

바닥난방의 온열환경 및 열적반응에 관한 연구

- 방바닥에 누운 상태를 중심으로 -

The Thermal Environment and Thermal Reaction in the Radiant Floor Heating System

이 무 진*
Lee, Moo-Jin

Abstract

The purpose of this study is to identify the characteristics of the thermal environment, and to analyze the relationship between the thermal reactions and the skin temperatures in the lying position in the radiant floor heating system. The results are as follows: 1) The globe temperature was nearly equal to the operative temperature in the room. 2) The floor surface temperature and the globe temperature were 26.4°C and 23.6°C, respectively when the whole body temperature was at neutral point. 3) The mean temperature of the six skin parts was 31.3°C (cold thermal environment); 34.1°C (neutral thermal environment); 35.1°C (hot thermal environment).

I. 서 론

바닥 난방은 우리의 전통적인 난방 방식으로 오랜 세월 동안 변형, 발전하면서 우리의 주거생활과 건축양식 및 관습 형성에 많은 영향을 미쳐 온 이상적인 복사 열 환경을 형성하는 난방 형태이다.

低溫輻射暖房으로 대표되는 바닥복사난방은 上下의 온도 勾配가 적고, 居住域의 기류 및 복사 열 분포가 균일하며, 실내 환경 오염이 없는 등 인체의 쾌적감에 잘 부합되는 頭寒足熱形 난방방식으로 평가되어 왔다. 또한 비교적 낮은 室溫에서도 쾌적한 실내환경을 유지할 수가 있어 에너지 절약 효과가 있고, 인체의 바닥 接觸熱傳導 및 복사열에 의한 熱交換 측면에서도 효율적인 에너지 이용 난방방식으로 판명되고 있다.

바닥 난방에 대한 물리적 특성을 정량적, 계통

적으로 분석하고, 적정 실내 열 환경의 범위를 설정하려는 연구는 지금까지 다각적으로 이루어져 어느 정도의 성과를 얻어 왔으나, 아직까지 熱性狀의 해석과 예측 및 인체 열환경 사이의 熱收支에 의한 쾌적성 측면에서 평가 및 설계목표치가 확립되어 있지 않으므로 이를 체계화시키기에 미흡한 실정이다.

본 연구는 인체와 열환경의 熱輸送 性狀에 着眼하여, 복사와 대류가 불 균일한 바닥난방 공간의 열환경 형성의 특성을 파악한다. 또한, 한국인의 일상 생활 자세로서 頻度가 높은 '누운 자세'의 경우, 대사량이나 바닥접촉身體部位面 등의 차이가 溫熱感覺 및 皮膚溫에 미치는 상관성을 注目하고, 열환경 적응을 위한 방바닥 누운 자세의 열감각에 대한 생리적, 주관적 반응과 인체의 부위별 피부온 변화를 피실험자 실험에 의해 비교 분석하여, 바닥복사난방의 쾌적 열환경 조성에 필요한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 한다.

*정회원, 경일대 건축공학과 교수, 공학박사

II. 실험의 내용 및 방법

1. 실험대상 공간

바닥복사난방의 열환경 형성에 따른 특성과 온열감 및 피부온의 상관성을 검토하기 위해서 바닥복사난방 모델 실험실을 설치하였다(그림 1 참조).

실험실의 크기는 가로 2.6 m, 세로 2.6 m, 높이 2.4 m로 하고, 외기온 변화에 대한 영향을 줄이기 위하여 벽체, 바닥 및 천장은 샌드위치 패널(두께 150 mm: 열관류율(k)=0.2 kcal/m²·h·°C)로 하고, 바닥은 열 반응이 빠르고 온도 분포가 균일한 전기 패널 히터(두께 15 mm)를 설치하였으며, 바닥면 온도를 어느 정도 지속시키기 위해 전기 패널 히터 위에 20 mm 두께로 균일하게 신더 콘크리트를 깔고 그 위에 비닐 장판으로 마무리하였다. 실험실의 열 환경은 자동온도 조절 장치를 설치하여 설정온도 이상이 될 경우 회로에서 자동 제어가 가능하도록 하였다.

2. 실험실의 열환경 측정방법 및 측정위치

본 실험 모델은 벽면 1면이 수직창 벽면인 실

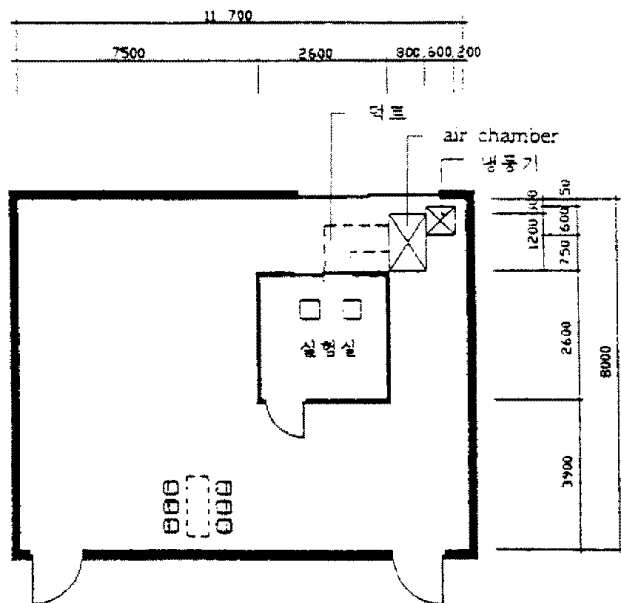


그림 1. 환경 실험실 배치도.

표 1. 실험실의 열환경 측정기기 및 측정위치

측정	측정 기기	측정 점 위치
실내 건구 온도	· Dalite (다점온도 측정계) (k형 Thermal-couple) · 자기록 온습도계 (Sato New Sigma)	벽체로부터 1 cm, 10 cm, 130 cm 떨어진 지점의 각 높이별 10 cm, 20 cm, 45 cm, 75 cm, 180 cm에서 측정
습도	· THERM 2246 Portable Digital Psychrometer · 자기록 온습도계 (Sato New Sigma)	실 중앙 1점
기류	· 열선 풍속계 (KANOMAX4-6111) · Kata 온도계	실 중앙 1점
표면 온도	· Dalite · Spot Thermometer (Minolta IR-0510)	천장: 9점 벽체: 36점 바닥: 9점
외기온	· Dalite · 자기록 온습도계	실험실 외부 기온 2점 환경실 외부 기온 2점

물크기의 주액저실을 가정하였으며, 바닥난방시의 바닥온도와 실온의 상관성 및 실내 온도 분포를 대체적으로 파악하기 위하여, 바닥표면온도 측정범위 15~34°C에서 상당히 열평형을 이루었다고 판단 되었을때 실내공기온도 및 글러브온도를 측정하였다(표 1 참조).

① 건구온도: 건구온도는 바닥온도와 외기온도(환경실험실온도)에 의존하여 형성되며, 수직온도의 측정위치는 실험실 창측 벽면에서 0.01, 0.1, 1.3 m 떨어진 위치로, 수직높이 각각 10, 20, 50, 80, 200 mm점에서 측정(측정범위 17~29°C)

② 외기온도(환경실험실): 14.7~18.8°C

③ 준비실온도: 온도범위 16~18°C(준비실은 환경실험실 옆의 연구실로 하였다)

④ 실내상대습도: 40%±10%

⑤ 실내기류: 0.1 m/sec 이내

3. 被實驗者의 조건 및 실험계획

1) 피실험자의 조건

① 피실험자 선정: 건강 상태가 양호한 20~30대 남녀로 온열반응을 위한 피실험자 72명, 피

표 2. 피실험자의 체격

성별	남 자				여 자			
	나이(세)	신장(cm)	체중(kg)	체표면적(m ²)	나이(세)	신장(cm)	체중(kg)	체표면적(m ²)
분포	20~30	160~182	52~80	1.52~2.00	20~25	157~167	42~57	1.37~1.63
평균	-	171.9	65.7	1.77	-	161.2	50.3	1.51

표 3. 피실험자의 착의¹⁾

성별	Garment	cli	0.82Σ cli
남(여)	팬티(bra panties)	0.04	0.8
	런닝 셔츠	0.10	
	양말	0.04	
	남방	0.25	
	체육복 상의: 482 g	0.28	
	체육복 하의: 442 g	0.26	

부온변화 분석을 위한 피실험자 18명을 선정하였으며, 선출한 남녀 피실험자의 평균 연령, 평균 신장, 평균 체중, 體표면적은 표 2와 같다.

② 피실험자의 작업: 바로 누운 자세로 장시간 노출(약 1시간)을 위하여 음악감상, 독서가 가능(복수선택도 가능)하도록 하였다. 대사량은 바닥에 누운 자세로 안정시의 0.8 Met로 하였으며 별도의 대사량 측정 및 계산은 하지 않았다.

③ 착의량: 표 3과 같이 준비해 둔 실험복을 착용하도록 했으며, 착의량은 난방실내의 보통복장으로서, 남녀 모두 0.8 Clo로 하였다.

2) 실험순서

① 실험실 바닥온도를 약 15~34°C로 조정하여 실험실을 열평형 상태로 한다.

② 피실험자를 예비조절실(실내건구온도: 17±1.0°C, 상대습도 40±10%)에 20분간 안정을 취하게 한다.

③ 실험실 온도가 일정하게 안정이 된 후, 피실험자를 입실시켜, 실험복을 착용하고 측정점을 부착한 후, 정해진 위치에 무릎을 펴고 반듯하게 누운 자세를 취한다(그림 2).

④ 피실험자가 바닥에 누운후 피부온이 어느 정도 회복되어 열평형상태(50분 경과)가 되면 설문지의 온열감을 응답토록 하였으며, 50분 동안

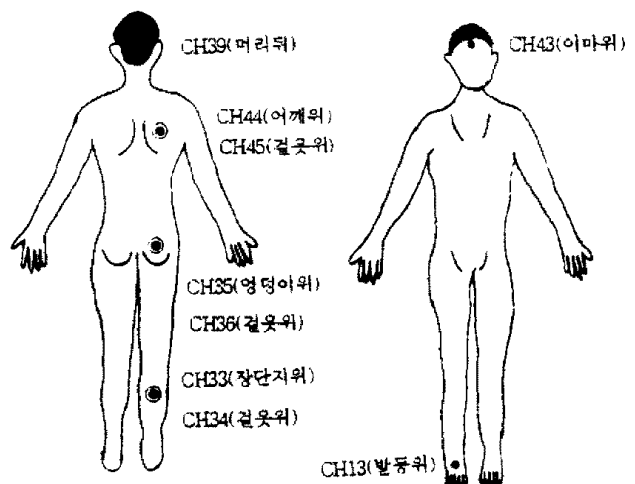


그림 2. 피실험자 피부온도 측정점.

에 5회에 걸쳐 피부온도의 변화를 c-c 열전대로 측정하였다.

III. 측정 결과 및 고찰

1. 모델 실험실의 열환경

1) 바닥복사난방의 수직공기온도 분포

그림 3은 창측 벽면에 근접한 0.01 m 거리의 수직공기온도 분포로서, 바닥면에서 0.8 m 높이는 심한 온도 변화를 보였는데, 이것은 창면 부근에서 형성된 냉각 하강류에 의한 콜드드래프트(Cold draft)의 영향이라 생각된다. 또한, 글로벌온도(Tg) 18.3°C에서는 수직공기온도 분포가 1.3°C 이내이나, Tg 28.7°C에서는 6.8°C로 Tg가 높아질수록 수직온도 분포가 크게 나타났다.

바닥표면온도와 바닥면 근방의 공기온도(바닥 위 0.1 m)의 차이는 Tg 18.5°C에서는 약 1.0°C, Tg 28.7°C에서는 약 5.0°C의 온도차로 나타났다.

그림 4는 창측 벽면에서 0.1 m 거리의 수직공

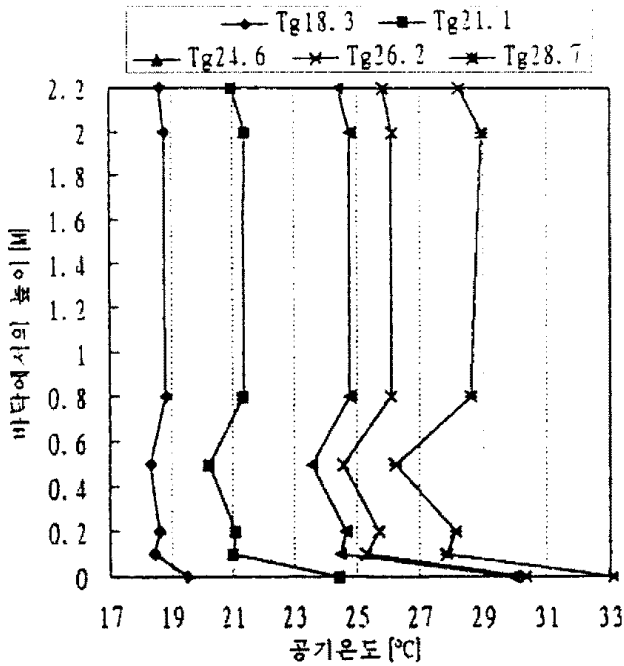


그림 3. 수직 공기온도 분포(窓側 壁에서 0.01 m의 거리).

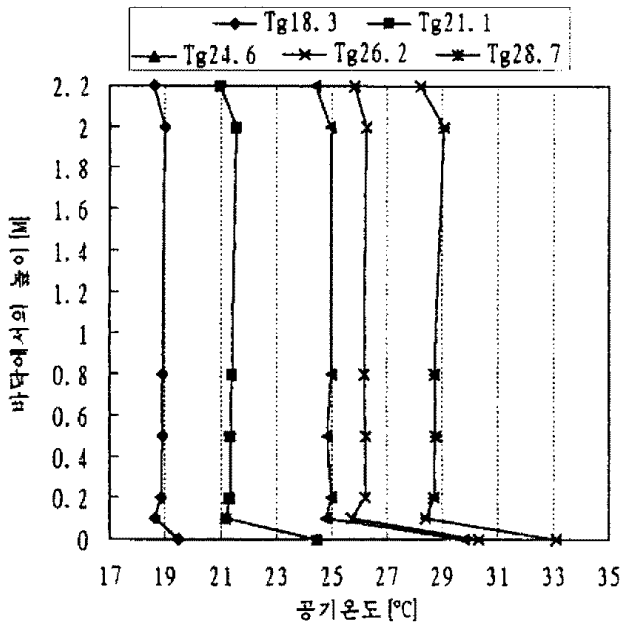


그림 4. 수직 공기온도 분포(窓側 壁에서 0.1 m의 거리).

기온도 분포로서, 바닥면에서 0.2 m 사이의 낮은 높이에서 약간의 콜드드래프트 영향이 있으며, Tg 18.3°C에서는 수직공기온도 분포가 1.0°C 이내이나, Tg 28.7°C에서는 4.5°C로 높은 온도 분포를 보였다. 바닥표면온도와 바닥면 근방의 공기온도(바닥위 0.1 m) 차이는 Tg 18.5°C에서는

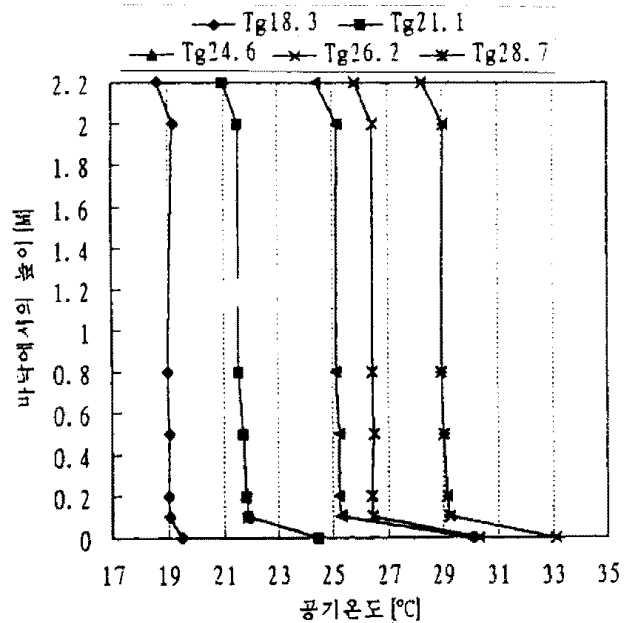


그림 5. 수직 공기온도 분포(窓側 壁에서 1.3 m의 거리).

약 1.0°C, Tg 28.7°C에서는 약 5.0°C의 온도차로 창측벽에서 0.01 m(그림 3)와 비슷한 온도차를 보였다.

그림 5는窓側 벽면에서 1.3 m 거리, 즉 室 중앙의 수직공기온도 분포로서, 여기서는 콜드드래프트의 영향이 거의 없고, 또한 上下 공기 온도 차도 거의 없어, 바닥복사난방의 공기온도 특성을 잘 나타내고 있다.

바닥표면온도와 바닥면 근방의 공기온도(바닥 위 0.1 m) 차이는 Tg 18.5°C에서는 0.5°C, Tg 28.7°C에서는 3.8°C의 온도차로 나타나 창측 벽면에서 거리 0.01 m(그림 3), 0.1 m(그림 4)와 비교하면, 가장 적은 온도차를 보였다.

2) 바닥표면온도와 공기온도의 상관성

그림 6은 실험실의 바닥표면온도와 공기온도의 상관 및 回歸線으로, 대상 실험기간 중 실험실 공기온도 범위는 약 17~29°C이고, 바닥表面溫度 범위는 15~34°C이었다. 실내 공기온도의 기준은 室 中央에 설치된 수직공기온도 5点的 측정 평균값으로 하고, 바닥표면온도의 기준은 바닥에 설치된 4点的 측정 평균값으로 하였다.

실내 바닥표면온과 공기온의 상관관계는 21°C

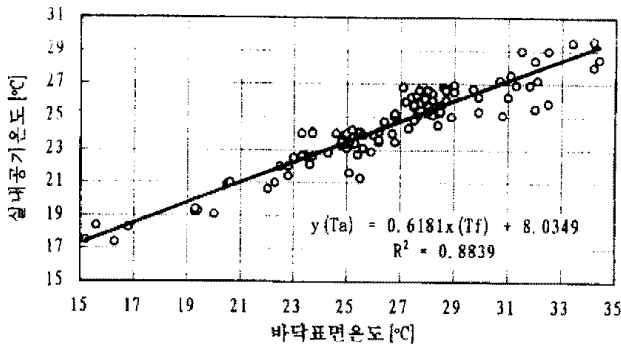


그림 6. 바닥표면온도(Tf)와 공기온도(Ta)의 상관.

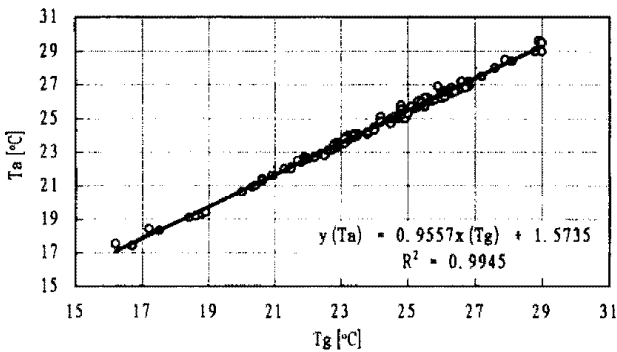


그림 7. 글로브온도(Tg)와 공기온도(Ta)의 상관.

를 기점으로 그 이상(난방시)에서는 바닥온도보다 공기온도가 점차 낮아지고, 그 이하(비 난방시)에는 逆으로 바닥온도보다 공기온도가 높게 나타났다. 난방시에는 바닥온도가 1°C 높아짐에 따라서 공기온도는 약 0.6°C 높은 온도 분포를 보였다.

3) 공기온도, 글로브온도(Tg)

그림 7은 바닥난방 실험실의 글로브온도(Tg)와 공기온도(Ta)의 상관관계로 대체로 Ta가 Tg보다 1°C 이내로 높지만, 실내공기 온도가 높아질수록 글로브온도와 공기온도차가 좁혀지는 경향을 보였다.

2. 주위 온도와 全身 溫熱感

전신온열감은 아주춥다(-3) 춥다(-2) 쌀쌀하다(-1) 아무쪽도 아니다(0) 따뜻하다(1) 덥다(2) 아주덥다(+3)의 7段階 尺度로 평가하였다.

그림 8은 바닥복사난방 실내에 누운 자세의 전신열감각을 피실험자 72명에 의한 주관적 반응으

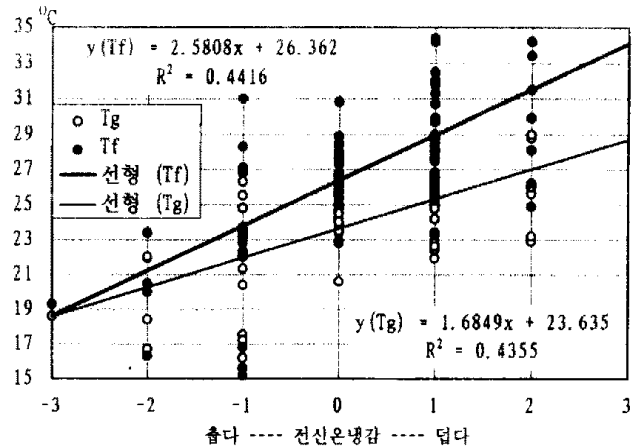


그림 8. 全身溫熱感과 周圍溫度.

로, 착의량 0.8 Clo, 바닥에 누운 자세의 대사량 0.8 Met에서 열중성점 온도(응답 척도: 0)는 글로브온도(Tg) 23.6°C, 바닥온도(Tf) 26.4°C로 나타났다.

본 실험의 열중성점 온도(Tg 23.6°C)가 다소 높게 나타난 것은 바닥에 누운 자세가 다른 채실 자세보다 인체의 대사량이 적기 때문으로 사료된다.

바닥면온도(바닥난방의 경우는 ASHRAE 55-1981과 ISO7730 다 같이 29°C 이하로 정하고 있는데, 본 실험에서 열중성점의 바닥온도 26.4°C는 이 범위에 포함되나, 국내의 다른 연구보다는 다소 낮게 나타났다. 이것은 열중성점에서의 글로브온도가 23.6°C로 국내의 다른 연구의 실내공기온도 조건(약 22~23°C)보다 다소 높았고, 또한 피실험자의 연령, 자세, 착의량 등의 차이에 따른 영향이라 생각된다. 바닥난방 공간의 자세별 전신온열감은 바닥온과 실온의 상관관계에 의해서 결정되는데, 본 실험의 결과도 대체로 바닥난방의 특성인 低溫에서의 쾌적성을 인체측 요구조건에서 확인할 수 있었다.

그림 9, 10은 누운 자세에서의 남자 54명, 여자 18명의 피실험자에 의한 주위 열환경에 대한 전신 온열감의 상관관계로서 전신온열감이 열중성점(응답 척도:0)일 때 주위 온도는 남, 여 각각 Tf 25.9°C(Tg 23.3°C), Tf 27.2°C(Tg 24.5°C)

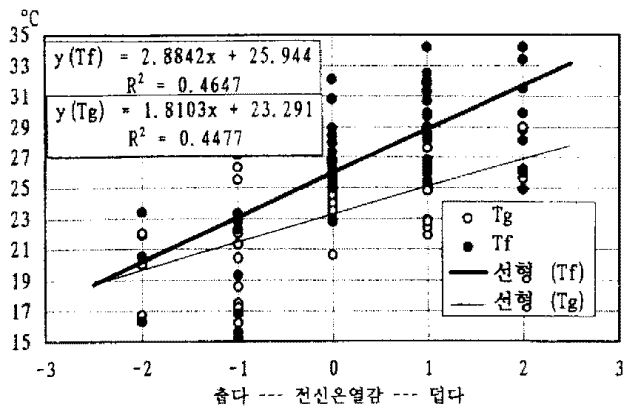


그림 9. 全身溫熱感과 周圍溫度(남자).

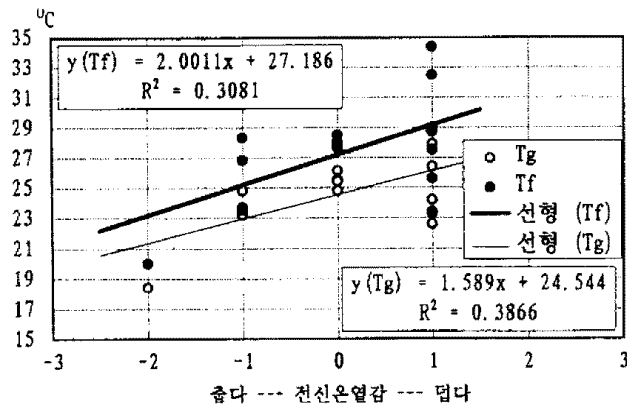


그림 10. 全身溫熱感과 周圍溫度(여자).

로, 여자가 남자보다 약간 높은 열환경을 요구하는 것으로 나타났다. 쾌적온도의 남녀 차에 대해서, 현장조사에서는 남자보다 여자가 쾌적온도가 높은 경우가 많지만, 착의조건을 동일하게 한 실험실 실험에서는 性差가 없다는 보고^{2,3)}가 있고, 또한 현장에서는 동계보다 하계가 쾌적온도가 높지만, 실험실에서는 계절 차가 없다⁴⁾는 보고가 있는 것으로 보아, 본 실험에서 얻은 피실험자의 감각은, 어디까지나 過渡的인 것으로 장기간 동안 그 조건에 체재하여 얻은 것이 아니기 때문이라 생각된다. 또한 피실험자의 남녀 數의 차이, 남녀의 바닥복사환경에 대한 적응의 차이 등의 영향도 있었다고 생각된다.

3. 熱環境과 皮膚溫

바닥난방의 열환경 조건에 따른 피부온도의 변

화를 비교 검토하기 위하여 그림4의 전신온열감과 주위온도에서 應答尺度가 춥다(-2) 이하를 低溫環境, 약간춥다(-1)~약간덥다(+1) 범위를 中溫環境, 덥다(+2) 이상을 高溫環境으로 구분한다.

1) 저온환경(바닥온도 $17 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 조건)

그림 11은 바닥온도 $17 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 건구온도 $17 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 상대습도 $40 \pm 10\%$ 의 저온 환경에서 시간의 경과에 따른 부위별 피부온의 변화를 보인다.

장딴지, 엉덩이, 등 부위의 피부접촉(실험복을 착용한 피실험자가 바닥에 누워서 바닥과 접촉되는 피부부위)온도는 시간의 경과에 따라 거의 일정한 온도를 유지하고 있으며, 이들 부위별 온도차는 엉덩이 부위가 장딴지 부위보다 약간 높고, 등 부위는 장딴지 부위보다 약 4°C 정도 큰 온도차를 보였다.

이마 부위의 경우 시간의 경과에 따른 피부온의 변화는 거의 일정하여 그 변화폭이 거의 없음을 알 수 있다. 이마는 정신기능을 영위하는 뇌가 위치한 부위로 혈액공급에 의해 항온이 유지되고 있고, 또한 체적의 대부분이 혈류에 의해 채워진 코어(Core)를 형성하기 때문에 쉘(Shell)층이 얇아도 급격한 온도의 저하를 보이지 않고 비교적 높은 온도를 유지한다고 본다.

뒷머리 부위(누운 자세로 베개와의 접촉부)의 피부온도는 저온환경이지만 노출 직후 10분까지는 현저하게 상승하다가 그후에는 완만한 상승을 보였다. 이것은 뒷머리에 접촉된 베개의 보온성이 傳導에 의한 열 이동을 어렵게 했기 때문이라 생각된다.

발등 부위(양말착용 상태로 바닥에 접촉되지 않은 부위)의 피부온은 노출 직후 40분 경과까지 계속 하강하여 약 2°C 의 하강폭을 보였다. 저온 환경에서 발등(말초부)피부온의 계속적인 하강은 체열방지를 위해 말초혈관이 수축하여 신체 열용량이 내부로 모이게 되고, 따라서 온도가 떨어진 피부표면은 외기와 온도차가 줄어들어 열의 체외손실을 감소시키며, 또한 뇌와 심장 등 신체

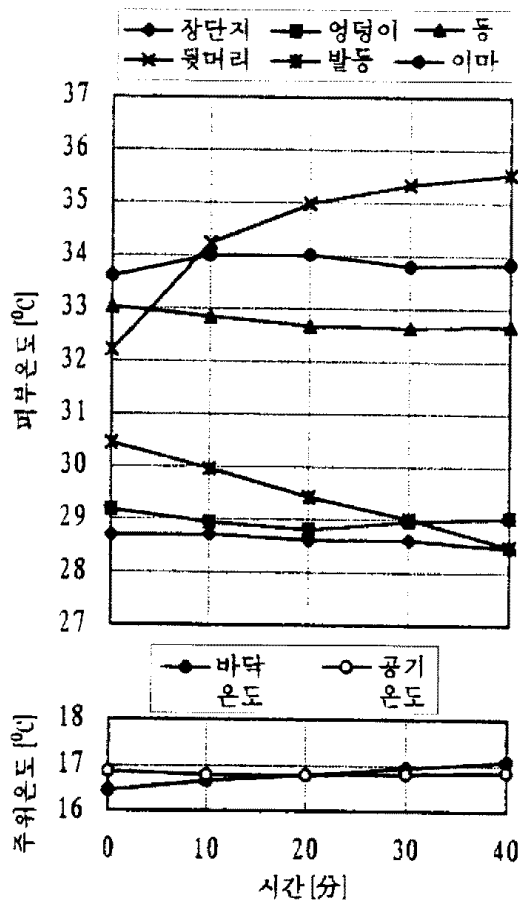


그림 11. 皮膚溫도와 周圍溫度(바닥溫度 $17 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 건구溫度 $17 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

주요부를 포함하고 있는 머리, 軀間部의 高溫에 따른 방열을 보상하기 위함이라 판단 된다.

피부온의 변화 양상을 보면 환경 노출 전의 피부온은 이마>등>뒗머리>발등>엉덩이>장단지의 순서이나, 환경노출 후의 변화는 뒗머리>이마>등>엉덩이>장단지>발등의 순서로, 上半身의 뒗머리, 이마, 등의 피부온은 下半身의 엉덩이, 장단지, 발등의 피부온보다 높게 나타났다.

저온 환경에서 피부 6점 부위의 평균온도는 노출 직후 31.2°C 이나, 노출 후 40분 경과시는 31.3°C 로 0.1°C 증가한 것으로 나타났다.

2) 중온환경(바닥온도 $24 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)

그림 12는 바닥온도 $24 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 건구온도 $22 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $40 \pm 10\%$ 의 중온환경에서 시간의 경과에 따른 부위별 피부온의 변화를 보인다. 환경 노출 후 각 부위의 피부온은 저온환경보다 좁

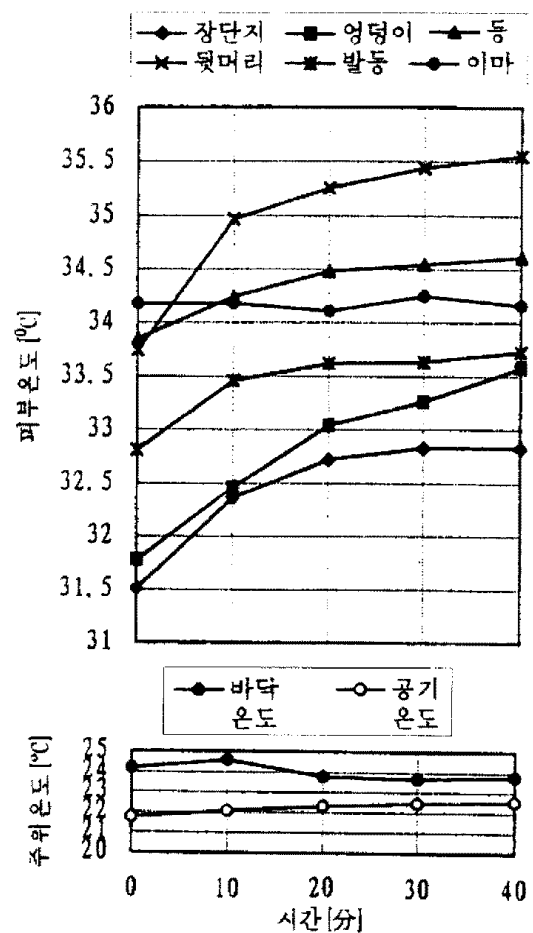


그림 12. 皮膚溫도와 周圍溫度(바닥溫度 $24 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 건구溫度 $22 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

은 온도 범위내로 모여짐을 알 수 있다.

장단지, 엉덩이, 등 부위의 피부접촉 온도는 노출 직후부터 10분까지 가장 급격한 상승을 보였고, 그 후 소폭으로 완만한 상승을 보였다. 특히 엉덩이 부위의 접촉 피부온이 두드러진 상승을 하여 약 2°C 의 변화폭을 보였다.

뒗머리 부위의 피부 온도는 노출 직후 10분까지는 현저하게 상승하다가 그 후에는 완만한 상승을 보여, 저온환경의 뒗머리 온도 변화와 비슷한 양상을 보였다.

발등 부위의 피부온은 저온환경에서의 하강과는 역으로 노출 직후 10분 경과까지 현저한 상승을 보이다가 그 후 완만한 상승을 보였다.

이마 부위의 경우 시간의 경과에 따른 피부온의 변화는 저온환경의 이마의 온도변화와 비슷한

양상으로 변화폭이 거의 없음을 알 수 있다.

피부온의 변화 양상을 보면, 환경 노출전의 피부온은 이마>등>뒷머리>발등>엉덩이>장딴지의 순서로, 저온환경에서와 같은 순서이나, 환경 노출후의 변화는 뒷머리>등>이마>발등>엉덩이>장딴지의 순서로, 저온환경에서의 뒷머리>이마>등>엉덩이>장딴지>발등의 순서에 비교하면 등, 발등의 피부온이 바닥온, 공기온의 영향으로 저온 환경보다 높은 순서로 나타났다. 또한 피부온 변화폭이 가장 큰 부위는 엉덩이, 뒷머리 부위이고, 변화폭이 가장 적은 부위는 이마 부위로 나타났다.

중온환경에서 피부 6점 부위의 평균 온도는 노출 직후는 33.0°C이나, 노출 후 40분경과시는 34.1°C로 1.1°C증가를 보여 저온, 중온, 고온환경 중에서 가장 큰 변화를 보였다.

3) 고온환경(바닥온도 29±0.5°C 조건)

그림 13은 바닥온도 29±0.5°C, 건구온도 25±0.5°C, 상대습도 40±10%의 고온 환경에서 시간의 경과에 따른 부위별 피부온의 변화를 보인다. 고온환경에서 피부온의 전반적인 변화 양상을 보면 환경 노출 후 이마를 제외한 각 부위의 피부온이 소폭 내지 큰 폭으로 상승하여 부위간 피부온도차가 크게 감소하였다. 이는 고온환경에서 코어의 등온선이 피부의 아래까지 접근하여 核部가 四肢部의 원단위까지 확장하기 때문이라 사료된다. 그러나 이마의 피부온은 환경노출 후 저하하는 현상으로 나타났는데, 이것은 피부온 분포가 동맥, 정맥의 분포, 피하지방의 침착량, 피부혈관의 수축강도 등의 생체학적 구조와 밀접히 관련되어, 피부혈관의 긴장이 전신적으로 저하하여 피부 혈류량이 증가하기 때문에 피부온과 해부학적 구조와의 관계가 후퇴하고 發汗에 의한 증발열이 따르기 때문이라 생각된다.

장딴지, 엉덩이, 등 부위의 피부 접촉온도는 노출 직후 10분까지 현저히 증가하다가 그 후 완만한 상승을 보이며, 특히 장딴지 부위는 등 부위

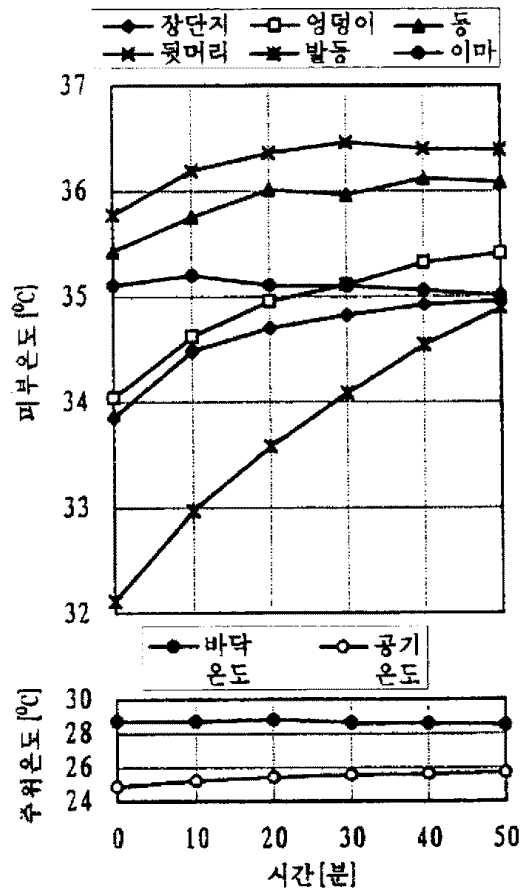


그림 13. 皮膚溫度와 周圍溫度(바닥溫度 29±0.5°C, 건구溫度 25±0.5°C).

보다 온도변화에 더 민감한 반응을 보이고 있다. 따라서 머리카나 軀間部보다 四肢部쪽의 변화폭이 더 크게 나타나 부위별 피부온의 변화폭이나 변화 양상이 서로 상이함을 알 수 있다.

발등 부위의 피부온은 노출 직후부터 지속적인 급상승으로 가장 민감한 반응을 보였다. 사지부 피부온의 상승 현상은 피부 표층의 모세혈관 확장으로 인해, 증가된 혈액이 피부 온도를 높임으로서 體表에서 外氣로 열전달률을 크게 하기 위한 고온적 반응이라고 할 수 있다.

이마 부위의 경우 시간의 경과에 따른 피부온의 변화는 거의 없고 일정 내지 소폭의 하강을 보였다.

피부온의 변화 양상을 보면 환경 노출 전의 피부온은 뒷머리>등>이마>엉덩이>장딴지>발등의 순서이나, 환경노출 후의 변화는 뒷머리>등>엉덩

이>이마>장딴지>발등의 순으로 뒷머리, 등, 엉덩이, 장딴지부위의 피부온은 비교적 완만한 상승을 보였으나 발등부위는 급격한 상승을 보였다. 고온환경에서 피부 6점 부위의 평균온도는 노출 직후 34.4°C이나, 노출 후 40분경과시는 35.1°C로 0.7°C의 증가를 보였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 바닥난방 공간의 열환경 특성을 파악하고, 생활자세에 의한 전신온열감과 피부온 변화를 비교 검토 하였다. 주요 연구 결과는 다음과 같다.

1) 실험실내 공간 온도 분포는 창측 벽면에서 0.01 m 거리에서는 창면의 冷却下降氣流의 영향으로 상하 온도차가 크며, 창측 벽면에서 1.3 m 거리에서는 상하 온도차가 거의 없는 온도 분포를 보였다.

2) 전신온열감과 주위온도에서 전신온열 증성점일때 바닥표면온도는 26.4°C, 글로브온도는 23.6°C로 나타났다.

3) 각 부위별 피부온도는 환경온도가 높을수록 온도 분포 범위가 좁혀지며, 각 열환경에서의 피부 6점 부위의 평균온도는 저온환경 31.3°C, 중온환경 34.1°C, 고온환경 35.1°C로 나타났다.

4) 저온환경과 고온환경에 노출후의 부위별 피부온도차를 비교하면 장딴지(6.4°C)>엉덩이(6.3°C)>발등(6.0°C)>등(3.4°C)>이마(1.1°C)>뒷머리(0.9°C)의 순으로 나타나, 바닥난방이 고온의 열환경으로 변화됨에 따라 사지부의 피부온이 현저하게 높아지는 특성을 보였다.

주

- 1) ASHRAE, INC. 「Physiological Principles, comfort and Health」(1997 FUNDAMENTALS) P8. 6.

- 2) Fanger, P. O. (1973). "Assessment of man's thermal comfort in practice.", *Br. J. Industr. Med.*, **30**, 313-324.
- 3) Wyon, D. O., Fanger, P. O., Olesen, B. W. & Pedersen, C. J. K. (1975). "The mental performance of subjects clothed for comfort at to different air temperatures.", *Ergonomics*, **18**, 359-374.
- 4) 内村喜之, 三平和雄, 大野静技 {ある温熱環境下における温熱感の評價}, (日本人間工学, 10, 1974), 113-118面.

참고문헌

1. 孔聖勳·孫章烈·李玉卿(1988). 共同住宅의 温熱環境 要素 分布와 人體의 姿勢別 温熱快適 條件에 關한 研究, 論文集, 大韓建築學會, 第4卷3號.
2. 孫章烈·孔聖勳·尹龍鎮(1985). 不均等 複射 空間의 快適温熱範圍 設定에 關한 研究, 論文集, 冷凍工學會誌, 空氣調和, 第14卷 第3號.
3. 韓允昊·李重雨(1988). 熱環境과 快適範圍에 關한 研究, 論文集, 大韓建築學會, 4卷4號.
4. 윤정숙·민경애·최운정(1994). 바닥복사난방공간에 있어서 온수공급조건에 따른 거주자의 주관적 반응과 온열쾌적범위, 論文集, 大韓建築學會, 10권10호.
5. 조승희(1994). 환경기온별 피부온의 변화에 관한 연구, 동아대학교 대학원 석사학위논문.
6. 丸山康子·田村照子, 成人女子の皮膚温および體温の個體內 個人間變動, 論文集, 日本家政學會誌, 38-7 (1987).
7. 渡邊ミチ, 田村照子, 天野美保. Thermo-graphによる皮膚温測定(第1報)-環境温度 25°Cにおける 成人女子の皮膚温分布-, 文化女子大學 研究概要 (1975. 7).
8. 田口秀子, {被服衛生學}. (日本相川書房, 1985).
9. 渡邊ミチ·田村照子·松岡眞理子, 22~34°C環境温度環境温度条件下における成人 女子の全身および體區分別平均皮膚温の變動 (日本家政學雜誌, 31-10, 1980).
10. 丸山康子·田村照子, 成人女子の皮膚温および體

- 温の個體內 個人間變動, 論文集, 日本家政學會誌, 38-7 (1987).
11. Fanger, P. O. (1982). *Thermal Comfort* (Robert E. Krieger Publishing Co. Malabar, FL).
12. Gagge, A. P. and Nishi, Y. (1977). *Heat exchange between human skin surface and thermal environment*, In Handbook of Physiology. Reactions to Environmental Agents (ed. D. H. K. Lee), sect. 9., chapt. 5., Am. Physiol. Soc., Bethesda, Md.
13. Olesen, B. W. (1985). "New simpler method for estimating the thermal insulation of an ensemble." *ASHRAE Trans.*

(接受 : 1998. 12. 28)