



RESEARCH ARTICLE

## 다중이용쇼핑공간의 공조 최적제어를 위한 외기온별 표준 착의량 설정에 관한 연구

원안나<sup>1\*</sup> · 홍원화<sup>2</sup> · 이태동<sup>3</sup> · 양수현<sup>4</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 건설환경에너지융합기술원 연구교수, <sup>2</sup>경북대학교 건설환경에너지공학부 교수,  
<sup>3</sup>에코시안 기술연구소 연구소장, <sup>4</sup>에코시안 기술연구소 수석연구원

## A Study on Establishment of Standard Clothing Insulation for Optimal Control of Air Conditioner in Multi-use Shopping Space

Won, An-Na<sup>1\*</sup> · Hong, Won-Hwa<sup>2</sup> · Lee, Tae-Dong<sup>3</sup> · Yang, Soo-Hyun<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Research Professor, Convergence Institute of Construction, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

<sup>2</sup>Professor, School of Architectural, Civil, Environmental, and Energy Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

<sup>3</sup>Director of Research, Institute of Technology, ECOSIAN, Seoul, Korea

<sup>4</sup>Senior Researcher, Institute of Technology, ECOSIAN, Seoul, Korea

\*Corresponding author: Won, An-Na, Tel: +82-53-950-7653, E-mail: woan749@knu.ac.kr

### ABSTRACT

As the trend of seeking comfort in shopping and leisure activities gains popularity, the clothing insulation worn by visitors in multi-use shopping spaces differs from that in buildings intended for other purposes. To conserve energy in multi-use shopping spaces, known for their high energy consumption, while ensuring a comfortable indoor thermal environment, it is crucial to consider the Predicted Mean Vote (PMV) of visitors. Consequently, a regression equation was developed using actual measurements taken from June 2022 to March 2023, enabling the easy prediction of required clothing levels based on the outside temperature. The research results are summarized as follows: (1) When the outside temperature was 10°C, 20°C, and 30°C, the average clothing insulation (clo) for both men and women was calculated to be 1.00, 0.77, and 0.55, respectively. The difference between men and women did not show a significant variance within a margin of ±0.07. (2) The regression equation between the corrected outdoor temperature and clo is as follows:  $[y = -0.02251x - 1.2228]$ . (3) The recommended comfort temperature range for multi-use shopping spaces was approximately 16°C or higher for heating and 25°C or lower for cooling.

**주요어** : 이용자, 다중 이용 쇼핑 공간, 착의량, 쾌적온도, 온열쾌적감

**Keywords**: Users, Multi-use shopping space, Clothing Insulation (clo), Comfort temperature, Thermal comfort

### OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2023 October, 17(5): 272-283  
<https://doi.org/10.22696/jkiebs.20230023>

pISSN : 1976-6483  
eISSN : 2586-0666

**Received:** September 11, 2023

**Revised:** October 17, 2023

**Accepted:** October 23, 2023

© 2023 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

건축부문의 에너지소비량은 국가 최종소비에너지의 약 21% (KEEI, 2022)를 차지하고 있으나 그 소비량은 매년 증가추세에 있다. 이에 건물의 소요에너지에서 많은 부분을 차지하고 있는 냉난방과 관련하여 공조에너지 절약에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 이 중 대표적으로 높은 에너지 소비량을 보이는 다중이용 쇼핑공간(대형 판매시설, 백화점)(Zhao et al., 2022)에서는 에너지 절약의 중요성이 더욱 증대되고 있다. 그러나 다중이용 쇼핑공간의 특성 상 경제적인 이익을 목적으로 운영되고 있으며, 이에 편안한 구매활동을 촉진시키기 위해서 쾌적한 실내 온열환경 조성도 매우 필요하다.

공조에너지 절약의 방법으로 기기의 효율화, 기기사용의 최소화로 크게 대별될 수 있으나, 현재는 쾌적한 온열환경을 조성하면서도 기기를 효율적으로 사용하는 기기사용의 최적화 운용 또한 중요한 관점으로 작용하고 있다. 이에 공조에너지 절약적인 면에서는 인간의 쾌적도를 저하시키지 않는 한도 내에서 실내 온습도를 조절하고자 하는 최적화 운용방법이 대두되었다.

이에 쾌적제어의 중요한 척도로서 PMV값이 사용되고 있으며, PMV쾌적제어, PMV최적제어(Kim et al., 2015; Kim et al., 2017; Choi et al., 2022) 등 다양한 표현으로 발전하고 있다. 인간의 온열감을 파악하기 위하여 사용되는 PMV의 수치는 신진대사율(활동량), 착의량, 온도, 복사온도, 습도, 기류를 변수로 하여 산출할 수 있으며, Fanger(1972)의 연구에서 발견하여 현재는 ASHRAE 55-2020(ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55-2020, 2020) 및 ISO 7730(2005)에 의한 산출방법이 표준으로 활용된다. 여기에서 사용되는 변수 중, 온도, 복사온도, 습도, 기류는 물리적인 온열요소로서 물리적 측정값이 적용할 수 있으므로 매우 객관적인 요소이다. 그러나 착의량의 경우에는 인간의 문화 및 당시의 기후 상황을 반영하고 있는 요소로서 그 차이가 존재한다. 즉, PMV측정기기를 활용하여 온열쾌적예상치를 도출할 때는 물리적인 요소는 각종 센서에 의하여 그 수치를 측정하고 있으나, 활동량 및 착의량은 계절별 상황을 고려하여 각 예상치를 입력하여 예상 PMV값을 도출한다. 그러나 활동량 및 착의량의 변수는 PMV수치에 상당한 영향을 미치므로, 가능하면 그 수치의 정확도를 높이는 것이, 공조기기의 PMV쾌적제어의 정확도를 높이는 주요 요소이기도 하다.

기존의 착의량에 대한 연구에 의하여 ASHRAE 55-2020는 각 의복별 착의량(Clothing insulation, 이하 Clo)의 수준을 제시하고, 이에 대한 합산값을 평균 지표로 이용하였으며 이를 개량하기 위하여, 최근에는 적외선 카메라를 사용(Lee et al., 2016; Choi et al., 2022)하거나 동적인 상태의 재실자 착의량 산출을 위한 선행연구(Choi et al., 2019)등의 연구가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 동적인 상태의 재실자의 착의량 산출 또한 즉각적인 외기 환경의 변화에 대응할 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 일일 공조제어에서 착의량의 다소의 변화를 반영하여 공조기의 온도 및 기류를 즉각적으로 변동시키는 것에는 설비운용의 관점에서도 어려운 점으로 대두되기도 한다.

또한 정적인 상태의 평균 착의량에 대한 기본 연구는 온도별 쾌적도 실험을 위한 피실험자의 현재 착의량 상태를 조사하였거나, 여름철 0.5~0.6clo, 겨울철 1.0~1.2clo 등의 계절별 예상 착의량을 정한 후에 온도제어를 통한 쾌적도 실험을 실시한 연구가 대부분을 차지하여 실

제 계절별 착의량 조사연구에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

지구온난화의 영향으로 계절별 평균 기온이 다소 올라가고 있고, 또한 쿨비즈 확산 및 기타 다중이용 공간에서의 실용적 의상의 확산과 더불어, 사회문화적 여가시간 활용의 인식 변화, 쇼핑 및 관람의 편안함의 추구 등의 사회적 여건에 따라 다중이용공간 이용시의 의복의 간편화, 간소화에도 영향을 미치는 것으로 보인다. 현재의 기상 및 의복착용 트렌드를 반영한 기본 착의량 조사가 매우 필요한 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 외기온별 평균 착의량 도출을 위한 기초조사를 실시함과 동시에, 착의량 간편 도출을 위한 회귀식 분석을 통하여 계절별 다중이용쇼핑 공간의 적절 실내온도를 제시함을 목적으로 하였다. 본 연구는 전문가 및 비전문가에 의해서도 외기온만을 변수로 쉽게 착의량을 도출할 수 있는 기법을 제시하고자 하며, 계절별 착의량에 대한 실태 조사 연구가 에너지 수요가 큰 다중이용쇼핑공간에서 공조에너지 절약을 위한 공조 제어 전략 수립을 위한 결정 도구로 반영된다면, 이용자 열적 수요의 만족과 더불어 건물 에너지 절감에도 기여할 수 있을 것이라 사료된다.

건물의 용도 및 재실자의 성격에 따라 기대 옷차림(드레스 코드)가 달라질 수 있고, 재실 시간 및 기대되는 실내 공조환경에 따라 열기억현상이 발생하고 기본착의량(De Carvalho et al., 2013; Schiavon and Lee, 2013)에 영향을 미칠수 있기 때문에, 본 연구의 결과의 활용은 다중이용쇼핑공간으로 제한하고자 한다.

## 이론적 고찰

clo 단위를 사용하는 착의량은 의복의 단열성을 의미하며, 1clo는  $0.155\text{m}^2\cdot\text{C}/\text{W}$ 이다. ASHRAE 식에 의해서는 착의량( $I_{cl}$ )과 기온( $t_a$ ), 복사온도( $t_r$ ), 의복표면적계수( $f_{cl}$ ), 대류열전달계수( $h_c$ ) 등에 의하여 의류표면온도( $t_{cl}$ )의 수렴치가 도출되고, 이는 PMV 산출식에 반영되어진다(식 (1)).

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3.96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\} \quad (1)$$

동일 모양의 의상에서도 의류의 종류 및 재질, 두께 등에 따라 단열 성능, 의류표면 온도에 영향을 주기 때문에, 이러한 변수의 정확한 수치를 산출하기 위해서는 챔버 환경에서 의복의 보온력에 의하여 의복기후를 추정하고 있다(Kim, 2002). 그러나 인체 착용 평가법을 활용한 의복의 단열성 평가는 개인차가 있어 다수의 피험자를 대상으로 하는 불편함이 있다. 이에 의복기후와 착의량 및 보온성과의 상관관계를 추정한 연구(Hwang et al., 1999; Park and Choi, 2008)등이 이루어 졌으며, Hwang et al.(1999)에 의하여 도출된 여성의 중간 착의 상태의 그룹1)에서의 착의량(clo)은 봄 0.91, 여름 0.44, 가을 0.81, 겨울 1.00이었다. 또한 Shim(1985)

1) Hwang et al.(1999)의 연구에서는 여성 18명을 대상으로 착의량 상태에 따라 상, 중, 하의 그룹으로 나누어 착의량을 조사하였으며, 본 연구에서는 중간 그룹에 해당하는 착의량 수치를 제시하였음.

은 외기온과 착의량( $\text{g/m}^2$ )과의 관계식을  $[Y=-37.64X+1692.66]$ 으로 제시하였는데, 외기온도  $0\sim 30^\circ\text{C}$  별 각 추정 착의중량을 도출하였으며, 이에 의류의 중량단위  $\text{g/m}^2$ 를 clo 의 산출하는 선행연구 Hanata et al.(1981; 1983) 및 McCullough et al.(1985)의 수식을 이용하여, 예상 착의량(clo)은 Table 1과 같다. Hanata et al.(1981; 1983) 식에 의한 추정값은 외기온  $0^\circ\text{C}$  (1.01 clo),  $10^\circ\text{C}$  (0.8 clo),  $20^\circ\text{C}$  (0.59 clo),  $30^\circ\text{C}$  (0.38 clo), McCullough식에 의한 추정값은 외기온  $0^\circ\text{C}$  (0.98 clo),  $10^\circ\text{C}$  (0.82 clo),  $20^\circ\text{C}$  (0.66 clo),  $30^\circ\text{C}$  (0.49 clo)이다. 이는 각 선행 연구의 연구대상 및 방법에 따라 착의중량 추정에 대한 차이는 존재하나, 기준치로서 참조가 가능할 것으로 사료된다.

*Hanata & Mihira 식:*

$$\text{Clo value}=0.558*\text{Total weight of clothing}[\text{kg}]+0.068 \quad (2)$$

*McCullough 식:*

$$\text{Clo value}=0.432*\text{Total weight of clothing}[\text{kg}]+0.025 \quad (3)$$

**Table 1.** Survey of clo based on literature

Temp.	Weight of clothing[g] by Shim(1985) equation	clo	
		Mihara's	MacCullough's
$0^\circ\text{C}$	1692.66	1.01	0.98
$10^\circ\text{C}$	1316.26	0.80	0.82
$20^\circ\text{C}$	939.86	0.59	0.66
$30^\circ\text{C}$	563.46	0.38	0.49

## 측정개요

### 대상 건축물 및 측정일의 특성

본 연구는 서울시 K구에 위치한 다중이용쇼핑 공간(이하, 쇼핑공간)을 대상으로 각 계절별 외부에서 출입하는 주 출입구인 지상 1층의 입구에 카메라를 설치하여 방문자들의 의복상태를 측정하였다. 하루의 기온차이에 의한 착의량의 차이를 모두 반영할 수는 없는 한계점에서, 본 연구에서는 비교적 이용빈도가 높고 공조의 부하량이 가장 높을 것으로 예상되는 시간대인 오전 12시부터 오후 3시 사이의 출입자 중 20대 이상의 성인 남녀를 대상으로 하였다. 해당 측정일의 온도 및 방문자의 성별 개요는 Table 2와 같다. 측정일별에 따라 차이는 있으나 여성의 이용객이 남성에 비하여 2~3배 정도로 많은 비율을 차지하였으며, 각 일별당 측정인원수는 58~89명이다.

또한 외기온별 착의량의 특성을 알아보기 위하여 기상청 데이터를 활용하여, 일별 최고, 최저기온 및 낮 평균기온을 제시하였다.

**Table 2.** Outdoor temperature and No. of occupants

Date	Avg. Temp. (Max. temp.)	No. of occupants		
		Female	Male	Total
Jun. 18, 2022	23.3°C (25.1°C)	58	25	83
Jun. 25, 2022	26.0°C (30.5°C)	60	21	81
Aug. 28, 2022	22.6°C (28.4°C)	59	26	85
Aug. 29, 2022	21.1°C (22.5°C)	46	12	58
Oct. 08, 2022	15.8°C (21.6°C)	58	26	84
Oct. 15, 2022	18.2°C (24.4°C)	59	21	80
Dec. 24, 2022.	-8.4°C (-2.0°C)	58	31	89
Mar. 4, 2023	7.7°C (14.1°C)	55	24	79
Mar. 5, 2023	8.0°C (15.4°C)	57	18	75

본 연구는 수집된 방문자의 영상을 분석하여 각 착의량의 총 합에 의한 clo를 도출하는 방법론(ASHRAE 55-2020)을 사용하였으며 이에 ASHRAE 55-2020에서 제시한 개별의복 및 의복종류별 단열성능은 Table 3과 같다.

**Table 3.** Garment insulation (ASHRAE 55)

Garment description		clo	Garment description		clo
underwear	Bra	0.01	Shirts and Blouses	Sleeveless/scoop-neck blouse	0.12
	Panties	0.03		Short-sleeve knit sport shirt	0.17
	Men's briefs	0.04		Short-sleeve dress shirt	0.19
	T-shirt	0.08		Long-sleeve dress shirt	0.25
	half slip	0.14		Long-sleeve flannel shirt	0.34
	Long underwear bottoms	0.15		Long-sleeve sweatshirt	0.34
	Full slip	0.16			
	Long underwear top	0.2			
	Dress and Skirts	Skirt (thin)		0.14	Suit Jackets and Vests
Skirt (thick)		0.23	Sleeveless vest (thick)	0.17	
Sleeveless, scoop neck (thin)		0.23	Single-breasted (thin)	0.36	
Sleeveless, scoop neck (thick)		0.27	Single-breasted (thick)	0.44	
short-sleeve shirtdress (thin)		0.29	Double-breasted (thin)	0.42	
Long-sleeve shirtdress (thin)		0.33	Double-breasted (thick)	0.48	
Long-sleeve shirtdress (thick)		0.47			

## 결과 및 토의

### 방문자의 착의량

각 측정일 별 대상 쇼핑 공간 방문자의 착의량은 Figure 1, Figure 2와 같다. 각 측정일 별 남

너별 약간의 차이가 있으나, 평균값의 경우  $-0.06 \sim +0.07$ 의 차이를 보임을 알 수 있다. 봄과 여름에 해당하는 3~8월에는 최대 및 최소값의 편차가 크지 않으나, 가을, 겨울에 해당하는 10~12월에서는 착의량의 편차가 비교적 큰 것으로 나타났다.

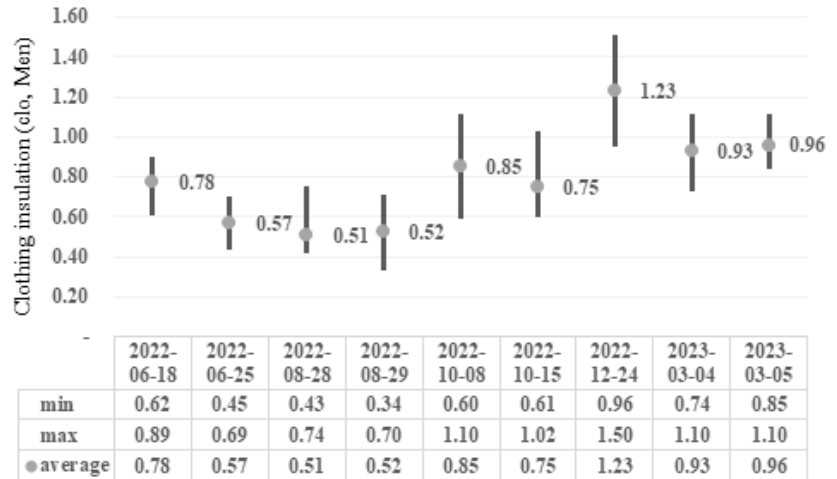


Figure 1. Clothing insulation (clo, Men)

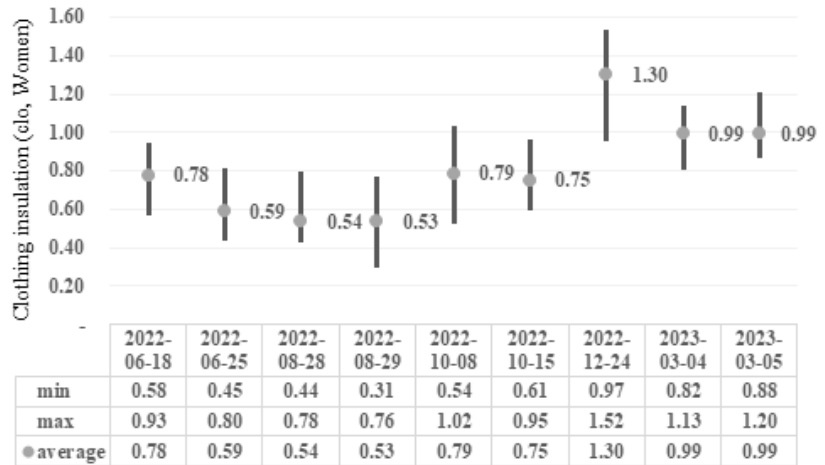


Figure 2. Clothing insulation (clo, Women)

실외 최고 기온별 착의량에 따른 남녀별 상관관계 그래프는 Figure 3와 같다. 겨울철의 저온의 날씨가 때에는 여성의 착의량이 남성에 비하여 다소 높게 나타났으며, 온도가 높아 질수록 차이는 근소화 하여 외기온이  $30^{\circ}\text{C}$  이상일 때에는 여성의 착의량이 남성에 비하여 극소 낮은 수치를 보인다. 측정당일 외기 온도와 착의량의 남녀 성별 상관관계를 설명해주는 결정계수  $R^2$  은 남성 0.7264, 여성 0.741이었다.

Table 2에서 각 측정일의 평균 외기온도 및 최고 외기온도를 제시한 바와 같이 8월 측정일의 외기온도는 다소 낮았다. 그러나 비교적 높은 외기온도의 6월의 착의량에 비하여 8월의 착의



량은 남녀 모두 낮게 나타난 점이 주목된다. 이는 계절별 기본 외기온의 기대치 및 계절별 열 환경 적응도가 착의 상태에 반영된 것으로 보인다.

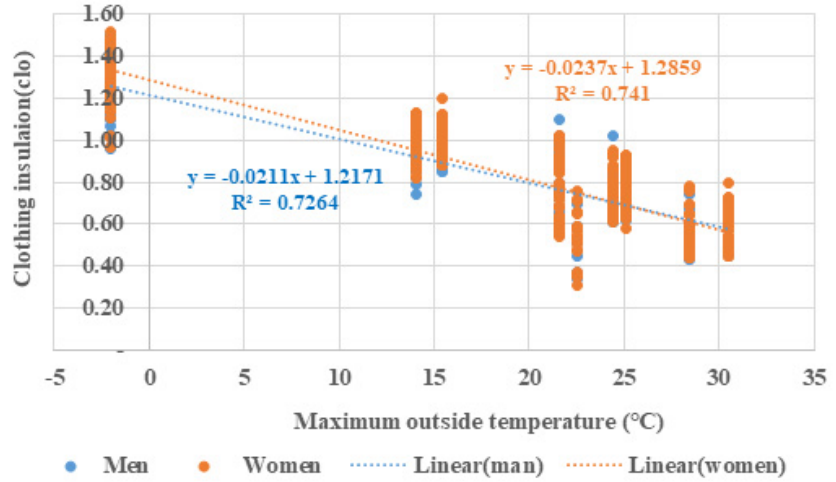


Figure 3. Correlation between maximum outside temperature and clothing insulation

### 온도 보정에 의한 착의량 도출 방법론 고찰

각 온열환경 측정 예측일의 온도 보정에 의하여 착의량 도출이 필요한 것으로 사료된다.

앞서 서술한 바와 같이 동절기와 간절기, 간절기에서 하절기로의 계절의 변화에서는 일별 기온의 등락을 반복하며 평균온도의 상승 및 저하가 이루어진다. 강우 등의 날씨의 변화에 의해서 다소 기온의 변화가 현격한 시기에도 계절별 착의 적응에 따라 착의량이 크게 달라지지 않는 것으로 보인다. 이에 계절별 열적 적응 및 의복 이용의 지속성에 의하여 심리적 영향을 받는 점을 고려하여, 예측일 하루의 외기온이 아닌 예측일의 일주일 간의 최고기온의 평균과의 상관관계를 도출하였다.

각 측정일 당일의 착의량에 대한 평균값과 일최고기온과의 상관관계는 Figure 4이며, 측정일 전, 일주일 간의 일최고기온의 평균을 도출하여 착의량과 비교한 상관관계는 Figure 5와 같다. 두 그래프 모두 여성이 남성보다 설명계수값이 다소 높게 나타났다. 보정 전 후의 상관관계 식에 의하여 도출된 남녀별 착의량의 차이는 0.03~0.05로 차이가 크지는 않으나, 설명계수인 R<sup>2</sup>값은 0.05~0.06 증가하는 것으로 나타났다. 이에 다중이용시설을 이용하는 남녀 모두의 착의량 평균값을 사용하여 도출한 설명계수는 0.9137로서 향후 다중이용시설의 온열환경 조성의 기준으로 사용할 수 있는 것으로 사료된다.

회귀식의 단순한 기울기를 비교하였을 경우, 겨울철 착의량의 경우 여성이 남성에 비하여 높고, 온도가 올라감에 따라 역전하여 착의량이 낮게 나타나는 경향을 보인다. 이러한 연구결과와는 여성이 남성보다 온도 지각에 민감하여 중성점 이상에서는 여성이 남성보다 더 덥고 중성점 이하에서는 더 춥게 느끼는 조사된 선행연구(Bae et al., 1995) 및 남성의 온열 중성점이 여성보다 낮다는 여러 연구(Yoon et al., 1992; Kum et al., 1998; Karjalainen, 2012)와 유사하다.

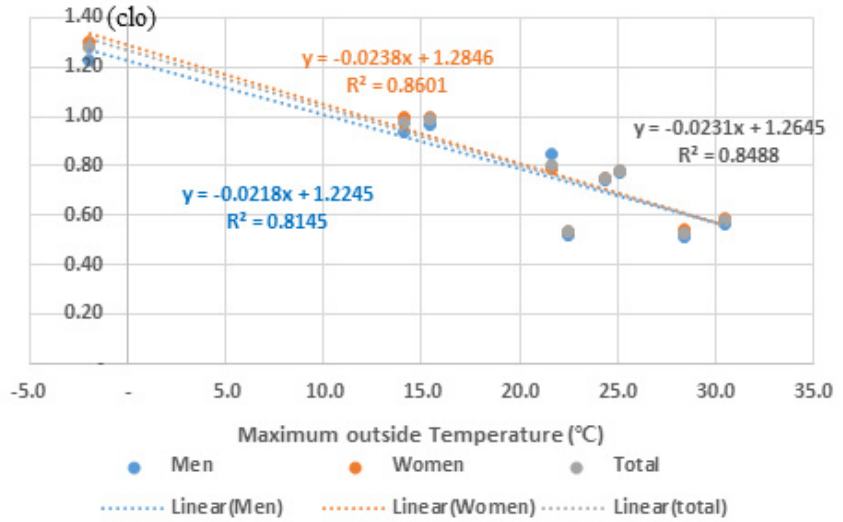


Figure 4. Correlation between maximum outside temperature and average clo

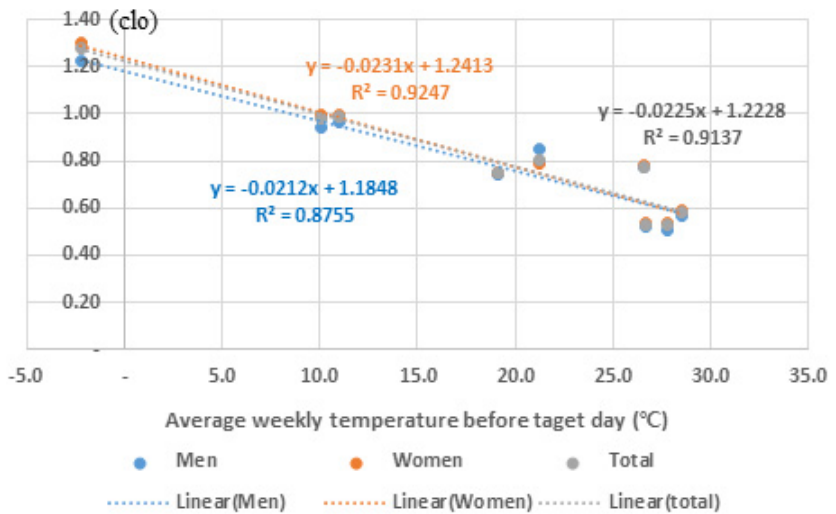


Figure 5. Correlation between average weekly outside maximum temperature and clo

보정된 외기온도에 의하여 도출된 식에 의하여 도출된 착의량은 Table 4와 같다. 10°C 일 때 남녀 전체 평균착의량은 1.00, 20°C일 때 0.77, 30°C일 때 0.55로 산출된다. 이는 다중쇼핑이용공간의 특성상 편한 복장으로 여유의 시간을 보내는 방문자의 비율이 상대적으로 높은 특성을 고려하여, 업무시설 및 교육시설과는 다소의 착의량 차이가 있음에 유의해야 한다.

그러나 이론적 고찰에서의 제시한 문헌에 의한 기존의 착의량 조사 결과 Table 1과 비교하면, 착의량의 수준은 다소 높아진 것으로 나타났다. 또한 Hwang et al.(1999)에 의하여 도출된 연구결과와 유사하나, 여름 및 겨울철의 착의량은 다소 높게 나타났다.



**Table 4.** Expected clo by temperature

	Equation	clo by outdoor temperature		
		10°C	20°C	30°C
Men'clo	$y = -0.0212x - 1.1848, R^2 = 0.8755$	0.97	0.76	0.55
Women'clo	$y = -0.0231x - 1.2413, R^2 = 0.9247$	1.01	0.78	0.55
Total	$y = -0.02251x - 1.2228, R^2 = 0.9137$	1.00	0.77	0.55

### 다중쇼핑공간에서의 온열환경 쾌적도 분석

각 해당일의 실내 온도 및 습도, 조사된 평균 착의량 및 최저, 최고 착의량 상태(Table 5에서 average, min, max로 표기)에서 도출한 PMV는 Table 5와 같다. 실내 온습도는 상대적으로 이동인원이 많아 열적 부하가 높은 지상 1층의 평균 실내온도를 기준으로 하였으며, 가법 계 걷는 행위 1.8Met, 평균 기류 0.1 m/s 수치를 적용하여 Fanger 식에 의하여 도출하였다.

6~8월 달에서 평균 착의량으로 산출된 PMV는 0.83~1.09의 수치가 도출되었으며, 재실자 중 실내온습도에 대한 불만족율(PPD)이 약 25% 전후로 예상되었다. 단, 겨울 및 초봄에 해당하는 12월, 3월의 PMV는 0.02~0.07으로 불만족율 PPD는 약 5%로 예측된다. 측정일에서 지상 1층의 평균실내온도에서는 여름철 다소 더운 온열감을 느낄 수 있는 것으로 사료된다.

**Table 5.** Indoor thermal environment and PMV in each clo

Date	Indoor thermal environment		PMV in each clo		
	Temp. (°C)	Humidity (%)	Average	Min.	Max.
Jun. 18, 2022	23.9	47.5	0.93	0.73	1.04
Jun. 25, 2022	25.7	50.4	1.09	0.95	1.26
Aug. 28, 2022	24.8	44.9	0.83	0.73	1.06
Aug. 29, 2022	25.2	54.9	0.95	0.73	1.18
Oct. 08, 2022	24.0	44.8	0.95	0.69	1.14
Oct. 15, 2022	25.3	49.2	1.16	1.04	1.33
Dec. 24, 2022.	15.3	23.2	0.07	- 0.32	0.26
Mar. 4, 2023	16.9	40.6	0.02	- 0.33	0.19
Mar. 5, 2023	17.4	40.2	0.08	- 0.06	0.31

### 착의량에 따른 온열환경의 쾌적범위 도출

일반적으로 지상 1층은 입구층에 해당하여 외기의 유입이 발생하는 등 다른 지상층에 비하여 열적부하가 상대적으로 크다. 이에 다른 지상층에서도 적용이 가능한 에너지 절약적인 공조 계획을 위해서는 적절한 실내 온열환경의 범위의 도출이 필요하다.

본 논문에서는 외기온이 0°C~30°C일 때를 가정하여 도출한 기대 착의량은 각 온도별 1.22, 1.00, 0.77, 0.55와 같다. 이에 실내 습도 30%, 60%일 때를 가정하여 ASHRAE 55-2020 식에 의하여 산출한 실내 쾌적온도 범위는 Table 6와 같다. 불쾌적률 20%는 이용자가 수용할 수 있는 실내온열환경인가를 판단하는데 있어서 중요한 기준으로 활용(Zhao et al., 2022)되

며, 이에 불쾌적율 기준으로 80%, 90%가 수용가능한 온도범위로 도출하였다. 0°C와 10°C 일 때는 난방이 이루어 져야하므로 최저 기온을 기준으로 각 불만족율내에 허용되는 온도로 표기하였으며, 20°C, 30°C에서는 냉방 중심으로 온도의 상위값을 표시하였다.

이는 실제의 착의량 조사를 기반으로 한 온열환경 쾌적온도범위를 고려하여 냉난방을 제어를 전제한 경우로서, 다중쇼핑이용공간 내의 특정 열적수요가 발생하는 경우는 이에 대한 추가적인 고찰이 필요하다. 단 하절기 동일한 다중이용쇼핑공간에서 실시된 선행연구 Ryu et al.(2023)에서 측정 PMV보다 TSV를 반영한 쾌적온도가 다소 높게 나타난 점을 고려하면, Table 6의 냉난방의 기준에 여유분을 고려할 수도 있을 것으로 사료된다.

**Table 6.** Acceptable operative temperature range

Outdoor thermal environment	Expected clo by temperature	Acceptable operative temperature			
		Humidity 30%		Humidity 60%	
		90% acceptable	80% acceptable	90% acceptable	80% acceptable
0°C	1.22	16.1°C~	13.8°C~	15.6°C~	13.3°C~
10°C	1.00	18.1°C~	16.0°C~	17.6°C~	15.5°C~
20°C	0.77	~21.8°C	~24.0°C	~21.0°C	~23.0°C
30°C	0.55	~23.3°C	~25.0°C	~22.5°C	~24.3°C

## 결론

각 계절별 다중이용쇼핑공간의 에너지 절약적이면서도 쾌적한 실내 온열환경 조성을 목적으로, 쾌적지표 도출의 기본이 되는 착의량에 주목하여 계절별 남녀 착의량을 정량적으로 측정하고, 외기온과 착의량 변화에 대한 상관관계를 분석하였다. 복잡한 각종 센서의 활용이나 전문적인 지식을 가지고 있지 않은 비전문가도 쉽게 착의량을 예측할 수 있으며, 공조운용에 활용할 수 있다. 도출된 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 외기온도 10°C일 때 평균착의량은 1.00, 20°C일 때 0.77, 30°C일 때 0.55로 산출되었다. 남녀별 착의량의 차이는 ±0.07수준으로 큰 차이를 보이지는 않았다.
- (2) 보정된 외기온도를 활용하여 평균착의량을 도출할 수 있는 회귀식을 도출하였으며,  $[y = -0.02251x - 1.2228]$ 와 같다.
- (3) 2000년 이전의 기존의 문헌에서 제시한 평균 의복중량을 각 산출식을 통하여 도출한 clo 값과 비교하였을 경우, 현재의 착의량이 각 온도별 0.06~0.19 높아진 것으로 추정되었다.
- (4) 불만족율로 도출한 다중이용쇼핑공간의 쾌적온도 범위는 난방 약 16°C 이상, 냉방은 25°C이하가 요구되었다.

단, 본 연구에서는 22년 6월~23년 3월에 이르기 까지 계절별 측정이 이루어 지기는 하였으나, 월별 혹은 각 계절별 측정일이 다소 한정되어 있는 점에서는 추후 더 많은 측정일의 데이터를 추가하여 정밀도를 향상시킬 필요성이 있다.

## 후기

연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212020900090).

## References

1. Bae, G.N., Lee, C.H., Lee, C.S. (1995). Evaluation of Korea thermal sensation in office building during the summer season. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 7(2), 341-351.
2. Choi, E.J., Park, B.R., Choi, Y.J., Moon, J.W. (2019). Analysis of preceding researches and technologies for estimationg occupants clothing insulation. *KIEAE Journal*, 19(6), 101-106.
3. Choi, E.J., Park, B.R., Kim, N.H., Moon, J.W. (2022). Evaluation of Thermal Comfort by PMV-based Control Applying Dynamic Clothing Insulation. *KIEAE Journal*, 22(1), 53-60.
4. De Carvalho, P.M., da Silva, M.G., Ramos, J.E. (2013). Influence of weather and indoor climate on clothing of occupants in naturally ventilated school buildings. *Building and Environment*, 59(2013), 38-46.
5. Hanata, K., Mihira, K., Ohhata, K. (1981). Studies on Thermal Resistance of Women's Underwears. *Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses*, 22(10), 430-437.
6. Hanata, K., Mihira, K., Sato, Y. (1983). Studies on Thermal Resistance of Men's Underwears. *Journal of Japan Research Association for Textile End-Uses*, 24(8), 363-369.
7. Hwang, S.K., Choi, J.W., Seung, W.K. (1999). The Effect of Seasonal Clothing Weight on Resting Metabolic Rate, *Journal of the Korea Society of Clothing and Textiles*, 23(3), 483-494.
8. Karjalainen, S. (2012). Thermal comfort and gender: a literature review. *Indoor Air*, 22(2), 96-109.
9. Kim, C.H., Jeon, G.U, Lee, S.E., Kim, K.S. (2017). Comparison of Energy Performance and Indoor Thermal Comfort according to Temperature and Comfort Control in VRF System. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 33(11), 53-61.
10. Kim, S.H., Yun, S.J., Chung, K.S. (2015). A Study on the Application of Simulation-based Simplified PMV Regression Model for Indoor Thermal Comfort Control. *Journal of Energy Engineering*, 24(1), 69-77.
11. Kim, Y.W. (2002). Measurement of Seasonal Changes in Clothing Microclimate for the Assessment of Clothing Comfort during Office-Work. *Textile science and engineering*, 39(2), 233-239.
12. Kum, J.S., Kim, D.G., Choi, K.H., Kim, J.R., Lee, K.H., Choi, H.S. (1998). Experimental study on thermal comfort sensation of Korean (Part II: Analysis of

- subjective judgement in summer experiment). *Korean Journal of the Science of Emotion & sensibility*, 1(2), 65-73.
13. Lee, J.H., Kim, Y.K., Kim, K.S., Kim, S. (2016). Estimating clothing thermal insulation using an infrared camera. *Sensors*, 16(3), 341.
  14. McCullough, E.A., Jones, B.W., Huck, J. (1985). A Comprehensive data base for estimating clothing insulation. *ASHRAE Trans*, 91(2A), 29-47.
  15. Park, J.H., Choi, J.W. (2008). The Relationship between Clothing Microclimate and Clothing Thermal Insulation. *J. Korea. Soc. Living Sys.*, 15(4), 677-685.
  16. Ryu, J.H., Hong, W.H., Won, A.N. (2023). Analysis of Thermal Characteristics of Multi-use Shopping Space in Summer according to Thermal Comfort Index. *Journal of Korea Institute of Architecture Sustainable Environment and Building Systems*, 17(2), 73-85.
  17. Schiavon, S., Lee, K.H. (2013). Dynamic predictive clothing insulation models based on outdoor air and indoor operative temperatures. *Building and Environment*, 59(2013), 250-260.
  18. Shim, B.J. (1985). A field survey on the standard establishment of wearing under environmental thermal conditions II - With emphasis on yearly change of wearing and clothing weight. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 23(4), 33-54.
  19. Yoon, C.-S., Choi, Y.-J., Lee, S.-H. (1992). An Experimental Study on Establishing the Comfort zone of thermal environment in summer. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 8(4), 73-79.
  20. Zhao, S., Yang, L., Gao, S., Li, M., Yan, H., Zhai, Y. (2022). Field investigation of the thermal environment and thermal comfort in shopping malls in the cold zone of China. *Build. Environ.*, 214, 1-13.
  21. Korea Energy Economics Institute (KEEI). (2022). *Yearbook of Energy Statistics*.
  22. Fanger, P.O. (1972). *Thermal Comfort*, McGraw-Hill, NY, 1972.
  23. ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 55-2020. (2020). *Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy*. Atlanta, GA.
  24. EN ISO 7730. (2005). *Ergonomics of the Thermal Environment. Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and the PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria*, International Standards Organization, Geneva.