

국내 에너지제로하우스 비교를 통한 요소기술 특성 및 표준 모델 제시에 관한 연구

이충국*[†], 이정철**, 김상수**, 서승직*
*인하대학교 건축공학과, **한국기후변화대응연구센터

Suggestion of the Characteristics of Element Technology and the Standard Model through the Comparison of Domestic Zero-energy Houses

Chung-Kook Lee*[†], Jeong-Cheol Lee**, Sang-Su Kim**, Seung-Jik Suh*

**Department of Architectural Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea*

***Climate Change Research Institute of Korea, Chuncheon 200-041, Korea*

Abstract

Five zero energy house models developed in Korea for the purpose of the energy performance were compared and analyzed in the study. The standard passive house model applying common technology and efficient energy performance elements was proposed. Standard passive house 5 models have been developed commonly aiming at 100% energy saving, applying high-performance and high-efficiency exterior thermal insulation, using 3 low-e coated window system, and targeting average 0.65 ACH to enhance privacy. Energy recovery ventilators and dry and cold radiant heating floor has been partially applied. Eco-design techniques such as the awning device, heat insulating door, using natural light have been used. Solar and geothermal systems as the application of renewable energy technologies have been commonly applied. And fuel cells were applied to a partial model. The standard model based on common technical elements and average performance of each element and obtained from five model analysis has been proposed in the study.

Key words: 에너지제로하우스(Energy Zero House), 탄소제로하우스(Carbon Zero House), 패시브하우스(Passive House), 에너지저감기술(Energy Saving Technology), 그린홈(Green Home)

1. 서론

최근 국제사회의 기후변화협약 및 교토의정서 그리고 발리로드맵 합의에 따른 국가별 온실가스

감축노력이 가속화 되고 있다. 우리나라는 2007년 12월 합의된 발리로드맵에 따라 2009년 UN과의 협상을 통해 2020년까지 BAU 배출량 대비 -30%(약 2.4억톤)를 국가 감축목표로 결정하였으며, 2009년 저탄소녹색성장기본법을 제정하였다. 교토의정서에서 의무감축국가(ANNEX I)로 지정된 38개 선진국가는 2008년부터 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 노력을 가속화 하고 있으며, 국가 전체 온실가스 배출량 중 높은 비중을

[†] Corresponding author
Tel.: 82-33-254-2104, Fax: +82-33-254-2014
E-mail: gugissi@empal.com
접수일 : 2012년 4월 20일
심사일 : 2012년 4월 24일
채택일 : 2012년 5월 11일

차지하고 있는 건물부문의 온실가스 감축을 위한 정책을 개발 하여 추진 중에 있다. 예를 들어 유럽연합은 2019년부터 모든 신축주택에 대하여 탄소제로 주택 의무화 법안을 마련하였으며, 더불어 영국과 독일은 2016년 까지 의무화를 추진할 예정이다. 미국은 2020년부터 주거용 건물에 대하여 에너지제로 하우스 의무화 방안을 추진 중에 있다.

우리나라 전체 온실가스 배출량 중 건물부문의 온실가스 배출 비율은 약 24%로써 타 부문에 대비하여 매우 높은 수치를 보이고 있다. 또한 건물부문의 온실가스 배출량은 장기적으로 증가추세로써 건물분야의 온실가스 감축은 국가 온실가스 감축목표 달성에 매우 핵심적 사항이다. 이에 국토해양부는 2009년 건물분야의 감축목표(BAU대비 -31%)를 국가 감축목표 대비 1% 높게 설정하고 감축목표 달성을 위한 주요 정책을 제시하였다. 국토해양부의 정책에 따르면 2025년부터 신축 주거용 주택에 대하여 에너지제로하우스 건설을 단계적으로 의무화 할 것으로 발표하였다. 이처럼 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 건물분야는 국가 온실가스 감축목표 달성에 있어서 가장 중요한 부문으로 주목받고 있다. 또한 건물분야의 온실가스 감축을 위한 가장 주요 정책으로 에너지제로 하우스 의무화 방안이 공통적으로 도입되고 있다^[1].

최근 정부발표에 따라 정부부처, 연구소, 민간 건설사 등을 중심으로 에너지제로 하우스 모델 개발에 박차를 가하고 있다. 이에 본 연구는 국내 기 개발된 에너지제로 하우스 모델을 비교 분석하여 에너지제로하우스의 표준 모델을 제시함으로써 향후 에너지제로 하우스 개발에 있어 가이드라인을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법 및 내용

2.1 연구 방법

본 연구는 에너지 제로를 지향하는 최근 6년 내에 개발된 국내 5개의 에너지제로·패시브하우스 사례를 비교 분석하였다. 5개의 사례에 대해 패시브 에너지절감 기술과 신재생에너지 설비기술로 크게 분류를 하였다^[2]. 대상 사례 건물에 대한 적용 기술별 성능을 비교한 후 공통적으로 적용된

에너지 절감기술과 효율적 에너지 성능을 가진 요소를 도출하였다. 위 도출된 요소들을 이용하여 단독주택에 적용 가능하고 에너지절감을 이룰 수 있는 표준 패시브하우스 모델을 제안하였다.

2.2 연구 내용

본 연구에서 조사된 모델은 국내의 정부 및 연구기관, 기업에 의해 개발된 에너지제로·패시브하우스 5개 모델을 선정하여 비교분석을 시행하였다. 비교대상 중 공동주택인 'Eco-3L'을 제외한 모든 건축물은 일반 주거용 단독주택이며 건축물의 개요는 아래 Table 1에 정의 되어있다.

조사 모델은 정부와 대기업, 정부출현 연구기관이 주관하여 개발한 사례를 기준으로 에너지제로 성능을 목적으로 하고 있는 모델을 선정하였다.

분석은 적용된 기술과 요소별 에너지 성능을 중심으로 이루어졌으며, 공통적용 기술을 도출하였다. 모델별 에너지절감 설정 목표와 단열, 창호, 기밀시공, 환기, 난방, 기타 친환경기술에 대한 성능 비교 분석과 태양열, 태양광, 지열 등 신재생에너지 적용에 따른 기술별 용량 및 성능의 분석이 이루어졌다. 본 연구에서의 대상 사례별 세부 분류 항목과 그에 따른 비교성능은 아래 Table 2와 같다.

2.3 조사 방법

본 연구 모델의 조사는 3가지 방법으로 이루어졌다. 2010년 7월~9월까지 방문조사와 홍보 자료 조사를 공통적으로 시행하였으며, 각 모델별 설계자의 서면자문을 통해서 분석결과의 정확성을 검증하였다.

3. 국내 에너지제로·패시브하우스 사례 분석

3.1 모델개요

분석한 사례는 정부 주관의 '그린홈 Zero House'와 정부출현 연구기관의 'ZeSHII', 대기업에 의해 개발된 'Green Tomorrow'와 'Eco-3L House', 정부출현연구기관 및 기업 공동 주관의 'HIP 그린홈'으로 총 5개 모델이다.

Table 1 Overview of zero-energy house examples

	CASE- I	CASE- II	CASE-III	CASE-IV	CASE-V
모델명	그린홈 Zero House	ZeSHII	Green Tomorrow	Eco-3L House	HIP 그린홈
사례 전경					
주체	정부	연구기관	기업	기업	연구기관 및 기업
준공연도	2009.07	2009.05	2009.11	2006.09	2010.09
용도	시범단독주택	실험용 단독주택	실험용 단독주택	실험용 공동주택	시범단독주택
구조	조적조	철근콘크리트	철골조	철근콘크리트	철골조
규모	지상1층	지상2층, 지하1층	지상1층, 지하1층	지상3층, 지하1층	지상2층
건축면적	97.2㎡	275.2㎡	400㎡	3,157㎡	235.7㎡

Table 2 Comparison items of examples

분 류	항 목	비교 성능
에너지절감목표	에너지절감목표	설정 목표
단열	구조체 단열	열전달저항, 열관류율
	창호	열관류율
	기밀성능	침기량
환기	환기시스템	열교환효율
냉방	냉방시스템	-
난방	난방시스템	난방방식
기타	기타 친환경기술	차양 및 용수, 재료 등
신재생 에너지	태양열시스템	용량 및 형태
	태양광시스템	용량 및 위치
	지열시스템	용량
	풍력 및 연료전지	용량

‘그린홈 Zero House’는 2009년 7월에 준공되어 그린홈 100만호 보급사업을 위한 시범용 단독주택으로 계획되었다. 그에 따라 그린홈의 정의를 충족시키기 위한 최소한의 기술 도입 이외에 홍보와 교육의 목적으로 다양한 기술이 추가되었다. ‘ZeSHII’는 연구기관의 연구목적으로 건립되었으며, 주관기관에서는 3단계 과정을 통해 2012년에 100% 제로에너지솔라하우스(ZeSH : Zero Energy Solar House)개발을 목표로 1단계에 ‘ZeSH I’을 설계·준공 후 실증을 완료하였고, 2단계로 ‘ZeSHII’를 개발하였다.

국내 기업에 의해 개발된 ‘Green Tomorrow’는 전시·홍보·실험의 목적으로 건립되었다. 총 68건의 친환경·에너지효율 기술의 집약을 통한 에너지제로하우스를 달성하게 되어, 건물의 친환경인증인 국내 친환경건축물 최우수등급(한국에너지기술연구원)과 미국의 LEED Platinum 인증을 획득하였다^[3].

‘Eco-3L House’는 건축물 1㎡당 연간 3L만의 연료를 사용하는 에너지 절약형 주택인 ‘3L House’를 공동주택에 적용하여 그 적용성을 검토하는 목적으로 건립된 건축물이다. 2009년에 40%의 냉난방 에너지 절감형 공동주택을 개발하였으며 2012년까지 냉난방 에너지 소비량을 제로로 하는 자립형 주택 건축기술을 개발할 계획이다^[4].

정부출연연구기관과 국내 기업에 의해 공동으로 진행된 고성능 단열패널 ‘HIP’를 적용한 ‘HIP 그린홈’은 1단계로 2012년까지 창호나 벽체, 지붕에서의 열손실을 최소화하여 냉난방에너지 사용량과 CO₂ 배출량을 현재의 80% 이상으로 줄이고 2단계로 2014년에 100% 에너지를 자급하는 제로카본 그린홈의 개발을 목표로 하고 있다.

3.2 모델별 에너지 절감 설정목표

본 연구에서의 5개 모델은 계획 단계의 에너지 절감 목표를 100%로 설정하고 있다. 준공시에 100%를 달성하여 지속적인 모니터링을 실시하고

있는 ‘Green Tomorrow’와 ‘그린홈 Zero House’의 에 3개 모델은 초기 계획시부터 연차별 단계를 설정하여 목표치를 달성하는 계획을 가지고 있다.

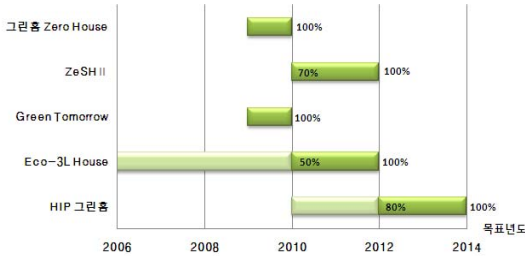


Fig. 1 Annual independence target ratio of each models

패시브기술만으로 절감되는 냉난방 부하에 대한 에너지절감 목표량은 36%~80%로 설계되어 Fig. 2와 같다.

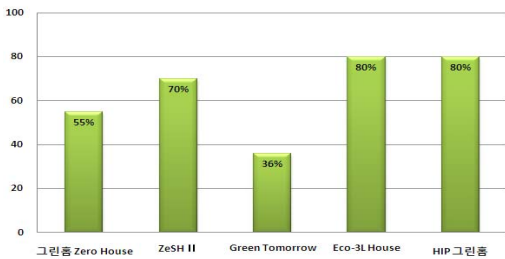


Fig. 2 Target ratio of energy savings using positive technologies

3.3 모델별 요소기술 성능 분석

3.3.1 구조체 단열성능

분석 대상 모델별 구조체 단열 성능 강화를 위하여 적용된 기술 및 열성능은 Table 3과 같으며, 공통적으로 외단열 시스템을 기본으로 고성능의 단열재를 사용하였다. 외단열은 경제성과 공법상의 기술적인 측면에서의 장점이 있다^[5]. 또한 단열의 불연속성이 없고 건물의 열용적이 커서 실내의 온도차가 급격히 변하지 않으며 열적 변화가 적어 내구성이 증대되고 비교적 결로현상이 적게 발생하는 장점으로 인하여 최근 주택에의 적용이 많아지고 있다.

Table 3 Insulation system and performance of buildings

CASE	적용시스템	성능
I	이중중공층 시멘트블록단열	R=1.35m ² K/W
	열반사 단열재	R=2.44m ² K/W
	블록형 단열재	R=5.88m ² K/W
II	외단열+섬유강화판 적용	-
	슈퍼단열 250mm	-
III	외단열시스템	λ=0.09W/mK
	고성능 진공단열재	λ=0.00244W/mK
	에어로젤 단열재	λ=0.015W/mK
IV	외단열(슈퍼단열300mm)	K=0.10~0.15W/m ² K
	네오폴 단열재	K=0.08~0.1W/m ² K
V	외단열(고성능 단열패널)	K=0.15W/m ² K
	고성능 진공단열재	K=0.002W/m ² K

열저항 = R, 열관류율 = K, 열전도율 = λ

단열재의 사용은 ‘그린홈 Zero House’에서 열반사 단열재 및 블록형 단열재를 사용하였고, ‘Green Tomorrow’와 ‘Eco-3L House’에서 각각 진공단열재와 에어로젤 및 네오폴 단열재를 사용하였으며, ‘HIP 그린홈’은 고성능 단열패널을 이용한 외단열 구조에 진공단열재를 사용하여 단열 성능을 극대화하였다. ‘ZeshII’의 경우 섬유강화판을 사용한 슈퍼단열로 외벽, 지붕 및 바닥에 250mm이상의 단열재를 사용하여 단열성능을 강화하였다.

3.3.2 창호 성능

창호의 열적 성능 강화를 위하여 5개 사례에서 공통적으로 3중 Low-e 코팅 유리를 사용하였으며, 42mm~52mm의 두께를 가진 유리창을 적용하였다. 창호의 성능면에서는 열관류율이 최대 1.2W/m²K를 넘지 않으며, ‘Green tomorrow’와 ‘HIP 그린홈’에서는 추가적으로 각각 아르곤가스 및 크립톤 가스를 충전하여 열교 현상을 최소화하였다.

3.3.3 기밀 성능

기밀 성능 강화를 위하여 침기량을 고려한 설계가 이루어졌으며, 동일조건하에서 최대 0.26 ~ 최소 1.0ACH의 침기량을 가지도록 설정이 되어 기밀 시공이 이루어졌다. 모델별 목표 기밀성능은 Fig. 4와 같다.

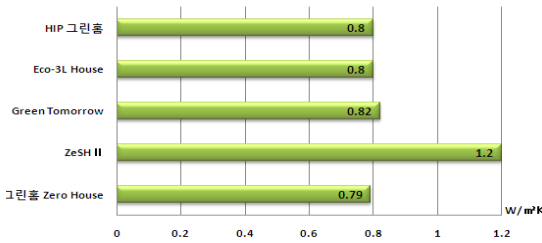


Fig. 3 Thermal performance of applicated windows by each model(W/m²K)

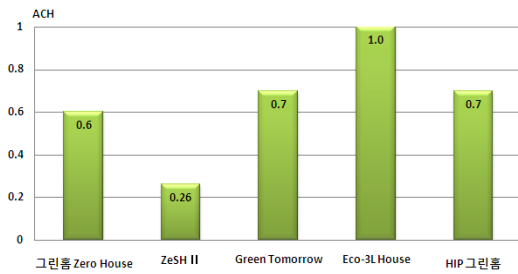


Fig. 4 Infiltration of each model(ACH)

3.3.4 환기 시스템

냉난방 부하 저감을 위한 환기시스템으로는 열회수형 환기장치를 공통적으로 사용하는 것으로 나타났다. ‘그린홈 Zero House’의 온도 교환효율은 난방에서 71%의 난방성능을 가지고 있으며, ‘Green Tomorrow’의 열회수율은 87%로 나타났다. 또한 ‘Eco-3L House’는 전열교환기를 연계시킨 지중덕트형 환기시스템을 적용하여 85%의 열교환 효율을 가지는 것으로 나타났다.

Table 4 Application and performance of heating ventilation system

CASE	환기장치	난방성능(%)
I	열회수형	83
II	Hybrid 환기배열회수	-
III	열회수형	87
IV	지중덕트 환기시스템 (전열교환기 연계)	85
V	열회수형	-

3.3.5 난방 방식

5개의 대상 모델 중 3개 건축물에서 건식바닥 난방 방식을 적용하였다. 건식 방식은 바닥 공기

층을 형성하여 소음을 저감하고, 에너지 절감 및 양생기간이 필요없어 공사기간의 단축과 설치기간편하며, 습식에 비해 바닥 설정온도 30℃에 이르는 시간이 4.4배 가량 빠른 장점을 가지고 있어서 적용이 많이 되고 있는 것으로 분석된다.

‘Green Tomorrow’는 지열히트펌프를 연계한 저온바닥난방 방식을, ‘ZeSHII’는 저온바닥난방 방식과 축열조시스템을 이용한 난방방식을 사용하는 것으로 나타났다.

Table 5 Heating system by each model

CASE	난방방식 및 종류
I	건식바닥난방, 펠렛보일러
II	저온복사 바닥난방, Tank in Tank 축열조 시스템
III	저온바닥난방, 지열히트펌프 시스템, 썬룸 공기순환 시스템, 에어플로우 윈도우 시스템
IV	건식바닥난방, 고효율 콘텐싱 보일러
V	건식바닥난방

3.3.6 기타 친환경 설계요소

친환경 설계 요소로 차양장치 및 단열문을 5개 사례에서 공통적으로 사용하는 것으로 나타났으며, 3개 사례에서 자연환기와 천창을 이용한 자연채광을 하고 있는 것으로 나타났다. ‘Green Tomorrow’와 ‘Eco-3L House’에서 광덕트를 이용한 설비형 자연채광을 옥실 및 지하주차장에 부분적으로 사용하였다. 중수 처리 시스템과 투수형 도로 포장으로 적극적인 용수 이용을 하고 있는 것으로 나타났으며 친환경 건축 재료의 사용과 옥상녹화를 통하여 에너지 손실을 최소화하고자 하였다.

3.3.7 신재생에너지

(1) 태양열 시스템

‘HIP 그린홈’을 제외한 4개 사례에서 태양열 시스템을 적용하여 난방 및 급탕에 이용하고 있었다. ‘ZeSHII’의 경우 건물일체형 태양열 집열(BIST)을 하고 있으며 태양열과 지열을 통합한 Hybrid 냉난방·급탕 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타났다. ‘Green Tomorrow’는 4m²의 면적의 평판형 급탕설비 시스템을 갖추어 연간 2MWh를 집열하여 200리터의 용량에 60℃의 온수를 생산

하고 있었으며, 'Eco-3L House'는 18,000Kcal/day의 성능을 가지는 진공관식 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타났다.

Table 6 Solar thermal system

CASE	시스템 방식	용량
I	단일진공관형 시스템	투과면적=3.01m ² 흡수면적=2.86m ²
II	건물일체형 태양열 집열(BIST) 태양열+지열 Hybrid 시스템	집열면적=25m ²
III	평판형 급탕설비시스템	200L(8m ³) 2MWh/year
IV	진공관식 시스템	18,000 Kcal/day
V	-	-

(2) 태양광시스템

전 사례에 공통적으로 적용된 태양광시스템은 4개 단독주택 모델에서 지붕형 BIPV를 1개 공동주택 모델에서 옥상형 PV와 창문일체형 및 벽체형 BIPV 시스템을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 지붕형 BIPV는 건물의 규모에 따라 2.75kWp에서 22kWp의 전력 생산 능력을 갖추고 있었다.

Table 7 Photovoltaic system

CASE	시스템 방식	발전 용량
I	지붕형 BIPV	2.75kWp
II	지붕형 BIPV	3.15kWp
III	지붕형 BIPV 블라인드형 염료감응형	22kWp 100W(거실 서쪽창) 5W(안방 분합문)
IV	창문일체형,벽체형 BIPV 옥상형 PV	2kW 30kW
V	지붕형 BIPV	3kWh

(3) 지열 시스템

지열시스템 또한 5개 사례에서 공통적으로 적용한 것으로 나타났으며, 'ZeSHII'의 경우 태양열과 통합된 Hybrid 시스템을 사용하여 3kW의 용량을 가진다. 'Green Tomorrow'는 10kW의 용량을 가진 히트펌프 2대를 사용하고 있으며, 'Eco-3L House'는 공동주택인만큼 70kW의 대용량을, 'HIP 그린홈'은 17.5kW의 지열 히트펌프 시스템을 사용하는 것으로 나타났다.

(사)한국지열에너지학회

Table 8 Geothermal system

CASE	시스템 방식	발전 용량
I	히트펌프(냉난방)	10.54kW
II	태양열+지열 Hybrid 시스템	3kW
III	히트펌프(냉난방) 쿨튜브, 도로용설	10kW×2대(150m)
IV	히트펌프(냉난방)	77.2kW
V	히트펌프(냉난방)	19.3kW

(4) 기타 신재생에너지

태양열, 태양광, 지열 시스템 외에 적용된 신재생 에너지 기술은 풍력발전과 연료전지로 'Green Tomorrow'와 'Eco-3L House'에서 수직축 풍력발전 및 비상용·가정용의 용도로 연료전지를 사용하는 것으로 나타났다.

Table 9 Other new and renewable energies

CASE	풍력시스템	연료전지
I	-	-
II	-	-
III	수직축 발전 (3kW, 0.2MWh/year)	비상용(200W)
IV	수직축 발전 (500W, 200W×2EA)	가정용(1kW), 난방 및 급탕
V	-	-

3.4 종합 분석

사례 분석을 통하여 공통적으로 적용된 요소기술은 다음과 같이 도출되었다.

구조체 단열을 위하여 외단열 시스템과 고성능·고효율 단열재를 적용하고 있으며, 창호의 열성능 극대화를 위하여 3중 Low-e 코팅 창호 시스템을 사용하고 추가적으로 아르곤가스 및 크립톤 가스를 충전한 유리를 사용하는 사례가 있는 것으로 나타났다. 공통 및 개별적으로 적용된 기술은 Table 10과 같다.

환기시스템은 열회수형 환기장치를 공통적으로 적용하고 있었으며, 바닥난방 방식으로 건식 바닥난방 및 저온복사 바닥난방을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 기타 친환경 설계 요소로 차양장치와 단열문을 설치하고 자연채광 및 설비형 채

Table 10 Applied techniques

분류	항목	기술	적용 모델	
			공통	개별
에너지 절감	단열	외단열	○	
		고성능 단열재	○	
		3중 Low-e창호	○	
	부하저감	열회수형환기	○	
	난방	건식바닥난방		○
		저온복사난방		○
	설계	차양장치	○	
		채광(자연형)	○	
		채광(설비형)		○
		자연환기	○	
		옥상녹화		○
		용수이용		○
		단열문	○	
	친환경재료		○	
에너지 생산	신재생 에너지	태양열		○
		태양광	○	
		지열	○	
		풍력		○
		연료전지		○

광을 부분적으로 적용하였으며, 자연환기와 옥상 녹화 및 용수 이용을 적극적으로 시도하고 있었다.

설계적 기법 외에 신재생에너지의 적용으로 에너지 생산을 통하여 건물 내 에너지를 저감하고자 하였다. 적용 사례는 태양열 및 태양광, 지열, 풍력발전, 연료전지 등으로 태양광 발전 및 히트 펌프를 이용한 지열 시스템을 5개 사례에서 모두 적용하여 전기 생산과 온수·급탕에 이용하는 것으로 나타났다

4. 표준 모델 분석

5개 에너지제로하우스 모델의 비교분석으로 도출한 공통적인 요소기술과 성능 비교를 통하여 에너지제로하우스 표준 모델에 적용 가능한 기술을 제안하였다.

Table 11 Overview of standard model

구분	내용
용도	단독주택
구조	철근콘크리트
면적	125㎡
건물배치	남향
에너지 절감 목표	100%
패시브기술적용 에너지절감 목표	65%

국내 에너지제로하우스의 적용된 공통된 적용 기술을 분석하여, 표준모델을 제시코자하였다. 표준모델은 국내 기존 모델의 평균적 분석결과를 토대로 단독주택형의 철근콘크리트 구조로써 건축면적은 125㎡로 제시하였으며, 건물에너지 절약기술은 아래 Table 12, Fig. 5와 같다. 아래의 세부 요소기술을 적용하였을 경우, 패시브기술로 65%의 에너지절감목표를 달성할 수 있을 것으로 예측된다.

Table 12 Applied techniques to standard model

분류	항목	기술	평균성능
에너지 절감	단열	구조체 외단열	0.15W/m ² k이하
		고성능 단열재	0.002W/m ² k
		슈퍼단열 250mm이상	0.15W/m ² K
		3중 Low-e 창호	1.0W/m ² k이하
		기밀시공	0.65ACH
	부하저감	열회수형 환기시스템	85% 효율
	난방	건식바닥난방	-
		차양장치	-
	친환경 설계	자연채광	-
		자연환기	-
		옥상녹화	-
		용수이용	-
		단열 현관문	-
		친환경재료	-
에너지 생산	신재생 에너지	태양열 시스템	-
		지붕형 BIPV	3kW
		지열 히트펌프	10.7kW

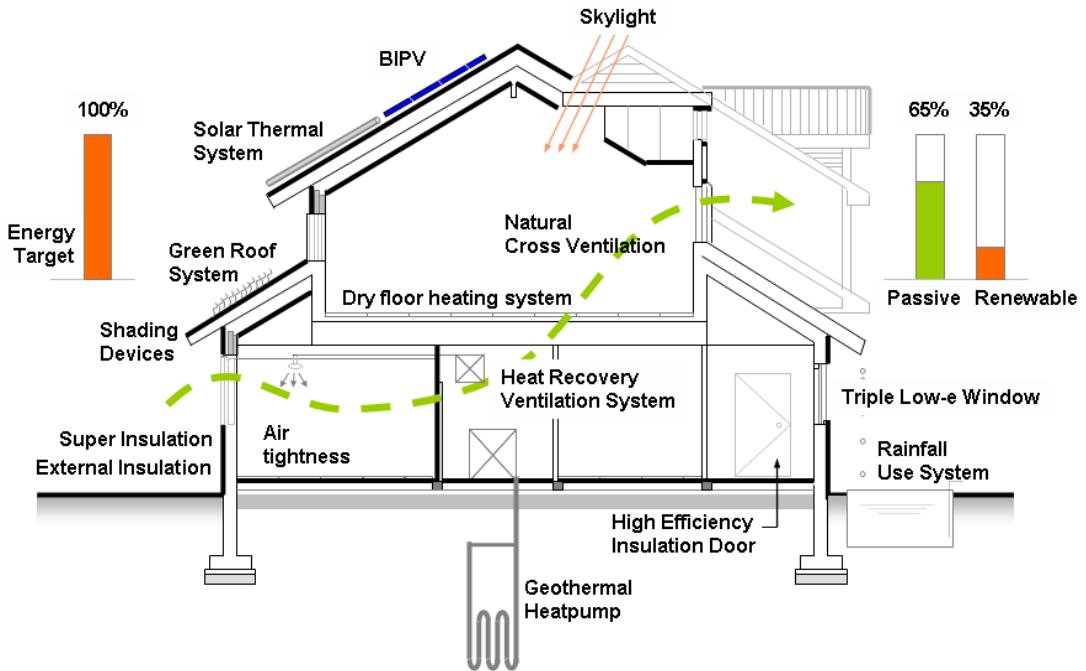


Fig. 5 Standard model

표준모델에 적용한 기술은 단열부분에서의 외 단열시스템, 고성능 단열재 또는 슈퍼단열, 3중 Low-e 창호, 기밀시공이 있으며, 부하저감을 위한 열회수형 환기시스템과 건식바닥난방 방식을 적용하도록 하였으며, 친환경 설계 기법으로 차양 장치 및 자연채광, 자연환기, 옥상녹화, 용수이용, 단열 현관문, 친환경재료를 고려하도록 하였다.

에너지 생산을 위한 신재생에너지 기술은 건물의 지역, 위치, 주거특성을 고려하여 태양열 및 태양광 시스템, 지열시스템이 적용될수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 국내의 정부 및 연구기관, 기업이 주관하여 최근 5년 이내에 개발된 사례를 기준으로, 에너지제로 성능을 목적으로 하는 5개 에너지제로하우스 모델을 비교 분석하여, 공통 적용 기술 및 효율적 에너지 성능을 가진 요소를 도출하여 단독주택에 적용가능하며 에너지절감을 이

룰 수 있는 표준 패시브하우스 모델을 제안하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 5개 모델의 분석 결과, 전 모델은 연차별 단계에는 차이가 있었으나 공통적으로 100%의 에너지 절감을 목표로 개발 되었으며, 요소별로 공통적인 기술 및 세부 항목별 내용은 아래와 같다.

1) 단열성능

단열성능 강화를 위하여 공통적으로 외단열 시스템을 기본으로 고성능·고효율 단열재를 적용하였으며, 창호의 열성능 극대화를 위하여 3중 Low-e 코팅 창호 시스템을 사용하고 추가적으로 아르곤가스 및 크립톤 가스를 충전한 유리를 사용한 모델이 부분적으로 나타났다.

2) 기밀 성능 및 환기 시스템

기밀 강화를 위하여 침기량은 평균 0.65ACH를 목표로 설계되었다. 환기부하 저감을 위하여 열회수형 환기장치를 공통적으로 적용한 것으로 나타났다.

3) 난방방식

난방방식은 건식바닥난방 및 저온복사난방이 부분적으로 적용되었다.

4) 친환경설계

친환경 설계 기법으로는 차양장치 및 채광에 대한 고려와 자연환기, 옥상녹화 및 용수이용, 단열 현관문, 친환경재료를 적극적으로 사용한 것으로 나타났다.

5) 신재생에너지

에너지 생산을 위한 신재생에너지 기술의 적용은 태양광 및 지열 시스템이 공통적으로 적용되었으며, 태양열 및 풍력, 연료전지가 부분적인 모델에 적용된 것으로 나타났다.

- (2) 위 5개 모델의 분석 결과를 토대로 공통 기술요소와 요소별 평균 성능을 고려하여 표준모델을 제안하였다.

표준모델에는 단열성능을 확보하기 위하여 열관류율 0.15W/m²K이하의 구조체 외단열 시스템과 열관류율 0.002W/m²K이하의 고성능 단열재 및 슈퍼단열을 적용 하였고, 3중 Low-e 창호(1.0W/m²K이하)와 침기량 0.65ACH의 기밀성능을 제안하였다. 부하저감을 위하여 85% 이상의 효율을 가지는 열회수형 환기시스템과 건식바닥난방 방식을 적용하며, 친환경 설계요소로 차양장치 및 자연채광, 자연환기, 옥상녹화, 용수이용, 단열 현관문, 친환경재료를 적용하는 것을 제안하였다.

에너지 생산을 위한 신재생에너지의 적용은 온수 및 급탕을 위한 태양열 시스템 및 3kW 용량의 BIPV 태양광 시스템과 10kW이상 용량의 지열시스템을 적용하는 것을 에너지제로하우스를 위한 요소로 적용·제안하였다.

본 연구 결과는 기존 모델의 건물 부위별 성능 분석을 통하여 향후 국내 에너지제로하우스 보급

을 위한 표준 모델로 제시하였다는 점에서 의미가 있다. 적극적인 보급 확산을 위하여 공사비용 절감과 설계도서(시방서) 체계 확립이 이루어져야 할 것이며, 고효율 패시브 기술의 적용을 통해 에너지 절감을 최대화하기 위하여 지속적인 기술 개발과 노력이 시도되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 이충국, 서승직, 2010, 국내 에너지다소비건물의 용도별·지역별 온실가스 배출원단위분석 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집 pp. 1506-1511
2. 신우철, 윤종호, 백남춘, 2005, 고기밀 고단열 주택의 기밀성능에 관한 실험적 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 25, No. 4, pp. 61 -67
3. 신승호, 최종영, 양기영, 2009, 한국형 제로 에너지 하우스 'Green Tomorrow' 구축 사례, 대한설비공학회, Vol 4, No. 1, pp. 84-91
4. 박선호, 박용승, 원종서, 2006, 3L House의 설계, 시공 및 평가, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 814-820
5. 정선미, 김창남, 김일호, 이성진, 2009, 외단열시스템 자재 종류에 따른 공동주택의 에너지 절감 효과 및 경제성 분석, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, Vol. 9, No. 2, pp. 189-192
6. 윤종호, 박재완, 이광성, 백남춘, 신우철, 2008, 충청지역 단독주택의 기밀성능 실측 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 28, No. 5. pp. 65-71
7. 김주환, 이태구, 조경민, 김주수, 2010, 독일 패시브하우스 단열기준을 통한 국내 패시브하우스 사례 비교 분석, 한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집, Vol. 10, No.1, pp. 19-22