

멀티형 지열원 히트펌프의 경제성 및 적용성

김 성 실
LG전자(주)

1. 서론

최근 유가의 불안정, 기후변화협약의 규제 대응 등 신·재생에너지의 중요성이 재인식되고 있다. 신·재생에너지는 과다한 초기투자의 장애 요인에도 불구하고 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 선진 각 국에서는 신·재생에너지에 대한 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진해오고 있다. 이와 같은 노력의 일환으로 우리나라는 공공기관이 건축하는 3,000m² 이상의 신축 건물에 대하여는 반드시 총 건축공사비의 5% 이상을 신재생에너지에 투자하고 있으며, 2009년 3월 15일부터는 이를 중축 및 개축건물에 대해서도 확대 시행하고자 하고 있다.

또한 건물내의 냉난방 등 에너지 공급방식이 중앙공급방식에서 개별방식으로 전환하고 있는데, 이는 건물내의 각 실의 사용빈도와 사용시간이 상이함에 따라 실의 사용 시간에 따라 냉난방 시스템도 융통성있게 유지하고자 하는 요구 때문이다.

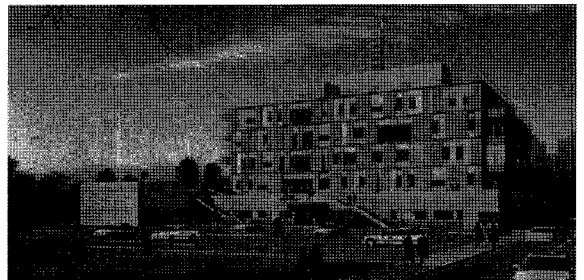
본 고에서는 공공기관의 건축시 신재생에너지의 적용 및 냉난방 방식을 결정할 때 초기투자비 및 운전비를 절감할 수 있으면서도 건물의 부하패턴에 능동적으로 대응할 수 있는 방안에 대하여 파악해 보고자 한다. 이를 위해 현재 국내에서 적용되고 있는 신재생에너지 중 냉난방이 가능한 지열시스템과 기존의 화석연료를 사용하는 냉난방

방식을 결합하여 현재 설계중인 건축물을 대상으로, 중앙방식과 개별방식을 비교하여 각 시스템의 경제성 및 건물 적용성을 검토해보고자 한다. 신재생에너지를 적용하는 중앙방식의 냉난방 방식은 W-W방식 지열히트펌프 시스템과 흡수식냉온수기를 이용한 냉난방 방식을 정하였으며, 개별 냉난방 방식은 멀티형 지열원 히트펌프 방식과 전기식히트펌프 냉난방기를 적용하는 것으로 하여 두 방식의 경제성을 건축물 전체 냉난방시스템의 차원에서 분석하고, 건물 적용시의 초기투자비 및 운전비를 비교하여 건물 적용성을 파악해 보고자 한다.

2. 분석 대상 건물 및 시스템 설정

2.1. 분석 대상 건물 선정

시스템의 투자비 및 에너지비용 분석을 위해 경



[그림 1] 분석대상건물투시도

기도 성남시 소재의 신축예정인 OO업무시설을 선정하였다. 본 건물은 업무의 특성상 8시간, 12시간, 24시간 존이 모두 존재하는 건물이다.

- 1) 위 치 : 경기도 성남시 분당구 정자동
- 2) 연면적 : 17,032.62m²
- 3) 규 모 : 지하 2층 / 지상 5층
- 4) 구 조 : 철근 콘크리트 구조
- 5) 용 도 : 업무시설

2.2. 대안 시스템 설정

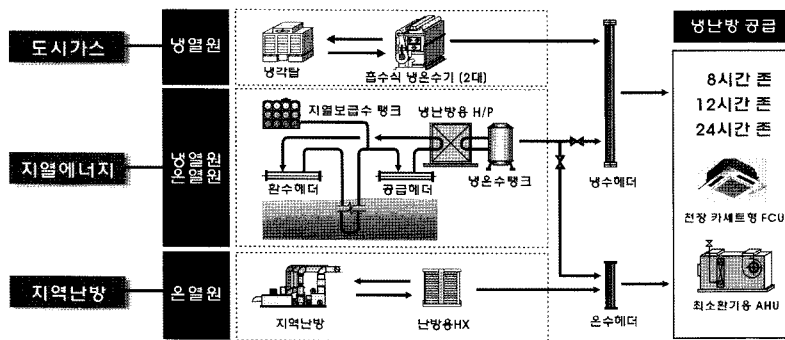
시스템 대안은 OO업무시설에 계획된 중앙냉난방과 함께 부분적으로 적용된 지열이용 히트펌프 시스템으로 구성된 기존 계획안과 전기식 히트펌프 냉난방기(EHP)와 멀티형 지열히트펌프로 구성된 시스템으로 설정하였다.

(1) 중앙방식 냉난방 시스템

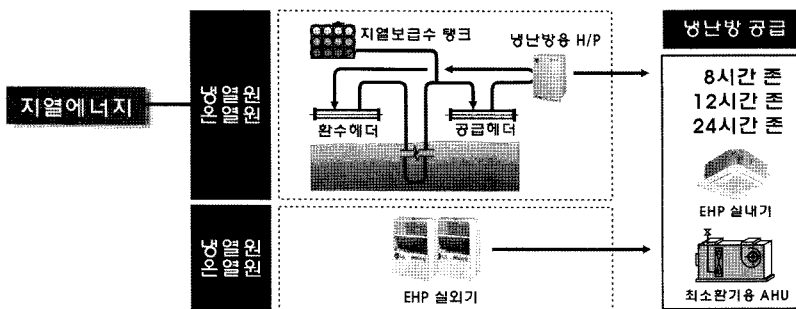
중앙방식 시스템의 열원 및 공조 개념은 그림 2와 같다. 열원 공급방식은 중앙집중식으로 냉방 열원은 흡수식 냉온수기 200RT와 W-W방식 지열 히트펌프 75RT로 구성되어 있으며, 난방 열원은 지역난방을 적용하였다. 실내기의 형식은 천장 카세트형 FCU와 AHU(환기용)로 구성되었다.

(2) 개별방식 냉난방 시스템

개별방식의 냉난방 시스템 개념도는 그림 3과 같다. 기존 시스템의 중앙공급 열원부분(흡수식 냉온수기와 지역난방)은 전기식 히트펌프 냉난방기 EHP(242HP)로 변경하는 것으로 비교 대상을 삼았으며, 기존 W-W 지열이용히트펌프는 멀티형 지열 히트펌프(80HP)로 변경하는 것으로 하였다. 실내기는 천장 카세트형 전기식 히트펌프 냉난방기(EHP)실내기와 직팽식 AHU(환기용)로 구성하였다.



[그림 2] 중앙방식 냉난방 시스템 개념도



[그림 3] 멀티형 냉난방 시스템 개념도

3. 시스템별 비교

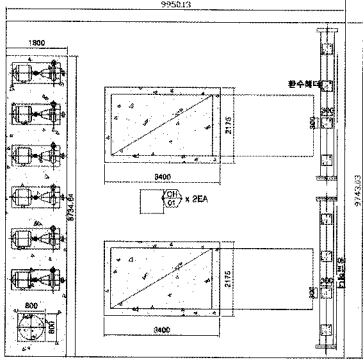
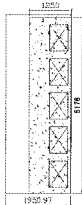
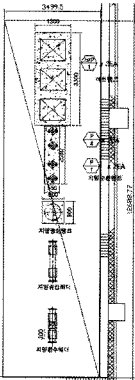
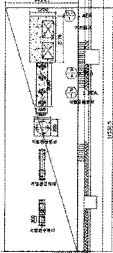
3.1. 장비 설치 면적 비교

지열히트펌프 시스템 대안별 기계실 장비 설치 면적 비교는 표 1에서 보는 바와 같다. 용량 75RT를 기준으로 하였을 때 히트펌프 자체의 설치면적은 기존 W-W 지열히트펌프가 약 4.29m², 멀티형 지열열펌프시스템의 설치면적이 2.72m²로 멀티형 지열열펌프시스템이 W-W방식의 지열히트펌프 시스템에 비해 약 36%의 설치면적 절감이 가능한 것으로 나타났다. 한편 히트펌프 시스템 전체를 설치하기 위한 면적 비교에서는 히트펌프를 제외한

다른 장비의 설치 부분이 동일하므로 이를 반영하여 장비 설치 면적을 산출해 보면 기존 W-W 지열히트펌프 시스템의 경우 약 44.4m², 멀티형지열 열펌프시스템이 약 40.3m²로 나타났다. 이는 기존 지열히트펌프 시스템에 비해 약 9%의 설치면적 절감이 가능한 것으로 나타났다.

이를 건물의 전체 냉난방 시스템의 차원에서 분석하면 중앙 열원으로 설치된 흡수식냉온수기 200 RT를 전기식 히트펌프 냉난방기(EHP)로 변경하였을 경우 설치면적은 표 1에서 보는 바와 같다. 전기식 히트펌프냉난방기(EHP)로 전체 냉난방 시스템을 설치할 경우, 흡수식냉온수기 설치 면적에 비해 약 90%의 설치면적을 절감할 수 있

<표 1> 히트펌프 시스템 대안별 설치 면적 비교

구분	중앙 방식 냉난방시스템 (흡수식냉온수기(200RT)+지역난방+W-W지열 히트펌프(75RT))	개별방식 냉난방 시스템 (전기식 히트펌프 냉난방기(242HP) + 멀티형지열히트펌프(80HP))
메인 시스템 기계실 장비 배치도		
설치면적	97m ² (10 × 9.7)	10.4m ² (2 × 5.2)
지열시스템 기계실 장비 배치도		
지열 시스템 설치면적	44.4m ² (3.5 × 12.7)	40.3m ² (3.5 × 11.5)

는 것으로 나타났다.

결과적으로 건물 전체적으로 중앙 냉난방 방식인 흡수식냉온수기와 W-W방식지열히트펌프시스템을 전기식 히트펌프냉난방기(EHP)+멀티형 지열히트펌프로 변경할 경우 열원 장비의 설치면적은 기존 시스템이 약 140m², 멀티형 시스템이 약 60m² 정도가 필요한 것으로 예상되므로 개별 방식 냉난방 시스템의 장비설치 면적이 기존 시스템에 비해 약 57% 절감 가능한 것으로 판단된다. 본 설치면적 검토는 냉각탑 및 기타 배관 설치 등을 고려하지 않은 것으로 이들 변수가 고려될 경우 각 시스템 간 설치면적은 다소 차이가 발생할 수 있다.

3.2. 에너지 비용 비교

(1) 건물 모델링 및 조닝

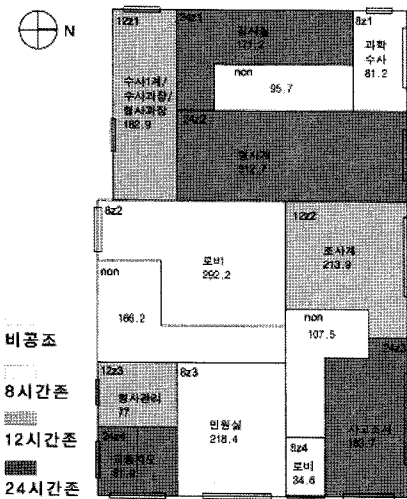
본 건물은 업무의 특성상 각실들의 사용 시간이 서로 상이하게 나타난다. 따라서 사용 시간의 상

이함에 따른 개별운전의 가능성이 건물의 에너지를 효과적으로 사용하는데 중요한 문제이다. 이와 같은 사용 패턴에 따라 중앙방식과 개별방식의 효과적인 에너지 사용패턴을 분석해 보았다. 에너지 분석은 TRNSYS15를 이용하여 건물은 존별로 모델링하고 이에 따른 에너지 사용량을 분석해 보았다.

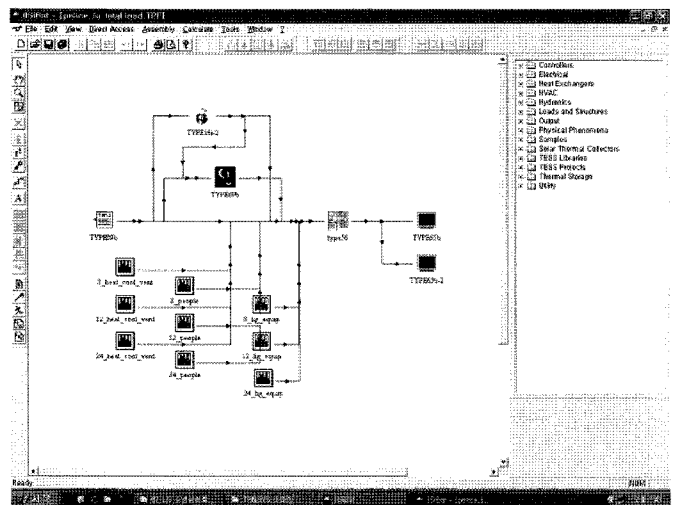
분석대상 건물은 지하 2층, 지상 5층 규모의 건물로 구성된 건물로 그림 4는 건물을 존별로 모델링한 것이며, 그림 5는 시뮬레이션 프로그램 입력창이다.

대상 건물에서 모델링 되는 부분은 8시간, 12시간, 24시간이 모두 공존하는 사무실과 로비(복도)로 구성되어 있다. 모델링 부분의 실내 설정 온습도 조건은 분석대상건물 기계설비 계산서에서 명시된 사무실과 로비의 실내 설정 온습도 기준을 적용하였다.

건물에서 내부발열 요소는 재실자, 조명, 사무기



[그림 4] 시뮬레이션 모델링 평면도



[그림 5] IISiBat 모델링

<표 2> 건물 부위별 벽체 구성 및 물성

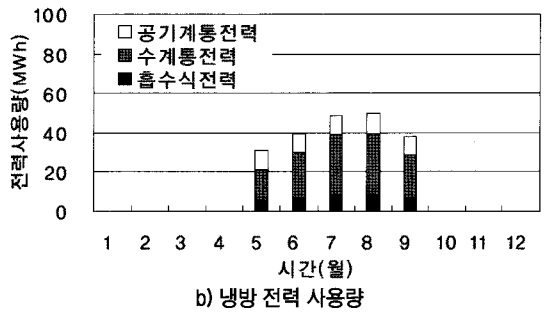
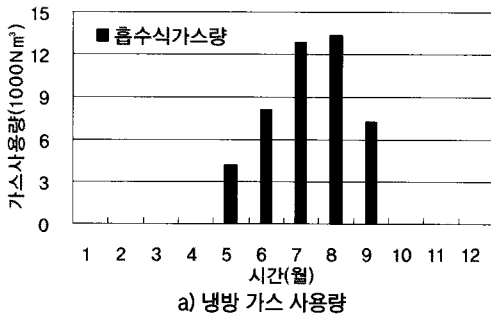
건물 부위	열관류율(kcal/m ² h°C)	건물 부위	열관류율(kcal/m ² h°C)
유리창	2.84	지붕	0.229
외벽	0.385	바닥	0.172

기 등으로 구분할 수 있다. 대상 건물에서 내부발열 조건은 표 2에서 보는 바와 같다. 재실 발열 기준은 ISO 7730 : rates of heat gain from occupants of conditioned spaces를 적용하였으며 재실밀도와 조명, 기기발열은 분석대상건물 기계설비 계산서에서 제시된 값을 사용하였다. 내부발열 요소에 대한 스케줄은 사무실 스케줄을 기

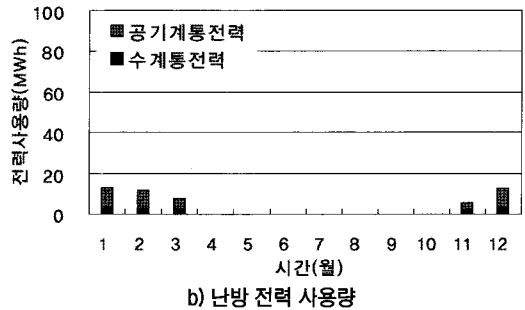
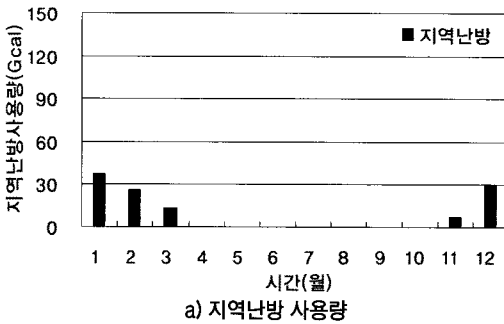
본으로 하여 분석대상건물의 운영패턴을 고려하여 8시간, 12시간, 24시간 존으로 스케줄을 구분하고 각각의 존별로 재실스케줄과 조명 및 기기스케줄을 평일과 주말 스케줄로 구성하였다.

(2) 에너지 사용량 분석

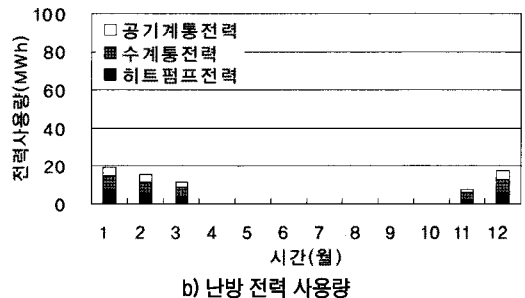
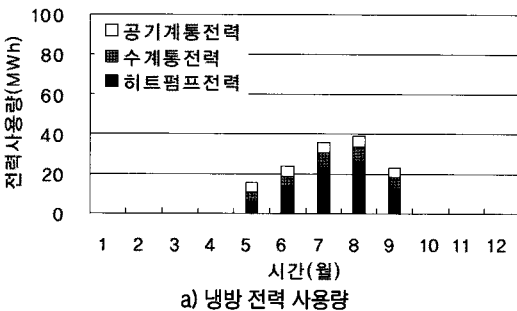
본 절에서는 앞 절에서 기술한 바와 같이 시스템



[그림 6] 중앙방식 냉난방 시스템 : 냉방 에너지 사용량



[그림 7] 중앙방식 냉난방 시스템 : 난방 에너지 사용량



[그림 8] W-W 지열히트펌프 냉난방 에너지 사용량

모델링을 하고 에너지 시뮬레이션을 통해 각 대안 시스템의 에너지 사용량을 도출하였다.

1) 중앙방식 냉난방 시스템의 에너지 사용량

중앙방식 냉난방 시스템 에너지 사용량 중 흡수식냉온수기를 냉방전용으로 사용한 경우의 에너지 사용량은 그림 6과 같다. 중앙방식 냉난방 시스템 에너지 사용량 중 지역난방을 사용한 경우 난방 에너지 사용량은 그림 7과 같다.

2) W-W방식 지열 히트펌프 시스템 에너지 사용량

중앙방식에 적용된 W-W방식 지열 히트펌프 시스템의 냉난방 에너지 사용량은 그림 8에서 보는 바와 같다.

3) 개별방식 냉난방 시스템의 에너지 사용량

기존 중앙냉난방 열원 및 공조방식 대신 전기식

히트펌프 냉난방기(EHP)를 적용할 경우의 냉난방 에너지 사용량은 그림 9와 같다.

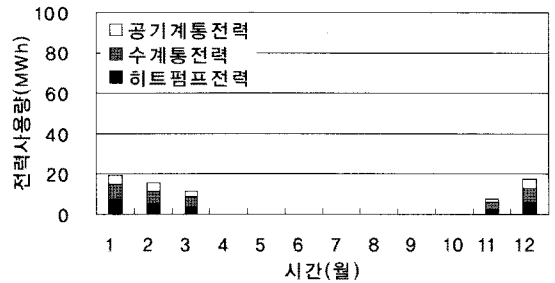
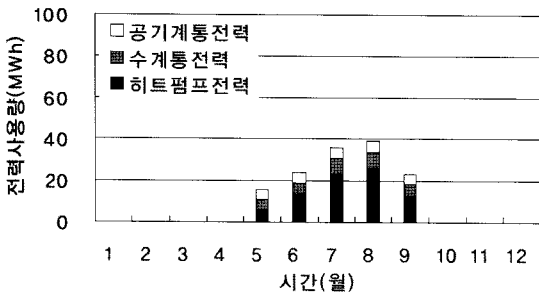
4) 멀티형 지열 히트펌프 시스템 에너지 사용량

멀티형 지열 히트펌프 시스템의 에너지 사용량은 그림 10에서 보는 바와 같다.

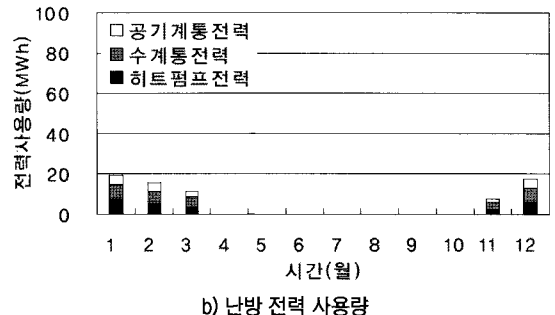
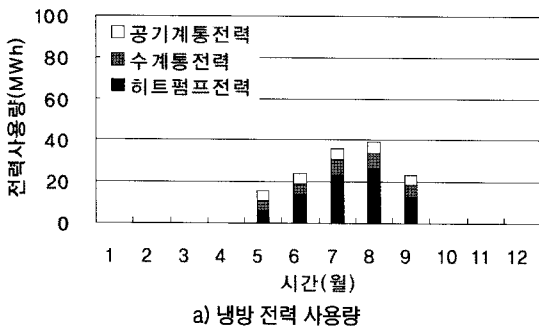
(2) 대안별 지열 히트펌프 시스템의 운전 효율 분석

대안별 지열 히트펌프 시스템의 운전 효율은 그림 11과 같다. 기존 지열히트펌프는 W-W 열교환 방식으로 히트펌프와 함께 냉수펌프도 효율 분석에 같이 포함하였으며, 멀티형 지열히트펌프는 수대 공기 열교환 방식으로 히트펌프의 효율을 분석하였다.

연간 냉난방 운전시 냉난방 부하를 시각별 시스템 에너지 소비량으로 나누어 구한 각 대안별 시



[그림 9] 전기식 히트펌프 냉난방기(EHP)의 냉난방 에너지 사용량

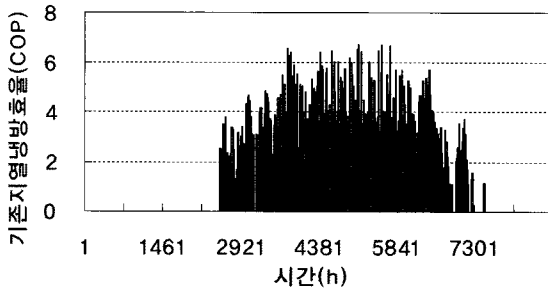


[그림 10] 멀티형 지열히트펌프 냉난방 에너지 사용량

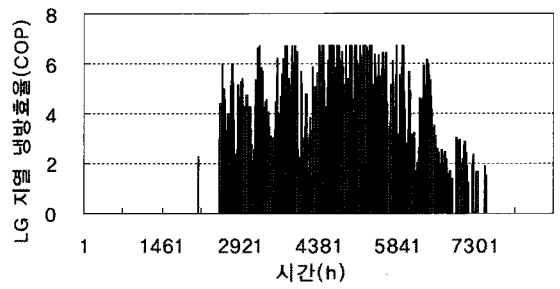
시스템 운전 효율을 검토한 결과 멀티형 지열 히트펌프 시스템 운전 효율이 기존 지열 히트펌프 시스템 운전 효율에 비해 약 35% 우수한 것으로 나타났다.

본 시뮬레이션을 통해 산출한 건물 전체의 시스

템 대안별 에너지 사용량 분석에서 각 대안의 에너지 소비량 비교는 각 대안 시스템이 사용하는 에너지원의 형태가 다르므로 직접적인 비교가 어려운 측면이 있다. 본 연구에서 분석한 시스템 대안에 따른 에너지 소비량은 에너지 시뮬레이션을



a) W-W 지열 히트펌프 냉방 운전 효율



b) 멀티형 지열 히트펌프 냉방 운전 효율

[그림 11] 대안별 지열히트펌프 운전 효율 분석

<표 3> 대안 시스템의 정량적 특성 비교

구분	중앙방식	개별방식	비고
열원 방식	흡수식냉온수기 지역난방열교환기 W-W 지열히트펌프	전기식 히트펌프냉난방기(EHP) 멀티형 지열원 히트펌프	-
공조 방식	천장 카세트형 FCU 환기용 AHU	천장 카세트형 실내기 환기용 직팽식 AHU	-
초기투자비	1,815,583 천원	1,569,752 천원	멀티형 15% 절감
에너지비용	76,637 천원(연간)	68,541 천원(연간)	멀티형 11% 절감
LCC	5,452,166 천원(40년 기준)	4,895,464 천원(40년 기준)	멀티형 10% 절감
설치면적	140m ² (열원 및 펌프 설치)	60m ² (열원 및 펌프 설치)	멀티형 57% 절감
개별제어성	• 개별 공간은 제어되나 중앙 열원 공급시에만 냉난방 되므로 개별 제어는 상대적 불리함	• 존별 실외기 구분하여 설치하여 실별 개별 제어가 가능하므로 개별 제어는 상대적 유리함	멀티형 양호
시공성	• 실내 배관이 수배관으로 구성되며 냉온수 순환펌프 설치가 필요하여 시공이 상대적 복잡함 • 상대적으로 필요한 장비가 많아져 시스템이 복잡해짐	• 실내 배관이 냉매배관으로 설치가 상대적으로 용이하며 냉온수 순환펌프 설치가 필요치 않아 시공이 상대적 간단해짐 • 상대적으로 시스템이 간단	멀티형 양호
유지관리성	• 수배관으로 구성되어 누수 및 혹한기 동파 우려 있음 • 중앙 열원 집중 설치로 관리의 집중화를 이룰 수 있어 중앙 열원의 유지관리는 양호함	• 냉매배관으로 수배관에 비해 상대적으로 관리가 용이 • 존별 실외기가 별도로 분산 설치될 경우 상대적으로 실외기의 관리가 용이하지 않음	• 말단 기기 및 배관의 유지관리는 멀티형 양호 • 열원의 집중 관리는 기존 시스템 양호
쾌적성	• 충분한 환기량만 확보되면 상대적으로 양호한 실내 온열 환경 구현 가능	• 상대적으로 단위 유닛당 풍량이 크고 냉난방시 급기온도차가 상대적으로 크므로 재실자의 쾌적감 저해 가능	기존 시스템 양호

위해 모델링한 분석대상건물의 건축조건과 운전 형태, 내부발열 및 스케줄, 그리고 시스템 설정 조건에 따라 시뮬레이션을 통해 도출된 결과이며, 이러한 분석 결과를 일반적인 오피스 기준으로 일반화 할 수는 없다. 이를 일반화하기 위해서는 본 분석대상 건물과는 다른 형태를 가진 다수의 오피스 건물을 대상으로 시뮬레이션을 수행하여 결과를 도출하여야 할 것으로 판단된다.

(3) 시스템별 장단점 비교

본고는 건물의 냉난방 방식을 중앙식으로 하는 시스템과 개별식으로 하는 시스템에서 신재생에너지 지열로 적용하고자 할때, 시스템의 건축물 적용성 및 이에 따른 경제성을 비교분석해 보았다. 분석의 결과는 표 3과 같다.

중앙방식에 비하여 개별방식으로 하는 것이 초기투자비, 에너지비용, LCC, 설치면적등에서 우수한 것으로 나타났다. 또한 개별제어성 및 시공성면에서도 우수한 것으로 나타났다. 그러나 유지관리성 및 쾌적성 면에서는 중앙방식이 유리한 것으로 나타났다.

5. 결론

본고에서는 최근 국가적인 관심이 증가하고 있는 신재생에너지의 활용방안 중 지열 시스템을

중심으로 그 적용성과 경제성에 대하여 분석해보았다. 멀티형 지열 히트펌프 시스템은 아직 국내에서의 적용이 미미한 상태이지만, 초기투자비 및 운전비면에서 많은 경제성이 있는 멀티형 지열 히트펌프의 적용에 더 많은 관심이 높아질 것으로 생각한다.

특히 2009년부터 신재생에너지의 설치의무화가 신축은 물론 증축 및 개축까지로 그 적용범위가 확대되고, 적용 건물의 범위도 학교 등으로 확대됨에 따라 간헐 사용 및 에너지 비용을 절감하고 하는 건물에 적용이 더 많아질 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 시스템에어컨 기술동향 및 다양한 시스템 별 적용 사례, 박완규, 김동한, 설비, 2008. 5.
2. 지열원 히트펌프 시스템의 실사용을 통한 난방성능연구, 구경민, 정영만, 황유진, 이재근, 장세용, 김인규, 진심원, 이동혁, 대한설비공학회 2008하계학술발표대회논문집, 2008.6.
3. 지열히트펌프시스템의 냉방운전에 따른 성능연구, 이재근, 정영만, 구경민, 황유진, 장세용, 김인규, 진심원, 이동혁, 대한설비공학회 2007동계학술발표회논문집, 2007. 11.