

겨울철 실내온열환경의 쾌적범위설정에 관한 실험연구*

Establishing the Comfort Zone of Thermal Environment in Winter

연세대학교 주생활학과
부 교수 윤 정 숙
연구조교 최 윤 정

Dept. of Housing & Interior Design.
College of Human Ecology, Yonsei Univ.
Associate Professor; Chungsook Yoon
Research Assistant; Yoonjung Choi

〈 목 차 〉

- | | |
|----------|--------------|
| I. 서론 | III. 결과 및 논의 |
| II. 연구방법 | IV. 결론 |

〈 Abstracts 〉

The purpose of this study was to investigate the psychophysical corresponding to temperature and to establish the comfort zone of thermal environment for Korean in winter.

An experimental investigation was carried out in climate chamber maintaining the air temperature at 20, 22, 24, 26°C and subjects were 128 college-age Korean(64 males and 64 females) in good health. Data were analyzed by SPSS PC+ packages.

'Neutral' on the thermal sensation ratings was most frequently indicated at 24°C by subjects in condition of 1.0 clo and 1.0 met. The neutral temperature of subjects was 23.1°C (male 24.0°C, female 22.7°C), therefore the comfort zone of thermal environment in winter was considered as 23~24°C.

* 이 논문은 1991년도 연세대학교 학술연구비에 의하여 연구된 것임.

I. 서 론

우리나라에 있어서 열환경에 대한 연구는 1970년대 이래 계속되고 있으나 온열환경의 평가방법이나 한국인의 온열쾌적범위는 아직 확립되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 주택의 냉난방설계온도 또는 각종 건물의 냉난방 계획의 자료도 외국의 것을 그대로 이용하여 왔다. 그러나 실내열환경에 대한 열쾌적감은 거주자 자신의 주관적 반응의 결과이며 이는 거주자의 환경에 대한 적응도에 따라 달라질 수 있는 것이다. 특히 온돌이라는 독특한 난방방식을 채용해 온 한국인은 온열환경에 대하여 외국인과는 다른 반응을 보일 수 있다. 따라서 겨울철 한국인에 적합한 온열 쾌적범위에 관한 연구는 절실히 요구된다. 우리나라의 경우 이를 위한 연구들이 1980년대에 들어와 실험주택과 실제주택에서 이루어져 왔으나, 여러 변인들의 통제가 가능한 인공기후실에서의 실험연구는 전무한 실정이다.

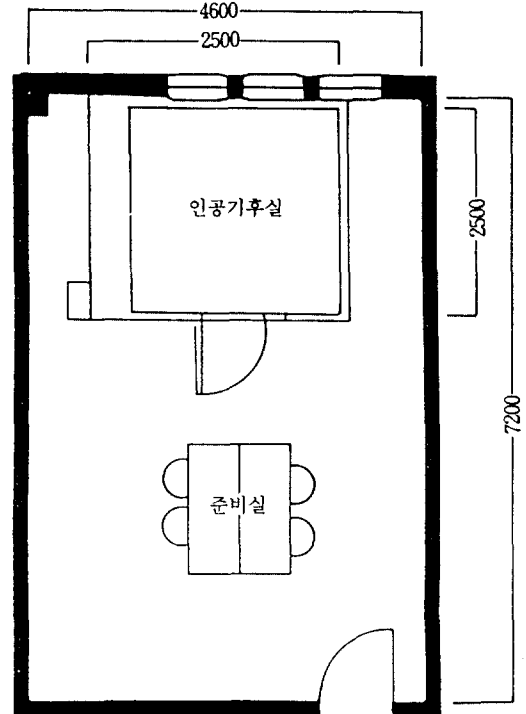
인간의 열쾌적감에 영향을 미치는 물리적 요소로는 실내온도, 습도, 기류속도 및 복사열을 들 수 있으며 실제 주택에서는 이 4요소가 조합된 상태에서 온열환경을 형성하고 있다. 따라서 이 4가지 요소가 조합이 된 상태에서의 쾌적범위 설정과 이러한 환경을 평가하기에 적합한 쾌적지표를 확립하기 위한 연구들이 진행되기도 하였다. 그러나 최근들어 극단적인 환경 조건이 아닌 경우 거주자에게 가장 크게 영향을 미치는 요소는 실온이며 거주자의 생활온도라는 개념에서 건구온도를 평가지표로 그대로 사용하고 있다. 따라서 본 연구는 인공기후실의 온열환경을, 습도와 기류속도, 복사열의 영향이 없는 조건으로 통제하고 실내온도만을 변화시키면서 피험자의 주관적 반응을 조사하여 건구온도로서 온열쾌적범위를 설정하고자 한다.

II. 연구방법

본 연구는 실험실 실험연구로서, 실험실 성능실험과 예비실험을 통하여 실험실의 성능과 실내온도설정범위, 실험진행방법, 주관적 평가척도에 대한 타당성을 검토한 후 실시하였다.

1. 실험실의 개요

본 실험이 행해진 인공기후실은 실내온도와 습도가 조절 가능한 2500×2500×2100mm 크기의 실험실로서 조절기후(Conditioned air)는 천장으로부터 공급된다(그림 1).



(그림 1) 실험실 평면도 (축척 1:100)

2. 실험설계

(1) 실험실 처치

인공기후실내의 물리적 환경조건은 정지기류(0.1m/s 이하) 상태로 하며, 상대습도(50±10%)는 일정하게 유지시켰다. 또한 복사열의 영향이 거의 없는 상태에서 실내온도를 20~26℃ 범위내에서 2℃ 간격으로 변화시켰다.

(2) 피험자 처치

피험자는 한국인의 열쾌적감에 대한 기준이 될 수

있는 청년층으로 선정하여, 건강상태가 양호한 Y대학교 남녀 학생 128명으로 하였다. 착의량은 겨울철의 일반적인 실내복장(0.9~1.1 clo)으로 하며, 활동량은 경작업(1met)으로 하였다.

3. 실험방법

(1) 실험일시 : 본실험은 1991년 11월 25일부터 30일까지 실시하였다.

(2) 실험도구

① 실험실내의 물리적 온열요소 측정

실험실의 온열환경요소 중 실내온도와 상대습도는 실험실 조작기의 디지털 표시계를 이용하였으며, 흑구온도는 흑구온도계(Globe thermometer No.0420)를 실험실 중앙부에 설치하여 피험자의 착석시 얼굴 높이인 바닥 위 120cm 위치에서 측정하였다. 기류속도는 기류계(restovent 4100)를 이용하여 흑구온도와 같은 위치에서 측정하였다.

② 피험자의 주관적 반응 평가

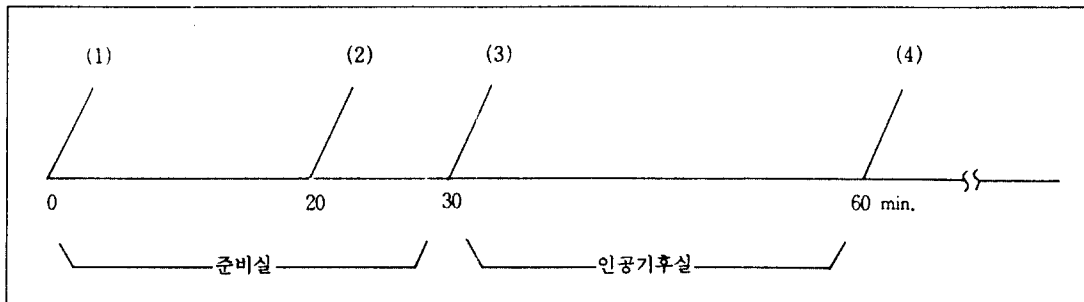
피험자용 설문지는 피험자 특성으로 성별, 연령, 건강상태, 착의량에 관하여, 온열환경에 대한 주관적 반응으로 ASHRAE의 Psychophysical Voting Scale(1985)을 이용하여 쾌적감 4단계, 온냉감 7단계에 대하여 응답하도록 하였다(표 1).

〈표 1〉 주관적 평가 척도표

쾌 적 감	온 냉 감
0 불쾌하지 않다	+3 덥다
-1 약간 불쾌하다	+2 따뜻하다
-2 불쾌하다	+1 약간 따뜻하다
-3 매우 불쾌하다	0 덥지도 춥지도 않다
	-1 약간 서늘하다
	-2 서늘하다
	-3 춥다

(3) 실험절차

실험의 진행절차는 먼저, 준비실에서 피험자에게 설문지에 대한 사전교육을 실시하고 안정상태를 유지시키면서 설문지의 피험자 특성에 응답하도록 한다. 피험자의 체격조건과 건강상태를 확인하기 위하여 신장과 체중, 체온을 측정한 후 인공기후실에 입실시킨다. 피험자가 인공기후실에 입실한지 30분이 경과되면, 주관적 평가 척도에 응답시키고 흑구온도와 기류속도를 측정한 후 퇴실시킨다(그림 2). 각각의 실내온도에 입실하는 피험자 수는 남·녀 각 32명이며, 모든 피험자는 하나의 실내온도에만 노출되도록 하였고 1회 입실시 재실인원은 동일한 성별의 4인으로 하였다.



- (1) 피험자의 안정상태 유지
설문지 사전교육 및 피험자 특성 응답
- (2) 피험자의 신장과 체중, 체온 측정
- (3) 피험자 입실
- (4) 피험자 주관적 평가 척도에 응답
실험실의 물리적 온열요소 측정 후 퇴실

〈그림 2〉 실험진행절차

4. 분석방법

실험결과를 SPSS PC+를 이용하여 통계처리 하였으며, 백분율, 빈도, 평균 등의 단순통계와 교차분석, 분산분석, t-test, Pearson 상관분석, 회귀분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 인공기후실의 환경조건

인공기후실내에서 측정된 환경조건은 <표 2>와 같다. 실내온도 20~26℃범위에서 인공기후실의 상대습도(50±10% RH)와 기류(거의 정지기류)는 일정하게 유지되었다. 또한 흑구온도는 실내온도와 차이가 1.0~2.5℃ 범위로 나타나, 복사열의 영향도 거의 없는 상태라고 볼 수 있다.

〈표 2〉 인공기후실의 환경조건

실내온도(℃)	20 ~ 26
상대습도(%)	40 ~ 51
흑구온도	1.0 ~ 2.5
- 실내온도(℃)	(평균 1.88)
기류속도(m/s)	< 0.1

2. 피험자 특성

피험자는 건강상태가 양호한 128인의 남녀 대학생으로, 인공기후실내에서의 작업상태는 경작업(1met)이었다<표 3, 4>.

〈표 3〉 피험자의 신체적 특성

구분	전체(128명)			남학생(64명)			여학생(64명)		
	평균	최소	최대	평균	최소	최대	평균	최소	최대
연령(세)	21.5	18	28	22.0	19	28	20.9	18	25
신장(cm)	166.8	149.0	185.2	173.4	164.0	185.2	160.2	149.0	170.2
체중(kg)	58.6	35.2	95.0	66.3	49.5	95.0	51.0	35.2	75.5
체표면적(m ²)*	1.6	1.3	2.1	1.7	1.5	2.1	1.5	1.3	1.8

* Fujimoto & Watanabe Formula

$$\text{체표면적(m}^2\text{)} = \text{체중(kg)}^{0.444} \times \text{신장(cm)}^{0.663} \times 88.38 \times 10^{-4}$$

피험자의 착의상태는 남학생의 경우 0.9 clo가 과반수 이상이었으며 여학생의 경우는 1.0 clo가 가장 많은 빈도를 나타내어, 여학생이 남학생에 비하여 착의량이 다소 많았다. 또한 성별에 따라 착의상태에 차이가 있었는가에 관한 t-test 결과 .01수준에서 유의적인 차이가 있었다.

3. 피험자의 주관적 반응

(1) 쾌적감 반응

실내온도와 피험자의 쾌적감 반응은 <표 5>와 같다. 피험자는 실내온도 20~24℃ 범위에서 대부분 '불쾌하지 않다'고 반응하였으며, 26℃의 경우에만 불쾌적의 비율이 다소 높게 나타났다. 분산분석 결과 쾌적감 반응은 실온에 따라 .05수준에서 유의적인 차이가 있었다.

〈표 4〉 피험자의 착의상태

착의량(clo)*	전체	남학생	여학생
0.9	37.5	51.6	23.4
1.0	36.7	29.7	43.8
1.1	25.0	18.8	31.3
1.2	0.8	0.0	1.6
소계	100.0	100.0	100.0
평균	0.99	0.97	1.01

* 여자 I(clo) = I_{total} × 4/5 + 1/20

남자 I(clo) = I_{total} × 3/4 + 1/10

N = 128

(2) 온냉감 반응

실내온도에 따른 온냉감 반응은 <표 6>과 같으며, Pearson 상관계수는 0.5950으로서 .001수준에서 유의적이었다. 20, 22℃에서는 '약간 서늘하다'에, 24℃

에서는 '답지도 춥지도 않다'에, 26℃에서는 '약간 따뜻하다'에 가장 많이 응답하였다. 분산분석 결과 온냉감 반응은 실온에 따라 .001수준에서 유의적인 차이가 있었다.

<표 5> 실내온도별 쾌적감

N = 128

쾌적감 \ 실온(℃)	20		22		24		26		평렬계	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
-2	0	0	1	3.1	0	0	2	6.3	3	2.3
-1	9	28.1	7	21.9	10	31.3	16	50.0	42	32.8
0	23	71.9	24	75.0	22	68.8	14	43.8	83	64.8
총렬계	32	25.0	32	25.0	32	25.0	32	25.0	128	100.0

<표 6> 실내온도별 온냉감

N=128

온냉감 \ 실온(℃)	20		22		24		26		평렬계	
	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
-3	1	3.1	0	0	0	0	0	0	1	0.8
-2	3	9.4	1	3.1	1	3.1	0	0	5	3.9
-1	18	56.3	16	50.0	11	34.4	3	9.4	48	37.5
0	9	28.1	10	31.3	13	40.6	4	12.5	36	28.1
+1	1	3.1	4	12.5	6	18.8	12	37.5	23	18.0
+2	0	0	1	3.1	1	3.1	10	31.3	12	9.4
+3	0	0	0	0	0	0	3	9.4	3	2.3
총렬계	32	25.0	32	25.0	32	25.0	32	25.0	128	100.0

4. 중성온도설정^{b)}

실온에 따른 온냉감 반응의 회귀분석 결과와 직선 회귀식을 이용하여 산출한 중성온도는 <표 7>, <그림 3>과 같다.

중성온도는 전체 피험자의 경우 23.1℃, 남학생의 경우 24.0℃, 여학생의 경우 22.7℃로 남학생이 여학생에 비하여 1.3℃높게 산출되었다. 이 결과는 남학

생의 착의상태가 여학생에 비하여 유의적으로 적었고, 실온과 온냉감의 Pearson 상관계수 또한 낮아 남학생이 실온에 다소 민감하지 못한 반응을 보인 것으로 생각된다.

IV. 결 론

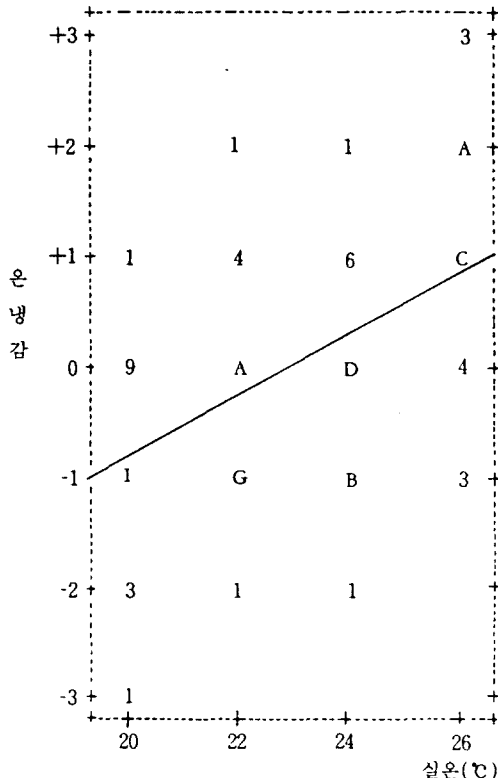
본 연구는 한국인의 겨울철 온열쾌적범위를 설정하는 것을 목적으로, 20대 남녀 128명을 피험자로 하여 착의량과 활동량을 일정하게 하고 인공기후실에서 실내온도만을 물리적 환경의 변인으로 하여 피험자의 주관적 반응을 조사한 실험연구이다.

1) 중성온도란 회귀식을 이용하여 온냉감 '0' 즉, '출지도 덥지도 않다'에 해당되는 실내온도를 산출한 것을 말한다.

(표 7) 실내온도와 은냉감의 회귀분석

성 별	직 선 회 귀 식	중성온도(℃)	Pearson상관계수
전 체	$Y^*=0.31094X - 7.19062$	23.1	0.5950*
남 학생	$Y^*=0.21875X - 5.25000$	24.0	0.4713*
여 학생	$Y^*=0.40312X - 9.13125$	22.7	0.7150*

* .001수준에서 유의적임.



(그림 3) 실내온도에 따른 은냉감 분포

실험결과, 전체 피험자의 착의량 평균이 1.0 clo 상태에서 은냉감의 '덥지도 춥지도 않다'에 응답한 비율이 가장 높은 실내온도는 24℃였다. 실내온도에 따른 은냉감 반응의 회귀분석 결과 산출한 중성온도는 전체 피험자의 경우는 23.1℃, 남학생은 24.0℃, 여학생은 22.7℃로 나타났다.

따라서 겨울철 실내의 온열쾌적범위는 23~24℃로 나타났다. 최근 사무실이나 집합주택에서 난방온도를 높게 설정하고 옷을 적게 입는 경우가 있으나, 착

의량을 1.0 clo수준으로 하고 난방온도를 23~24℃로 설정하는 것이 에너지의 절약 측면이나 온열 쾌적성면에서 바람직하다고 본다.

【참 고 문 헌】

- 1) 공성훈·박상동·손장열. 주택의 온열환경에 관한 연구. 대한건축학회학술발표논문집, 4, 1. 1984.
- 2) 윤용진·박상동·손장열. 복사난방시, 불균등복사장이 은냉감에 미치는 영향에 관한 연구. 대한건축학회학술발표논문집, 4, 2. 1984.
- 3) 공성훈·박상동. 온돌난방에 있어서 쾌적온열환경 기준설정에 관한 실험적 연구. Energy R & D. 7, 2. 1985.
- 4) 손장열·공성훈·윤용진. 불균등 복사 공간의 쾌적온도범위 설정에 관한 연구. 공기조화·냉동공학. 14, 3. 1985.
- 5) 송장복. 주거건축의 온열환경 평가와 온열쾌적범위에 관한 연구. 박사학위논문. 한양대학교 대학원. 1988.
- 6) 최윤정. 소형집합주택의 온열환경에 대한 거주자의 주관적 반응에 관한 연구. 석사학위논문. 연세대학교 대학원. 1990.
- 7) 이성하. 여름철 실내온열환경의 중성온도설정에 관한 실험연구. 석사학위논문. 연세대학교 대학원. 1991.
- 8) ASHRAE. ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals. 1985.
- 9) S. Tanabe · K. Kimura · T. Hara. Thermal Comfort Requirements During The Summer Season in Japan. ASHRAE Tranjaction, 87 Part 1. 1987.