

# 에어컨 온도상승에 따른 온열쾌적성 변화에 관한 연구

김형철 · 김종수 · 김동규 · 정용현<sup>†</sup>

(부경대학교)

## Research on Thermal Comfort by Increasing Air Conditioner Temperature

Hyung-Chul KIM, Jong-Soo KUM, Dong-Gyu KIM, Yong-Hyun CHUNG<sup>†</sup>

Pukyong National University

(Received October 13, 2005 / Accepted August 4, 2006)

### Abstract

This research evaluates thermal comfort by comparing the case of maintain cooling temperature of room with the case of raising it at the point of time that human body begins to adapt. An experiment uses constant temperature & humidity chamber 2 places. Pretesting room make up summer season environment, the testing room control by air-conditioner. In condition that maintain temperature of 33 °C. The subjects stay in the pretesting room during the 30 minute for the heat storage amount of the normal summertime. The subjects stay in the testing room under each case (case 1: maintaining 24°C, case 2: maintaining 26°C, case 3: up 1°C after maintaining 24°C during 30 minute, case 4: up 1°C after maintaining 26°C during 40 minute).

1. Result of comparison of case 1 and case 2 appears that thermal sensitive vote examine from slight cool to cool and thermal comfort examine slight comfort by temperature rise at human body adaptation point of time.
2. Test of case 3 and case 4 appear similar value at thermal sensitive vote and thermal comfort.
3. Through the case 2 and case 4, continuous thermal comfort maintain at 24°C, if raise 26°C, same thermal comfort maintain after a human body adaptation temperature rising effect bring energy saving.

**Key word :** Thermal Comfort, TSV, CSV, MST, LST

### I. 서론

최근 주택 및 일반 건물에 있어 실내에 거주하는 거주자의 쾌적성 요구가 점차 증가되고 있으며 여러 가지 방법을 통한 쾌적성 요구가 다양화

되고 양질화 되고 있다. 따라서 실내를 냉방하는 경우에 지속적인 온열쾌적성 유지와 에너지 소비가 적으면서도 쾌적한 거주공간을 구현할 수 있는 에어컨의 개발의 필요성이 대두되고 있고, 이에 대한 각종 연구도 활발하다(Fanger, 1970;

<sup>†</sup> Corresponding author : 051-620-6443, chungyh @pknu.ac.kr

Fanger, 1972; Fukai, Fukai, Gotoh, Saito, Ito, Akui, 1993; Gagge, Fobelets, Berglund, 1986; Gagge, Horikoshi, Kobayashi, Tsuchikawa, 1991; Gagge, Nishi, Nevins, 1976; Tanabe, 1988; 금, 1997; 김 등, 2006).

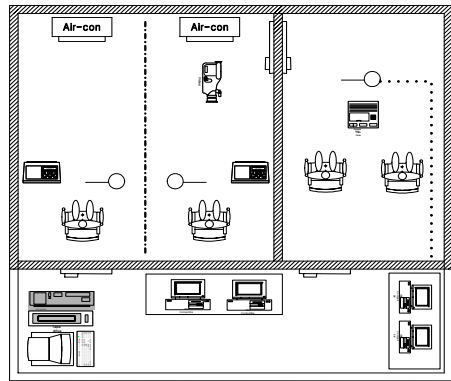
온열환경 4요소 중 온도와 기류는 일반적인 제어 수단으로 사용되고 있으며 공조초반과 공조중반에는 온도의 저감 및 기류 속도의 증가를 통해 빠른 냉각효과와 쾌적성을 얻고 있다. 인체는 자연적 외부온도의 변화에 따라 적절한 체온을 유지할 수 있게 되어 있어 여름철의 경우 외부의 온도가 26℃ 이상으로 상승하게 되면 인체의 피부온도가 상승하여 전도, 대류, 방사 등을 통해 열을 방산하여 체온을 조절하게 되며, 30℃ 이상이면 발한 현상이 나타나 증발을 통해 체온조절을 한다. 반대로 외부의 온도가 떨어지게 되면 인체는 체온을 유지하기 위해 떨림, 혈관수축 등의 방법을 통해 신체 외부로의 열 방산을 방지하게 된다.

본 연구에서는 냉방을 행하고 있는 실내에 설정온도를 그대로 유지하는 경우와 인체가 순응하기 시작하는 시점에서 온도를 상승시킨 경우를 비교하여 시간변화에 따른 인체의 온열쾌적성을 평가하고자 한다. 또한 온도상승을 통해 지속적인 온열쾌적성이 유지된다면 온도상승부분 만큼의 에너지 절감 효과를 얻을 수 있으므로 본 연구를 통하여 이를 확인하는데 그 목적이 있다.

## II. 실험장치 및 방법

### 1. 실험 장치

실험은 온도와 습도를 일정하게 유지할 수 있는 향온향습실에서 실시하였다. 설정온도 및 습도는 향온향습기를 통해 제어하였으며 기류는 일반적인 에어컨과 동일한 기류를 발생시키는 기류발생기를 제작하여 실험하였다. [그림 1]은 실험실 전경을 나타내고 이쓰며, 본 실험에 사용된 향온향습기 사용은 <표 1>에 나타냈다.



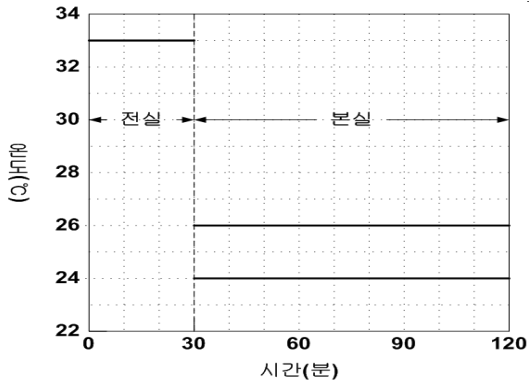
[그림 1] 실험실 개략도

### 2. 실험 방법

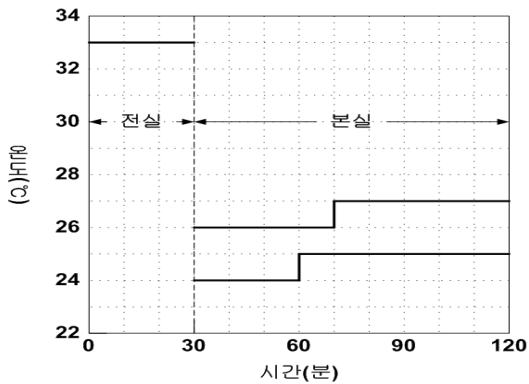
실험에는 향온향습실 2곳을 사용하여 전실에는 하계 여름철 환경을 조성하였으며, 본실에는 실제 에어컨을 사용하는 실내로 제어하였다. 전실에는 여름철 일반적인 실내 축열량을 고려하기 위하여 33℃ 이상의 고온에서 30분간 체재시켰으며 본실에는 각각 설정온도 24℃ 고정실험(Case 1), 설정온도 24℃로 유지한 후 30분에 1℃ 상승실험(Case 2)과 26℃ 고정실험(Case 3), 설정온도 26℃로 유지한 후 30분에 1℃ 상승실험(Case 4)을 행하였다. 실험은 전실과 본실을 합하여 총 2시간이며, 전실에서는 30분, 본실에서는 1시간 30분 동안 실험하였다. 온도변동의 경우 온도상승 시점은 설정온도 유지 실험에서 피험자가 쾌적영역에서 점차적으로 불쾌적 영역으로 변화를 시작하는 시점으로 하였다(김, 2006). [그림 2, 3] <표 2>는 실험스케줄 및 조건을 나타내고 있다.

<표 1> 향온 향습기 사양

항목	제어범위
향온향습실 공기온도	10℃ ~ 40℃ ±1℃
향온향습실 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



[그림 2] 온도고정 실험 스케줄



[그림 3] 온도변동 실험 스케줄

<표 2> 실험조건

항목	전실	본실
온도 [°C]	33 ± 1°C	24°C
		26°C
		24°C→25°C
		26°C→27°C
상대습도 [%]	50 ± 5%	50 ± 5%
기류속도 [m/s]	0.15m/s 이하	0.25 ± 0.05m/s

실험에 참가한 피험자는 신체 건강한 남녀 대학생 각 4명씩 총 8명으로 구성되어 있으며 기초 체력 test 및 설문문을 통해 피험자 건강상태를 체크 하였다. <표 3>은 피험자 신체사항을 나타내고 있다.

<표 3> 피험자 신체조건

피험자	피험자수	연령[세]	체중[kg]	신장[m]
남자	4	26.1±2.1*	62.1±4.3	1.71±4.2
여자	4	22.7±4.3	49.7±4.8	1.57±2.9

\*: 표준편차

피험자들은 모두 가능하면 표준적인 착의량으로 맞추기 위해 동일한 유니폼을 착용시켰다. 의복량을 구하는 방법은 여러 연구자에 의해 제안되어 있으나 본 실험에서는 외국인의 경우와 동일한 계산조건으로 비교하기 위해 의복중량으로 clo치를 계산하는 방법(花田嘉代子, 1983)을 사용하였고, 식은 아래와 같다.

$$Clo(\text{남자})=0.000558 \times \text{의복의 총중량[g]}+0.068 \quad (1)$$

$$Clo(\text{여자})=0.001030 \times \text{의복의 총중량[g]}-0.0253 \quad (2)$$

착의량을 계산한 결과 0.35clo이며 대사량은 피험자가 편안하게 의자에 앉아 독서 및 설문을 하므로 1.1met로 하였다.

### 3. 측정 항목

실내의 온도, 습도, 기류 등의 환경물리량을 측정하기 위해 실내 기류, 상대습도는 피험자 위치를 기준으로 바닥으로부터 1.1m높이에서 측정하였으며 실내온도는 바닥면으로부터 0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m에서 측정하여 정좌시의 호흡선에 가까운 1.1m 값을 기준으로 사용하였다. 환경물리량에 따른 인체의 평균피부온도 변화를 보기 위해 Hardy & Dubois(1968)가 제안한 7점법을 사용하여 피부온도를 측정하였다. 피험자의 심리를 파악하기 위해 설문문을 받았다. 환경물리량 및 피부온도는 5초단위로 2시간동안 값을 저장하였으며 피험자의 주관적 설문은 10분단위로 설문하였다. <표 4>와 <표 5>는 측정위치 및 측정항목을 나타내고 <표 6>은 주관적 설문 스케일을 나타내

고 있다.

### Ⅲ. 실험결과 및 고찰

<표 4> 환경물리량 측정요소

항목	측정위치	타입
온도 [°C]	수직온도 (바닥으로부터 0.1 m, 0.6 m 1.1 m, 1.7m)	Φ 0.2mm 열전대
	국부피부온도 (이마, 팔, 손등, 복부, 대퇴, 하퇴, 발등)	
기류속도 [m/s]	중앙 (바닥으로부터 1.1m)	VAISA LA
상대습도 [%]	중앙 (바닥으로부터 1.1m)	

<표 5> 인체측 측정요소

전실	본실
혈압 맥박	전신온냉감(Thermal Sensation Vote) 쾌적감(Comfort Sensation Vote)
	국부피부온도 (Local Skin Temperature)
	평균피부온도 (Mean Skim Temperature)
	온도 / 습도 / 기류속도

<표 6> 주관적 설문척도

Thermal Sensation Vote						
-3	-2	-1	0	1	2	3
춥다	서늘하다	약간 서늘하다	중립	약간 따뜻하다	따뜻하다	덥다

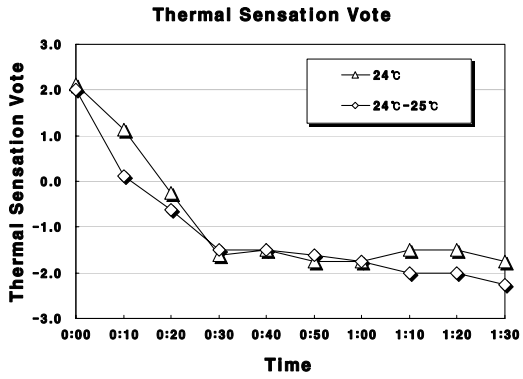
  

Comfort Sensation Vote						
-3	-2	-1	0	1	2	3
매우 불쾌하다	불쾌하다	약간 불쾌하다	중립	약간 쾌적하다	쾌적하다	매우 쾌적하다

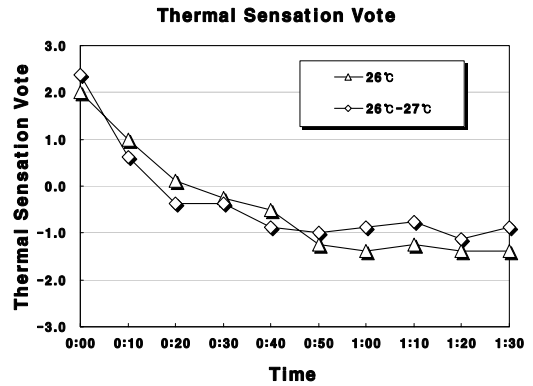
#### 1. 주관설문 및 평균피부온도

[그림 4] ~ [그림 6]은 24°C 유지실험과 24°C 유지 후 1°C 상승 실험의 온냉감, 쾌적감, 평균피부온도의 경시변화를 나타내고 있다. 설정온도 24°C로 유지하는 실험( Case 1)에서는 온냉감의 경우 입실 후 “약간 서늘하다”~“서늘하다”를 유지 후 30분부터 “서늘하다”로 이동하는 것을 알 수 있다. 쾌적감의 경우 30분부터는 “약간 쾌적하다”에서 “중립”으로 이동하였다. 평균피부온도의 경우에는 30분 이후 시간의 경과에 따라 낮아지는 것을 알 수 있다. 하지만 24°C 유지 후 1°C 상승하는 실험( Case 2)에서는 온냉감의 경우 실험시간 동안 지속적으로 “약간 서늘하다”~“서늘하다”의 값을 유지하였다. 쾌적감 및 평균피부온도의 경우 온냉감과 동일하게 30분 이후부터 값의 변화를 보이기 시작하였다. 쾌적감의 경우 실험시간 30분 후부터는 지속적으로 “약간 쾌적하다”를 유지하였다. 평균피부온도의 경우는 시간 경과에 따라 낮아지고 있으나, 24°C 유지실험과 비교하여 하강 폭이 적음을 알 수 있다.

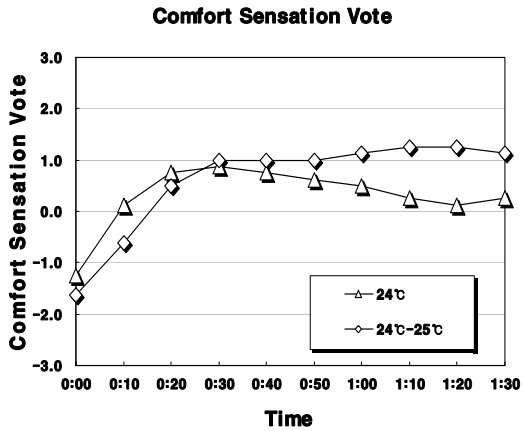
[그림 7]~[그림 9]은 26°C 유지실험( Case 3)과 26°C 유지 후 1°C 상승 실험( Case 4)의 온냉감, 쾌적감, 평균피부온도의 경시변화를 나타내고 있다. 설정온도 26°C로 유지하는 실험과 26°C 유지 후 1°C 상승하는 실험은 유사한 결과를 나타내었으나, 온냉감의 경우 26°C 유지실험의 경우에는 실험 30분 후부터 약간 서늘하다~“서늘하다”의 값을 유지하였고, 26°C 유지 후 1°C 상승의 경우에는 “약간 서늘하다” 를 유지하였다. 쾌적감의 경우는 “쾌적하다”~“약간 쾌적하다”를 실험시간동안 유지하였다. 이상의 실험 결과 Case 1~Case 4의 실험에서의 온냉감과 쾌적성의 결과에 비추어 에너지 절약성에서는 Case4가 효율적으로 판단된다.



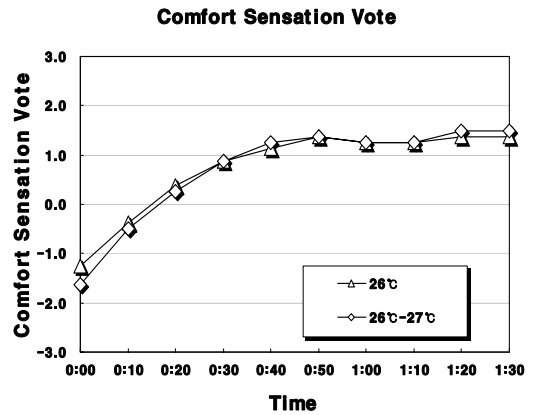
[그림 4] 전신온냉감 경시변화 [24°C]



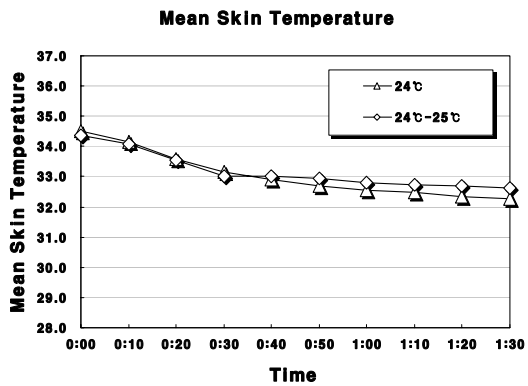
[그림 7] 전신온냉감 경시변화 [26°C]



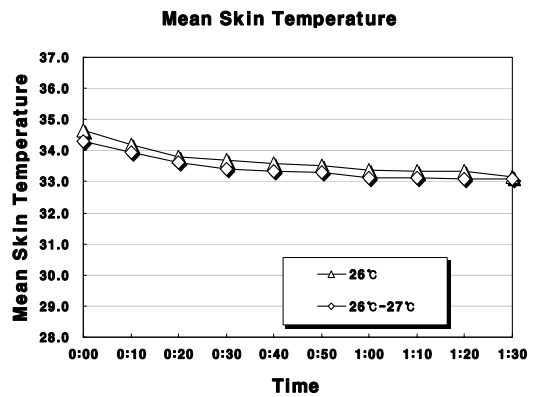
[그림 5] 쾌적감 경시변화 [24°C]



[그림 8] 쾌적감 경시변화 [26°C]



[그림 6] 평균피부온도 경시변화 [24°C]

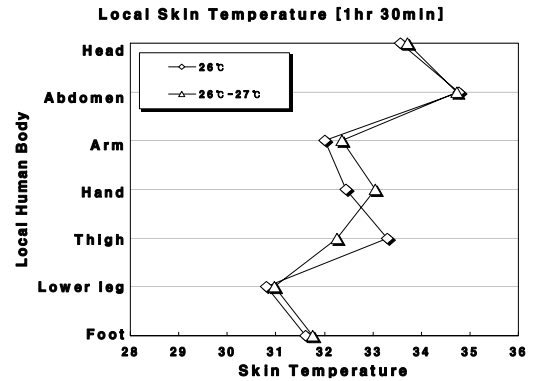
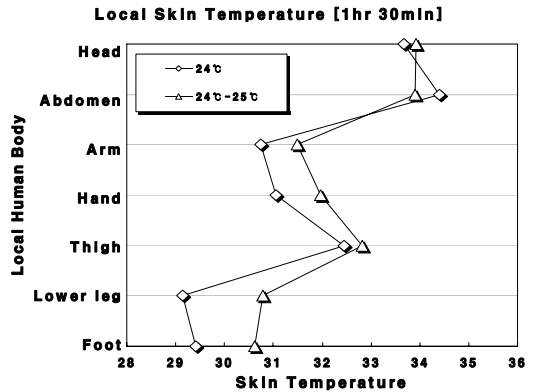
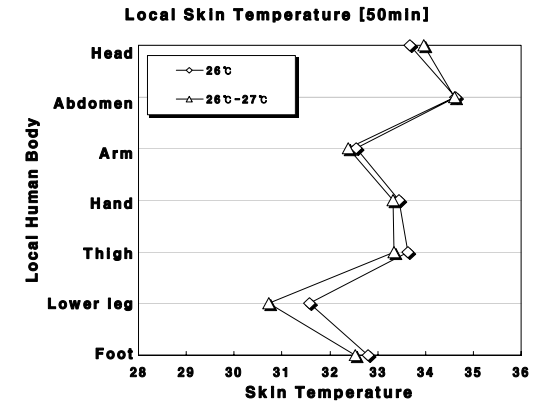
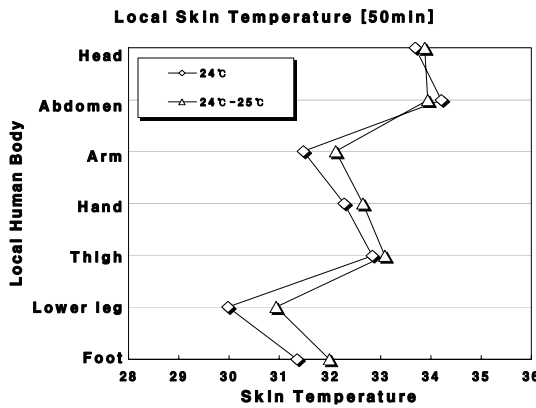
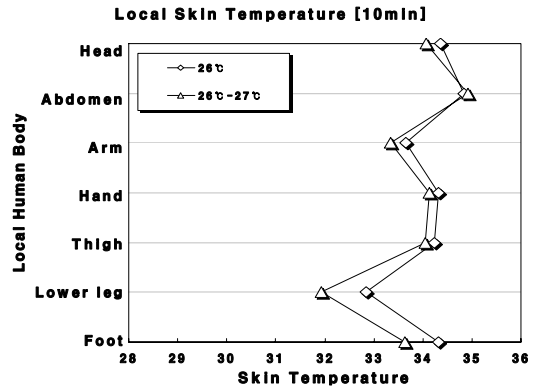
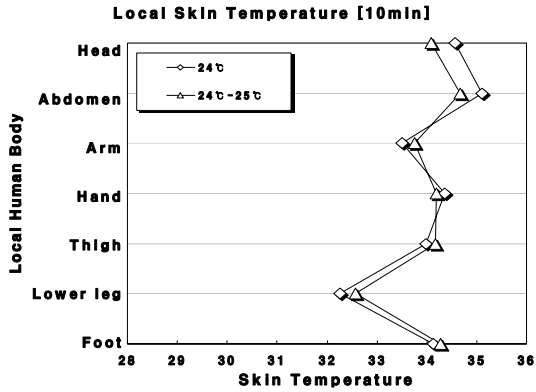


[그림 9] 평균피부온도 경시변화 [26°C]

2. 국부피부온도

신체 각 부위 국부피부온도의 경향을 보기 위하여 평균피부온도의 7부위 구성요소에 대하여 분석하였다. 온도일정의 경우 신체말초부위의 온

도강하가 뚜렷하였으며, 온도상승을 통해 말초부위의 온도강하폭이 감소함을 알 수 있다. [그림 10, 11]는 24, 26℃ 조건에 있어 본실에입실 후 10분, 50분, 90분에 대한 국부피부온도를 온도일정과 온도상승으로 나누어 나타냈다.



[그림 10] 국부피부온도 비교 [24°C]

[그림 11] 국부피부온도 비교 [26°C]

24℃ 유지와 24℃ 유지 후 1℃ 상승하는 조건은 노출부위인 팔, 손, 하퇴, 발에서 초기에 비해 큰 피부온도 편차를 나타냈지만, 26℃의 경우는 노출 부위인 팔, 손, 하퇴, 발에서 초기에 비해 편차가 적어 국소불쾌감의 개선이 예상 된다. 또한 신체를 중심으로 볼 때 상대적으로 신체하부(하퇴, 발 부위)의 냉각정도가 상부에 비해 크게 나타났다.

#### IV. 결 론

하계에 설정온도를 유지하는 실험과 설정온도 유지 후 인체순응시점에서 1℃ 상승하는 실험의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 설정온도 24℃로 유지하는 실험과 24℃ 유지 후 1℃ 상승하는 실험의 비교실험 결과 인체순응 시점 온도상승으로 인하여 온냉감의 경우 “약간 서늘하다”~“서늘하다”를 쾌적감의 경우 “약간 쾌적하다”를 지속적으로 유지하였다.

2. 설정온도 26℃로 유지하는 실험과 26℃ 유지 후 1℃ 상승하는 실험의 비교실험에서는 온도를 상승시켜도 온냉감 및 쾌적감에서 유사한 값을 나타내었다.

3. 설정온도 24℃와 26℃에서 각각 온도상승을 통하여 24℃는 지속적인 온열쾌적성을 유지할 수 있었으며 26℃는 온도를 상승시켜도 동일한 온열 쾌적성이 유지되어 인체순응 이후 온도상승 효과는 에너지절약을 가져올 것으로 나타났다.

4. 국부피부온도에 따른 국소불쾌감의 경우에도 24℃에 비하여 26℃로 상승한 경우에 개선의 여지가 높게 나타났다.

#### 참고 문헌

김중수, “온열쾌적감 측정기술 및 DB개발”, 제9회 G7 감성공학 감성요소 기술개발 및 DB구축 workshop 자료집, pp.78~94. 1997.  
김형철, “온열쾌적성 도달을 위한 냉방기류

및 온도변동 조건에 관한 연구”, 박사학위논문, 부경대학교, pp.78~101, 2006.

김형철, 김중수, 신병환, 정용현, “에어컨 온도 변동에 따른 온열쾌적감 평가 및 생리신호 변화에 관한 연구”, 수산해양교육연구 18(1), pp.11~18, 2006.

Fanger,P.O., "Thermal Comfort Analysis and Application in Environmental Engineering", Danish Technical Press, 1970.

Fanger.P.O., "Thermal Comfort", McGraw-Hill Book Company, 1972.

Fukai, K., S. Gotoh, J. Saito, H. Ito, S. Akui, "Experimental Study on Correlation between Standard New Effective Temperature(SET\*) and Japanese Thermal Sensation Part2-Comparison of Thermal Sensation in Winter and Summer Seasons", The Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, No.51, pp.139~147, 1993.

Gagge, A. P.,Nishi, Y. , and Nevins R.G. "The Role of Clothing in Meeting FEA Energy Conservation Guidelines" ASHRAE Transactions, No.2417, pp.234-247, 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.

Hardy, J.D., E.F. Du Bois,"The technic of measuring radiation and convection, The journal of nutrition, Vol.15, pp.461~475, 1968.

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.  
花田嘉代子,三平和雄. “男性用下着類熱抵抗の

計測に関する研究”,纖維製品消費科學會誌,  
pp.31~37, 1983.