

일반 공동주택 대비 패시브 공동주택의 난방에너지 소요량 및 경제성 분석*

- 제로카본 그린홈 사례를 중심으로 -

An Analysis on Heating Energy Use and Economic Evaluation of Passive Apartments Compared to Existing Apartments - Focused on the Zero Carbon Green Home -

유정연** · 신성은*** · 조동우****

Yu, Jung Yeon · Shin, Sung Eun · Cho, Dong Woo

■ Abstract ■

The purpose of this study is to provide the basic data about credible economic evaluation for disseminating passive house by 2017. The economic evaluation on this passive house study was performed through payback period for the heating energy cost saving and the construction cost increasing between passive apartment and existed apartment. To do reliable economic evaluation, we initialized the general apartment models applied energy efficiency design standards after 2001. we have done a comparative analysis heating energy demand, energy cost, and construction costs for each models. When we analyzed economic evaluation, we considered with influence of Bid-dropping in construction cost. As the results of analyzing departmental energy consumption characteristics for each models, it is assessed that the models applied design standards in 2001 and 2008 represent the insulation property of general apartments. In conclusion, the most realistic method for economic evaluation of passive house is reviewed that applying general Bid-dropping or bottom Bid-dropping based on general apartment models of design standards in 2001 and 2008.

Key Words : Zero carbon Green home, Passive House, Pay Back Period, Energy, Economic Evaluation

* 이 논문은 한국건설기술연구원의 “제로카본그린홈 기반구축 및 기술실용화”연구(과제번호: 2014-0065)의 지원으로 수행됨.

** 한양대학교 대학원 건축공학 박사과정 (주저자, starry101@hanyang.ac.kr)

*** 한국감정원 녹색건축센터 녹색건축연구단 부연구위원 (k04848@kab.co.kr)

**** 한국건설기술연구원 건축도시연구소 선임연구위원 (교신저자, dwcho@kict.re.kr)

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화에 따른 지구온난화 및 에너지 수급문제는 전 세계적인 시급한 문제로 대두되었다. 이에 정부는 2020년까지 온실가스 배출전망치 대비 30%의 감축을 목표로 설정한 바, 2009년 녹색도시·건축물 활성화 방안으로 국가 온실가스 배출의 25%를 차지하고 있는 건축(가정 및 상업)부문에서 26.9% 감축하기로 하였다(국토교통부, 2009). 이러한 온실가스 감축시나리오에 따라 2012년 냉·난방 에너지의 50%를 절감하고 2017년부터는 모든 신축주택은 패시브 하우스 수준, 2025년부터 제로에너지 주택 수준으로 의무화하는 로드맵을 발표하였다.

또한, 2015년 6월 보도자료에 따르면 정부는 12월 도출 예정인 신(新)기후체제를 앞두고 우리나라의 자체적 결정에 의한 온실가스 목표를 '2030년 BAU(851백만톤) 대비 37% 감축'으로 확정 및 발표하였다. 이에 따라 12월 파리에서 개최되는 COP21에서는 각국의 기여방안인 INDC(Intended Nationally Determined Contribution)를 바탕으로 자발적 감축량 제시를 통해 신(新)기후 체제 합의문이 도출될 예정이다.

따라서 이제는 2020년부터 적용 될 글로벌 신기후 체제를 주목해야 한다. 정부는 이번 감축목표 제시를 계기로 창의적이고 획기적인 온실가스 감축수단으로 에너지 신사업을 적극 육성하여 확산해나갈 계획이며 이를 위하여

규제보다는 시장과 기술을 통해 산업계가 자발적으로 에너지를 절약하고 온실가스 감축 노력을 할 수 있도록 지원제도를 개선·정비할 계획이라고 밝혔다. 이에 국토교통부에서는 2009년부터 녹색정책을 수립하여 그린홈 보급 및 제로에너지 건축물을 활성화하기 위한 시범사업을 수행하고 있다.

그러나 제로 에너지 건축물을 구현하기 위한 핵심적 패시브 요소기술인 고성능·고기밀 창호 및 외단열 공법에 있어 시장에 활발히 보급되고 있지 않고 있는 것이 현실이다. 이러한 원인은 다양하지만 무엇보다 비용 상승이 가장 큰 원인이 되고 있다. 따라서 우선적으로 핵심 패시브 요소기술의 비용 경제성이 확보되어야 패시브 공동주택의 보급이 가능해지며 이를 통해 신기후 체계에 대비한 정부의 정책목표의 달성은 물론 궁극적인 미래형 공동주택을 위한 지속가능성, 쾌적성, 경제성을 추구하는 주거공간을 이룰 수 있을 것이다.

본 연구의 목적은 국가 탄소배출량 저감을 위한 주요 방안인 2017년 패시브 공동주택의 보급을 위하여 패시브 공동주택의 경제성 분석을 위한 기초자료를 제공하는 것이다.

패시브 공동주택의 경제성은 일반 공동주택 대비 패시브 공동주택의 난방비용 절감금액과 시공비용 증가금액을 통해 산출된 비용 회수기간(payback period)으로 평가될 수 있다. 그러나 경제성 평가시 기준이 되는 일반 공동주택에 대한 표준 모델이 명확하게 정의되어 있지 않아 어려움이 있다. 이에, 신뢰성 있는 경제성 평가를 위해서는 기준이 되는 일반 공동주택을 설정하기 위한 분석이 선행되

어야 하고 이를 바탕으로 경제성을 향상시키기 위한 방안이 도출되어야 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 패시브 공동주택의 경제성을 평가를 위하여 일반 공동주택 모델 및 패시브 공동주택 모델을 도출하여 시뮬레이션을 통해 각 모델의 난방에너지 소요량을 산출하고 각 모델별 시공비용을 산출하였다. 기준이 되는 일반 공동주택에 대한 에너지 성능평가를 위하여 일반 공동주택 모델에는 건축물에 에너지절약 설계기준(국토교통부, 2001~2013)을 적용하였다. 건축물에너지절약 설계기준은 2001년 이후 몇 차례 개정을 통해 단열성능이 상향 조정되었다. 이를 반영하여 2001년, 2008년, 2011년, 2013년 건축물에너지절약 설계기준을 따르는 단열성능 기준을 적용한 4가지 모델을 경제성 평가를 위한 연도별 일반 공동주택 모델로 선정하였다. 또한, 해당 단열성능 기준을 충족시키는 창호 및 단열부위를 선정하고 물가자료(한국물가정보, 2014년 11월)를 통해 선정된 시스템에 대한 시공비용을 산출하였다.

패시브 공동주택 모델은 2012년에 8층 규모의 패시브하우스로 고양시에 건설되어 운영되고 있는 제로카본 그린홈 공동주택을 대상으로 하였다. 제로카본 그린홈에 실제 시공된 패시브 요소기술을 대상으로 건설 당시 실제 적용된 기술별 단가를 기준으로 시공비용(제로카본 그린홈 준공도서, 2012)을 산출하였다. 패시브 공동주택의 경제성 평가시 영향을

미치는 요인은 일반 공동주택 대비 패시브 공동주택의 난방비용 절감금액과 시공비용 증가 금액이다. 난방비용 변동의 가장 큰 요인은 기준이 되는 일반 공동주택이 연도별 단열성능 차이이며 그로인해 난방비용이 크게 달라지게 되므로 최종적으로 패시브 공동주택의 경제성에 영향을 미친다. 시공비용의 경우도 실제 건설공사의 시공비용에는 낙찰율이 반영되므로 낙찰율에 따라 경제성이 달라지게 된다. 따라서, 신뢰할 만한 경제성 평가를 수행하기 위해서는 상기 변동요인들을 고려한 경제성 분석이 이루어질 필요가 있다.

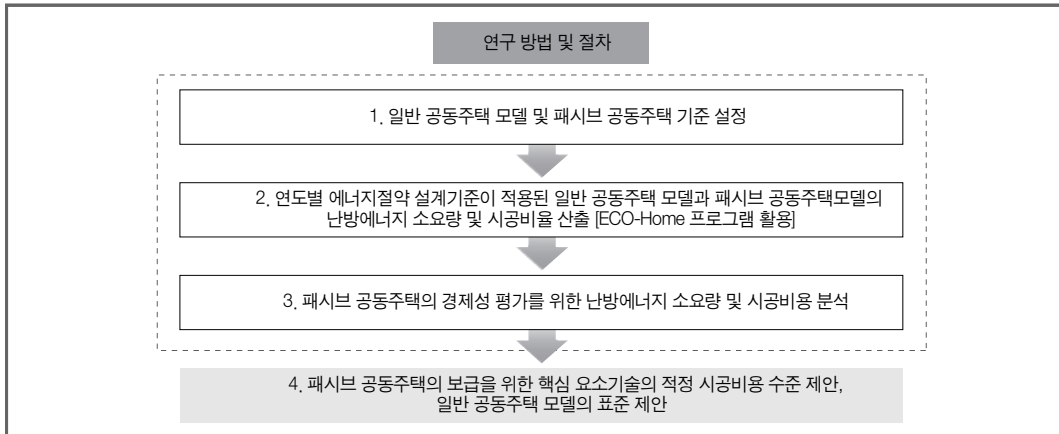
본 연구의 방법 및 절차는 다음 <그림 1>과 같다.

첫째, 일반 공동주택의 에너지 성능 특성을 분석하기 위하여 국내 건축물에 대해 에너지절약설계기준의 제도변화 및 주거건물의 건설 실적을 조사하였고 국내 패시브 하우스 관련 연구 동향을 고찰하였다.

둘째, 연도별 건축물에너지절약 설계기준을 따르는 일반 공동주택 모델과 제로카본 그린홈 실증주택이 적용된 패시브 공동주택 모델에 대한 난방에너지 소요량 및 시공비용을 산출하고 모델별 차이를 분석하였다.

셋째, 패시브 공동주택의 경제성에 영향을 미치는 난방비용 및 시공비용 절감요인을 도출하였다.

끝으로, 연도별 일반 공동주택 모델 및 낙찰율에 따른 경제성 분석을 통해 기준이 되는 일반 공동주택 모델의 준공년도를 제안하였다.



〈그림 1〉 연구방법 및 절차

II. 연구의 이론적 고찰

1. 건축물 에너지절약 설계기준의 변화

정부는 '17년 모든 신축 건축물의 패시브 하우스를 목표로 에너지 절약형 녹색건축물을 보급·확대하기 위해 2013년 녹색건축물 조성지원법을 공포·시행하였다. 또한 세부 건축기준인 '건축물 에너지절약설계기준'을 개정하여 건축허가 시 단열 및 설비 등의 요소별 적용수준을 평가하여 기준 점수 이상을 획득하도록 하고 있다.

정부는 1976년 건축물의 열손실 방지를 목적으로 건축법을 제정한 이후, 수시로 개정을

거듭해 오고 있다. 기후변화 협약 및 고유가 시대에 대응하기 위해 건축물의 에너지효율 강화의 필요성이 대두되자, 〈표 1〉과 같이 2001년에는 건축물의 열손실 방지규정 등의 내용을 골자로 하는 '건축물의 에너지절약설계 기준' (국토해양부 고시 제2001-314호)의 정비 및 강화를 통해 효율적인 에너지 절약을 추진하기 시작하였다. 2001년 개정이후 단열기준을 평균 20% 강화하였고, 건축물 열손실에 가장 영향을 미치는 창호의 열성능을 창틀 및 유리를 포함한 전체 열관류율로 세분화하였다. 2009년 녹색 도시·건축물 활성화 정책을 계기로 2011년부터 창호에 대한 단열성능 뿐 아니라 외피에 대한 단열성능 기준도 대폭 강화되었다.

〈표 1〉 국내 신축건축물의 에너지절약 설계기준 변화_지역별 건축물 부위의 열관류율

(단위 : W/m²K)

기준 개정 시점	벽체			지붕			바닥			창		
	중부	남부	제주	중부	남부	제주	중부	남부	제주	중부	남부	제주
1979.09.15~ 1980.12.31	1.05			1.05			1.05			복층창		
1981.01.01~ 1984.03.26	0.58			0.58			1.16			3.49 또는 복층창		

〈표 1〉 국내 신축건축물의 에너지절약 설계기준 변화_지역별 건축물 부위의 열관류율 (계속)

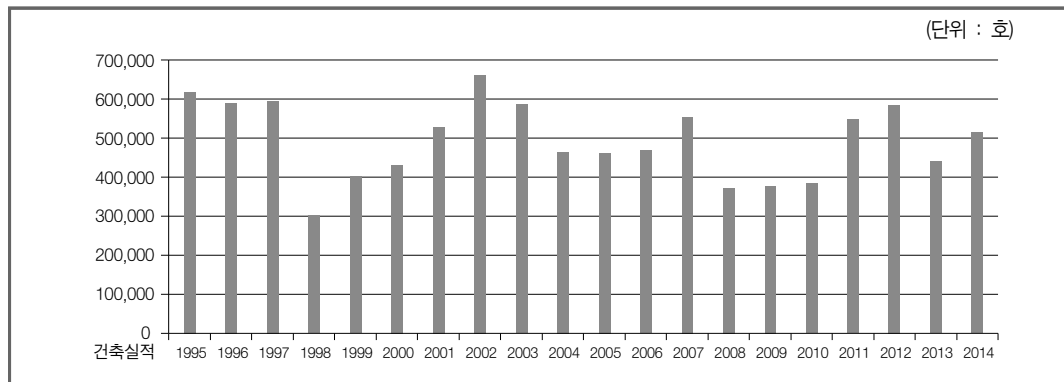
기준 개정 시점		벽체			지붕			바닥			창		
		중부	남부	제주	중부	남부	제주	중부	남부	제주	중부	남부	제주
1984.03.27~ 1987.07.20		0.58			0.58			0.58			3.49 또는 복층창		
1987.07.21~ 2001.01.16		0.58	0.76	1.16	0.41	0.52	0.76	0.58	0.76	1.16	3.37	3.60	5.81
2001.01.17~ 2008.07.09	직접	0.47	0.58	0.76	0.29	0.35	0.41	0.35	0.41	0.47	3.84	4.19	5.23
	간접	0.64	0.81	1.10	0.41	0.52	0.58	0.52	0.58	0.64	5.47	6.05	7.56
2008.07.10~ 2011.01.31	직접	0.47	0.58	0.76	0.29	0.35	0.41	0.35	0.41	0.47	3.00 (3.40)	3.30 (3.80)	4.20 (4.40)
	간접	0.64	0.81	1.10	0.41	0.52	0.58	0.52	0.58	0.64	4.30 (4.60)	4.70 (5.30)	6.00 (6.30)
2011.02.01~ 2013.09.30	직접	0.36	0.45	0.58	0.20	0.24	0.29	0.30	0.35	0.35	2.10 (2.40)	2.40 (2.70)	3.10 (3.40)
	간접	0.49	0.63	0.85	0.29	0.34	0.41	0.43	0.50	0.50	2.80 (3.20)	3.10 (3.70)	3.70 (4.30)
2013.10.01 ~ 현재 ^{a)}	직접	0.27	0.34	0.44	0.18	0.22	0.28	0.23	0.28	0.33	1.50 (2.10)	1.80 (2.40)	2.60 (3.00)
	간접	0.37	0.48	0.64	0.26	0.31	0.33	0.35	0.40	0.47	2.20 (2.60)	2.50 (3.10)	3.30 (3.80)

a) 2008년 에너지절약기준에서부터 창에 대하여 대상건물을 공동주택과 공동주택 이외의 건물로 구분하여 기준을 다르게 적용하였음. 괄호는 공동주택 이외의 건물에 해당하는 기준임.

2. 국내 주택건설 실적분석

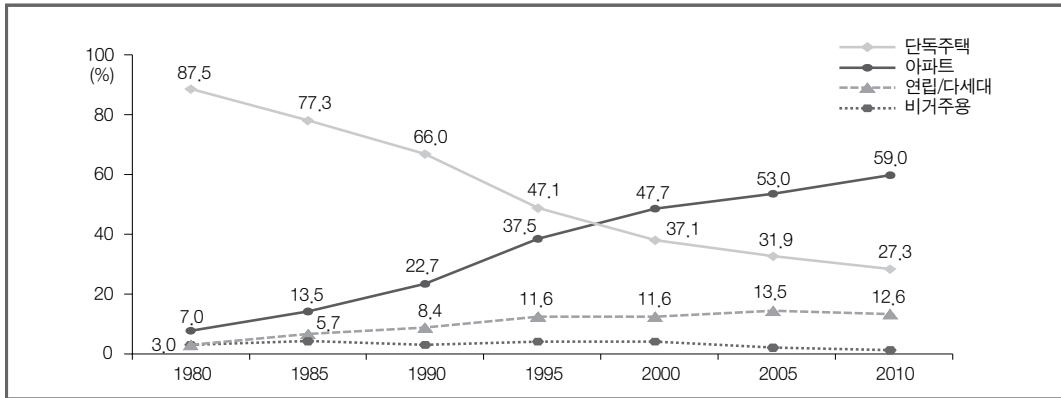
연도별 국내 주택건설 실적과 주택 유형별 분포를 조사하여 전체 주택 중 공동주택이 차지하는 분포를 조사하였다. 국내 주택건설 실

적은 통계청의 국가통계포털에서 주택건설실적통계(통계청, 2015) 결과를 활용하여 분석되었다. 〈그림 2〉와 같이 1995년부터 2014년까지의 주택건설실적을 확인한 결과 1990년대에는 1998년 외환위기 이전까지 연평균 60만



자료 : 통계청, 2015.

〈그림 2〉 국내 주택 건설 실적



자료 : 통계청 주택총조사, 2010.

〈그림 3〉 주택 유형별 분포

호의 건설실적을 유지하고 있었으나 1998년에는 30만호로 감소하였다. 2001년에 들어서 다시 급격하게 증가하여 67만호에 달하였다가 2008년 금융위기 이후 다시 감소하여 2014년 연평균 50만호의 건설수준을 유지하고 있다.

또한, 〈그림 3〉과 같이 주택 유형별 건설 실적을 분석한 결과, 2000년 이후 아파트를 비롯한 다세대 주택 등 공동주택이 전체 주택의 59.3%로 과반수를 넘어서게 되었고 2010년에는 71.6%로 국내 대다수의 주택이 공동주택임을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 공동주택을 국내 주택의 대표 건물유형으로 선정하여 연구를 수행하였다.

3. 패시브 공동주택 관련 연구 고찰

탄소배출 저감을 위하여 국내 공동주택의 에너지효율성능 강화를 위한 관련 연구는 대부분 공동주택의 에너지 소비량 부문에 집중되어 있다. 박설희(2014)는 일반 공동주택의 실제 운영단계에서 에너지 소비량에 관한 연

구에서는 2002년부터 2011년사이 준공된 공동주택 단지 17곳을 대상으로 난방, 급탕, 전기, 가스(취사) 부문의 에너지 사용량에 대한 실태조사를 수행하였다. 정창현(2010)은 패시브 주택과 건물에너지효율등급의 에너지성능 평가 기준을 비교·분석하고 실제 패시브 건물 및 건물에너지효율등급 인증을 받은 건물에서의 에너지 소비량에 대한 조사를 통해 건물에너지효율등급 인증제도의 개선점을 제안하였다.

저에너지 공동주택이나 패시브 공동주택에 관련된 연구들도 대부분 특정 요소기술의 적용시 에너지사용량 절감효과에 대해 다루고 있다. 송승영(2009)은 시뮬레이션을 통해 외단열시스템 적용시 연간 난방에너지 저감 효과를 분석하였다. 최윤정(2013)은 공동주택에서 냉난방 부하에 가장 큰 영향을 미치는 창호를 대상으로 관련 평가방법에 대한 고찰을 통해 창호의 통합 에너지성능 평가를 위한 계산식을 도출하였다.

이와같이 관련 연구들이 대부분 건축물의

에너지 소비와 관련된 부분에 집중되어 있다. 그러나 패시브 공동주택의 보급을 위해 선행되어야 하는 경제성 평가를 위해서는 건축물의 에너지 소비뿐만 아니라 경제성 평가시 기준이 되는 일반 공동주택에 대한 표준 모델(Baseline)의 정립 및 실제 공동주택의 시공비 산정 시 이에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구가 필요하다.

또한 공동주택에서 사용되는 전체 에너지 사용량과 난방에너지가 차지하는 부분에 대하여 고찰하였다. 에너지 총조사 보고서(2008)에 따라 공동주택에서 사용되는 전체 에너지 사용량은 연간 2008년 기준으로 33평형의 경우 전체 15,217kWh 중 장비 3,104kWh(20.4%), 조명 574kWh(3.8%), 난방 7,430kWh(48.8%), 급탕 3,183kWh(20.9%), 취사 926kWh(6.1%)인 것으로 조사되었다. 이중 난방에너지가 차지하는 부분에 대한 고찰은 <표 2>와 같이 2008년 및 2010년 법적기준으로 공동주택의 에너지사용용도별 연간 에너지사용량을 살펴본 결과 대략적으로 50% 가량을 차지하는 것으로 확인되었다. 이에 본 연구에서는 공동주택 모델별 에너지 사용량 평가시 난방에너지

를 대상으로 선정하여 연구를 수행하였다.

4. 제로카본 그린홈의 개요

본 연구에서 패시브 공동주택의 모델로 적용된 제로카본 그린홈은 <그림 4>와 같이 총 8층, 15세대의 패시브 공동주택으로 건설되었다. 제로카본 그린홈 요소기술의 최적설계 및 적용을 위하여 통합설계(Integrated Project Delivery) 기법을 도입되었다(미국 건축가협



<그림 4> 제로카본 그린홈 실증주택 전경

<표 2> 공동주택의 연간 총 에너지 사용량

(단위 : kWh)

구분	25평형		33평형	
	2008년 법적기준	2010년 법적기준	2008년 법적기준	2010년 법적기준
장비	2,808	2,808	3,104	3,104
조명	519	519	574	574
난방	6,770	4,786	7,430	5,167
팬	-	-	-	-
급탕	3,070	3,070	3,183	3,183
취사	926	926	926	926
전체	14,093	12,109	15,217	12,954

회 AIA, IPD: A GUIDE, 2007). 제로카본 그린홈의 의미는 건물의 전 생애(Life Cycle)가 아닌, 건물 사용단계에서 발생하는 CO₂ 배출을 Zero로 하는 공동주택을 목표로 하는 것이며, 건물의 사용단계에서 발생하는 CO₂ 배출량과 신·재생에너지 시스템을 통해 에너지를 생산함으로써 저감된 CO₂ 배출량의 합이 제로가 되는 것으로 정의하였다. 제로카본 그린홈의 에너지 성능 목표는 패시브 시스템과 신·재생에너지 공급시스템의 적용을 통해 기존 공동주택 대비 난방 87%, 전기 80%의 에너지 절감과 건축물의 운영단계에서 이산화탄소 배출의 제로이다. 제로카본 그린홈 실증 주택에 적용된 주요 요소기술의 종류 및 성능은 <표 3>과 같다.

III. 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 난방에너지 소요량 비교·분석

1. 시뮬레이션 개요

일반 공동주택과 패시브 공동주택의 난방 에너지 사용량의 차이는 크게 단열방식과 단열성능, 환기방식의 차이에 기인한다. 일반 공동주택의 경우 내단열 방식을 적용하고 있어 발코니 및 바닥과 벽체 접합부에 열교를 통한 열손실이 큰 반면, 패시브 공동주택은 외단열 방식의 적용을 통해 열교의 생성을 원천적으로 차단하고 있다. 창호 및 벽체의 단열성능도 큰 차이가 있는데 패시브 공동주택의 경우 일반 공동주택보다 단열성능이 2~4배 이상 높

<표 3> 제로카본 그린홈의 주요 요소기술

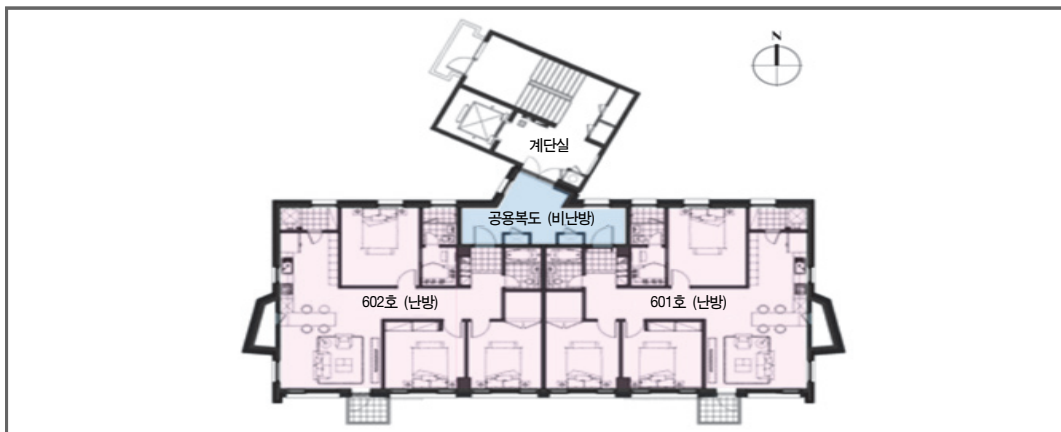
구 분	내 용	성능	독일 패시브 하우스 성능기준
외단열 시스템	남측 건식외단열시스템(구조체일체형, 셀룰로오즈 단열재)	0.15 W/m ² · K	0.15 W/m ² · K 이하
	서측 건식외단열시스템(통기식 구조)		
	동측 습식시스템1(EPS 보드), 습식시스템2(MIP 진공단열재)		
	북측 습식시스템3(PUR 폴리우레탄폼)		
창호 및 문 시스템	고기밀 · 고단열 창호	0.89 W/m ² · K	0.8 W/m ² · K 이하
	초단열 진공유리 창호	0.83 W/m ² · K	
	초단열 진공유리문(1층 출입문)	0.8 W/m ² · K	
	초단열 진공방화문(세대현관 및 발코니출입문)	0.6 W/m ² · K	
차양	외부전동차양(EVB)	-	-
설비시스템	폐열회수 환기장치	85% 열회수	85% 열회수
	난방, 환기, 조명제어시스템	-	-
	LED조명	-	-
신·재생 에너지 공급시스템	목재펠릿보일러	50 kW × 2대	-
	태양광발전시스템 (옥상)	36 kW	-

다. 게다가, 일반 공동주택의 환기시스템은 대부분 열교환이 되지 않는 일반 급/배기 시스템으로 도입된 환기량 만큼 난방에너지가 증가하게 된다. 그러나 패시브 공동주택의 경우 전열교환환기시스템의 적용으로 환기로 인한 난방에너지 손실이 기존대비 80% 이상 저감된다. 이러한 단열 및 환기 방식의 차이에 의한 난방에너지 소요량을 비교하기 위하여 시물레이션을 통해 연도별 일반 공동주택 모델과 패시브 공동주택 모델의 난방에너지 소요량을 산출하였다.

연도별 일반 공동주택 모델은 해당 연도의 건축물에너지절약 설계기준의 단열성능에 따라 4가지 모델로 구분되며 각각의 단열기준을 충족시키는 창, 문, 단열재, 환기 시스템, 보일러 등 난방에너지와 관련된 요소기술이 적용되었다. 패시브 공동주택 모델은 제로카본 그린홈에 실제 시공된 요소기술 및 단열성능이 적용되었다. 각 모델별 난방에너지 소요량은 2001년부터 공동주택 에너지효율등급인증에 활용되었던 평가프로그램을 패시브 하우스에

대한 해석이 가능하도록 업그레이드된 ECO-Home 프로그램(한국건설기술연구원, 2012)을 사용하여 계산되었다. ECO-Home은 신축 뿐만 아니라 기존 주택을 대상으로 외단열 및 내단열 방식별 열교의 영향이 반영되었으며 환기시스템 및 침기 부분의 영향을 반영한 주택 에너지 사용량 산출 프로그램이다.

평가 대상 공동주택 모델의 평면은 <그림 5>와 같이 제로카본 그린홈에서 중간층에 해당하는 6층 평면을 적용하였으며 시물레이션을 통해 산출된 결과는 두 세대의 평균값을 적용하였다. 대상 건물이 위치한 지역은 중부지역, 건물의 향은 정남향이며 적용된 공동주택 모델의 세대당 난방면적은 105m^2 , 비난방공간의 바닥면적은 14.2m^2 , 층고는 3m이다. 패시브 공동주택 모델에서는 난방공간뿐만 아니라 비난방공간인 공용복도까지 외단열 방식이 적용되었다. 일반 공동주택 모델에서는 동일한 평면에 내단열 방식을 적용하고 비난방공간인 공용복도에서 외기에 접하는 벽체에는 단열을 하지 않는 것으로 설정하였다. 두 경



〈그림 5〉 대상 세대 평면(제로카본 그린홈 6층, 2세대)

우 모두 계단실은 외기가 통하는 외부공간으로 설정하였다.

시뮬레이션에서 모든 모델에 공통되는 설정 조건인 벽체 및 창호의 면적과 실내외 설정 온도, 기기 발열량 등은 <표 4>와 같으며 각각의 모델별로 달라지는 단열성능, 환기성능, 시스템 효율은 <표 5>와 같다.

2. 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 난방에너지 소요량

1) 열손실량 및 태양열 취득량

먼저, 시뮬레이션 결과 중 난방에너지 소요량을 증가시키는 열손실량에 대한 모델별 산출 결과를 분석하였다. <표 6> 및 <표 7>과

<표 4> 시뮬레이션 설정조건 (공통)

구 분	단 위	내 용	구 분		단 위	내 용	
배치향	-	남	벽체면적		남측	m ²	29.40
지역	-	중부			북측	m ²	58.96
난방 실내 설정온도	℃	20			동/서측	m ²	32.79
기기 발열량	W	326	난방 공간	창호 면적	남향	m ²	19.32
내부발열(인체)	W	152			북향	m ²	4.32
일일 급탕에너지 요구량	Wh/m ² d	110			동/서향	m ²	2.10
조명부하	W	210		문 면적	현관 출입문	m ²	2.20
층고 (천장고)	m	3.0 (2.3)			발코니 출입문	m ²	1.98
세대당 난방공간 바닥면적	m ²	105			북향	m ²	0.72
전체 비난방공간 바닥면적	m ²	14.2	비난방 공간	창호 면적	북서향	m ²	0.42
				문 면적	계단실 출입문	m ²	1.89

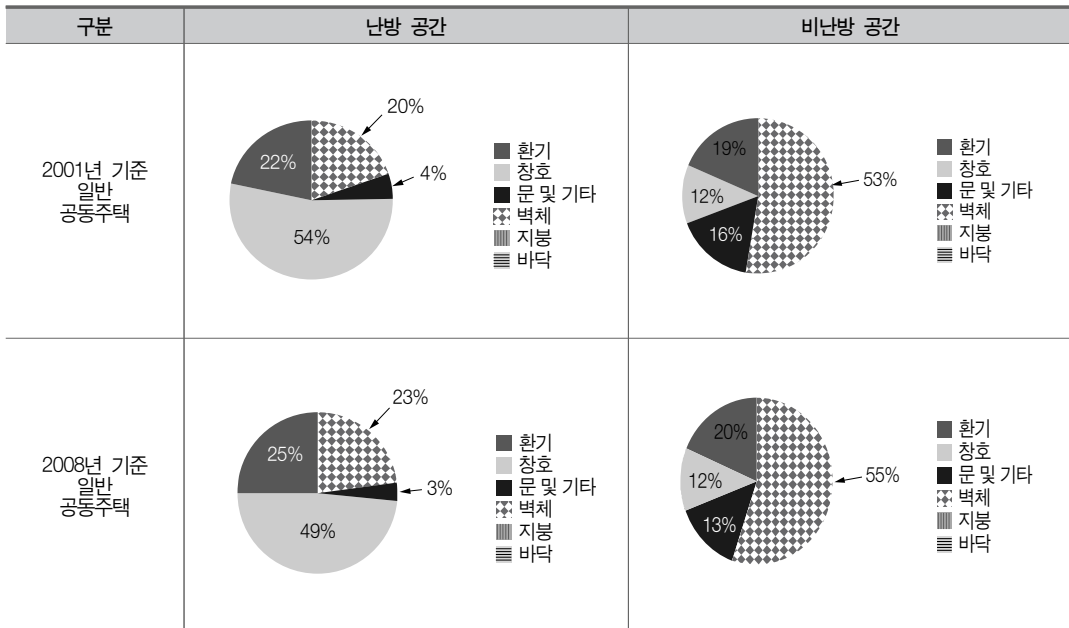
<표 5> 시뮬레이션 모델별 단열성능 및 적용된 시스템의 효율

구 분		단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
			2001년	2008년	2011년	2013년	
창호/문 열관류율	외기직접	W/m ² K	3.84	3.0	2.1	1.5	0.89(남), 1.0(북, 동, 서)
	외기간접	W/m ² K	5.47	4.3	2.8	2.2	1.0
창틀 종류		mm	PVC 115mm	PVC 115mm	PVC 225mm	PVC 225mm	PVC 270mm
창호유리 종류		mm	16mm 복층유리 (5CL+6Air+5CL)	22mm 복층유리 (5C+12Air+5CL)	22mm 로이복층유리 (5LE+12Ar+5CL) + 6mm단유리 (6CL)	22mm 로이복층유리 (5LE+12Ar+5CL) + 22mm복층유리 (5CL+12Air+5CL)	22mm 로이복층유리 (5LE+12Ar+5CL) + 39mm로이삼중유리 (6LE+12Ar+3CL +12Ar+6LE)
SHGC 값			0.747	0.748	0.538	0.493	0.358
문 종류			일반 방화문				단열 방화문

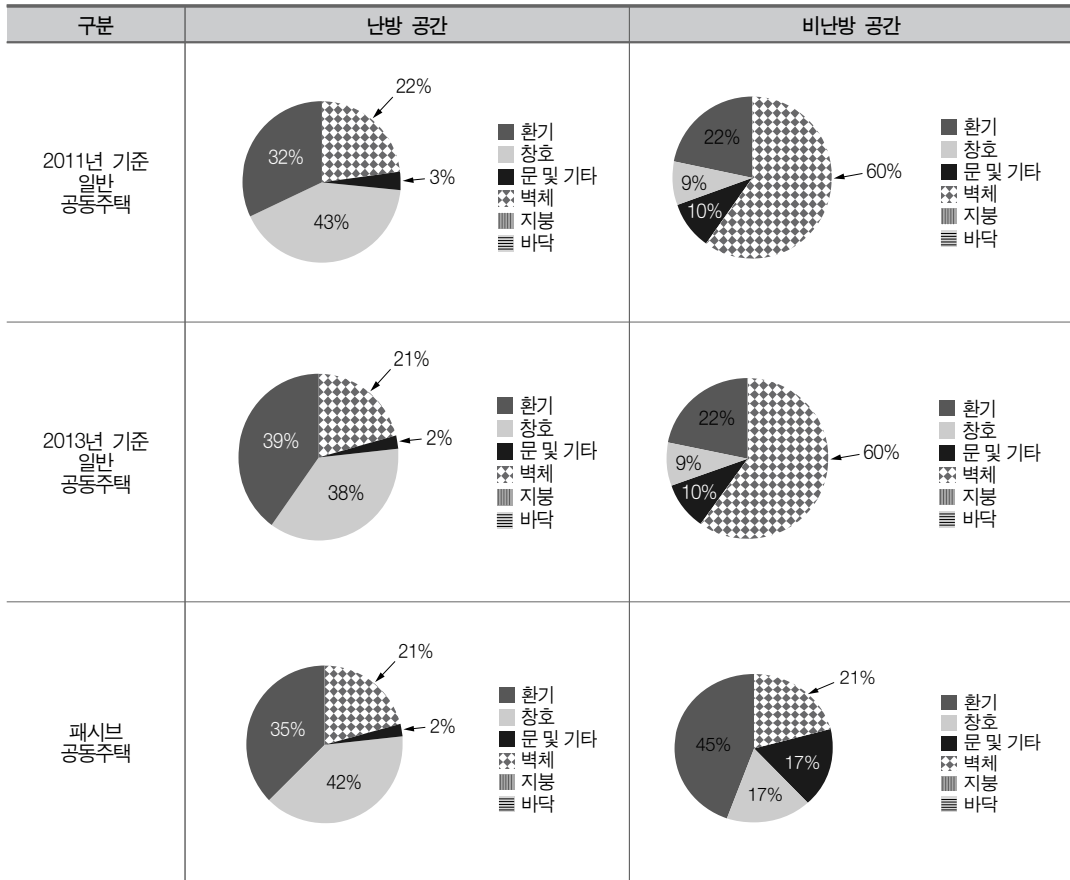
〈표 5〉 시뮬레이션 모델별 단열성능 및 적용된 시스템의 효율 (계속)

구 분		단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
			2001년	2008년	2011년	2013년	
벽체 열관류율	외기직접	W/m ² K	0.47	0.47	0.36	0.27	0.15
	외기간접	W/m ² K	0.64	0.64	0.49	0.37	0.39
벽체 단열방식			내단열	내단열	내단열	내단열	외단열
단열재 종류			압출법 1호, 밀도 30kg/m ³ , 열관류율 0.028				다양한 단열재적용 (표 3 참조)
단열재 두께		mm	65	65	85	120	115~225
환기시스템 종류			급배기 환기시스템				전열교환 환기시스템
총환기 횟수 (침기포함)		회/h	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
세대 수직 덕트 수		개	3	3	3	3	3
침기율(@50 Pa)		회/h	3	2	1.7	1.5	0.8
환기 부하용 환기율		회/h	0.5	0.5	0.5	0.5	0.248
폐열회수 시스템 효율		%	-	-	-	-	75
보일러 종류			개별 가스 보일러				팰릿보일러
보일러 효율		%	80	80	87	87	87

〈표 6〉 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 단위세대에 대한 부문별 열손실량(단위세대 기준)



〈표 6〉 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 단위세대에 대한 부문별 열손실량(단위세대 기준) (계속)



〈표 7〉 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택 모델의 열손실량(단위세대 기준)

구 분		단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
			2001년	2008년	2011년	2013년	
외피 열손실	난방공간	W/K	150,161	127,128	93,915	70,48	36,262
	비난방공간	W/K	52,05	49,65	42,367	42,367	3,656
	합계	W/K	202,211	176,778	136,282	112,847	39,918
환기 열손실	난방공간	W/K	39,927	39,927	39,927	39,927	19,764
	비난방공간	W/K	11,88	11,88	11,88	11,88	2,97
	합계	W/K	51,807	51,807	51,807	51,807	22,734
총 열손실	난방공간	W/K	190,088	166,976	133,842	110,407	56,026
	비난방공간	W/K	63,93	61,53	54,247	54,247	6,626
	합계	W/K	254,018	228,506	188,089	164,654	62,652
열손실 계수	난방공간	W/㎡K	1,81	1,59	1,275	1,275	0,534
	비난방공간	W/㎡K	8,879	8,546	7,534	7,534	0,92

같이 패시브 공동주택은 연도별 일반 공동주택에 비하여 총 열손실이 25~33%의 수준으로 크게 절감되었다.

일반 공동주택에서는 난방에너지 소요량 중 창호에 의한 열손실이 38~54%로 가장 큰 비중을 차지하였으며 단열성능이 강화되어 패시브 공동주택으로 갈수록 환기 부문의 열손실이 상대적으로 증가하는 것으로 나타났다. 2001년 및 2008년 일반 공동주택의 경우 창호 및 벽체를 통한 외피 열손실이 전체의 70% 이상을 차지하고 환기에 의한 열손실이 25% 이하를 차지하는 반면, 2011년 및 2013년 일반 공동주택은 패시브 공동주택과 유사하게 외피 열손실이 차지하는 비율이 60% 수준이며 환기 열손실이 차지하는 비율이 30%를 초과하는 분포를 나타내고 있다. 이는 2011년부터 건축물에너지절약 설계기준에서 외피의 단열기준이 크게 향상되었기 때문으로 분석되는데 외기에 면하는 창호 경우 단열기준이 2001년에는 3.84 W/m²K, 2008년에는 3.0 W/m²K이었으나 2011년 2.1 W/m²K, 2013년 1.5 W/m²K로 급격하게 상향되었고 벽체 또한 유사한 수준으로 상향되어 패시브 공동주택과 유사한 열손실 분포를 나타내는 것으로 분석되었다.

따라서 향후 일반 공동주택 및 패시브 공동주택에서의 환기부문의 열손실을 더욱더 절감

할 수 있도록 열회수환기시스템의 효율 향상이 필요하며 소음 및 낮은 급기 온도로 인하여 사용자의 환기시스템 사용 기피 문제를 해결하기 위하여 환기 덕트에 소음기를 적용하고 전열교환기 외기도입부에 반드시 프리히터를 적용하여 에너지 절약 및 재실자의 쾌적성을 향상시켜야 할 것이다.

다음으로 난방에너지 소요량을 감소시키는 태양열 취득량 산출 결과는 다음 <표 8>과 같다. 연도별 일반 공동주택에서 패시브 공동주택으로 갈수록 점차 태양열 취득량이 줄어들고 있다. 이는 단열기준의 향상으로 인하여 창호의 유리 개수 증가 및 코팅 등으로 인해 SHGC값이 줄어들었기 때문이며 특히 패시브 공동주택의 경우 총 5종의 유리가 적용되어 태양열 취득량이 크게 감소한 것으로 평가되었다. 패시브 공동주택의 태양열 취득량은 연도별 일반 공동주택 대비 45~69% 수준의 낮은 값을 나타내고 있다.

2) 연간 난방에너지 소요량

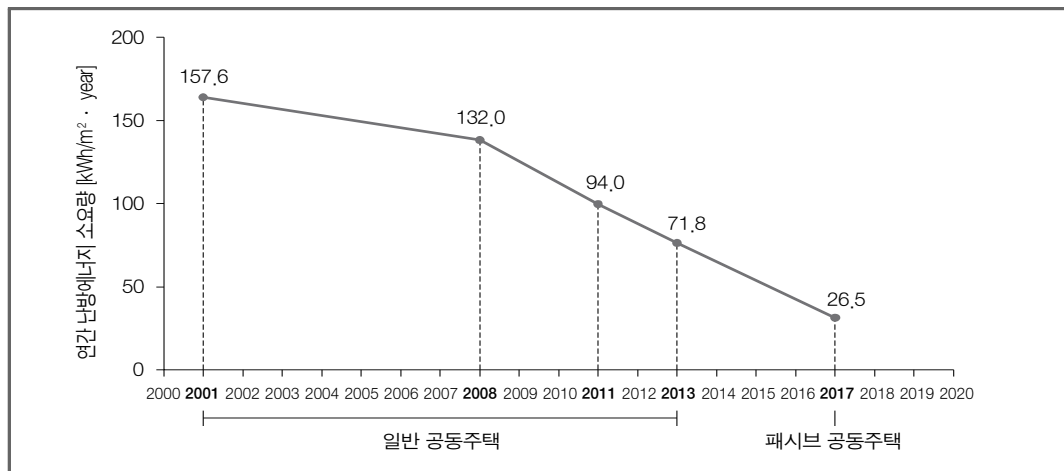
시뮬레이션을 통한 패시브 공동주택 모델 및 연도별 일반 공동주택 모델의 난방에너지 소요량을 산출결과는 <표 9> 및 <그림 6>과 같다. 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량을 비교 분석한

<표 8> 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 태양열 취득량(단위세대 기준)

구 분	단위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
		2001년	2008년	2011년	2013년	
난방공간 태양열 취득량	W	347,473	354,626	236,317	220,797	157,705
비난방 공간 태양열 취득량	W	7,364	7,364	7,364	7,364	4,050
총 태양열 취득량	W	354,837	361,990	243,681	228,161	161,755

〈표 9〉 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량 비교

구 분	단 위	에너지효율 설계기준에 의한 일반 공동주택				패시브 공동주택
		2001년	2008년	2011년	2013년	
연간 단위면적당 난방에너지 소요량	kWh/m ² · year	157.6	132.0	94.0	71.8	26.5
연간 세대당 난방에너지 소요량	kWh/세대 · year	16,553	13,861	9,865	7,543	2,779



〈그림 6〉 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량 비교

결과, 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량은 연도별 일반 공동주택 대비 17~36% 수준을 나타내어 일반 공동주택 보다 난방에너지 소요량이 크게 감소된 것을 알 수 있다.

경제성 평가시 기준이 되는 일반 공동주택의 난방에너지 소요량을 살펴보면 2011년 모델을 기점으로 크게 달라지는 것으로 나타났다. 〈그림 6〉과 같이 2001년 공동주택 모델과 2008년 모델에서는 큰 차이를 나타내지 않으나 2011년, 2013년으로 갈수록 급격한 단열기준의 상향으로 다른 모델에 비하여 상대적으로 패시브 공동주택에 가까운 난방에너지 소요량을 나타내고 있어 일반 공동주택을 대표하기에는 무리가 있는 것으로 평가되었다. 이

에 경제성 평가시 일반 공동주택 표준 모델로 2001년 및 2008년 모델을 적용하는 것이 적절하다 평가되었다.

Ⅳ. 패시브 공동주택의 경제성 분석

1. 경제성 분석 개요

패시브 공동주택의 경제성 분석을 위해 앞서 시뮬레이션을 통해 계산된 난방에너지 소요량을 통해 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 난방비용을 산출하여 패시브 공동주택의 난방비용 절감금액을 산출하였다. 또

한, 각 모델별 적용 요소기술에 대한 시공비용을 산출하여 일반 공동주택 대비 패시브 공동주택의 시공비용 증가금액을 산출하였다. 여기에서, 각 모델별 시공비용 산출시 전체 모델에 공통적으로 적용되는 골조, 전기 및 설비시스템 등에 대한 시공비용은 제외하였다. 연도별 일반 공동주택의 시공비용은 해당 단열기준을 충족시키는 창호 및 단열시스템에 대한 각각의 시공비용을 물가자료(한국물가정보, 2014)를 기준으로 산출되었다. 패시브 공동주택의 시공비용은 2012년 제로카본 그린홈 실증주택 건설시 실제 적용된 요소기술별 단가를 기준으로 시공비용(제로카본 그린홈 준공도서, 2012)을 산출하였다.

최종적으로 연도별 일반 공동주택 모델 및 낙찰율에 따른 경제성 분석을 통해 기준이 되는 일반 공동주택 모델의 표준을 제안하고 패시브 공동주택의 보급을 위한 핵심 요소기술

의 적정 시공비용의 수준을 제안하였다.

2. 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 연간 난방비용 및 시공비용

1) 연간 난방비용

시물레이션을 통해 계산된 연도별 일반 공동주택 모델 및 패시브 공동주택 모델의 단위면적당 연간 난방에너지 소요량과 단위 세대당 난방비용은 다음과 같다. 가스보일러가 설치된 일반 공동주택 모델의 경우 <표 10>과 같이 2014년 11월 도시가스 단가를 기준으로 세대당 난방비용이 산출되었다. 2001년 에너지절약 설계기준 공동주택 모델의 경우 연간 난방비용은 1,515천 원이며 2008년 기준 공동주택의 연간 난방비용은 1,269천 원, 2011년 기준 공동주택의 연간 난방비용은 903천 원, 2013년 기준 공동주택의 연간 난방비용은

<표 10> 일반 공동주택의 연간 난방에너지 소요량 및 난방비용

구 분	단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택			
		2001년	2008년	2011년	2013년
연간 난방에너지(단위면적당) 소요량	kWh/m ² · year	157.65	132.01	93.95	71.84
연간 난방에너지(세대당) 소요량	kWh/세대 · year	16,553	13,861	9,865	7,543
단위환산	MJ/세대 · year	59,590	49,900	35,512	27,155
가스 열량당 단가	원/MJ	23	23	23	23
연간 난방비용(세대당)	천원/세대 · year	1,515	1,269	903	691

<표 11> 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량 및 난방비용

구 분	단 위	패시브 공동주택
연간 난방에너지(단위면적당) 소요량	kWh/m ² · year	26.46
연간 난방에너지(세대당) 소요량	kWh/세대 · year	2,779
단위 환산	Mcal/세대 · year	2,389
펠릿 열량당 단가	원/Mcal	98
연간 난방비용(세대당)	천원/세대 · year	234

〈표 12〉 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 단위세대당 연간 난방비용

구 분	단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
		2001년	2008년	2011년	2013년	
연간 난방비용	천 원/세대	1,515	1,269	903	691	234

691천 원으로 산출되었다. 패시브 공동주택은 〈표 11〉과 같이 신재생 에너지원에 해당하는 우드 펠릿을 사용하므로 펠릿의 열량당 단가를 적용한 연간 단위세대당 난방비용은 234천

원이다. 〈표 12〉에서와 같이 패시브 공동주택의 연간 난방비용이 연도별 일반 공동주택 대비 15~34% 수준을 나타내어 일반 공동주택보다 난방비용이 크게 감소한 것을 알 수 있다.

〈표 13〉 시뮬레이션 모델별 단열성능 및 적용된 요소기술의 시공비용

구 분	단 위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택				패시브 공동주택
		2001년	2008년	2011년	2013년	
창틀 종류	mm	PVC 115mm	PVC 115mm	PVC 225mm	PVC 225mm	PVC 270mm
창호유리 종류	mm	16mm 복층유리 (5CL+6Air+5CL)	22mm 복층유리 (5C+12Air+5CL)	22mm 로이 복층유리 (5LE+12Ar+5CL) + 6mm 단유리(6CL)	22mm 로이 복층유리 (5LE+12Ar+5CL) +22mm복층유리 (5CL+12Air+5CL)	22mm 로이 복층유리 (5LE+12Ar+5CL) + 39mm 로이 삼중유리 (6LE+12Ar+3CL+1 2Ar+6LE)
창호 시공비용	천원/세대	6,274	6,613	11,080	12,044	19,317
기밀테이프 시공비용	천원/세대	-	-	-	-	901
문 종류		일반 방화문				단열 방화문
문 시공비용	천원/세대	3,003	3,003	3,003	3,003	4,125
벽체 단열방식		내단열	내단열	내단열	내단열	외단열
단열재 종류		압출법 1호, 밀도 30kg/m ³ , 열관류율 0.028				다양한 단열재 적용 (표 2 참조)
단열재 두께	mm	65	65	85	120	115~225
벽체 단열 시공비용	천원/세대	9,436	9,436	9,723	10,225	17,434 ¹⁾
발코니 열교차단 시스템 시공비용	천원/세대	-	-	-	-	1,166
환기시스템 종류		급배기 환기시스템				전열교환환기시스템
환기시스템 시공비용 ²⁾	천원/세대	522	522	522	522	1,028
보일러 종류		개별 가스 보일러				펠릿보일러
보일러 시공비용	천원/세대	791	791	791	791	1,487
합계 (설계가)	천원/세대	20,028	20,367	25,120	26,586	45,460

주1 : 패시브 공동주택의 외단열 시스템의 공사비용 산정시 내단열 시스템 공사와 달리 외부 강관비계 설치 비용 포함됨.

주2 : 환기공사비용 산정시 공통적으로 적용되는 덕트 공사비용은 제외됨.

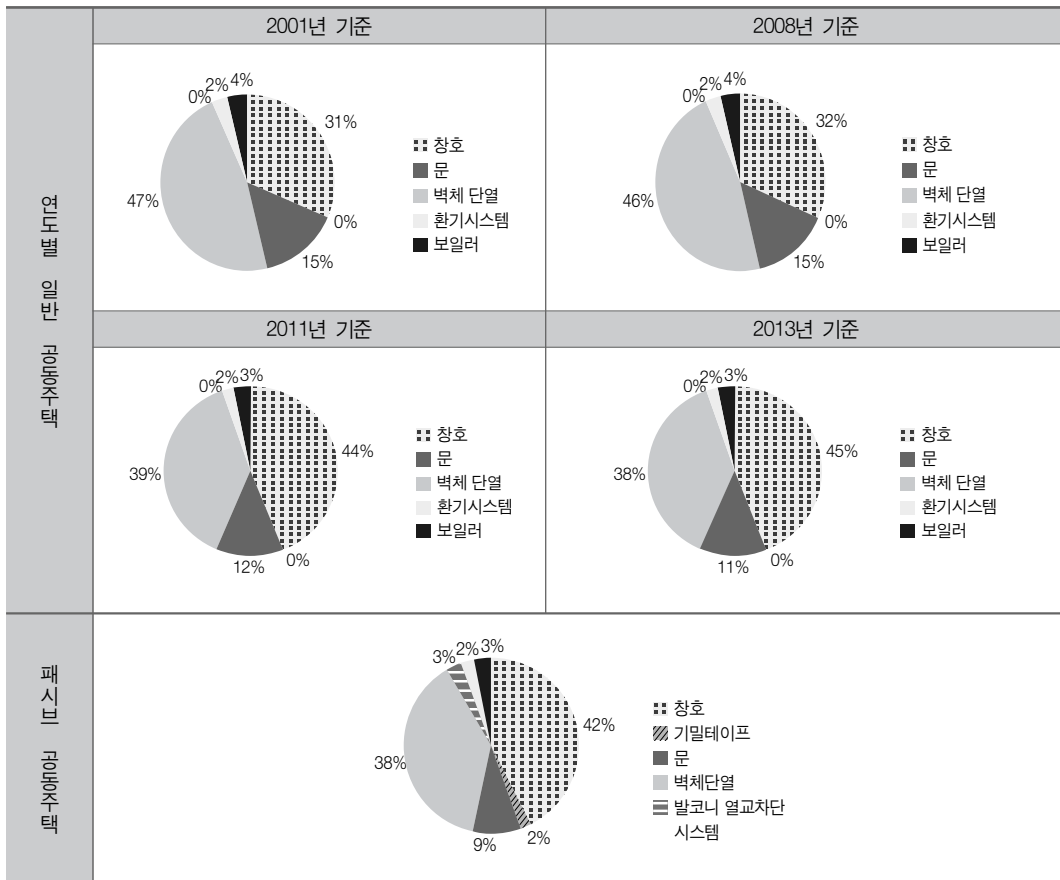
2) 시공비용

연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택에 대한 패시브 공사 관련 요소기술의 시공비용 산출 결과는 <표 13>과 같다. 일반 공동주택의 시공비용은 물가자료(한국물가정보, 2014)를 기준으로 연도별 단열성능 기준을 충족시키는 창호, 외단열, 환기 시스템 및 가스보일러에 대한 시공비용이 합산되었다. 패시브 공동주택의 시공비용은 제로카본 그린홈 실증주택의 견적서를 기준으로 창호, 외단열, 환기 시스템 및 펠릿보일러에 대한 비용 뿐만 아니

라 추가적으로 열교차단시스템 및 기밀공사 관련 비용까지 합산되었다. 패시브 공동주택의 관련 요소기술 시공비용은 연도별 일반 공동주택 대비 170~230% 수준으로 크게 증가함을 알 수 있다.

<표 14>와 같이 패시브 공사 관련 요소기술의 시공비용 중 창호공사가 차지하는 비율은 2001년 및 2008년 일반 공동주택의 경우 30% 수준을 차지하는 반면 2011년 및 2013년 일반 공동주택 모델 및 패시브 공동주택 모델의 경우 40% 이상을 차지하는 것으로 나타났

<표 14> 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 요소기술별 시공비용 분포



다. 그러나 벽체 단열 공사가 차지하는 비율은 2001년 및 2008년 일반 공동주택의 경우 45% 이상을 차지하는 반면 2011년 및 2013년 일반 공동주택 모델 및 패시브 공동주택 모델의 경우 40% 이하를 차지하는 것으로 나타났다.

난방비용과 마찬가지로 연도별 일반 공동주택 모델 중 2001년과 2008년은 유사한 시공비용 분포를 나타내는 반면 2011년 및 2013년 일반 공동주택 모델은 패시브 공동주택과 유사한 시공비용 분포를 나타내는 것으로 나타났다. 또한 대부분의 경우 패시브 공사 관련 요소기술의 시공비용 중 창호공사 및 벽체 단열공사 비용이 전체 비용의 80% 이상을 차지하므로 패시브 공동주택의 경제성 확보를 위해서는 고효율·고기밀 창호 및 외단열 시스템에 대한 보급형 개발을 통해 가격 경쟁력을 높이는 것이 반드시 필요함을 알 수 있다.

3. 패시브 공동주택의 경제성 분석

패시브 공동주택의 경제성 평가시 영향을 미치는 요인인 일반 공동주택 대비 패시브 공동주택의 난방비용 절감금액과 시공비용 증가

금액이다. 여기서 시공비용은 설계가부터 낙찰금액까지 다양하게 나타나므로 시공비용에 영향을 미치는 낙찰율을 고려하여 평가하였다. 따라서 경제성 분석을 위해 시공비용은 설계가와 통상적인 적격율인 87.745%와 최저 낙찰율로 70%를 가정하여 산정하였다.

먼저, 설계가를 기준으로 연도별 일반 공동주택 모델 및 낙찰율에 따른 패시브 공동주택의 경제성을 분석한 결과는 다음 <표 15>와 같다. 연도별 일반 공동주택 모델 및 낙찰율에 따라 비용회수기간은 최소 13.9년에서 최대 41.3년까지 다르게 나타났다.

앞서 3장에서 기준이 되는 일반 공동주택 모델의 단열성능 기준은 2001년 및 2008년 에너지절약 설계기준이 타당한 것으로 평가되어 해당 모델을 기준으로 비용회수기간을 산출한 결과, 통상 적격률 적용시 비용회수기간은 각각 17.4년 및 21.3년을 나타내고 최저 낙찰률 적용시 각각 13.9년 및 17.0년을 나타낸다.

이와 같은 분석결과는 패시브 공동주택 수준의 건축시장이 형성되지 않아 나타난 결과로써, 패시브 공동주택이 일반적으로 보급되는 시점에서는 관련 요소기술의 가격 경쟁력

<표 15> 연도별 일반 공동주택 및 낙찰율에 따른 패시브 공동주택의 경제성 산출 결과

구 분	단위	연도별 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택			
		2001년	2008년	2011년	2013년
연간 난방비용 절감금액 (A)	천 원	1,282	1,035	670	457
설계가 적용시 시공비용 증가금액 (B1)	천 원	25,432	25,093	20,340	18,874
통상 적격률 적용시 시공비용 증가금액 (B2)	천 원	22,315	22,018	17,847	16,561
최저 낙찰률 적용시 시공비용 증가금액 (B3)	천 원	17,802	17,565	14,238	13,212
설계가 적용시 PB (C1 = B1/A)	년	19.8	24.2	30.4	41.3
통상 낙찰율(87.745%) 적용시 PB (C2 = B2/A)	년	17.4	21.3	26.6	36.2
최저 낙찰율(70%) 적용시 PB (C3= B3/A)	년	13.9	17.0	21.3	28.9

확보로 비용회수기간이 현재수준보다 줄어 들 것으로 평가된다.

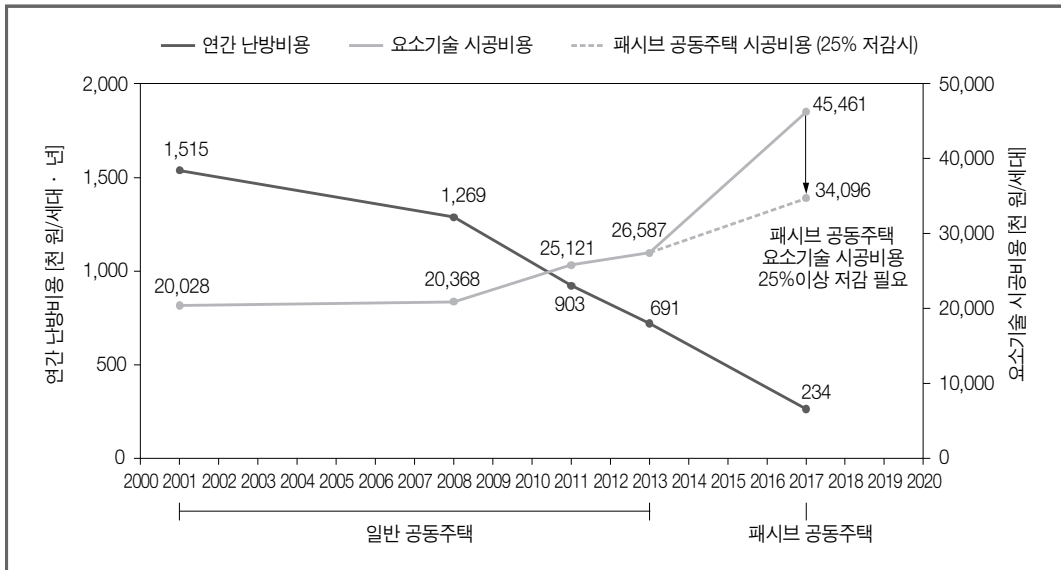
4. 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 난방 에너지비용 및 시공비용 추이

2009년 정부는 온실가스 배출량 감축을 위하여 2017년부터 모든 신축주택을 패시브 하우스 수준으로 의무하는 로드맵을 발표하였다. 이에, 본 연구에서는 2017년에 패시브 공동주택이 적용되는 것을 가정하여 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택에 대한 연간 난방에너지비용 및 시공비용의 추이를 분석하였다.

〈그림 7〉에서와 같이 연간 난방비용의 경우 연도별 일반 공동주택에서 패시브 공동주택으로 갈수록 단열기준의 향상에 따라 난방비용이 점진적으로 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 관련 요소기술의 시공비용은 일반

공동주택에서는 연도별 단열기준의 향상에 따라 유사한 수준으로 증가하고 있으나 패시브 공동주택의 경우 급격하게 높아진 것을 알 수 있다. 이와 같은 패시브 공동주택의 시공비용 증가의 원인은 고기밀·고단열의 창호 및 문, 외단열 시스템, 펠릿보일러 등이 아직 시장에 활발히 보급되지 못하여 높은 가격을 형성하고 있기 때문인 것으로 분석되었다.

이에 패시브하우스의 보급의 활성화를 위해서는 고성능 창호 및 외단열 시스템에 대한 성능 대비 가격 경쟁력이 향상된 건축시장이 형성될 필요가 있다. 이를 위해서는 창호 및 외단열 시스템, 기밀관련 기술개발 투자를 통해 보급형 제품이 보급될 필요가 있다. 한편, 정부에 로드맵에 따라 2017년으로 설정한 패시브하우스 성능 목표를 달성하면서 보급 활성화를 이루기 위해서는 단열성능 기준을 급속히 강화하는 것 보다는 단계별로 세부적인



〈그림 7〉 연도별 일반 공동주택 및 패시브 공동주택의 연간 난방비용 및 요소기술 시공비용 분포

검토를 거쳐 패시브 공동주택이 안착될 수 있도록 로드맵에 대한 재검토와 직·간접적인 지원방안이 마련될 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 패시브 공동주택의 보급 활성화를 위하여 신뢰성 있는 경제성 평가 자료를 마련코자 하였다. 일반 공동주택 대비 경제성 분석을 위해 2001년 이후 연도별 에너지 절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택 모델들과 패시브 공동주택인 그린홈 모델을 대상으로 난방에너지 소비량 및 경제성 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 연도별 일반 공동주택과 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량 산출 결과, 패시브 공동주택의 연간 난방에너지 소요량은 일반 공동주택 대비 17~36% 수준을 나타내어 난방에너지 소요량이 크게 감소된 것을 알 수 있다.

둘째, 일반 공동주택은 난방에너지 소요량 중 창호에 의한 열손실이 38~54%로 가장 크며, 패시브 공동주택으로 갈수록 단열이 강화되어 환기열손실이 상대적으로 증가하였다. 따라서 향후 패시브 공동주택의 환기부문의 열손실을 줄일 수 있는 대안 마련이 필요한 것으로 평가된다.

셋째, 경제성 평가의 기준이 되는 일반 공동주택의 모델로 단열기준 강화 이전 시점인 2001년 및 2008년 에너지절약 설계기준을 적용한 일반 공동주택 모델이 일반 공동주택의

특성을 잘 반영하는 것으로 평가된다.

넷째, 패시브 공사 관련 시공비용 중 창호 공사 및 벽체 단열공사 비용이 전체비용의 80% 이상을 차지하므로 패시브 공동주택의 경제성 확보를 위해 고효율·고기밀 창호 및 외단열 시스템에 대한 보급형 개발을 통한 가격 경쟁력 향상이 필요하다.

다섯째, 패시브 공동주택에 대한 경제성 분석 결과 일반 공동주택 대비 통상 적격을 적용시 비용회수기간은 각각 17.4년 및 21.3년을 나타내었고 최저 낙찰을 적용시 각각 13.9년 및 17.0년을 나타낸다.

현재 패시브 공동주택의 시공비용이 높은 수준을 유지하고 있는 이유는 패시브 공동주택 시공비의 가장 큰 부분을 차지하는 고단열·고기밀 창호 및 외단열 시스템이 개발 단계로 높은 가격을 유지하고 있기 때문이다. 향후 고단열·고기밀 창호 및 외단열 시스템에 대하여 가격경쟁력이 확보된 시장이 형성될 경우 10년 내외의 비용회수가 가능한 패시브 공동주택이 보급될 것으로 전망된다. 본 연구에서는 패시브 공동주택의 단위세대 난방에너지 부문에 초점을 맞추어 경제성 평가 방안에 대한 연구를 수행하였다. 향후 공동주택 단지 개념에서 패시브 건축공사 관련된 부문에 대하여 경제성 평가를 수행할 필요가 있다. 또한, 주거건물에서 소비되는 총 에너지는 난방 에너지 뿐만 아니라 냉방 및 전력에너지까지 포함되므로 최종적으로는 태양광발전시스템 등 신재생 전력공급시스템을 포함한 경제성 평가가 이루어져야 한다. 이에 대한 후속연구로써 패시브 공동주택단지를 대상으로 태양광

발전과 같은 재생에너지시스템을 설치하는 경우를 포함하여 경제성 평가 방안에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

참고문헌

1. 국토교통부, 2001, 「건축물에너지절약설계기준 고시 제2001-118호」.
2. _____, 2008, 「건축물에너지절약설계기준 고시 제2008-459호」.
3. _____, 2009, 「저탄소 녹색성장을 위한 건축물 온실가스 감축방안」.
4. _____, 2011, 「건축물에너지절약설계기준 고시 제2011-1198호」.
5. _____, 2013, 「건축물에너지절약설계기준 고시 제2013-149호」.
6. _____, 2015, 「2030년 우리나라 온실가스 감축목표」 - 보도자료.
7. _____, 2015, 「녹색건축물 조성지원법」.
8. 국토해양부, 2012, 『기존공동주택 에너지효율등급 인증기준 개발 및 에너지소비 증명서 도입방안 연구』.
9. 박설희 · 이상현 · 박진철 · 이언구 · 조균형, 2014, 「공동주택 운영단계에서 에너지 소비량 실태조사 연구」, 『대한건축학회 논문집(계획계)』.
10. 송승영 · 구보경 · 이병인, 2009, 「정적 열부하 계산법에 의한 열교제거형 외단열 공동주택의 동단위 연간 난방부하 절감효과 분석」, 『대한건축학회 논문집(계획계)』 25(8).
11. 정창현 · 김지영 · 김태연 · 이승복, 2010, 「패시브 하우스와 건물에너지효율등급인증 건물이 특성 비교를 통한 건축물에너지효율등급인증제도 개선점 분석」, 『대한건축학회 논문집(계획계)』, 26(3).
12. 최윤정 · 조재훈, 2013, 「공동주택에서의 냉난방부하를 고려한 창호의 통합 에너지 성능 평

가 계산식 도출」, 『대한건축학회 논문집(계획계)』, 29(12).

13. 통계청, 2008, 『에너지총조사』.
14. _____, 2010, 『주택총조사』.
15. _____, 2015, 『주택건설실적통계』.
16. 한국건설기술연구원, 2012, 『기존공동주택 에너지효율등급 인증기준 개발 및 에너지소비증명서 도입방안 연구』.
17. _____, 2012, 『에너지소비증명제 운영방안 연구』.
18. _____, 2012, 『제로카본 그린홈 준공도서』.
19. 한국물가협회, 2014, 『2014년 11월 종합물가 정보』.
20. AIA, 2007, Version 1, *Integrated Project Delivery: A Guide*.
21. Sieglind K. Fuller, 1995, *Life Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program*.

논문접수일 : 2015년 10월 16일
 심사(수정)일 : 1차 2015년 10월 26일
 2차 2015년 11월 21일
 게재확정일 : 2015년 11월 27일

국문초록

본 연구의 목적은 2017년 패시브 공동주택의 보급 활성화를 위하여 신뢰성 있는 경제성 평가를 위한 기초자료를 제공하는 것이다. 패시브 공동주택의 경제성은 일반 공동주택 기준 난방비용 절감금액에 대한 시공비용 증가금액을 통해 산출된 비용회수기간(Payback Period)으로 평가되었다. 신뢰성 있는 경제성 평가를 위해서는 먼저, 기준이 되는 일반 공동주택에 대한 대표 모델의 선정이 선행되어야 한다. 이에, 2001년 이후 연도별 에너지절약 설계기준을 따르는 일반 공동주택 모델들과 패시브 공동주택인 그린홈 모델을 대상으로 난방에너지 소요량 및 해당 에너지 비용과 관련 요소기술의 시공비용을 산출하였다. 시공비용 산출시 공사비에 영향을 미치는 낙찰율을 고려하였다. 각각의 모델에 대한 부분별 난방에너지 소비 특성 분석 결과, 2001년 및 2008년 에너지절약 설계기준 공동주택 모델의 일반 공동주택의 단열성능을 대표하는 것으로 평가되었다. 따라서, 2001년 및 2008년 에너지절약 설계기준일반 공동주택 모델을 기준으로 통상 적격을 또는 최저 낙찰율을 적용하는 것이 가장 현실성 있는 경제성 평가 방안인 것으로 평가되었다.

주제어 : 제로카본 그린홈, 패시브 공동주택, 비용회수기간, 난방에너지 소요량, 경제성 평가