

물리적 온열 환경 요소들이 PMV 온열 환경 지표에 미치는 영향에 있어 공조 방식에 따른 차이 연구

Research on the Differences of Effect of Physical Thermal Environmental Factors on the PMV as an Thermal Environmental Indicator due to Types of Air-Conditioning

김보성¹, 김진호^{1,2}

¹공주대학교 그린홈에너지기술연구소, ²공주대학교 산업시스템공학과

Key words: Air-Conditioning, PMV, Physical Thermal Environmental Factors

1. 서론

PMV(predicted mean vote) 온열 환경 지표는 가장 보편적으로 온열 환경에 대한 정보를 제공해주는 지표이다. 이 지표는 온도, 습도, 기류속도, 평균복사온도의 환경적 요소와 착의량, 활동량의 인적 요소를 포함하고 있다. 그러나 ISO-7730 에서 제시된 PMV 계산식이 매우 복잡하여 이를 보다 쉽게 활용할 수 있는 방안에 대한 모색이 이루어지고 있다(문용준 등, 2007). 문용준 등(2007)은 공조 시스템이 설치된 강의실에서 PMV 지표와 6 가지 하위 요소들을 측정하고, 이에 기초하여 회귀분석을 통한 단순화된 PMV 예측식을 도출하였다. 이는 공조를 위한 시스템 제어에 있어서 환경 제어 요소들의 조절 기준을 마련했다는 점에서 의의가 있다. 그러나 가외변수들이 통제되지 않은 강의실에서 측정되었다는 점과 착의량을 다른 환경변수들과 마찬가지로 실시간으로 변화하는 측정변수처럼 취급되었다는 점이 제한점으로 지적될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이런 제한점을 보완하여 공조를 위한 예측식을 도출하고자 하였다.

한편 김보성 등(2011)은 온열 환경 요소에 있어서 공조 방식 역시 서로 다를 수 있음을 제안하였다. 즉 동일한 온열감을 느끼더라도 공조가 난방 조건인지, 냉방 조건인지에 따라 차이를 보일 수 있음을 의미한다. 결국 공조를 위한 예측식 도출에 있어서도 적절한 공조를 위해서는 공조 조건이 고려되어야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 각 공조 조건으로 구분하여 동일한 PMV 지표의 범위 내에서 물리적 환경 요소들의 영향이 서로 다른지를 확인하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 실험 환경 및 도구

실험에 사용된 환경은 3.5×5.4×2.1 m³의 인공 기후실로 공조 시스템이 갖추어져 있는 공간이었다.

PMV 온열 환경 지표 및 실내 온열 환경 요소들(온도, 기류속도, 평균복사온도, 상대습도)은 KEM 사의 AM-101 을 통해 1.2 m 의 높이에서 측정되었다. 이 도구의 측정범위 및 오차는 표 1 과 같다. 또한 PMV 온열 환경 지표에 영향을 미치는 착의량과 활동량은 각각 1.0 clo 와 1.0 met 으로 고정하였다(ISO-7730 참조).

표 1. 실험 도구의 측정 사양

측정변수	측정범위	측정오차
온도(°C)	0~50	±0.5 / 15~35
기류속도(m/s)	0~5	±1 / 0~1 ±0.5 / 1~5
평균복사온도(°C)	0~50	±0.5 / 15~35
상대습도(%)	0~100	±3 / 20~80

2.2. 실험 절차

실험은 약 20°C에서 약 31°C까지의 실내 기온 범위 내에서 난방 공조(heating condition)와 냉방 공조(cooling condition)를 번갈아 가며, 실내 온열 환경 지표인 PMV 와 물리적 온열 환경 요소들을 매 1 분 간격으로 측정하였다. 하나의 공조 조건에 소요되는 시간은 20 분이며, 각 공조 조건 당 8 번씩 반복되도록 하였다.

2.3. 실험 설계

먼저 공조 조건 별 PMV 지표의 범위가 동일하도록 측정 데이터를 선별하였다. 각 공조 조건 별 선별된 135 개 데이터들의 PMV 온열 환경 지표 범위는 +0.03~+1.88 였다. 다음으로 각 공조 조건 별로 PMV 온열 환경 지표와 물리적 온열 환경 요소들간의 상관관계를 살펴보기 위해 상관분석을 실시하였으며, 도출된 각 변수 간의 상관계수를 독립표본 상관계수 차이 검증 방식에 따라 공조 조건에 따른 차이 검증을

실시하였다. 마지막으로 각 공조 조건 별로 PMV 온열 환경 지표를 준거변수로 하고, 온열 환경 요소들을 예측변수로 하는 회귀분석을 실시하였다.

3. 결과

각 공조 조건 별로 PMV 온열 환경 지표와 물리적 온열 환경 요소들 간의 상관분석을 실시하였다(표 2). 그 결과, 난방 조건에서는 PMV 온열 환경 지표가 온도, 기류속도 및 평균복사온도와는 유의미한 상관을 보이는 반면, 상대습도와는 상관관계는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 한편 냉방 조건에서는 PMV 온열 환경 지표가 물리적 온열 환경 요소들 모두와 유의미한 상관을 보이는 것으로 나타났다.

이러한 관계에 있어, 공조 조건에 따라 서로 차이가 존재하는지 확인하기 위해서 독립표본 상관계수 차이검증 공식을 사용하였다(1). 그 결과, 공조 조건에 따른 PMV 온열 환경 지표와 물리적 온열 환경 요소들 간의 모든 상관계수의 차이가 유의미한 것으로 나타났다.

$$z = \frac{z_{r1} - z_{r2}}{\sqrt{\frac{1}{N_1 - 3} + \frac{1}{N_2 - 3}}} \quad (1)$$

표 2. 공조 조건 별 PMV 온열 환경 지표와 물리적 온열 환경 요소들간의 상관관계 및 공조 조건에 따른 상관관계 차이 검증

Source	Ta	Va	Tr	Rh
난방 조건 PMV	.993**	.354**	.993**	.063
냉방 조건 PMV	.973**	-.304**	.704**	.580**
z	5.52***	5.56***	15.85***	-4.87***

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ Ta: 온도, Va: 기류속도, Tr: 평균복사온도, Rh: 상대습도

측정된 물리적 온열 환경 요소들을 활용하여 PMV 온열 환경 지표를 예측하기 위해 PMV 온열 환경 지표를 준거변수로 하고, 물리적 온열 환경 요소들을 예측변수로 하는 회귀분석을 실시하였다(표 3). 변수 투입방식은 Enter 방식을 활용하였다. 그 결과, 난방과 냉방 조건 모두에서 PMV 온열 환경 지표 예측 모형의 적합도가 유의미한 것으로 나타났다. 또한 난방 조건에서는 온도, 기류속도, 평균복사온도가 PMV 온열 환경 지표를 유의하게 예측하는 반면, 냉방 조건에서는 온도, 기류속도, 평균복사온도, 상대습도가 PMV 온열 환경 지표를 유의하게 예측하는 것으로 나타났다.

표 3. PMV 온열 환경 지표 예측 모형에 대한 회귀분석 결과

공조 조건	예측 변수	B	SE	β	t	F	R ²
난방 조건	Ta	.178	.020	.587	8.899**	4794.893**	.991
	Va	1.224	.324	.034	3.772**		
	Tr	.101	.017	.398	5.986**		
냉방 조건	Ta	.150	.007	.552	22.699**	2511.938**	.987
	Va	-1.644	.143	-.212	-11.473**		
	Tr	.132	.007	.423	18.382**		
	Rh	.009	.001	.152	11.914**		

** $p < 0.001$ Ta: 온도, Va: 기류속도, Tr: 평균복사온도, Rh: 상대습도

4. 결론

본 연구는 물리적 온열 환경 요소들이 PMV 온열 환경 지표에 미치는 영향이 공조 조건에 따라 차이를 보이는지를 살펴보고자 하였다. 그 결과, 난방과 냉방 조건 간에 PMV 지표와 물리적 온열 환경 요소들의 관계성의 차이가 존재하는 것으로 나타났으며, PMV 지표를 예측하는 모형 역시 두 공조 조건 간에 서로 다른 것으로 나타났다. 이는 PMV 온열 환경 지표를 토대로 물리적 온열 환경 요소들을 변화시켜 실내 쾌적도의 변화를 유도하고자 할 경우에 어떠한 공조를 실시할 것인지에 따라 다르게 접근해야 할 필요가 있음을 시사한다.

Acknowledgement

이 논문은 2009 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업(2011-0022977) 및 지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업으로 수행된 연구임.

참고문헌

- 김보성, 임동훈, 전윤창, 신주원, 민윤기, 민병찬, 김진호 (2011). 냉·난방 조건에서 예상 온열감 반응(PMV) 지표에 따른 감성반응 분석. *2011 한국감성과학회 춘계학술대회 논문집*, 77-78.
- 문용준, 노광철, 오명도 (2007). 다중회귀분석을 통한 PMV 모델의 단순화. *설비공학논문집*, 19(11), 761-769.
- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.*