

그린홈(Green Home) 개발 동향 및 구현기술

글 | 박철용 | 건축기술부 과장 || 전화 : 02-3433-7731 || E-mail : cypark@ssyenc.com

1. 서론

인류는 제2의 물결이라고 불리는 ‘산업혁명’을 계기로 금세기까지 엄청난 속도의 경제발전을 이루었는데, 그 과정에서 석유, 석탄 등으로 대별되는 화석연료를 무분별하게 채취하여 사용하게 되었고, 이로 인해 발생하는 환경오염에 대해서는 큰 관심을 기울이지 않았다. 그 결과 화석연료의 고갈 위기와 환경오염에 따른 지구온난화현상 등과 같은 인류의 존속을 위협하는 심각한 문제가 대두되기에 이르렀다. 끝없이 사용할 수 있을 것 같았던 화석연료는 금세기 내에 고갈될 것으로 보고되고 있는데, 특히 석유의 경우 지금과 같은 추세라면 40년 정도 밖에 사용할 수 없다는 다소 충격적인 내용까지도 나오고 있다.

1.5℃ 상승하였고, 전 세계의 평균 해수면은 매년 1.8mm씩 상승하고 있어 이런 추세대로라면 다음 세기에는 우주에서 바라본 지구의 모습이 더 이상 초록별이 아닐 지도 모른다는 우려의 목소리가 높아지고 있다.

이와 같이 전 세계는 지금 환경친화적이고 지속가능한 개발에 대한 중요성이 높아진, 이른바 제5의 물결이라고 불리는 ‘녹색혁명’에 직면해 있다. 영국과 독일 등 유럽연합(EU)은 일찍부터 화석연료를 대체할 태양광과 풍력, 수소연료전지 등 신재생에너지를 적극적으로 개발 및 보급하여 현재 세계시장에서 우위를 확보하고 있다. 일본에서도 ‘쿨 어스(Cool Earth, 2007년 5월)’, ‘클린아시아 이니셔티브(Clean Asia Initiative, 2008년 6월)’, ‘후쿠다 비전(2008년 6월)’ 등을 잇따라 제시하며 지구온난화 문제에서 리더십을 발휘하겠다는 원대한 포부를 제시하였다. 미국도 오바마 정부에서는 스마트 그리드 기술개발 투자를 통하여 에너지 효율을 높이고 2012년까지 전체 에너지의 10%를 신재생에너지로 대체하는 등 기후변화 관련 리더 국가로 자리매김하겠다는 의지를 밝히고 있다. 우리 정부에서도 2008년 8월 15일, 향후 60년의 새로운 국가비전으로 ‘저탄소 녹색성장’을 제시하였고, ‘녹색성장이란 온실가스과 환경오염을 줄이는 지속가능한 성장이며, 녹색기술과 청정에너지로 신성장동력과 일자리를 창출하는 신국가발전 패러다임’이라고 발표하였다. 이러한 저탄소 녹색성장의 구체적인 전략으로 2008년 8월 27일, 향후 20년간 장기적인 에너지계획을 담은 ‘국가에너지기본계획’이 확정 발표되었다. 여기에는 2030년까지 화석에너지 비중을 83%에서 61%로 줄이고, 신재생에너지 비중을 2.4%에서 11%로 4.6배 확대하겠다는 계획을 비롯하여 다양한 내용이 포함되어었는데, 이 중 건축물 관련 내용을 살펴보면 신도시 조성 시 신재생에너지를 활용하여 저탄소 에너지절약형 도시로 조성, 건축물



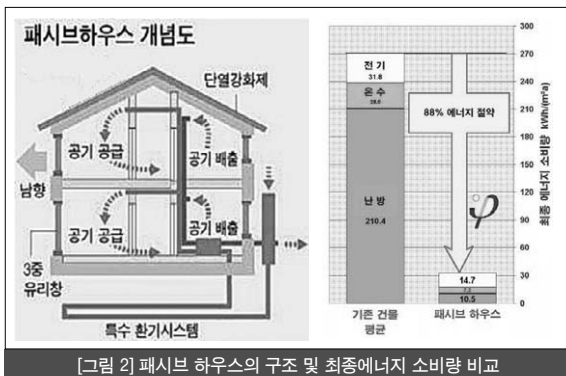
또한 화석연료 사용에 따른 이산화탄소와 같은 온실가스의 지속적인 배출로 인하여 야기된 지구온난화로 인하여 지구의 평균기온은 지난 100년간 0.76℃ 상승하였으며, 한반도는 그 2배에 해당하는

의 에너지절약설계기준을 단계적으로 상향 조정, 에너지절약형 표준설계 가이드라인 개발 및 패시브 하우스, 제로에너지 하우스 보급, LED 보급 활성화 및 대기전력저감 우수제품 사용 의무화 추진, 공공건물 에너지소비 총량제 및 신재생에너지 활용 강화, 그린홈 100만호 보급사업 추진 등이다. 이 중 그린홈 100만호 보급사업은 국토해양부 주도의 신축 건물에 대한 100만호 보급사업과 지식경제부 주도의 기존 건물에 대한 100만호 그린홈화 보급사업이 합쳐져 그린홈 200만호 사업으로 확대되었다. 본고에서는 현재 세계 각국에서 개발되고 있는 다양한 유형의 탄소제로주택과 국내의 그린홈 개발 동향을 살펴보고, 이러한 사례들로부터 그린홈을 구현하기 위한 기술요소에 대하여 개략적으로 살펴보고자 한다.

2. 세계 각국의 그린홈 모델

2-1. 독일, 패시브 하우스(Passive House)

패시브 하우스는 주거용 건물이나 비주거용 건물에 상관없이 에너지 수요가 대단히 적은 건축물을 말하며, 기본적으로 난방과 냉방을 위한 최대 부하가 $10\text{W}/\text{m}^2$ 를 넘지 않는 것을 목표로 설계적인 기법을 통해 에너지 절약을 실현하는 주택을 말한다. 이를 위해서 실내로 유입된 일사 획득열을 보관했다가 야간에 난방열원으로 활용하는 축열 구조체, 외벽의 열관류율을 $0.15\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 이하로 유지하기 위한 수퍼 단열재, 열관류율 $1.0\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 이하의 고단열 창호, 기밀시공 등을 통해 부하를 대폭 감소시키는 것이 핵심 기술이며, 이에 따른 강제환기의 도입문제를 배열회수 등을 통해 해결하는 것이 일반적인 기술이다. 이렇게 구현된 패시브 하우스는 최종에너지 소비량을 약 88%까지 절감시킬 수 있는 것으로 알려져 있다(그림 2).



2-2. 영국, 탄소제로주택(Carbon Free House)

2008년 5월 영국의 대형 주택건설업체인 바랏트개발에서는 주택 시장에 바로 공급할 수 있는 그린홈 양산 모델을 선보였다(그림 3). 이 모델은 침실 3개를 갖춘 3층 건물로 패시브 하우스 기술에 더하여 지붕에 소규모 녹지를 조성하여 천연 단열효과를 얻도록 하였으며, 난방과 급탕은 따뜻한 공기 속 열을 빼내 활용하는 공기 열펌프를 이용하고, 전기는 남향 지붕에 태양전지판을 설치해 생산하는 등 에너지 절약적 설계기법을 기본으로 하고 주택에 소요되는 모든 설비부하를 청정에너지로 대체하여 탄소제로주택을 구현하였다.



2-3. 일본, 탄소제로주택(Carbon Free House)

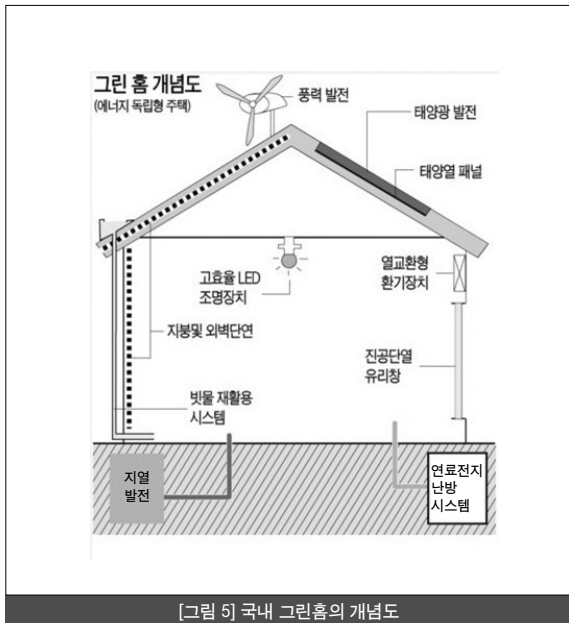
2008년 7월 일본 주택건설업체인 세키스이 하우스는 G8정상회담이 열리는 국제미디어센터(IMC) 바로 옆에 [그림 4]와 같은 그린홈 모델하우스를 선보였다. 시범 설치된 4인용 단층주택(건축면적 196m^2)은 독일의 패시브 하우스 기술, 영국의 탄소제로주택과 유사한 특징을 가지고 있으며, 특히 집의 마당 한쪽에 설치된 소형 풍력발전기와 지붕에 설치된 태양전지판만으로 에너지 자급시스템을 만들어 일본 주택의 평균 사용전력의 5배인 15kW 정도의 전력을 자체 생산할 수 있는 에너지생산 주택을 구현하였다는 특징이 있다.



3. 국내 그린홈 개발 동향

3-1. 그린홈의 정의

국내에서 정의하고 있는 그린홈(Green Home)이란 에너지 소비를 줄이고, 사용하는 에너지도 탄소가 배출되지 않는 청정에너지를 이용하며, 친환경적으로 건설되어 지구환경에 미치는 부정적 영향을 최소화하면서 인간이 쾌적하고 편리하게 거주할 수 있는 주택으로 정의하고 있다. 현재 주택은 실내 난방 및 냉방, 급탕 등을 위해 석유, 석탄 등 화석에너지를 이용하고 있고, 주택의 단열기준이 선진국에 비해 월등하게 낮기 때문에 많은 화석에너지가 소비되어 대량의 이산화탄소를 배출하게 되는데, 이러한 단점을 개선한 것이 그린홈이라고 할 수 있다.



[그림 5] 국내 그린홈의 개념도

3-2. 제로에너지 솔라하우스 연구(ZeSH)

제로에너지 솔라하우스(ZeSH)에서 추구하는 목표는 주택 부하구성에 맞는 절약 및 대체 에너지 핵심 요소기술을 선별, 체계적인 단계별 기술적용을 통하여 화석연료나 외부 전원공급 없이 주택 자체에서 모든 에너지를 자급하는 미래 지향적인 주택모델을 제시하는 것으로, 단계적으로 열부하 70% 자립, 전체 부하 70% 자립, 전체 부하 100% 자립을 목표로 하고 있다.



열부하 70% 자립형 모델(그림 6)은 외피의 수퍼단열, 고단열 창호, 기밀화 시공, 강제환기 및 배열회수 시스템 등과 같은 패시브 하우스 기술에 더하여 남측면을 이용한 자연형 태양열 시스템과 지붕면에 일체화시킨 설비형 태양열 집열기 시스템의 신재생에너지 시스템, 그리고 백업설비 시스템으로 지열연계 히트펌프 시스템이 적용되었다. 현재 2단계인 총부하 70% 자립형 모델을 건립 중에 있다.

3-3. 저에너지 친환경 공동주택 연구(SH-2011)

2006년 6월부터 연세대학교를 주관기관으로 하는 국토해양부 국책과제로 공사비 110% 이내에서 CO₂ 40% 절감을 목표로 하고 있다. 이를 위해서 기존 공동주택의 에너지 소비량을 40~50% 저감하는 요소기술로서 생태녹화, 수순환시스템, 단지부하 저감 등과 같은 외부 환경적 요소(SITE), 가변형 평면, 친환경 소재, 자연형 냉난방 및 지능형 외피 등과 같은 건축적 요소(BUILDING), 복사냉난방, 냉난방 요소 시스템, 환기시스템, 재생 가능한 열원 등과 같은 설비적 요소(SYSTEM)의 10가지 저에너지 친환경 요소기술을 개발하고, 이를 통합적으로 적용하여 에너지 소비량을 감소시키고 친환경 성능을 향상시킨다는 계획이다.



[그림 7] 저에너지 친환경 공동주택(SH-2011)

3-4. 제로카본 그린홈 연구

2009년 6월부터 한국건설기술연구원 등이 주관기관으로 참여하는 산업기술연구회 선정과제로 에너지 자족형 주택과 탄소 배출제로 주택을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 태양광, 태양열, 지열, 펠렛 보일러, 연료전지 등과 같은 신재생에너지 적극 도입, 고효율 에너지기자재 사용, 고단열, 고기밀, 고효율 창호 사용 등과 같은 요소기술 개발 및 적용성 연구가 진행될 계획이다.

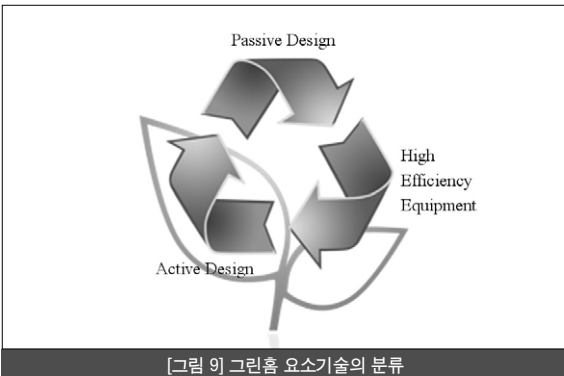


[그림 8] 제로카본 그린홈 개념도

4. 그린홈 구현 방법

4-1. 그린홈 요소기술

이상과 같이 국내·외 그린홈 동향을 바탕으로 공동주택을 그린홈으로 짓기 위해서 필요한 기술요소를 추출해 보면, 고성능 단열재, 고단열 창호, 기밀시공, 옥상녹화 등과 같은 에너지절약적인 설계 방법(Passive Design)과 폐열회수형 환기장치, LED 조명, 대기전력저감 우수제품 등과 같은 설비적 고려방법(Equipment Design), 그리고 이러한 노력에 의해 저감된 최종 부하를 감당할 신재생에너지원을 이용한 방법(Active Design) 등으로 구분할 수 있다.



[그림 9] 그린홈 요소기술의 분류

에너지절약적인 설계를 위해서는 외벽, 지붕, 최하층 바닥의 열관류율을 현재 0.29~0.47W/m²K 수준인 것을 최대 70%까지 향상시킨 0.15W/m²K 이하로 하기 위한 고성능 단열재의 개발과 일반적으로 사용되는 22T 복층유리(열관류율 2.8W/m²K 수준) 또는 22T 복층유리에 Low-E 코팅을 한 특수유리(열관류율 2.1W/m²K 수준)를 훨씬 능가하는 열관류율 1.0W/m²K 이하로 만들기 위한 고단열 창호의 개발 등이 우선되어야 하며, 이러한 고단열 제품을 기밀하게 시공할 수 있는 기술력도 함께 확보되어야 할 것이다. 더불어 어떠한 용도로도 사용되고 있지 않은 건물의 옥상은 소규모 녹지를 조성함으로써 실내의 온도를 1℃ 이상 낮추는 천연 단열시스템으로 활용할 수 있을 뿐 아니라 나아가 도시 전체의 열섬효과 등 미기후를 조절할 수 있는 효과까지 기대할 수 있을 것이다.

효율적인 설비 설계는 우선 에너지절약적인 설계를 통하여 고단열, 고기밀 공간이 형성됨으로써 실내공간의 환기문제가 발생하게 됨에 따라 기계환기설비를 설치하게 된다.

이 때 실내의 따뜻하고 오염된 공기를 외부로 배출함에 있어서 오염된 공기만을 배출하고 열은 보관하고 있다가 외부의 차고 깨끗한 공기를 실내로 유입할 때 보관된 열을 이용하여 어느 정도 데워진 공기를 실내로 보내는 폐열회수형 환기장치를 이용하는 것이 열손실을 최소화할 수 있는 방법으로 제안되고 있다.

난방열원인 보일러는 고효율 콘덴싱 보일러 또는 소형열병합발전을 이용함으로써 에너지절감과 이산화탄소 배출 저감효과도 기대할 수 있다. 그리고 기존 백열등이나 형광등과 비교하여 소비전력이 낮고 반영구적이며, 자체 발열이 거의 없는 LED 조명을 적용하고, 콘센트 등은 대기전력저감 우수제품을 적용함으로써 전기부하를 최소화하여야 한다.

이러한 방법을 통하여 주택에서 필요로 하는 기본적인 난방 및 급탕 부하와 전기부하 등을 최소화시킨 후 태양열집열기, 지열히트펌프 등을 이용하여 난방 및 급탕 부하를 담당하고, 태양전지판과 소형풍력발전기 등을 설치하여 전기부하를 담당하도록 부하설계를 함으로써 제로에너지 하우스를 구현할 수 있을 것으로 예상된다. 이 때 각 신재생에너지원을 개별적으로 설치할 수도 있지만 기본적으로 연료전지를 통하여 전기와 열을 생산하고, 맑게 개인 날에는 태양열집열기와 태양전지판을 통하여 열과 전기를 공급받고, 흐리거나 비 또는 눈이 오는 날에는 지열히트펌프를 이용하여 난방 및 급탕 부하를 충당하고, 전기부하는 소형풍력발전기에서 얻

는 등의 방법과 같이 상황에 따라 적절한 시스템을 작동시키는 하이브리드 시스템을 구성하는 것이 훨씬 효율적인 부하설계가 가능할 것이다.

그린홈은 이와 같은 에너지 중심 설계방법에 더하여 인간이 쾌적한 생활을 영위하기 위하여 필요한 환경친화적인 설계방법도 함께 고려되어야 할 것이다. 자연채광이 충분히 도입될 수 있도록 하되 지나친 직달일사는 피하는 건물 배치 및 창호 설계가 이루어져야 할 것이며, 외부소음으로 인하여 실내 거주자가 불편감을 느끼지 않도록 함은 물론 바닥충격음, 세대 간 경계소음, 급·배수 등에 의한 위생기구의 소음 등과 같은 실내소음에 의해서도 불편감을 느끼지 않게 정온한 실내환경을 조성할 수 있도록 합리적인 설계 및 기밀한 시공이 이루어져야 할 것이다. 이러한 기밀시공으로 인하여 원활한 실내기류 형성이 되지 않아 발생할 수 있는 실내공기의 오염으로부터 실내 거주자를 보호하기 위한 실내환경 대책도 함께 고려되어야 한다.

마지막으로 상기와 같은 실내환경 뿐 아니라 외부 환경에 대하여도 고려함으로써 인간과 환경이 공생하는 진정한 의미의 친환경 설계가 될 것이다. 빗물을 그냥 흘려보냄으로 인하여 지상을 청소하듯 쓸고 지나간 빗물에 포함된 많은 불순물들로 인하여 강을 오염시킬 수 있고, 강이 부담 할 수 있는 용량을 초과하게 되어 범람 등을 유발할 수 있으므로 초기 우수처리장치 및 빗물재활용시스템 등을 고려해야 할 것이다. 더불어 자연지반복지, 육생비오톱 및 수생비오톱, 투수포장 등과 같은 생태환경 조성을 통하여 자연친화적인 감성, 대기오염 저감 뿐 아니라 미세먼지조절 능력까지 부가함으로써 단지 전체의 부하를 개선시키는 효과를 얻을 수 있을 것이며, 배출되는 쓰레기 최소화 또는 쓰레기 재활용 등도 고려해야 할 것이다.

4-2. 그린홈 관련 건축물 인증제도

이와 같이 그린홈은 에너지 중심 설계방법을 기본으로 하고 있기 때문에 '건축물의 에너지절약설계기준'에 따른 에너지성능지표(EPI) 배점 합계 또는 건물에너지효율등급 인증제도로 평가되는 에너지성능등급 표시제도와 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다.

〈표 1〉 에너지성능등급 평가기준 및 등급 구분

구분	에너지성능지표		건물에너지 효율등급
	기존	개정안	
1급	81점	90점	1등급
2급	74점	80점	2등급
3급	67점	70점	3등급
4급	60점	60점	-

※ 개정안은 2008년 11월 "건축물의 에너지절약설계기준"이 개정되면서 포함된 내용으로 에너지성능등급도 본 기준에 따라 개정될 예정이다.

에너지성능지표(EPI)는 외피의 단열성능, 기밀성 창호, 외단열, 옥상조경, 출입구의 방풍구조 등으로 평가되는 건축부문과 냉·난방 및 급탕 부하 제어를 위한 설비부문, 조명 및 전기제품의 부하 및 전력제어 등을 위한 전기부문, 그리고 냉난방, 급탕, 전기부하를 대체할 신재생에너지부문 등 4개 부문으로 평가하도록 되어 있으며, 각 항목별 배점이 부여되어 있으며, 적용에 따른 배점 합계가 최소 60점 이상이 되어야 한다. 건물에너지효율등급은 신청주택과 동일한 면적 및 공간구획 조건에서 주채광창의 방위, 창호를 포함한 외피의 단열성능을 현행 법령에서 요구하는 수준으로 설계된 가상의 표준주택을 설정하고 신청주택의 주채광창의 방위와 외피의 단열성능 향상을 기계, 전기 설비부문의 에너지 절약적 설계요소 적용에 따른 기준치를 함께 고려한 에너지절감률에 따라 1~3등급으로 평가하는 제도이다. 이와 같이 본 제도는 실제 에너지 사용량에 대한 평가가 아닌 단순히 단열설계 정도를 평가하는 패시브 하우스 기술에 대한 평가에 그친다는 단점이 있어, 현재 개정작업이 진행 중이며, 개정안에는 실제 에너지 사용량을 평가하는 방법이 포함될 예정이며, 최고 등급은 에너지 사용량이 제로(Zero)인 주택으로 설정될 것으로 알려져 있다. 그린홈의 정의를 이러한 에너지 중심 설계방법에서 생태환경, 실내환경, 수자원 및 자원재활용까지도 고려한 환경친화적인 설계방법을 포함하는 개념으로 확장할 경우에는 친환경건축물 인증제도와 관련이 있다고 볼 수 있다. 친환경건축물 인증제도는 토지이용, 교통, 에너지, 재료 및 자원, 수자원, 환경오염, 유지관리, 생태환경, 실내환경 이상 9개 부문 44개 항목 총 136점 대비 65점 이상을 획득할 경우 우수등급, 85점 이상을 획득할 경우 최우수등급으로 인증해 주는 제도이다. 이 중 에너지 부문은 에너지성능지표(EPI) 배점 합계를 이용하여 평가하는 에너지소비 항목과 신·재생에너지 적용 여부에 따라 평가하는 에너지절약 항목으로 구성되어 있다.

(1) 에너지소비 (12점)

$$= 12 \times \{ (\text{에너지성능지표 배점 합계}) - 6 \} / 25$$

(2) 에너지절약 (3점)

〈표 2〉 친환경건축물 인증기준 중 에너지 부문 평가기준

구분	신·재생에너지 설치 수준	가중치
1급	냉·난방 또는 전기 설계부하의 2% 이상	1.0
2급	냉·난방 또는 전기 설계부하의 1% 이상	0.7
3급	신·재생에너지 설치 및 표시	0.4

앞에서 언급했듯이 2008년 11월 '건축물의 에너지절약설계기준'이 개정되면서 〈표 3〉과 같이 에너지성능지표(EPI) 배점 합계를 구할 때 신·재생에너지 부문을 포함하고 있으므로 본 친환경건축물 인증제도의 평가기준에서 에너지성능지표(EPI) 배점 합계와 신·재생에너지 설치 여부를 각각 평가하는 것은 신·재생에너지에 대해서 이중으로 배점을 부여하는 불합리함을 내포하고 있다.

〈표 3〉 에너지성능지표(EPI) 중 신재생에너지 부문

항목	기준
1. 난방부하	2% 이상
2. 냉방부하	2% 이상
3. 급탕부하	10% 이상
4. 전기부하	2% 이상

이와 같이 관련 제도 개정에 따른 평가항목의 부적절성과 기존 평가항목의 의미 상실, 새로운 평가항목의 도입 필요성 등이 요구되어 친환경건축물 인증기준의 개정작업이 진행 중이다.

5. 결론

이상과 같이 그린홈 출현 배경, 국외 그린홈 개발 모델, 국내 그린홈 기술개발 동향, 그리고 그린홈 구현기술 등에 대하여 개략적으로 살펴본 결과에 따르면 현재까지 알려진 그린홈은 단독주택 또는 저층 연립주택 정도 규모에서 패시브 하우스 또는 제로에너지 하우스를 구현할 수 있다는 것으로 판단된다. 특이할만한 사항은 저에너지 친환경 공동주택 연구단(SH-2011)에서는 공동주택을 대상으로 공사비 110% 수준에서 CO₂ 40% 절감 및 총부하 50% 절감을 목표로 하고 있다는 것이고, 제로카본 그린홈 연구에서는 공

동주택을 대상으로 제로에너지 하우스를 구현하는 것을 목표로 하고 있다는 것이다.

지붕과 바닥을 포함하여 6면의 외피를 가진 단독주택과 비교하여 지붕과 바닥이 없는 3면 또는 2면의 외벽만을 갖는 세대가 대부분을 차지하는 공동주택의 특성상 외피면적 대비 채광창의 면적 비율이 상대적으로 높기 때문에 기본적으로 패시브 하우스를 구현하는 것이 쉽지 않다. 일반적으로 똑같은 조건으로 패시브 하우스 설계를 한다고 할 경우 단독주택의 경우 70% 이상까지 열성능을 높일 수 있지만 공동주택의 경우 40% 정도 향상되는 것으로 나타났다.

이렇게 패시브 하우스로 설계가 된 단독주택의 경우 나머지 필요한 에너지는 지열, 태양열 급탕, 태양광 발전, 소형 풍력 등 신재생 에너지를 활용하여 100% 에너지 자립이 가능할 수 있겠지만, 공동주택의 경우 패시브 하우스로 설계도 어려울 뿐 아니라 필요한 신·재생에너지 시설 용량 대비 설치면적이 단독주택과 비교하여 매우 적고 대규모 발전시설을 설치할 수도 없는 상황이기 때문에 연료전지를 제외하고는 대부분 신·재생에너지로 담당할 수 있는 부하는 공용부에 국한될 수밖에 없다는 한계를 가지고 있다.

따라서 기본적으로 패시브 하우스 설계가 되지 않을 경우 전체 부하를 줄이는 것은 한계가 있으며, 특히 신·재생에너지를 이용하는 것은 경제성을 무시할 수 없기 때문에 공동주택에서 제로에너지 하우스를 구현하고자 하는 노력을 통하여 최적의 단지배치 및 평면 계획을 도출하고, 효율적인 에너지절약 설계기법을 개발하며, 최상의 신·재생에너지 적용방안을 모색하여 쾌적하고 건강하고 경제적인 주거공간을 만들기 위한 발판으로 활용해야 할 것이다. **S**

참고문헌

윤종호(2008), "녹색성장을 위한 그린홈과 제로에너지 주택기술", 그린빌딩 Vol.9 No.4, pp.18~24

저에너지 친환경 공동주택 연구단 홈페이지, <http://www.csh.re.kr>