

|||||
論 文
|||||

不均等 輻射 空間의 快適溫度範圍 設定에 관한 研究

孫章烈*, 孔聖勳**, 尹龍鎮***

A Study on the Establishment of the Optimal Temperature Limits for Man's Thermal Comfort in an Asymmetric Radiant Space

Jang Yeul Sohn,* Sung Hoon Kong** and Yong Jin Yun***

ABSTRACT

The low-temperated radiant heating System like a panel heating system is recognized as a nice means to make comfortable indoor environment. Perhaps, 'Ondol' would be a typical example of the Panel heating system. Nevertheless, Occupants in a radiantly heated Space which has an asymmetric radiant field may feel thermally discomfort due to the asymmetric radiation.

The aim of this Study is to suggest the fundamental technical data for establishing Standards of thermally comfortable environment when designing a radiant heating System.

Thermal distribution of indoor environment and the skin temperature of the occupants were measured at experimental room in KIER (Korea Institute of Energy and Resources). Whole/Regional thermal and comfort Sensation votes of the occupants were taken simultaneously in order to investigate the relationships between thermal environmental factor and the occupants' responses. The effect of an asymmetric radiation on thermal environment and the occupants' responses was analyzed by using a v.r.t.(vector radiant temperature).

By this means, the thermally neutral limits for the ambient air temperature and the floor surface temperature by the occupants' responses were Obtained. And the recommended temperature limits of the indoor surface were derived from the experimental work and the theory of radiant and will provide thermal neutrality for man without any discomfort on the part of the body.

* 正會員, 漢陽大學校 工科學

** 正會員, 韓國動力資源研究所

*** 正會員, 漢陽大學院

1. 머리말

現代와 같은 産業社會에서, 사람들은 대부분의 시간을 住宅, 事務室, 工場, 交通手段 등과 같은 人工環境內에서 보내고 있다. 이에 따라 人工環境이 人體에 미치는 影響에 대한 관심이 이해가 높아지고 있으며 이런 空間을 快適하게 유지하기 위한 研究와 手段들이 마련되고 있다. 이러한 手段을 제공하기 위해서는 우선 建築計劃時, 室內空間의 溫熱環境(thermal environment)에 대한 충분한 검토가 이루어져야 한다.

本 研究는 輻射暖房空間의 設計에 있어 室內 快適溫度範圍의 基準值 設定을 위한 基礎資料 제시를 目的으로 하고 있다.

바닥暖房과 같은 低溫輻射暖房은 室內의 快適環境 조성을 위한 훌륭한 수단으로 인식되고 있으며 우리나라의 溫突은 이런 暖房方式의 전형적인 예일 것이다. 그러나 輻射暖房에 의한 室內空間이 不均等輻射場이 형성될 경우에는 在室者의 不快感을 일으키게 하는 요인이 되기도 한다.

우리나라 대부분의 가정에서 이용되고 있는 固有한 暖房方式인 溫突의 熱特性에 관한 科學的인 究明은 아직 불충분하며 溫突暖房空間의 快適溫熱環境設定에는 暖房方式 및 生活方式, 溫熱感應의 차이로 인하여 外國과는 다른 適切한 評價方法은 다음과 같다.

1) 溫突試驗住宅의 溫熱環境測定을 통한 輻射暖房空間의 溫熱特性 파악.

2) 溫熱環境測定과 在室者의 反應과의 關係로부터 室內適正環境範圍 設定.

3) 不均等輻射場의 影響을 고려한 室內適正表面溫度範圍 設定

4) 本 研究의 結果에 의한 문제점 및 금후의 研究方向 도출

2. 快適溫熱環境範圍 設定을 위한 實驗

實驗은 韓國動力資源研究所의 溫突試驗住宅을

이용하여 溫水溫突暖房에 의한 室內溫熱環境要素의 測定 및 在室者의 皮膚溫 測定, 그리고 快適反應에 대한 設問調査를 동시에 실시하였다. 實驗期間은 1984年 1月 28日 까지이며 27日間에 걸쳐 실시되었다.

1) 室內溫熱環境要素의 測定 및 設問調査

(1) 環境實驗室의 概要

實驗室의 內部構造 및 概要는 Fig.1 및 Table.1과 같다. 實驗室의 環境은 給水管에 부착된 自動溫度調節裝置에 의해 給水와 環水의 溫度를 調節하는 방식으로 室內溫度 및 바닥溫度를 조절하였다.

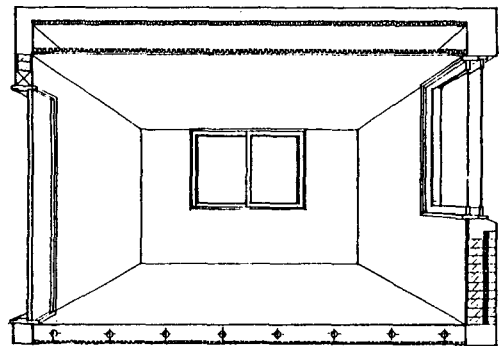


Fig.1 Section of the experimental room in KIER

Table.1 Experimental room conditions

Floor area [m ²]	7.68
W×D×H [m]	3.2 × 2.4 × 2.3
Heating system	Ondol heating system
Thermal insulation [mm]	Polystylen · foam 50
(wall, ceiling)	pairglass 12 + single
(window)	glass 3

(2) 測定項目 및 方法

本 實驗에서는 Table.2의 各 要素들에 대하여 Fig.2와 같은 지점에서 測定을 하였다. Fig. 2

는 環境實驗室의 溫熱環境要素 測定點을 나타낸 것이며 각 측정점마다 支柱臺를 이용하여 바닥높이 20.70 cm에 대하여 모두 12점을 측정 대상으로 하였다. 이때 측정높이는 인체의 노출부위중 착석시의 손등(20 cm) 과 얼굴(70 cm) 부위를 기준으로 設定한 것이다. 그림 中の 중앙점은 應答者의 착석 위치를 나타낸다.

各 要素의 測定에 이용된 器具 및 方法은 Table.2 와 같다.

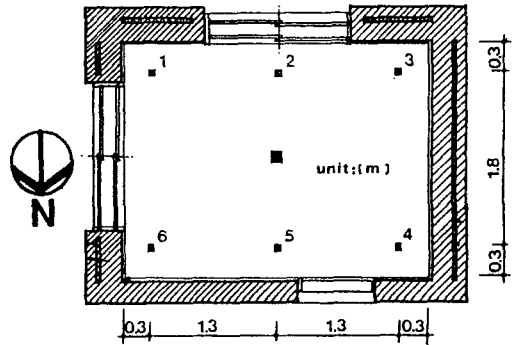


Fig.2 Measuring points for thermal environmental factors

Table.2 Measuring instruments and methods

	FACTORS	SYM-BOL	UNIT	INSTRUMENT	METHOD
INDOOR ENVIRONMENT	1) Ambient air temperature	T _a	°C	• Asmann dry-wet bulb thermometer (SATO KEIRYOKI) • C-C (copper-constantan) X thermocouple (0.3 mm φ)	• Location : be equal to Fig. 2 • For each Subject, measuring times are 5 for all factors
	2) Relative humidity	φ	%	• Hygrometer (PACER DH-100)	• be equal to 1)
	3) Air velocity	v	m/s	• Anemometer (KANOMAX 24-6111)	//
	4) Globe temperature	T _g	°C	• Globe thermometer	//
	5) Floor surface temperature	T _f	°C	• C-C thermocouple (0.3 mm φ)	• Location: 4 points around the subject
	6) Wall surface temperature	T _w	°C	• be equal to 5)	• Location : 1 point for the center of each wall
	7) Ceiling surface temperature	T _c	°C	//	• Location : just upper point of subject
SUBJECT	Skin temperature 1) Foot 2) Hand 3) Forehead		°C	• C-C thermocouple	

〈表 2〉 測定器具 및 方法

測定要素		記號	單位	測定器具	測定方法
環 境	1) 氣 溫	T_a	°C	<ul style="list-style-type: none"> · 아스만型 通風乾濕球 溫度計 (SATO KEIRYOKI) · 自動溫度測定裝置 (DATA LOGGER, John Fluke 2200 B) 	<ul style="list-style-type: none"> · 위치 : [그림 2]와 동일 · 횟수 : 5 회씩 (2 시간동안 30 분 간격)
	2) 相對濕度	ϕ	%	<ul style="list-style-type: none"> · 濕度計 (HYGROMETER, PACER DH-100) 	· 1) 과 동일
	3) 氣流速度	ν	m/s	<ul style="list-style-type: none"> · 熱線風速計 (KANOMAX 24-6111) 	· 1) 과 동일
	4) 글로브溫度	T_g	°C	<ul style="list-style-type: none"> · 글로브溫度計 	· 1) 과 동일
側	5) 바닥表面溫度	T_f	°C	<ul style="list-style-type: none"> · C-C(copper-Constantan) 熱電對 	<ul style="list-style-type: none"> · 위치 : 應答者의 着席位置를 중심으로 하여 4점을 測定 · 횟수 : 1) 과 동일
	6) 壁體表面溫度	T_w	°C	<ul style="list-style-type: none"> · 5) 와 동일 	<ul style="list-style-type: none"> · 위치 : 各 壁面에 대해 중심위치 1 점씩
	7) 天井表面溫度	T_c	°C	<ul style="list-style-type: none"> · 5) 와 동일 	<ul style="list-style-type: none"> · 위치 : 應答者 着席位置의 바로 윗부분 · 횟수 : 1) 과 동일
人 體 側	皮膚溫				
	1) 발등		°C	<ul style="list-style-type: none"> · C - C 熱電對 	<ul style="list-style-type: none"> · 횟수 : 1) 과 동일
	2) 손등		°C		
	3) 이마		°C		

(3) 應答者側 조건

과 같다.

室內環境에 대한 在室者의 反應(溫熱感 · 快適感등)을 알기 위하여 應答者의 皮膚溫 測定 및 設問調査를 하였다. 實驗時의 各 조건은 다음

① 身體條件

15 名의 成人男子에 대해 2 시간 동안 30 분 간격으로 各 5 회의 測定 및 設問調査를 하였다.

Table 3. Antropometric data for the subjects

Number	Age [yrs.]	Height [cm]	Weight [kg]	Body area [m ²]
15	26.9 ± 1.71	171.6 ± 4.5	60.7 ± 6.2	1.67

1. Standard deviation

2. Eq.by Fujimoto : $A [cm^2] = W 0.444 [kg] \times H 0.663 [cm] \times 88.83$

應答者의 건강상태는 대체로 良好했으며 신체조건은 Table.3 과 같다.

② 運動量

本 研究의 目的上, 溫熱環境要素들의 影響을 용이하게 파악할 수 있도록 應答者의 運動量을 모두 통일시켰다. 運動量은 Fig.2 와 같은 착석 위치에서 바른 자세로 앉아 안정을 취하고 있는 상태, 즉 1 Met (人體代謝量, 55 kcal/m²·h)

③ 着衣量

運動量과 마찬가지로 이유로 모든 應答者는 겨울철, 통상적인 室內에서의 着衣量에 준하여 미리 마련된 衣服을 착용케 함으로써 着衣量을 통일시켰으며 이 때의 衣服熱抵抗値는 1.1 clo 이다. Table 4는 應答者가 착용한 衣服의 종류 및

Table 4. Thermal resistance of clothes

Clothing ensemble	I _{cl} [clo]
Sports wear upper	0.49
lower	0.49
T-shirt with long Sleeve	0.24
Undershirt with short sleeve	0.09
Panties	0.05

$I_{total} = 1.36$

$I_{clo} = 1.12$

$= I_{total} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{10}$

〈表 4〉 着用衣服 및 熱抵抗値

衣服名	着衣量[clo]
體育服上	0.49
下	0.49
긴소매셔츠	0.24
반소매언더셔츠	0.09
팬티	0.05

$I_{total} = 1.36$

$I_{clo} = 1.12$

$= I_{total} \times \frac{3}{4} + \frac{1}{10}$

熱抵抗値를 나타낸 것이다.

(4) 設問內容

室內環境에 대한 應答者의 反應을 알기 위하여 溫熱環境要素의 測定과 동시에 設問調査를 하였다. 設問의 형식은 (A)와 (B)로 區分되어 있으며 그 내용은 Table 5와 같다.

Table 5. Contents of enquetes

(A)	(B)
• General information for subjects	• Whole body thermal and comfort sensation
• Health condition	• Local body thermal and comfort sensation
• Ordinary physical constitution	

溫熱感 및 快適感의 尺度로는 ASHRAE의 快適環境 研究에서 가장 많이 이용되는 「生理・心理學的 申告尺度」(Psycho-physical voting scale)을 이용하였다. Table.6은 本 設問에서 이용된 ASHRAE의 溫熱感・快適感의 尺度이다.

Table.6 Voting scale

Thermal sensation	Comfort sensation
1.(-3) Cold	1. Comfortable
2.(-2) Cool	2. Slightly uncomfortable
3.(-1) Slightly cool	3. Uncomfortable
4.(0) Neutral	4. Very
5.(+1) Slightly warm	Uncomfortable
6.(+2) warm	5. Intolerable
7.(+3) Hot	

2) 溫熱環境의 空間分布

(1) 外氣溫

Fig. 3은 測定期間중, 溫突試驗住宅 주위에서 측정된 大田지역의 日平均外氣溫의 分布이다.

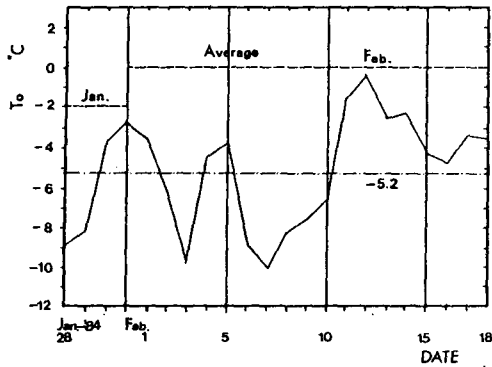


Fig. 3 Daily mean outdoor air temperature

이 期間중 영하 0.45 °C ~ 영하 10 °C의 範圍를 기록하였으며 日平均外氣溫은 영하 5.2 °C로 예년에 비해 낮음을 알 수 있다.

(2) 室 溫

Fig. 4는 측정시 기록된 各 部位別 平均溫度의 수직분포이다. 바닥溫度, 바닥높이 20,70cm의 室溫 및 天井溫度를 보여주며 그 분포상황은 他暖房方式에 비한 輻射暖房의 特性을 잘 나타내고 있다. 바닥溫度가 他 部位에 비해 32.6 °C로 상당히 높은 반면 室內空間의 溫度는 上下의 分布가 20.1 ~ 21.1 °C로 상당히 고르다.

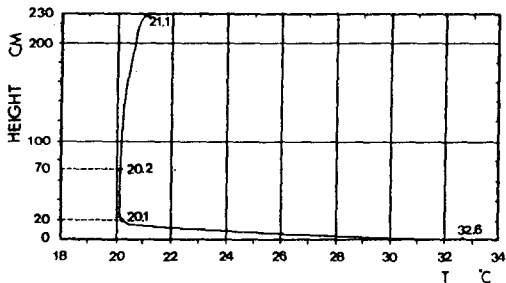


Fig.4 The indoor air temperature to room height

Fig.5, Fig.6은 바닥높이 70,20cm에 대한 平均室溫의 各 部位別 水平分布이다. 各 測定 部位間에 큰 차이가 없이 19.5 ~ 21.0 °C 사이의 均等한 分布를 나타내고 있다.

(3) 相對濕度

Fig.7은 높이別 相對 濕度の 分布를 나타내고

있다. 平均的으로 21.4 ~ 41.7 %로 相對濕度の 적정범위인 40 ~ 60 %에 비해 낮다. 그러나 低

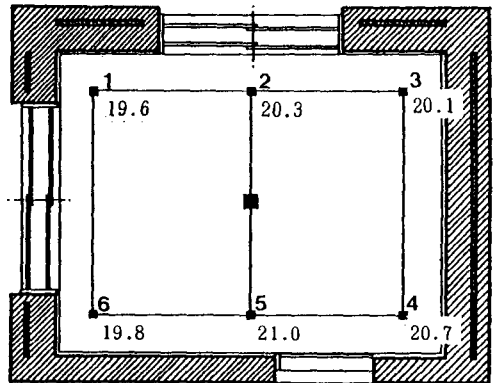


Fig.5 The indoor air temperature at 70 cm in height [°C]

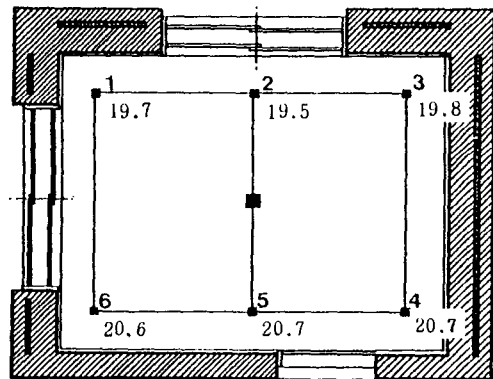


Fig.6 The indoor air temperature at 20 cm in height [°C]

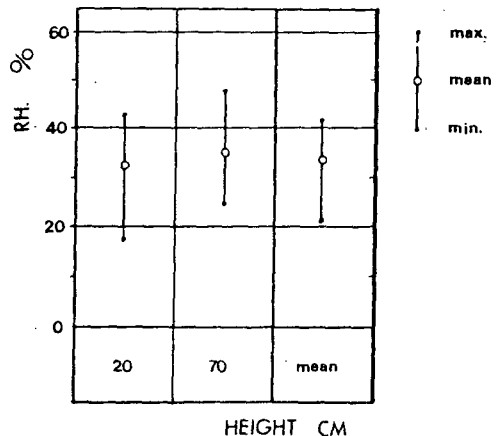


Fig.7 The relative humidity

溫에서는 高溫일 때에 비해 相對濕도가 環境에 미치는 影響이 작다.

(4) 表面溫度

Fig.8은 바닥의 네 部位 및 天井의 表面溫度이다. 바닥은 應答者를 중심으로 하여 네 部位를 측정하였으며 天井은 應答者 바로 윗부분을 측정하였다. 바닥溫은 대체로 24.7 ~ 40.8 °C로서 平均表面溫度는 32.6 °C를 기록하였다. 한편 天井表面溫度는 17.0 ~ 26.9 °C로서 平均溫度는 21.1 °C였다. 平均값에 의한 바닥 및 天井表面溫度는 11.5 °C의 큰 差를 보여준다.

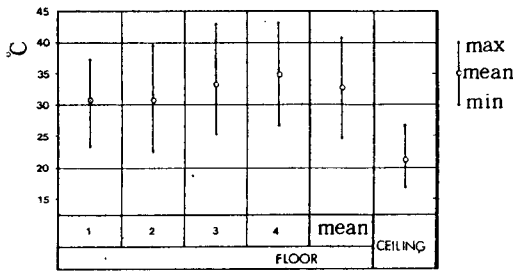


Fig.8 The floor and ceiling surface temperature

Fig.9는 네 方位에 대해 측정된 壁體表面溫度의 分布이다. 西側과 北側의 溫度가 東·西側에 비해 낮은 범위를 나타내며 이 때 北側이 10.7 ~ 20.8 °C로 가장 낮았다. 適正壁體表面溫度의 下限값을 구하기 위하여 設問調査時, '壁體로부터 冷氣를 느낀다.'에 應答한 경우의 壁體表面溫度를 調査한 결과 北側 壁面에 의한 영향이 크며 그 下限값은 17 °C였다.

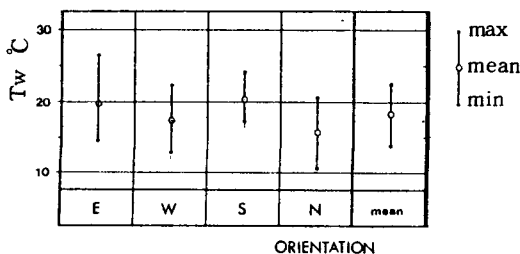


Fig.9 The wall surface temperature

3) 設問調査에 의한 室內快適溫度 範圍의 設定

(1) 室溫과 全身溫熱感

Table. 7은 측정시 기록된 室溫範圍 16.3 ~ 24.7 °C에서 應答者의 溫熱感 反應을 나타낸 것이다. 표는 각 室溫範圍에 대한 應答頻度, 溫熱感, 不滿足度의 關係를 보여준다. 室溫에 對한 溫熱感 反應尺度가 '-1,0,+1'인 경우를 溫熱中性反應範圍라 하면 全範圍에 걸쳐 대체로 溫熱中性反應을 나타내고 있음을 알 수 있다. 室溫 21.2 °C이하의 범위에서 '-1,-2'의 '쌀쌀하다'는 反應이 나타나는 반면, 21.3 ~ 23.2 °C의 범위에서는 '따뜻하다,' '쌀쌀하다'의 反應이 동시에 나타나고 있다. 특히 23.3 °C 이상의 범위에서 '따뜻하다'는 反應이 강하게 나타나기 시작하여 '덥다'는 反應으로 옮겨가고 있다. 이 때 不滿足도가 25% 이하인 범위에서 應答頻도가 2회 이상인 경우만을 對象으로 하면 室溫中性範圍는 17.5 ~ 24.5 °C가 된다.

이 範圍는 ASHRAE Standard 55-74의 19.5 ~ 23.4 °C FEA (the Federal Energy Administration)의 가이드 라인인 冬期 低濕度時의 20 ~ 21.1 °C에 비해 낮은 下限線을 보여주며 이는 바닥 輻射熱의 영향 때문인 것으로 판단된다.

Fig.10은 Table. 7과 마찬가지로 室溫에 대한 溫熱感의 頻度分布를 나타낸다. '약간 쌀쌀하다.' '덥지도 춥지도 않다.' '약간 따뜻하다.'

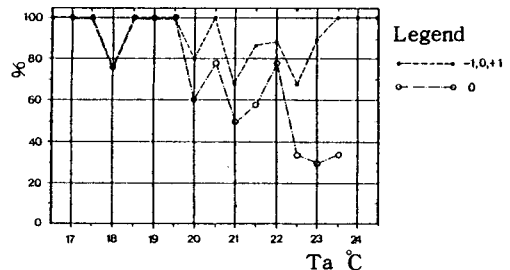


Fig.10 The frequency of thermal sensation for the ambient air temperature (Legend is thermal sensation voting scale)

의 溫熱中性範圍에 應答한 頻度와의 關係를 보여 주며, 20 ~ 23.5 °C의 범위에서 溫熱感反應은 '-1,0,+1' 이 동시에 나타난다. 이 이상의 범

위에서는 溫熱中性反應中 '0' 이 기록되지 않음으로써 中性範圍를 벗어나기 시작함을 알 수 있다.

Table.7 Effect of the ambient air temperature on relative frequency of discomfort

Ta [°C]	Number of votes	Thermal sensation [%]							Dissatisfied [%]		
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	Cold	warm	Total
16.3 ~ 16.7	1			100							-
16.8 ~ 17.2	1				100						-
~ 17.7	2				100						-
~ 18.2	4		25		75				25		25
~ 18.7	3				100						-
~ 19.2	4				100						-
~ 19.7	1				100						-
~ 20.2	5		20	20	60				20		20
~ 20.7	11				27	78					-
~ 21.2	6		33	17	50				33		33
~ 21.7	7			27	57		14			14	14
~ 22.2	9				78	11	11			11	11
~ 22.7	6			17	33	17	33			33	33
~ 23.2	10		10	40	30	20			10		10
~ 23.7	3				33	67					-
~ 24.2											-
~ 24.7	2					100					-

(2) 바닥溫과 全身溫熱感

바닥溫 測定範圍 24.6 ~ 40.5 °C에서 應答者의 바닥溫에 대한 快適反應을 Table.8에 나타내었다. 표는 각 바닥溫 範圍에 대한 應答頻度 및 快適感, 不快感과의 關係를 보여준다. 바닥溫에 대한 快適感反應尺度가 '1'인 경우를 快適反應範圍라 할 경우, 바닥溫에 대한 在室者의 反應은 28.5 °C이하에서는 현저한 不快感을 나타내며, 28.6 ~ 33.5 °C사이에서 '快適하다'고 느끼는 頻도가 차츰 증가하고 있다. 33.6 ~ 39.5 °C사이에서는 應答者의 100%가 '快適하다'는 反應을 나타내고 있으며 그 이상의 범위에서 不快感反應이 強하게 나타나고 있다.이 때

앞서와 마찬가지로 2회 이상의 申告가 기록된 범위 중, 25% 미만의 應答者가 不快感을 신고한 경우를 바닥溫中性範圍로 하면 30.6 ~ 38.8°C가 된다.

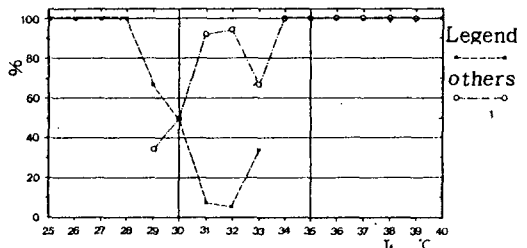


Fig.11 The frequency of comfort sensation for the floor surface temperature (Legend is comfort sensation voting scale)

Fig.11은 各 바닥溫에 대한 應答者의 快適感 頻度分布이다. '快適하다'에 應答한 경우와 기타의 범위에 應答한 관계간의 頻度分布를 보여

준다. 바닥溫 30℃를 境界로 하여 快適과 不快의 관계가 명확히 구분되고 있으며 39℃ 이상에서 다시 不快感 反應이 나타나고 있다.

Table. 8 Effect of the floor surface temperature on relative frequency of discomfort

Tf [°C]	Number of votes	Comfort sensation [%]					Uncomfortable [%]
		1	2	3	4	5	
24.6 ~ 25.5	1			100			100
25.6 ~ 26.5	1		100				100
~ 27.5	1			100			100
~ 28.5	6			100			100
~ 29.5	6	33	67				67
~ 30.5	6	50	50				50
~ 31.5	11	91	9				9
~ 32.5	18	94	6				6
~ 33.5	6	67	33				33
~ 34.5	4	100					-
~ 35.5	2	100					-
~ 36.5	3	100					-
~ 37.5	1	100					-
~ 38.5	5	100					-
~ 39.5	1	100					-
~ 40.5	3		100				100

4) 다른 研究 結果와의 比較

本 實驗의 結果에 의한 適正室溫範圍 17.5 ~ 24.5℃, 適正바닥溫範圍 30.6 ~ 38.8℃와 外國의 實驗 例를 比較하면 다음과 같다.

Nevins는 室溫이 75F(23.7℃)일 때, 바닥溫 75 ~ 100F(23.7 ~ 37.8℃)의 範圍에서는 바닥溫에 대한 不快感 反應이 없었다고 하였다. 이 實驗은 의자에 앉은 상태의 在室者를 대상으로 한 때문에 바닥溫에 대한 適正範圍의 下限線이 매우 낮다. 그러나 本 實驗의 結果에서는 23.7℃의 범위는 추위로 인한 不快感이 매우 큼을 알 수 있다. 또한 Viesmann은 1948년에 발표한 그의 論文 "Ondol-Radiant Heat in Korea"에서 室溫이 60 ~ 70F(15.6 ~ 21.1℃)

일 때 바닥溫 85 ~ 90F(29.4 ~ 32.2℃)에서는 不快感을 느끼지 않았다고 하였다. 이 實驗 方法에 대해서는 상세한 언급이 없기 때문에 직접 比較에는 어려움이 있으나, 이로써 溫突暖房 空間은 他暖房方式에서의 快適範圍에 비해 室溫이 下限線이 더 낮음을 알 수 있으며 本 實驗의 結果와도 유사함을 알 수 있다.

3. 不均等輻射場의 影響을 고려한 適正室內範圍의 設定

1) 不均等輻射場의 影響에 대한 評價方法

(1) 局部不快感에 影響을 미치는 溫熱環境 要素

局部不快感은 身體의 一部分이 따뜻한 반면 다른 部位가 차갑기 때문에 발생하는 不快感으로 人體의 快適狀態를 파악하는데 있어 全身快適感과 아울러 고려해야 할 사항이다. 이는 室內 各面의 表面溫度의 不均等과 氣流에 의한 身體의 局部的인 不快感등이 큰 요인이 된다. 특히 對流暖房이 아닌 溫突과 같은 輻射暖房空間이나 斷熱이 불량한 室內에서 이런 경향이 현저하게 나타난다. 이런 이유로 輻射暖房空間의 環境評價를 위해서는 局部溫熱感에 대한 고려가 병행되어야 한다. 그러나 局部不快感의 尺度로서 일반화된 實驗結果는 아직은 없는 실정이다. 局部不快感에 영향을 미치는 主要要素로는 다음과 같은 것 들이 있다.

- ① 不均等輻射場
- ② 對流에 의한 身體 一部分의 冷却 (드래프트)
- ③ 따뜻하거나 차가운 바닥에의 접촉
- ④ 氣溫의 垂直 分布差
- ⑤ 不均等한 着衣量

(2) 不均等輻射場의 概念

不均等輻射場 (asymmetric radiant field)이란 “室內에서 어느 한 面으로부터의 輻射熱이 다른 面으로부터의 輻射熱에 비해 월등히 다른 상태의 環境”을 일컫는다. 실제로 輻射暖房空間은 不均等輻射場의 전형적인 예가 되며 對流暖房時에도 차가운 창문의 영향으로 인한 冷氣의 드래프트, 과도한 暖房으로 인한 放熱器로부터의 熱放射등은 이런 環境을 조성하게 된다.

不均等輻射場은 人體의 快適에 있어 全身溫熱感이 中性範圍로서 快適感을 느낄지라도 局部不快感을 일으키게 하는 要因이 되기도 한다. 이제까지 不快感을 일으키지 않을 不均等輻射量에 대한 일반적인 基準値는 없으나 벡터輻射溫度에 의한 評價가 效果의이다. 인간에 대한 輻射環境의 影響을 한 점에 대해 나타내는 指標인 MRT는 여러 경우에 있어 불리한 점이 있다. MRT는 輻射環境에 대해 종합적이고도 평균적인 影響을 나타내는 반면 不均等に 대한 영향을 포함

하고 있지는 않다. 本 研究에서는 不均等輻射場의 影響을 評價하기 위한 尺度로서 輻射場 (radiant field)의 概念에 의한 平均輻射溫度 (plane radiant temperature)와 벡터輻射溫度 (vector radiant temperature)를 이용한다.

(3) 形態係數

平面輻射溫度의 計算을 위하여 Raber와 Hutchinson이 작성한 形態係數 圖表의 값을 이용하였다. Fig.12는 室과 微小面의 높이 및 位置關係를 나타낸 것이며 微小面의 높이 40 cm는 應答者가 바닥에 앉은 상태에서의 人體中心面을 가리킨다. 이에 의한 室 上部面과 下部面에 대한 各各의 形態係數는

$$\begin{aligned} \varphi_{P-C} &= 0.4 & \varphi_{P-W_1} &= 0.6 \\ \varphi_{P-F} &= 0.928 & \varphi_{P-W_2} &= 0.072 \end{aligned}$$

가 된다.

여기서,

- φ_{P-C} : 天井과 微小面과의 形態係數
- φ_{P-F} : 바닥과 //
- φ_{P-W_1} : 上部壁面과 //
- φ_{P-W_2} : 下部壁面과 //

이다.

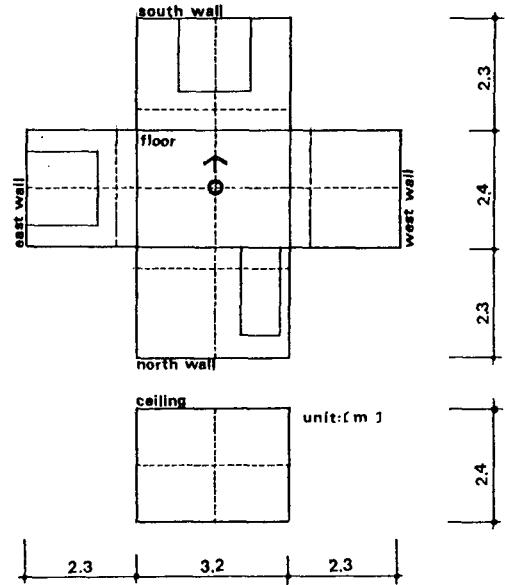


Fig.12 Situation of each surface at the experimental room

(4) 平面輻射溫度 PRT

平面輻射溫度란 “實際의 環境에서 發生하는 것과 같이 微小面에서 同一한 輻射量을 發生케 하는 均一한 黑體半球의 溫度”이다. 간단히 室半面の 平均溫度로도 표현할 수 있으며 方向과 位置의 함수인 스칼라量이다. 本 研究에서의 室內의 平面輻射溫度를 구하기 위해서는 다음 式을 이용하였다.

上部面의 平面輻射溫度 T_{Pr1} 은

$$T_{Pr1}^4 = \varphi_{p-c} T_c^4 + \varphi_{p-w1} T_{w1}^4$$

下部面의 平面輻射溫度 T_{Pr2} 는

$$T_{Pr2}^4 = \varphi_{p-f} T_f^4 + \varphi_{p-w2} T_{w2}^4$$

(5) 벡터輻射溫度 VRT

空間에서 微小面을 가로지르는 輻射束의 密度는 크기와 方向의 함수인 벡터量이며, 輻射벡터란 “平面上에 垂直인 方向의 벡터量으로 크기는 微小面의 相反面間의 輻射束의 差”이다. 그러므로 輻射벡터는 輻射場의 不均等 測定에 有用하다. 벡터輻射溫度는 不均等 輻射場의 크기와 方向을 測定하기 위한 것으로 輻射벡터量의 概念을 溫度로 표현하여 한 微小面에 대해 그 相反面 間의 平面輻射溫度의 差를 나타낸 것이다. 벡터輻射溫度는 “室의 半面の 平面輻射溫度에서 다른 半面の 平面輻射溫度를 뺀 값”으로 간략하게 나타낼 수 있다. 本 研究에서 이용한 式은 다음과 같다.

$$T_v = T_{Pr1} - T_{Pr2}$$

2) 不均等輻射場에서의 室內適正溫度 範圍의 設定

本 節에서는 設問調査에 의한 室內適正溫度範圍를 기초로 하여 不均等輻射場의 影響을 줄일 수 있는 適正室內溫度의 範圍를 設定한다. 室溫이 中性範圍에 있을 때, 局部不快感을 일으키게 하는 가장 큰 要因의 影響을 파악하여 適正벡터輻射溫度에 의한 各 室內表面溫度의 適正값을 求한다.

(1) 局部不快感과 皮膚溫

Fig.13 은 室溫에 따른 皮膚溫의 變化를 나타

낸 것이다. 室溫과 皮膚溫의 관계는 室溫이 상승함에 따라 皮膚溫도 대체로 상승함을 알 수 있으며 발→손→이마의 順으로 皮膚溫이 높다.

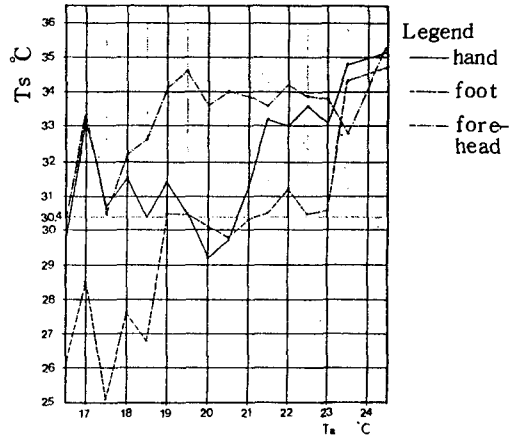


Fig.13 Change of the skin temperature according to the ambient air temperature

손등 및 이마의 順으로 皮膚溫은 30 ~ 35.3 °C로서 室溫에 관계없이 큰 變化가 없는 반면, 발등은 25.1 ~ 34.7 °C로 室溫에 따라 變化의 폭이 크다. 이 때 人體의 平均皮膚溫 33.4 ~ 34.5 °C 사이에서 身體 各 部位의 皮膚溫이 +1.5 °C 및 -3 °C를 超過하지 않을 경우 ‘快適하다’할 때 快適範圍는 그림 中の 部分이 된다. 따라서 발 가장 局部不快感이 發生할 可能性이 높은 部位가 될 수 있음을 알 수 있다.

(2) 局部不快感과 바닥溫

발의 溫熱感이 局部不快感의 가장 큰 要因이 된다는 점과 관련하여 全身溫熱感이 中性範圍일

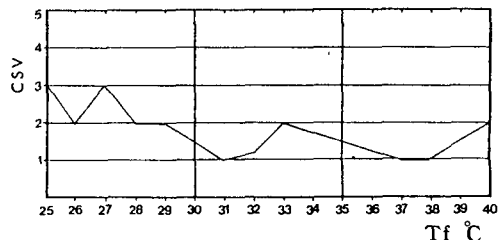


Fig.14 Local discomfort according to the floor surface temperature

때, 不快感을 나타낸 경우에 대해 바닥溫과 快適感과의 관계를 표시하면 Fig.14와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 全身溫熱感이 中性範圍임에도 바닥溫에 대해 不快感 反應을 나타낸 사람이 많으며 그 比率은 67%가 된다.

(3) 適正바닥溫과 벡터輻射溫度

室溫이 中性範圍(17.5~24.5℃)이며 壁體溫度가 17~18℃로 일정할 때 適正바닥溫(30.6~38.8℃)과 벡터輻射溫度와의 관계는 Fig.15와 같다.

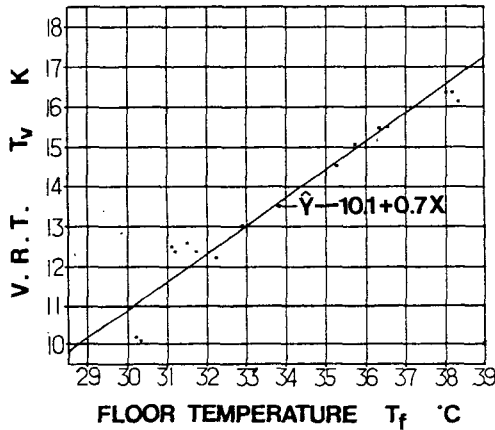


Fig.15 Scatter diagram and the line of regression of vector radiant temperature on the floor surface temperature

그림은 바닥溫과 벡터輻射溫度에 의한 點散圖 및 상관관계를 나타내며 이 때 벡터輻射溫度는 10.1~16.4K의 값을 보여주고 있다. 이 때의 回歸直線式은

$$\hat{y} = -10.1 + 0.7x : r^2 = 0.856$$

線型回歸관계이며 그 상관성은 대단히 높다. 이에 의해 適正바닥溫의 上限範圍 38.8℃일 경우, 벡터輻射溫度는 17 K가 된다. 벡터輻射溫度 17K는 그 上限線으로서 이 이하의 값이 유지될 때 左室者는 不均等輻射場에 의한 不快感을 느끼지 않게 됨을 意味한다.

(4) 벡터輻射溫度에 의한 適正表面溫度의 設定

앞서의 分析結果들로부터 適正室溫範圍에 있어 고려해야 할 바닥溫도와 壁體表面溫度의 適正範圍를 設定한다. 이 때 室內에서의 不均等輻射場의 影響을 줄이기 위한 方案으로 適正벡터輻射溫度의 範圍를 고려한다. 室溫이 中性範圍일 때의 適正바닥溫도 30.6~38.8℃와 벡터輻射溫度의 上限값 17K에 대하여 나타내면 Fig. 16과 같다.

이 때 壁體溫度의 下限값, 즉 17℃ 이상의 範圍가 適正表面溫度의 권장값이 된다.

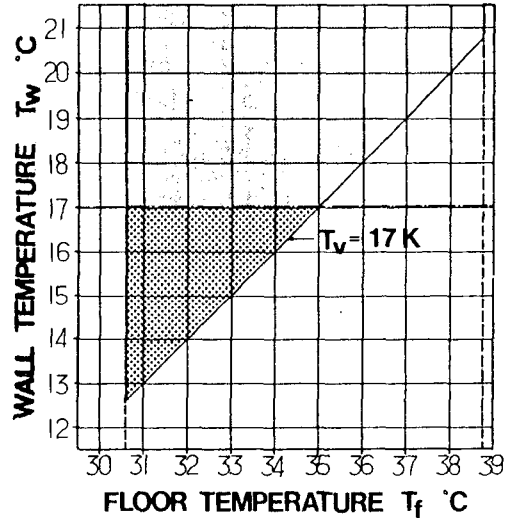


Fig.16 . The recommendation surface temperature of floor and wall in the radiand field

4. 맺음말

本 研究는 輻射暖房 設計에 있어 室內適正溫度範圍의 基準值 設定을 위한 基礎資料 제시를 目的으로 실시하였다.

溫突試驗住宅을 대상으로 하여 溫熱環境測定 및 在室者의 反應에 대한 設問調査를 동시에 실시하였으며, 이 때 不均等輻射場의 影響을 줄이기 위한 고려를 하였다. 不均等輻射場의 影響은 벡터輻射溫度를 利用하여 評價하였다

이상의 結果로부터 輻射暖房空間은 他 暖房方式에 의한 空間에 비해 낮은 室溫에서도 同一한 快適感を 얻을 수 있으며 快適한 室內環境의 조성에 유리한 方式임을 알 수 있다. 또한 輻射暖房方式의 建物を 設計할 때에는 一般의인 快適環境基準 外에도 不均等輻射場의 影響을 고려해야 하며 이런 影響을 알기 위해서는 벡터輻射溫度의 이용이 效果的이다.

研究의 보편성을 높이기 위해 추후測定 및 實驗回數를 늘려 이에 의한 더욱 精密한 資料를 바탕으로 한 研究가 必要하다. 또한 多數의 應答者가 아닌 1人을 대상으로 溫熱環境要素들을 變化시켜 그에 대한 反應을 研究하는 것도 必要한 과제라고 생각된다.

參 考 文 獻

1. 孫章烈: 溫熱環境條件의 快適範圍와 評價에 관한 研究. 空氣調和 冷凍工學, Vol 11, No.1, 1982
2. 孫章烈: 黑塗り球および黑塗り圓筒の熱交換量たよる溫熱環境の評價た關する研究, 東京工業大學博士學位論文, 1980
3. 研究報告書, 非銅管配管材를 利用한 溫水溫突의 熱效率向上에 관한 研究, 韓國動力資源研究所, 1983
4. 木村建一: 建築設備基礎理論演習, 學獻社, 1973
5. 渡邊要編: 建築計劃原論 II, 丸善, 1964
6. 日本建築學會編: 建築設計資料集成, No.1. 環境, 丸善, 1978
7. Fanger, P.O.: Thermal Comfort, Analysis and applications in environmental engineering, Danish Technical Press, Copenhagen, 1970
8. Gagge, A.P., Nish, Y., Nevins, R.G.: The role of clothing in meeting FEA energy conservation guide lines,ASHRAE Trans., Vol.82-II, 1976
9. Hutchinson, F.W.: Heating and humidify load analysis. The Ronald Press, New York, 1962
10. McIntyre, D.A.: Overhead radiation and comfort, The Building Service Engineer, Vol.44, 1976
11. Michaels, K.B., Nevins, R.G., Feyerherm. A.M.: The effect of floor surface temperature on comfort, Part II, College age females, ASHRAE Trans., Vol.70, 1964.