



재난·재해 시 이재민을 위한 이동형 에너지 셸터하우스 (MeSH) 계획  
-실내 온열환경 성능을 중심으로-

Mobile Energy Shelter House (MeSH) for victims when a disaster occurs  
- Focused on Indoor Thermal Environmental Performance -

신화연\* · 김정국\*\* · 김종훈\*\*\* · 정학근\*\*\*\* · 장철용\*\*\*\* · 홍원화\*\*\*\*

Shin, Hwayeon\* · Kim, Jeonggook\*\* · Kim, Jonghun\*\*\* · Jeong, Hakgeun\*\*\*\* · Jang, Cheolyong\*\*\*\* · Hong, Wonhwa\*\*\*\*

\* Dept. of Architectural Engineering, Kyungpook National Univ., South Korea (shyyeon93@gmail.com)  
\*\* Dept. of Architectural Engineering, Sungkyunkwan Univ., South Korea (kjk1568@gmail.com)  
\*\*\* Corresponding author, Building Energy Research Center, KIER, South Korea (jonghun@kier.re.kr)  
\*\*\*\* Building Energy Research Center, KIER, South Korea (hgjeong@kier.re.kr)  
\*\*\*\* Building Energy Research Center, KIER, South Korea (cyjang@kier.re.kr)  
\*\*\*\*\* Dept. School of Architecture&Civil Engineering, Kyungpook National Univ., South Korea (hongwh@knu.ac.kr)

ABSTRACT

Development of temporary housing for victims whose house damaged is required. In this study is to plan temporary house space 'Mobile Energy Shelter House ;MeSH' that can be inhabited for a long time. And measure the indoor Environmental performance. 'Mobile Energy Shelter House : MeSH' was made by reflecting Passive Design, Universal Design. Also, thermal insulation that meets the 'Korea standard insulation' for use low energy. Winter season, measuring temperature, humidity, air velocity and radiation temperature when floor heating that temperature controllers were installed is used. Confirmed the data for the 8:00pm to 8:00am because evening hours are expected as residents live. Average outdoor temperature was -11.3℃ and Indoor temperature was from 16.09℃ to 20.63℃. Calculated the TDRi of the window surface for checked condensation risk. TDRi value was 0.185. Furthermore, PMV value was -0.08 to -0.85. It was satisfied to ISO comfort criterion ranged.

KEYWORD

모바일 에너지 셸터 하우스  
온열환경성능  
예상환경온열감(PMV)

Mobile Energy Shelter House (MeSH)  
Thermal Environmental Performance  
PMV

ACCEPTANCE INFO

Received October 8, 2014  
Final revision received December 12, 2014  
Accepted December 15, 2014

© 2014 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

예측할 수 없는 다양한 재난·재해의 발생으로 주거공간의 피해규모가 커지고 있다. 주택(House)은 인간 생활의 기본기능을 수행하는 주거의 공간이며, 외부로부터의 피난처(Shelter) 역할을 한다.

기상이변, 사회적 문제 등 다양한 이유로 재난·재해가 발생하고, 그에 따른 피해규모는 점차 커지고 있다. 이와 같은 이유로 이재민이 발생되며 주택은 본래의 기능이 상실된다. 자신의 터전을 잃은 이재민에게 긴급복지 차원에서 주거환경확보가 우선적으로 마련되어야 한다. 현재는 재난 발생 후, 컨테이너하우스와 같은 임시주거공간만이 제공된다. 기본적인 공간 보급에서 더 나아가 에너지를 비롯한 적정수준의 실내 환경을 갖춘 임시주거공간을 제공하는 쪽으로 범위를 넓힐 필요성이 있다.

한국의 자연재해에 따른 이재민 발생 수는 2009년까지 급격하게 증가하였고, 2012년에는 큰 자연재해의 피해가 없어 이재민의 발생

수는 줄었다. 하지만 2012년 주택피해 규모는 예기치 못한 사회적 재난 및 산간지방의 취약한 지리적 조건으로 인하여 그 피해 규모가 점차 커짐을 알 수 있다. 연도별 자연재해에 따른 이재민 발생수와 주택 피해규모는 Fig. 1 과 같다.



Fig. 1. Victims caused & House Damage by year

이에 본 연구는 재난 시, 이재민의 생활안정을 위하여 기존의 임시 주거공간 보급에서 나아가 이재민들의 생활 쾌적도 및 안정화를 위한 임시주거를 계획하고 제작하여 겨울철 실내 온열환경을 분석하였다.

### 1.2. 임시주거 현황

국내에서 재난·재해 발생 시의 근거 법령으로 안전행정부의 ‘재난 및 안전관리 기본법 (2014)’과 소방방재청 ‘재난구호 및 재난복구 비용 부담기준 등에 관한규정(2014)’ 등이 있다. 하지만 이 근거법령에서는 이재민의 주택 개·보수기간 동안의 임시주거 마련 및 보급 지원 대책은 마련되어 있지 않다.

‘재난 및 안전관리 기본법’ 제 4조 1항에는 ‘국가와 지방자치단체는 재난이나 그 밖의 각종 사고로부터 국민의 생명·신체 및 재산을 보호할 책무를 지고, 재난이나 그 밖의 각종 사고를 예방하고 피해를 줄이기 위하여 노력하여야 하며, 발생한 피해를 신속히 대응·복구하기 위한 계획을 수립·시행하여야 한다.’ 라고 명시되어있다. 이와 같은 조항을 근거로 들어, 이재민들을 위한 임시주거 관련 법령을 추가적으로 제시하여 정부나 자치단체의 적극적인 개입이 필요하다.

최근 임시주거에 따른 연구들을 살펴보면, 재난·재해 발생 시 쉽게 적용될 수 있는 ‘유닛 모듈러 건축’ 연구를 활발히 진행하고 있다. 대표적인 예로 2010년 연평도 포격사건 당시 재해재난구조협회에서 모금된 성금으로 임시주거를 제작하여 보급하였다.

모듈러 건축은 생산성이 높고 신속한 이동을 위한 규격화가 가능하다. 재난 예방대책으로 임시주거를 조립형으로 마련하는 시스템을 구축하면 재난 발생 후 신속한 대응이 가능하다고 사료된다.

### 1.3. 기존 논문 고찰

임시주거를 제작하기 위해서는 임시주거를 사용한 이재민들의 요구 사항들을 최대한 반영하여야한다.

문정인 외 3인의 2012년 ‘연평도 임시주거시설 실태 및 면담조사 연구’에 따르면, 임시주거에 대한 거주자의 만족도에서 임시주거 공간의 크기에 따른 불만족(86%)이 제일 많은 응답수를 보였다. 가족 구성원간의 프라이버시와 가전 및 가구의 배치 불가능으로 2인 이상 거주하기에 임시주거공간이 협소하다는 것이다. 이 당시 연평도에서 임시주거시설에 거주하는 성별 구성은 여성 68%, 남성 32%, 연령대는 50대가 28%, 그 다음으로 70~80대 그리고 30대가 각각 16%의 인구구성을 나타냈다.

박연직, 2004년 ‘재해지역 주민의 임시주거실태에 관한 연구 : 강원 영동 태풍지해지역을 중심으로’의 연구내용을 따르면 자연재해 ‘태풍 루사’ 발생 후 보급된 임시주거는 실내 환경이 고려되지 않은 일반적인 컨테이너하우스였다.

자연재해 ‘태풍 루사’와 인적재해 ‘연평도포격사건’ 발생 후 보급된 임시주거에 관한 내용을 Table 1과 같이 비교하였다.

Table 1. Compare Temporary Housing provided in the past

	Typhoon ‘Rusa’(2002)	Yeonpyeongdo (2010)
Disaster type	Nature Disaster	Social Disaster
Temporary Housing	Container	Assembly House
Size	18m <sup>2</sup>	18m <sup>2</sup>
Space	Room	Room, Kitchen, Toilet
Delivery Period	About 1years	About 48 days
Residence term	About 2 years	About 2 years
Support	Government	Disaster Relief Association

‘태풍 루사’ 발생 후 보급된 임시주거는 일반 컨테이너(18m<sup>2</sup>)를 개조한 임시주거로써 거실로만 이루어져 있고, ‘연평도포격사건’ 직후 보급된 임시주거는 방, 주방, 화장실이 포함되어 계획된 조립주택(18 m<sup>2</sup>)을 보급한 점이 가장 큰 차이점으로 확인 하였다. 또한 2002년 ‘태풍 루사’ 이후 2003년 또 다른 태풍의 영향으로 임시주거는 대략 2년 이상 사용되었고, 연평도 포격사건 이후 보급된 임시주거용 조립주택 또한 2012년 2월경까지 사용되었다. 이 기간은 대다수의 이재민들이 주택 복구 후, 철거를 시작한 시점으로 소수의 이재민들은 상당 기간 동안 임시주거를 사용하였다.

기존의 연구된 문헌에서 더 나아가 주거공간의 실내온열환경 측면까지 고려한 임시주거 ‘이동형 에너지 셸터 하우스 (MeSH)’를 계획하였다.

## 2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 재해·재난 시 긴급복지지원 측면의 임시주거공간의 계획 및 실내온열환경 성능을 확인하기 위하여 다음과 같은 절차로 연구를 진행하였다.

첫째, 기존문헌을 통하여 재난재해 취약지역 및 임시주거의 개념과 현황을 고찰한다.

둘째, 국토해양부 최저주거기준을 기초로 임시주거공간 모듈을 계획하고 설계한다.

셋째, 계획설계 된 임시주거공간을 실시 제작하여 실내온열환경 성능(온도 및 습도, PMV)을 측정한다.

넷째, 위 결과를 종합하여 국내에서 발생하는 재해·재난 발생 시 적합한 임시주거공간의 필요성과 향후 방향성을 제시한다.

## 3. 임시주거 계획

### 3.1. 에너지 절약형 이동형 하우스 모듈 설계개요

임시주거의 신속한 이동을 위해 국내 도로교통법의 도로 너비 3.2m를 참고하여 필요한 공간들을 모듈화 하였다. 모듈 공간은 거실 RM (Room Module), 화장실 TM (Toilet Module), 주방 KM (Kitchen Module) 총 3 타입으로 설정하였다. RM, TM, KM 모듈은 Fig. 2와 같이 다양한 기본조합이 가능하도록 구성되어있다. 또한, 복도형식의 모듈 타입은 4인 이상의 구성원이 사용할 경우에 필요한 모듈을 더 연결할 수 있는 가능성을 열어 놓았다.

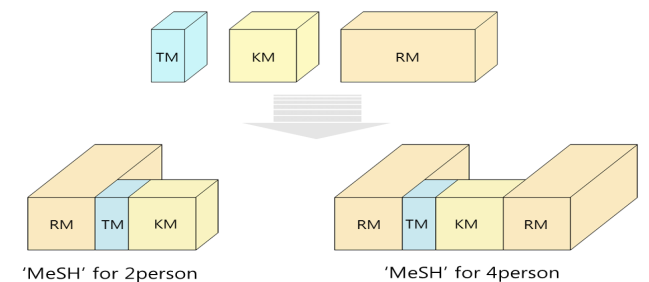


Fig. 2. ‘MeSH’ Module Combination

주어진 RM, TM, KM의 조합모듈의 면적은 거주자 2인을 기준으로 계획 되었다. 각각의 모듈 외부 치수를 기준으로 RM=3m(가로)×6m(세로)×3m(높이), TM=1.5m(가로)×3m(세로)×3m(높이), KM=3m(가로)×3m(세로)×3m(높이)이다. 이를 조합 했을 시 중심선 기준 면적은 28.4㎡으로 국토교통부 최저 주거기준 2인가구의 표준면적인 26㎡을 만족한다. 각 모듈의 면적은 Table 2와 같다.

Table 2. Area of the 'MeSH' Module

Type	RM	TM	KM
Dimension	3m×6m×3m	1.5m×3m×3m	3m×3m×3m
Area	15.61㎡	2.10㎡	7.43㎡
Minimum Standard Area	8.12~8.88㎡	2.03~2.43㎡	3.68~4.31㎡
Minimum Standard Area		Entire Area	
26㎡		28.4㎡	

### 3.2. 설계 적용 요소

조합모듈의 기본 공간 계획으로는 RM+TM+KM의 최적화를 위하여 복도형으로 내부 평면을 계획하였다. Fig. 3과 같이 맞통풍을 적용하였고, 다른 모듈로의 접근성을 쉽게 하기 위하여 복도 공간을 만들어, 재실자가 쾌적한 생활을 할 수 있도록 하였다.

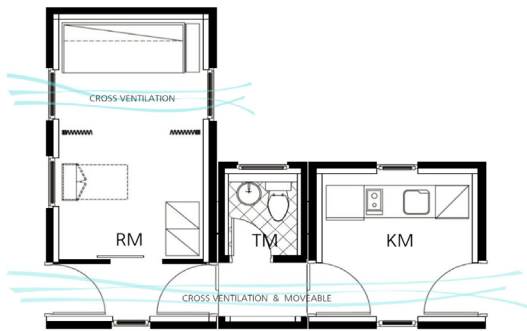


Fig. 3. Mobile Energy Shelter House Plan


조합모듈 설계 시, Table 3 과 같이 중점과제 내용을 실시 설계 및 세부요소에 반영하였다.

Table 3. Design Details

Architectural Design	Passive Design	Heat Recovery Unit Space plan South-facing Windows
	Universal Design	Ceiling Height more than 2.3m Passage width more than 900mm
Energy Performance	U-value	Southern Region Standard Satisfaction
	Confidential Performance	Confidentiality Turn&Tilt Window

각 요소들을 고려하여 MeSH를 전라남도 무주군에 실시 제작하였다. 주거실인 RM의 외관과 외피 단열성능은 Table 4와 같다.

Table 4. Insulation of external wall

RM (MeSH)	U-value (Southern Region Standard)	
	Wall	0.31 W/m²K (0.34 W/m²K)
	Window	2.40 W/m²K (2.40 W/m²K)
	Door	2.70 W/m²K (2.40 W/m²K)

## 4. MeSH 실내온열환경 성능

### 4.1. 측정 개요

이동형 에너지 셸터 하우스 'MeSH'는 전라북도 무주군에 설치되었고, 주거공간에 해당되는 RM모듈을 선정하여 실험을 진행하였다. RM에 적용된 난방기기는 실내공기온도설정을 통해 제어 가능한 전기바닥판넬을 사용하였고, 설정온도 20℃의 조건으로 동절기 실내온열환경성능(2014년 2월)측정을 진행 하였다. 그 중 'MeSH'의 실내온열환경성능의 대푯값으로 2014년 2월 4일에서 5일까지의 데이터를 선택하였다. 거주자의 실사용 패턴이 저녁시간대부터임을 예상하여 오후 8:00부터 오전 8:00 15분 간격으로 측정이 진행되었다. 또한 한국의 지리적 특성에 따라 여름철의 자연재해로 인한 주택 소실이 큰 점과 재난·재해 발생 후 임시주거 보급기간을 2~3개월로 예상하였을 때, 임시주거공간에서의 본격적인 생활시점이 겨울철이라 가정하여 우선적으로 겨울철의 실내온열환경을 측정하였다. 측정일의 외부 기상정보는 Table 5와 같다.

Table 5. Overview of Measurement Date

Date	2014. 02. 04. ~ 2014. 02. 05
Time	PM 08 : 00 ~ AM 08 : 00
Weather conditions	Temperature : Average -11.3°C (min -13.8°C ~ max -7.8°C)
	Humidity : Average 59.79% (min 32% ~ max 75%)
	Air Velocity : Average 0.5m/s (min 0.0m/s ~ max 2.5m/s)

### 4.2. 측정 항목 및 방법

실시 설계 소부요소 및 이동성을 고려하여 설계된 조합모듈 중 측정대상인 RM의 실내 온열환경 성능을 확인하기 위해 실내의 온도 및 습도, 외피표면온도 TDR, PMV 등을 측정 및 계산하였다.

#### 1) 실내·외 온도 및 습도

실내 온열환경에 영향을 줄 수 있는 실내·외 온도 및 습도를 측정하기 위하여 T-type Thermocouple을 사용한 data Logger 'HP 34970A'와 Thermo Recorder 'TR-72UI'를 활용하였다.

실내공기온도를 측정하기 위해 RM의 공기온도 측정 높이 0.3m, 1.2m, 2.1m 와 천장 및 바닥표면 0.0m, 2.4m의 높이에 총 43point를 지정하여 T-type열전대를 설치하였다. 실 중앙의 1.2m 높이의 온도를 실내공기온도의 대표 값으로 설정하였다. 실내 온도 측정을 위한 설치 위치는 Fig. 4와 같다.

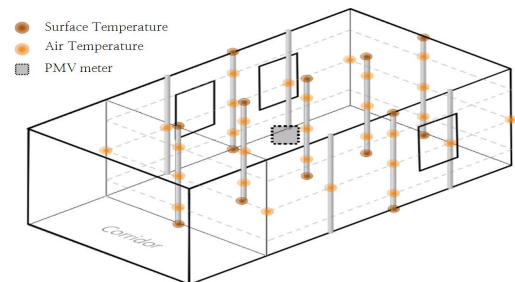


Fig. 4. Schematic view of Measurement Points

2) 표면온도 분포도

벽체의 단열 상태를 알아보기 위하여 KS F 2829, ISO 6781, EN13187 기준에 따라 열화상 카메라 FLUK Ti55FT 를 이용하여 실내 벽체 표면 온도 분포를 확인하였다. 사용된 FLUK Ti55FT의 온도 범위는 -20°C~+600°C이고 오차범위는 0.05°C이다. 해상도는 320×240의 사양을 가지고 있다.

3) 온도차 비율 (창호의 내 표면 온도차 비율 TDRi)

측정된 내·외부 온도 및 습도를 기반으로 KS 2829 기준에 따라 창호의 패표면 온도차 비율 TDRi (Temperature Difference Ratio inside) 을 검토하여 결로 발생여부를 확인한다. TDRi가 의미하는 바는 단열 상태가 우수할수록 실내표면온도는 실내공기온도와 가까워지므로 0에 수렴하게 되며, 단열상태가 불량할수록 실외공기온도에 접근하게 되어 +1에 수렴한다는 가정에 근거하고 있다. TDR은 식 1과 같은 방법으로 산출된다.

$$TDRi = \frac{T_i - T_{is}}{T_i - T_o} \quad (식 1)$$

여기서,  $T_i$  : 실내 공기 온도 (°C)

$T_{is}$  : 실내 표면 온도 (°C)

$T_o$  : 외부 공기 온도 (°C)

RM모듈의 거주성을 확인하기 위하여 국토교통부에서 배포한 2013년도 공동주택의 부위별 온도차 비율(TDR)의 최소기준의 만족 여부도 검토하였다. 고시된 TDR 최소기준은 Table 6과 같다.

Table 6. Minimum criteria of TDR

Target Area		TDR
Door	Surface	0.38
	Frame	0.27
Internal Corner		0.28
Contacting the outside Window (PVC)	Surface	0.20
	Corner	0.27
	Frame	0.32

4) 기밀성능

KS L ISO 4472에 준하여 Blower Door Test 장비(Minneapolis Blower Door Model 3, DG-700 Pressure Gauge)를 사용하여 기밀성능을 측정하였다. 이들 통해 얻은 CFM (Cubic Feet per Minute)값을 ISO단위 CMH (Cubic Meter per Hour)로 변환하였다. 기밀성능은 변환한 CMH 값을 체적으로 나누어 실내의 압력차 50Pa일 때의 시간당 침기율(ACH50)로 나타내었다.

5) 실내예상온열감

겨울철 실내생활의 경우, 재실자의 평균 예상 온열감(PMV)은 적정수준을 유지하여야한다. 열환경 6가지 인자 (기온, 기류, 습도, 평균복사온도, 활동량, 착의량)를 종합하여 재실자의 열쾌적 만족도가 ISO 7730의 쾌적기준 ‘ -0.5 < PMV < +0.5 ’에 어느정도 부합하는지를 확인하였다. 착의량(clo), 활동량(met)은 ASHRAE Handbook

Fundamentals(SI2013)를 근거로 하였다. 착의량은 실내에서 일상복을 입는다는 가정 하에 1.21 clo, 활동량은 겨울철 주거공간에서 재실자가 휴식을 취할 때를 기준으로 1.2met 로 설정하였다. 착의량 1 clo의 열저항은 0.155m²K/W 이기 때문에 실험에서 설정한 1.21 clo는 열저항 0.186m²K/W에 해당된다. 활동량 1 met는 58W/m²의 발열량으로, 1.2 met.는 69.6W/m²의 발열량을 가진다. 착의량 및 활동량의 설정치는 Table 7과 같다.

Table 7. Thermal Comfort Condition

Activity	Clothing		
	Under wear	0.04	
Sit or Stand & Rest 1.2	Top wear	0.20	
	T-shirt (Tick)	0.34	
	Pants (Tick)	0.24	
	Socks	0.03	
	Outwear (Thin)	0.36	
1.2 met. (69.6W/m²)	1.21 clo. (0.186m²K/W)		

기온, 기류, 습도, 평균복사온도는 AM-101를 이용하여 측정하였다. PMV meter는 Fig. 4과 같이 RM 내부 중앙의 1.2m 높이(실내공기 온도 대표 값)에 설치하였다.

4.3. 측정 결과

1) 실내·외 온도 및 습도

실외 온도 및 습도는 오후 8:00시 최고 -7.7°C, 32%이고, 오전 5:00시에 최저 -13.8°C, 75%로 측정되었다. RM의 중앙공기온도는 16.09°C ~ 20.63°C, 내부습도는 16.7% ~ 27.8%의 범위로 각각 평균 18.51°C, 24.51%로 나타났다. 외부와 RM 내부의 온도 및 습도의 변화는 Fig. 5와 같다.

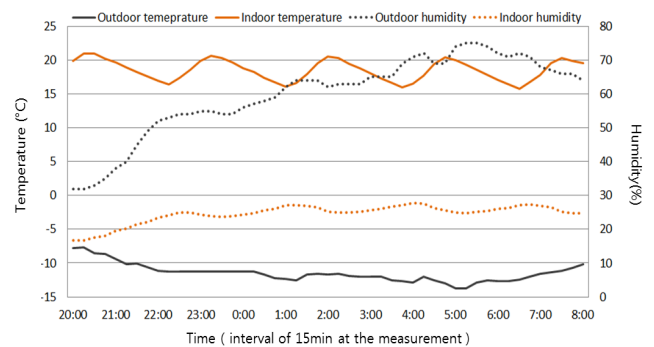


Fig. 5. Indoor and Outdoor temperature and humidity transition

RM의 천정표면온도는 최저 15.34°C, 최고 19.78°C, 중앙공기온도는 최저 16.09°C에서 최고 20.63°C, 바닥표면온도는 최저 16.59°C에서 최고 22.31°C 사이에서 변화하는 양상을 보였다. 한정한 범위 내에서 변화 양상을 보이는 이유는 설정온도 컨트롤러가 설치된 전기 바닥방패널이 설정온도 20°C에서 오차범위 약 ±1°C로 가동되고, 멈추도록 되어있는 영향으로 판단되어진다.

RM 모듈 내부의 천장표면, 중앙공기, 바닥표면의 경과시간에 따른 변화추이는 Fig. 6과 같다.



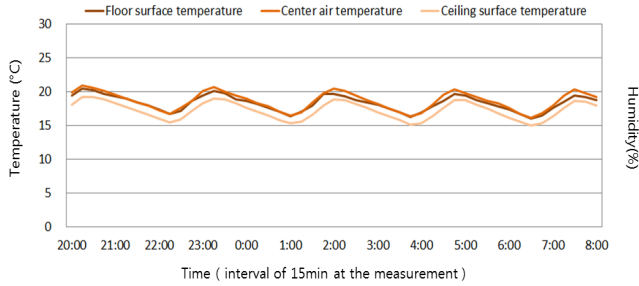


Fig. 6. Temperature distribution to ceiling, center and floor

2) 표면온도 분포도

실측된 실내외 온도차 확인을 위해 FLUK Ti55FT Thermal Imager를 이용하여 RM모듈의 외표면 온도 분포와 내부 벽체의 온도 분포를 촬영하였다. 열화상 촬영 이미지는 Table 8과 같다.

Table 8. External & Internal Thermal Image

Name	Image	Thermal Image (°C)
Scene 1		
Scene 2		
Scene 3		
Scene 4		
Scene 5		

수평 단면으로 중앙 공기 온도 분포를 보았을 때, 18.94°C ~ 20.8°C로 균일한 공기온도로 분포되어 있음을 확인하였다. 또한 수직 단면으로는 전기바닥패널 온도를 20°C로 설정하였기 때문에 바닥표면은 19.48°C ~ 21.25°C의 분포로 극소의 오차범위를 보이며, 천장 표면 온도는 19.81°C ~ 20.91°C, 중앙공기 온도는 19.61°C ~ 20.82°C로, 수직단면 또한 전체의 공기 온도가 고루 분포되어 있음을 확인하였다. 이는 ASHRAE의 수직온도차(vertical air temperature difference)기준인 머리(바닥 위 1.7m)와 발목(바닥 위 0.1m) 사이 수직 온도차 3°C이하 기준에 부합함을 확인하였다.

준정상상태(실내·외 온도차가 일정)에 해당하는 것으로 판단되는 오전 2:00시에 Suffer 프로그램을 활용하여 나타난 공기온도분포는 Fig. 7과 같다.

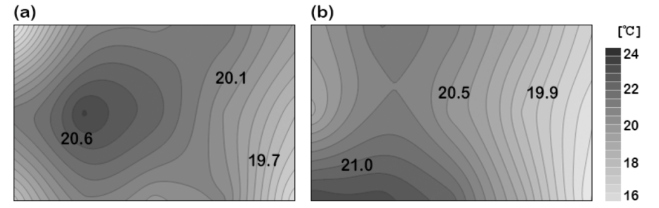


Fig. 7. Temperature distribution of case (a) Horizontal, (b) Vertical at 2:00 am

3) 온도차 비율 (창호의 내표면 온도차 비율 TDRi)

TDR 측정을 위해 실내외 온도변화가 거의 일정하게 유지되고, 준정상상태에 해당하는 오전 2:00의 온도데이터를 활용하였다.

오전 1:00~3:00까지의 실외 평균공기온도는 -11.93°C, 실내 평균 공기온도는 18.6°C로, 오전 2:00의 실외공기온도 -11.7°C, 실내공기온도 20.56°C였다. 또한, TDR 산출기준인 외기풍속 2m/s 이하에 대해서는 측정결과 1.1m/s로 나타났다.

오전 2:00 바닥전기난방패널 설정온도를 20°C로 하였을 때, 외부 온도 -11.7°C의 조건에서 창호의 실내 측 표면온도는 14.58°C, 내부 실내 공기 온도는 20.56°C로 측정되었다.

TDRi 계산 결과, 0(우수)에 가까운 값 0.185이 도출되었고, 도출된 값은 국토교통부의 '2013 공동주택 부위별 TDR 최소기준' 0.20에 부합됨을 확인 하였다. 측정된 실내·외 기상정보 및 계산된 TDRi은 Table 9와 같다.

Table 9. TDRi calculation Result

Name	Detail
Measurement time	2:00 AM
Internal setting Temperature	20°C
External Temperature	-11.7°C
External air flow	1.1m/s
Internal Window Temperature	14.58°C
Internal Air Temperature	20.56°C
TDRi	0.185

4) 기밀성능

감압법 Blower Door test를 적용하였고, 실내외 압력차가 50Pa일 때 시간당 실내로 유입되는 침기량은 Table 10과 같다.

Table 10. Blower door test Result

RM Volume	Pressure	Measure value	ACH50
37.5 m <sup>3</sup> (1324.3 ft <sup>3</sup> )	35	150	7.72
	40	149	7.67
	50	150	7.72

단독주택을 대상으로, ASHRAE에서는 환기횟수가 시간당 5회 일 때는 '다소 기밀', 10회일 때는 '보통' 이라고 한다. RM의 ACH50 값은 7.72로 측정되었고, ASHRAE기준의 '보통'수준을 만족하는 것으로 확인되었다.

5) 실내예상온열감

PMV는 설정한 착의량(1.21 clo.) 및 활동량(1.2 met.)과 AM-101에

의해 측정된 기온·습도·복사온도·기류속도로 계산하였다. PMV meter AM-101의 측정값은 Table 11과 같다.

Table 11. Measurement Results by AM-101

Name	Detail
Average Temperature	18.99 °C
Average Humidity	24.51 %
Average MRT	18.09 °C
Average Velocity	0.032 m/s
PMV	-0.85 ~ -0.08

측정된 PMV는  $-0.85 < PMV < -0.08$  으로 ISO 7730 쾌적기준  $-0.5 < PMV < +0.5$  에 근접하였다. RM 모듈에서 실측한 시간에 따른 PMV 변화추이와 실내·외 온도 분포는 Fig. 8와 같다.

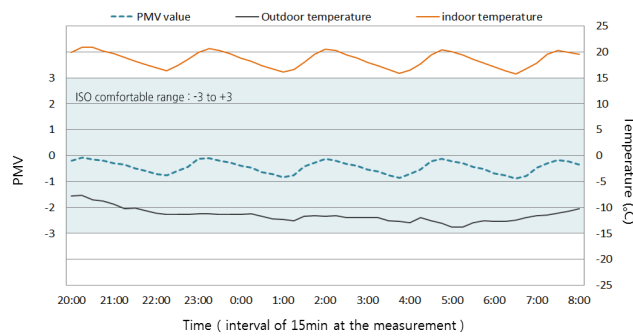


Fig. 8. PMV transition with Indoor and Outdoor temperature

$-0.85 \sim -0.08$  의 범위 내에서 변화 양상을 보이는 이유는 설정온도 20°C를 기준으로 가동되는 전기바닥패널 컨트롤러의 영향에 의한 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 재난·재해 발생 시의 주거공간의 피해규모가 점차 커짐에 따라 임시주거의 필요성이 대두되어 적정수준의 실내환경을 갖춘 주거용도의 시설 보급이 시급하다는 인식에서 시작되었다.

국토교통부 최저주거기준, 유닛 모듈러 설계 적용을 통하여 ‘이동형 에너지 쉼터 하우스 (Mobile Energy Shelter House-MeSH)’를 남부 지역 열관류율을 만족하도록 계획하고 삼중창 등을 적용하여 실시 제작하였다. 주 거실공간인, Room Module을 대상으로 난방 시의 실내온열환경성능을 측정하였다. 주요 측정결과는 다음과 같다.

1) RM모듈의 내부 중앙공기온도는 전기바닥난방패널의 설정온도 20°C의 환경에서 최저 16.09°C ~ 최고 20.63°C로 평균 18.51°C, 습도는 최저 16.7% ~ 최고 27.8%로 평균 24.51%로 측정되었다.

2) RM 모듈 내부의 실내 공기분포도는 중앙공기온도의 평균 18.51°C를 기점으로 고루 분포되어있음을 확인하였다.

3) 준정상상태의 오전 2:00의 외부 온도는  $-11.7^{\circ}\text{C}$ , 실내 온도는  $20.56^{\circ}\text{C}$ , 풍속 1.1m/s의 환경에서 창호의 실내 측 표면온도는  $14.58^{\circ}\text{C}$ 로 측정되었고, 이를 토대로 TDRi를 계산하였다. 계산 결과, 단열상태가 0에 가까운 값 0.185으로 국토부에서 제정한 공동주택 경로 방

지 최소 설계기준인 0.20을 만족하였다.

4) 측정대상 RM모듈의 기밀성능은 7.72 ACH50의 값으로 ASHRAE의 단독주택 기밀 성능 ‘보통’에 해당하였다.

5) 임시주거의 재실자가 휴식을 하고 있는 상태(1.2met.)와 겨울철 일상복(1.21clo.)을 입는다는 가정 하에 PMV는  $-0.85 < PMV < -0.08$  으로 ISO 7730 쾌적 기준  $-0.5 < PMV < +0.5$  범위에 근접함을 확인하였다.

향후, ‘MeSH’의 여름철 실내환경성능을 측정하여 1년 이상의 장기 거주가 가능한지 확인하여야 한다. 더불어 임시주거 보급 측면에서의 경제성분석 등의 다양한 연구를 진행할 예정이다.

## Acknowledgements

This work was conducted under the framework of Research and Development Program of the Korea Institute of Energy Research(KIER) (B3-8413), This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No.2011-0028075)

## References

- [1] Shin, Hwa-Yeon, Kim, Jong-Hun, Jeong, Hak-Geun, Jang, Cheol-Yong, Hong, Won-Hwa, A Study on Mobile Energy Shelter House for Emergency welfare, Conference Journal of Architectural Institute of Korea, 2013.10
- [2] Shin, Hwa-Yeon, Kim, Jeong-Gook, Kim, Jong-Hun, Jeong, Hak-Geun, Jang, Cheol-Yong, Hong, Won-Hwa, Indoor Thermal Environmental Performance of Mobile Energy Shelter House for Emergency Welfare, Conference Journal of Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineering Korea, 2014
- [3] Kim, Min-Gyeong, Moon, Hyuk, Kim, Hye-jung, Kim, Kyung-Sook, A Study on the Residential Planning Factors for Emergency Shelter after Disaster, Journal of Architectural Institute of Korea, 2011.06
- [4] Moon, Jung-In, Song, Yeong-Hak, Wang, Woo-Chul, Lim, Seok-Ho, A Study Field Examinations and Interviews for Yeonpyeongdo Temporary Housing, Journal of the Korean Housing Association, 2012
- [5] Park, Yeon-JiK, A research of actual conditions of temporal residence in stricken districts, Journal of Residention Environment Institute of Korea, 2004.05
- [6] Song, Yeong-Hak, Wang, Woo-Chul, Lim, Seok-Ho, A Study of Temporary housing Design with Unit Modular Method, Journal of Architectural Institute of Korea, 2013.03
- [7] Choi, Gyeong-Seok, Sohn, Jang-Yeul, Thermal Performance Evaluation of Apartment Housing Using Infra-red Camera, Journal of Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineering Korea, 2010
- [8] Max H. Sherman, The Use of Blower Door Data, LBL Report No. 35173, 03, 1998
- [9] Ministry of infrastructure and Transport, Standards for Preventing the condensation in Multi-Residential House, 2013-845, 2013
- [10] Fanger, P. O., Thermal Comfort, Dnish Technical Press, Copenhagen, 1970
- [11] ASHRAE, Thermal Environmental ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, 2004
- [12] ASHRAE, Handbook Fundamentals (SI) 2013
- [13] ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment 2005
- [14] Nationall Disaster Information Center, Disaster yearbook, 2002-2012
- [15] Ministry of infrastructure and Transport, Minimum Housing Standards Revision 2011-490, 2011