

제로카본 그린홈의 여름철 운영조건에 따른 실내 열환경 평가

유정연* · 조동우** · 김기한****

*한국건설기술연구원, 국민생활연구본부, 박사후연구원

**한국건설기술연구원, 국민생활연구본부, 선임연구위원

***울산대학교 건축공학부, 조교수

An Evaluation of Indoor Thermal Environment for Zero-Carbon Green Home according to the Operation Conditions in Summer

Yu Jung yeon* · Cho Dong woo** · Kim Kee Han****

*Post-doc, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Senior Research Fellow, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

***Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, University of Ulsan

†Corresponding author: keehankim@ulsan.ac.kr

Abstract

The Korean government has a plan to mandate zero-energy buildings in 2020 for public and 2025 for private buildings. In order to design a zero-energy building, insulation and airtightness, which are the most basic elements of passive house technology, are required, and the government has been accomplished this through step-by-step strengthening of related standards. In passive house with high thermal insulation and airtightness performance, the heat introduced into the building through solar radiation can be stored for a long time to keep the inside warm during winter. On the other hand, during summer, heat introduced into the building cannot be easily released to outside, so it is necessary to actively block solar radiation and high temperature outdoor air to prevent an increase of indoor temperature. Therefore, this study aims to derive an appropriate operation condition of passive house to maintain the indoor temperature at an suitable level according to the ventilation methods and solar shading conditions. As a result, under the conditions that the outdoor temperature was 28°C or less, the ventilation using a heat recovery ventilation system at daytime and natural ventilation at nighttime were selected for the most appropriate operation method. In addition, in the case of solar shading, it was found that blocking solar radiation at daytime using the blind and open the blind at nighttime to ensure natural ventilation were selected for the most appropriate solar shading condition.

Keywords: 제로카본 그린홈(Zero-Carbon Green Home), 환기(Ventilation), 외부전동블라인드(Exterior Venetian Blind), 실내 열환경(Indoor Thermal Environment)



OPEN ACCESS

Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.40, No.2, pp.25-36, April 2020
<https://doi.org/10.7836/kjes.2020.40.2.025>

pISSN : 1598-6411

eISSN : 2508-3562

Received: 24 March 2020

Revised: 20 April 2020

Accepted: 23 April 2020

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

우리나라 정부는 2020년에는 공공건축물, 2025년에는 민간건축물을 신축하는데 있어서 제로에너지건물 인증을 의무화하는 로드맵을 추진 중에 있다. 제로에너지건물을 구현하기 위해서는 패시브하우스의 요소기술 중에서 가장 기본이라 할 수 있는 단열성능과 기밀성능이 요구되며, 정부는 건축물의 에너지절약설계기준 등 관련 기준의 단계적 강화를 통해서 이를 이루어 가고 있다¹⁻³⁾. 높은 단열 및 기밀성능을 갖는 패시브하우스는 외부에서 유입된 일사 및 난방을 통해 실내로 유입된 열을 장시간 보존하여 겨울철에는 실내를 따뜻하게 유지한다. 반면에 여름철에는 실내로 유입된 열이 외부로 쉽게 빠져나가지 않기 때문에 실내온도의 상승을 막기 위하여 적극적으로 일사유입 및 고온의 외기유입을 차단할 필요가 있다⁴⁾. 또한 건물에서 환기방식은 창을 통한 자연환기^{5,6)}와 기계환기⁷⁾ 그리고 자연환기와 기계환기를 병행하는 하이브리드환기⁸⁾로 구분되며, 에너지절약 및 재실자의 쾌적을 위하여 각각의 방식에 맞는 적정 운영방법을 도출할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 국내에 소재한 패시브하우스인 제로카본 그린홈을 대상으로 여름철 하이브리드환기 및 일사차폐에 따른 실내온도 분포를 실측 및 평가하였다. 이는 향후에 패시브하우스에 적합한 시스템설계 및 운영방법을 제안하는데 있어서 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 연구 방법

2.1 제로카본 그린홈의 개요

우리나라 수도권에 위치한 제로카본 그린홈⁹⁾은 총 15세대로 구성된 패시브하우스 및 신재생에너지의 융합형 공동주택이다. 제로카본 그린홈은 패시브하우스 요소기술의 최적설계 및 배치를 위한 통합설계 개념을 도입하여, 기존 공동주택 대비 87%의 난방에너지 및 80%의 전력을 절감하도록 지어졌다. 제로카본 그린홈에 적용된 주요 건물외피 요소기술의 개요는 Table 1¹⁰⁾과 같으며, Fig. 1은 각 실에 설치된 환기시스템을 보여주고 있다. 환기시스템은 각 실 제어 폐열회수 환기시스템으로 환기효율이 81%이다.

Table 1 Thermal properties of Zero-Carbon Green Home

Category		Thermal property
Window system	Openable & sliding window	0.89 [W/m ² · K]
	Blind integrated window	0.79 [W/m ² · K]
	Vacuum-insulated window	0.83 [W/m ² · K]
Exterior insulation system	HIBEC	0.15 [W/m ² · K]
	EIFS-1 (VIP)	0.15 [W/m ² · K]
	EIFS-2 (PUR)	0.15 [W/m ² · K]
Shading	Exterior venetian blind	-
Door	High performance glass door	0.8 [W/m ² · K]

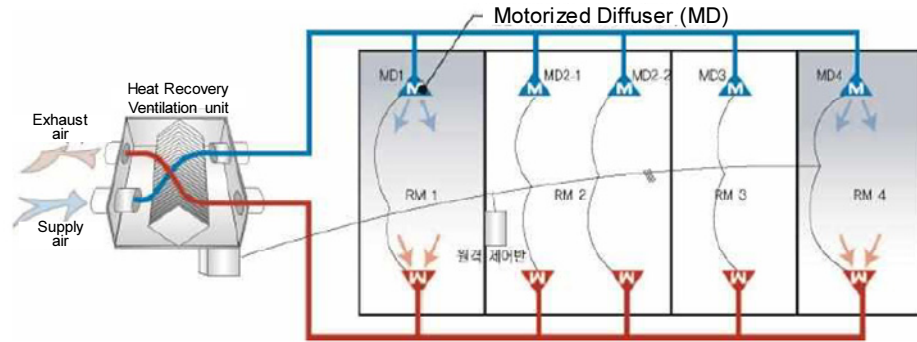


Fig. 1 Ventilation system

2.2 실험 개요

제로카본 그린홈의 기준층을 선정하여 여름철의 운영조건에 따른 실내 열환경을 평가하였다. 실내온도분포 측정실험은 2013년 8월 8일부터 9월 6일까지 수행하였으며, 이 기간은 주간의 평균 외기온도가 실내 냉방설계 온도인 $28^{\circ}\text{C}^{(2)}$ 이하로 외기를 통한 자연냉방이 가능한 기간이다. 측정세대는 Fig. 2와 같이 801호와 802호이며, 크기나 조건이 거의 동일한 세대이므로 비교실험 대상으로 선정하였다. 실내 열환경을 평가하기 위하여 각 세대에 30개의 온도센서를 설치하여 10분 단위로 측정하였다. 주요 측정위치는 거실과 각방 중앙의 공기온도, 동서남북의 외벽과 내벽 표면온도, 건물주변 외부 공기온도, 남측과 북측 유리창 표면온도와 자연환기, 전열교환기 내부공기온도 및 전열교환기로부터 실내로 공급되는 급기와 배기 등이다.

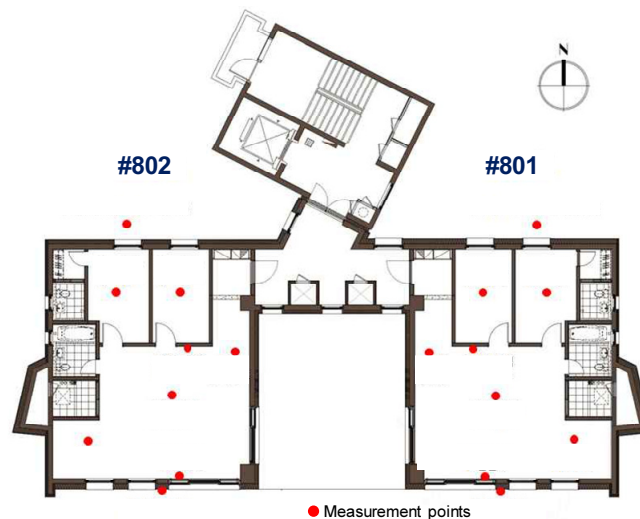


Fig. 2 Temperature measurement locations for room #801 and #802

실내 열환경 평가는 크게 3가지로 구분하여 수행하였다. 첫째로 환기방식에 따른 온도분포를 평가하였고, 둘째로 남측 창호에 설치된 외부전동 블라인드의 설정조건에 따른 온도분포를 평가하였다. 그리고 마지막으로 제

로카본 그린홈의 운영조건과 기존 주거환경의 운영조건에 따른 온도분포를 비교·평가하였다. 실험은 기본적으로 맑은 날(청천공)을 기준으로 수행하였으며, 매 실험 전 두 세대 간의 실내온도를 동일하게 설정하기 위하여 각각의 조건별 실험이 끝난 후 1일간 창을 모두 개방하고 외기를 이용하여 두 세대 내 실내온도를 맞추는 온도보정 과정을 거쳤다.

(1) 환기방식별 실내 열환경 평가

환기방식에 따른 실내 열환경 평가는 총 4가지로 Table 2와 같다. 본 실험의 목적은 패시브하우스에서의 여름철 환기방식이 실내온도 분포에 미치는 영향을 평가하여, 상대적으로 실내온도가 쾌적범위(23℃ ~ 25℃)에 드는 환기방식을 도출하기 위함이다. 모든 실험에서는 블라인드 슬랫을 45°로 하여 일사의 유입을 막으면서도 통풍은 가능하도록 설정하였다.

Table 2 Experiment cases according to ventilation types

Case	Room No.	Ventilation Type		Blind condition	Experiment Period
		Daytime	Nighttime		
Case 1	#801	Natural ventilation (cross ventilation)		45°	8/12 - 13 (Clear)
	#802	Natural ventilation (one side opening)		45°	
Case 2	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross vent.)	45°	8/23 - 24 (Clear)
	#802	Natural ventilation (cross ventilation)		45°	
Case 3	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross vent.)	45°	8/21 - 22 (Clear)
	#802	Heat recovery ventilation		45°	
Case 4	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross vent.)	45°	8/18 - 19 (Overcast)
	#802	Natural ventilation (cross ventilation)		45°	

먼저 환기방식별 실내 열환경 평가의 Case 1 실험에서는 자연환기 방식이 실내온도에 미치는 영향을 평가하였다. 801호는 모든 방위의 창호를 전면 개방하여 맞통풍 뿐 아니라 동측 창호를 통한 통풍으로 자연환기가 가능하도록 하였다(Fig. 3(a)). 한편, 802호는 남향의 창만을 개방하여 한 면을 통한 자연환기만이 가능하도록 하였다. 실험은 8월 12일 오전 9시부터 8월 14일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외온도를 측정하였다.

두 번째 환기방식별 실내 열환경 평가의 Case 2 실험에서는, 801호는 주간에는 창을 닫아 전열교환기를 통한 환기를 하는 한편(Fig. 3(b)), 야간에는 자연환기(맞통풍)을 하는 조건으로 설정하였다. 실험은 8월 23일 오전 9시부터 8월 25일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외온도를 측정하였다.

세 번째로 환기방식별 실내 열환경 평가의 Case 3 실험에서는, 801호는 주간에는 전열교환환기를 가동하고, 야간에는 자연환기(맞통풍)을 하는 한편, 802호는 하루종일 전열교환기를 이용한 환기조건으로 설정하였다. 실험은 8월 21일 오전 9시부터 8월 23일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외온도를 측정하였다.

마지막으로 환기방식별 실내 열환경 평가의 Case 4 실험은 기본적으로 Case 2와 설정조건은 동일하나, Case 2는 맑은 날에 실험한 한편, 본 Case 4는 흐린 날에 실험하였다. 실험은 8월 18일 오전 9시부터 8월 20일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외온도를 측정하였다.



Fig. 3 (a) Natural ventilation, (b) heat recovery ventilation system

(2) 블라인드 설정조건별 실내 열환경 평가

블라인드 설정조건에 따른 실내 열환경 평가는 총 3가지로 Table 3과 같다. 본 실험의 목적은 패시브하우스에서의 여름철 맑은 날에 블라인드 설정조건이 실내온도 분포에 미치는 영향을 평가하여, 상대적으로 실내온도가 쾌적범위(23°C ~ 25°C)에 드는 블라인드 설정조건을 도출하기 위함이다. 801호는 블라인드 슬랫을 45°로 조정하여 일사를 차폐하도록 설정하였고, 802호는 블라인드를 개방하여 일사를 실내에 유입하도록 하였다.

Table 3 Experiment cases according to blind setting

Case	Room No.	Ventilation Type		Blind condition	Experiment Period
		Daytime	Nighttime		
Case 5	#801	Natural ventilation (cross ventilation)	Natural ventilation (cross ventilation)	45°	8/15 - 16 (Clear)
	Open				
Case 6	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross ventilation)	45°	9/4 - 5 (Clear)
	#802			Open	
Case 7	#801	Heat recovery ventilation	Heat recovery ventilation	45°	9/1 - 2 (Clear)
	#802			Open	

먼저 블라인드 설정조건별 실내 열환경 평가의 Case 5 실험에서는 두 세대 모두 하루종일 자연환기를 하는 조건 하에 801호는 블라인드로 일사를 차폐하고, 802호는 블라인드를 개방하여 일사를 유입하는 경우의 두 세대 간의 실내온도 차이를 평가하였다. 실험은 8월 15일 오전 9시부터 17일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외온도를 측정하였다.

두 번째 블라인드 설정조건별 실내 열환경 평가의 Case 6 실험에서는 두 세대 모두 주간에는 전열교환기를 가동하여 환기하고, 야간에는 자연환기를 하는 조건 하에서 일사차폐 유무(801호는 일사차폐, 802호는 일사유입)에 따른 두 세대 간의 실내온도 차이를 평가하였다. 실험은 9월 4일 오전 9시부터 6일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외 온도를 측정하였다.

마지막으로 블라인드 설정조건별 실내 열환경 평가의 Case 7 실험에서는 두 세대 모두 하루종일 전열교환기를 통한 환기를 하는 조건 하에서 일사차폐 유무(801호는 일사차폐, 802호는 일사유입)에 따른 두 세대 간의 실내온도 차이를 평가하였다. 실험은 9월 1일 오전 9시부터 3일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외 온도를 측정하였다.

(3) 제로카본 그린홈과 기존 주거환경의 운영조건에 따른 실내 열환경 평가

제로카본 그린홈과 기존 주거환경의 운영조건에 따른 실내 열환경 평가는 총 2가지로 Table 4와 같다. 본 실험의 목적은 패시브하우스인 제로카본 그린홈에서 앞선 (1)과 (2)의 연구결과로부터 도출된 환기 및 블라인드 운영방식을 적용한 경우와 기존 주거환경의 통상적인 운영방식을 적용한 경우를 비교하여 실내 열환경을 평가하기 위함이다.

Table 4 Experiment cases according to operation conditions of passive house and ordinary house

Case	Room No.	Ventilation Type		Blind condition	Experiment Period
		Daytime	Nighttime		
Case 8	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross ventilation)	45° Open	8/29 (Clear)
	#802	Natural ventilation (cross ventilation)	No ventilation	Open	
Case 9	#801	Heat recovery ventilation	Natural ventilation (cross ventilation)	45° Open	9/6 (Clear)
	#802	Natural ventilation (cross ventilation)		Open	

먼저 제로카본 그린홈의 운영조건을 적용한 Case 8과 9의 실험대상 세대인 801호는 여름철에 쾌적한 실내온도를 유지하기 위하여 맑은 날의 주간에는 창을 닫아 전열교환기를 통한 환기를 수행하였고, 야간에는 맞통풍인 자연환기를 적용하였다. 또한, 주간에는 블라인드 슬랫을 45°로 하여 일사유입을 차단하였으며, 야간에는 블라인드를 개방하여 자연환기가 잘 이루어지도록 하였다. 한편, 비교실험 대상인 기존 주거환경으로 설정한 802호의 Case 8과 9의 운영조건은 다음과 같다. Case 8에서는 블라인드를 개방한 상태에서 주간에는 자연환기를 수행하고, 야간에는 창을 닫아 환기를 하지 않는 경우로 설정하였고, Case 9에서는 하루종일 블라인드를 개방한 상태에서 자연환기를 수행하는 경우로 설정하였다. 실험은 Case 8의 경우는 8월 29일 오전 9시부터 30일 오전 9시까지, Case 9의 경우는 9월 6일 오전 9시부터 10일 오전 9시까지 두 세대 간의 실내외 온도를 측정하였다.

3. 연구 결과

3.1 환기방식별 실내 열환경 평가결과

자연환기 방식에 따른 실내온도 평가실험(Case 1)의 결과는 Fig. 4(a)와 같다. 세대 내의 모든 창을 개방하여 맞통풍 자연환기를 하는 801호가 남측창만을 개방하여 한 면 개방으로 자연환기를 하는 802호보다 실내온도가 낮게 분포하였다. 801호 거실중앙의 공기온도는 주간에 최고 28.8°C까지 올랐으나 야간에는 자연냉방으로 22.4°C까지 떨어졌고, 802호 거실중앙의 공기온도는 주간에 최고 28.6°C까지 올랐으나 야간에는 24.1°C까지 떨어졌다. 자연환기의 경우에는 주간 실내온도 분포는 서로 유사하였으나, 야간시간은 801호가 802호보다 최고 1.7°C 낮게 나타나, 801호의 맞통풍이 802호의 한 면 개방보다 자연냉방 효과가 있는 것으로 평가되었다.

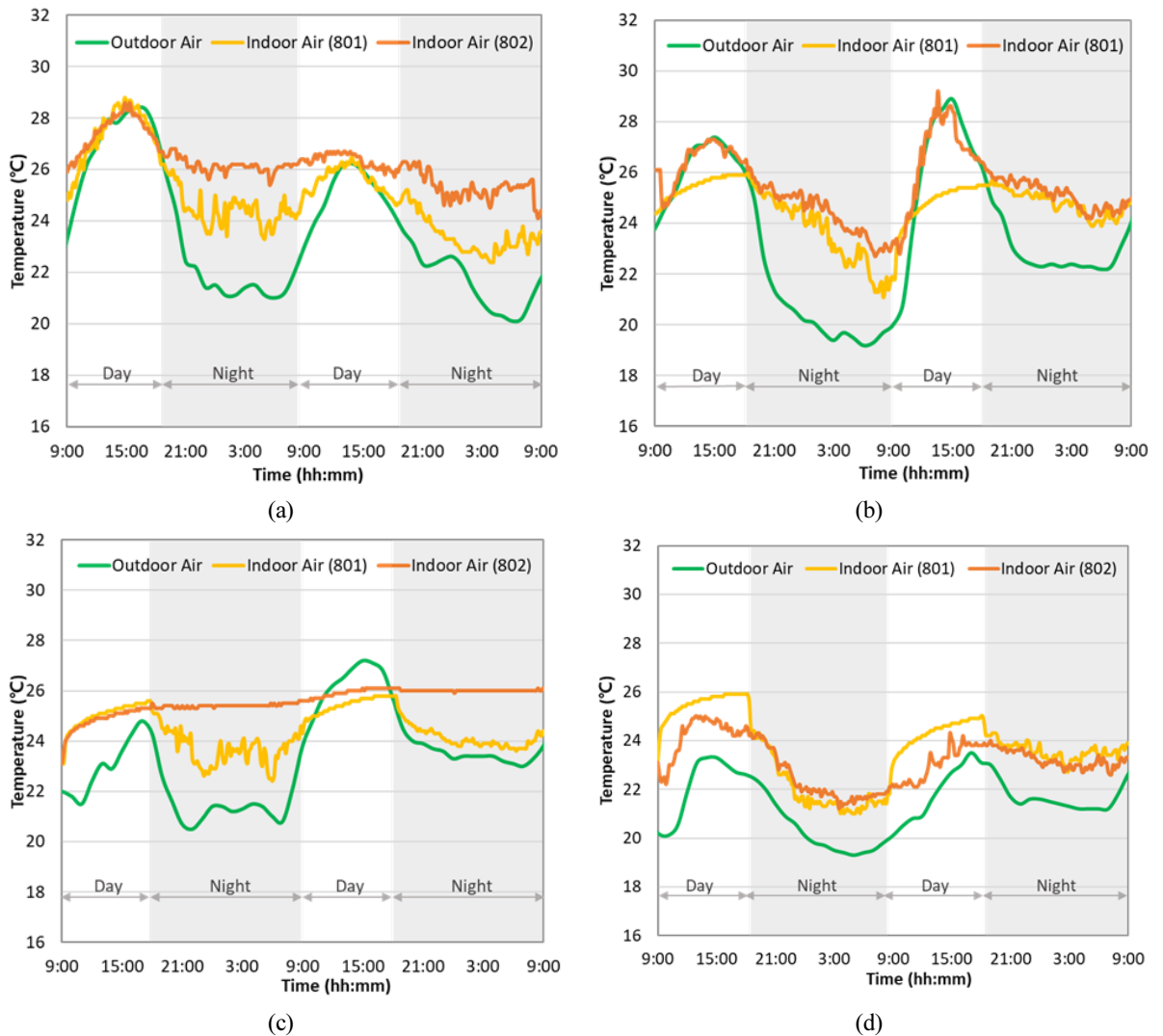


Fig. 4 Indoor air temperature difference between #801 and #802: (a) Case 1, (b) Case 2, (c) Case 3, (d) Case 4

주간에는 전열교환기를 통해 환기를 하고 야간에는 자연환기를 한 801호와 하루종일 자연환기를 한 802호의 실내온도 평가실험(Case 2)의 결과는 Fig. 4(b)와 같다. 주간에는 창을 닫아 전열교환 환기를 하고 야간에는 자연환기를 한 801호의 경우, 거실중앙의 공기온도는 최고 26.0°C까지 올랐으나 야간에는 자연냉방으로 21.1°C로 떨어졌다. 한편, 하루종일 자연환기를 한 802호의 경우, 거실중앙의 공기온도는 주간에 최고 29.2°C까지 올랐으나 야간에는 22.7°C까지 떨어졌다. 두 세대를 비교하면, 주간의 경우에는 801호의 실내온도가 3.2°C 정도 낮게 분포하였으나, 야간에는 두 세대 모두 자연환기를 통해 비슷한 실내온도를 유지하고 있는 것으로 평가되었다.

주간에는 전열교환기를 통한 환기 그리고 야간에는 자연환기를 한 801호와 하루종일 전열교환기를 이용한 환기를 한 802호의 실내온도 평가실험(Case 3)의 결과는 Fig. 4(c)와 같다. 주간은 전열교환 환기를 하고 야간은 자연환기를 한 801호의 경우, 거실중앙의 공기온도는 최고 25.8°C까지 올랐으나 야간에는 자연냉방으로 22.4°C까지 떨어졌다. 한편, 하루종일 전열교환기로 환기를 한 802호의 경우, 거실중앙의 공기온도는 주간에 최고 26.1°C까지 올랐으나 야간에도 낮아지지 않고 26.0°C를 유지한 것으로 나타났다. 두 세대 모두 주간의 온도분포는 서로 유사하였으나 야간의 경우에는 자연환기의 경우(801호)가 전열교환기를 통한 환기보다 최고 2.8°C 낮게 분포한 것으로 나타났다.

Case 4는 Case 2와 동일한 운영조건이나 Case 2는 맑은 날, Case 4는 흐린 날(담천공이자 비오는 날)에 수행하였다(Fig. 4(d)). Case 4의 실험 당일의 외기온도는 주간에는 최고 23.5°C이고 야간에는 19.3°C이었다. 해당 일에 801호의 경우에는 거실중앙의 공기온도가 주간에 최고 25.9°C이었고 802호의 경우에는 주간에 최고 25.0°C이었다. 야간에는 두 세대 모두 자연환기를 하였으므로 유사한 온도분포를 보였다. 본 결과로부터, 여름철에 외기온도가 낮은 흐린 날의 경우에는, 주간에 창을 닫고 전열교환기를 통한 환기를 하는 것보다 자연환기를 하는 것이 실내온도를 더 낮게 유지 가능한 것으로 평가되었다.

3.2 블라인드 설정조건별 실내 열환경 평가결과

자연환기 조건 하에서 블라인드의 일사차폐 유무에 따른 실내온도 평가실험(Case 5)의 결과는 Fig. 5(a)와 같다. 실험 결과, 남측 창의 외부전동 블라인드를 45°로 하여 일사유입을 차단한 801호와 블라인드를 개방하여 일사가 유입되도록 한 802호의 거실중앙의 공기온도는 거의 유사한 것으로 나타났다. 이는 여름철 남측의 태양고도가 높기 때문에 정남향인 창으로부터의 일사유입이 크지 않았으며, 이는 블라인드의 유무가 실내온도에 미치는 영향이 크지 않다는 것으로 해석 가능하다. 또한, 두 세대의 실내온도 차이의 원인으로는 맞통풍에서 두 세대의 측벽에 위치한 창호의 향이 서로 다르기 때문에 열취득 시간도 상이하여 발생한 것으로 판단된다. 동측 세대인 801호는 오전에 동측 벽체의 열취득 및 동측 창을 통한 외기유입으로 실내온도가 급하게 상승하여 오후 3시에는 서측 세대인 802호보다 약간 높게 나타났으나, 그 이후에는 온도가 급하게 낮아졌다. 반면, 서측 세대인 802호는 오전에 일사로 인한 열취득이 적어서 실내온도가 801호에 비해 느리게 상승하였으나, 오후에는 서측 벽체의 열취득 및 서측 창호를 통한 외기유입으로 실내온도가 천천히 낮아졌고, 야간에는 801호보다 높게 나타났다.

주간에는 전열교환기를 이용한 환기, 야간에는 자연환기의 조건 하에서 블라인드의 일사차폐 유무에 따른 실내온도 평가실험(Case 6)의 결과는 Fig. 5(b)와 같다. 실험 결과, 블라인드로 일사를 차단한 801호의 경우, 거실 중앙의 공기온도는 주간에 최고 25.7°C까지 올랐으나, 블라인드를 개방하여 일사가 유입되는 802호의 경우에는 26.9°C로 1.2°C 높은 것으로 나타났다. 또한, 야간에는 두 세대 모두 맞통풍의 자연환기 조건이며, 일사의 영향도 없었으므로 온도차는 거의 발생하지 않았다.

하루종일 전열교환기를 통한 환기를 하는 조건 하에서 블라인드의 일사차폐 유무에 따른 실내온도 평가실험(Case 7)의 결과는 Fig. 5(c)와 같다. 실험 결과, 주간에 일사유입을 차단한 801호의 거실중앙의 공기온도는 최고 26.0°C로, 일사유입을 허용한 802호(27.3°C)보다 1.3°C의 낮은 것으로 나타났다. 야간에도 창을 닫고 전열교환기를 이용한 환기를 하였으므로 두 세대의 실내온도에 큰 차이는 없었다. 단지, 801호의 경우에는 실내온도가 다소 상승하는 경향이 있었으나, 블라인드를 개방한 802호의 경우에는 실내온도가 소폭으로 낮아지는 경향이 나타났다.

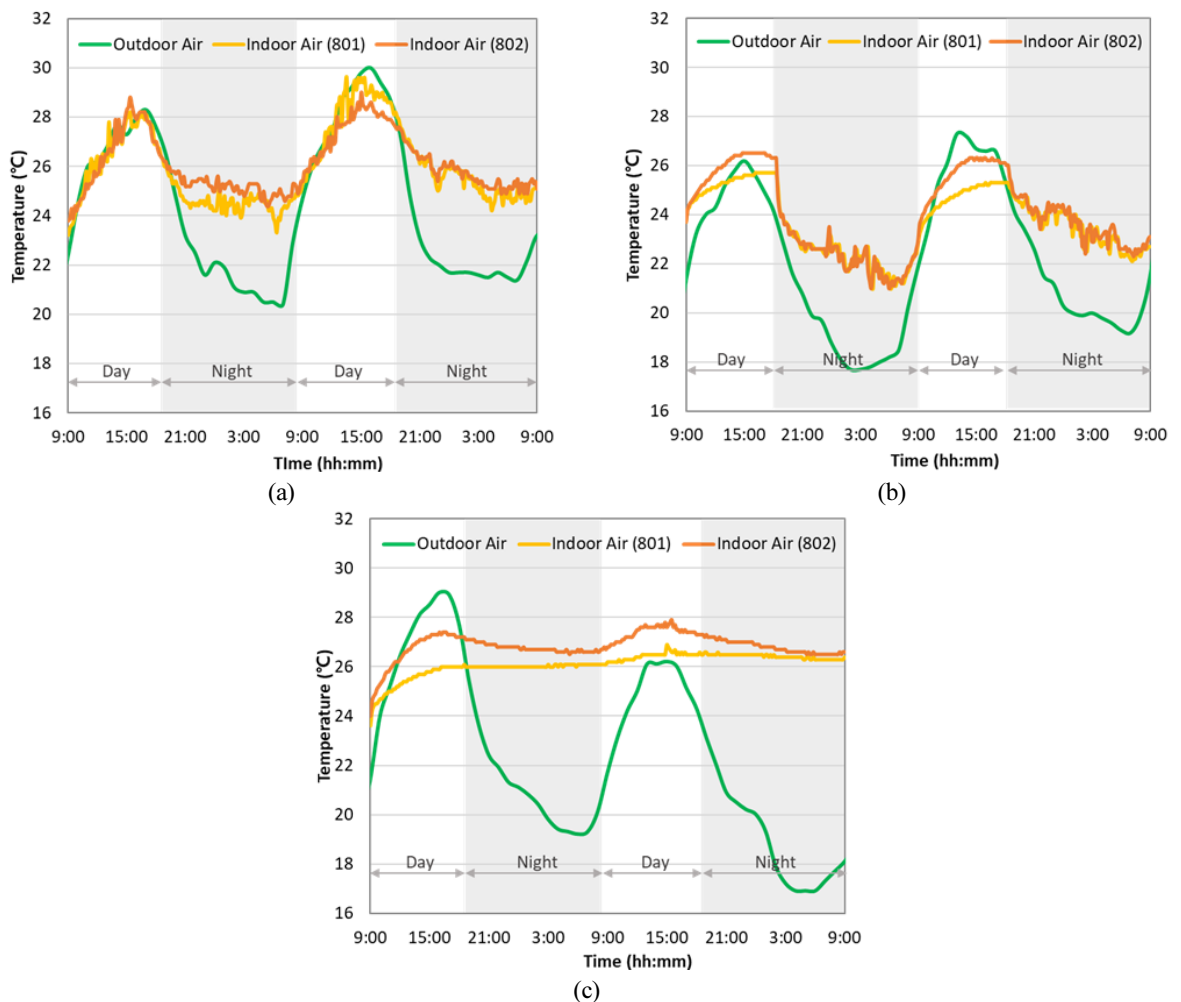


Fig. 5 Indoor air temperature difference between #801 and #802: (a) Case 5, (b) Case 6, (c) Case 7

3.3 제로카본 그린홈과 기존 주거환경의 운영조건에 따른 실내 열환경 평가결과

제로카본 그린홈의 운영조건과 기존 주거환경에서의 운영조건을 비교한 평가실험(Case 8)의 결과는 Fig. 6(a)와 같다. 실험 첫째 날인 8월 29일에, 주간의 외기온도가 23.1°C에서 최고 29.2°C로 상승하는 동안, 제로카본 그린홈의 운영조건인 전열교환기를 이용하여 환기를 하면서 일사유입을 차단한 801호의 거실중앙의 공기온도는 24.3°C에서 최고 26.2°C로 1.9°C 만큼 상승한 반면, 기존 주거환경의 운영조건으로 자연환기를 하면서 일사유입을 허용한 802호의 거실중앙의 공기온도는 24.5°C에서 최고 28.3°C로 4.0°C 만큼 상승하였다. 이 때, 두 세대 간의 온도차는 801호가 최고 2.5°C 낮은 것으로 나타났다. 야간에는 외기온도가 17.8°C까지 낮아지는 동안, 제로카본 그린홈의 운영조건인 자연환기를 한 801호의 경우, 거실중앙의 공기온도도 하강하여 21.2 ~ 23.5°C로 나타났으며, 기존 주거환경의 운영조건인 창을 닫고 환기를 하지 않은 802호의 경우에는 거실중앙의 공기온도가 26.5 ~ 26.8°C로 비교적 높은 실내온도를 유지한 것으로 나타났다. 이 때, 두 세대 간의 온도차는 801호가 3.0 ~ 5.0°C 낮은 온도분포로 나타났다.

시험 둘째 날인 8월 30일에, 주간의 외기온도는 23.1°C에서 최고 28.4°C로 5.3°C 만큼 상승하는 동안, 제로카본 그린홈의 운영조건인 전열교환환기를 이용하여 환기를 하면서 일사유입을 차단한 801호의 거실중앙의 공기온도는 24.5°C에서 최고 26.1°C로 1.6°C 만큼 상승한 반면, 기존 주거환경의 운영조건으로 자연환기를 하면서 일사유입을 허용한 802호의 거실중앙의 공기온도는 25.5°C에서 최고 28.2°C로 2.7°C 만큼 상승하였다. 이 때, 두 세대 간의 온도차는 801호가 최고 2.8°C 낮은 온도분포로 나타났다. 야간에는 외기온도가 18.9°C까지 낮아지는 동안, 제로카본 그린홈의 운영조건인 자연환기를 한 801호의 경우, 거실중앙의 공기온도도 하강하여 25.2°C에서 22.4°C까지 낮아졌으며, 기존 주거환경의 운영조건인 창을 닫고 환기를 하지 않은 802호의 경우에는 거실중앙의 공기온도가 26.9 ~ 27.2°C로 비교적 높은 실내온도를 유지한 것으로 나타났다. 이 때, 두 세대 간의 온도차는 801호가 2.0 ~ 4.0°C 낮은 온도분포로 나타났다.

제로카본 그린홈의 운영조건과 기존 주거환경에서의 운영조건을 비교한 평가실험(Case 9)의 결과는 Fig. 6(b)와 같다. 실험기간 동안 주간의 외기온도는 21.5°C에서 최고 29.4°C로 7.9°C 만큼 상승하는 동안, 제로카본 그린홈의 운영조건인 전열교환기를 이용한 환기를 하면서 일사유입을 차단한 801호의 거실중앙의 공기온도는 22.8°C에서 최고 26.3°C로 3.5°C 만큼 상승한 반면, 기존 주거환경의 운영조건으로 자연환기를 하면서 일사유입을 허용한 802호의 거실중앙의 공기온도는 23.5°C에서 27.9°C로 4.4°C 만큼 상승하였다. 이 때, 두 세대간의 온도차는 801호가 최고 2.8°C 낮은 온도분포로 나타났다. 야간에는 제로카본 그린홈과 기존 주거환경이 모두 자연환기로 동일한 운영조건이므로 실내온도 분포도 유사하게 나타났다. 외기온도가 25.1°C에서 17.7°C까지 낮아지는 동안, 801호의 거실중앙 공기온도는 25.8°C에서 21.9°C로 낮아졌으며, 802호의 거실중앙 공기온도는 26.1°C에서 21.4°C로 낮아져서, 두 세대 간의 온도차는 1°C 미만이었다.

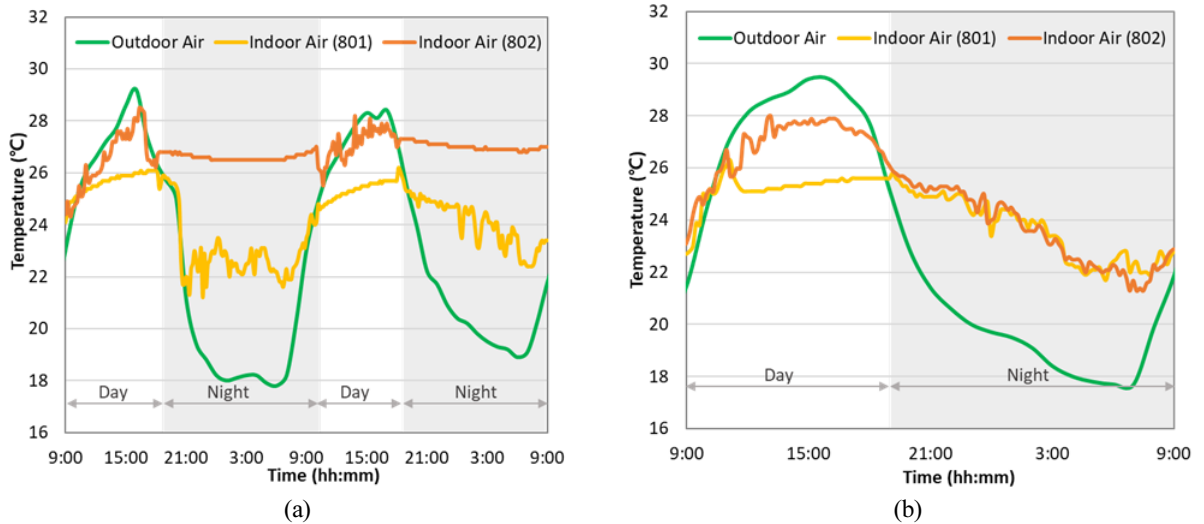


Fig. 6 Indoor air temperature difference between #801 and #802: (a) Case 8, (b) Case 9

4. 결론

본 연구는 제로카본 그린홈을 대상으로 하여 패시브하우스에서의 환기방식 및 블라인드의 운영조건이 실내 온도 분포 형성에 미치는 영향을 파악하고, 실내온도를 적정수준으로 유지할 수 있는 방안을 도출하고자 실험 및 평가를 수행하였다. 실험 및 평가 결과, 외기온도가 28°C 이하의 조건 하에서, 환기방식은 야간에 외기를 이용하여 실내공기를 자연냉각하고, 주간에는 서늘해진 실내의 공기온도를 유지하기 위하여 창문을 닫고 전열교환기를 가동하여 환기하는 방안이 실내온도를 가장 낮게 유지할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 블라인드의 경우, 주간에는 45°로 일사유입을 차폐하고, 야간에는 완전히 개방하여 자연환기가 잘 이루어지도록 설정하는 것이 실내의 공기온도를 가장 낮게 유지할 수 있는 운영방안인 것으로 나타났다.

본 연구는 여름철의 패시브하우스(“제로카본 그린홈”)에서의 실내온도를 분석하여 실내 열환경을 평가하였다. 그러나 실제로 재실자가 느끼는 온열 쾌적감은 공기온도 뿐만 아니라, 복사온도, 기류속도, 습도 등의 영향도 받게 된다. 따라서 향후 연구에서는 제로카본 그린홈에서의 PMV 측정을 통해 도출된 운영방안에 대한 재실자의 쾌적감에 대한 연구도 함께 수행할 계획이다.

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (No. 2018R1C1B5083359) and by Ministry of Science and ICT (The KICT project code: 20200037-001).

REFERENCES

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Green Buildings Construction Support Act, 2020.
2. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Building Energy-saving Design Standard, 2018.
3. Oh, D. S., The insulation and airtightness of passive house, The Magazine of Korean solar Energy Society, Vol. 16, No. 1, pp. 23-32, 2018.
4. Park, K. T., A Study on the Characteristics of Ventilation Performance of Passive House, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 41, No. 4, pp. 38-46, 2012.
5. Lee, H. S., Kim, S. H., and Choi, J. M., A Study on the Natural Cooling Effect by Ventilation Control Mode of Window at School Classroom, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 38, No. 4, pp. 67-76, 2018.
6. Cho, J. K., Hong, M. H., and Yoo, C. W., Effective Openable Area and Position of Windows for High-rise Residences with (Single-sided) Natural Ventilation, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 26, No. 8, pp. 247-254, 2010.
7. Yee, J. J. and Kim, S.K., Study on an Energy-efficient Outdoor Air Supply Operation Control Method of Apartment Heat Recovery Ventilation System, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 25, No. 6, pp. 295-302, 2009.
8. Lee, Y. J., Leigh, S. B., and Lee, K. H., A Study on the Operational Strategy for Hybrid Ventilation System in Apartment Unit Focused on Indoor Air Quality, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 4, No. 3, pp. 203-210, 2004.
9. Cho, D. W., Yu, J. Y., Jung, J. W., and Paik, J. H., Infrastructure Establishment and Practical Application for Zero Carbon Green Home, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2014.
10. Cho, D. W., The Study on the Operation for the Energy Consumption Certificate, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2012.