



RESEARCH ARTICLE

강의 전, 후 재실자 대사량 변화에 따른 중간기 쾌적도 분석

류지혜¹ · 이지애² · 홍원화³ · 원안나^{4*}

¹경북대학교 건설환경에너지융합기술원 박사후연수연구원, ²안동과학대학교 소방안전과 박사후연수연구원, ³경북대학교 건설환경에너지공학부 교수, ⁴경북대학교 건설환경에너지융합기술원 연구교수

Analysis of Thermal Comfort in the Swing Season according to Metabolic Rate Change Before and After Class for Occupants

Ryu, Ji-Hye¹ · Lee, Ji-Ae² · Hong, Won-Hwa³ · Won, An-Na^{4*}

¹Postdoctoral Researcher, Convergence Institute of Construction, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

²Postdoctoral Researcher, Department of Fire Safety, Andong Science College, Andong, Korea

³Professor, School of Architectural, Civil, Environmental, and Energy Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

⁴Research Professor, Convergence Institute of Construction, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

*Corresponding author: Won, An-Na, Tel: +82-53-950-5597, E-mail: woan749@knu.ac.kr

ABSTRACT

The operating hours of class rooms in university buildings vary according to each class schedule, and the operating schedule of air conditioners is flexible. It has a high occupancy density compared to the short occupancy time, so the optimum IEQ (Indoor Environmental Quality) cannot be guaranteed. In addition, the learner also shows the limit of the opportunity for thermal adaptation. Therefore, in this study, quantitative evaluation was carried out by calculating the comfort temperature by analyzing the metabolic rate before class, thermal comfort related to thermal adaptation for a short time after class, and changes in the occupant's thermal sensation during lecture. As a result of examining the occupants' thermal sensation (Thermal Sensation Vote, Comfort Sensation Vote, Thermal Preference), it was found that they showed thermal stability after class. It could be understood that this was influenced by the difference in the metabolic rate of the occupants that occurred within a short time before class. Through the difference in comfort temperature of 1.78°C, thermal comfort before and after class was quantitatively evaluated. In order to promote the air conditioning operation strategy of the university building lecture room and the comfort of the indoor heating environment, it is necessary to identify and reflect changes in short-term thermal adaptation, metabolic rate, and thermal comfort of occupants.

주요어 : 재실자, 대사량, 쾌적온도, 대학 강의실

Keywords: Occupants, Metabolic rate, Comfort temperature, University classrooms

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2022 August, 16(4): 253-263
<https://doi.org/10.22696/jkiaebbs.20220022>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: June 20, 2022

Revised: July 7, 2022

Accepted: July 12, 2022

© 2022 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

대학 건축물 내 강의실의 운영시간은 강의 일정에 따라 차이를 보이며, 이에 따라 공조기기의 운영 스케줄은 유동적인 특성을 보인다. 업무 시간 및 패턴이 일정한 사무용 건축물과 다르게 대학 내 강의실의 경우 짧은 재실 시간 내에 높은 재실 밀도를 보여 실내온열환경의 관리 수준에 따라 최적의 IEQ (Indoor Environmental Quality)를 담보할 수 없으며, 효율적인 공조기기 제어 방안의 마련에 어려움을 겪을 수도 있다. 또한 수강자의 입장에서 열적 만족을 위해 실내온열환경을 변화시킬 수 있는 열적 적응 기회에서도 한계를 보인다(Oh et al., 2008). 이는 재실자의 열적 만족도로 이어지며 강의 장소 및 시간 등에 따라 변화하는 재실자의 열적 특성을 신뢰도 높게 반영할 수 있어야 한다. 특히 대학 강의실의 경우 교육의 질, 교육 수용도의 저하를 막고, 최대의 교육 효율을 발현시키며, 학생들의 집중도를 높일 수 있는 실내온열환경 조성 방안, 공조 운영기기의 제어 방안이 필요하다.

선행연구(Oh et al., 2008; Cheong et al., 2014)에서도 대학 건축물을 대상으로 관련 분야를 연구한 결과, 중간기 동안 난방수요의 불균형이 발생할 수 있음을 예측하였고, 실내환경의 물리적인 요소 및 운영의 변화를 검토할 필요가 있음을 지적하였다. 더불어 대학 건축물의 에너지 소비 측면에서 살펴보면, 그린 캠퍼스, 탄소 중립 캠퍼스와 같이 에너지 절약적인 측면이 강조되고 있다. 이에 강의실 내 실내온열환경 조건은 학생의 열적 만족도 확보와 동시에 에너지 절약까지 함께 도모되어야 한다.

따라서 본 논문에서 다루고자 하는 중점적인 항목은 다음과 같다.

- 1) 강의 시작 전 발생하는 재실자 대사량 관련 온열 쾌적감 분석
- 2) 강의 시간 동안 변화하는 대사량 및 재실자의 온열감 수준 파악
- 3) 강의 시간 후 대사량 변화(저하) 및 단시간의 열적응으로 대변되는 온열 쾌적감 분석
- 4) 쾌적온도 산정 및 비교 분석을 통한 정량적 평가

위와 같은 분석 항목을 중심으로 대학 강의실 내 공조기기 제어의 기반이 될 수 있는 열적 수요를 쾌적온도의 도출을 통해 정량적으로 산정하고자 한다. 이에 여름방학, 겨울방학을 제외한 주 강의가 이루어지는 중간기를 대상으로 강의실의 실내온열환경의 실태를 파악하고, 그에 따른 재실자, 즉 수요자인 학생들의 대사량 변화에 따른 열 쾌적 수준을 평가하고자 한다. 중간기 특성상 재실자의 개인적 요소, 즉 대사량, 착의량 관련 요인들이 열적 만족감에 많은 영향을 끼친다는 점을 고려하였다(Kim and Cha, 1992; Yoon, 2018).

측정개요

대상강의실

본 연구는 대학 건축물 강의실 내 강의 환경 및 재실 특성이 가장 뚜렷하게 나타나고, 재실률이 가장 높은 중간기(2021년 10월, 2022년 3월)에 각각 약 1시간 30분 동안 실험을 실시하

였다. 피험자들은 실제 수강생을 대상으로 하였으며, 실험 장소인 강의실 입실 직후, 첫 번째 설문 조사를 실시하였다. 다음 60분 동안 편안한 상태(대사량 1.0 Met ~ 1.2 Met)에서 수강 후, 퇴실 10분 전 두 번째 설문 조사를 실시하였다. 실험 개요도는 Figure 1과 같다.

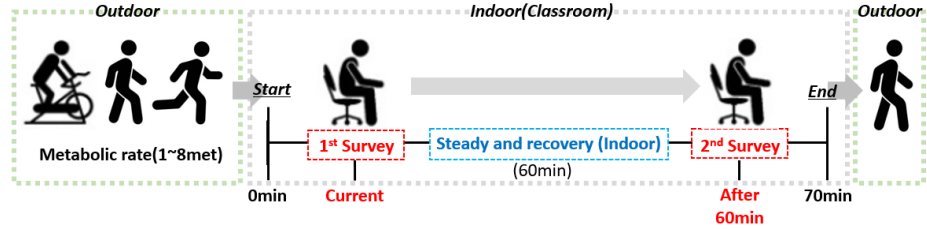


Figure 1. Schematic of experiment

평균 23.5세의 남녀 대학생들이 실험에 참여하였으며, 피험자(재실자) 특성은 Table 1과 같다. 재실자 특성은 설문 조사 내 기본 항목 작성을 통해 정보 수집되었다. 특히 대사량의 경우, 첫 번째 설문 조사를 통해 강의실 입실 직전 10분 내로 발생한 활동량에 대해 조사하였으며, 두 번째 설문 조사에서도 수강 중 행하였던 활동량에 대해 조사 후 분석하였다.

실험 장소 내에 종합환경측정기 1대(강의실 내 중심 배치)와 데이터로거 10대(강의실 중심 및 일정 간격 배치를 설치하여 1분 간격으로 실내온열환경 관련 PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percent of Dissatisfied), 건구 온도, 상대 습도, 풍속, 복사온도 등의 데이터를 수집하였다. PMV, PPD 데이터의 측정을 위해 착의량 1.2 clo(일반 비즈니스 복장), 활동량 0.9 met(편안히 앉은 상태)의 정보를 종합환경측정기에 입력하였다. 측정기기의 측정 범위 및 정확도에 대한 개요는 Table 2와 같다.

Table 1. Mean demographics of subjects (Mean±S.D)

No. of occupants	Male	Female	Total
	42	33	75
Age (year)	24.2±1.75	22.5±1.45	23.5±1.8
Height (m)	1.74±0.05	1.61±0.05	1.68±0.08
Weight (kg)	71.78±11.7	55.34±6.7	64.55±12.7
BMI (Body mass index)	23.54±3.16	21.15±2.32	22.49±3.05
Clothing insulation (clo)	0.74±0.17	0.83±0.15	0.78±0.16
Metabolic rate (met)			
before survey	2.17±1.7	3.07±1.1	2.57±1.5
after survey	1.1±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1

Table 2. The measurement parameters and types of instruments used in field measurements

Description	Parameter	Range	Accuracy	Resolution
Thermal	Air temperature (Tin, °C)	-40 ~ 150°C	±0.2°C	0.1°C
Environment	Relative humidity (RHin, %)	0 ~ 100%RH	±(1.8%RH + 3%)	0.1%RH
Meter	Air velocity (Va, m/s)	0.4 ~ 30 m/s	±(0.02 m/s + 2%)	0.1 m/s
(TESTO400)	Radiant temperature (Tr, °C)	0 ~ 120°C	-40 ~ 1000°C	-
Data logger	Air temperature (Tin, °C)	0 ~ 50°C	-	-
(TR-72Ui)	Relative humidity (RHin, %)	0 ~ 100%RH	-	-

설문방법

실험 참여자 75명을 대상으로 설문을 진행하였다. 본 연구에서 대사량 변화에 따른 열 감각 변화 및 재실자의 온열 쾌적감 특성을 분석하기 위해 재실자에게 설문 조사를 진행하고 동시에 실내온열환경을 측정하였다. 재실자의 온열 쾌적감을 평가하기 위하여 온열감(Thermal Sensation Vote: TSV), 열선호도(Thermal Preference: TP), 쾌적감(Comfort Sensation Vote: CSV)으로 구분하고 설문을 실시하였다. 설문 문항은 Table 3과 같다. Table 3에서 제시한 항목과 같이, ASHRAE 55 기반 재실자 온열감 관련 척도를 객관식 문항화하여 하나의 선택지를 고르는 방법으로 진행되었다.

Table 3. Questionnaire - ASHRAE standards 55 (English version)

Thermal sensation vote (TSV)	Comfort sensation vote (CSV)	Thermal preference (TP)
Cold (-3)	Very comfortable (1)	Much warmer(-2)
Cool (-2)	Comfortable (2)	A bit warmer (-1)
Slightly cool (-1)	Slightly comfortable (3)	Without change (0)
Neutral (0)	Neutral (4)	A bit cooler (1)
Slightly warm (1)	Slightly uncomfortable (5)	Much cooler (2)
Warm (2)	Uncomfortable (6)	-
Hot (3)	Very uncomfortable (7)	-

결과 및 토의

열적응에 따른 재실자 온열 쾌적감 변화

강의실 내 재실자를 대상으로 수강 전, 후의 온열감(TSV) 변화 양상에 대해 살펴보았다. 먼저 실내온열환경 측정 결과, 실내온도는 수강 시작 시 10월, 평균 18.3°C, 3월, 평균 16.7°C, 수강 시작 60분 후, 10월, 평균 20.3°C, 3월, 평균 18.8°C 였으며, 봄, 가을 및 강의 시작, 종료 시점에 따라 최대 3.6°C 정도 차이를 보였다. PMV는 평균 -1.25로 약간 시원함 또는 약간 서늘함에 응하는 한랭감에 가까운 값으로 측정되었다. 실내 온도의 증가에 따라 PMV도 수강 시작 시보다 수강 60분 후에 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 TSV는 수강 시작, 종료 시 봄의 경우 0.02 증가하였고, 가을에는 0.03 감소한 것으로 나타났다. 재실하는 60분 동안 실내온도와 PMV 측정값은 모두 증가하였음에도 불구하고 TSV는 큰 차이가 없는 것으로 조사되어 실내온도, PMV를 강의실 공조 제어 기준으로 적용하기에는 재실자 온열감의 측면에서 적절하지 못할 것으로 사료된다. 즉 PMV 측정기기에 입력된 수강자의 일반적인 착석에 대한 활동량(0.9 met)만을 기준으로 PMV 평가 후 공조기기를 제어한다면, 재실자의 온열감을 고려하지 못할 뿐만 아니라 에너지 과소비로 이어질 것이다. 실내온열환경 측정 결과 및 조사된 TSV는 Table 4의 내용과 같다.

Table 4. Indoor environmental conditions and TSV in experiments (Mean±S.D)

	Spring (March 2022)		Autumn (October 2021)	
	Current	After 60min	Current	After 60min
Tout (°C)	12.6	14.6	13.5	15.5
Tin (°C)	16.7±1.1	18.8±1.1	18.3±0.4	20.3±0.3
RH (%)	45.5±3.7	45.8±3.5	46.8±3.9	50.9±0.1
PMV	-1.6	-1.1	-1.3	-1.0
TSV	-0.83±0.7	-0.81±1.1	-0.39±1.3	-0.42±1.0
Air velocityin (m/s)	0.05	0.04	0.002	0.01

다음으로 TSV 변화에 대한 백분율 도식은 Figure 2와 같다. 수강 직전 조사된 TSV는 TSV (Current), 수강 직후 조사된 TSV는 TSV (After 60 min)로 나타내었다.

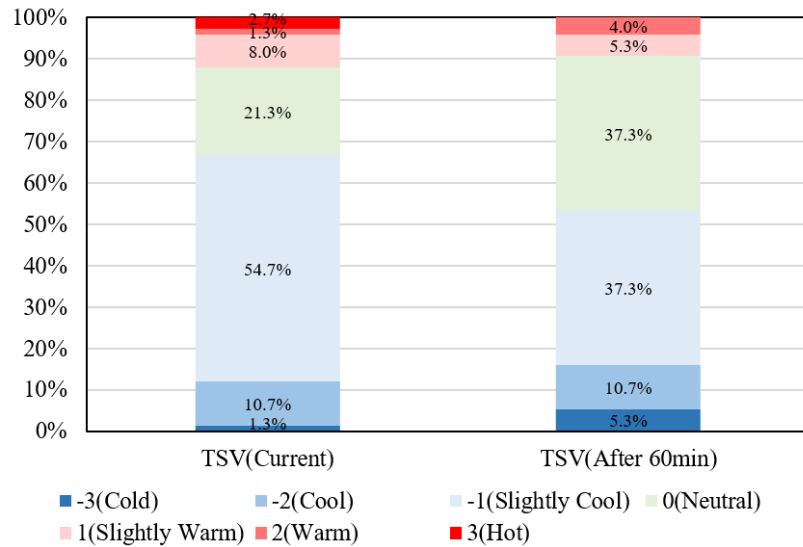


Figure 2. Survey results of Thermal sensation vote (TSV)

수강 전의 재실자 TSV는 춥다(-3)~덥다(+3)까지 모든 척도에 응답을 보였다. ‘춥다(-3)’ 1.3%, ‘시원하다(-2)’ 10.7%, ‘약간 시원하다(-1)’ 54.7%, ‘중립(0)’ 21.3%, ‘약간 따뜻하다(+1)’ 8%, ‘따뜻하다(+2)’ 1.3%, ‘덥다(+3)’ 2.7%의 응답 분포로 조사되었다. 한랭감을 느꼈다고 응답한 재실자가 66.7%로 높은 분포를 보였다.

한 시간의 수강 후 조사된 재실자 TSV는 춥다(-3)에서 따뜻하다(+2) 사이의 척도에서 응답하였다. ‘춥다(-3)’ 5.3%, ‘시원하다(-2)’ 10.7%, ‘약간 시원하다(-1)’ 37.3%, ‘중립(0)’ 37.3%, ‘약간 따뜻하다(+1)’ 5.3%, ‘따뜻하다(+2)’ 4%로 조사되었다. 한랭감을 느꼈다고 응답한 재실자가 53.3%로 과반수 이상 조사되었지만, 이는 수강 전 재실자의 한랭감 응답률보다는 약 13.4% 감소된 양상을 보였다.

수강 전 평균 실내온도는 약 17.1°C이고, 수강 후 평균 실내온도는 약 19.2°C로 나타났다. 그러나 ‘덥지도 춥지도 않다’고 응답한 재실자는 수강 전에 비해 수강 후 약 16% 증가한 것으로

조사되었다. 이에 평균 실내온도가 약 2°C 증가하였음에도 불구하고, 재실자의 TSV 응답은 전반적으로 온감에 대한 응답률은 낮아졌으며, 중립의 응답률은 높아졌다. 한랭감의 경우 약간 시원하다는 응답률은 낮아졌으나, 춥다는 극한의 응답률은 높아진 것을 확인할 수 있었다.

수강 전, 후의 재실자 쾌적감(CSV) 변화 양상을 도식화하였다. CSV 변화에 대한 백분율 도식은 Figure 3과 같다.

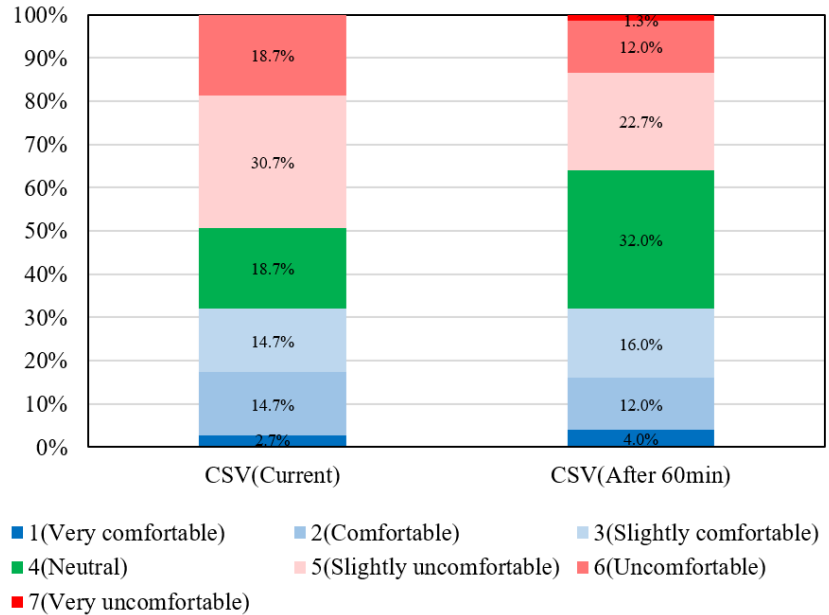


Figure 3. Survey results of Comfort sensation vote (CSV)

수강 전 조사된 CSV (Current)는 ‘매우 쾌적함(+1)’에서 ‘불쾌함(+6)’ 내에서 조사되었다. 전체 응답 중 쾌적하다고 구분할 수 있는 응답 백분율은 50.8%, 불쾌하다고 구분할 수 있는 응답 백분율은 49.4%로 나타났다.

수강 직후 조사된 CSV (After 60 min)는 ‘매우 쾌적함(+1)’에서 ‘매우 불쾌함(+7)’의 응답 분포를 보였다. 수강 후 재실자는 약 64% 쾌적하다고 응답하였으며, 약 36%는 불쾌하다고 응답하였다. 수강 후 ‘매우 불쾌함(+7)’과 ‘매우 쾌적함(+1)’의 극한 지표의 응답율은 소폭 상승하였으며, 전반적인 재실자의 실내온열환경에 대한 열적 쾌적감은 약 13% 증가된 것을 확인할 수 있었다. CSV 조사 결과 또한 강의실 내 실내온도가 증가하였음에도 불구하고 재실자의 열적 쾌적감이 높아진 것으로 나타났다.

다음으로 실내온열환경에 대한 재실자의 열 선호도(TP)를 파악하였다. 조사된 TP에 대한 백분율 도식은 Figure 4와 같다.

수강 전 조사된 TP (Current)는 ‘많이 따뜻하게(-2)’에서 ‘많이 시원하게(+2)’ 내의 모든 척도 내에서 조사되었다. 더 따뜻한 실내온열환경을 원하는 재실자는 42.7%, 변화를 원하지 않는 재실자는 46.7%, 더 시원한 실내온열환경을 원하는 재실자는 10.6%로 나타났다. 수강 후 조사된 TP (After 60 min)는 ‘많이 따뜻하게(-2)’에서 ‘약간 시원하게(+1)’ 내에서 응답을 보

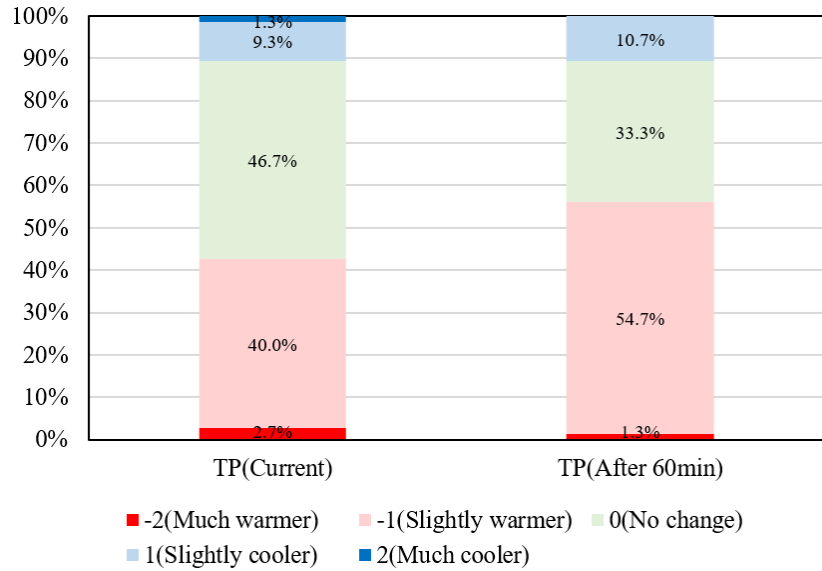


Figure 4. Survey results of Thermal preference (TP)

였다. 더 따뜻한 실내온열환경을 원하는 재실자는 56%, 변화를 원하지 않는 재실자는 33.3%, 더 시원한 실내온열환경을 원하는 재실자는 10.7%로 나타났다.

TP의 응답 변화 특성을 살펴보면 더 따뜻한 실내온열환경을 원하는 재실자가 약 13% 증가하였으며, ‘많이 시원하게’를 원하는 재실자는 없는 것으로 나타났다.

약 2°C 상승한 평균 실내온도, TSV 조사 결과 한랭감을 나타낸 응답 백분율이 감소한 점, CSV의 쾌적 응답 백분율이 증가하였음에도 불구하고 더 따뜻한 실내온열환경을 원하는 재실자 응답율이 증가한 것을 종합하여 보면, 재실자의 대사량 저하 및 열 적응에 대한 재실자 특성이 응답에 영향을 미쳤을 것이라 사료된다.

다음으로 실내온도 분포에 따른 재실자의 TSV 응답 척도를 Figure 5로 도식화하였다.

파란색 박스플롯은 실내온도 분포에 따른 수강 전 재실자의 TSV 응답 척도를 나타내고, 빨간색 박스플롯은 수강 후 TSV 응답 분포를 뜻한다. 녹색 박스플롯은 실내온도 분포에 따라 수강 전 측정된 PMV, 노란색 박스플롯은 수강 후 측정된 PMV를 나타낸다. PMV의 경우 강의실 내에서 1개 지점(중심)에서 측정이 이루어져 단일 지점으로 표시된다.

강의실에서 재실함에 따라 실내온도가 증가하였으므로 실내온도 17°C 이하에서는 수강 전 TSV 응답만 발생하였고, 17°C 초과, 19°C 이하에서는 수강 전, 후 응답이 모두 발생하였으며, 19°C 초과에서는 수강 후 응답만 발생하였다.

Table 4의 분석 내용과 같이, Figure 5에서도 수강 전, 후의 실내온도 및 PMV 측정값이 모두 상승하였음에도 불구하고 조사된 TSV의 평균치는 -1(약간 시원하다)에서 0(중립) 사이에 분포하며 큰 차이가 없는 양상으로 나타났다. 하지만 수강 전, 후의 TSV와 PMV 간 차이는 명확하게 나타났다. 수강 전 TSV와 PMV의 응답 척도 평균의 절댓값 차는 최소 0.5에서 최대 1.3인 것으로 나타났다. 수강 후 TSV와 PMV의 응답 척도 평균의 절댓값 차는 최소 0.1에서 최대 0.85로 조사되었다. 즉 수강 후에 비해 수강 전 두 지표값의 차이가 더 큰 것으로나

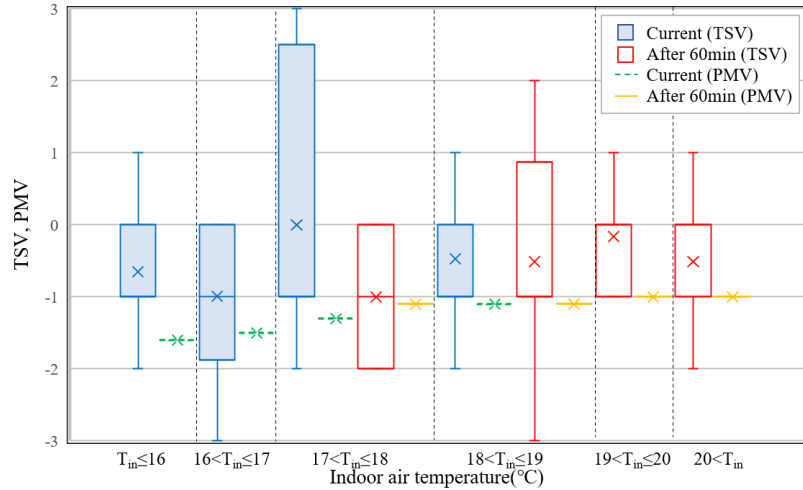


Figure 5. Thermal Sensation Vote (TSV) and PMV scale distribution by Indoor air temperature

타났다. 또한 수강 후의 PMV 측정값은 활동량을 0.9 met으로 입력하여 실제(1.1 met)와 0.2 met 밖에 차이하지 않았음에도 불구하고 TSV와는 비교적 차이가 있었다. 동일한 응답 척도 (예, ‘약간 시원하다’)에 수강 전, 후 모두 응답하였더라도 이를 응답한 당시의 실내온도는 수강 후에 명확하게 높은 것을 파악할 수 있었다.

재실자 대사량에 따른 온열쾌적감 분석

Figure 6은 재실자의 대사량 수준별 작용온도 변화에 따른 재실자의 TSV 변화 양상을 도식화하였다.

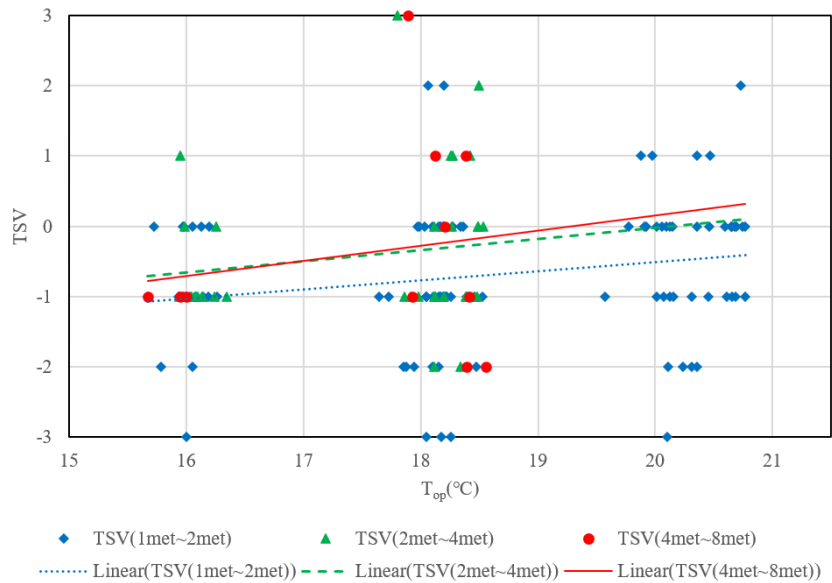


Figure 6. Changes in TSV according to operative temperature by occupants metabolic rate

재실자의 대사량 수준별 작용온도 변화에 따른 TSV 변화 양상을 살펴보기 위해 먼저 대사량을 경도(1 met ~ 2 met), 중도(2 met ~ 4 met), 강도(4 met ~ 8 met) 세 단계로 구분하였다. 강의에 참석하기 직전 10분 내에 발생하였던 대사량을 조사하였고 그에 따라 강의실 내에서 체감하는 TSV를 조사하였다.

동일 작용 온도라 하더라도 대사량이 높을수록 ‘덥다’ 측면의 양의 척도에 응답률이 높은 것을 확인할 수 있었다. 추세선을 보면, 전체적으로 작용온도의 상승에 따라 응답척도도 양의 방향으로 응답하였으며, 대사량이 클수록 추세선의 기울기가 큰 것을 파악할 수 있었다. 따라서 수강 전, 발생한 대사량의 차이에 따라 각 재실자가 느낄 수 있는 온열감에 영향을 미쳤으며, 응답하는 척도의 차이를 발생시킨 것이라 사료된다. 수강 시작 시간을 기준으로, 짧은 시간 전에 발생한 열적 경험은 재실자의 온열감에 영향을 미칠 수 있으며(Zhai et al., 2019), 이후 재실자는 열적응에 따라 50분 내에 온열감이 안정된다(Wang et al., 2021). 따라서 대학 건축물 내 강의실에 적합한 실내온열환경 유지 전략을 마련할 때, 단기 열적응이 발생할 수 있다는 점과 단기 열적응이 관여하는 시간, 그 시간 내에 영향을 미치는 수강 시작 전 대사량의 경중 등을 모두 고려하여야 한다.

쾌적온도 도출

Figure 7, Table 5은 수강 전, 후에 따른 재실자의 쾌적 온도를 도출하였다.

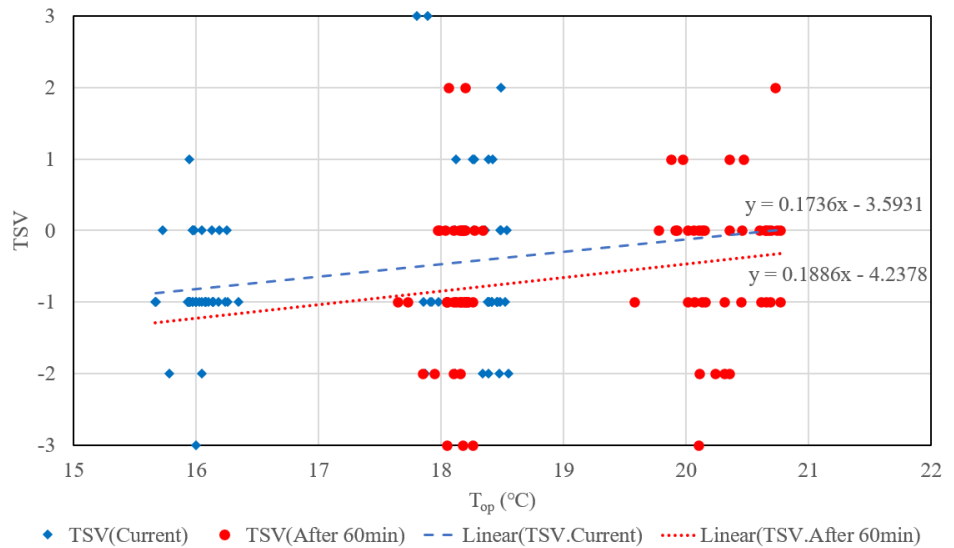


Figure 7. TSV change according to operative temperature change before and after class

Table 5. Comfortable temperature results

	Regression analysis	comfortable temperature (Tc)	R ²	p
TSV (Current)	$y = 0.1763T_{op} - 3.5931$	20.69°C	0.357	0.001
TSV (After 60 min)	$y = 0.1886T_{op} - 4.2378$	22.47°C	0.403	0.001

Figure 7을 통해 작용온도 변화에 따른 재실자의 응답 양상 변화 분포를 도식화하였다. 이를 통해 응답 변화 추세를 확인할 수 있었으며, 수강 전, 후의 추세선을 비교하면 일정 간격을 두고 기울기의 크기는 유사한 것으로 나타났다. 수강 전의 응답 척도가 비교적 y축에서 양의 방향으로 조사된 것으로 나타났다.

Table 5는 회귀분석을 통해 쾌적온도를 도출한 결과를 나타낸다. 수강 전 재실자의 쾌적온도는 20.69°C, 수강 후 쾌적온도는 22.47°C로 나타났다. 강의실 내에 재실하는 1시간 사이에 재실자의 쾌적온도는 평균 1.78°C 상승하였다. 본 연구에서 도출된 쾌적온도는 대상 건축물 유형 및 대상 연구 시기(중간기)가 동일한 선행연구(Zhang et al., 2007; Li et al., 2014; Wang et al., 2014; Wang et al., 2016; Liu et al., 2019)에서 도출된 쾌적온도 범위와 유사한 것으로 나타났다. 그러나 수강 전, 후로 구분하여 도출된 선행연구의 쾌적온도 결과는 전무하여 비교할 수 없었다.

수업 전, 후 비교 시 쾌적온도 상승 요인에는 수업 전 재실자의 대사량, 수업 참여에 따른 착석 자세 유지로 인한 대사량의 저하 및 유지, 개개인의 열적 적응 등 여러 요인이 영향을 미쳤을 것이라 사료된다. 재실자는 물리적인 실내온열환경에 적응을 하고, 대사량이 경도의 상태로 유지되었기 때문에 재실자는 열적 평형, 즉 열적 안정화 단계에 접어들면서 수강 후 조사된 TSV의 응답 척도 선택에 영향을 주었고, 이를 정량화한 결과인 쾌적온도 또한 차이가 발생한 것으로 사료된다.

결론

대학 강의실 내 수강자를 대상으로 주 강의가 이루어지는 중간기에 실내온열환경 실태를 파악하고, 그에 따른 재실자, 즉 열적 수요자인 학생들의 대사량 변화에 따른 열 쾌적 수준을 파악하였다. 본 연구 결과를 통해 대학 강의실의 재실, 운영 특성을 파악하여 최적의 실내온열환경 및 재실자의 열적 쾌적감 유지를 함께 도모할 수 있는 방안 마련에 일조하고자 한다.

수강 전, 후의 TSV, CSV, TP를 통해 재실자의 온열감을 다방면에서 살펴본 결과, 재실자는 수강 전보다 수강 후 열적 안정감을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 수강 직전, 짧은 시간 내에 발생한 재실자의 대사량 차이에 따라 재실자의 온열 쾌적감에 영향을 미치는 것을 파악할 수 있었다.

재실자의 열적 적응, 대사량 저하 등 개인적인 요소의 영향으로 실내온도, PMV 변화 양상이 재실자의 온열감(TSV) 변화 양상과 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 수강 전, 후의 쾌적 온도를 통해서도 동일한 결과가 도출되었으며, 1.78°C라는 쾌적온도의 차이 값을 통해 수강 전, 후의 열적 쾌적감에 대해 정량적으로 평가할 수 있었다.

대학 건축물 강의실의 공조 운영 전략 마련에 있어 단기 열적응 및 대사량, 재실자의 온열 쾌적감 변화량 등을 파악하여 구체적으로 반영한다면 실내온열환경 쾌적 및 최적의 에너지 절약을 도모할 수 있을 것이라 사료된다.

후기

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212020900090). 이 논문은 2019학년도 경북대학교 국립대학 육성사업 지원비에 의하여 연구되었음.

References

1. Cheong, C., Hwang, S., Park, B. (2014). Analysis on Indoor Thermal Comfort of Buildings in Campus during Intermediate Season. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 16, 187-194.
2. Kim, Y., Cha, O. (1992). The Effects of Season on Physiological Responses of Human Body, Clothing Microclimate, and Subjective Sensations. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 30, 15-26.
3. Liu, J., Yang, X., Jiang, Q., Qiu, J., Liu, Y. (2019). Occupants' thermal comfort and perceived air quality in natural ventilated classrooms during cold days[J]. *Build. Environ.*, 158, 73-82.
4. Oh, G., Cho, E., Jung, G., Im, Y. (2008). Survey on Thermal Comfort of University Student through Diaries of Skin Temperature, Ambient Temperature and Humidity in the Midseason (Spring). *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 1, 615-620.
5. Wang, X., Yang, L., Gao, S., Zhao, S., Zhai, Y. (2021). Thermal comfort in naturally ventilated university classrooms: A seasonal field survey in Xi'an, China. *Energy Build.*, 247, art. no. 111126.
6. Wang, Z., Li, A., Ren, J., He, Y. (2014). Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. *Energy Build.*, 77, 192-196.
7. Wang, Z., Ning, H., Zhang, X., Ji, Y. (2016). Human thermal adaptation based on university students in China's severe cold area. *Sci. Technol. Built. Environ.*, 23, 413-420.
8. Yoon, S. (2018). A Study on Optimum Thermal Environmental Conditions of Changing Room in Intermediate Season. *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, 8, 119-126.
9. Zhai, Y., Zhao, S., Yang, L., Wei, N., Xu, Q., Zhang, H., Arens, E. (2019). Transient human thermophysiological and comfort responses indoors after simulated summer commutes. *Build. Environ.*, 157, 257- 267.
10. Zhang, G., Zheng, C., Yang, W., Zhang, Q., Moschandreas, D. J. (2007). Thermal Comfort Investigation of Naturally Ventilated Classrooms in a Subtropical Region. *Indoor Built Environ.*, 16, 148-158.
11. Li, M., Cao, B., Zhu, Y. (2014). Indoor thermal comfort Survey in campus buildings in Beijing for a long time, in *Counting the cost of comfort in a changing world*, 8th Windsor Conference, 10-13 April, 2014, London, UK.