

# 실내 온열환경에 대한 신체부위별 온냉감 평가

최호선\*, 이구형\*, 박종한\*, 김동규\*\*, 금중수\*\*

\* : LG 전자

\*\* : 부경대학교 냉동공조공학과

## Subjective Thermal Comfortness Evaluation from Various Parts of Human Body in Floor-Heated Room

Ho-Seon Choi\*, Koo-Hyoung Lee\*, Jong-Han Park\*, Dong-Gyu Kim\*\*, Jong-Soo Kum\*\*

\* : LG Electronics Inc.

\*\* : Pukyong National University

### Abstract

본 연구는 실내 온열환경에 대한 인간의 온냉감을 정밀하게 평가하기 위해 바닥난방이 실시되고 있는 겨울철 아파트의 거실에 대하여 공간내의 온도분포를 조사하는 동시에, 신체부위별로 온냉감을 조사하였다. 실내의 온도분포 측정은 서울과 부산의 두 장소에서 실시하였으며, 온냉감에 대한 평가는 서울에서 남자 31명, 여자 71명, 부산에서 남자 11명, 여자 23명에 대하여 수행되었다.

결과는 중앙집중식 난방이 실시되고 있는 거실의 바닥으로부터 10cm 높이와 170cm 높이에서의 온도차이는 서울의 아파트가 3.2 °C, 부산의 아파트가 2.0 °C로 나타났다.

겨울철 실내의 온냉감 조사는 하루 3 회 실시되었으며, 신체의 3 개 부위에 대한 온냉감과 전체적인 온냉감이 7 점 척도로 평가되었다. 결과는 발과 얼굴, 무릎과 얼굴, 발과 전신사이에 온냉감의 차이가 있는 것으로 나타났다.

발과 무릎 부위가 얼굴에 비하여 추운 느낌을 강하게 가지며, 전체적인 온냉감은 얼굴부위에서의 평가와 유사한 수준을 나타냈다.

난방이 단순한 온도조절의 범위를 넘어 인체의 온열쾌적감을 만족시키기 위해서는 신체의 부위별로 느끼는 온냉감을 정밀하게 평가하여 난방의 방법을 조정하여야 하는데, 이 연구의 결과는 난방의 방법 결정에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

### 1. 연구배경과 목적

우리나라의 전통주택은 겨울철 난방방법으로 바닥을 덥히는 온돌을 이용하였다. 근래에는 아파트와 연립주택과 같은 서구식 건물이 일반화되면서 단열에 대한 관심이 높아지고 있으며, 난방의 방법도 바닥난방 이외에 팬히터나 에어컨과 같은 보조 난방기구의 보급이 증가되고 있다. 이와같이 실내의 온열환경이 변화됨에 따라 사람들의 온열쾌적감에 대한 요구도 변화하고 있으며, 이러한 요구는 기존의 난방방법이 갖는 열적인 불쾌감을 최소화하는 동시에 보다 안락한 온열환경에 대한 기대로 나타나고 있다.

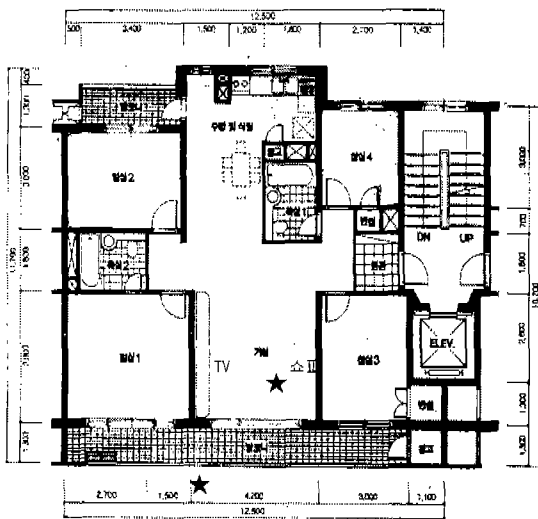
실내 온열환경에 대한 인간의 온냉감 평가는 많은 연구가 수행되고 있으나, 이들 연구의 대부분은 실내 공간의 온도분포가 일정하다는 가정아래 온도를 변화시키며 피험자가 느끼는 온냉감을 평가하는 방법을 사용하고 있다. 그러나, 실제 실내의 온도는 측정위치에 따라 차이가 있으며, 인체는 신체의 부위에 따라 온도에 대한 민감도가 다르다.

본 연구는 중앙집중식 바닥난방을 실시하는 두 개 지역의 아파트에 대하여 바닥으로부터 높이를 변화시켜가며 온도의 변화를 측정하여 그 차이를 분석하였으며, 실내 공간에서의 이러한 온도차이가 신체 부위에 따라 어떠한 온냉감의 차이로 나타나는지 조사, 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 1) 실내온도분포 측정

바닥 난방시 실내에서 바닥으로부터 높이 차이에 따르는 온도차이의 측정은 서울과 부산의 아파트를 대상으로 실시하였다. 측정대상 아파트는 중앙집중식 난방을 실시하고 있고, 중간층에 위치하였으며, 서울은 41평형, 부산은 31평형 아파트였다. <그림1>은 온도측정 위치를 나타내었으며, 온도의 측정을 위해 바닥과 함께 바닥으로부터 10, 60, 110, 170cm의 높이에 온도센서를 위치시켰으며 실외의 기온도 함께 측정하였다. 온도센서의 위치는 의자에 앉은 상태에서 발목, 무릎, 얼굴부위와 서 있을 때의 이마부위의 높이에 해당된다. 온도의 측정은 1997년 1월에 오전 6시부터 저녁 12시까지 5분 간격으로 자동 기록하도록 하였으며 측정기기는 T-type 온도센서와 다점온도계(HR2300 YOKOGAWA), PC를 이용하였다.



★: 온도측정점  
<그림1> 온도 측정위치

### 2) 온냉감 조사

겨울철 실내 온열환경에 대한 주관적 온냉감 평가는 1997년 1월에 실시하였다. 조사는 설문지를 이용하였으며 서울에서 102명, 부산에서 34명으로부터 응답을 받았다. 온냉감 평가는 <표1>과 같이 ASHRAE의 Psychophysical Voting Scale을 이용하였다.

설문 응답자에 대한 지역별, 성별, 연령별, 주거형태별, 주택규모별 분포는 <표2>와 같다.

응답자 중 여성의 비율은 서울과 부산이 각각 70%와 68%로 나타났으며, 연령별로는 30대의 비율이 높았다(58%). 주거형태는 아파트가 82%를 차지하였으며, 규모는 20평형과 30평형이 각각 38%와 27%로 전체응답자 중 65%를 차지하였다.

설문은 신체부위중 발, 무릎, 얼굴과 전반적으로 느끼는 온냉감을 7단계 평가척도를 이용하여 응답하도록 하였다. 평가시간은 실내의 온도 변화를 고려하여 오전 10시, 오후 3시, 저녁 8시에 실시하도록 하였으며, 평가시점에서의 착의량과 난방기구의 사용여부와 함께 실내온도를 기록하도록 하였다. 실내의 온도는 바닥으로부터 110cm 높이에 온도계를 설치하도록 하였으며, 평가시에는 의자에 앉은 상태에서 가벼운 평상복을 착용하도록 하였다. 설문조사 결과는 SPSS PC+를 이용하여 통계처리하였다.

덥다	: +3
따뜻하다	: +2
약간 따뜻하다	: +1
춥지도 덥지도 않다	: 0
약간 서늘하다	: -1
서늘하다	: -2
춥다	: -3

<표1> 온냉감 평가척도

구분	서울		부산		계		
	f	%	f	%	f	%	
성별	남자	31	30.4	11	32.4	42	30.9
	여자	71	69.6	23	67.6	94	69.1
연령	10대	0	0	5	14.7	5	3.7
	20대	25	24.5	10	29.4	35	25.7
	30대	70	68.6	9	26.5	79	58.1
	40대	0	0	8	23.5	8	5.9
	50대이상	7	6.9	2	5.9	9	6.6
주거형태	연립주택	7	6.9	8	23.5	15	11.0
	단독주택	8	7.8	1	3.0	9	6.6
	A.P.T	84	85.3	25	73.5	109	82.4
주택크기	10평형대	22	21.6	7	20.6	29	21.3
	20평형대	46	45.1	6	17.6	52	38.2
	30평형대	15	14.7	21	61.8	36	26.5
	40평형대	19	18.6	0	0	19	14.0

<표2> 설문응답자 분석

### 3. 결과 및 분석

#### 1) 실내온도분포

서울과 부산의 아파트 실내온도의 위치별, 시간별 변화는 <그림2>와 <그림3>, <그림4>에 나타나 있다. 서울의 아파트는 외기온도가  $-8^{\circ}\text{C}$ 에서  $8^{\circ}\text{C}$ 로 변화하는 동안 중앙난방에 의하여 바닥온도가 변화하였으며, 오전 10시, 오후 3시, 저녁 8시경에 높은 온도를 보였다. 바닥의 평균온도는  $27.8^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 바닥으로부터의 높이가 10, 60, 110, 170cm로 변화됨에 따라 평균온도는 24.0, 25.1, 25.7,  $25.7^{\circ}\text{C}$ 로 기록되었다. 실외의 온도와 바닥온도가 가장 낮은 오전 7시~8시경에는 실내의 기온도 가장 낮은 값을 나타냈으며, 이때 바닥으로부터 10cm와 110cm 높이에서의 기온 차이는  $2.6^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 이 결과는 의자에 앉아 있을 때 발 부위와 얼굴 부위의 온도가  $2.6^{\circ}\text{C}$  차이가 있음을 의미한다. 높이에 따르는 최대온도차가 발생하는 시점은 저녁 11시경이었으며, 이때 바닥으로부터 10cm와 170cm 위치의 온도차는  $3.2^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 오후 3시경에는 실내 공간의 온도차가 최소로 나타났으며, 이는 실외의 기온과 바닥온도가 모두 높다는 점과 관계가 있는 것으로 판단된다.

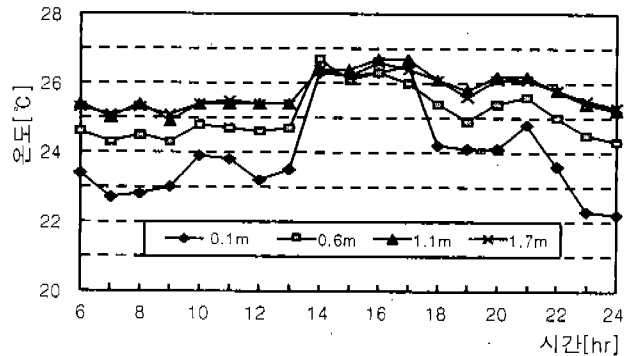
부산의 아파트에서는 외기온도가  $1.8^{\circ}\text{C}$ 에서  $16.4^{\circ}\text{C}$ 의 범위를 보였으며, 바닥온도는 평균  $31.7^{\circ}\text{C}$ 였다. 난방의 공급에 따라 바닥의 온도는 오전 7시와 오후 7시경에 높은 값을 나타냈다. 바닥으로부터 10, 60, 110, 170cm 높이에 대한 평균온도는 22.9, 23.0, 23.3,  $23.9^{\circ}\text{C}$ 로 각각 기록되었다. 높이에 따른 온도차이가 최대값을 나타낸 것은 오후 1시경으로 10cm와 170cm 높이에서의 온도차는  $2.0^{\circ}\text{C}$ 였다. 온도차이가 최소인 시점은 오전 9시경으로 그 값은  $0.6^{\circ}\text{C}$ 였다.

#### 2) 신체부위별 온냉감

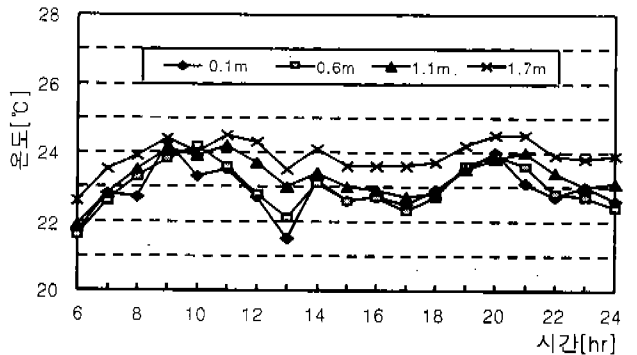
겨울철 실내 거주자의 온냉감을 파악하기 위한 설문은 오전 10시, 오후 3시, 저녁 8시에 실시하였으며, 신체부위별 온냉감 평가외에 설문 당시의 착의량과 활동량 및 실내 온도를 기입하도록 하였다. 또한 보조 난방기구의 사용여부도 조사하였다. 설문 응답자의 평균 착의량은 서울의 경우 오전에는  $0.63\text{clo}$ , 오후에는  $0.66\text{clo}$ 이며 저녁에는  $0.6\text{clo}$ 로 전체 평균  $0.63\text{clo}$ 로 나타났다. 부산의 경우 오전에  $0.73\text{clo}$ , 오후에는  $0.72\text{clo}$ 이며 저녁에는  $0.65\text{clo}$ 로 전체 평균  $0.7\text{clo}$ 로 나타났다.

활동량의 경우는 거실의 의자에 앉은 상태에서 휴식후 설문에 응하도록 하였으므로 1.1met 정도였다. 실내온도는 오전 10시, 오후 3시, 저녁 8시에 서울의 경우 각각  $24.0^{\circ}\text{C}$ ,  $24.1^{\circ}\text{C}$ ,  $24.6^{\circ}\text{C}$ 였으며, 부산의 경우는  $21.4^{\circ}\text{C}$ ,  $27.6^{\circ}\text{C}$ ,  $22.2^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 보조 난방기구의 이용실태는 대부분의 주택에서 사용하지 않는 것으로 나타났다.

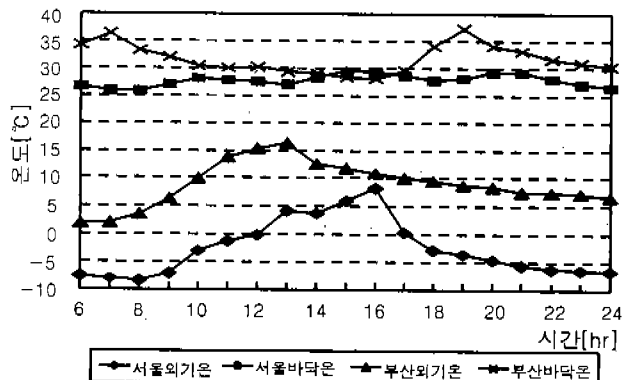
실내 거주자의 온냉감에 대한 반응을 분석한 결과는 <표3>에 나타나 있다. 신체부위별 온냉감 반응은 발, 무릎, 얼굴순으로 “약간 따뜻하다”로 응답했으며, 발과 얼굴, 무릎과 얼굴, 발과 전신사이의 평가치에는 유의한 차가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지역과 평가시간에 관계없이 공통적으로 나타났다.



<그림2>서울아파트의 실내온도 분포



<그림3>부산아파트의 실내온도 분포



<그림4>지역별 외기온도 및 바닥온도 분포

지역	시간 신체	오전10시			오후 3시			저녁 8시			계		
		발	무릎	얼굴	발	무릎	얼굴	발	무릎	얼굴	발	무릎	얼굴
서울	발	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	무릎	0.0 ~ -0.3	-	-	0.2 ~ 0.1	-	-	0.4 ~ 0.2	-	-	0.2 ~ 0.0	-	-
	얼굴	0.4 >>> -0.3	0.4 >>> 0.0	-	0.6 >>> 0.1	0.6 >>> 0.2	-	0.8 >>> 0.2	0.8 >>> 0.4	-	0.6 >>> 0.0	0.6 >>> 0.2	-
	전신	0.3 >>> -0.3	0.3 >> 0.0	0.3 ~ 0.4	0.5 >> 0.1	0.5 > 0.0	0.5 ~ 0.6	0.8 >>> 0.2	0.8 >> 0.4	0.8 ~ 0.8	0.5 >>> 0.0	0.5 >> 0.2	0.5 ~ 0.6
부산	발	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	무릎	-0.2 ~ -0.6	-	-	0.2 ~ -0.2	-	-	0.0 ~ 0.1	-	-	0.0 ~ -0.2	-	-
	얼굴	0.4 >>> -0.6	0.4 >>> -0.2	-	0.9 >>> -0.2	0.9 >> 0.2	-	0.9 >>> 0.1	0.9 >>> 0.0	-	0.8 >>> -0.2	0.8 >>> 0.0	-
	전신	0.3 >>> -0.6	0.3 > -0.2	0.3 ~ 0.4	0.5 >> -0.2	0.5 ~ 0.2	0.5 ~ 0.9	0.6 >>> 0.1	0.6 >> 0.0	0.6 ~ 0.9	0.5 >>> -0.2	0.5 >>> 0.0	0.5 ~ 0.8
계	발	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	무릎	-0.1 >> -0.3	-	-	0.2 ~ 0.0	-	-	0.3 ~ 0.1	-	-	0.1 ~ -0.1	-	-
	얼굴	0.4 >>> -0.3	0.4 >>> -0.1	-	0.7 >>> 0.0	0.7 >>> 0.2	-	0.8 >>> 0.1	0.8 >>> 0.3	-	0.6 >>> -0.1	0.6 >>> 0.1	-
	전신	0.3 >>> -0.3	0.3 >>> -0.1	0.3 ~ 0.4	0.5 >>> 0.0	0.5 >> 0.2	0.5 ~ 0.7	0.7 >>> 0.1	0.7 >>> 0.3	0.7 ~ 0.8	0.5 >>> -0.1	0.5 >>> 0.1	0.5 ~ 0.6

<표3>온냉감 분석

p= 0.1이하 : >  
 p=0.05이하 : >>  
 p=0.01이하 : >>>  
 Not Significant : ~

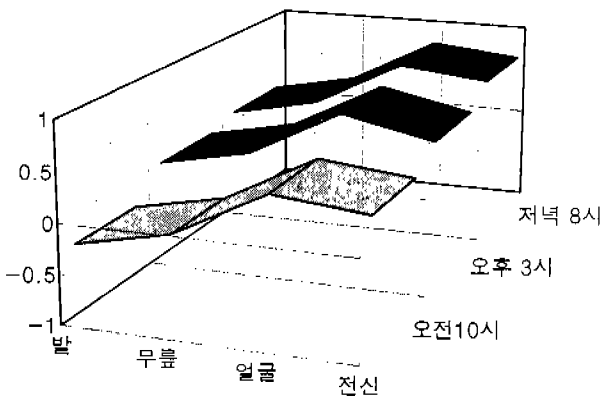
서울의 경우 온냉감의 차이가 가장 크게 나타난 시간과 신체의 부위는 오전 10시에 발과 얼굴부위로 발 부위가 “약간 서늘하다” 경향일때 얼굴부위는 “약간 따뜻하다” 경향으로 나타났다. 부산의 경우에는 오후 3시에 서울의 경우와 유사하게 나타났다. 남자와 여자에 대한 지역별, 시간별, 신체부위별 온냉감 평가결과 유의한 차이가 없었다. 한편, 얼굴과 전신의 온냉감 사이에는 유의한 차이가 없었으나, <그림5>에서 나타난것과 같이 전반적인 온냉감 평가는 얼굴부위에 대한 온냉감 평가와 유사한 값을 갖는 것으로 나타나, 사람에 대한 온냉감 평가는 얼굴부위가 느끼는 온냉감이 주요한 역할을 하는 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

겨울철 바닥난방이 실시되는 실내의 온열환경과 이에 대한 온냉감을 정밀하게 분석하기 위하여, 실내공간의 바닥으로부터 높이 변화에 따른 온도 분포가 조사되었으며, 이와 함께 신체부위별 온냉감에 대한 평가가 수행되었다. 서울과 부산의 아파트를 중심으로 실시된 실험과 분석의 결과는 다음과 같이 정리되었다.

- 1) 바닥으로부터 10, 60, 110, 170cm높이에서 측정된 온도는 최대 3.2℃의 차이를 나타냈다.
- 2) 발과 얼굴, 무릎과 얼굴, 발과 전신에서 평가된 온냉감 사이에는 유의한 차이가 존재했다.
- 3) 실내온열환경에 대한 온냉감의 평가는 얼굴부위에서의 온냉감을 중심으로 이루어 졌다.

이러한 결과는 난방이나 냉방을 실시하는 경우, 온열환경에 대한 인체의 쾌적감을 최대화시킬 수 있는 정밀한 온도조절 방법의 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.



<그림5>온냉감 평가결과

## 참고문헌

- 1) 금종수, 1992, 실내공조에 있어서 온열환경의 쾌적 조건에 대한 연구방향 및 방법의 제시에 대한 최종보고서, 부산수산대학교 산업기술연구소
- 2) 금종수, 1993, 한국인에 맞는 쾌적지표의 검증과 기준data의 추출에 대한 최종보고서, 부산수산대학교 산업기술연구소
- 3) 금종수 외 2인, 1993, 동계체감실험에 의한 온냉감 평가와 PMV, SET\*의 적용성 검토, 공기조화냉동공조학회 하계학술대회 강연 및 논문집
- 4) P. O. Fanger, 1970, Thermal comfort, Danish Technical Press, McGraw-Hill Book Company
- 5) ASHRAE, 1989, FUNDAMENTALS
- 6) S. Tanabe, 1988, Thermal Comfort Requirements in Japan, Ph.D. Waseda University