

# 한국형 제로 에너지 하우스, 「Green Tomorrow」 구축 사례

- 신 승 호 / 삼성물산(주) 기술연구센터 친환경에너지연구소, seungho.shin@samsung.com
- 최 종 영 / 삼성물산(주) 기술연구센터 친환경에너지연구소, jy1.choi@samsung.com
- 양 기 영 / 삼성물산(주) 기술연구센터 친환경에너지연구소, pius.yang@samsung.com

삼성건설에서 계획하여, 시공중인 제로 에너지 하우스(Net Zero Energy Building) 구축 사례를 통해, 친환경/저에너지 건축물의 구현 방법과 관련 기술을 소개하고자 한다.

## 개요

최근 계속되고 있는 국제유가의 불안정한 움직임과 무분별한 개발 및 소비활동 등에 따른 온실가스로 인한 지구온난화 문제는 국제적으로도 지속적인 관심의 대상이 되고 있다.

널리 알려져 있듯이 교토의정서에 근거하여, 선진국들은 이미 온실가스 배출규제 시행중에 있으며, 세계 11위 배출국인 우리나라도 곧 규제대상국에 포함될 것으로 예상된다.

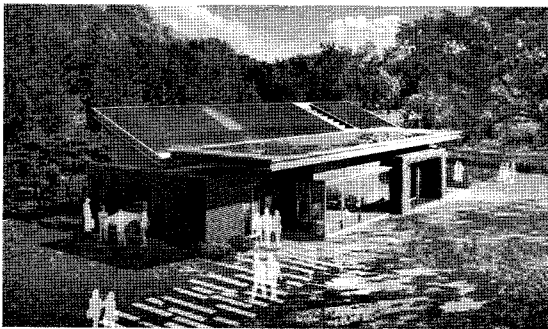
우리 나라를 포함한 세계 각국은 교토 의정서 및 향후 계속될 관련 규제 체제하에서 친환경을 기반으로 하는 녹색성장 관련 기술개발을 국가의 주요한 경쟁력 강화방안으로 인식하고 있으며, 시민 사

회에서도 '하나의 지구(One planet)' 개념 하에 에너지 소비 및 그에 따른 이산화탄소 등 온실가스의 배출 절감을 촉구하는 목소리가 높아져 가고 있다. 이와 같은 상황에서 건축물에서 소비되는 에너지와 배출되는 이산화탄소의 양은 국가별 통계기준에 따라 다소간의 차이는 있으나 대개 30 ~ 40% 가량을 차지하고 있는 것으로 알려져 있어, 건설업계를 중심으로 건축물의 신축, 운용, 철거 등 생애 전 과정에 소비되는 에너지와 환경에 배출되는 부하를 감소시키려는 노력이 시급히 요망된다.

삼성물산(주) 건설부문은 이러한 노력의 일환으로 그간 연구개발 및 실무에 적용해왔던 친환경/저에너지 분야의 기술을 바탕으로, 자연과 인간이 공존할 수 있는 지속가능한(sustainable) 삶의 공간을 구축하였으며, 회사가 지향하는 미래 친환경 주택의 모델로 삼아 「Green Tomorrow」라 명명하였다. 본고에서는 그 기획과정 및 활용된 주요 컨셉, 친환경 요소기술을 간략히 살펴보고자 한다.

## Zero Energy House로서의 기획과정

적은 양의 에너지로 건물을 운영할 수 있는 에너지 저소비형 건축물에 대한 연구는 독일, 영국 등 유럽 국가를 중심으로 지속적으로 진행되어 왔다. 이들 국가에서는 이미 60 ~ 70년대부터 자연친화성을 증시한 생태주택이나 친환경건강주택에 대한 시범 구축이 이루어져왔으며, 에너지 소비 부문에서도 31 하우스, 11 하우스 등 패시브(passive) 디자인을 중심으로 한 저에너지 소비주택에 대한 연구개발이 지속적으로 이어져왔다. 최근의 지구 온난화 및 이에 따른 기상이변에 대한 관심이 높아



[그림 1] 「Green Tomorrow」개요

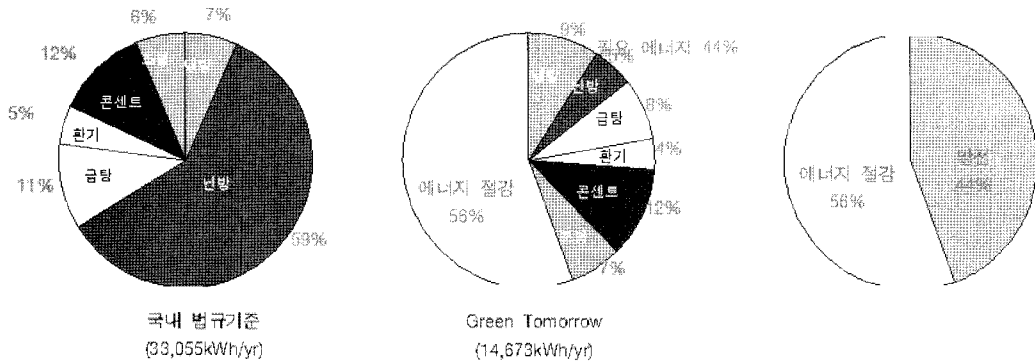


지면서, 세계 각국에서 제로 에너지 빌딩 또는 제로 에너지 주택에 대한 연구 및 실증사업이 이루어지고 있는데, 이 때의 제로 에너지에 대해서는 국가 및 기관별로 다소 상이한 정의를 가지고 있으며, 에너지 소비량의 검증에 대해서도 다양한 기준이 제시되고 있다. 이에 따라, 국제 에너지기구(IEA)에서 설립한 국제 연구 협의체인 ECBCS(Energy Conservation in Buildings and Community Systems)에서는 제로 에너지 빌딩의 정의에 대한 워킹그룹을 설치하여 운영중에 있다.

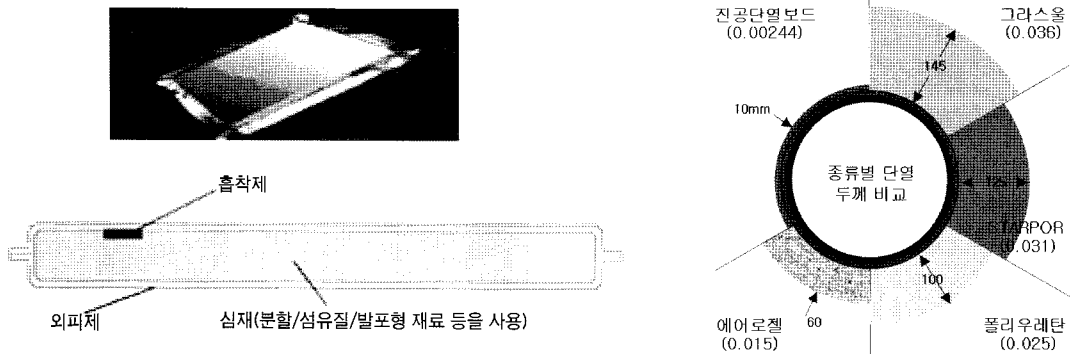
「Green Tomorrow」를 계획함에 있어 연구진들이 도출한 제로 에너지의 개념은 '건축물 디자인의 효율화(passive design) 및 설비기기의 효율화(active design)를 통해 에너지 사용량을 큰 폭으로 절감한 후, 필요한 최소 에너지를 신재생에너지로 자체 생산하여 충당함으로써 연간 전체 에너지 수

지(收支)를 "0" 또는 그 이상(생산량이 소비량을 초과)으로 유지한다'는 것으로, 먼저 건축물이 필요로 하는 에너지량을 최소화한 후(그림 2의 가운데 도표 참조), 필요불가결한 최소한의 에너지 공급은 환경에 미치는 영향이 적은 신재생에너지를 통하여 자체 생산·조달(그림 2의 우측 도표 참조)하는 것을 건물 계획의 근간으로 하고 있다.

건축물에 소비되는 에너지 사용량을 최소화하기 위하여, 먼저 패시브 디자인(passive design)을 실시하였다. 이는 건축물의 향 등 배치에서부터, 각실의 배치, 창호의 선정 및 배치를 비롯하여, 축열재의 사용, 고단열/고기밀 외벽재의 적용을 모두 아우르는 것으로, 별도의 기계 및 전기설비를 이용한 능동적 부하처리 이전의 주택이 그 자체로써 적은 양의 에너지를 소비하면서도, 거주하기에 쾌적한 주거공간을 제공하도록, 설계자, 엔지니어 및



[그림 2] 제로 에너지의 정의



[그림 3] 진공단열보드와 단열재간 비교

연구자가 공동으로 설계 단계에 참여함으로써 가능하였다.

표 1에 나타난 바와 같이 「Green Tomorrow」는 국내 법규 기준을 훨씬 상회하는 외벽체의 단열성능을 보유하도록 계획되었으며, 이는 국내외의 저에너지 주택 연구사례, 자체 에너지 시뮬레이션 결과를 바탕으로 도출된 값이다. 부위별로 이와 같은 엄격한 열적 성능을 만족시키기 위하여, 각 실의 필요조건에 맞추어 다양한 단열재, 재료 및 공법을 적용하였으며, 그림 2에는 적용된 단열재 중 얇은 두께로 동일한 단열성능을 얻을 수 있는 진공단열보드와 타 단열재와의 두께 상대비교를 나타내었다.

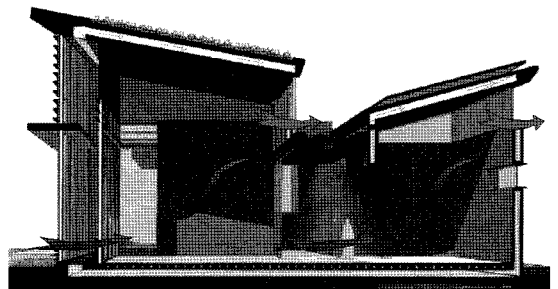
건물 주변의 미기후 분석결과에 따라 실과 창호의 배치를 조정하여 실내에의 자연채광 입사가 용이하도록 계획하였으며, 전면에서 유입된 외기가 주택 전체를 경유하여 후면으로 배기되도록 자연

<표 1> 「Green Tomorrow」와 국내 법규상의 단열기준 비교

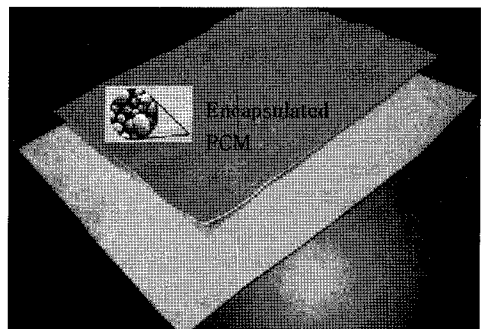
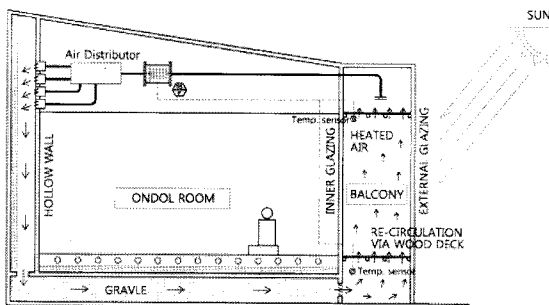
| 구분               | 열관류율(U-value, W/m <sup>2</sup> °C) |                         |
|------------------|------------------------------------|-------------------------|
|                  | Green Tomorrow                     | 국내 법규 기준                |
| 외벽               | 0.097                              | 0.47                    |
| 지붕(외기 직접 면하는 부위) | 0.0777                             | 0.29                    |
| 지붕(외기 간접 면하는 부위) | 0.089                              | 0.52                    |
| 창호 물성치           | 0.778                              | 2.7                     |
|                  | 창면적비: 25%<br>차폐계수: 0.543           | 창면적비: 25%<br>차폐계수: 0.85 |

환기의 개념을 도입하여 봄과 가을의 중간기 실내 환기를 촉진하고, 실내발열에 따른 냉방부하를 효과적으로 저감할 수 있도록 하였다(그림 4 참조). 건물의 창호는 열성능 기준을 만족시키는 범위 내에서 실에 따라 삼중유리, 이중외피 등의 다양한 형태로 설치하여, 향후 비교 성능평가가 가능하게 하였으며, 특히 주택 내의 한실에 적용된 이중외피 내부의 공기는 자연적인 부력과 순환동력을 이용하여, 건물 구체내에 순환시킨 후 바닥 축열재에 축열 저장하였다가 야간에 중간 벽 등에 순환시켜 난방 에너지를 절감하는데 재사용되도록 계획하였다(그림 5 참조).

「Green Tomorrow」내 일부 천장재에는 축열을 통해 냉방부하 저감에 기여하는 상변화 축열재(Phase Change Material)를 설치하였다. 통상의 축열재(thermal mass)가 두꺼운 두께를 이용하여 내부에 열을 모아두는데 반해, 상변화 축열재는 자재 내에 캡슐형태로 포함된 PCM재의 상변화 과정(고체 ↔ 액체)을 통해 열에너지를 축적하고, 방출하



[그림 4] 자연 환기 계획



[그림 5] 선풍공기순환 및 상변화 축열재의 적용



기 때문에 얇은 두께로도 동일한 효과를 낼 수 있는 장점이 있다.

실내 환경을 쾌적하게 조절하고, 생활에 필요한 각종 주거기능을 제공하기 위한 기계/전기 설비를 가장 에너지 효율적으로 설치하기 위한 액티브 디자인(active design)에는 직류 배전 및 가전활용, 대기전력 차단, 조명제어와 고효율 열회수환기, 에어 플로우 윈도우, 복사 냉난방 등의 설비기기 효율화가 포함되어 있다.

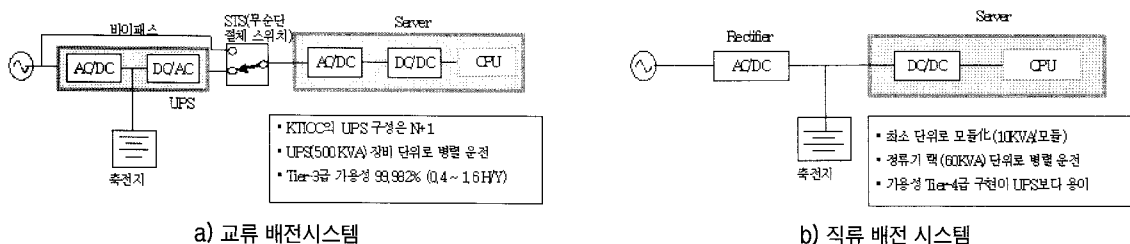
「Green Tomorrow」는 국내 최초로 모든 전력을 직류로 공급하여 가정 내에서 교류의 직류변환에 따른 에너지 손실요인을 제거하였다. 부지 내에서 태양광 발전 등 자체 생산되는 신재생에너지를 주 에너지원으로 하는 계획 특성상, 직류 부하를 기반으로 하는 제품을 설치하고, 변환과정없이 직접 공급함으로써 생산한 에너지를 보다 효율적으로 활용할 수 있으며 그림 6에서 확인할 수 있는 바와 같이 기존 시스템에 비해 훨씬 단순한 시스템 구성이 가능해진다.

대기 전력 차단 시스템은 배선 내 일괄 전력 차단

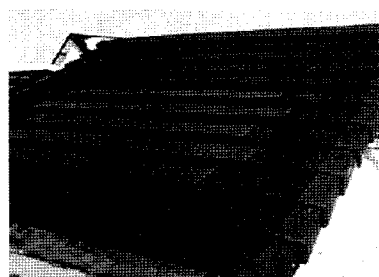
스위치를 설치하여 불필요한 가정 내 대기전력을 차단하는 방식이며 이외에도 효율적인 전기 사용을 위하여 인체 감지 및 조도 센서를 통해 공실 조명은 소등하고, 단위 구역별로도 조도를 제어할 수 있도록 하였으며, 소자 수명이 5만 시간 이상으로 장수명 활용을 기대할 수 있고, 형광등에 사용되는 수은을 사용하지 않아 친환경 조명원으로 각광받고 있는 L.E.D 등기구를 적용하여 조명에너지 사용에 효율을 기하는 동시에 친환경성을 부여하였다.

연간 에너지 수지를 제로화 하기 위해 필요불급한 최소 에너지는 신재생에너지로 자체 생산하도록 하였으므로, 부지 내에서 생산하는 에너지의 종류 및 생산량은 전체 건물의 에너지 수급계획에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 「Green Tomorrow」는 태양광, 태양열, 풍력 및 지중열 등 알려져 있는 여러 형태의 신재생에너지를 동시에 적용하되, 부지와 건물의 사용 특성 등을 고려하여 최적화될 수 있도록 계획하였다.

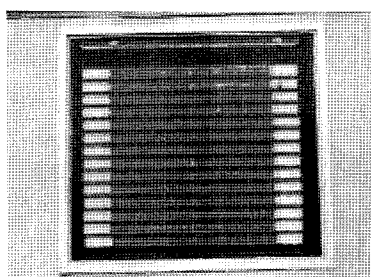
태양광 발전은 지붕 외에도, 창 및 블라인드에 건물 통합형태(BIPV : Building Integrated Photovoltaics)



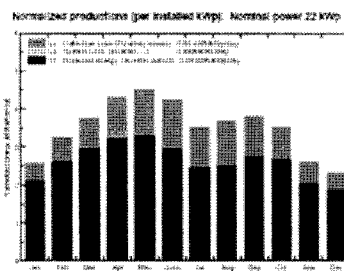
[그림 6] 교류/ 직류 배전 시스템의 비교



a) 지붕형 PV



b) 블라인드형 PV



c) 발전량 시뮬레이션 결과

[그림 7] 다양한 형태의 태양광발전방식의 적용

로 다양하게 적용되었으며, 전력생산에서 가장 높은 비중을 차지하는 지붕형 태양광 발전의 경우 피크기준으로 22 kWh, 연간 21 MWh의 전력이 생산 가능한 용량으로 설치되고 있다.

풍력 발전은 수직형 풍력발전의 한 형태인 복합 다리우스 형을 적용하여, 부지 내의 작은 풍량에서도 지속 발전이 가능하도록 하였으며 피크 기준 3 kWh, 연간 0.2 MWh의 전력생산이 기대된다(그림 7 참조).

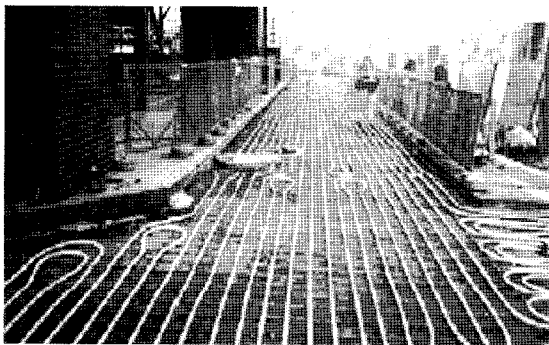
온열 및 냉열 공급에는 지중열 냉난방과 태양열 급탕이 적용되었는데, 지중열의 경우 150 m 깊이의 열교환기를 2공 천공하여 전체 6 USRT 규모로 계획하였다. 이때, 부지 내 바닥면적 약 25 m<sup>2</sup> 규모의 통행로에 별도의 열교환없이 지중열을 직접 이용하는 융설설비를 설치하여 동절기와 하절기의 열사용에 균형을 유지하도록 하였으며, 이와 같은 동절기 지중열 사용을 통해, 계절별 불균형 사용으로 인한 경년변화와 이에 따른 열용량 저하를

방지할 수 있을 것으로 기대된다(그림 8 참조).

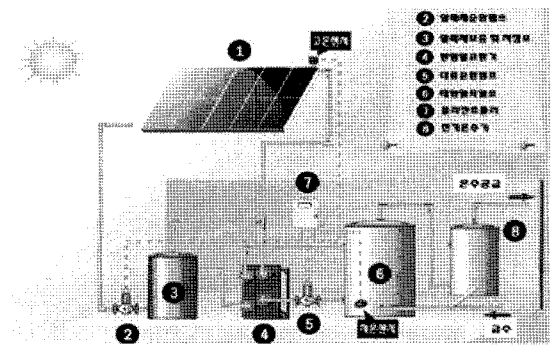
「Green Tomorrow」에 설치된 4 m<sup>2</sup>, 200 l 규모의 평판형 태양열 집열기를 통해 연간 약 2 MWh 규모의 태양열을 급탕에 활용할 수 있을 것으로 예상되며, 축열조와 발전된 전력으로 가동되는 전기온수기를 급탕 시스템 내에 함께 구성함으로써 효율적이면서 쾌적한 급탕사용이 가능하도록 하였다.

### 성능의 예측과 검증

제로 에너지 건물의 정의에 부합하는 수준으로, 연간 에너지 공급 및 사용이 이루어 질 수 있는지의 여부를 확인하고, 보다 효율적인 시스템으로 개선하기 위하여 기획 초기부터 에너지 시뮬레이션을 중심으로 반복적인 성능 예측을 실시하였다. 에너지 성능평가에는 미국 에너지성(Department Of Energy)에서 개발된 E-Quest와 영국 스트라스클라이드 대학(Univ. of Strathclyde)에서 개발한

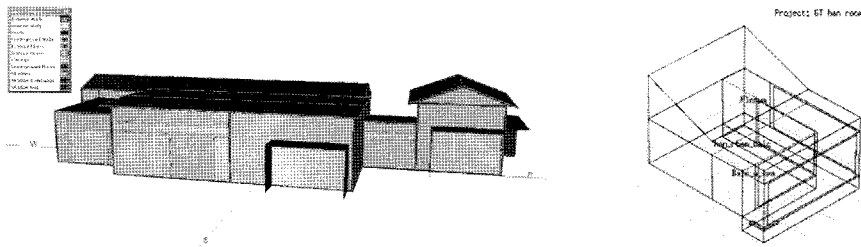


a) 지중열 융설설비 시공



b) 태양열 급탕 시스템 구성도

[그림 8] 신재생에너지를 활용한 열공급



[그림 9] 성능예측을 위한 모델링 사례



ESP-r 프로그램을 함께 활용하였으며, 총에너지 사용량, 전열교환기의 성능검토는 E-Quest를 중심으로, 단열안의 성능 검토 등은 ESP-r을 중심으로 진행하여 그 결과를 상호 비교하였다.

친환경 건축물로서의 「Green Tomorrow」는 미국의 친환경건축물 인증제도인 LEED®(Leadership in Energy and Environmental Design)를 통해 그 친환경성 및 에너지효율성을 공인받을 예정으로 LEED®의 4개 등급 중 최우수인 플래티넘(Platinum) 등급의 국내 최초 획득을 목표로 현재 시공 중에 있다.

또한, 금년 7월 준공 후에는 전체 에너지 수급 및 적용된 개별 요소기술 등을 대상으로 실험 평가를 중심으로 한 성능 검증을 실시한 후, 금년 9월 중 정식 개관할 예정이다.

## 결론

국내 기후 조건을 전제로, 거주자의 삶에 쾌적하고, 화석연료를 사용하지 않으며, 환경에 미치는 영향이 적은 미래 주택을 제시하기 위하여 계획된 「Green Tomorrow」의 계획 사례를 ‘제로 에너지’ 컨셉 중심으로 개괄하였다. 본 건축물의 계획 및 시공, 유지과정을 통하여 국내 기후에서 사용 가능하며, 경제성을 확보한 기술 및 설계요소가 대별되고, 심화·발전되어 공동 주택 등 일반 주거 형태에도 적용될 수 있도록 민간 분야에서 최선의 노력을 경주하고자 한다. (주)