

에너지드림센터 에너지 제로 구현 요소기술 적용 사례

윤강철 PB Korea 전략기획팀 팀장 (Ph.D)
 공흥만 PB Korea 친환경센터 센터장 (건축사)
 이원기 PB Korea 친환경파트 이사 (LEED A.P)



1. 서론

1997년 12월 11일, 일본 교토에서, 전세계 선진국 정상들은 글로벌 온실가스 배출량(GHG emissions) 감축에 대한 의무를 규정하는 교토 의정서를 채택하였다. 이러한 글로벌 온실가스 배출을 공격적으로 수행하고 선도하기 위하여 EU와 영국에서는 각각 2020년까지, 1990년의 온실가스 배출량 대비 20%, 34%의 감축목표를 수립하여 수행하고 있고, 미국은 2020년까지, 2005년의 온실가스 배출량 대비 17%의 감축목표를 수립하였다.

대한민국 정부 또한 글로벌 온실가스 목표에 부합하고 체계적이고 적극적으로 수행하기 위하여 2020년까지 온실가스 배출량을 BAU 대비 30%의 감축목표를 수립하여 수행하고 있다. 건설산업계 또한 이러한 글로벌 온실가스 배출 절감 트렌드를 인지하고 적극적인 요소기술 개발을 위하여 기존 화석연료를 전혀 사용하지 않고, 건물 자체 내에서 모든 에너지를 생산 소비할 수 있는 100% 에너지 자립형 건물 (Zero Energy Buildings; ZEB)을 건설하기 위하여 다양한 신기술 개발과 적용을 위한 노력을 하고 있다.

본 기고문은 서울시가 에너지 자립도시로 발돋움하기 위한 노력의 일환으로 독일 프라운호퍼 태양에너지연구소 (Fraunhofer ISE)와 협력하여 진행된 상암 에너지 자립형 건물의 한국에서의 에너지 제로의 실증적 구현을 제시하고 다양한 전시나 회의 등을 진행할 수 있는 발당을 구현하고자 수행한 에너지드림센터 건설 요소기술을 소개하고자 한다.

2. 에너지드림센터 프로젝트 건설 배경 및 목적

앞에서 언급한 바와 같이, 일본 교토 의정서 채택이후 글로벌 온실가스 배출량(GHG emissions) 감축 기술력 및 역량은 선진국들의 환경/에너지 기반 글로벌 사업 개발과 선점을 위한 중요한 국가과제로 인지되었다. 본 기고문에서 소개하고자 하는 에너지드림센터 프로젝트는 서울시가 에너지 자립형 빌딩 건설을 위한 요소기술을 개발하고 적용하여 중장기적으로 에너지자립형 도시 개발을 구현하고 제시하고자 하는데 의의가 있다.

본 기고문에서 언급한 에너지드림센터 프로젝트의 목적은 에너지 자립형 미래건축물에 대한 실현 가능한 기술 방안과 타당성에 대한 지식을 각 분야의 전문가들과 시민들에게 전달하고, 에너지제로빌딩 구현을 위한 요소기술을 개발하고 전파하여, 대한민국의 환경/에너지 관련 기술 발전에 이바지하는 테크놀로지 인큐베이터로서 역할을 수행하고자 하는데 있다.

3. 에너지드림센터 프로젝트 사업 소개

에너지드림센터는 대지주변으로 상암월드컵경기장 및 DMC(Digital Media City)가 인접된 위치에 계획되었고, 주변 자연환경은 자연녹지지역으로 남쪽의 한강과 난지 한강공원, 북서쪽으로는 하늘공원과 난지공원이 위치한다. 그러므로 서울시에서는 본 지역을 친환경적 공간과 최첨단 도시기능이 동시에 집중된 미래지향적 공간을 구현하기 위한 장소로 적합하고, 대내외적으로 에너지드림센터의 기능과

기술을 홍보하고 알리기 위한 접근도가 좋은 본 지역을 최적의 부지로 인지하고 선정하였다. 본 프로젝트에서 파슨스 브링커호프는 설계와 시공단계 프로젝트 품질관리(Quality Management) 등의 서비스를 고객(서울시)의 입장에서 수행하였다(아래 참고).

■ 에너지드림센터 프로젝트 사업 개요

- 공사명: 상암동 에너지제로하우스 건립공사
- 목 적: 최첨단 에너지기술이 적용된 미래건축물 모델 제시
- 위 치: 마포구 상암동 1535번지 평화의 공원
- 사업주관부서/발주처: 서울특별시 기후환경본부/도시기반시설본부
- 설계(CM): Parsons Brinckerhoff & Fraunhofer ISE Consortium
- 공사기간: '09.12.18 - '12.7.31
- 에너지계획:
 - 에너지저감 : 단열, 밀폐, 채광, 고효율 장비 사용 등으로 필요 에너지 저감
 - 신재생에너지 : 태양광 및 지열 등을 적용하여 제로에너지 달성

■ 에너지드림센터 위치 및 대지 분석



[Figure 1 에너지드림센터 위치]

- 대지주변으로 상암월드컵경기장 및 DMC(Digital

Media City)가 위치

- 자연녹지지역으로 남쪽의 한강과 난지 한강공원, 북서쪽으로는 하늘공원과 난지공원이 위치
- 친환경적 공간과 최첨단 도시기능이 동시에 집중된 미래지향적 공간
- 계획부지에서 한강과 월드컵공원의 녹지 조망, 마포구의 도시 조망이 확보.
- 4방향의 시각적인 개방감과 다양한 조망이 확보.
- 대중교통 이용자들은 평화의 공원주차장입구나 중앙광장을 통해 부지로 진입 가능
- 차량이용자는 강변북로에서 우측일방통행 진입로로 통해 평화의 공원 주차장 이용 가능
- 일방통행 도로변에서 부지로 진입가능한 9m 도로가 인접

| 구분 | 내용 | 비고 |
|------|-----------------------------------------------|----------|
| 위치 | 서울시 마포구 상암동 1535-3, 1536-7번지 일대 평화의 공원 야외 전시장 | |
| 지역지구 | 자연녹지지역, 역사문화미관지구, 시가지조성사업지역, 대공방어협조구역, 하천구역 | |
| 대지면적 | 13,039㎡ | |
| 도로현황 | 강변북로, 증산로, 내부순환로, 자유로 | |
| 용도 | 폐기물처리시설 부속시설(전시장, 사무실) | |
| 건축면적 | 2,065.91㎡ | |
| 연면적 | 3,762.32 ㎡ | |
| 건폐율 | 15.84% | 법정 20%이하 |
| 용적률 | 25.83% | 법정 50%이하 |
| 구조 | 철골구조 | |
| 규모 | 지하 1층 / 지상3층 | |
| 높이 | 13.5M | |
| 외부마감 | 3중유리, 인조 대리석 | |
| 설비개요 | 지열시스템 냉, 난방 | |

[Table 1 에너지드림센터 프로젝트 설계 개요]

4. 에너지드림센터 프로젝트 주요 요소기술

4.1 에너지제로(Net Zero)의 추진 방향

본 프로젝트는 제로에너지 목표를 달성하기 위해 디자인 되었고, 건물의 운영에 필요한 모든 에너지를 자체적으로 생산할 수 있을뿐더러 그 에너지는 모두 재생 가능하여야 하였다.

또한 태양광 발전기를 통해 생산된 전기 에너지는 에너지 수요를 자체적으로 충당하고 추가로 필요한 전력은 한전의 전력망에서 얻을 수 있도록 하였고, On-grid 시스템은 기존의 인프라를 효과적으로 이용할 뿐 아니라 어떠한 상황에

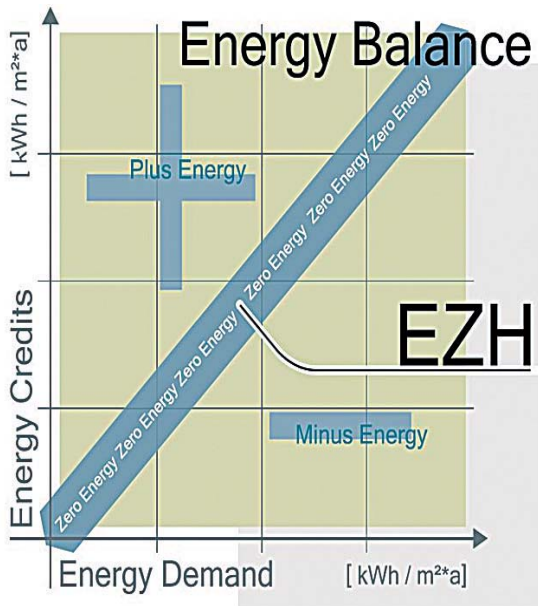
서도 지속적인 운영이 가능하게 해 전기에너지의 공급과 수요 사이의 균형(Balance)을 이룰 수 있게 하였다.

따라서 연간 건물에 소요되는 에너지와 건물에서 생산되는 신재생에너지가 서로 발란스를 이뤄 연간 에너지 균형을 이룬다. 건물은 전력공급망으로 연결되어 있어 건물에서 생산된 태양광 에너지를 전력공급망에 공급해 줄 수 있을 뿐 아니라 필요 시 전력공급망에서 건물 운영에 필요한 전기를 얻을 수 있게 하였다.

4.2 Energy Net Zero 설계

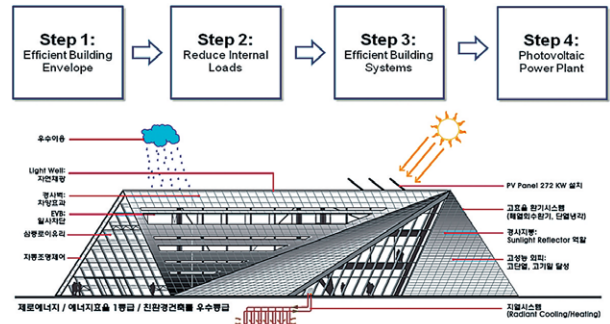
4.2.1 Energy Net Zero 설계 개념

- 패시브 및 액티브적 에너지 절약기법으로 에너지 사용 최소화
- 화석연료 사용 배제를 위한 전기 에너지원 사용
- 필요한 전기에너지는 태양광 발전으로 공급
- 잉여 전력은 기존 전력망으로 보내고, 부족 전력은 기존 전력망에서 공급
- 연간 소요되는 전체 에너지와 생산하는 에너지 사이에 균형 유지



[Figure 2 에너지제로 설계 개념도]

4.2.2 Energy Net Zero 에너지 균형 (Energy Balance) 설계 절차 및 적용기술도

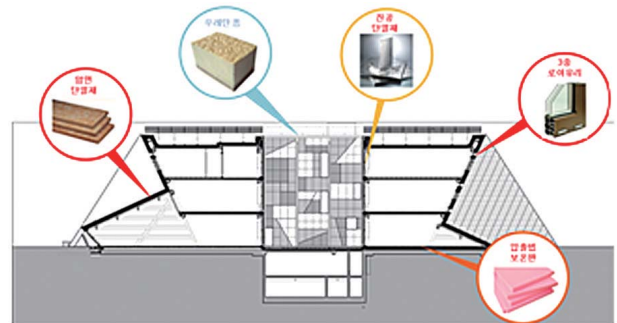


[Figure 3 에너지제로 설계 절차 및 적용기술]

4.3 Passive 기법 주요 요소기술

4.3.1 고성능 외피

에너지제로센터에서 적용된 외피는 우레탄폼 (지붕), 암면 단열재 (벽), 진공단열재 (중정벽), 압출법보온판(바닥) 등의 뛰어난 단열성을 보유하고 에너지수요를 최소화하는 재료를 사용하였다. 왜냐하면, 최적화된 단열층을 적용해 열교 현상을 최소화할 필요가 있었고, 적용된 단열재의 사양은 모두 패시브 하우스 기준을 만족시켜야 하였기 때문이다.



[Figure 4 에너지제로센터 고성능 외피 적용기술]

| 구분 | 적용 열관류율 (U-value) | 에너지절약 설계기준 열관류율 (U-value) |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 외 벽 | 중정외단열 (진공단열재) 0.11 W/m ² K 경사벽 (암면단열재) 0.14 W/m ² K | 0.47 W/m ² K 이하 |
| 지붕 | 평지붕 0.119 W/m ² K 경사지붕 0.112 W/m ² K | 0.29W/m ² K 이하 |
| 바닥 | 0.101W/m ² K | 0.58 W/m ² K 이하 |

[Table 2 에너지제로센터 외피 사양]

▣ 2종류의 유리

하절기 일사차단을 위해 수평 띠 창과 중정 커튼월에 외부 전동블라인드(EVB)와 연계하여 일사차폐계수(SHGC) 0.5

이상의 유리가 적용되었다. 그 외의 모든 외부 커튼월에는 동절기 실내 복사열 손실을 방지하기 위해 SHGC 0.3이하의 유리가 적용되었다.



[Figure 5 에너지제로센터 외부 커튼월]

4.3.2 외부차양(블라인드)

여름에 유입되는 일사를 차단하여 냉방부하를 줄이기 위해 외벽과 내부 중정에 개폐 가능한 외부 전동블라인드를 설치하였다. 블라인드는 사용자의 필요에 따라 태양 빛을 조절할 수 있고, 옥상에 설치된 6개 센서에 의해 일사가 감지되어 자동으로 작동할 수 있게 하였다. 또한 블라인드는 겨울철 햇빛을 최대한 받아들이기 위해 설계되었고, 경사 벽의 창문과 중정 내부의 커튼월의 햇빛 투과율은 0.55로 하여 전동 블라인드가 강한 일사를 차단해 주는 역할을 할 수 있게 하였다.



[Figure 6 에너지제로센터 수평연창 외부차양]

- 동절기 : 사용자가 작동하지 않는 이상 블라인드 닫힘
- 하절기 : 일사량이 150 W/m²를 초과시에는 블라인드 닫아 일사를 차단하고, 일사량이 100 W/m²

이하일 때에는 슬랫을 수평으로 유지하게 하고, 일사량이 50 W/m² 이하일 때에는 블라인드 열어 일사량을 최대한 확보하게 하였다.

4.3.3 자연채광 적용 기술

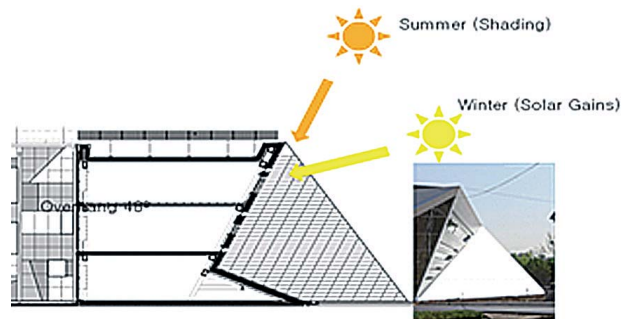
에너지드림센터에서 자연채광 기술은 바람개비 날개 형태를 하고 있는 경사지붕을 사용하여 Sunlight Reflector 역할을 하게 하였고, Sunlight Reflector의 반사율을 높이기 위하여 경사지붕 및 경사벽을 흰색으로 마감하였고, 또한 실내로 유입된 빛을 효율적으로 확산시키기 위해 천장 및 내부 벽체도 흰색으로 마감하였다. 실이 깊어짐에 따라 자연채광이 불리해지는 것을 해결하기 위하여 Light Well 중정을 적용하여 에너지 효율을 높였다.



[Figure 7 에너지제로센터 자연채광 기술]

4.3.4 경사벽 적용 기술

에너지드림센터에서는 태양고도가 높은 하절기에 일사취득을 감소시켜 냉방에너지 소요량 절감하기 위하여 경사벽 기술을 적용하였다. 동기술은 태양고도가 낮은 동절기에는 일사를 취득하여 난방에너지 소요량 절감을 위하여 적용하는 효율적인 기술이다.

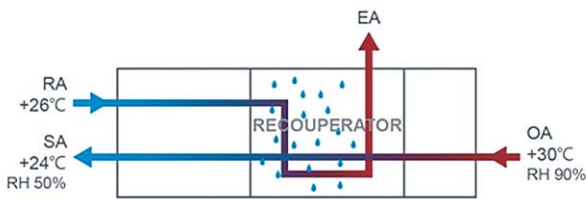


[Figure 8 에너지제로센터 경사벽 적용기술]

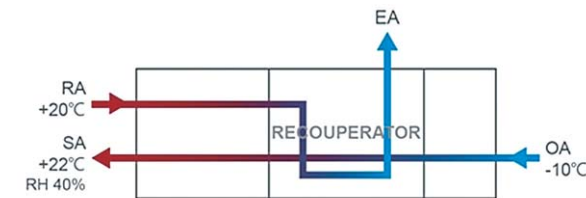
4.3.5 환기 시스템

빌딩의 환기는 일반적으로 난방이나 냉방 에너지가 아닌,

위생적인 환기량에 영향을 받는다. 에너지드림센터에서는 제습과 관련된 열 쾌적성은 공기가 아닌 바닥 냉/난방 시스템을 적용하여 열 쾌적성을 높였다. 에너지드림센터의 환기 시스템은 여름철 제습을 위한 에너지 수요를 줄이기 위해 외기는 단열 냉각과정을 거친다. 흡입된 공기는 공조기내에서 증발식 배기 냉각기에 의해 미리 냉각된다. 최종적으로 배출되기 전에 공기에 물이 분사되면서 온도가 낮아지고, 외기와 열교환하여 현열을 회수하게 되어 냉각된 공기가 배출되게 된다. 이 과정을 위한 냉수는 터보 냉동기에서 공급된다.



[Figure 9 하절기 환기]



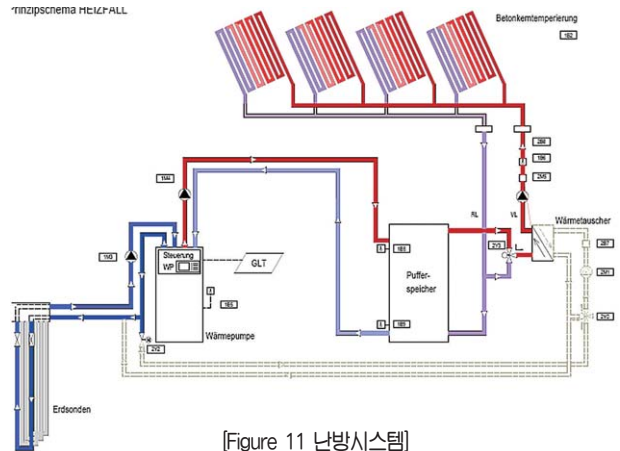
[Figure 10 동절기 환기]

4.4 Active 기법 주요 요소기술

4.4.1 냉난방 시스템

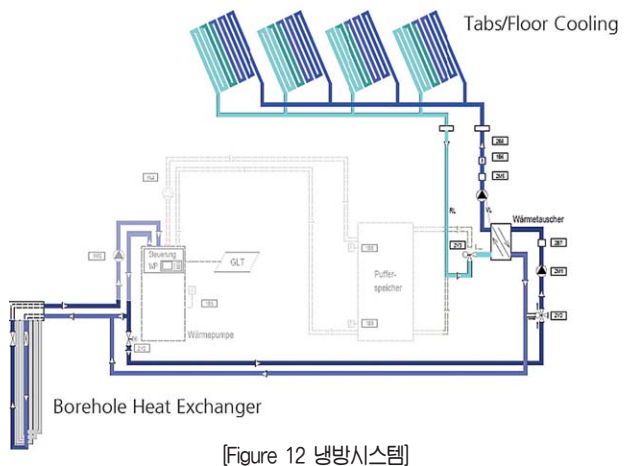
에너지드림센터의 냉방 시스템은 냉방 효율을 높이기 위하여 히트펌프 없이 14~16°C의 지열수와 냉수를 열교환기를 통해 직접 열교환 후, 복사패널 및 컨벡터에 공급하게 하고, 지중온도가 17°C 이상일 경우 터보 냉동기로 버퍼탱크(16°C)에 냉수를 공급하고 있다. 또한 난방 효율성을 높이기 위하여 지열 히트펌프 시스템에서 생산된 온수를 복사패널, 컨벡터 및 공조기에 공급하게 하였다.

난방을 위한 열에너지는 지중의 열원으로 쓰는 히트펌프로 공급된 후 바닥 난방방식을 적용해 각각의 사용처로 전달된다. 이로 인해 전체 난방 시스템의 연관성능계수(CoP) 4를 달성할 수 있게 하였고, 목표치는 히트펌프와 같은 보조 펌프 등의 최적화된 시스템으로 효율성을 높였다(Figure 11 참고).



[Figure 11 난방시스템]

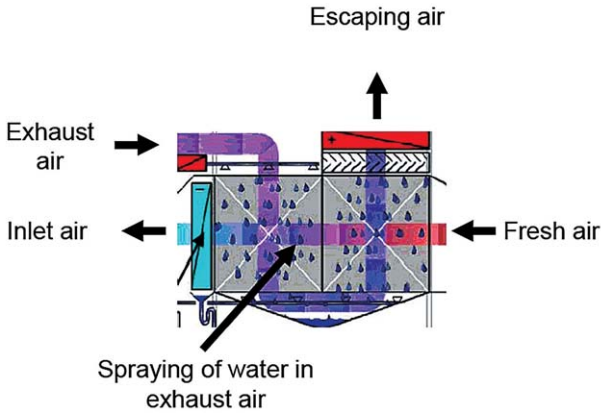
냉방 에너지는 지중의 온도를 직접 열교환 하여 건물의 냉방에 적용하여 바닥 복사 냉방 시스템으로 전달되게 하였다. 프로젝트에서 냉방 시스템의 연관성능계수 목표치는 7이었고, 본 시스템 도입을 통해 국내에서 사용되는 지열히트 펌프를 이용한 냉난방방식보다 더 많은 에너지를 절감할 수 있었다(Figure 12).



[Figure 12 냉방시스템]

4.4.2 증발냉각 시스템

에너지드림센터의 효율성을 높이기 위하여 제습에 소요되는 에너지를 줄이기 위하여 공조기에 인입된 외기를 프리쿨링 하는 시스템과 배기되는 공기는 분무수에 의하여 습구온도까지 증발하여 냉각시키는 시스템을 증발냉각 시스템을 도입하였다. 또한 도입되는 외기는 냉각된 배기와 열교환하여 실내로 급기하여 냉각 효율성을 개선시켰다.



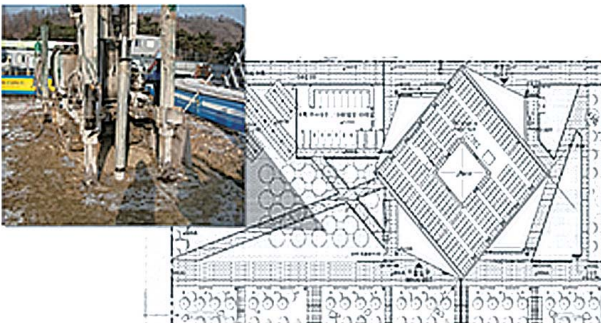
[Figure 13 증발냉각 시스템]

4.5 신재생에너지 요소기술

4.5.1 지열 시스템

냉난방, 가습 및 급탕에 필요한 열에너지는 지열시스템을 기초로 하였다. 지열시스템은 37개의 50m 깊이의 천공과 냉, 난방에너지를 저장할 수 있는 버퍼탱크 3개로 이루어져 있으며, 난방기 냉방기에 따라 각각 다른 방식으로 운영된다. 난방기의 지중루프는 최대 50W/m 용량을 가지고 있으며, 냉방기의 지중루프의 열용량은 20W/m이다. 여름철 냉방은 히트펌프의 사용 없이 지중열과 냉수를 직접 열 교환하여 건물로 직접 공급된다. 이렇게 지중에서 얻어진 온도를 건물의 냉방에 직접 공급하는 시스템은 국내에 처음으로 도입되는 시스템이다.

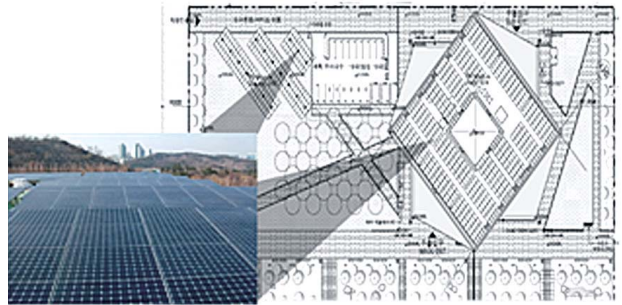
- 냉방, 난방 및 급탕용 냉온수는 50m x 37공의 지열 시스템에서 공급
- 난방시: 지중으로부터 열을 추출하며 히트펌프를 통하여 온수를 생산
- 냉방시: 열교환기를 통하여 지열 천공의 지열수와 냉수를 열교환



[Figure 14 지열 천공과정과 도면]

4.5.2 태양광 발전 시스템

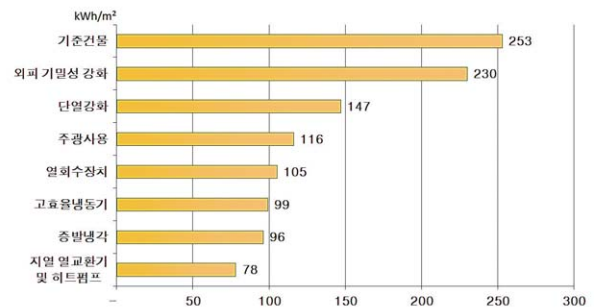
- 태양광 발전 272kW 설치
- 태양광 발전량이 전기 소요량보다 많은 경우에는 잉여량을 기존 전력망에 송전
- 태양광 발전량이 전기 소요량보다 적을 경우에는 기존 전력망으로부터 전기를 공급
- 전기 소요를 최대한 저감하기 위하여 계획 및 운영단계에서의 원칙제시



[Figure 15 태양광 발전 시스템]

4.6 시뮬레이션

- 연간 일사와 조도 시뮬레이션은 RADIANCE/ DAYSIM 사용
- 에너지 시뮬레이션은 TRANSYS 사용: RADIANCE 및 DAYSIM에 의한 조명기구의 에너지 소비 및 내부 발열 프로파일 반영
- 각 에너지절감 아이템을 반영했을때 연간 에너지 소요량 산출
- 단열성능을 강화시 에너지 소요량이 크게 절감되나 초기투자비 크게 상승됨
- 시뮬레이션을 통한 에너지절감 효과분석 및 의사결정 필요



[Figure 16 냉난방 에너지 효율성 시뮬레이션 결과]

5. 결론

에너지드림센터는 에너지 제로 빌딩 건설 요소기술 및 구현의 결과를 미정부녹색건축위원회(USGBC)의 인증시스템인 LEED처럼 친환경건축물인증(KGBC) 또한 대중교통, 현행시공, 물 수요절감 등을 포함해 친환경건축물과 관련된 여러 매개 변수를 포함하고 있다. 서울에너지드림센터는 국내 친환경건축물인증(KGBC)에서 우수등급을 받았다. 또한 건물에너지효율등급인증제에서 최고등급을 받았다. 이는 일부 유럽국가에서 사용되는 Energy Passport와 유사한 인증으로 5가지의 카테고리를 통해 건물의 에너지 성능이 평가되고 등급이 매겨진다. 서울에너지드림센터는 총 소비되는 에너지량이 300kWh/m²a 미만으로 기준을 만족하여 최고 등급을 받았다.

건물 준공 후 파슨스브링커호프와 프라운호퍼 ISE는 지속적인 모니터링 서비스를 수행할 예정이다. 모니터링을 통해 확보한 데이터 및 Knowhow은 추후 제로빌딩 구현을 위한 프로젝트에 활용하기 위하여 공유될 것이며, 또한 에너지드림센터 운영과 유지관리(O&M) 담당자들이 실질적인 건물 운영에 기초하여 건물의 지속적인 기능향상과 제로 에너지를 실현할 수 있게 할 것이다. 운전 및 유지관리 모니터링 과정은 총 24개월(냉방기간, 난방기간, 각각 2번)동안 수행되며 제로에너지가 실현되는 것을 증명할 것이다.

- 윤강철 e-mail: yun.william@pbworld.com
cmbuilder@lycos.co.kr
- 공흥만 e-mail: kung.hm@pbworld.com
- 이원기 e-mail: lee.wk@pbworld.com