

농촌 마을회관 제로에너지 건축물 구축을 위한 에너지 성능 분석 연구 - 충남 태안군 정죽4리 마을회관을 중심으로 -

A study on the analysis of energy performance for zero-energy building of rural village hall - Focused on the Jung Juk 4-le village hall -

박 미 란*
Park, Mi-Lan

최 정 만**
Choi, Jeong-Man

이 정 훈***
Lee, Jeong-Hun

Abstract

In this study, we survey the 2 buildings at the Central 1 and 8 buildings at the Central 2, which are divided by each climate region in the rural regions. Major heat loss factors are 47% loss of the outer shell including outer wall, roof, and bottom, 30% loss through window, and 23% loss through crevice wind. We analyze the energy simulation of ECO2 program to construct a zero energy building regarding village hall located in Jung Juk 4-le at Central 2. We simulate the primary energy requirement regarding village hall and the simulated results show the 265.3 kWh/m²·a and it may estimate '2' energy efficiency grade. The energy requirement regarding village hall is the 183.2 kWh/m²·a when the passive technology are applied in village hall. We research total amount of energy requirement in village hall when the passive and active technologies such as solar cell with 3kW and solar thermal with 20m², geothermal power with 17.5kW. The simulated results show the improved energy efficiency certification grade with 1⁺⁺⁺ due to the reduced primary energy requirement with 73% when passive technology including 3kW of solar panel is applied and the energy independence rate is 54%, which is estimated to be 4th grade of zero energy buildings. The order of energy consumption are solar panel, solar thermal, and geothermal power under applied passive technology in the building. In order to expand the zero energy building, it is necessary to introduce the zero energy evaluation system in the rural region.

주요어 : 농촌 마을회관, 에너지성능, 제로에너지, 에너지효율등급, ECO2프로그램

Keywords : Rural village hall, Energy performance, Zero energy building, Building Energy efficiency grade, ECO2 program

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2018년 여름 기록적인 폭염을 경험하고 있다. 전국 기상관측소 95곳 중 57곳(60%)가 역대 최고 기온을 갱신하였고, 강원도 홍천은 기상 관측이후 최고 기온인 41도를 기록했다. 온열환자 발생 또한 역대 최고치를 기록하고 있다. 2018년 5월20일부터 8월 4일까지 3,095명의 온열환자가 발생하였다. 온열질환은 대도시에 비하여 저소득층 및 고령자 비율이 높은 농어촌지역 주민이 폭염으로 인해 건강을 해치는 경우가 더 많다.¹⁾ 폭염이라

는 재해 앞에서 농어촌지역 고령자들이 더 취약한 것으로 나타났다.

농촌지역에서는 폭염·폭한을 대비하여 마을회관·경로당 등 공공생활시설(이하 ‘마을회관 등’)으로 표기)을 무더위·혹한기 쉼터로 지정하여 운영하고 있다. 전통적으로 마을회관·경로당 등은 마을주민들의 집회·모임의 커뮤니티시설로 운영되고 있다. 2000년대 이후 마을단위 각종 사업 추진 시 중심시설로 이용되며, 복지·문화 공간으로 역할이 확대되고 있다. 최근 들어 무더위·혹한기 쉼터 등으로 기후변화 대응 거점의 기능까지 추가되는 등 농촌마을에서 가장 중요한 공동시설로 인식되고 있다.

그러나 농촌 마을회관 등의 현황을 살펴보면 준공한 지 18년 이상 된 1999년 이전에 지어진 건물이 약 50%를 차지하고 있으며, 건축물 에너지절약 설계기준이 강화된 2012년 이전에 지어진 건물이 대부분(90%)을 차지하고 있어 냉난방 성능이 취약한 것으로 예측된다. (Table 1.)

* 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원
(Corresponding author : Rural Research Institute, mipark@ekr.or.kr)

** 한국패시브건축협회장, 공학석사

*** 한국패시브건축협회 수석연구원, 공학박사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 318010-2)

1) [http://news.donga.com/3/all/20180803/91359144/1\(2018.08.03.\)](http://news.donga.com/3/all/20180803/91359144/1(2018.08.03.)) 폭염환자, 고령층 많은 농어촌집중 발생. 2002년에서 2015년까지 국민건강보험공단 DB에 등록된 온열질환 발병건수를 기준으로 분석하였을 때 전남 임실군, 신안군, 고흥군, 보성군, 장성군이 가장 발병률이 높음.

2) 마을회관과 경로당이 같이 사용되고 있는 비율이 조사 마을의 85.4%로 대다수가 경로당과 공동으로 사용하고 있음. (김동원 외, 2012, 농촌지역 마을회관 이용실태조사연구, 한국농촌경제연구원)

Table 1. Establishment of joint use facility in rural village Year 3)

구분	1979 이전	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 이후	계
강원	33	50	161	261	48	553
충북	50	52	433	314	43	892
충남	19	35	442	441	87	1,024
전북	91	53	240	245	16	645
전남	91	126	382	435	56	1,090
경북	204	164	826	1,274	234	2,702
경남	22	80	395	569	80	1,146
합계	510	560	2,879	3,539	564	8,052
비율	6%	7%	36%	44%	7%	100%

농촌마을회관 이용실태에 관한 선행연구⁴⁾에서 ‘시설의 노후화’, ‘냉난방비 지원 및 운영비’에 대한 개선 요구가 많았음을 지적하고 있다. 대부분 시설이 노후화되어 에너지 성능이 낮아졌고, 고품층 이용에 쾌적한 실내 온도를 유지하기에는 지원되는 냉 난방비가 부족한 현실이다.

농촌지역 고령자들에게 폭염·폭한 등 기후변화에 대응하고 쾌적한 실내 환경을 제공하기 위하여 기존 건물의 에너지 성능 수준을 파악하여 에너지 효율화 및 제로에너지 건축물을 구축하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 농촌 마을내 마을회관 등 공동이용 시설을 대상으로 한다. 현재 운영되고 있는 제로에너지 건축물 기준 및 평가방법을 문헌조사를 통해 분석하고, 농촌마을 내 마을회관 등 공공생활시설 10개소의 에너지 성능진단을 통해 에너지 요구량 및 소요량을 분석하였다. 그중 농어촌 상생협력 사업으로 제로에너지 건축물 개보수사업 계획수립 중인 태안군 정족4리 마을회관을 대상으로 제로에너지 건축물로 구축하기 위한 패시브 요소 및 재생에너지 공급량 등을 분석하였다. 마을회관 등의 에너지 손실량을 분석하는 데에는 ENERGY# 프로그램을 이용하였으며, 에너지효율등급 및 제로에너지 평가등급 추정에는 에너지 시뮬레이션프로그램인 ECO2를 사용하여 1차에너지 소요량 및 에너지 자립률을 추정하였다. 제로 에너지화 분석의 절차로 건축물의 에너지소요량을 산정 후 패시브 기술요소 및 신재생에너지 공급 등 액티브 시스템 기술요소 적용하여 에너지 소요량을 분석하는 순으로 진행하였다.(Fig. 1.)

1.3 기존 문헌 고찰

농촌내 건축물의 에너지효율 개선과 관련된 기존 연구는 주로 주택의 에너지 성능 개선을 중심으로 진행되어왔다. 그중 송호준(2016), 박미란(2017)은 농촌주택 표준설계도를 중심으로

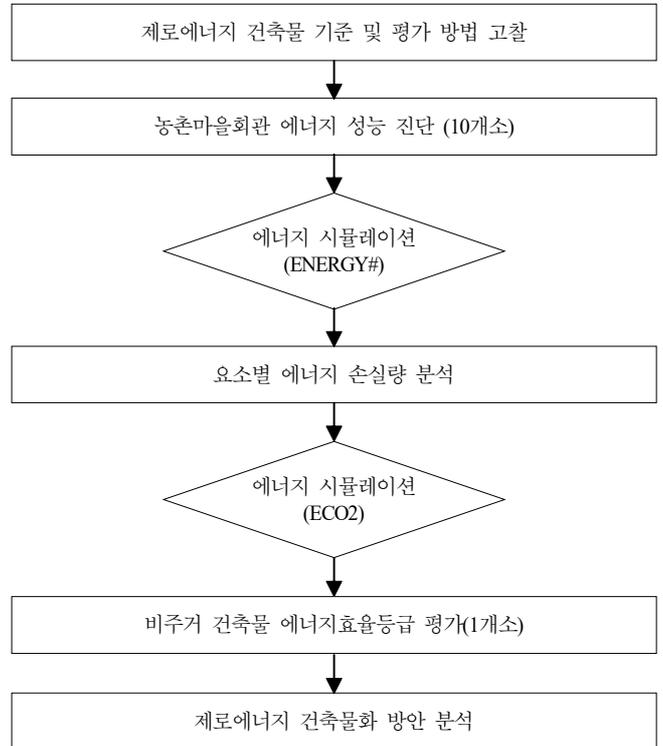


Fig. 1. Research methods and processes

에너지 절약을 위한 설계요소의 평가 및 등급산정을 중심으로 연구를 하였고, 조경민(2011), 류연수(2013)은 기존 농촌주택의 에너지성능 개선을 위한 리모델링 방안에 대한 연구가 진행되었다. 제로에너지빌딩에 대한 연구 또한 공동주택을 대상으로 연구되었으며, 기술요소 적용에 따른 제로에너지 성능 평가 및 비용편익 분석을 중심으로 진행되었다.(Table 2.)

Table 2. Analyze existing research

구분	내용
조경민 외(2011)	PHPP 분석을 통한 기존 농촌주택의 기밀성 및 창호 성능 개선시 기존 농촌주택과 패시브형 주택의 에너지 요구량 비교분석
류연수 외(2013)	에너지성능 개선을 위한 농어촌주택 리모델링 실증을 통한 패시브 요소 개선 효과분석
송호준 (2016)	농촌주택 표준설계도에 대하여 ECO2, Designbuilder 프로그램을 이용하여 에너지소요량 산정 및 건축물에너지 효율등급 분석
박미란 외(2017)	농촌주택 표준설계도를 대상으로 ECO2프로그램을 이용하여 패시브 요소 설계 변수에 따른 에너지 소요량 및 효율등급 분석
이명주 (2017)	한국형 제로에너지 공동주택을 달성하기위하여 패시브요소, 액티브요소, 신재생 에너지 조합을 통한 에너지 소요량 분석(IZAC' s Building Energy Calculator)

본 연구는 농촌지역의 비주거용 건축물인 기존 농촌마을회관을 제로에너지 건물로 구축하기 위한 기술요소 적용 방안 검토 및 2017년 개정된 에너지 자립률을 기준으로 제로에너지건축물 인증 등급을 검토하는데 차별성이 있다.

3) 공공 데이터 포털(<http://data.go.kr>) 내에 공개된 자료를 근거하여 분석
4) 문인영, 2014, 농촌 마을회관의 공간계획을 위한 이용실태 및 이용자 만족도에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집 제23권2호 통권103호, p195

2. 제로에너지 건축물 기준 및 평가 방법 고찰

2.1 제로에너지 건축물 정의 및 기준

「녹색건축물 조성 지원법」에서 제로에너지 건축물을 ‘건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지소요량을 최소화하는 녹색 건축물’로 정의하고 있다. 제로에너지 건축물은 사전적으로 사용에너지와 생산에너지의 합이 0이 되는 건물(Net Zero)이나, 현재의 기술 수준, 경제성 등을 고려하여 정책적으로 에너지 소비를 최소화(90%감축)하는 건축물(Nearly Zero)을 목표로 추진하고 있다. 제로에너지 건축물의 인증 기준은 첫째 건축물 에너지효율등급 1++ 등급 이상, 둘째 신에너지 및 재생에너지를 활용한 에너지 자립도, 셋째 건축물에너지관리시스템 또는 전자식 원격검침계량기 설치 여부이다. 건축물 에너지효율등급은 난방, 냉방(냉방 설비가 설치되지 않은 주거용 건물은 제외), 급탕, 조명 및 환기에 대해 종합적으로 평가하도록 제작된 ECO2 프로그램을 이용하여 산출된다. 건축물 에너지효율등급 1++ 등급은 연간 단위면적당 1차에너지소요량 140kWh/m²·a 미만을 기준으로 판정한다. 신에너지 및 재생에너지를 활용한 에너지 자립도는 건축물 1차소비량 대비 1차에너지생산량 비율에 의한 자립률을 기준으로 등급을 지정한다. (Table 3.)

Table 3. Zero Energy Certification Level

ZEB등급	에너지 자립률
1등급	에너지 자립률이 100% 이상인 건축물
2등급	에너지 자립률이 80 이상 ~ 100% 미만인 건축물
3등급	에너지 자립률이 60 이상 ~ 80% 미만인 건축물
4등급	에너지 자립률이 40 이상 ~ 60% 미만인 건축물
5등급	에너지 자립률이 20 이상 ~ 40% 미만인 건축물

2.2 인증대상

국토해양부에서는 제로에너지 건축물의 단계적 의무화 방안을 수립하여 추진하고 있다. 2020년 연면적 3천m²미만 국민생활 밀착형 중·소규모 공공건축물 대상으로 제로에너지 건축물 의무화하며, 2025년 연면적 5천m²미만 신재생에너지 설치 의무화 민간·공공건축물, 2030년에는 모든 용도의 민간·공공건축물로 의무대상을 확대하는 로드맵을 발표하였다. (Table 4)

Table 4. Step-by-step mandatory plan

구분	내용
2020년	연면적 3천m ² 미만 국민 생활밀착형 중소규모 공공건축물 청사, 어린이집, 우체국, 주민센터, 공공도서관 등
2025년	연면적 5천m ² 미만 신재생에너지 설치 의무화대상 민간·공공건축물 업무, 교육연구, 판매, 운수, 숙박, 문화·집회, 의료 등의 시설
2030년	모든 용도 민간·공공건축물 발전, 위험물저장·처리 등 제로에너지 건축물 구현 가능성 및 효과가 적은 용도 제외

현행 제도에서는 건축물 에너지효율등급 인증 대상 중 건축주가 제로에너지건축물 인증을 신청하는 건축물을 대상으로 하고 있다. 건축물 에너지효율등급 인증 대상은 단독주택, 공동주택, 업무시설, 근린생활시설 등 대부분의 용도의 건축물을 포함하고 있다. 그러나 냉난방부분의 연면적 500m² 미만 건축물은 제외하고 있어 소규모인 농촌지역의 마을회관 등은 대부분 에너지 효율 등급 및 제로에너지건축물 인증대상에서 제외되고 있다. 2015년 기준 전국마을 (행정리)는 36,792개가 분포하고 있다. 이중 마을회관을 이용하는 행정리 수는 36,142개로 전체 행정리의 98.23%이다. 이를 통해 농촌지역내 마을회관이 약 36,000여개 이상이 입지하고 있는 것으로 추정된다. 농촌마을에서 가장 이용률이 높고 가장 보편적으로 보급되어있는 마을회관 등이 제로에너지건축물 인증 제도에서 제외되어 제로에너지 건물 확산을 통한 에너지 절감 정책의 수행 및 쾌적한 실내환경 조성에 어려움이 있다. 소규모 주민공동이용시설을 위한 제로에너지건축물 인증 기준의 정비가 필요하다.

3. 농촌 마을회관 등 에너지 성능 분석

3.1 농촌 마을회관 등 조사 개요

농촌지역 마을회관 등 10개소를 대상으로 에너지 성능 진단 및 사용현황 조사를 실시하고 에너지 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 에너지성능을 분석하였다. 기후권역별로 중부1 권역 2개소, 중부2 권역 8개소 건축물을 대상으로 조사하였다. 규모는 50m² 이하 2개소 51~99m² 3개소, 100m² 이상 5개소를 조사하였다. (Table 5., Fig. 2.)

현장에서 건축물 실측 및 진단 테스트를 진행하였다. 실측조사에서 건축 규모, 실 구성, 마감재료 및 구성, 곰팡이 및 결로 발생여부, 열원설비 및 사용기기 등 조사하였으며, 기밀성 테스트(블로어 도어 테스트), 창호의 SHGC, VT 테스트를 수행하여 수집 한 자료를 바탕으로 에너지 시뮬레이션 프로그램을 구동하였다.

Table 5. Field survey target village hall

구분	시군	마을회관명	규모	면적 (m ²)	준공연도
중부 2	완주	지산 경로당	지상1층	123.4	2002
		대농 경로당	지상1층	47.97	1997
		초남 경로당	지상1층	65.61	2002
	아산	신휴리 마을회관	지상1층	141.12	1996
		신문리 노인정	지상2층	93.73	2000
		해암리 마을회관	지상1층	117.66	2002
태안	정죽4리 마을회관	지상2층	135.78	2003	
	정죽1리 마을회관	지상2층	88.2	2000	
	유촌1리 노인회관	지상1층	126.74	1997	
중부 1	홍천	유촌2리 경로당	지상1층	48.67	1998



Fig. 2. Survey rural village hall view

3.2 농촌 마을회관 등 에너지 진단

10개 마을회관에 대한 기밀성 실험(50pa, 블로어 도어테스트) 결과 누기량은 2.99 ~ 21.78회/h로 평균 11.1회/h 이다. 독일 패시브 하우스 기밀성능 환기횟수 기준은 50pa에서 0.6회/h 이하이다. 최근에 우리나라에서 지어지는 주택은 50pa에서 3 ~ 5회/h 정도인 것과 비교하면 기밀성능이 매우 취약한 것으로 확인되었다. (Table 6.)

Table 6. The sedimentation of the village hall

구분	n50 침기량 (회/h)
지산 경로당	4.23
대농 경로당	2.99
초남 경로당	11.78
신휴1리 마을회관	4.29
신문리 노인정	13.48
해암1리 마을회관	12.74
정죽4리 마을회관	10.70
정죽1리 마을회관	10.36
유촌리 노인회관	21.78
유촌2리 경로당	19.43

창호 유리의 열관류율은 설치되어 있는 유리와 창호의 종류를 조사하여 건축물 에너지 절약 설계기준 별표 4의 창호 특성별 열관류율을 적용하였다. SHGC(Solar Heat Gain Coefficient : 태양열 취득율)은 솔라메이트 (WP4500) 계측기를 이용하여 실측하였다. 창호의 열관류율은 3.1~4W/m²K, SHGC(태양열 취득율)은 0.17 ~ 0.57까지의 분포로 조사되었다. (Table 7.)

5) 배성호, 2016 패시브하우스 콘서트, p68~69

Table 7. Window heat transmission coefficient and SHGC

구분	문		창		SHGC
	종류	W/m ² K	종류	W/m ² K	
지산 경로당	알루미늄 단창문(50% 미만)	4.2	알루미늄	4	0.17
	일반문(20mm미만)	2.7			
대농 경로당	일반문(20mm미만)	2.7	PVC	3.1	0.24
초남 경로당	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	알루미늄	4	0.42
	일반문(20mm미만)	2.7			
신휴1리 마을회관	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	PVC	3.1	0.40
	일반문(20mm미만)	2.7			
신문리 노인정	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	알루미늄	4	0.48
	일반문(20mm미만)	2.7			
해암1리 마을회관	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	알루미늄	4	0.44
	일반문(20mm미만)	2.7			
정죽4리 마을회관	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	PVC	3.1	0.40
	일반문(20mm미만)	2.7			
정죽1리 마을회관	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	알루미늄	4	0.57
	일반문(20mm미만)	2.7			
유촌리 노인회관	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	PVC	3.1	0.27
	일반문(20mm미만)	2.7			
유촌리 경로당	알루미늄 단창문(50% 이상)	5.5	PVC	3.1	0.27
	일반문(20mm미만)	2.7			

외벽, 지붕, 바닥 부위별 열관류율은 준공당시 건축물에너지 절약설계 기준의 단열규정 적용하였다. 현재의 기준과 1987년 기준과 비교했을 때 약 34%~45% 수준으로 열관류율이 취약했다. (Table 8., Table 9.)

Table 8. Criteria for application of heat transmission coefficient by region at the time of completion

구분	현장 / 준공년도	열관류율 W/m ² K		
		지붕	외벽	바닥
■ 1987년 건축법 시행규칙 적용				
중부2	대농 경로당 (1995)	0.52	0.76	0.76
	신휴1리 마을회관 (2000)			
	신문리 노인정(2000)			
	정죽1리 마을회관 (2000)			
중부1	유촌리 노인회관 (1997)	0.41	0.58	0.58
	유촌리 경로당 (1998)			
■ 2001년 에너지절약 설계 기준				
중부2	정죽4리 마을회관 (2003)	0.35	0.58	0.41
	지산 경로당 (2002)			
	초남 경로당 (2002)			
	해암1리 마을회관 (2002)			

Table 9. Estimated heat transmission coefficient by region in 2018

구분	열관류율 W/m ² K		
	지붕	외벽	바닥
중부1	0.15	0.17	0.21
중부2	0.15	0.24	0.24

3.3 농촌 마을회관 등 에너지 성능 분석 결과(ENERGY#)

농촌 마을회관 등의 주요 열손실 부위를 살펴보면 외피(외벽+지붕+바닥)를 통한 손실량 47%, 창호를 통한 손실량 30%, 틈새바람을 통한 손실량이 23%이다. 기존 건축물 개선 시 건축물의 단열(외벽 및 창호)의 수준을 높이고, 기밀 성능을 높여 겨울철 찬 공기가 건물 내부로 침입하는 것을 차단하면 건축물의 에너지 성능을 충분히 높일 수 있을 것으로 판단된다. 건축물의 기밀 성능을 높일 경우 내부에 신선한 공기를 지속적으로 공급하고 내부 오염 물질을 배출하기 위해 열회수형 환기장치의 적용이 동시에 검토되어야 한다. 농촌 마을회관의 건물은 난방에너지 요구량이 난방에너지요구량의 약 5%수준으로 에너지 손실 및 획득량은 난방에너지 요구량에 의해 결정된다. (Table 10, Table 11)

Table 10. Energy Loss by Region - Average heating energy
(단위 : kWh/m²a)

구분	지붕	외벽	바닥	출입문	창호	침기	합계
손실량	42.1 (12%)	92.4 (27%)	26.3 (8%)	13.0 (4%)	88.7 (26%)	76.4 (23%)	339 (100%)
획득량	창호	외피	내부발열		난방에너지요구량		
	16.1	0.8	22.8		299.2		

Table 11. Energy Loss by Region - Average cooling energy
(단위 : kWh/m²a)

구분	지붕	외벽	바닥	출입문	창호	침기	합계
손실량	2.2	5.0	5.0	0.6	4.8	3.8	21.4
획득량	창호	외피	내부발열	제습	난방에너지요구량		
	11.1	3.9	11.7	10.3	15.6		

마을회관 등에서 주로 사용하는 에너지의 용도는 난방 87%, 온수 8%를 차지하고 있으며, 냉방, 조명, 가전을 합하여 약 5%를 사용하고 있다. 그에 따른 에너지원으로 등유 94%, 전기 6%를 이용하고 있다. 대부분은 등유 보일러에서 난방과 온수를 이용하는 형태이다. (Table 12)

Table 12. Energy consumption by village hall usage
(단위 : kWh)

구분	난방	급탕	냉방	조명	가전	합계
지산	29,806	2,786	221	379	1,137	34,330
대동	17,483	2,753	247	191	574	21,250
초남	16,170	2,753	501	208	625	20,257
신휴	34,816	2,849	440	451	1,353	39,908
신문	33,751	2,779	644	294	883	38,351
해암	36,693	2,777	835	402	1,205	41,912
정죽4리	17,979	2,789	403	244	732	22,147
정죽1리	28,404	2,791	417	263	790	32,666
유촌	47,238	2,921	194	400	1,199	51,952
유촌2리	25,541	2,920	109	192	576	29,339

4. 제로 에너지화를 위한 에너지 시뮬레이션

4.1 현재 건축물 에너지소요량 분석(ECO2 프로그램)

농어촌 상생협력 사업으로 제로에너지 건축물 개보수사업 계획 수립 중인 정죽4리 마을회관을 대상으로 에너지 시뮬레이션(ECO2 프로그램) 분석을 하였다. 현재의 정죽4리 마을회관 에너지 성능평가를 위한 입력 조건은 아래 Table. 13.와 같다. (Fig. 3)

Table 13. Input conditions for ECO2 program simulation

○ 건축개요	
건물 용도	제1종 근린생활시설
사용 프로파일	대규모 사무실 (30m ² 이상)
면적(TFA)	66.9m ² (1F)
천장고	2.5m
○ 시뮬레이션 조건	
열관류율	설계당시 건축 기준 적용 (2001년)
열교가산치	내단열
침기율	n50. 10.7회/h
외기조건	서산(태안) 표준기상데이터
냉난방설정온도	난방 20℃ 냉방26℃
이용시간	09:00~18:00
재질자 밀도	7.5인/m ²
○ 난방공급 시스템	
열공급시스템	바닥난방
열생산기기	보일러-난방(기름보일러)
급탕	난방기기 연결
○ 냉방공급 시스템	
패키지	
○ 조명	
조명에너지 부하율	5W/m ²
○ 신재생에너지	
연결없음	

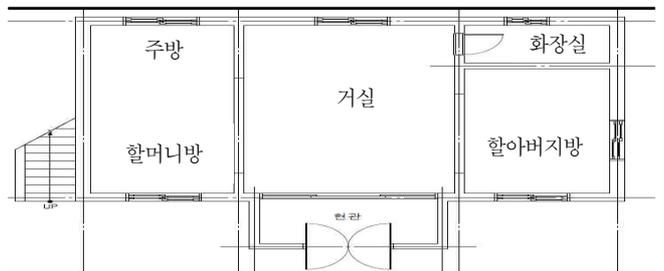


Fig. 3. Jung Juk 4-le village hall panoramic and plan

정족4리 마을회관에서 사용되는 에너지는 난방 > 조명 > 냉방 > 급탕 순이며, 난방부분이 77.2%로 건물 전체 에너지소요량에서 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지소요량이 265.3kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 2등급으로 추정된다. (Fig. 4.)

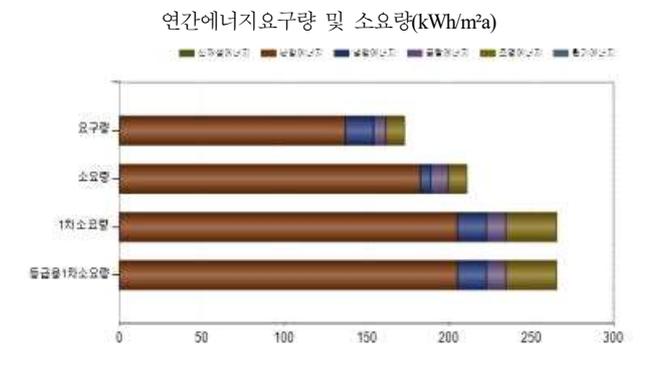
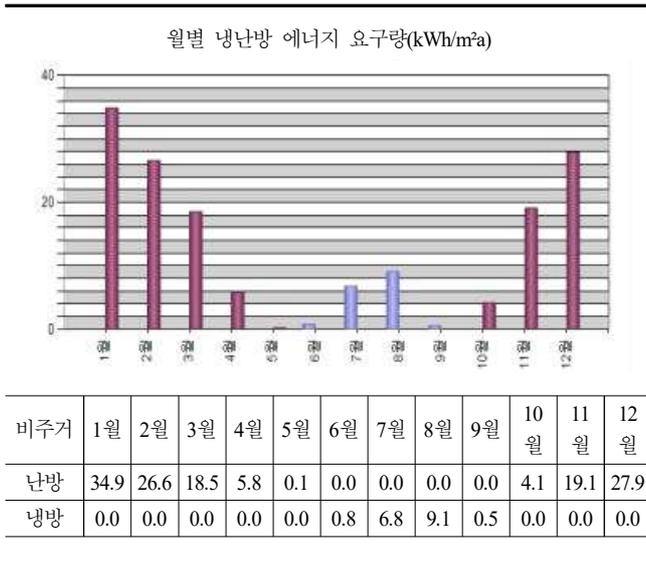


Fig. 4. Jung Juk 4-le village hall Energy Requirement (Currently, ECO2)

4.2 패시브 요소 적용 건축물 에너지소요량 분석

건축물에서 요구되는 에너지량을 줄이기 위하여 고단열, 고성능 창호, 고기밀, 환기를 개선한 패시브 기술 요소를 적용하였다. 기존 건축물의 내단열을 외단열로 변경, 단열성능을 패시브 건축물 수준으로 강화, 로이 삼중창, 기밀성능 개선, 열회수형 환기장치를 적용하였다. 기존 건축물을 대상으로 함에 따라 바닥 슬라브 하부 단열은 변경하지 않는 것으로 검토하였다. (Table 13)

Table 13. Jung Juk 4-le village hall Simulation Condition for Passive Performance Improvement

구분	현재	패시브 성능 개선
외벽	내단열 단열재 가 등급 T53 열관류율 : 0.584W/m ² K	외단열 단열재 가 등급 T187 열관류율 : 0.177W/m ² K
지붕	내단열 단열재 가 등급 T92 열관류율 : 0.353W/m ² K	외단열 단열재 가 등급 T310 열관류율 : 0.108W/m ² K
바닥	단열재 가 등급 T62 열관류율 : 0.408W/m ² K	좌 동
창호	플라스틱 이중창 창호 열관류율 : 4.485W/m ² K	로이 삼중창 창호 열관류율 : 1.0W/m ² K
기밀	n50 10.7회/h	n50 1.5회/h
환기	-	폐열회수장치

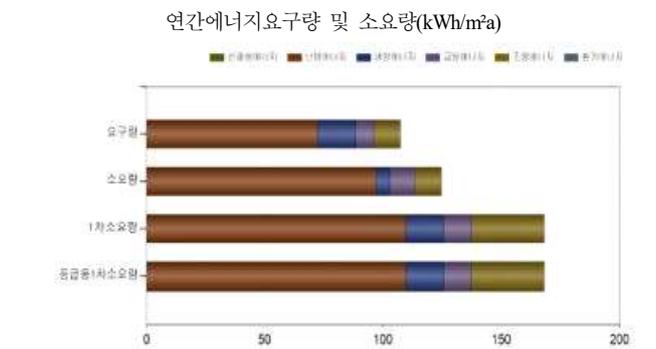
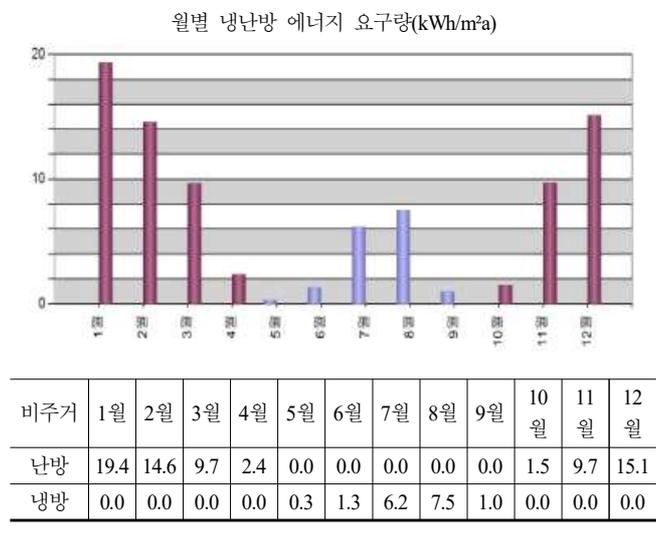


Fig. 5. Jung Juk 4-le village hall Simulation Condition for Passive Performance Improvement(ECO2)

패시브 기술요소를 적용함에 따라 에너지요구량이 당초 168.2kWh/m²·a에서 107.3kWh/m²·a로 약 39%가 줄었다. 환기 시스템을 적용함에 따라 사용되는 에너지는 난방 > 환기 > 조명 > 냉방 > 급탕 비율로 나타났다. 당초 전체 에너지사용의 77.2%를 차지하던 난방부분의 비율이 33.9%로 낮아졌다. 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지소요량이 168.2kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 1+등급으로 추정된다. 패시브 기술요소를 개선하여 1차에너지소요량이 31% 절감되어, 에너지효율 인증 등급에서 2등급 상향되었다. 그러나 제로에너지등급을 받기위한 1++ 등급에는 미치지 못하는 수준이다. (Fig. 5.)

4.3 액티브 요소 적용 건축물 에너지소요량 분석

패시브기술 요소를 적용한 상태에서 태양광, 태양열, 지열의 신재생에너지 열원을 적용하여 에너지소요량을 검토하였다. 이때 용량은 비슷한 연면적 단독주택에서 적용하는 용량인 태양광 3kW, 진공관형 태양열 20m², 지열 17.5kW를 조건으로 검토하였다. 태양광 3kW 적용 시 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지소요량이 77.5kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 1+++등급으로 추정된다. 패시브 개선 + 태양광 3kW 적용 시 1차에너지소요량이 73% 절감되어, 에너지효율 인증 등급에서 4등급 상향되었으며, 제로에너지등급을 받기위한 1++ 등급을 만족한다. (Table 14.) 이 때 에너지 자립률은 54.05%로 제로 에너지건축물 4등급으로 추정된다.(Table 15.)

Table 14. Jung Juk 4-le village hall Passive + Photovoltaic 3kW Energy Requirement

구분	기존	패시브개선	패시브+ 태양광3kW
1차에너지 소요량	265.3 kWh/m ² ·a	168.2 kWh/m ² ·a	77.5 kWh/m ² ·a
에너지 절감기준	100%	63.4%	29.2%
에너지 효율등급(추정)	2등급	1+	1+++

Table 15. Jung Juk 4-le village hall Passive + Photovoltaic 3kW Energy independence rate

구분	내용
단위면적당 1차 에너지 소비량(kWh/m ² ·a) ⁶⁾	168.61
단위면적당 1차 에너지 생산량(kWh/m ² ·a) ⁷⁾	91.12
에너지 자립률(%)	54.05

진공관형 태양열 20m² 적용 시 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차 에너지 에너지 소요량이 154.2kWh/m²·y로 건축물 에너지 효율등급 1+등급으로 추정된다. 패시브 개선 + 태양열 20m² 적용 시 1차에너지소요량이 42% 절감되어, 에너지효율 인증 등급

6) 단위면적당 1차 에너지 소비량 = 단위면적당 1차에너지소요량 + 단위면적당 1차에너지생산량

7) 단위면적당 1차에너지생산량 = ∑{(신재생에너지 생산량·신재생에너지 생산에 필요한 에너지량) × 해당 1차에너지 환산계수}/평가면적

에서 2등급 상향되었다. 현재 (265.3kWh/m²·a)에서 패시브 요소 개선(183.2kWh/m²·a)하여 약 30%, 태양열 패널을 설치하여 약 12% 추가 절감되었다. 건축물 에너지효율등급은 1+등급으로 패시브요소 개선과 같아 2등급이 상향되었다. 제로에너지등급을 받기위한 1++ 등급에는 미치지 못하며 에너지 자립률도 15.91%로 최소 비율인 20%에 도달하지 못하였다. (Table 16., Table 17)

Table 16. Jung Juk 4-le village hall Passive + solar heat 20m² Energy requirement

구분	기존	패시브개선	패시브+ 태양열20m ²
1차에너지 소요량	265.3 kWh/m ² ·a	168.2 kWh/m ² ·a	148.0 kWh/m ² ·a
에너지 절감율	100%	63.4%	55.8%
에너지 효율등급(추정)	2등급	1+	1+

Table 17. Jung Juk 4-le village hall Passive +solar heat 20m² Energy independence rate

구분	내용
단위면적당 1차에너지소비량(kWh/m ² ·a)	175.8
단위면적당 1차에너지생산량(kWh/m ² ·a)	28.00
에너지 자립률(%)	15.91

지열 17.5kW 적용 시 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지에너지소요량이 173.1kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 1+등급으로 추정된다. 패시브 개선 + 지열 17.5kW 적용 시 1차에너지소요량이 65% 절감되어, 에너지효율인증등급에서 2등급이 상향되었다. 기존 (265.3kWh/m²·a)에서 패시브 요소 개선 (183.2kWh/m²·a)하여 약 30%, 지열설비 설치하여 약 3% 추가 절감되었다. 건축물 에너지효율등급은 1+등급으로 패시브요소 개선과 같아 2등급이 상향되었다. 제로에너지등급을 받기위한 1++ 등급에는 미치지 못하였으며, 에너지 자립률도 20% 미만이다. (Table 18., Table 19)

Table 18. Jung Juk 4-le village hall Passive + geothermal 17.5 kW energy requirement

구분	기존	패시브개선	패시브 + 지열 17.5kW
1차에너지 소요량	265.3 kWh/m ² ·a	168.2 kWh/m ² ·a	166.5 kWh/m ² ·a
에너지 절감율	100%	63.4%	26.8%
에너지 효율등급(추정)	2등급	1+	1+

Table 19. Jung Juk 4-le village hall Passive + geothermal 17.5 kW Energy independence rate

구분	내용
단위면적당 1차에너지소비량(kWh/m ² ·y)	172.43
단위면적당 1차에너지생산량(kWh/m ² ·y)	5.93
에너지 자립률(%)	3.44

패시브 요소 개선과 신재생에너지원을 적용하였을 때 태양광>태양열>지열 순으로 1차에너지소요량이 가장 적으며, 지열 시스템이 가장 불리한 것으로 나타났다. 지열시스템은 히트펌프를 가동하는데 전기에너지가 사용됨에 따라 1차에너지소요량이 감소폭이 적고, 에너지 자립률도 낮은 것으로 확인되었다.

5. 결론

본 논문에서는 농촌 마을회관 등 10개소에 대하여 현장 실측 및 진단 후 시뮬레이션(ENERGY# 프로그램)을 통하여 에너지소요량 분석하였고, 그 중 1개 마을회관에 대하여 ECO2 프로그램을 이용하여 에너지효율등급 및 제로에너지건축물 등급을 추정 분석하였다.

- 1) 농촌 마을회관 등 10개소의 기후권역별로 중부1권역 2개소, 중부2권역 8개소를 대상으로 조사하였다. 주요 열손실 부위는 외피(외벽+지붕+바다)를 통한 손실량 47%, 창호를 통한 손실량 30%, 침기를 통한 손실량이 23%이다. 마을회관에서 주로 사용하는 에너지의 용도는 난방이 87%, 온수 8%를 차지하고 있으며, 냉방, 조명, 가전을 합하여 약 5%를 사용하고 있다. 에너지 성능 개선을 위해서는 에너지의 손실을 막는 고단열, 고기밀 등의 패시브 요소의 적용을 우선 검토할 필요가 있다.
- 2) 정죽4리 마을회관을 대상으로 제로에너지건축물 구축을 위한 에너지 시뮬레이션(ECO2 프로그램) 분석을 하였다. 정죽4리 마을회관에서 사용되는 에너지는 난방 > 조명 > 냉방 > 급탕 순이며, 난방부분이 77.2%로 건물 전체 에너지소요량에서 가장 큰 부분을 차지하고 있다. 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지소요량이 265.3kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 2등급으로 추정된다. 패시브 기술요소를 적용하였을 때 에너지 요구량이 당초 172.9kWh/m²·a에서 107.3kWh/m²·a로 약 38%가 줄었다. 연간 단위 면적당 건축물 등급용 1차에너지소요량이 183.2kWh/m²·a로 건축물 에너지효율등급 1+등급으로 추정된다. 패시브 기술요소 적용시 에너지효율 인증 등급에서 2등급 상향되었으나 제로에너지등급을 받기위한 1++ 등급에는 미치지 못하는 수준이다.
- 3) 패시브기술 요소를 적용한 상태에서 태양광 3kW, 진공관형 태양열 20m², 지열 17.5kW을 조건으로 검토하였다. 패시브 개선 + 태양광 3kW 적용 시 1차에너지소요량이 73% 절감되어, 에너지효율인증 등급에서 1+++등급으로 추정되며, 이 때의 에너지 자립률은 54%로 제로에너지건축물 4등급으로 추정된다. 지열과 태양열의 경우 에너지 절감율이 등급을 조절할만한 수준이 아니며 제로에너지건축물 인증을 받기위한 1++ 등급에는 미치지 못하였다. 패시브 요소 개선과 신재생에너지원을 적용하였을 때 태양광>태양열>지열 순으로 1차에너지소요량이 가장 적으며, 지열 시스템이 가장 불리한 것으로 나타났다.
- 4) 기존 농촌마을회관을 제로에너지 건물로 구축하기 위해서는 패시브 기술요소를 적용하여 에너지 요구량을 줄인

후 (약 30%이상) 신재생에너지 중 태양광 패널을 적용한다. 열원설비가 전기보일러인 경우 태양광패널 용량(약 7~9kW)을 늘려 에너지 자립률 100%이상으로 확보하여 사용에너지와 생산에너지의 합이 0이 되는 제로에너지건물(Net Zero)이 가능하다. 다만 대부분 등유보일러를 사용하는 경우를 감안하면 패시브 기술요소와 3kW 태양광 패널을 적용하는 것이 현실적인 대안이며, 이때 에너지 자립률 약 50%의 제로에너지 4등급 수준을 확보가능하다.

- 5) 농촌내 마을회관 등이 약 36,000개소가 있다. 농촌 주민의 생활에서 주민자치, 친목, 문화, 복지의 기능에서기후변화 대응 역할까지 추가되어 중요한 장소로 자리매김하고 있다. 그러나 물리적 환경은 노후되고 온습도 제어가 되지 않아 열악한 상태이다. 이러한 공간의 에너지를 효과적으로 제어하고 절감하여 농촌지역 온실가스배출 저감이라는 국가적 과제를 해결하며, 주민들의 건강과 삶의 질 향상을 위하여 제로에너지건축물 구축이 필요하다. 이러한 부분을 제도적으로 뒷받침하기 위하여 농촌지역 소규모 마을회관 등에 적합한 제로에너지 평가 등급제도 정비가 필요하다.

참고문헌

1. <http://news.donga.com/3/all/20180803/91359144/1>(2018.08.03.)
2. 김동원 외, 농촌지역 마을회관 이용실태 조사 연구, 한국농촌경제연구원, 2012
3. 공공 데이터 포털(<http://data.go.kr>)
4. 조정민·이태구·김주수, 기존농촌주택과 패시브형 주택의 에너지 요구량 비교분석, 한국생태환경건축학회 논문집, 20(4), 2011
5. 류연수 외, 에너지성능 개선을 위한 농어촌주택의 리모델링에 관한 연구, 농어촌연구원, 2013
6. 승호준, 건물에너지절약과 경제성을 고려한 농촌주택 표준모델의 최적설계요소 평가, 동아대학교 석사학위논문, 2016
7. 박미란·류연수·최정만·서혜원, 농촌주택표준설계도 에너지 효율등급평가 및 설계변수에 따른 에너지소요량변화에 관한 연구, 한국농촌건축학회 논문집, 19(2), 2017
8. 이명주, 한국형 제로에너지 공동주택의 최적화모형연구, 세종대학교 박사학위논문, 2017
9. 문인영, 2014, 농촌 마을회관의 공간계획을 위한 이용실태 및 이용자 만족도에 관한 연구, 한국실내디자인학회 논문집, 23(2), 2014
10. 배성호, 패시브하우스 콘서트, 2016

접수일자 : 2018. 11. 30

수정일자 1차 : 2018. 11. 11

게재확정일자 : 2018. 11. 19