

농촌 노후주택 정비를 위한 건물에너지 분석

Analysis of House Energy for Remodeling Rural House

박미정* 김정국*** 신민지**** 오수민***** 남해경***** 유지황***** 김은자** 임창수*
 Park, Mee-Jeong Kim, Jeong-gook Shin, Min-Ji Oh, Su-Min Nam, He-Kyeong Yoo, Ji-Hwang Kim, Eun-Ja Lim, Chang-Su

Abstract

The increase in housing energy costs due to deteriorated rural house is directly related to the quality of life of rural residents, which is fundamental challenge for the government. In this study, we analyzed the current energy performance and the effect of housing energy efficiency improvement after remodeling of the four rural houses over 20 years old considering the rural housing type. As the result, the heating energy requirements of the unit surface is very high, and the effect was predicted to vary by housing after improved thermal insulation. This means that the cost of housing energy will be utilized as a target selection criterion or post-effect for the rural house remodeling project. In addition, the energy performance was analyze for the compact houses, which are in demand, mainly for young rural immigrants. As the result, the energy performance is very efficient.

주요어 : 농촌주택, 건물 에너지, 에너지 효율, 소형주택

Keywords : Rural House, House Energy, Energy Efficiency, Compact House

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2015년 농업총조사에 의하면 농·어가 108만호 중 1989년 이전에 지어진 주택에 거주하는 가구가 42만호에 달하며 건물에너지 효율이 낮은 단독주택이 83%를 차지하는 등 농촌의 주거 환경은 굉장히 열악하다. 오늘날 폭염, 강추위 등 이상기상은 날로 심해지고 있고 이에 따라 주택 연료비 지출도 점점 증가하고 있다. 노후 주택일수록 에너지효율이 낮은 난방설비와 저효율의 난방연료를 이용하므로 경제적 부담뿐만 아니라 노후화된 시설로 인해 주거안전의 위협을 받고 있다.

우리나라의 아파트 중심 주택정책에 의해 아파트는 제도화된 공급 시스템에 따라 중대형 건설회사에 의해 건설되므로 주택 성능이 크게 향상되어 왔으며 일정 수준 이상의 품질이 보장되어 있으나 개별 필지에 개인 건축주의 의뢰로 개별 설계자와 시공자에 의해 지어지는 단독주택은 체계적인 공급시스템이 없어 균일한 품질을 보장할 수 없을 뿐만 아니라 농촌 단독주택의 경우는 대부분 건축사가 아닌 무자격 비전문가에 의해 지어진 경우가 대부분으로 성능이 열악한 실정이다(성은영과 오성훈, 2016)¹⁾.

농촌주택의 경우 슬라브 지붕 위 복사열을 피하기 위한 강판을 지붕 위에 덧씌우거나 박공지붕을 얻는 등 다양한 형태의 개보수가 이루어지고 있고 오래된 한옥의 경우 단열 보강을 위해 처마 부분에 가벽을 설치하는 등 다양한 방식으로 보수 보강이 이루어지고 있으나 정확한 진단이 이루어지지 않은 채로 보수보강이 진행되다 보니 효과가 미진하고 농촌의 경관을 저해하는 요인으로도 작용하고 있어 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

이처럼 주택의 노후로 인한 건물에너지 효율 저하는 농촌 주민 삶의 질과 직결될 뿐만 아니라 농촌 공간 가치 형성과도 연결되므로 매력있는 농촌을 조성하기 위해 정부가 해결해야 할 가장 기본적인 과제라 할 수 있다.

농촌 건축물의 에너지효율 개선과 관련된 기존 연구는 농촌 주택표준설계도 에너지 효율성 분석(승호준, 2016²⁾; 박미란 외, 2017³⁾), 농촌주택 리모델링을 위한 패시브 요소의 에너지 개선 효과 분석(류연수 외, 2013⁴⁾), 농촌마을회관 에너지 성능 분석 연구(박미란 외, 2018⁵⁾)가 진행된 바 있다.

따라서 본 연구에서는 농촌노후주택의 체계적인 개선지원사업을 위해 에너지 진단의 필요성을 검토하고자 20년 이상이 지난 농촌주택의 일반적인 유형을 고려하여 대상 주택을 시범적으로 선정하여 기본적 에너지 기능을 점검하고 건물에너지 분석과 개보수사업으로 인한 에너지 절감 효과 분석을 수행하였다. 또한

* 농촌진흥청 국립농업과학원, 농업연구사

** 농촌진흥청 국립농업과학원, 농업연구관

*** 한국에너지재단기술원, 책임연구원

**** 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연구원

(Corresponding author : National Institute of Agricultural Science, RDA, misminjij@gmail.com)

***** 전북대학교 대학원

***** 전북대학교 건축공학과 교수

***** 팜프라, 대표

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ01320302)의 지원에 의해 이루어진 것임

1) 성은영·오성훈, 소규모 주택 건축 활성화를 위한 안심 집짓기 정책방안, AURIC, 2016

2) 승호준, 건물에너지절약과 경제성을 고려한 농촌주택 표준모델의 최적설계 요소 평가, 동아대학교 석사학위논문, 2016

3) 박미란·류연수·최정만·서혜원, 농촌주택표준설계도 에너지 효율등급평가 및 설계변수에 따른 에너지소요량변화에 관한 연구, 한국농촌건축학회 논문집, 2017, 19(2), pp.9-16

4) 류연수 외, 에너지성능 개선을 위한 농어촌주택의 리모델링에 관한 연구, 농어촌연구원, 2013

5) 박미란·최정만·이정훈, 농촌마을회관 제로에너지 건축물 구축을 위한 에너지 성능 분석 연구, 한국농촌건축학회논문집, 2018, 20(4), pp.1-8

이 외에도 1인 가구 증가로 인해 주거비 부담 해소와 효율적인 공간 활용이 가능한 1인용 소형주택에 대한 수요가 늘면서(백혜선 외, 2016)⁶⁾ 최근 농촌으로 이주를 희망하는 젊은 층을 중심으로 수요가 생겨나고 있는 1인용 소형주택에 대해서도 시범적으로 건물 에너지 성능 분석을 수행해 보았다. 이러한 농촌주택의 건물에너지 분석과 노후주택 개보수에 따른 경제성 효과 분석 결과는 농촌주택정비사업의 기초적인 자료로 활용될 수 있을 것이며 더 나아가 연구결과를 바탕으로 농촌주택개발사업에 에너지 효율을 고려한 주택 개보수 프로그램을 도입한다면 에너지 컨설팅을 담당하는 전문 컨설턴트부터 기능공, 설치기사 등 농촌에 새로운 일자리를 창출하는 고용효과도 볼 수 있을 것이다.

1.2 선행연구 고찰

(1) 농촌주택개발사업

농촌의 주택개발사업은 개량자금에 대한 융자 지원과 정비사업으로 구분할 수 있으며 봉사단체의 집고쳐주기 사업도 추진되고 있다. 농림축산식품부의 노후불량주택개발사업은 본인 소유의 노후 불량주택을 개량하고자 하는 농촌주민, 또는 무주택자, 농촌지역으로 이주하려는 자에게 단독주택의 신축, 증축, 재축, 개축, 대수선, 리모델링을 위한 융자를 지원하는 사업으로 매년 5000억원의 예산으로 약 1만동의 노후주택 수리를 지원하고 있다⁷⁾. 이 외에도 환경부의 석면슬레이트 철거지원사업, 행자부의 에너지효율화사업, 다습동지재단의 집고쳐주기 사업이 있으며 마을의 경관개선을 위한 담장정비, 지붕 정비사업은 마을단위의 사업과 연계되어 추진되고 있다.

김강섭(2012)⁸⁾은 농촌주택의 질적 개선과 정주환경 개선을 위해 농촌주택에 대한 정확한 실태조사와 에너지성능평가가 선행되어야 한다고 지적한 바 있으며 변혜선(2015)⁹⁾은 농촌주택개발사업에 대한 주민들의 이해도가 부족할 뿐만 아니라 주택개보수에 대한 정보 부족 등으로 사업 효과가 지속성을 가지기 어려운 현실을 지적하고 올바른 주택개보수에 대한 정보 구축과 교육이 필요함을 언급하였다.

노후주택 개보수 지원에 대한 평가를 위해 단열성능을 테스트함으로써 개선 효과에 대한 근거를 제시할 수 있으며, 가장 효율적인 순위를 결정하는 등 효율적인 사업 추진과 성과분석이 가능하다. 따라서 국내에서도 에너지복지 정책에 미국의 WAP모델 등 선진국이 시행하고 있는 에너지진단과정을 추가하려는 연구와 정책 시도가 이루어지고 있다(김정화, 2015¹⁰⁾; 김정국 외, 2015¹¹⁾; 김현경 외, 2015¹²⁾).

노후주택의 올바른 개보수는 주택의 기밀성능 개선, 에너지

절감 효과 등으로 인한 난방비용 절감뿐만 아니라 쾌적하지 않은 환경으로 발생하는 알레르기, 만성 비염, 관절 질환 등의 치료를 위해 드는 의료비용 저감효과까지 있는 것으로 평가된 바 있다(김준경 외, 2011)¹³⁾

농촌지역의 노후주택은 계속적으로 증가하는 상황이고, 누수, 균열, 습기, 단열 등과 같은 주택에너지 문제 뿐만 아니라 거주자의 건강 등 삶의 질 저하와 직결되는 문제이기 때문에 농촌 주민의 삶의 질 향상을 위해 노후주택의 올바른 개보수를 위한 정책과 연구가 시급한 상황이다.

(2) 단독주택의 건물에너지

주택에너지조사¹⁴⁾에 따르면 총 주택의 에너지원은 가스류 56.3%, 전력 24.3%, 석유류 10.7%, 연탄 1.8%인데 반해 단독주택의 경우 가스류 40.8%, 석유류 27.3%, 전력 26.2%, 연탄 5.6%로 열효율이 낮은 석유류, 연탄이 비교적 높은 것을 알 수 있다. 이는 연평균에너지소비량으로 나타난다. 단독주택의 경우 11,212kcal로 아파트, 연립주택, 다세대 주택 등 모든 주택 유형 중에서 가장 낮은 것으로 나타났다.

김정화(2015)는 저소득층 단독주택 난방에너지 기준 목표치를 설정하고자 2013년에 진행된 저소득층 에너지효율 개선사업의 대상주택 3,061가구의 현장실사자료를 분석하여 표준모델을 개발하였다. 저소득층 단독주택 표준모델<Fig. 1>은 방 2개, 주방, 거실, 욕실이 있는 면적 44.52m²의 장방형 평면 형태로 창면적비는 동쪽 10.8%, 서쪽 2.5%, 남쪽 24.8%, 북쪽 18.6%이며, 평균 창장고는 2.3 m로 단위면적당 난방에너지 소요량이 279.42kWh/m²yr이다(김정국 외, 2016)¹⁵⁾.

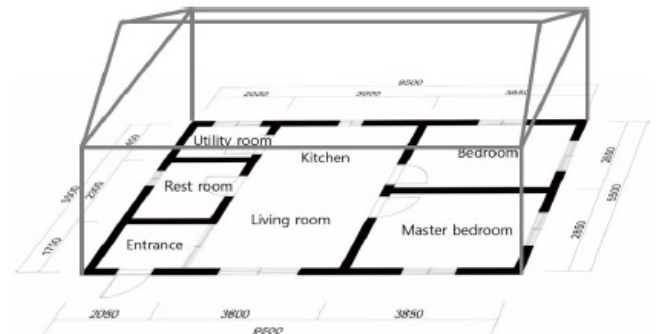


Fig 1. Low-income detached house baseline model(김정국 외, 2016)

1.3 연구 범위 및 방법

(1) 연구 범위

본 연구는 농촌 단독주택 가구를 대상으로 에너지 성능을 평가하고 개선방법에 따른 에너지절감효과를 산출하고자 현장실사를 수행하였다. 현장실사는 충남 홍성군의 총 5가구를 대상으로 주택 준공년도, 벽체 구조, 지붕유형, 평면형태, 향, 바닥면적, 외피면적, 벽체 두께, 창호 종류를 조사하였다. 주택의 구분

13) 김준경 외, 경기도 주택 에너지 합리화 사업 타당성 검토 및 정책방향 연구, 정책연구, 2011, pp.1-116

14) 에너지총조사보고서, 2017

15) 김정국 외 5인, 저소득층 에너지효율개선사업에 따른 난방에너지 절감 효과 및 경제성 분석, 한국생태환경건축학회논문집, 2016, 16(5), pp.39-45

6) 백혜선, 이영환, 이병관, 콤팩트 주택 개발 방안 연구, LH토지구획연구원, 2016

7) 농림축산식품부 설명자료, 2018.5.21

8) 김강섭, 농어촌 전주환경 변화와 농어촌주택 정책방안, 국토, 2012(4), pp.40-47

9) 변혜선, 충북 농촌마을 주택관리 개선방안 모색, 충북발전연구원, 2015

10) 김정화, 저소득층 단독주택 난방에너지 기준 및 개선모델 개발 연구, 과학기술연합대학원대학교 석사학위논문, 2015

11) 김정국 외 4인, 국내의 저소득층을 위한 에너지복지 프로그램 비교 연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2015, pp.404-407

12) 김현경 외, 저소득층 에너지효율개선사업 체계화 방안, 한국보건사회연구원, 2015

은 30년이상 노후화된 주택 4가지 형태와 1인가구 소형주택으로 구분하였다.

(2) 연구 방법

본 연구의 에너지 성능 분석은 국제규격으로 통용되는 ISO 13790 기준으로¹⁶⁾ 단위면적당 난방에너지요구량을 계산하였으며, 에너지성능 분석에 사용된 시뮬레이션 프로그램은 ‘한국에너지기술연구원’에서 ISO 13790 로직을 사용하여 개발한 ECO-HOUSE(한국에너지 재단 저소득층 에너지 효율개선 사업 공식 툴 사용)를 사용하여 분석하였다.

Table 1. House Energy Efficiency of house baseline model

분류	저소득층 표준주택 ¹⁾
일사열취득에 의한 온도상승(°C) ²⁾	6.10
벽체열관류율(W/m ² K) ³⁾	1.05
창호열관류율(W/m ² K) ⁴⁾	4.46
환기횟수(ACH50/20) ⁵⁾	1.0
가변난방도일(°C·day) ⁶⁾	1.148.70
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr) ⁷⁾	279.42

- 1) 저소득층 단독주택 표준모델(김정화, 2015)의 에너지 성능
- 2) 외피를 통해서 실내로 침입하는 일사 열량
- 3) 벽체 단위 표면적을 통해 단위시간에 유체로 전해지는 열량
- 4) 창호 단위 표면적을 통해 단위시간에 유체로 전해지는 열량
- 5) 단위시간, 실내용적당 공기의 유입 또는 배출 횟수
- 6) 균형점온도와 난방도일을 산정한 기간열부하
- 7) 실내온도유지를 위해 필요한 에너지

<Table 1>과 같이 저소득층 단독주택 표준모델(Baseline)의 에너지성능을 정량적인 목표치로 하여 개선효과를 산출하였다. 식(1)은 열관류율 산정식이다.¹⁷⁾

$$\begin{aligned}
 \text{열관류율 } U(W/m^2K) &= \frac{1}{\text{열저항 } R(m^2k/W)} \\
 &= \frac{\text{열전도율 } \lambda(W/mk)}{\text{두께 } t(m)}
 \end{aligned}$$

$$\text{열전도율 } \lambda(W/mk) = \frac{\text{두께 } t(m)}{\text{열저항 } R(m^2k/W)}$$

$$\text{열저항 } R(m^2k/W) = Ri + \frac{t1}{\lambda1} + \frac{t2}{\lambda2} + \frac{t3}{\lambda3} + \dots + \frac{tn}{\lambda n} + Ro$$

- Ri : 실내표면열전달저항(m²k/W)
 - Ro : 실외표면열전달저항(m²k/W)
 - λ : 재료의열전도율(W/mk)
 - t : 재료의두께(m)
- (1)

16) ISO 13790 난방에너지 계산이론이란 국제 규격으로 통용되는 월간 계산법으로 건물에서의 외피 열손실, 환기 및 잠기 열손실, 내부발열, 일사열획득을 고려하여 건물의 에너지성능을 평가한다.

17) ISO 9869-1:2014 기준, Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance -- Part 1: Heat flow meter method

식(2)는 단일 건물 기밀성 측정 방법 및 환기횟수 산정식이다.¹⁸⁾

$$\begin{aligned}
 ACH50 &= \frac{CFM50}{\text{건물실체적}(ft^3)} \\
 ACH50/20 &= \frac{ACH50}{N} \\
 ACH50 : 50Pa \text{ 일 때 환기회수(회/h)} & \text{------(2)}
 \end{aligned}$$

(3) 에너지 성능 측정 장비

대상 주택 벽체에 대한 에너지 성능 정밀진단은 현장에서 측정된 데이터가 준 정상 상태를 보일 경우, 비교적 신뢰성이 높은 결과를 얻을 수 있는 현장 측정 진단법(정밀진단)을 사용하였다. 단일의 건물 기밀성 측정 정밀진단은 벽체의 U-value 측정으로 U-Value Measurements with the gSKIN® U-Value Kit 장비를 사용하였다. 기밀성 측정은 Minneapolis Blower Door™ System(with DG-700) 장비를 사용하여 측정하였다. 기밀성 측정장비의 측정범위 300에서 6300(CFM)까지 측정이 가능하다<Fig 2>.

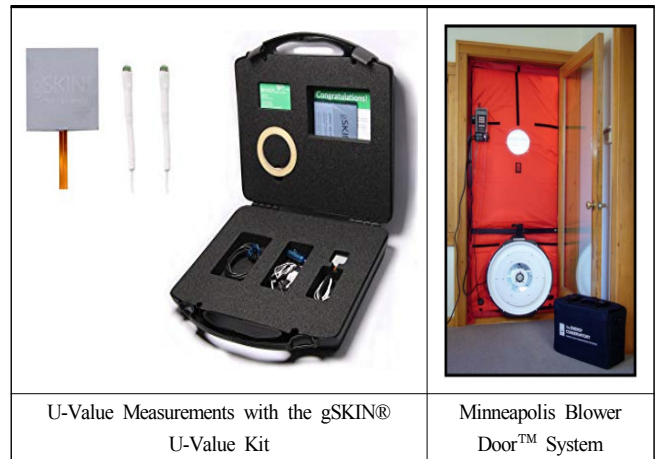


Fig 2. Performance measuring equipment

2. 농촌주택 건물에너지 분석

2.1 노후 주택

(1) 슬라브지붕, 시멘트벽돌조 주택

본 주택은 1991년에 준공되어진 지상 1층의 단독주택이며 건물의 향은 북향, 건축면적은 71.16m², 층고 2.38m, 벽두께 220 mm이며 평면형태는 장방형으로 Fig. 3과 같다.

대상주택의 정밀진단 결과, 벽체 열관류율은 저소득층 표준주택 대비 약 9.52% 창호 열관류율은 30.49% 낮다. 기밀성 측정결과 대상가구는 시간당 1.3회의 환기가 이루어지고, 저소득

18) ASTM E779 Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization 와 KS L ISO 9972:2006 단일-건물 기밀성 측정-팬가압법 기준을 따른다.

층 표준주택은 1.0회의 환기가 이루어진다. 외피의 단열성능은 대상가구의 약 20.01% 높지만 기밀성능이 약 30.00% 낮은 것으로 나타났다<Table 2>.

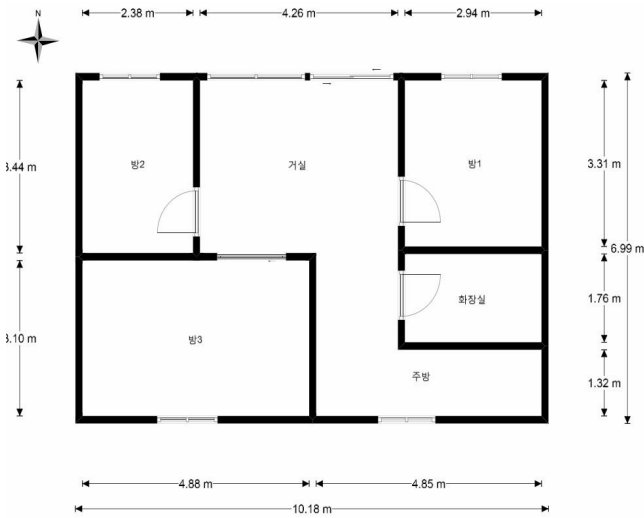


Fig 3. Floor Plan of House 1

Table 2. House Energy analysis of House 1

분류	현재
일사열취득에 의한 온도상승 창면적비 : 16.50%	5.70
벽체열관류율(W/m ² K)	0.95
창호열관류율(W/m ² K)	3.1
환기횟수(ACH50/20)	1.3
가변난방도일(°C·day)	1,718.00
단위면적당 난방에너지요구량 (kWh/m ² ·yr)	284.02

정밀진단 결과를 이용한 에너지성능 분석결과, 대상가구가 저소득층 표준주택에 비해 1.65% 높은 난방에너지요구량이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 이유는 일사열취득에 의한 온도상승이 6.56% 낮고, 가변난방도일 산정결과 약 49.56% 많은 것으로 분석 결과가 나타났다. 외피의 단열성능은 대상주택이 높지만 건물향, 창면적비, 기밀성능이 좋지 않아 위와 같은 결과가 도출되었다.

본 대상주택의 에너지원은 기름보일러를 사용하고, 평균 난방비가 60만원 수준으로 난방에너지가 과다하여 여러 차례 보수 공사를 했음에도 난방 개선효과가 없었다. 보일러 30분 가동 후 열화상카메라 측정 결과 외피의 단열성능이 낮아 열교현상이 발생하는 것을 확인할 수 있었다<Table 3>. 보일러 배관 측정결과 배관상의 문제는 없는 것으로 확인되어 외피 단열성능 개선이 필요할 것으로 판단된다.

(2) 박공지붕, 시멘트벽돌조 주택

본 주택은 1989년에 준공되어진 지상 1층의 단독주택이며 건물의 향은 북향, 건축면적은 81.4m², 층고 2.5m, 벽두께 380mm이며, 평면형태는 <Fig. 4>와 같다.

Table 3. House Energy condition of house 1

구분	상태
방 1	
방 2	
방 3 (창고)	
거실	

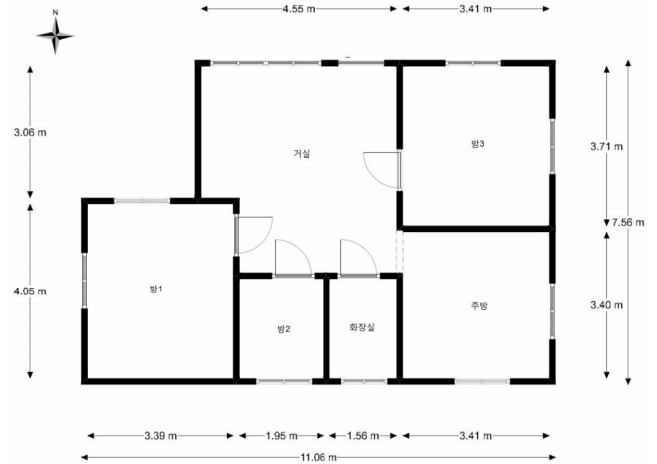


Fig 4. Floor Plan of House 2

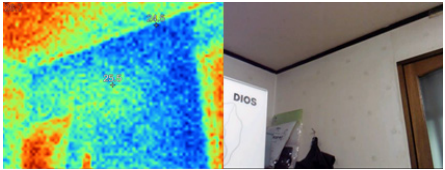
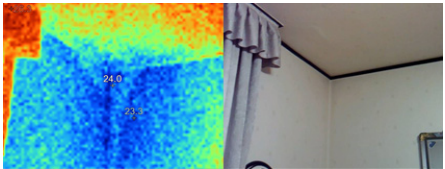
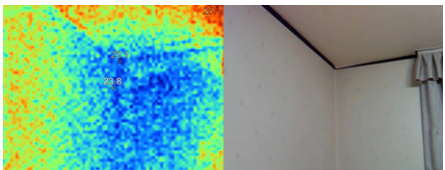
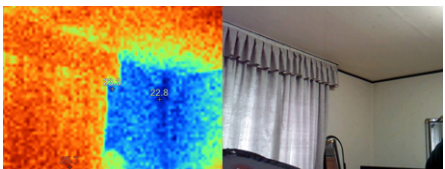
Table 4. House Energy analysis of House 2

분류	현재
일사열취득에 의한 온도상승 창면적비 : 25.06%	5.70
벽체열관류율(W/m ² K)	0.87
창호열관류율(W/m ² K)	2.86
환기횟수(ACH50/20)	0.868
가변난방도일(°C·day)	1,592.40
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr)	258.33

두 번째 대상주택의 정밀진단 결과, 벽체 열관류율은 저소득층 표준주택 대비 약 17.14% 창호 열관류율은 2.86W/m²K로

35.87% 낮은 것으로 나타났다. 기밀성능 측정결과 대상가구는 시간당 0.868회의 환기가 이루어지고 있어 기밀성능이 약 13.20% 높은 것으로 나타났다<Table 4>. 정밀진단 결과를 이용한 에너지성능 분석결과, 저소득층 표준주택 대비 일사열취득에 의한 온도상승이 6.56% 낮고, 가변난방도일 산정결과 약 38.63% 많은 것으로 분석되어 난방에너지요구량이 저소득층 표준주택에 비해 7.55% 낮아 에너지 성능이 좋은 것으로 분석되었다. 열화상측정결과 모든 공간에서 내벽, 창호, 천장 모든 공간에서 열이 균일하지 않은 것으로 나타났다. 이는 창호와 벽체의 단열성능이 낮기 때문에 나타난 결과라 판단된다<Table 5>.

Table 5. House Energy condition of House 2

구분	상태
방 1	
방 2	
방 3	
거실	

(3) 평지붕, 시멘트벽돌조 주택

본 주택은 1997년에 준공되어진 지상 1층의 단독주택이며 건물의 향은 동향, 건축면적은 99.82m², 층고 2.48m, 벽두께 380mm이며 평면형태는 Fig. 5와 같다.

세 번째 대상주택 정밀진단 결과, 벽체 열관류율은 0.93 W/m²K로 저소득층 표준주택 대비 약 11.14% 창호 열관류율은 2.86W/m²K로 35.87% 낮게 나타났다. 기밀성능 측정결과 대상가구는 시간당 0.868회의 환기가 이루어지고 있어 기밀성능이 약 13.20% 높은 것으로 나타났다<Table 6>.

정밀진단 결과를 이용한 에너지성능 분석결과, 저소득층 표준주택 대비 일사열취득에 의한 온도상승이 11.48% 낮고, 가변난방도일 산정결과 약 39.43% 많은 것으로 분석되어 난방에너지요구량이 저소득층 표준주택에 비해 24.80% 낮아 에너지 성능이 좋은 것으로 분석되었다. 열화상측정결과 창호 열관류율이 높아 모든 공간에서 창호 부분에 열이 균일하지 않은 것으로 나타나며 특히 방1이 더욱 나쁜 것으로 나타났다<Table 7>.

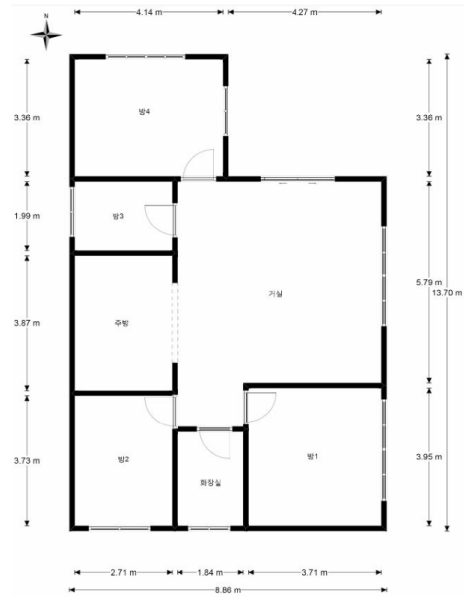
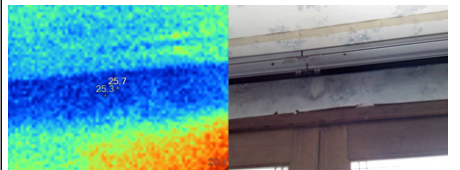
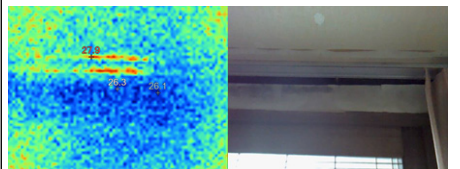
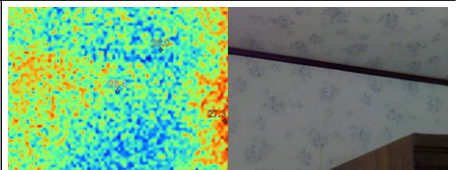
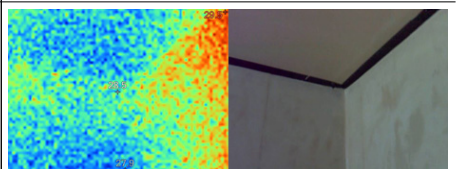


Fig 5. Floor Plan of House 3

Table 6. House Energy analysis of House 3

분류	현재
일사열취득에 의한 온도상승(°C) 창면적비 : 31.07%	5.40
벽체열관류율(W/m ² K)	0.93
창호열관류율(W/m ² K)	2.86
환기횟수(ACH50/20)	0.868
가변난방도일(°C·day)	1,601.60
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr)	210.12

Table 7. House Energy condition of house 3

구분	상태
방 1	
방 2	
방 3	
거실	

(4) 박공 슬레이트지붕, 흙벽 한옥주택

본 주택은 1980년에 준공되어진 지상 1층의 단독주택이며 건물 방향은 동향, 건축면적은 99.82m², 층고 2.48m, 벽두께 190mm이며 평면형태는 <Fig. 6>과 같다.

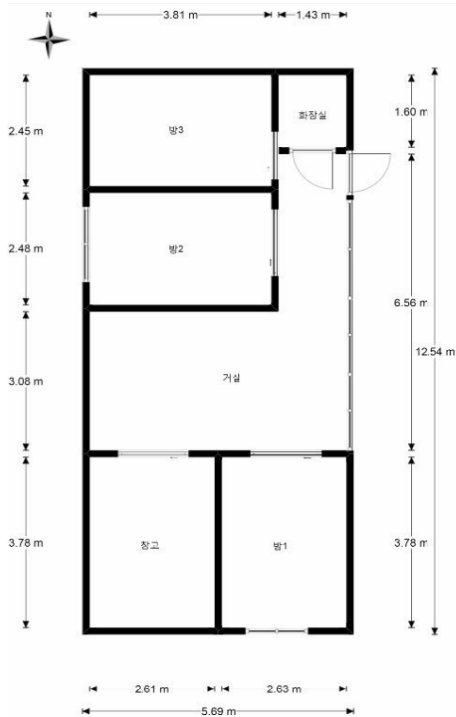


Fig 6. Floor Plan of House 4

네 번째 대상주택 정밀진단 결과, 벽체 열관류율은 1.59 W/m²K로 저소득층 표준주택 대비 약 51.43% 창호 열관류율은 5.3W/m²K로 18.83% 높다. 기밀성능 측정결과 대상가구는 시간당 1.405회의 환기가 이루어지고 있어 기밀성능이 약 40.50% 낮다<Table 8>.

Table 8. House Energy analysis of House 4

분류	현재
일사열취득에 의한 온도상승 차면적비 : 29.69%	3.60
벽체열관류율(W/m ² K)	1.59
창호열관류율(W/m ² K)	5.3
환기횟수(ACH50/20)	1.405
가변난방도일(°C·day)	1,937.20
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr)	459.63

정밀진단 결과를 이용한 에너지성능 분석결과, 저소득층 표준주택 대비 일사열취득에 의한 온도상승이 40.98% 낮고, 가변난방도일 산정결과 약 68.64% 많은 것으로 분석되어 난방에너지요구량이 저소득층 표준주택에 비해 64.49% 높아 에너지 성능이 매우 나쁜 것으로 분석되었다. 열화상측정결과에서도 벽체, 창호, 천장 등 모든 공간에서 열교현상이 발생하고 있어 단열성능 보강이 필요할 것으로 판단된다<Table 9>.

Table 9. House Energy condition of house 4

구분	상태
방 1	
방 2	
방3 (창고1)	
방4 (창고2)	

2.2 1인용 소형주택

도시를 중심으로 콤팩트 주택의 수요가 증가하면서 최근 농촌으로 이주하는 청년을 중심으로 콤팩트 주택이 지어지고 있다. 이러한 사례로는 농촌 청년들의 주거문제를 해결하고자 팜프라가 진행하고 있는 코부기가 있다. 팜프라는¹⁹⁾ 청년 농업인들의 주거 문제를 해결하고자 농촌 청년들을 대상으로 이동식 목조주택을 교육, 보급하는 프로젝트를 진행하고 있다. 코부기는 팜프라 프로젝트를 통해 2017년부터 시작된 소형 콤팩트 주택으로 단열구조가 3중창의 창호와 벽체 두께가 89mm, 지붕 140mm로 유리섬유단열재 가등급을 사용하여, 난방에 소요되는 비용을 절약 할 수 있는 특성이 있다<Fig 7>.

본 연구의 1인용 소형주택의 에너지 성능 분석결과 <Table 10>에서 볼 수 있듯이 일사열취득에 의한 온도 상승이 8.60%로 노후주택 4호의 3.60~5.70%에 비해 약 벽체 열관류율은 1.5배에서 2.3배에 달하는 것으로 나타나 성능이 우수하며 벽체열관류율, 창호열관류율 모두 다 매우 우수한 것으로 나타났다. 열화상측정결과 단열재 끝단 부위에서 열교현상이 발생함에도 불구하고 앞 절의 노후주택 4호의 열화상분포와 상당히 다른 양상을 보이는 것을 육안으로 확인할 수 있다<Table 11>. 또한 기밀성능 측정결과 단위면적당 난방에너지 요구량이 85.14kWh/m²·yr로 2.5배 이상 성능이 좋은 것으로 확인되었으며 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등 1차 에너지 소요량을 산정해 본 결과 234.14 kWh/m²·yr 로 앞 절 노후주택 4호의 난방에너지에 비해 낮은 것으로 나타났다.

19) 팜프라는 “기반 없는 청년 농부에게 주거와 토지, 수익모델 등 농촌 인프라를 제공하는 취지에 의해 형성된 기업이다.”, 한겨레 인터넷 기사(2018.07.18.) “같이의 가치를 찾는 청년들의 자립 실험” (http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/853855.html)

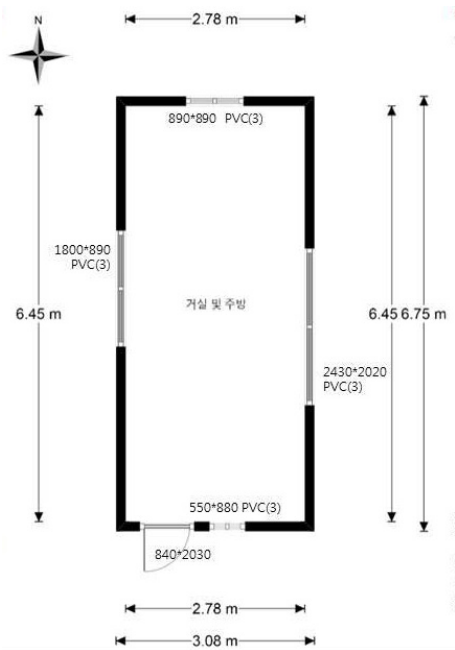


Fig 7. Floor Plan of compact house

Table 10. House Energy analysis of Compact House

분류	현재
일사열취득에 의한 온도상승 창면적비 : 29.69%	8.6
벽체열관류율(W/m ² K)	0.81
창호열관류율(W/m ² K)	1.7
환기횟수(ACH50/20)	0.4
가변난방도일(°C·day)	7852
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr)	85.14

Table 11. House Energy condition of Compact House

구분	상태
남측 벽	
서측 벽	
북측 벽	
동측 벽	

3. 노후주택 에너지 효율 개선 효과 분석

본 연구 대상주택 4호를 중심으로 창호와 벽체 단열성능을 건축물에너지절약설계기준(2018.9.1.시행)²⁰⁾의 지역별 건축물 부위의 열관류율표에서 중부2지역 기준으로 개선하였을 경우 난방에너지 절감 효과를 분석하였다. 그 결과 <Table 12>와 같이 -1267.54 %에서 -330.40%로 매우 높은 에너지 절감효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다.

house 3이 house 2에 비해 실내 열취득 값이 큰 이유는 실내 열취득 값은 크나 전용 난방 면적이 house 2가 현저히 작기 때문에 면적 대비 산출되는 온도 상승 값이 더 상승하는 결과를 보이는 것으로 나타났다. 또한 가변 난방도일 값이 차이나는 이유는 벽체에 의한 열손실이 house 3이 house 2에 비해 열관류율이 더 낮으며, 손실량이 house 3이 더 높게 분석되어 가변 난방도일의 값이 더 큰 것으로 분석되었다.

특히 house 4는 흙집의 목구조 주택으로 현재의 건축물에너지 절약기준으로 창호와 벽체 단열성능을 측정된 결과 가장 낮게 나타났다. 1980년 당시 법규 기준과 비교했을 경우에도 법규 기준에 훨씬 못 미치는 결과로 도출되었기 때문에 이를 개선할 수 있다면 단위면적당 난방에너지요구량이 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 결과에 대한 원인 분석은 추후 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 20년 이상이 지난 농촌주택의 일반적인 유형을 고려하여 대상 주택 4호를 선정하여 기본적 에너지 성능을 진단하고 건물에너지 분석과 개보수사업으로 인한 에너지 절감 효과 분석을 수행하였다. 또한 최근 농촌에도 일부 젊은 층을 통해 도입되고 있는 1인용 소형주택을 현장조사하고 진단을 수행하고 건축물 에너지 성능을 분석을 수행해 보았다. 본 연구 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 20~30년 된 농촌주택의 일반적인 유형인 조적조 벽체 구조의 주택인 house 1~3호는 단위면적당 난방에너지요구량이 210kWh/m²·yr에서 280kWh/m²·yr 수준으로 창호의 종류, 면적, 기밀상태에 따라 기밀성능이 0.8에서 1.3으로 편차가 크게 나타나고 기밀성능이 떨어지는 주택의 경우 단열성능이 매우 낮고 난방비가 매우 높은 수준이었다. 따라서 일반적으로 주택노후의 기준으로 이용하는 준공년도 외에 겨울철 난방비 등의 지표가 농촌주택개량의 우선정도 측정의 기준으로 적용될 필요가 있다고 판단된다.

둘째, 30년 이상이 지난 한옥주택은 에너지 성능이 매우 낮은 것으로 나타났다. 농촌의 대수선이 이루어지지 않은 40년 이상의 주택의 경우 대부분 한옥주택과 유사한 상황일 것으로 추정된다. 따라서 농촌주거복지 차원에서 정부가 실태조사를 수행하고 시급한 조치를 취하기 위한 기준으로 본 연구의 결과를 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

20) 건축물의 에너지절약설계기준이란 녹색건축물 조성지원법, 시행령 및 시행규칙의 규정에 의한 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지 등 에너지절약설계에 관한 기 등의 사항을 정함을 목적으로 한다.

Table 12. Effects of Insulation Performance Improvement

분류	house 1		house 2		house 3		house 4	
	현재	법규 기준	현재	법규기준	현재	법규기준	현재	법규기준
연간 총 실내열취득(W)	17,442,494	16,275,383	23,493,295	21,233,292	31,853,088	28,266,662	26,844,985	21,229,076
실내 열취득에 의한 온도상승	5.7	9.1	5.7	9.1	5.40	9.8	3.60	11.20
가변 난방도일(day, 최대값)	1,718	1,148	1,592	1,066	1,601	951	1,937	783.20
난방에너지(KWh/yr)	20210.74	4,696	21,027	4,901	20,974	5,356	32,794	2,397
단위면적당 난방에너지요구량(kWh/m ² ·yr)	284.02	65.99	258.33	60.22	210.12	53.66	459.63	33.61
총에너지 절감률(%)	-330.40		-328.98		-291.58		-1267.54	

셋째, 콤팩트 주택의 에너지성능 분석결과 청년들이 직접 건축한 주택임에도 불구하고 매우 양호한 에너지성능을 가지고 있는 것으로 평가되었다. 농촌의 1인가구 증가와 주택의 노후화에 따른 문제점을 해결하는데 본 연구결과에 나타난 소형 콤팩트 주택의 에너지성능의 효율성을 통해 가능성을 파악할 수 있었고, 향후 소형 콤팩트 주택의 친환경에너지 또는 대체에너지 사용에 대한 연구 및 기술 개발이 필요한 것으로 판단된다.

또한 노후화된 농촌 주택의 개보수, 리모델링 진행 시 적절한 진단을 통해서 적합한 유지보수 계획이 수립되어 사업이 시행될 수 있다면 농촌주택개량사업이 보다 사업효과를 높이고 나아가 거주자의 만족도 개선효과가 제고될 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위해서는 향후 농촌주택의 에너지성능을 평가할 수 있는 진단기준, 진단체크표 개발 등에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

안, 건축도시공간연구소, 2016

14. 승호준, 건물에너지절약과 경제성을 고려한 농촌주택 표준모델의 최적설계요소 평가, 동아대학교 석사학위논문, 2016
15. 같이의 가치를 찾는 청년들의 자립 실험, 한겨레신문, 2018.07.18., http://www.hani.co.kr/arti/economy/economy_general/853855.html

접 수 일 자 : 2019. 03. 08
 수정일자 1차 : 2019. 05. 30
 수정일자 2차 : 2019. 06. 19
 게재확정일자 : 2019. 08. 20

참고문헌

1. 김강섭, 농어촌 전주환경 변화와 농어촌주택 정책방안, 국토연구, 366, 2012
2. 김정국 외 4인, 국내외 저소득층을 위한 에너지복지 프로그램 비교 연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2015
3. 김정국 외 5인, 저소득층 에너지효율개선사업에 따른 난방에너지 절감 효과 및 경제성 분석, 한국생태환경건축학회논문집, 16(5), 2016
4. 김경화, 저소득층 단독주택 난방에너지 기준 및 개선모델 개발 연구, 과학기술연합대학원대학교 석사학위논문, 2015
5. 김준경 외, 경기도 주택 에너지 합리화 사업 타당성 검토 및 정책방향 연구, 경기개발연구원, 수원, 2011
6. 김현경 외, 저소득층 에너지효율개선사업 체계화 방안, 한국보건사회연구원, 서울, 2015
7. 농림축산식품부 설명자료, 2018.5.21.
8. 류연수 외, 에너지성능 개선을 위한 농어촌주택의 리모델링에 관한 연구, 농어촌연구원, 2013
9. 박미란·류연수·최정만·서혜원, 농촌주택표준설계도 에너지 효율등급 평가 및 설계변수에 따른 에너지소요량변화에 관한 연구, 한국농촌건축학회 논문집, 19(2), 2017
10. 박미란·최정만·이정훈, 농촌마을회관 제로에너지 건축물 구축을 위한 에너지 성능 분석 연구, 한국농촌건축학회논문집, 20(4), 2018
11. 백혜선·이영환·이병관, 콤팩트 주택 개발 방안 연구, 2016, LH토지구획연구원, 2016
12. 변혜선, 충북 농촌마을 주택관리 개선방안 모색, 충북발전연구원, 2015
13. 성은영·오성훈, 소규모 주택 건축 활성화를 위한 안심 집짓기 정책방