



일반원고

# 시설원에 지열설비 설계 및 시공방법

박종일

동의대학교 건축설비공학과

## 1. 서론

국내의 시설원예에 사용하는 에너지는 대부분을 화석에너지에 의존하고 있으며, 생활수준 향상에 따라 농산물의 소비패턴이 계절소비에서 연중소비로 변환되면서 겨울철에도 고품질의 신선한 농산물이 생산되어 공급 되어지고 있다. 농산물의 시설 재배면적은 1990년 1,500ha에서 최근 58,000ha로 증가되어 농업용 에너지의 60% 이상이 시설농업의 난방에 소비되고 또한 시설 재배 작물의 생산비 중 난방 연료비가 30 ~ 40%를 차지하고 있다. 이러한 현실에서 대체에너지의 적용은 시급히 추진하여야 할 과제이다. 대체에너지는 청정하고 안전한 에너지로서 화석연료 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 발생이 거의 없고 고갈되지 않아 지속적으로 이용이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 외국에서는 미래의 에너지원 확보와 더불어 지구 환경 보호 차원의 에너지 자원 개발 그리고 국제통상 조약인 GR, WTO등 다자간 협상에 능동적으로 대처하기 위해서 태양열, 풍력, 지열, 핵연료 등의 대체에너지 개발에 많은 노력을 기울이고 있다.

시설원예에 있어서 냉난방 에너지를 효율적으로 이용하기 위해서는 냉난방 에너지를 적게 들이고도 작물을 재배할 수 있는 에너지 절약 재배기술의 개발 보급과 에너지를 절약할 수 있는 시설 구조 및 자재의 사용, 난방용 기계장치의 효율적 이용과 석유 대체연료에 의한 냉난방 에너지 절약 등이 종합적으로 이루어져야 할 것이며 지열의 이용은 이러한 요구에 최적의 시스템으로 적극 고려되고 있다.

## 2. 시설원에 냉난방 시스템 현황

시설원예에서의 냉난방을 위한 에너지 이용방법으로 태양열 이용방식, 지열직접 이용방식, 화석연료 이용방식, 히트펌프(공기열원, 지열원) 이용방식 등이 있다. 이중 지열원 히트펌프는 농업분야에서 실용화가 가장 유망한 방식으로 평가되고 있다. 이는 땅속에 있는 열을 회수하여 온실 등 농업용 시설의 냉난방 에너지로 이용하는 것으로 태양열, 풍력 등 다른 대체 에너지에 비하여 초기 투자비가 적고 소규모 이용이 가능하며, 땅속에 매설되는 열교환 시스템의 수명이 40 ~ 50년으로 반영구적이며, 계절에 따라 변화가 적고 지속적으로 이용 가능한 에너지라는 장점이 있다. 그러나 지열 시스템을 어떤 방식으로 설치해야 최적의 지열이 확보되는지에 대한 체계적인 연구는 미흡한 실정이나, 국제 유가의 불안정과 화석에너지의 고갈, 이산화탄소의 증가에 따른 지구 온난화 등으로 인해 시설원예에서의 지열이용 히트펌프 방식의 적용은 크게 증가될 것으로 보여지며 시설원예에 적용 가능한 냉난방시스템은 다음과 같다.

### 2.1 태양열 이용방식

태양에너지를 시설농업에 이용하는 방법은 주간 태양에너지를 축열하여 기온이 저온으로 떨어지는 야간에 활용한다. 그러나 열에너지는 고온에서 저온으로 이동하는 동적 특성을 가지고 있기 때문에 시차를 두고 이를 이용하기 위해서는 저장시스템과 그 매체가 필요하다. 현재는 주로 물,

토양 등의 매체를 이용한 현열축열법이 이용되고 있으나, 현열축열법은 단위 체적당 축열용량이 적기 때문에 축열시스템이 커지는 단점이 있으며, 현열재의 비열을 이용하여 열을 저장하기 때문에 방열시 일정한 온도로 열을 공급하기 위한 기술이 필요하다.

## 2.2 지열 직접 이용방식

### (1) 지하수 직접 이용방식

연중 일정한 온도를 유지하는 지하수를 온실 내부로 순환시켜 난방에 이용하거나 지하수를 온실의 지붕에 분사하는 수막 형태로 또는 온실내로 분사하는 안개 형태로 난방에 이용하는 방식이다. 지하수를 직접 이용하여 난방을 하기 위해서는 많은 양의 지하수를 양수해야 하기 때문에 지반 침하, 지하수 고갈 등의 문제점이 나타나고 있다.

### (2) 지중 열교환기 이용방식

지하에 파이프를 매설하여 공기 및 물이 파이프를 통과하면서 열을 흡수 및 방출하여 온실에 난방을 할 수 있도록 한 시스템이다. 이 방식의 난방은 재배 작물의 성장에 도움을 줄 수 있을 정도는 아니지만 작물이 추위나 더위에 의해 죽는 것을 막을 수 있다.

## 2.3 공기열원 히트펌프 방식

공기열원 히트펌프 시스템은 난방에는 문제가 없으나 난방시 외기온이 0℃ 이하로 떨어지면 증발기에서의 흡수열량이 감소하여 성능이 급속히

저하되며, 증발온도가 0℃ 이하이기 때문에 결로에 의한 성애가 발생하는 문제로 인하여 기술이 상용화 되지 못하고 있다.

## 2.4 지열 이용 히트펌프 방식

지열은 태양열, 풍력 등과 같은 대체에너지 중 가장 기대되는 대체에너지로서, 지열에 히트펌프를 결합하여 냉난방을 할 수 있는 시스템이다.

지중열을 이용하는 방식은 Ground-Coupled Heat Pump라 하며, 일반적으로 HDPE 파이프를 수평 혹은 수직으로 매설한다. 수평형은 파이프의 매설형태에 따라 직선형, 슬린키형, 스파이럴형으로 나누어지며 시설원에서는 주로 수평형이 사용되고 이들에 대한 특징은 표 1과 같다.

## 3. 수평 밀폐형 지열 이용 히트펌프 시스템 시공 방법

### 3.1 개요

수평형은 파이프의 매설방식에 따라 직선형, 슬린키형, 스파이럴형으로 나눌 수 있다. 수평형은 다른 지중 열교환기에 비하여 설치비용이 저렴하나, 많은 설치 면적을 필요로 하며 다른 방식보다 지열원이 안정적이지 못하다. 이 중 직선형이 가장 많은 설치 면적을 필요로 하며, 슬린키형과 스파이럴 형은 이에 비하여 약 1/3 정도의 설치면적을 절약할 수 있다. 보통 파이프의 길이는 약 200m/RT이며, 깊이는 1.8m로 한다. 그러나 파이프의 형태, 토양의 종류 및 난방 운전시간 등

<표 1> 수평형 지중 열교환기의 비교

구분	직선형	슬린키형		스파이럴형
		Bottom	Side	
파이프 길이 (m/RT)	150 ~ 180	180 ~ 240	180 ~ 240	180 ~ 240
트렌치 길이 (m/RT)	150 ~ 180	22 ~ 28		16 ~ 24
트렌치 폭 (m)	0.9	0.9	0.3	1.0
트렌치 깊이 (m)	1.8	1.8	1.8	1.8
파이프 구경 (mm)	20, 25	20, 25		20, 25

에 따라 파이프의 길이 및 깊이가 결정되며, 또한 설치면적과 효율의 극대화를 위해 슬린키형과 스파이럴형은 특별히 구별하지 않고 복합적으로 사용하는 경우도 있으며 슬린키형과 스파이럴형 매설 예는 그림 1과 같다.

### 3.2 매설 파이프

매설관의 재질이 지중 열교환 성능에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 보고되고 있다. 지중 열교환장치의 성능분석에 의하면 지중 매설관 재료가 PVC, PE, steel로 바뀌더라도 그에 따른 열교환 영향은 1.1 ~ 2.1% 정도로 아주 적다고 보고되고 있다. 실제 토양의 열전도율이 0.2 ~ 1.1W/m로 크지 않고 매설파이프의 두께가 3 ~ 5mm 정도이므로 열전달 중 열저장체로서 영향은 극히 미미하며 그 보다 강도유지에 필요한 재질이면 가능할 것으로 판단된다. 매설관의 직경과 출구 매체유의 온도, 에너지 획득량과의 관계는 유량이 일정할 경우 매설관 직경이 변하더라도 에너지 획득량에 그다지 영향을 주지 못한다고 보고되고 있다.

### 3.3 매설깊이

매설깊이는 열교환 시스템의 성능결정에 큰 영향을 미친다. 열교환 시스템은 한번 매설하면 40

~ 50년 동안 사용하기 때문에 적절한 깊이로 매설하는 것이 매우 중요하다. 기상청 자료를 종합하여 볼 때 땅속 깊이 3m와 5m 간의 온도차와 지연현상은 그다지 크지 않은 것으로 나타나고 있으며, 반면 열교환 시스템의 매설을 위해 대형 포크레인의 작업 용이성을 고려할 때 3m 이내의 깊이는 2차 인력작업 없이 포크레인 작업으로만 굴착이 가능한 반면 그 이상의 깊이는 다소 부적합한 것으로 보고 있다. 또한 지역간 차이는 1 ~ 2℃ 정도의 온도차에 15일 정도 지연현상의 차를 나타내어 각 지역별로 매설깊이 차이를 두지 않아도 큰 문제는 없을 것으로 보여지고 있다.

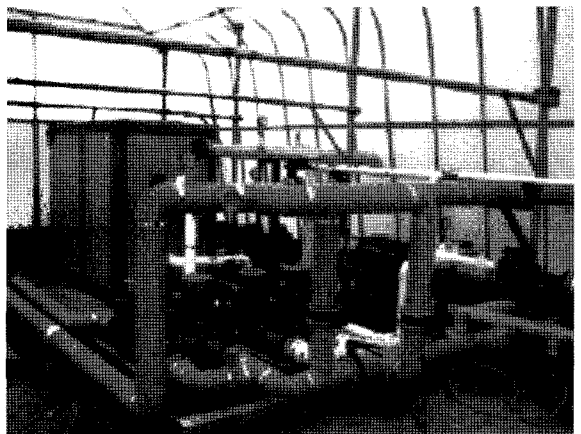
### 3.4 순환 열매체유

밀폐식의 경우 대부분 물 + 부동액을 매체유로 이용하고 있다.

공기를 단순히 지중으로 순환시켜 난방 및 냉방에 이용하는 경우도 있으나 밀폐식으로 지열을 축열하는 데는 물이 더 적합하며 미국 등 대부분이 이 방식을 이용하고 있다. 부동액은 순환 매체유가 증발기와 열교환시 지상부에 노출될 때 히트펌프의 미작동시에 동결방지를 위하여 적절하며 따라서 물에 에틸렌글리콜 부동액을 혼합하여 순환매체유로 이용하고 있다. 시설원예에 설치된 히트펌프기계실은 그림 2와 같다.



[그림 1] 슬린키형 + 스파이럴형 매설 예



[그림 2] 히트펌프 기계실

#### 4. 결론

친환경적이고 안정적인 성능과 높은 효율을 가진 지열 냉난방 시스템은 에너지 절약 및 지구 온난화 유발물질의 배출절감을 이룩할 수 있는 기술이다. 현재국내에 지열 히트펌프의 보급은 기술 발전단계로서 산업기반이 약하고 초기설치비용

이 높은 편이지만 최근 안정되는 경향을 보이고 있다.

지열 히트펌프를 시설원에에 활용하기 위해서는 히트펌프의 제작 기술, 지중 열교환기의 시공기술 개발 및 이론적인 뒷받침과 시설원에 사업자에 대한 지원과 홍보가 강화되어야 할 것으로 보여진다. 