

# 컨테이너하우스의 바닥과 벽면에 엑셀파이프 매설에 의한 벽면, 바닥, 공기, 온수의 온도분포 특성

조동현\*,#

\*대전대학교 기계공학과

## Characteristics of Temperature Distribution of Wall, Floor, Air and Hot Water by Burying the Excel Pipe on the Floor and Wall of a Container House

Dong-Hyun Cho\*,#

\*Mechanical Engineering, DAEJIN UNIV.

(Received 31 December 2021; received in revised form 04 January 2022; accepted 20 January 2022)

### ABSTRACT

A study was conducted to significantly increase the heat transfer area by simultaneously burying the excel pipe in the floor and wall of a container house, thereby greatly reducing the initial heating time. In addition, a small hot water boiler suitable for the heating load of a small container house with a maximum area of 6 m<sup>2</sup> was studied. A wall-mounted hot water boiler was developed as a result of the study. When a hot water boiler is installed outdoors for heating, heat radiation energy is lost in winter from the hot water boiler and hot water pipe due to the low temperature. We propose an approach through which the energy loss was greatly reduced and the temperature of hot water increased in proportion to the operating time. Moreover, as the mass flow rate of the hot water flowing inside the excel pipe increased, the temperature of the hot water decreased. The temperature of the wall and floor surfaces of the container house increased in proportion to the increase in the mass flow rate of hot water flowing inside the excel tube. Natural convection heat transfer was realized from the wall and floor surfaces of the container house, and the heat transfer area was increased by a factor of 3 with respect to heat transfer area limited to the floor by the existing hot water panel. As a result, the initial temperature increase rate was much higher because of the larger heat transfer area.

**Keywords :** Container House(컨테이너하우스), Excel Pipe(엑셀파이프), Heating System(난방시스템), Heating Load(난방부하), Wall and Floor Surface of Container House(컨테이너하우스의 벽면과 바닥표면), Temperature Distribution(온도분포)

## 1. 서 론

최근에 창업기업 수요 증가로 소기업이 점차적으로 증가 추세에 있다.<sup>[1]</sup> 이와 같은 소기업들의 일부는 소규모의 공장에서 제조를 하고 있다. 이와 같이 소기업들의 소규모 제조공장은 생산공장만 있고, 사무실이 없는 공장들이 많다.<sup>[2]</sup> 그러므로 이와 같은 소기업들

# Corresponding Author : chodh@daejin.ac.kr

Tel: +82-31-539-1973, Fax: +82-31-539-1970

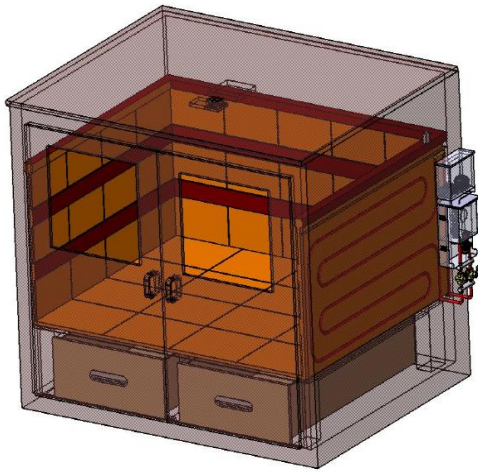
은 컨테이너하우스를 사무실로 사용하는 기업들이 점차적으로 증가 추세에 있다. 소기업들이 사무실로 활용하고 있는 컨테이너하우스의 겨울철 난방은 주로 전기히터나 가스히터에 의존하고 있는 실정이다.<sup>[3,4]</sup> 그리고 컨테이너하우스의 난방에 대한 난방시스템은 미흡한 실정이며, 컨테이너하우스에 대한 연구보고가 미흡한 실정이다.<sup>[5]</sup> 그리고 컨테이너하우스의 협소한 공간에 전기히터나 가스히터가 차지하는 공간으로 사무실의 활용도가 낮게 되는 요인이 되고 있다.<sup>[6]</sup> 그리고 컨테이너하우스의 바닥에 온수패널을 매설하여 난방하는 사례가 점차로 증가하는 추세에 있으며, 연구보고가 소수 되고 있는 실정이다.<sup>[7]</sup> 온수보일러에서 냉수에 열에너지를 공급하여 온수를 생성하고, 생성된 온수를 온수패널에 공급하여서 난방을 하는 연구보고가 되고 있다. 온수보일러는 가정용이나 사무실용의 온수보일러를 면적이  $6\text{m}^2$  이하의 소규모 컨테이너하우스에 적용함으로써 설치비의 상승요인이 되고 있으며, 온수보일러가 저부하에서 가동함으로써 열효율이 낮은 상태에서 가동함으로써 열에너지 손실을 초래하고 있다.<sup>[8]</sup> 그리고 온수패널에 의해 난방은 복사열전달 난방으로 쾌적한 난방시스템이 구현되는 특성이 있다.<sup>[9]</sup> 그러나 난방 초기에 온수패널에서 열전도에 의해 열전달이 진행되고, 바닥표면에서 실내공기로 자연대류에 의해 난방되므로 열전달계수가 낮다. 이와 같이 열전달계수가 낮으므로 인하여 초기 난방 소요시간이 많이 소요되는 특성이 있다.<sup>[10,11]</sup> 이와 같은 특성으로 인하여 사무실 거주자들은 난방 초기에는 일정시간 추위를 감내해야 되는 애로사항이 있게 된다.<sup>[12,13]</sup> 그러므로 본 연구에서 엑셀파이프를 컨테이너하우스 바닥과 벽면에 동시에 매설하여서 열전달 면적을 크게 증가 시켜서 초기 난방시간을 크게 감소시키는 연구를 수행하였다. 그리고 면적이  $6\text{m}^2$  이하의 소규모 컨테이너하우스의 난방부하에 적합한 소형 온수보일러를 연구하였으며, 또한 벽걸이형 온수보일러를 연구결과로 개발하였다. 온수보일러를 실외에 설치하여 난방할 경우 겨울철의 낮은 온도에 의해 온수보일러와 온수배관에서 방열 에너지 손실이 발생하였으나, 컨테이너하우스 내부에 벽걸이형 보일러를 설치하여서 온수를 생성하여서 엑셀파이프 내부에 유동하는 온수를 공급함으로써 방열에너지 손실이 크게 감소되는 연구를 수행하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

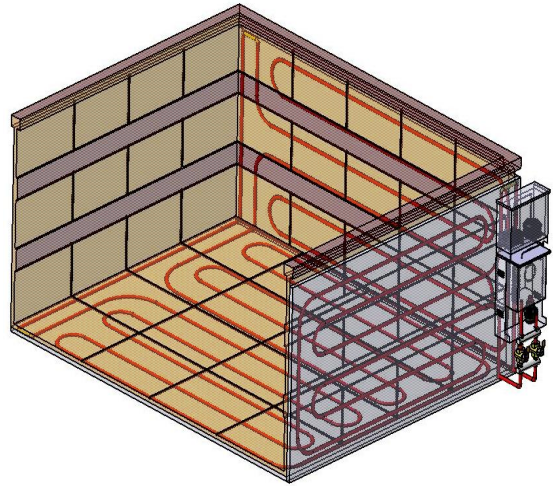
Fig. 1은 컨테이너하우스의 바닥과 벽면에 엑셀파이프 매설에 의해 난방이 구현되는 컨테이너하우스 실험장치를 나타낸다. Fig. 2는 컨테이너하우스의 바닥과 벽면에 엑셀파이프 매설에 의해 난방이 구현되는 컨테이너하우스 실험장치의 3D 구상도를 나타낸다. Fig. 1 ~ Fig. 2 나타낸 바와 같이 외경 15mm의 엑셀파이프를 컨테이너하우스 바닥과 2개 벽면에 매설하여 온수의 열에너지 공급해 의해 자연대류 난방이 구현되도록 실험장치를 구성하였다. 이와 같이 컨테이너하우스 바닥과 2개 벽면에 매설된 엑셀파이프 내부에 온수를 순환하게 구성하고, 순환하는 온수가 보유하고 있는 열에너지를 컨테이너하우스 내부에 존재하는 공기에 열에너지를 공급함으로써 난방이 구현되는 난방시스템을 구성하였다. 주택과 사무실의 난방시스템에 대한 기존 연구는 에어컨에 의해 공기가 강제로 순환하는 강제대류 난방시스템에 대하여 연구보고가 많이 되고 있다. 강제대류 난방시스템은 공기의 강제대류에 의해 난방이 구현되므로 인체 표면에서 수분 증발에 의해 건조현상이 등이 노출되고 있다. 컨테이너 하우스의 바닥과 벽면에 엑셀파이프 매설에 의한 난방시스템은 공기 유동이 아주 적은 자연대류 열전달에 의해 복사열전달 난방이 구현되므로 쾌적한 난방과 건강에 유익한 웰빙 난방이 구현되도록 실험장치를 구성하였다. 그리고 벽걸이형



Fig. 1 Heating system experimental device by burying excel pipes on the floor and wall of container house



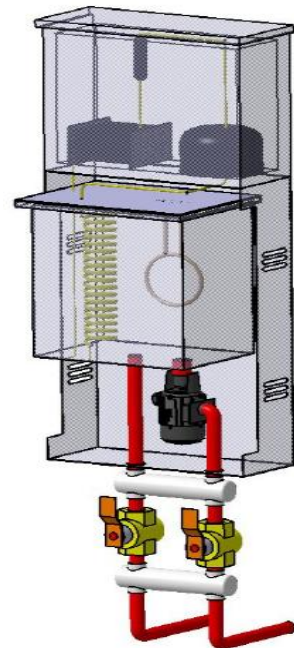
**Fig. 2 3D concept drawing of heating system by burying excel pipes on the floor and wall of container house**



**Fig. 3 Excel pipes and wall-mounted hot water boiler embedded in the floor and wall of the container house**

온수보일러에서 온수의 온도를 제어할 수 있는 온도 컨트롤러를 설치하여 온수의 온도를 제어하였다. 그리고 온수보일러와 컨테이너하우스를 연결하는 배관에 볼밸브를 설치하여서 온수의 질량유동율은 제어하였다. 이와 같이 온수의 온도 컨트롤러와 볼밸브를 설치함으로써 온수의 온도변화와 질량유동율의 변화에 대한 난방시스템의 난방부하를 측정할 수 있도록 실험장치를 구성하였다.

Fig. 3은 컨테이너하우스의 바닥과 벽면에 매설된 엑셀파이프를 나타낸다. 컨테이너하우스 바닥과 벽면에 매설된 엑셀파이프는 산과 알칼리에 의한 부식의 염려가 없고, 크립 변형이 없어 내구성이 크게 향상된다. 그리고 무게가 가볍고 연성의 성질로 시공이 편리하며 롤 생산으로 이음이 없이 시공할 수 있어 시공 시 작업이 편리하며 수밀성이 높다. 그리고 온수순환 과정에서 엑셀파이프 내면에 스케일이 끼지 않아 온수 순환이 양호하고 열전달율이 일정하게 유지되며, 실내온도 유지가 용이한 엑셀파이프를 컨테이너하우스 바닥과 벽면에 매설하여 난방시스템의 난방부하를 측정할 수 있도록 실험장치를 구성하였다. 그러나 엑셀파이프는 열전도계수가 낮으므로 난방 초기에 다소 많이 소요되는 되므로 이와 같은 현상을 해결할 연구가 절실히 요구되고 있다.



**Fig. 4 Wall-mounted hot water boiler 3D schematic**

Fig. 4는 컨테이너하우스 하우에 온수를 공급하기 위한 벽걸이형 온수보일러의 3D 구상도를 나타낸다. 그리고 Fig. 5는 컨테이너하우스 내부의 공기

온도 컨트롤러와 온도센서를 나타낸다. Fig. 4에 나타낸바와 같이 2kW 동력의 시즈히터를 설치하여 열에너지를 공급하고, 온수순환 펌프의 임펠러는 수중키 방식의 무베어링 방식의 임펠러를 설치하여서 보일러의 소음을 크게 감소시켜서 컨테이너하우스에서 활용시 소음에 의한 불편함을 해소하도록 실험장치를 구성하였다. 그리고 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 컨테이너 하우스 내부에 온도컨트롤러와 온도센서를 설치하여서 온도를 측정하였으며, 그리고 실내 공기온도 변화에 대한 난방부하를 측정할 수 있도록 실험장치를 구성하였다.



Fig. 5 Air temperature controller and temperature sensors inside container house

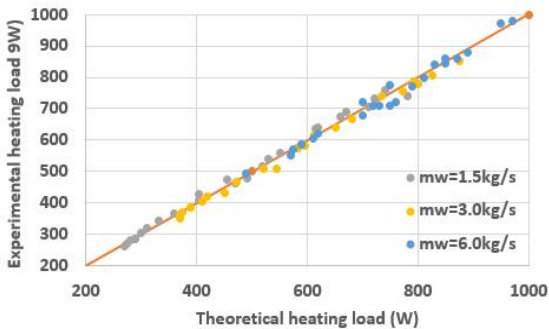


Fig. 6 Theoretical heating load and experimental heating load of container house

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 6은 컨테이너하우스의 이론 난방부하와 실험 난방부하 값의 비교한 값을 나타낸다. 온수가 공급한 난방부하는 식 (1)에 의해 구했다.

$$P_b = \dot{m}_b C p_b (T_{b,2} - T_{b,1}) \quad (1)$$

여기서  $P_b$ 는 벽걸이형 보일러에서 온수에 공급한 난방부하(W)를 나타낸다. 그리고  $\dot{m}_b$ 는 액셀파이프 내부에서 유동하는 온수의 질량유량(kg/s)을 나타내며,  $T_{b,1}$ 은 온수의 처음온도(K)를 나타내며,  $T_{b,2}$ 는 온수의 최종온도를 나타낸다. 그리고 컨테이너하우스 내부 공기의 난방부하는 식(2)에 의해 구했다.

$$P_a = m_a C p_a (T_{a,2} - T_{a,1})/t \quad (2)$$

여기서  $P_a$ 는 컨테이너하우스 내부 공기의 난방부하(W)를 나타낸다.  $m_a$ 는 컨테이너하우스 내부의 공기 질량(kg)을 나타내며,  $T_{a,1}$ 은 컨테이너하우스 내부 공기의 처음온도(K)를 나타내며,  $T_{a,2}$ 는 공기의 최종 온도를 나타낸다. 그리고  $t$ 는 작동시간(minute)을 나타낸다. Fig. 6에 나타낸바와 같이 벽걸이형 보일러에서 공급한 난방부하와 컨테이너하우스 내부 공기의 난방부하는  $\pm 3\%$ 에서 잘 일치하였다. 그러므로 본 연구의 실험결과와 신뢰성이 확보된 것으로 사료된다.

Fig. 7은 벽걸이형 온수보일러에서 공급한 온수의 질량유량변화에 대한 온수의 온도변화를 나타낸다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 액셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유량은 1.5kg/s, 3.0kg/s, 6.0kg/s의 조건에서 실험을 수행하였다. 그리고 벽걸이형 보일러의 난방부하는 2.0kW로 일정하게 유지하였다. 온수의 온도는 가동시간에 비례하여 증가하였다. 그리고 액셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유량이 증가할수록 온수의 온도는 감소하였다. 온수의 유량이 증가할수록 대류열전달계수의 증가에 의해 난방부하의 증가로 인하여 온수의 온도가 감소되는 것으로 사료된다.



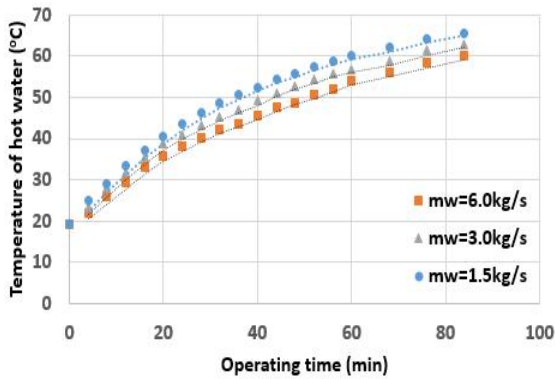


Fig. 7 Changes in hot water temperature of wall-mounted boiler

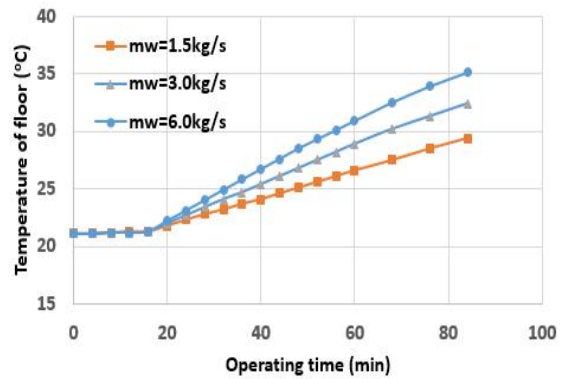


Fig. 8 Temperature changes on the wall of the container house

Fig. 8과 Fig. 9는 컨테이너하우스의 가동시간에 대한 벽면과 바닥면의 온도변화를 나타낸다. Fig. 8과 Fig. 9에 나타난 바와 초기 가동시간에는 벽면과 바닥의 열전도에 의한 열전달에 의해 온도가 일정하게 유지되었다. 가동 초기에 일정시간 소요 후부터 가동시간에 비례하여 컨테이너하우스의 벽면과 바닥표면 온도는 상승하였다. 그리고 엑셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유동율의 증가에 비례하여 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면의 온도는 상승하였다. 이와 같은 실험결과로부터 컨테이너하우스의 난방은 정상적으로 난방이 구현되는 것으로 사료된다. 그리고 온수의 질량유동율의 증가에 비례하여 난방성능이 증가하는 것으로 사료된다.

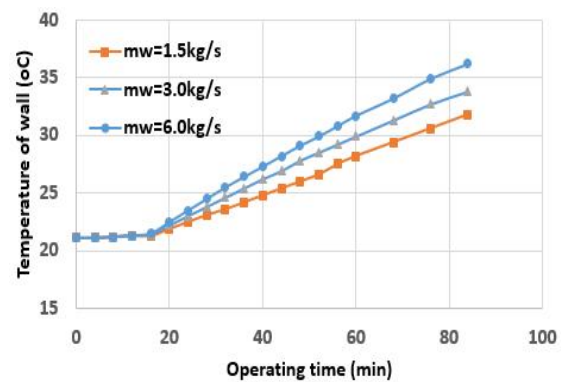


Fig. 9 Temperature changes on the surface of the container house floor

Fig. 10은 컨테이너하우스 가동시간에 대한 컨테이너하우스 내부 공기의 온도변화를 나타낸다. Fig. 10에 나타난 바와 초기 가동시간에는 컨테이너하우스 내부의 공기는 열전도에 의한 열전달에 의해 온도가 일정하게 유지되었다. 가동 초기에 일정시간 소요 후부터 가동시간에 비례하여 컨테이너하우스 내부 공기의 온도가 상승하였다. 그리고 엑셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유동율의 증가에 비례하여 컨테이너하우스 내부 공기의 온도는 비례적으로 상승하였다. 이와 같은 실험결과로부터 컨테이너하우스의 난방은 자연대류열전달에 의해 난방이 구현되며, 이와 같이 자연대류열전달에 의해 난방이 구현되므로서 건강에 유익한 웰빙 난방이 구현되는 것으로 사료된다.

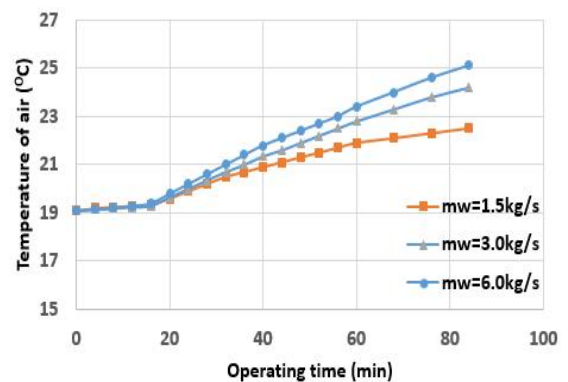


Fig. 10 Temperature changes of indoor air inside container house

Fig. 11~13은 컨테이너하우스 가동시간에 대한 컨테이너하우스 벽면, 바닥표면과 내부 공기의 온도변화와 엑셀튜브 내부에 유동하는 온수의 온도변화를 나타낸다. Fig. 10~13에 나타난 바와 같이 엑셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유량은 1.5kg/s, 3.0kg/s, 6.0kg/s의 조건에서 실험을 수행하였다. 그리고 벽걸이형 보일러의 난방부하는 2.0 kW로 일정하게 유지하였다. 엑셀튜브 내부에 유동하는 온수가 보유한 열에너지가 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면으로 전도열전달에 의해 열전달이 되고, 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면으로부터 컨테이너하우스 내부의 공기로 자연대류열전달에 의해 열전달이 구현되었다. 그리고 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면으로부터 자연대류열전달이 구현되어서 열전달면적이 기존 온수패

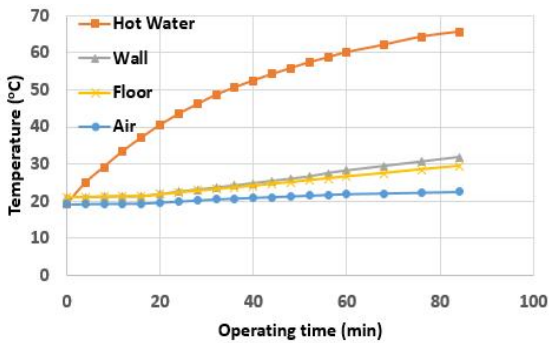


Fig. 11 Changes in container house floor, wall, indoor air and hot water temperature(hot water flow rate = 1.5 kg/s)

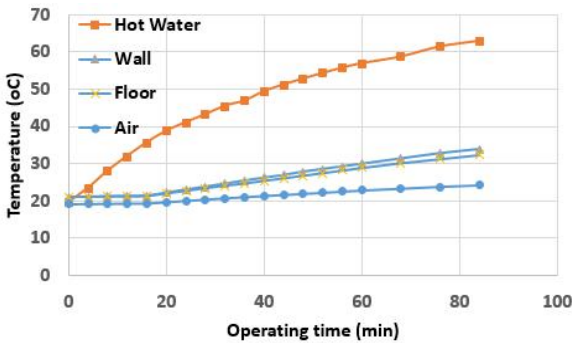


Fig. 12 Changes in container house floor, wall, indoor air and hot water temperature(hot water flow rate = 3.0kg/s)

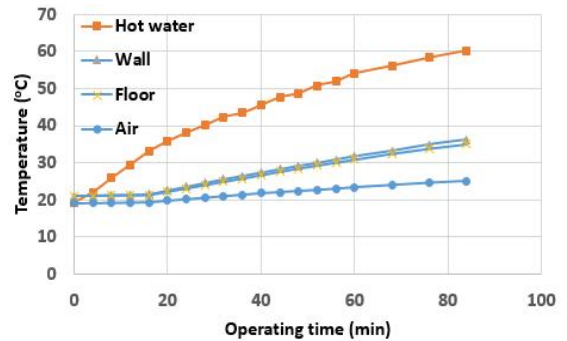


Fig. 13 Changes in container house floor, wall, indoor air and hot water temperature(hot water flow rate = 6.0 kg/s)

널에 의한 바닥에만 국한된 열전달면적보다 3배가 증가되었다. 그러므로 가동 초기에 온도상승율이 3배 이상 증가되었다. 그러므로 열전달면적 증가에 의해 초기 온도상승율이 크게 증가된 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서 컨테이너하우스 내부에 벽걸이형 보일러를 설치하여서 온수를 생성하고, 컨테이너하우스 벽면과 바닥에 엑셀파이프를 매설하여서 온수의 열에너지를 공급하여서 난방하는 난방시스템의 난방부하를 연구하여 아래와 같은 연구결과를 도출하였다.

1. 벽걸이형 보일러에서 공급한 난방부하와 컨테이너하우스 내부 공기의 난방부하는  $\pm 3\%$ 에서 잘 일치하였다.
2. 온수의 온도는 가동시간에 비례하여 증가하였다. 그리고 엑셀파이프 내부에 유동하는 온수의 질량유량이 증가할수록 온수의 온도는 감소하였다.
3. 엑셀튜브 내부에 유동하는 온수의 질량유동율의 증가에 비례하여 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면의 온도는 상승하였다.
4. 컨테이너하우스 벽면과 바닥표면으로부터 자연대류열전달이 구현되어서 열전달 면적이 기존 온수패널에 의한 바닥에만 국한된 열전달면적보다 3배가 증가되었다. 이와 같은 결과로 열

전달면적 증가에 의해 초기 온도상승율이 크게 증가되었다.

## REFERENCES

1. Saw, L. H., Poon, H. M., San Thiam, H., Cai, Z., Chong, W. T., Pambudi, N. A., et al., "Novel thermal management system using mist cooling for lithium-ion battery packs, Applied," Vol. 223, No. 8, pp. 146, 2018.
2. Ziou, H., Zhou, F., Zhang, Q., Wang, Q., & Song, Z., "Thermal management of cylindrical lithium-ion battery based on liquid cooling method with half-helical duct," Applied Thermal Engineering, Vol. 162, No. 11, pp. 114257, 2019.
3. Kim, J. C., Ha, K. S., Park, R. J., Kim, S., "1-D Two-phase Flow Investigation for External Reactor Vessel Cooling," Proc. of the KFMA Annual Meeting, pp. 999-1000, 2016.
4. Riley, M. P., "Development of a Correlation for Nucleate Boiling Heat Flux on Hemispherical Downward Facing Surface," Master's Thesis, Pennsylvania State University, United States, 2012.
5. Chen, W. and Fang, X., "A Note on the Chen Correlation of Saturated Flow Boiling Heat Transfer," International Journal of Refrigeration, Vol. 48, pp. 100-104, 2014.
6. Monterio, E., Moreira, N. and Ferreira, A. S., "Planning of Micro-Combined Heat and Power Systems in the Portuguese Sebario," Applied Energy, Vol. 86, No. 3, pp. 290-298, 2009.
7. Kim, J. D., Kim, S. S. and Choi, M. H., "A Study on the Block Plan Characteristics and Openness of the Apartment Complexes," Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 4, pp. 99-107, 2010.
8. Jo, D. O. and others, "A Study on Development of Korean District Heating System in Apartment of Korean District Heating System in Apartment Building," Korea Institute of Construction Technology and Korea District Heating Corporation., 2007.
9. Grebenyuk, G. G., "Mathematic Modeling as a Decision Tool in the Control of Brban Heat Supply," Automation and Remote Control, Vol. 67, No. 5, pp. 805-812, 2006.
10. Daniela, P., Florina, U. and Abel, H. G., "Simulation Models for the Analysis of Space Heat Consumption of Buidings," ENERGY, Vol. 34, No. 1, pp. 1447-1453, 2009.
11. Lee, C. R., Ahn, K. C., B. Kim, H., Jeong, Y. J., Kang, D. G., "A Numerical Study of Vent Silencer Using Aluminum Foam," Proceedings of the KSMPE Spring Conference, pp. 8, 2018.
12. Kim, S. Y., Kim, K. S., "A Study on Radiation Noise of Vehicle Power Seat Recliner using Finite Element Analysis," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 1, pp. 101~107, 2018.
13. Cho, B. J., Han, H. H., Koo, J. S., "Damping Device for Hydraulic Breaker: Impact and Noise Reduction," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 4, 2018.