 에너지, 폐기물에너지 및 지열 등을 꼽을 수 있겠다.

우리나라에서 대체에너지가 차지하고 있는 공급 비중은 '98년 기준 총 에너지 사용량의 1.03% (1,715천TOE)로서 전년대비 약 21%가 증가했으나 아직도 선진국들에 비해 공급 비중이 낮다. 이는 대체에너지 기술개발에 대한 투자규모가 미약한 것으로 요약되며 즉 미국은 우리나라보다 74배, 일본은 27배, 영국은 9배를 투자하고 있다.¹⁾

* 정회원, 공주대학교 건축공학부 교수, 건축사

1) 한국에너지기술연구원(www.kier.re.kr) 홈페이지 참조

이에 우리나라에서도 올해 『대체에너지개발및이용보급촉진법』이 제정되어 공공건물들이 대체에너지 의무대상으로 지정됨으로서 향후 대체에너지의 관심과 연구가 더욱 활발하리라 판단된다.

본고는 대체에너지원 중 지열과 수열을 이용한 냉난방에 대한 정보를 제공하여 학교 건축 및 설비 계획 시 참고 자료로 활용함으로써 자원 절약과 환경친화적 학교 조성에 도움이 되고자 한다. 이를 위해 지열 활용과 관련 문헌 및 인터넷자료를 조사하고 대체에너지 개발 업체를 방문하여 기본 자료를 수집하였으며, 이미 지열과 수열을 이용하는 학교를 방문하여 활용 실태를 조사하였다. 아래는 이를 종합 정리한 내용이다.

2. 지열에너지(Geothermal Energy) 개념과 장점

가. 지열에너지 개념

지열은 지구 내부에서 표면을 거쳐 외부로 나오게 되는 열을 말하며, 지열 에너지 기술은 지구 자체가 품고 있는 땅속의 열(지열)을 이용하여 인간생활에 필요한 에너지로 사용할 수 있게 연구한 기술이다. 지구는 중심부로 갈수록 온도가 높아져 지구 중심부의 온도는 4,000℃에 달한다. 이러한 지열은 열전도에 의해서나 가스, 운수 및 화산분

출 등에 의해 유출되는데, 그 양은 지역적으로 크게 다르지만 지구의 전표면에서 방출된다. 태양에너지의 약 46%가 땅속에 저장되며 이는 현재 사용되고 있는 에너지의 약 500% 이상 되는 에너지로서 우리가 지열에 관심을 가져야 할 이유가 여기에 있다.

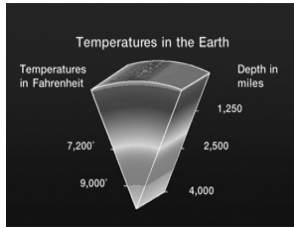


그림 1. 지구내 온도

나. 지열시스템의 장점

지열은 대체에너지원으로서 에너지 밀도가 높으며 비용이 저렴하며 무한정 그리고 무공해라는 점에서 다른 에너지원에 비해 우수한 장점을 가지고 있다. 지열시스템의 장점은 아래와 같다.

(1) 환경성 : 친환경 그린 에너지

석탄, 석유, 가스 같은 화석연료는 연소할 때 이산화탄소(CO₂)등의 온실가스가 배출되고, 이들이 온실의 유리와 같은 작용을 하여 지표면이 방출하는 지구복사의 일부를 다시 지표면으로 보내어 지표면과 대류권의 온도를 높혀 지구온난화를 가속시키고 있다. 하지만 지열시스템은 화석연료를 사용하지 않고 히트펌프를 이용하여 지열을 획득하므로 이산화탄소 및 오염물질의 배출이 없다.

(2) 에너지 절약 : 무한 지열을 이용한 대체에너지

수입에 의존하는 화석연료에 비해 히트펌프의 가동만으로 냉난방이 가능하며 지열수, 지하수, 지중열 등을 열원으로 이용하기 때문에 무한 에너지의 공급이 가능하므로 자연자원 절약에 일조한다.

(3) 기술력 : 선진국에선 실용화된 기술

지열시스템은 미국, 캐나다, 일본 등에서 널리 이용 보급된 기술로서 특히 학교시설에 많이 적용되고 있다. 미국 콜로라도 교육구(Colorado Springs School District 11)에는 1998년 이후 1,200여학교가 지열을 활용한 냉난방을 시행하고 있으며²⁾ 우리나라도 일부 사립학교와 충청남도, 서울시, 울산 시교육청 등의 공립학교에서 지열 에너지를 활용

한 냉난방 학교가 점차 늘고 있어 그 기술력이 향상되고 있다.

(4) 경제성 : 지열시스템은 다른 대체에너지 시스템에 비해 저렴한 설치비와 유지관리비가 소요되며, 전기, 가스에 비해 탁월한 냉난방 유지비와 긴 수명(반영구적 35년 이상)이 보장된다.

(5) 편리성 : 지열시스템으로 냉방, 난방은 물론 급탕까지 자동으로 운전되며, 각 존(zone)별로 운전이 가능하여 쾌적하고 편리한 생활환경 제공한다.

3. 지열시스템 방식과 종류

가. 시스템 방식

땅 속 일정 깊이이하에서는 년중 온도가 일정하며 보통 15℃ 정도로 유지하고 있는데, 이 온도를 이용하여 히트펌프 냉동기와 함께 냉동사이클을 구성하여 우리생활과 밀접한 관계가 있는 냉방·난방 및 급탕에 활용하는 시스템으로서 폐회로시스템에서는 지하에 매장되어 있는 열을 고밀도 플라스틱파이프(HDPE)를 통해 물 또는 부동액이 회로 내를 순환하면서 동절기에는 대지로 부터 얻은 열을 시스템에 의해 건물내로 전달하고, 하절기에는 건물내의 열을 흡수하여 회로를 순환하면서 지하로 흡수열을 방출시키는 과정으로 이루어진다.

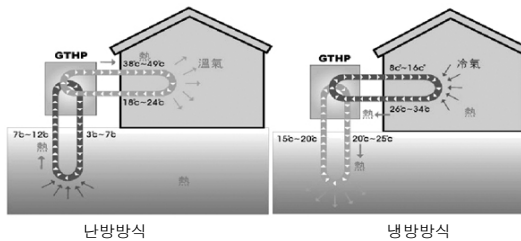


그림 2. 지열 냉난방시스템 방식

나. 지열시스템의 종류

지열시스템의 종류에는 크게 3가지 종류로 나눌 수 있다. 즉 땅속에 파이프를 묻고 내부에 유체를 순환시키는 지열시스템 (Ground-Coupled)과 지하

²⁾ info@cres.energy.org 참조

수 물을 이용하는 지하수시스템 (Groundwater), 지표면에 있는 물을 이용하는 지표수시스템 (Surface)으로 나눌 수 있다. 현재 미국에서 적용되고 있는 비율은 지열시스템 중 수직형이 46%, 수평형이 38%, 개방형이 15%를 차지하고 있다.

(1) 수직형 시스템 (Vertical loop system)

열부하나 냉방부하가 큰 건물에 이상적이며 부지를 많이 필요로 하지 않아 가장 일반적으로 적용하는 시스템이기도 하다. 설치비용이 수평시스템에 비해 비싸지만 루프의 길이가 짧고 냉난방에 효율적이다.

(2) 수평형 시스템 (Horizontal loop system)

운동장과 같은 적절한 공간만 있다면 설치가 가장 경제적인 시스템이다. 따라서 이 시스템은 상대적으로 온, 냉방부하가 작은 곳에서 쓸 수 있다. 토양은 파이프가 피해를 입지 않도록 뒤채움을 철저히 하여야 한다.

(3) 연못형 시스템 (Pond loop system)

설치가 가장 간편하고 경제적으로도 유리하나 이용할 수 있는 적정 넓이의 연못이 있어야 한다.

(4) 오픈형 시스템 (Open system)

오픈형 시스템은 풍부한 수원이 있는 곳에서 적용될 수 있으며, 수원지 호수, 강, 우물 등에서 공급 받은 물은 개방형 회로 시스템에서 순환한다. 오픈형 시스템의 장점은 설치 비용이 저렴하고 설치공간이 작으며 열전달 효과가 탁월하나, 폐쇄형 시스템에 비해 보수비가 더 많이 소요되는

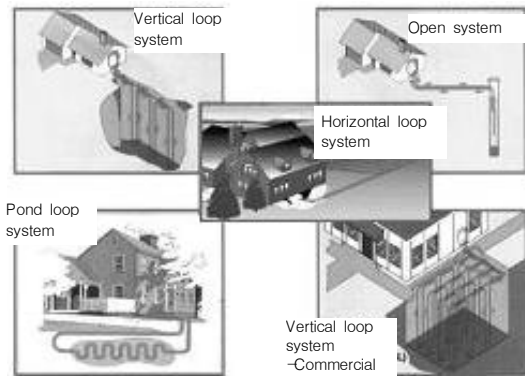


그림 3. 지열시스템의 종류

점이 단점이다.

(5) 우물 시스템 (Well system)

지하수시스템은 한 쪽에서 물을 공급하여 히트펌프냉동기를 거쳐 다시 땅 속으로 배수되기 때문에 지하수 오염에 문제가 없고 성능도 기존 시스템에 비해 우수한 편이다.

그밖에 상업용 건물과 같이 부하가 큰 건물에 적용하는 수직형 타입-상업용건물 (Vertical loop system-Commercial)이 있으나 학교 건물에서의 적용은 많지 않다. 우리나라의 경우 지형적 관계로 95% 이상이 수직형 시스템이라 할 수 있으나, 학교처럼 넓은 운동장을 확보한 경우는 수평형 시스템도 적용이 가능하다. 또한 주변에 지하수가 발달되어 있는 경우 지하수열의 적용도 검토 할 필요가 있겠다.

다. 지열시스템 구성요소

지열시스템의 주요 구성요소는 크게 히트펌프, 지열열교환 배관, 지열 순환펌프, 2차측 시설(덕트 및 FCU, 바닥코일) 부분으로 나눌 수 있다.

(1) 지열열교환 배관

지열열교환기는 땅 속에 100m 이상을 천공하여 위의 <그림 4>와 같은 U 字形 파이프를 삽입하여 파이프내부에 유체를 삽입하여, 펌프에 의해 순환되면서 땅 속의 열과 열교환을 하기 때문에 성능 및 신뢰성이 확보되어야한다.



그림 4. 고밀도 플라스틱파이프 (HDPE)

따라서 지열열교환기에는 HDPE(고밀도 폴리에틸렌 파이프)라는 재질을 사용하여 한 번에 인발하여 양 쪽 끝만 융착하여 사용되기 때문에 누설이나 부식등의 문제가 없이 60년 이상의 수명을 보장 할 수 있다.

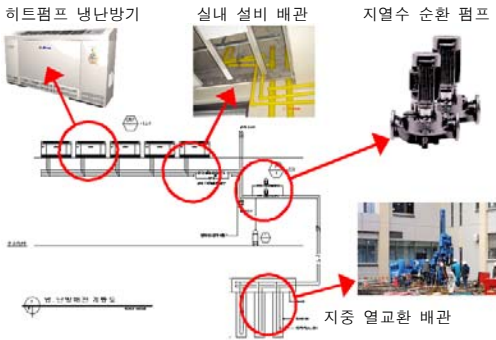


그림 5. 지열시스템의 구성요소

(2) 히트펌프

히트펌프란 말 그대로 열펌프이다. 물 펌프가 낮은 곳에 있는 물을 높은 곳까지 끌어 올려주는 것과 같이 낮은 온도의 열을 높은 온도의 열로 올려주는 장치이다. 지열히트펌프 시스템이 냉난방 시스템 중에서 가장 에너지 효율적이고 친환경적이며 비용 효율적인 이유는 태양에너지의 51%를 흡수한 지표면의 토양이나 수분에 축적된 열에너지를 지열교환기를 이용하여 에너지 효율적이고 친환경적으로 이용하기 때문이다.

히트펌프가 작동하고 있을 때는 저온의 열류는 열을 빼앗김과 동시에 고온의 열류는 열을 흡수한다. 예를 들면 에어컨으로 냉방을 할 때, 방안 공기가 저온의 열류로 그리고 외부 공기가 고온의 열류에 해당한다.

저온에서 고온으로 열을 이동시킬 경우 온도 차이가 클수록 필요 동력 또한 더 크게 된다. 지열은 외기에 비해 온도차이가 더 적기 때문에 필요 동력도 그만큼 적게 되어 그만큼 더 효율적인 것

이다. 지열시스템은 지중에 매설된 폐쇄형의 지열 루프를 통해 지중의 열을 히트펌프로 전달(난방)하거나 실내의 열을 지중으로 배출(냉방)하는데 대기중의 열을 이용하는 기존의 히트펌프(시스템 에어컨 또는 멀티에어콘)에 비해 2배 이상의 높은 에너지 효율을 나타낸다.

(3) 2차측 시설에 따른 히트펌프³⁾

2차측 시설에 따른 히트펌프의 적용방법은 바닥 난방(온돌방식)뿐만 아니라, 팬코일을 이용한 수순환식 냉난방, 덕트를 이용한 공기순환식 냉난방 등으로 다양하며 냉난방과 동시에 급탕공급이 가능할 뿐 아니라 온수를 다량으로 사용하는 곳을 위해 온수전용시스템도 개발되어 있다.

(가) 덕트타입

특징 : 냉난방 덕트를 통하여 냉난방하게 되는 WATER-TO-AIR 방식의 지열 히트펌프이며 냉난방 싸이클 양쪽 다 작동효율이 좋으나 별도의 계실이 필요하다.

사용처 : 일반상업용빌딩, 주택, 강당, 공연장 그외의 큰 공간

(나) 벽매립형 (Hi-Rise Application)

특징 : 아파트나 호텔같이 여러층을 일률적으로 가지고 있는 건물에 지열 열 교환기로 부터 오는 부동액 순환파이프를 수직으로 시공할 수 있는 장점을 가지고 있다.

사용처 : 호텔, 병원, 아파트, 관공서

(다) 천정 매입 덕트 타입

특징 : 냉난방 덕트를 통하여 냉난방하게 되는 WATER-TO-AIR 방식의 지열히트펌프이며 천정에 고정시켜 설치되고 기계의 용량이



그림 6. 2차측 시설에 따른 히트펌프 종류

3) KG & HP(이우학교 시공업체) 홍보 자료 참고

다양하여 기계선택이 유연하다.

사용처 : 호텔, 병원, 학교, 사무실, 실버타운, 체육관, 강당, 공연장 그외의 큰 공간

(라) 옥탑형 (Loop Top)

특징 : 실내 공기를 청정하게 할 수 있도록 외기를 끌어 들일수 있는 장점을 지닌 시스템으로 환절기(봄, 가을)에는 외기를 끌어 들여 냉방을 별도의 비용 없이 할 수 있다

사용처 : 체육관, 강당

(마) 바닥 설치 타입 (Console Type)

특징 : 콘솔타입의 히트펌프로 특별한 기술 없이도 조닝을 효율적으로 할 수있는 장점이 있다.

사용처 : 병원, 호텔, 소규모 사무실, 주택, 학교 교실

현재 우리나라에서 지열을 이용하여 냉난방하는 학교는 거의 바닥설치 타입(Console Type)을 적용하고 있는 것으로 조사되었다.

라. 수열열원 시스템⁴⁾

수열열원 시스템은 지열시스템 원리를 그대로 적용하면서 지열 대신 건물의 저수조(수열조)의 물이 가지고 있는 에너지를 이용하여 냉난방하는 방식이다.

(1) 수열에너지의 특징

타 시스템들과 비교하여 저렴한 설치비와 유지관리비가 들어 경제적이며 기존 중앙냉난방시스템과 병용 설치 및 보완설치가 가능한 장점이 있다.

(2) 원리

수열열원 시스템의 원리는 지열시스템의 히트펌

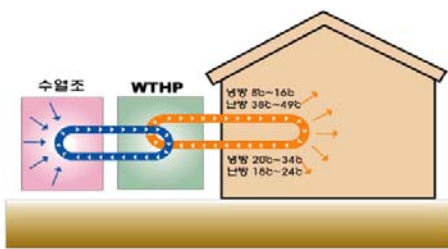


그림 7. 수열열원 시스템의 원리

4) (주)이-지움 홍보 책자 참조(www.ejium.com)

프 냉난방 사이클의 원리를 이용하여 냉방(여름)시는 실내열을 흡수하고 수열조로 방출하는 원리이며 난방(겨울)시는 수열조의 열을 흡수하여 실내로 방출하는 원리이다.

(3) 구성요소

구성요소는 수열조(지하실 물탱크), 실내설비 배관, 냉난방 실내기(기존 FCU 사용가능) 혹은 냉난방 실외기(수열열원 히트펌프 냉난방기), 수열수 순환펌프로 구성된다.

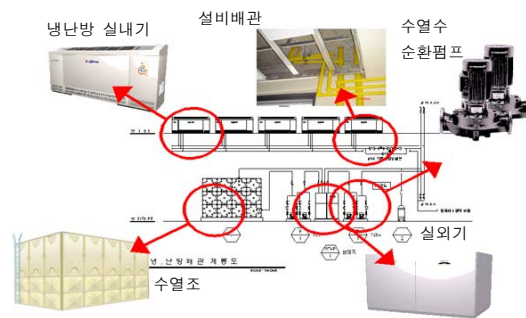


그림 8. 수열열원 시스템의 구성요소

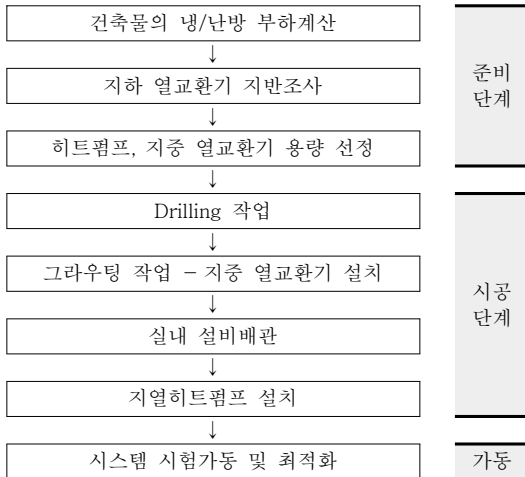
마. 시공 순서와 과정

지열 냉난방 시스템의 계획 및 시공 과정은 아래 <표 1>과 사진<그림 9>와 같다. 지열시스템 시공 과정에 있어서 그라우팅 작업은 시공하는데 철저하게 관리되어야 할 부분이다. 지열열교환기 작업은 땅속에 천공을 하여 지하 100m 깊이까지 파이프를 집어넣고 되메우기 작업을 한다. 이때 그라우팅 재료로서 벤토나이트를 사용하는데 파이프내의 유체와 천공을 한 구멍주변 흙과의 열전달을 좋게하고, 외부로 부터의 지하수 오염등을 방지하기 위해 틈새를 채우는데 사용된다.

지열 열교환기는 땅 속에 일정한 간격으로 천공을 한 후 각각의 파이프를 헷더(Header)작업을 통해 묶어서 유량 및 유속을 감안하여 메인헷더(Main Header)를 통해 기계실로 연결하게 된다.

이때 메인헷더의 삽입깊이는 1.5M 이하의 깊이로 도랑을 파서 파이프 주변은 파이프가 손상되지 않도록 고운 모래로 덮고나서 흙으로 덮고 마무리 작업을 하게 된다.

표 1. 지열냉난방시스템 시공 순서



① Bore hole 천공작업



③ 그라우팅 작업



⑤ 연결된 배관을 헤다 형식으로 묶음



⑦ 지열수 순환 펌프 설치

② 지중 열교환기 설치



④ 매립된 배관들을 연결



⑥ 콘솔 설치를 위한 배관작업



⑧ 교실 바닥 콘솔 설치

그림 9. 지열냉난방 시스템 시공 사진(학교)

4. 지열시스템의 경제성 검토

학교 건물에 지열 및 수열 시스템을 적용하기 위해서는 우선적으로 경제성이 확보되어야 한다. 조사 결과 개략적으로 기존 에너지 대비 난방시 50~70%, 냉방시 20~40% 정도 에너지 효율이 좋으며, 기기 수명이 길고 관리비가 적게 드는 것으로 조사되었다.

가. 기존 냉난방 시스템과 지열시스템 경제성 분석⁵⁾

아래 비교표는 기존 냉난방 방식(도시가스+에어콘, 경유+에어콘)과 지열 냉난방 시스템의 경제성을 비교한 표이다. 이는 사무실 100평 기준을 기준으로 난방기간은 5개월, 냉방기간은 4개월로 각 10시간 운전하는 것으로 가정하고 냉·난방 비용을 간이계산하여 비교하였다.

이 표에서 보면 지열시스템의 초기투자비는 기존 방식에 비해 높으나(약 130%), 년 운전비용이 도시가스+에어콘의 56.3%, 경유+에어콘의 70%에 불과하여 투자비 회수기간이 도시가스+에어콘 대비 6.3년, 경유+에어콘 대비 4.3년으로 산출되어 경제성이 매우 높은 것으로 조사되었다.

표 2. 기존 냉난방 시스템과 지열시스템 경제성 분석

냉난방 구분	기존 방식		지열시스템	
	도시가스 + 에어콘	경유+에어콘		
난방운전	연료 소비량	3557 Nm ³	4294 ℓ	9230 Kw (cop4)
	기준 단가	480원 / Nm ³	650원 / ℓ	68.6원/Kw
	사용 금액	1,707,360원	2,791,100원	633,178원
냉방운전	연료 소비량	7032 Kw (cop3 에어콘)		4219 Kw (cop5)
	기준 단가	96.9원 / Kw		96.9원/Kw
	사용 금액	681,400원		408,821원
가격비교	난방+냉방	2,388,760원	3,472,500원	1,041,999원
	절감 금액	1,346,761원	2,430,501원	비교대상
	절감 비율	56.30%	70.00%	기존 대비
초기투자비	초기 투자비	33,600,000원	31,600,000원	42,100,000원
	증가 금액	8,500,000원	10,500,000원	비교 대상
	투자회수기간	6.3년	4.3년	증가/절감 금액

5) 한국지열에너지시스템 홈페이지(www.k-geo.co.kr) 참조

나. 기존 학교 냉난방 시스템과 경제성 비교⁶⁾

(1) 기존 학교 냉난방 시스템과 지열시스템과의 시스템 비교

최근 학교 냉난방 시스템으로 가장 많이 채용되고 있는 가스열원히트펌프(GHP)와 전기열원히트펌프(EHP)시스템과 지열시스템의 비교 분석 자료는 아래 <표 3>과 같다.

표 3-1. 학교 냉난방 시스템 비교 분석

구분	지열열원 히트펌프	가스열원 히트펌프(GHP)	전기열원 히트펌프(EHP)
투자비	-다소 초기투자 필요 -지열수 천공, 펌프설치, 축열조	-GAS배관 인입비용 별도 -초기 투자비가 많음	-전기용량 증설 비용 별도
유지 보수	-전문기술이 불필요 -유지보수가 용이	-정기적인 엔진의 오일, 필터교체 -전량 수입 -고장 시 A/S가 어려움	-전문 기술요원 필요
운전비	51.10%	84.50%	100%

표 3-2. 학교 냉난방 시스템 비교 분석

구분	지열열원 히트펌프	가스열원 히트펌프(GHP)	전기열원 히트펌프(EHP)
기타	-실외기가 불필요 -공해물질 발생이 없음 -COP 효율 4.0~4.9 -에너지 관리공단 투자비 용자(투자비 100%내, 연리 3%)	-소음/진동이 큼 -엔진배열을 이용 제상(除霜) 운전 불필요 -가스연소로 NOx 등 공해물질 발생 -COP 효율 1.5~3.0 -에너지관리공단 투자비 용자 가능(투자비 100%내, 연리 4.75%) -가스안전 관련법 정기검사 필요	-실외기 옥상 설치 -겨울철 제상(除霜) 운전 필요 -공해물질 발생이 없음 -COP 효율 1.5~2.5 -국내 남부 이외 지역에서 겨울철 효율이 급격히 저하됨

(2) 기존 학교 냉난방 시스템과 지열시스템의 경제성 분석(초등학교 24개 교실 기준)

아래 <표 4>는 최근 학교 냉난방 시스템으로 선호되고 있는 EHP, GHP 시스템과 지열시스템의 경제성을 초등학교 24학급을 기준으로 분석한 내용이다. 여기서 연간 운전시간을 여름 100시간, 봄

가을 160시간, 겨울은 340시간으로 가정하였다. 감가상각은 내용년수 15년을 기준하였고 EHP는 조달가 기준이며 전기공사 및 전기 승압 공사 포함한 투자비이다.

초기투자비를 비교하면 EHP시스템을 100으로 볼때, 지열시스템은 126%, GHP는 122%로 지열시스템이 EHP시스템보다 많은 초기투자비가 소요된다. 하지만 운전비는 지열시스템을 100으로 볼때, EHP는 195%, GHP시스템은 165%로 해당되어 지열시스템의 경제성이 매우 높다고 볼 수 있다.

표 4. 학교 냉난방 시스템 경제성 분석(지열 열원)

시스템	지열열원	EHP	GHP
초기투자비(A)	223,968,000	177,564,200	227,774,400
지원비(B)	-	-	11,935,200
실질투자비(A)-(B)	223,968,000	177,564,200	215,839,200
투자비율	126%	100%	122%
투자비 증감액	△46,403,800	기준	△38,275,000
운전비	5,114,269	9,993,000	8,442,112
감가상각비(조정비)	9,855,925	9,821,709	19,383,100
년간절감액	▽4,844,515	기준	▽8,010,503
운전비절감액	4,878,701	기준	1,550,888

(3) 기존 학교 냉난방 시스템과 수열 시스템의 경제성 분석(초등학교 25개 교실 기준)

아래 <표 5>는 EHP, GHP 시스템과 지하수열 시스템의 경제성을 초등학교 25학급을 기준으로 분석한 내용이다. 초기투자비를 비교하면 EHP시스템을 100으로 볼때, 수열시스템은 59%, GHP는 122%로, 수열시스템이 EHP/GHP시스템보다 초기 투자비가 매우 적게 소요되는 것으로 분석되었다. 연간 운전비 역시 수열시스템을 100으로 볼때, EHP는 162%, GHP시스템은 114%로 해당되어 수열시스템이 초기투자비와 운전비 모두 매우 경제적인 것으로 분석된다.

또한 지열시스템과 비교하면 수열시스템이 초기 투자비는 지열시스템의 46%에 불과하나 연간 운전비는 약 120% 소요되는 것으로 조사되었다.

6) (주)이지움 홍보자료 참고

표 5. 학교 냉난방 시스템 경제성 분석(수열 열원)

시스템	수열열원	EHP	GHP
초기투자비(A)	114,820,000	193,172,400	249,554,000
지원비(B)	-	-	13,620,000
실질투자비(A)-(B)	114,820,000	193,172,400	235,934,000
투자비율	59%	100%	122%
투자비 증감액	▽78,352,400	기준	△42,761,600
운전비	6,982,059	11,294,000	7,928,809
감가상각비(고정비)	10,584,435	10,783,316	21,750,100
년간절감액	▽4,510,822	기준	▽7,601,593
운전비절감액	4,311,941	기준	3,365,191

5. 학교 건물 적용 사례

가. 지열에너지 사용 현황(미국의 예)

지열 열원 시스템 사용은 미국의 경우 현재 50만 여대 이상이 설치되어 있고, 매년 12% 이상의 성장과 함께 5만 여대씩 증가하고 있다. 지열 에너지 사용 현황은 히트펌프냉동기를 이용하여 주로 냉난방시장에 60%, 양식용으로 14%, 지역난방에 10%, 비닐하우스에 5% 정도비율로 적용되고 있다.

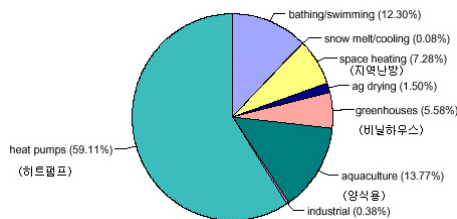


그림 10. 미국의 지열에너지 적용 현황

나. 우리나라 학교시설에서의 적용 사례

최근들어 대체에너지에 대한 관심이 고조됨에 따라 우리나라 학교시설에도 태양광과 지열을 이용한 냉난방 시스템의 적용이 증가하고 있다. 태양광 에너지 이용 기술은 아직 상용화 단계에 접어들지 못하고 있는 반면 지열에너지 이용 학교수는 계속 증가하고 있다. 아래는 그 사례들이다.

(1) 천안 입장 초등학교

- 소재지 : 충남 천안시

- 준공일 : 2004. 6월
- 시스템구분 : 지중 열교환 방식
- 시스템 규모 : 48RT
- 시공업체 : (주)이지음



그림 11. 천안 입장초등학교의 지열 열원 냉난방 시스템

(2) 천안 용곡초등학교

- 소재지 : 충남 천안시
- 준공일 : 2004. 2월
- 시스템구분 : 수열 시스템
- 시스템 규모 : 50RT
- 시공업체 : (주)이지음



그림 12. 천안 용곡초등학교의 수열 열원 냉난방 시스템

(3) 이우학교

- 소재지 : 경기도 성남시 분당구 동원동 산 13-1
- 준공일 : 2003. 1/2004. 1
- 학급수 및 학생수 : 중학교(9학급) 현재 6학급 122명, 고등학교 현재 6학급 138명
- 시스템 부분 : 태양광에너지(집열판 401개)와 지중 열교환 방식(200m, 7개공)
- 시공업체 : (주)케이 지 이(KEG)



그림 13. 분당 이우학교의 지열 열원 냉난방 시스템

(4) 평택오성중학교

- 소재지 : 경기도 평택시 오성면 속성리 125번지
- 학교규모 : 9학년 학생수 241명
- 시스템구분 : 지중 열교환 방식(수평 루프 설치)
- 시공업체 : (주)케이 지 이(KEG)



그림 14. 평택 오성중학교의 수평루프 방식

6. 맺음글

본 글은 대체에너지에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서 대체에너지원 중 지열과 수열을 이용한 냉난방에 대한 정보를 제공하고자 하였다. 최근들어 초·중·고등학교시설에도 태양광 에너지와 지열을 이용한 시스템의 적용이 많아지고 있으며, 특히 지열에너지의 이용 학교수는 계속 증가하고 있다.

학교시설에 적용되고 있는 시스템은 대부분 수직형 시스템(Vertical loop system)이나 평택오성

중학교 경우 지중 열교환기를 수평루프 방식으로 채택하고 있으며, 천안용곡중학교는 수열 열원 냉난방 시스템을 그리고 이우학교는 태양광 에너지와 지열에너지를 이용하고 있어 다양한 대체에너지 사용 방식들이 실험적으로 적용되고 있다.

사례조사에서 살펴 본바와 같이 지열시스템의 일률적인 적용보다는 지역 여건과 주변 수자원, 부지 크기 등을 고려하여 합리적인 방식이 채택되어야 한다. 즉 학교 건물처럼 넓은 운동장을 확보한 경우는 수평형 시스템도 적용이 가능하며 또한 주변에 지하수가 발달되어 있다면 지하수열의 적용도 검토 할 필요가 있다.

경제적인 측면에서 지열시스템을 하고자 할 경우는 수평형 열교환기 방식이 수직형 보다 공사비를 절약할 수 있으리라 판단된다. 그리고 초기 설치비를 고려할 경우는 지하수를 활용한 수열 열원 시스템도 권장될 수 있다.

하지만 아직 대체에너지 냉난방 시스템에 대한 연구와 실증적 검토가 진행 중에 있으므로 앞으로 보다 많은 적용과 기설 학교에 대한 사용자 만족도 분석 등이 이루어져야 할 것이다.

끝으로 본 조사에 많은 자료를 제공해 준 (주)삼우동인건축사사무소, (주)케이지이 그리고 (주)이-지움 대표에게 감사를 드리며 기꺼이 학교 방문을 허락해준 사례조사 대상학교들에게도 감사를 드린다.