

변동환경 대응을 위한 난방System의 쾌적 알고리즘 개발

김동규 · 정용현 · 김종수[†]

(부경대학교)

Development of comfort algorithm for Indoor temperature change in Heating System

Dong-Gyu KIM, Yong-Hyun CHUNG, Jong-Soo KUM[†]

Pukyung National University

(Received August 7, 2006 / Accepted September 25, 2006)

Abstract

This study investigated physiology and psychological response of subjects, when heat pump was operated long time within comfort temperature range. Eight subjects were participated for the experiment. Their age was from 22 to 25 years old. The results of this experiment will propose basic data for improving comfort control algorithm in fluctuating environment by using heat pump. When indoor temperature was controlled by heat pump, the conclusion was as follows.

1) When votes of subjects was considered, the thermal comfort neutrality or lower range helped formation of comfort sensation for subjects.

2) When room temperature was lower, thermal comforts of shoulder, knee and foot with subjects thermal comfort showed high correlation. And when room temperature was higher, thermal comfort of face region with subjects thermal comfort showed high correlation.

3) The necessity of temperature change after 50 minutes from initially operating heat pump demands the additional analysis against the physiological signal.

Key words: Heat Pump, Fluctuating Environment, Thermal Comfort

I. 서론

오늘날에 있어서 인간은 외부의 자연환경하에서 보내는 시간보다 인공환경에서 보내는 시간이 많아지고 있다. 이러한 인공환경속에서 인체는 외부의 온열환경 조건과 관계없는 인공 온열환경속에서 활동을 하고 있다. 이에 온열환경속에서 생활하고 있는 거주자의 온열쾌적성 규명을 위한 온열환경지표에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다 (Gagge, Nishi, Nevins, 1976; Horikoshi, Kobayashi, Tsuchikawa, 1991; 주 등, 1997; 배 등, 1995; 윤 등, 1992; 전 등, 2005; 공 등, 1989; 김

등, 1997). 하지만 이러한 기존의 연구들은 온열환경 6요소 중에서 온도, 기류와 같은 환경요소의 제어를 통한 쾌적성 향상을 목표로 삼고 있다. 그러나 제품을 사용하는 소비자의 감성적 측면이 온열환경에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 그러나 최근에는 인간의 감성적 측면도 실내온열환경의 중요한 평가요소로 자리 잡고 있으며, 이에 따른 감성제품의 개발 및 연구가 진행되고 있는 실정이다(김, 1997; 김, 1998; Fanger 1970; Fanger, 1972; Tanabe 1988; Gagge, Fobelets, Berglund, 1986). 이에 본 연구에서는 최근 겨울철 난방 시 점차 사용이 증대되고 있는

[†] Corresponding author : +82-2-620-1504; fax: +82-2-620-1504 jskum@pknu.ac.kr

* 본 연구는 부경대학교 기성회계 학술연구비(2002)의 지원으로 이루어 졌음.

Heat Pump를 대상으로 난방시 쾌적온도 범위내에서 Heat Pump를 장시간 운전하였을 때 실내열환경 변화로 인한 재실자가 느끼는 생리적 심리적인 반응을 조사 및 분석하여 난방시 변동환경을 고려한 쾌적한 제어알고리즘 개발을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 실험 방법

2.1 실험장치

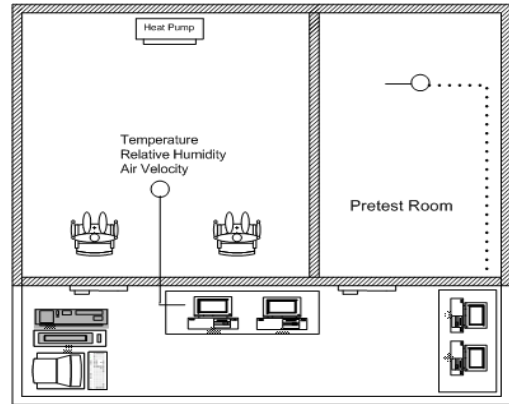
실험은 온도와 습도를 일정하게 유지할 수 있는 항온항습실에서 실시하였다. 실험 초기 설정 온도 및 습도는 항온항습기를 통해 제어하였으며, 이후 heat pump를 사용하여 설정조건을 구현하였으며, 실험실 구성과 항온항습기 사양은 [그림 1]과 <표 1>과 같다.

2.2 실험대상

실험에 참여한 피험자는 대학생 8명으로 하루에 3case (1 case에 2명 실험)씩 4일 동안 온도 및 습도, 기류 등이 인위적으로 조절되는 온열환경 실험실에서 실시하였고, 피험자의 신체적 특징은 <표 2>와 같다.

2.3 실험조건

피험자를 실내온도 18℃로 유지되는 실험실에 입실시켜 약 30분 정도 충분한 안정을 취하게 한 후 Heat Pump를 가동하여 실내온도를 22℃, 24℃, 26℃로 설정하였다. 겨울철 일반적인 Heat Pump운전 방식인 수직취출 방식으로 하여 피험자의 발부위로 기류를 유도 하였으며, 피험자 위치에서의 기류속도는 0.15~0.25m/s였다. 피험자는 정해진 의복을 착용하였으며, 착의량은 중량법(花田嘉代子, 1983)으로 계산하여 남자 0.7 clo, 여자 1.0 clo 가 되었다. 피험자는 실험 중 의자에 앉아 가벼운 독서 또는 대화를 하고 있으므로 대사량은 1.1 met로 가정하였다.



[그림 1] 실험실 개략도

<표 1> 항온항습기 사양

항목	제어범위
항온항습실 공기온도	10℃ ~ 40℃ ±1℃
항온항습실 공기습도	30% ~ 80% ±5%
제어 컨트롤러	SCR
냉각능력	8100 kcal/h
가열능력	12,000 kcal/h
가습능력	8 Liter/h
제습능력	1.8 Liter/h

<표 2> 피험자의 신체적 특징

피험자	피험자수	연령[세]	신장[cm]	체중[kg]	신체표면적[m ²]
여자	4	22.5 ±0.58	159.5 ±3.08	50.7 ±6.67	1.50 ±0.10
남자	4	25 ±0.0	173.1 ±4.52	68.6 ±3.19	1.80 ±0.04

* Body Surface Area = 0.204×Weight^{0.425}×Height^{0.725}

2.4 측정항목

실험실내의 물리량 측정은 실내 상하온도분포를 측정하기 위해 바닥면을 기준으로 10cm, 60cm, 110cm, 170cm에 0.2mmφ T형 C-C열전대를 두어 계측하였고, 글로브온도를 110cm지점에서 측정하였다. 습도는 같은 위치의 바닥면으로부터 110cm 지점에 BEAM 습도센서를 두어 측정하였다.

<표 3> 주관설문 척도

쾌적감(Comfort sensation vote)			
0	1	2	3
쾌적하다	약간 불쾌하다	불쾌하다	매우 불쾌하다

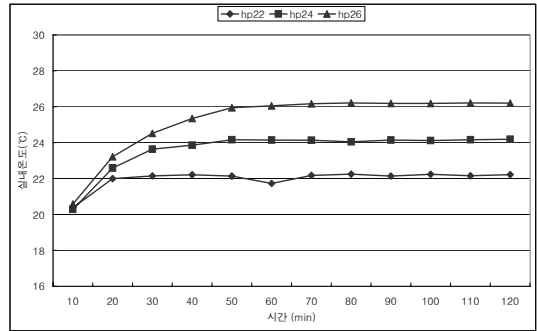
온냉감(Thermal sensation vote)						
-3	-2	-1	0	1	2	3
춥다	시원하다	약간 시원하다	중립	약간 따뜻하다	따뜻하다	덥다

기류속도는 초음파풍속계(일본 KAISO, Model WA-390)를 이용하여 피험자의 발부위 높이인 10cm 위치에서 풍속을 측정하였다. 인체의 평균 피부온도는 Burton의 3점법으로 가슴, 팔, 다리의 세 점의 피부온도로 계산하였으며 인체의 국부 피부온도변화를 알아보기 위하여 이마, 어깨, 무릎, 발의 피부온도를 추가로 측정하였다. 실험이 진행되는 동안 피험자가 주관적으로 느끼는 온열 감각을 분석하기 위하여 피험자는 120분 동안 실험에 임하면서 10분마다 설문지를 하여 총 13회의 주관설문 신고를 하였다. 주관설문은 ASHRAE에서 규정한 온냉감 7단계 및 Tanabe가 사용한 쾌적감 4단계법을 사용하였고, 신고값 척도는 <표 3>과 같다(Tanabe, 1988; ASHRAE 1989).

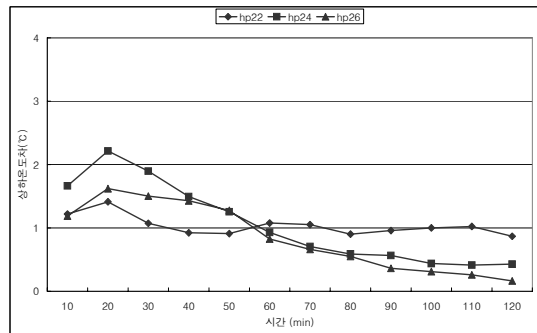
III. 결과 및 고찰

3.1 실내환경 및 피부온도

[그림 2]에 실험설정 조건의 정상적인 구현여부를 확인하기 위하여 설정 온도별 실내온도 변화를 나타내었다. 실험초기 18℃로 유지되는 상태에서 22℃의 경우 Heat Pump 가동 후 약 20분 후에 설정온도에 도달하였고, 설정온도 24℃일 경우에는 40분 후, 26℃일 때는 50분 후에 설정온도에 도달하였다. [그림 3]에 상하온도분포를 나타내었다. 본 실험의 상하온도분포는 ASHRAE에서 제시하는 범위(3℃ 이내)이내였고, 환경실험실 특성상 상하온도차는 시간이 경과할수록 줄어들었다.

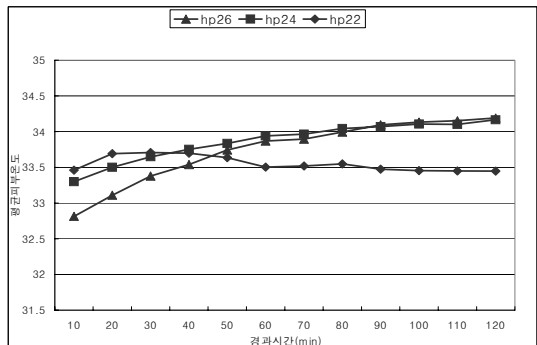


[그림 2] 실내온도 경시변화



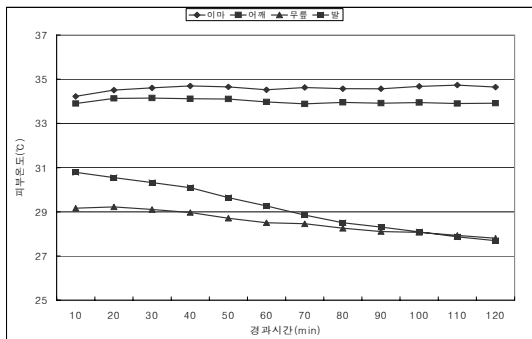
[그림 3] 상하온도차 경시변화

[그림 4]에 피험자의 평균피부온도를 나타내었다. 실온이 24℃, 26℃일 때는 평균피부온도가 시간의 경과와 더불어 약 60분 정도까지는 상승하지만 이후 일정해지는 경향을 나타냈다. 반면에 22℃ 조건의 경우는 초기 실내설정온도(18℃) 영향에 의해 초기 10분정도 상승을 하다가 60분 정도까지 하강을 한 후 일정해지는 경향을 나타냈다.

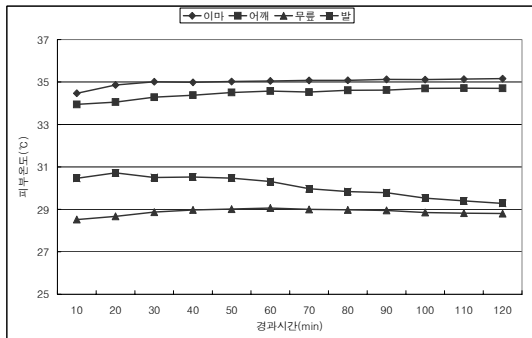


[그림 4] 평균피부온도 경시변화

[그림 5], [그림 6], [그림 7]에 신체 부위별 피부 온도를 나타내었다. 이마와 어깨부위의 피부온도는 거의 변화가 없지만, 실내온도 24℃에서는 발부위 피부온도가 하강하였고, 22℃의 경우는 무릎과 발 부위의 피부온도가 시간이 경과함에 따라 내려갔다. 또한 22, 24℃의 경우는 초기에는 무릎 부위의 온도가 발 부위보다 온도가 낮게 나타났지만, 시간의 경과와 더불어 온도 차이가 줄어들었다.



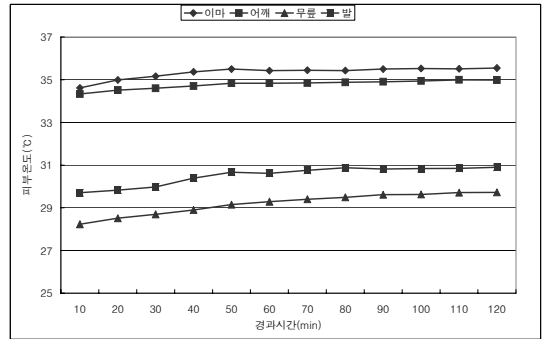
[그림 5] 부위별 피부온도 경시변화(22℃)



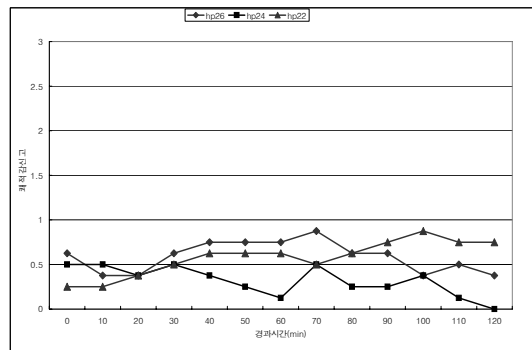
[그림 6] 부위별 피부온도 경시변화(24℃)

3.2 주관신고

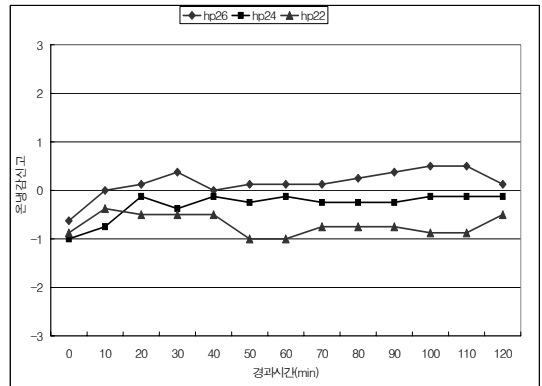
[그림 8] 및 [그림 9]에 조건별 쾌적감 및 온냉감 신고를 나타내었다. 실험 설정별 쾌적감은 “약간 불쾌”로 나타났다. 온냉감의 경우에는 설정 온도 22℃를 제외한 24℃와 26℃에서는 온냉감적으로 중립영역을 나타내고 있다. [그림 10]에 실온이 안정된 실험 후반 60분간의 쾌적감 및 온냉감



[그림 7] 부위별 피부온도 경시변화(26℃)



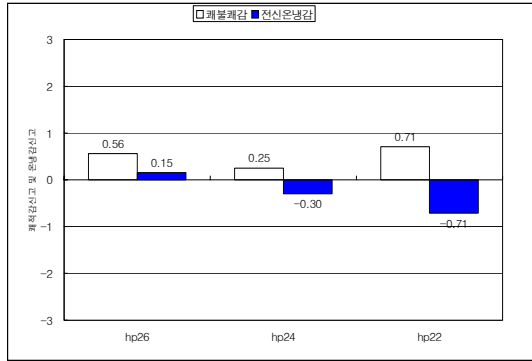
[그림 8] 쾌적감 경시변화



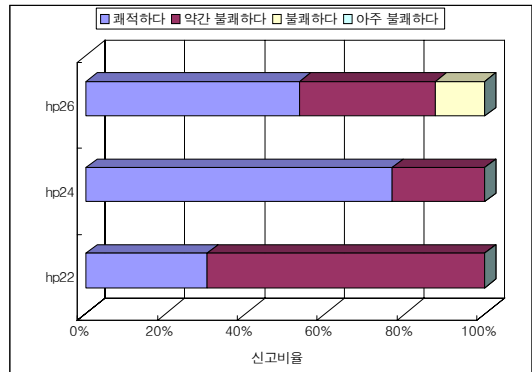
[그림 9] 온냉감 경시변화

신고값을 나타내었고, [그림 11]과 [그림 12]에 쾌적감 및 온냉감 척도별 신고비율을 나타내었다. 쾌적감은 모든 조건이 “약간 불쾌” 이내에 속했으며, 그 중 24℃일 때 가장 쾌적한 것으로 나타났다. 그리고 온냉감적 중립영역에 포함되는 조건

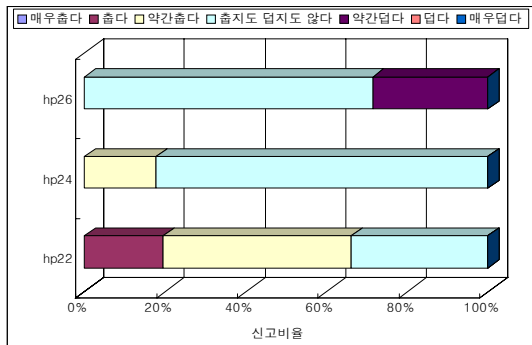
은 24℃, 26℃이다. 위의 결과에서 24℃와26℃를 비교하면, 24℃의 경우 약간 서늘한 것이 오히려 26℃보다 더 쾌적하다고 신고한 것으로 보인다. 따라서 피험자의 주관신고를 고려할 때 히터펌프를 이용한 난방시 온냉감적 중립영역 혹은 그 이하가 쾌적감 형성에 도움이 된다고 판단된다.



[그림 10] 쾌적감 및 온냉감 신고



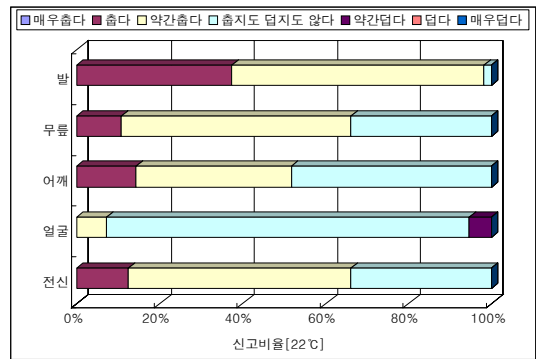
[그림 11] 쾌적감신고 비율



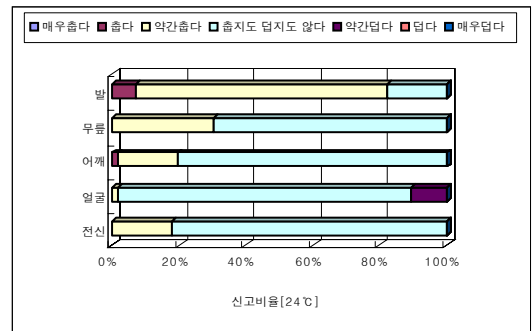
[그림 12] 온냉감신고 비율

3.3 국부온냉감

[그림 13]와 [그림 14], 그리고 [그림 15]에 신체 전반에 걸친 온냉감과 국부부위(얼굴, 어깨, 무릎, 발)온냉감의 척도별 신고비율을 나타내었다. 전체적으로 실내온도가 낮아질수록 무릎과 발 부위가 추위를 많이 느끼는 것으로 나타났다. 22℃의 경우는 무릎 및 발 부위에서 느끼는 국부온냉감이 신체 전반에서 느끼는 온냉감과 유사하였고, 24℃는 어깨 부위의 국부온냉감이 신체 전반의 온냉감과 유사한 경향이 나타났다. 26℃의 경우에는 어깨 및 무릎 부위의 온냉감과 유사하였다.



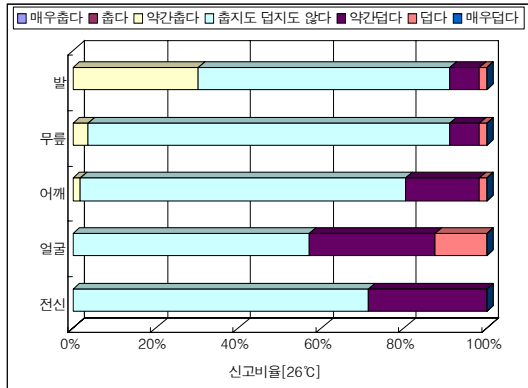
[그림 13] 부위별 온냉감신고 비율(22℃)



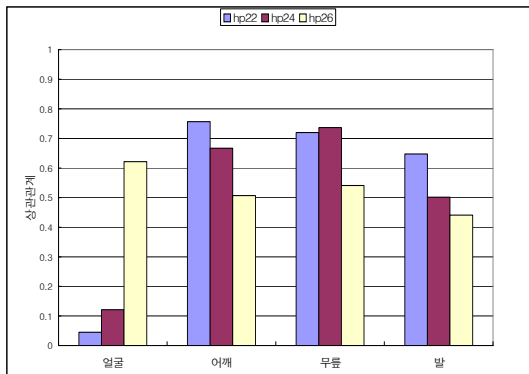
[그림 14] 부위별 온냉감신고 비율(24℃)

[그림 16]에 온냉감과 국부(얼굴, 어깨, 무릎, 발)온냉감과의 상관관계를 나타내었다. 실온이 낮을수록 어깨, 무릎, 발부위의 국부 온냉감이 온냉감과 상관관계가 높으며, 실온이 높을수록 얼굴부위의 온냉감이 전신온냉감과 상관관계가 높은 것

으로 나타났다. 즉, 실온이 낮을수록 신체 말초부위의 국부 온냉감이 온냉감 형성과 밀접한 관계가 있다고 판단된다.



[그림 15] 부위별 온냉감신호 비율(26°C)



[그림 16] 국부온냉감과 온냉감의 상관관계

IV. 결론

Heat Pump를 이용하여 실내온도를 22°C, 24°C, 26°C로 난방하였을 때 인체의 심리 및 생리적 변화를 알아보는 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 피험자의 주관신고를 고려할 때 히터펌프를 이용한 난방시 온냉감적 중립영역(26°C) 혹은 그 이하(24°C)가 쾌적감 형성에 도움이 된다고 판단된다.

2) 실온이 낮을수록 어깨, 무릎, 발부위의 온냉감이 전신온냉감과 상관관계가 높으며, 실온이 높을수록 얼굴부위의 온냉감이 전신온냉감과 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

3) Heat Pump 운전시 초기가동 이후 50분 경과시 온도변동이 요구됨을 알 수 있었고, 이러한 부분에 대해서는 생리신호 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- Fanger.P.O., "Thermal Comfort", McGraw-Hill Book Company, 1972.
- Fanger,P.O., "Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering", Danish Technical Press, 1970.
- Gagge, A. P.,Nishi, Y. , and Nevins R.G. "The Role of Clothing in Meeting FEA Energy Conservation Guidelines" ASHRAE Transactions, pp.234~247, No.2417, 1976.
- Gagge,A.P., A.P.Fobelets, L.G.Berglund, "A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment", ASHRAE Transaction, Vol.1992, Part2, pp.709~731, 1986.
- Horikoshi,T.,Y.Kobayashi,T.Tsuchikawa, "Indexes of Combined and Independent of Thermal Environmental Variables upon the Human Body", ASHRAE Transaction Research, Vol.97, pp.228~238, 1991.
- Tanabe, "Thermal Comfort Requirements in Japan", Ph.D. Waseda University, 1988.
- ASHRAE Handbook Fundamental, Chapter 8, pp.7~8 ASHRAE, 1993.
- 花田嘉代子,三平和雄. "男性用下着類熱抵抗の計測に關する研究",纖維製品消費科學會誌, pp.31~37, 1983.
- 김중수, "온열쾌적감 측정기술 및 DB개발",

- 제9회 G7 감성공학 감성요소 기술개발 및 DB구축 workshop 자료집, pp.78~94. 1997.
- 김동규, 한국인의 온열쾌적감 평가 및 쾌적지표의 적용성에 관한 연구, 부경대학교, 1998.
- 주익성, 김동규, 최광환, 이구형, 임금식, “한국인의 온열쾌적감 및 생리신호에 관한 연구”, 97한국감성과학회 연차학술대회논문집, pp.107~112, 1997.
- 배귀남, 이철희, 이춘식, “여름철 사무실내 한국인의 온열감 평가”, 공기조화냉동공학회, 7(2), pp.341~352, 1995.
- 윤정숙, 최윤정, 이성화, “여름철 실내 온열환경의 중성온도 설정에 관한 실험 연구”, 대한건축학회논문집, 8(4), pp.73~80, 1992.
- 진정윤, 배누리, “공동주택의 여름철 수용 쾌적온도 범위와 거주자의 냉방기 사용행위에 관한 연구”, 설비공학논문집, 17(5), pp.477~486, 2005.
- 공성훈, 박상동, 손장열, “종합적 지표에 의한 실내온열환경의 특성과 온열쾌적 범위에 관한 연구-겨울철 사무소 건물을 중심으로-”, 대한건축학회논문집, 제5권, 제3호, pp.159~167. 1989.
- 김동규, 주익성, 금중수, 최광환, 최호선, 이길량, “한국인의 온열쾌적감 및 생리신호에 관한 연구(Part II. 여름철 체감실험결과)”, 97한국감성과학회 연차학술대회 논문집, pp.113~117. 1997.