

그린홈 공동주택의 최적 에너지 공급시스템 설계를 위한 부하 예측 연구

박재완*, 윤종호**, 곽희열***, 이재범****, 신우철*****

*티이에스(mil0516@dju.ac.kr), 한밭대학교 건축공학과(jhyoon@hanbat.ac.kr)
한국에너지기술연구원(hykwak@kier.re.kr),*국립환경과학원 기후변화연구과(gercljb@korea.kr)
*****대전대학교 건축공학과(shinuc@dju.ac.kr)

A Study on Building Energy Demand for Design of Energy System on Green Home Apartment

Park Jae-wan* Yoon, Jong-Ho** Kwak, Hee-Youl*** Lee, Jae-Bum**** Shin, U-Cheul*****

*T.E.S eng(mil0516@dju.ac.kr),
**Dept. of Architecture Engineering, Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr),
***Korea Institute of Energy Research (hykwak@kier.re.kr),
****Climate Change Research Division, National Institute of Environmental Research(gercljb@korea.kr),
*****Dept. of Architectural Engineering,, Daejeon University(shinuc@dju.ac.kr)

Abstract

More than 23% of total nation's energy is consumed by residential building and 57.2% of Korean people are living in apartment. This study was carried out to two kind of process. First, after selecting one standard apartment, our research team investigate realistic energy consumption. Second, using 3-dimension heat transfer tool(TRISCO RADICON) and building energy simulation tool(Visual DOE) As a result, amount of heating and hot-water energy is composed of above 80 percent in standard apartment. And, after applying high performance technologies to standard apartment, namely, after being green home apartment, total energy consumption is reduced by 54.6 percent. Also, because of energy consumption characteristics of green home apartment, for making more high performance green home apartment, especially, we have to figure out effective method to reduce electric and hot water energy.

Keywords : 공동주택(Apartment), 에너지 시스템(Energy system), 그린홈(Green Home),
에너지절약(Energy conservation)

1. 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적

우리나라 건축물 부문에서 소비되는 에너지는 총에너지 소비의 23%를 차지하고 있으며, 이중 54%는 주거용 건물에서 소비되고 있다.¹⁾ 2010년 국가 통계에 따르면 우리나라는 다세대주택, 연립주택, 아파트를 포함한 공동주택 비중이 57.2%를 차지하고 있으며, 향후 공동주택의 비중은 지속적으로 높아질 전망이다.²⁾ 이러한 주택산업 추세와 산업 분야별 에너지 소비량 등을 감안한다면, 건축부문에서 소비되는 에너지를 효율적으로 절감하기 위해서는 공동주택을 중심으로 한 에너지절약 기술 개발과 신재생에너지 적용이 선행되어야 할 것이다. 하지만 초고층 건물이나 대단위 아파트단지 내에서의 신재생에너지 도입은 그 한계가 있는 것이 현실이다.

선진국의 주거용 건물에 대한 에너지 절약 정책 및 동향을 살펴보면 영국은 2016년부터 신축주택을 제로카본주택으로 건립하겠다는 선언을 하였으며, 그 프로젝트의 일환으로 2006년 에너지기후부(Department of Energy and Climate Change)에서 소규모 저탄소 주택단지에 태양열/지열 하이브리드 시스템이 적용된 사례가 있다. 또한 나머지 EU국에서도 2019년부터 모든 신축건물을 제로카본 건물로 하겠다는 협의가 이루어졌으며, 관련 기술에 대한 연구가 꾸준히 수행되고 있다.

국내 연구동향을 살펴보면 김 등³⁾이 에너지시뮬레이션을 통해 에너지저감형 공동주택의 설계요소에 대한 프로타임을 제안한 바 있으나 공동주택 중 1세대를 중심으로 연구가 수행되었으며, 장 등⁴⁾은 제로에너지 건물의 신재생에너지 도입에 관한 효과를 검증하였으나, 단독주택에 한정되어 있다.

이에 본 연구에서는 공동주택에 신재생에너지 도입을 위한 기초 연구로 그린홈으로 계

획된 실증 공동주택을 대상으로 부분별 에너지소비량 및 특성을 파악하여, 신재생에너지 최적 공급 방안을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구 내용 및 방법

본 연구의 내용과 단계별 수행방법은 다음과 같다.

첫째, 최종설계안의 그린홈 적용기술에 대한 평가는 이미 설계안 작성 시 피드백이 되었기 때문에 연구범위에서 제외시켰다. 둘째, 신재생에너지 적용을 위한 부하량 산정을 위해 공동주택의 에너지 사용량에 대한 문헌조사 자료를 검토하여 시뮬레이션 분석의 기본 입력 자료로 활용하였다. 셋째, 시뮬레이션 분석과 건물의 에너지 사용량에서 큰 차이가 나타날 수 있는 상당열관류율에 대한 비교분석을 실시하였다. 넷째, 이들 자료를 기반으로 한 시뮬레이션 분석을 통해 그린홈 공동주택에 소비되는 부분별 에너지소비량을 예측하고, 그린홈 공동주택을 위한 신재생에너지 용량 산정 및 설계를 위한 기초데이터를 제시하였다.

2. 그린홈의 공동주택의 설계

2.1 그린홈의 정의

일반적으로 그린홈(Green Home)이란, 태양광, 태양열, 지열 등 신재생에너지를 도입하고, 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 최대한 억제하여 온실가스 및 공기오염물질의 배출을 최소화하는 저에너지 친환경주택⁵⁾을 말한다.

2.2 실증 공동주택의 건축 및 일반현황

Table 1과 Fig 1은 그린홈 공동주택 연구를 위한 실증주택의 건축개요를 나타낸 것이다.

Table 1. Architectural overview of Green Home Test-bed

개 요	대지위치	경기도 고양시 일산 서구	
	용도	교육연구시설	
	대지면적	41,348	m ²
	건축면적	338.3	m ²
	연면적	2,235.09	m ²
	규모	지상8층	
	구조	RC+철골조	
	최고높이	27.42	m
	세대수	16세대	

총면적은 2,235m²에 지하층이 없는 지상 8층으로, 1층과 2층은 기계실, 홍보실, 모니터링실로 구성되어 있고, 나머지 6개 층은 개별 세대로 설계되었다. 세대 구성을 보면 원룸형 (49.5m², 56.1m²) 5세대, 82.5m² 6세대, 112.2m² 4세대로 총 16세대가 계획되어 있다.

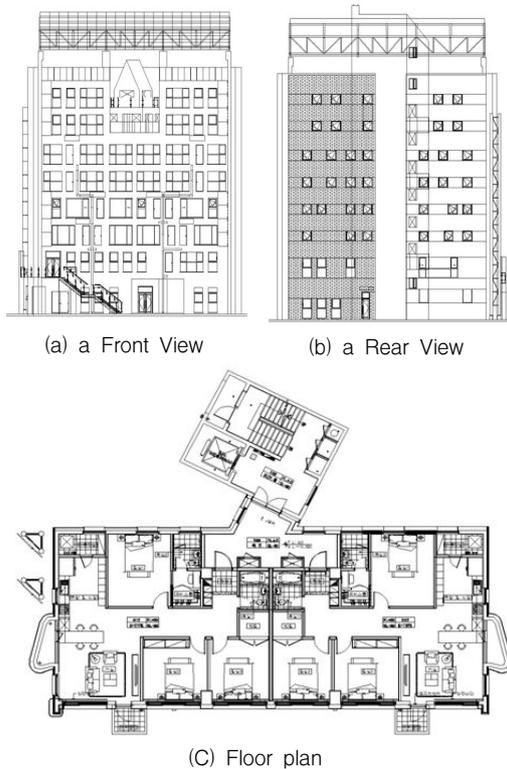


Fig 1. Green Home Test-bed Architectural Planning

3. 실증 공동주택의 전기 및 급탕에너지 사용량 분석

3.1 기존 자료 고찰

(1) 전기 사용량 조사

Fig 2는 에너지경제연구원에서 발표한 에너지통계연보⁽⁶⁾의 7년 동안의 평균가구당 전력소비량을 나타낸 것이다. 가구당 연간 전력소비량은 3,559kWh로 이를 월별로 살펴보면 냉난방을 하지 않는 5월은 280kWh이고, 냉방기간인 7월과 8월은 324kWh와 316kWh로 기저부하인 5월 대비 44kWh와 36kWh를 더 소비하는 것으로 나타났다. 이는 하절기 냉방을 위한 소비량으로 조사되었으며, 특히 난방기간인 11월부터 3월까지의 전력소비량이 중간기에 비해 높게 나타나는 것은 난방을 위한 보조에너지(난방순환펌프, 보일러 작동 전력)와 개별 전열기구에 의한 부분 난방에 사용된 것으로 조사되었다.



Fig 2. Monthly energy consumption for normal house

(2) 급탕사용량 조사

급탕사용량은 정⁽⁷⁾의 일산지구에 위치한 아파트 실측 급탕사용량 논문을 바탕으로 평형별 사용량을 분석하였다. 세대 당 일일 급탕사용량은 112.2m² 세대가 259ℓ, 82.5m² 세대가 248ℓ, 원룸형이 128ℓ인 것으로 조사되었다. Fig 2는 월별 급탕사용비율을 나타낸 것으로 1월의 급탕사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 하절기 8월의 급탕사용 비율은 1월 대비 37%로 가장 적은 것으로 나타났다.

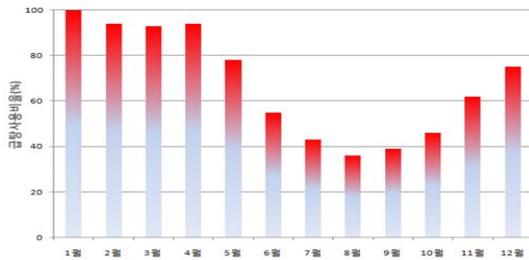


Fig 3. Monthly hot water consumption for normal house

3.2 실증주택의 전기, 급탕소비량 분석

본고에서 조사된 전력사용량을 조명과 플러그 부하를 분리하기 위해 전력거래소 ‘2009년도 가전기기 보급률 및 가정용 전력소비행태 조사’ 보고서⁸⁾의 내용과 본고에서 조사된 전력사용량을 비교 분석하였다. 그 결과 전력거래보고와 본고에서 분석된 전력사용량은 15.6%의 전력차이를 보이고 있으며, 대부분 야간 시간대에 차이가 큰 것으로 나타나, 이를 전력거래보고서에 포함되지 않은 조명사용량으로 가정하였다.

Fig 4는 시간대별 사용량을 나타낸 것으로 조명은 대부분 출근준비가 이루어지는 아침 시간대와 퇴근 후 휴식을 취하는 저녁시간대에 소비되는 것으로 나타났다. 또한 전력소비가 많은 시간대는 19시부터 23시까지인 것으로 분석되었으며, 특히 거주자가 활동하지 않는 3시부터 5시에서도 약 11W 정도의 기저부하가 발생하는 것으로 조사되었다.

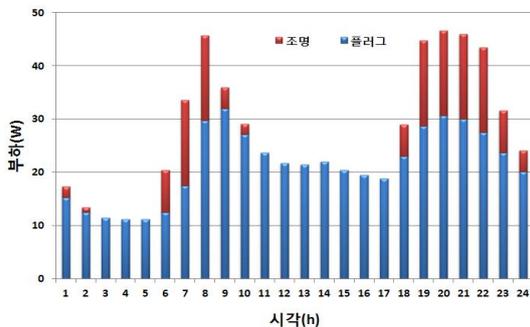


Fig 4. Hourly electricity consumption for normal house

분석결과 주택의 조명 및 플러그 부하 평균 원단위는 42.1kWh/m²·yr로 조사되었으나, 주택의 면적에 따라 소비 원단위 비율은 다르게 나타났다. 이에 실증공동 주택의 조명과 플러그 부하는 원룸형 53.4kWh/m²·yr, 82.5m² 50.3kWh/m²·y, 112.2m² 32.8kWh/m²·y를 기준으로 면적대비 소비총량을 추산하였고, 급탕부하는 본고에서 조사된 급탕사용량과 기상청에서 제공하는 일산지역의 지중 1m 월별 평균온도 그리고 건축물의 에너지절약 설계기준에서 명시된 급탕공급온도 55℃를 기준으로 산출하였다. Table 3은 위의 결과를 바탕으로 실증공동주택에서 사용되는 전력과 급탕사용량을 추산한 것이다.

Table 3. Prediction of Green Home Test-bed energy consumption

구분	플러그 소비량 (kWh)	조명 소비량 (kWh)	급탕 부하량 (kWh)	총 소비량 (kWh)
원룸형 (49.5, 56.1m ²)	2,528	467	1,259	4,254
82.5m ²	2,808	519	3,070	6,397
112.2m ²	3,104	574	3,183	6,861

4. 실증 공동주택의 에너지 성능해석

4.1 실증주택 해석 모델링 수립

시뮬레이션 모델링 수립을 위한 해석도구는 Visual DOE 4.0⁹⁾을 사용하였다. Table 4는 시뮬레이션에 필요한 제어 조건을 나타낸 것이다.

Table 4 Control Condition for Input Data

난방설정온도	24℃
냉방설정온도	26℃
난방기간	1~4월, 11~12월(6개월)
냉방기간	6~9(4개월)
환기	0.4회/h

냉난방 기간의 설정온도는 난방이 24℃, 냉

방이 26℃이며, 난방기간은 1~4월, 11~12월(6개월), 냉방기간은 6~9월(4개월)로 5월과 10월은 중간기 비·냉난방 기간으로 설정하였다. Fig 5는 실증주택의 도면을 기반으로 시뮬레이션 모델링을 구성한 것이다.

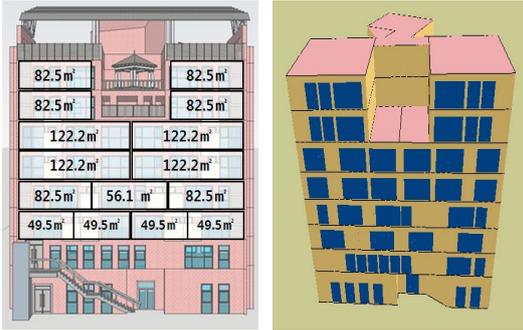


Fig 5. Green Home Test-bed Simulation Modeling

홍보실과 실증주택의 모니터링을 위해 사용되는 2층 82.5㎡면적 1세대는 시뮬레이션 범위에서 제외시켰다. 분석을 위한 기상자료는 한국태양에너지학회에서 제공하는 서울 지역의 대한민국표준기상데이터¹⁰⁾를 활용하였고, 플러그, 조명, 급탕 등에 대한 자료는 본고에서 조사된 내용을 기반으로 연간 에너지 총 사용량에 대한 시뮬레이션 분석을 실시하였다.

Table 5는 일반주택과 그린홈 주택의 에너지 소비패턴을 비교 분석하기 위해 ‘2011년 건축물 단열기준’과 그린홈 적용기술을 비교하여 나타낸 것이다.

Table 5 Application Technology of Green Home Test-bed

구분	일반건축	그린홈	비고
외벽	0.36	동(0.32), 서(0.3) 남(0.15), 북(0.19)	W/m²K
지붕	0.20	0.19	W/m²K
층간 바닥	0.81	0.32	W/m²K
창호	U-value: 2.1, SHGC: 0.72	U-value:1.284, SHGC:0.25	W/m²K
침기	0.1회/h이하	0.03회/h이하	

에너지절약을 위한 그린홈 적용기술은 외벽의 단열강화와 고효율 창호기술을 적용하였으며, 특히 침기에 의한 열손실을 방지하기 위한 고기밀 시공이 주요한 요소기술이라 할 수 있다.

4.3 에너지 분석을 위한 상당열관류율 해석

에너지절약을 위해 제시하는 건축물의 단열성능으로만 건물의 에너지 소비량을 분석할 경우 구조체의 접합부, 외벽의 굴곡에 이어지는 우각부 등에서 발생하는 단열성능 저하를 고려할 수 없게 된다.¹¹⁾ 이에 3차원 열전달해석을 위한 P사의 TRISCO RADCON을 사용하여 제시된 단열기준과 실제 시공 및 건물의 형상 등에서 건축물의 단열성능에 영향을 줄 수 있는 부위들을 조사하여 Fig 6과 같이 그린홈 공동주택의 외피 구조체에 대한 각 방위별 외벽의 상당열관류율을 계산하였다.

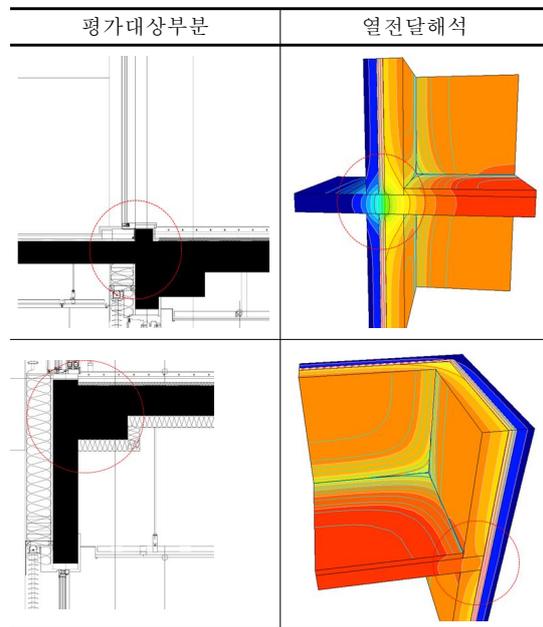


Fig 6. 3D Heat transfer Analysis for Green Home Test-bed

다음 Table 6은 부위별 상당열관류율의 해

석결과를 방위별로 나타낸 것이다.

Table 6. Green Home Test-bed Equivalent U-value

구분	설계기준		상당열관류율		비고
	일반건축	그린홈	일반건축	그린홈	
외벽	0.36	동(0.32) 서(0.3) 남(0.15), 북(0.19)	0.52	동(0.45) 서(0.42) 남(0.22) 북(0.24)	W/m ² K

4.4 에너지 소비량 비교 분석

Fig 7은 설계기준과 상당열관류율 결과를 기준으로 에너지 사용량을 분석한 것이다. 분석결과 기준설계기준을 적용한 경우 일반주택기준과 그린홈 적용기준 모두 에너지 사용량이 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 난방에너지의 경우 일반주택은 44%가 증가하고, 그린홈은 74%까지의 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같이 시뮬레이션 분석 시 현장시공에서 나타날 수 있는 열교부위에 대한 고려를 하지 않는 경우 분석결과에 큰 차이를 보일 수 있을 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 상당열관류율의 분석결과를 토대로 시뮬레이션을 실시하였다.

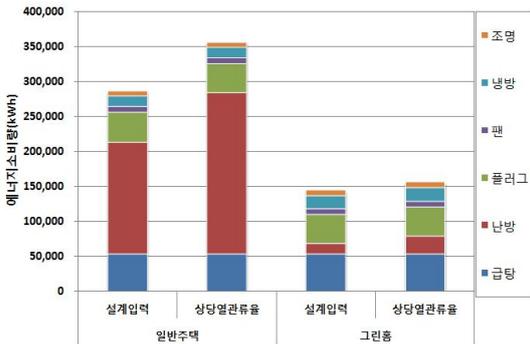


Fig 7 Standard and equivalent U-value compared energy consumption

Fig 8은 대상주택을 일반 주택 기준으로 분석한 용도별 에너지 소비량을 나타낸 것이다.

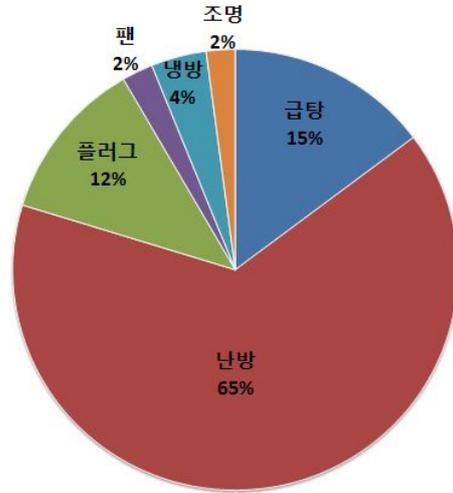


Fig 8. Element energy consumption of Normal Home

일반주택 기준 15세대의 총에너지 사용량은 355,340kWh로 그 중 난방에너지 사용비중이 65%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 급탕 15%, 플러그 12%, 냉방 4%, 팬 2%, 조명 2% 순인 것으로 분석되었다. 이를 열원 종류별로 분류하면, 열에너지에 해당하는 급탕과 난방의 비중이 79%를 차지하고 있고, 전기에너지 사용비중은 26%로 일반주택의 경우 열에너지 사용비중이 현저하게 높은 것을 알 수 있다. Fig 9은 그린홈 공동주택의 분석결과를 나타낸 것이다.



Fig 9. Element energy consumption of Green Home Test-bed

총에너지 사용량은 154,918kWh 일반주택 대비 56.4%가 절감되는 것으로 나타났다. 이를 용도별 사용량으로 살펴보면 급탕에너지사용량이 가장 많은 34%를 차지하고 있으며, 플러그 27%, 냉방 13%, 난방 16%, 팬 5%, 조명 5%의 순으로 나타났다. 위의 결과를 에너지원별로 비교하면, 급탕과 난방의 열에너지비중은 50%로 일반주택 대비 30% 감소하였고, 상대적으로 전기에너지 사용비중이 50%로 증가하였다. 이는 그린홈을 위한 에너지 절약 기술이 적용될 경우 기존 주택에 비해 난방에너지 사용량이 감소하는 반면, 냉방에 의한 전기에너지 사용량이 높아지기 때문인 것으로 사료된다. 또한 전체에너지 소비량이 감소하면서 절약기술에 영향을 미치지 않는 급탕, 플러그 등의 에너지 비중이 상대적으로 높아지는 것을 알 수 있다. 이러한 연구 결과를 종합해 볼 때 그린홈 공동주택을 위한 신재생에너지는 연중 발생하는 전기에너지와 급탕부하를 감소할 수 있는 기술도입이 선행 되어야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 공동주택의 에너지사용량에 대한 문헌조사를 기반으로 공동주택의 에너지사용실태를 조사하고, 이를 활용하여 신재생에너지 최적공급방안을 위한 에너지소비형태 및 구조를 파악하였다. 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 시뮬레이션 분석 시 구조체의 접합부, 외벽의 굴곡으로 이어지는 우각부 등에서 발생하는 열교현상을 고려하지 않는 경우 난방에너지 사용량이 일반주택에서는 44%, 그린홈 주택에서는 74%까지 차이를 보이는 것으로 나타났다.

둘째, 기존 공동주택의 에너지 사용패턴을 분석한 결과 난방과 급탕 부하가 총에너지 부하의 80%차지하고 있어 에너지 소비의 대부

분이 열에너지가 중심이 되는 것을 알 수 있다. 또한 그린홈을 위한 에너지 절감 기술적용 시 총에너지 사용량은 54.6% 감소하는 것으로 나타났다.

셋째, 그린홈 요소기술 적용 시 대부분의 에너지절감이 열에너지에 해당하는 난방에너지에서 감소하고 있으며, 이에 따른 전기에너지 사용비중이 기존 20%에서 50%까지 증가하는 것으로 나타났다. 또한 플러그, 조명, 급탕 등 연중 소비되는 에너지 비중이 상대적으로 커지는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 그린홈 공동주택에서는 일반 주택과 같은 난방 중심이 아닌 전기와 급탕을 위한 신재생에너지 도입이 우선적으로 고려되어야 하는 것을 의미한다.

이와 같은 본고의 내용을 바탕으로 중소형 그린홈 공동주택에 적용 가능한 에너지 시스템 설계 및 용량산정에 대한 연구가 후속적으로 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 연구는 산업기술연구회의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : NP2009-010)

References

1. Dong-Woo Cho, Development of Zero Carbon Green-home, International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol 39, No, 12, pp. 68-75, 2010
2. Ministry of Construction and Transportation (2011),
3. Jung-Eun, Kim, Analytic Study on the Design Element for Energy Conservative Green-home Prototyping, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol, 11, No 4, pp. 63-70, 2011
4. Ho-Jin Jang, A Study on the Energy

- Efficiency Evaluation of Zero Energy Building, Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building System, Vol4, No3, pp. 149-156, 2010
5. Green home homepage, <http://greenhome.kemco.or.kr>
 6. Korea Energy Economics Institute, Yearbook of Energy Statistics, 2005 - 2011
 7. Bung-Ho Jang, A Study on the Characteristics of Usang Hot Water Heating in Apartment Housing with District Heating System, Seoul National University of Science and Technology, 2006
 8. Korea Power Exchange, 2009 Home Equipment Supply Ration & Home Electricity Consumption Surveys, 2009
 9. Architectural Energy Corporation, Visual DOE user manual, 2004
 10. The Korea Solar Energy, Hourly-based Weather Data in Seoul, <http://www.kses.re.kr>
 11. Dong-Soo Kim, Evaluation of Insulation Performance and the Cooling-Heating Load of an Apartment Building Using Equivalent U-value, Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol 11 No, 21, pp. 11-16, 2011