

## 겨울철 사무실내 온열환경 특성 및 쾌적성 평가

### Characteristics of Thermal Environments and Evaluation of Thermal Comfort in Office Building in Winter

배 귀 남\*, 이 철 희\*\*, 이 춘 식\*, 최 항 철\*  
G. N. Bae, C. H. Lee, C. S. Lee, H. C. Choi

**Key words** : Thermal Comfort(열적 쾌적성), New Effective Temperature(신유효온도), Predicted Mean Vote(예상온열감), Thermal Sensation Vote(응답온열감), Comfort Sensation Vote(쾌적감)

#### Abstract

In this study, indoor thermal parameters were measured to investigate the characteristics of thermal environments and 138 occupants were questioned to evaluate Korean thermal comfort in office building in winter. Thermal sensation was estimated by using PMV(Predicted Mean Vote) and ET\*(New Effective Temperature) indices. Comparing present experimental result with international standards and that of other research, Korean thermal responses were discussed. Seasonal difference between summer and winter was also discussed. It was found that TSV(Thermal Sensation Vote) is more sensitive than PMV to the variation of temperature and that the measured percentage of dissatisfied is higher than PPD(Predicted Percentage of Dissatisfied) in real office building environments. By regression analysis, the following regression equation has been obtained;  $TSV=0.432ET^*-8.814$  and neutral temperature is  $20.4^{\circ}C$  in this case. Thermal comfort range based on 80% satisfaction is also  $19.4\sim 22.4^{\circ}C$

#### 1. 서 론

과학기술의 발달에 힘입어 산업이 다양화되고 급속히 발전함에 따라 그 부산물인 환경오염이 심각한 사회 문제로 대두되고 있으며, 경제성장에 의해 국민들의 생활수준도 향상되어 보다 쾌적한 실내환경에 대한 요구가 높아지고 있다.

쾌적한 실내환경의 구성요소로는 온열, 공기질, 소리, 빛, 공간 등이 있다. 인간은 이 중에서 온열환경을 가장 민감하게 느끼므로, 인간의 온열감과

주위 열환경간의 관계를 파악하기 위한 연구는 일찌기 19세기 말부터 미국, 유럽 등지에서 시작되었다. 공기조화를 이용하여 쾌적한 온열환경을 구현하기 위하여 지금까지는 주로 단순히 환경의 더위와 추위를 제어하는 온도조절 수준이었으나, 최근에는 인간의 오감으로부터 느끼는 생리적 욕구를 만족시키고 인체에 스트레스가 생기지 않도록 환경의 온도, 습도, 기류, 복사를 제어하는 수준에 이르렀다. 그런데, 인간은 주위 열환경으로부터 상당히 복잡한 열교환 과정을 거쳐 쾌적한 상태를 느끼므로, 공조기기를 사용하여 쾌적한 실내환경을 구현하기 위해서는 먼저 인간이 가장 직접적으로 느끼

\* 정희원, 한국과학기술연구원 기전연구부

\*\* 한국과학기술연구원 기전연구부

는 실내의 기온, 습도, 기류속도, 복사온도와 같은 물리적 환경과 인간의 온열감 사이의 상관성을 밝혀내는 것이 매우 중요하다.<sup>1,2)</sup> 국내의 경우 주택의 온열환경에 대한 연구는 많이 수행되었으나, 사무실내 온열환경에 대한 연구는 매우 드물게 수행되었다.<sup>3,4,5,6,7,8,9)</sup>

따라서, 본 연구에서는 겨울철 사무실내 온열환경 특성과 한국인의 온열감 특성을 규명하기 위하여 서울 시내에 위치한 K건물에서 실내 온열환경 요소를 측정하였고, 138명의 재실자에 대해 온열감에 관한 설문조사를 실시하였다. 그리하여 대표적인 온열환경 평가지표인 예상온열감(Predicted Mean Vote, PMV)-예상불만족률(Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD)과 신유효온도(New Effective Temperature, ET\*)를 사용하여 사무실내 근무자의 온열감을 평가하였고, 본 연구 결과를 외국 기준 및 다른 실험결과와 비교하여 한국인의 겨울철 온열감 특성을 고찰하였다.<sup>10,11,12,13,14)</sup> 또한, 동일 건물에 대하여 이전에 수행한 여름철 연구결과와 비교하여 계절적인 차이도 살펴보았다.<sup>6,7)</sup>

## 2. 측정 및 설문 조사

### 2.1 측 정

겨울철 사무실내 온열환경 특성과 한국인의 온열감 특성을 규명하기 위하여 서울 시내에 위치한 K 건물의 2층과 3층을 대상으로 온열환경에 대한 실험을 수행하였다. K 건물의 개요를 Table 1에 나타냈고, 3층의 전체 평면도를 Fig.1에 나타냈다. 측정기간은 1994년 1월 19일부터 1월 25일까지이었다.

측정방법은 외국 기준 및 일본의 연구보고서를 참조하여 결정하였으며, 상세한 사항은 한국과학기술연구원의 연구보고서에 기술되어 있다.<sup>6,9,13,14,15)</sup> 실험결과가 특정한 시간과 방위에 치우치지 않고, 사무실내 온열환경의 일반적인 특성을 나타낼 수 있도록 하기 위하여 실험은 공간적으로는 4방위에 대해서, 시간적으로는 사무실 근무 시간을 대표하는 세 시점에서 수행하였다. 즉, K건물 2층의 1방과 3층의 4방을 선택하여 하루에 1방씩 측정하였

고, 측정시각은 10시, 13시30분, 16시로 하루 3 회이었으며, 측정항목은 기온, 상대습도, 흑구온도, 기류속도 등의 실내 온열환경 요소이었다. 이러한 온열환경 요소를 측정하는데 사용된 측정기기의 특성을 Table 2에 나타내었다.

각 방에서 측정점은 사무기기의 배치 및 재실자의 위치 등을 고려하여 측정에 영향을 받지 않도록 선정하였으며, 착석시 인체의 중심에 해당되는 0.6m 높이에서 수평면상의 3점을 선정하였다. 실험시 측정공간의 한 방당 평균 재실 인원수는 약 9명이었다.

### 2.2 설문조사

실내환경에 대한 재실자의 온열감 특성을 파악하고, 그 결과를 이론식에 의해 예측한 PMV와 비교, 평가하기 위하여 온열감, 착의량, 대사량 및 재실자의 인적사항에 대한 설문조사를 실시하였다. 설문지는 재실자에게 설문지의 목적과 방법에 대하여

Table 1 Description of K building

# floors	4
Air-conditioning type	Air handling unit
Structure	Reinforced concrete
Constitution date	1969. 9
Measuring date	1994. 1. 19~25
Measured floors	2, 3F

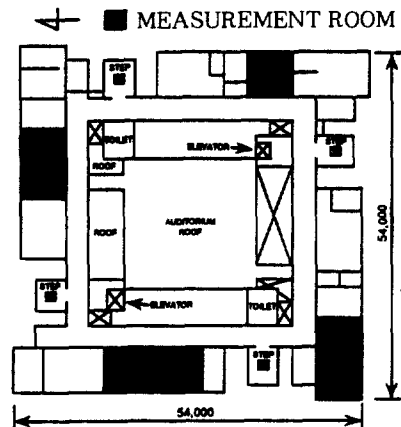


Fig.1 The plan view of the third floor in K building

이해시킨 후 하루 3회, 측정 시작 30분 전에 배부하였다. 대사량과 착의량은 ANSI/ASHRAE Standard 55-1992에 따라 조사하였다.<sup>14)</sup> 실내환경에 대한 재실자의 온열감은 ASHRAE에서 제시한 심리-생리학적인 반응척도인 7단계 척도를 사용하였고,<sup>15)</sup> 쾌적감은 4단계 척도를 사용하였다. 본 연구에 사용된 온열감 및 쾌적감의 척도를 Table 3에 나타내었다. 현재 통계 분석에 널리 쓰이고 있는 Windows용 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences)를 사용하여 설문조사 내용을 처리하였다.

설문응답 인원은 남자가 118명, 여자가 20명으로 총 138명이었고, 평균 연령은 37세였다. 평균 착의량은 1.24clo, 평균 대사량은 1.2met이었다. 전체 설문 응답자의 특성을 정리하여 Table 4에 나타내었다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 온열환경 요소의 분포

실험기간 중 측정된 실내 온열환경 요소를 각 방별로 분류하여 Table 5에 나타내었다. 사무실 내에서 측정된 온열환경 요소의 분포를 보면, 기온이 17.8~24.4°C(평균: 21.4°C), 흑구온도는 17.8~24.1°C(평균: 21.5°C), ET\*는 17.6~22.6°C(평균: 20.5°C)이었다. 상대습도는 5~27%(평균: 17.3%), 기류속도는 모두 0.11m/s이하이었다. 따라서, 측정기간 중 대상공간은 대체로 약간 저온 건조하였고, 실내의 기류는 거의 정지상태이었다.

온도지표들간의 상관성을 살펴보기 위하여 흑구온도( $t_g$ ), 평균복사온도(Mean Radiant Temperature, MRT) 및 ET\*를 기온( $t_a$ )과 비교하여 Fig. 2에 나타내었다.<sup>6)~8)</sup> Fig.2를 보면, 실험기간 중의

상대습도가 평균 17%로 상당히 저습이므로 ET\*는 다른 온도지표들에 비해 낮으며, 기온이 증가할수록 그 차이가 커진다.

#### 3.2 PMV-PPD모델과의 비교

본 연구에서는 Table 5에 나타난 각 방별 데이터를 0.5°C간격의 ET\*를 기준으로 다시 분류하여 실험결과로 나타냈고, 회귀식은 ET\* 그룹 내의 재실자 수를 가중치로 고려하여 구하였다. PMV-PPD 지표의 계산에는 ISO 7730의 프로그램을 이용하였고,<sup>14)</sup> ET\*는 Gagge의 모델을 단순화시킨 Int-Hout의 모델을 사용하여 구하였다.<sup>16,17)</sup>

측정값을 통해 구한 PMV와 재실자의 반응을 통해 얻은 응답온열감(Thermal Sensation Vote, TSV)사이의 상관관계를 Fig.3에 나타내었고, 설문조사를 통해 얻은 응답온열감-응답불만족률의 분포를 미국인의 경우 및 이론적인 모델로서 널리 쓰이고 있는 PMV-PPD식과 비교하여 Fig.4에 나타내었다. 또한, 온열환경에 대한 국제 기준인 ISO 7730이 한국의 사무실내 온열환경의 평가에 얼마

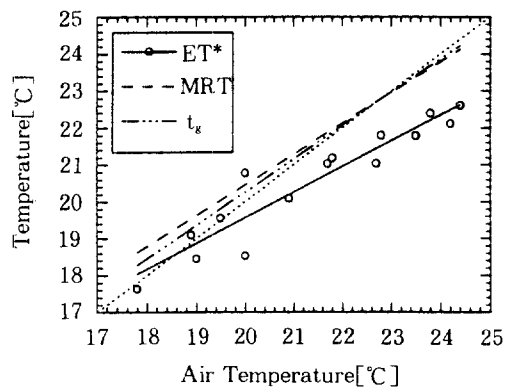


Fig.2 Correlation between  $t_a$  and ET\*, MRT, and  $t_g$

Table 2 Instrumentation description

Quantity	Model	Measuring range	Resolution
Air temperature	Mercury Thermometer	-10~50°C	0.1°C
Relative humidity	Asman Thermometer	0~100%	1%
Globe temperature	Globe Thermometer	0~100°C	0.5°C
Air velocity	Kanomax Anemomaster 24-6111	0~5m/s	0.1m/s

Table 3 Scales for thermal comfort rate

Thermal sensation scale	Comfort sensation scale
-3 Cold	0 Comfortable -1 Slightly uncomfortable -2 Uncomfortable -3 Very uncomfortable
-2 Cool	
-1 Slightly cool	
0 Neutral	
+1 Slightly warm	
+2 Warm	
+3 Hot	

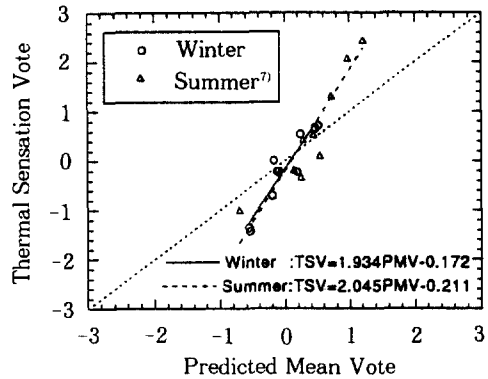


Fig.3 Comparison of TSV with PMV

Table 4 Anthropometric data for the subjects

		Total(138persons)		Male(118persons)		Female(20persons)	
		Mean ± S.D.	Min. ~ Max.	Mean ± S.D.	Min. ~ Max.	Mean ± S.D.	Min. ~ Max.
Age	[year]	36.9 ± 8.7	21 ~ 59	37.7 ± 7.5	23 ~ 55	29.9 ± 13.0	21 ~ 59
Height	[cm]	169.4 ± 6.2	158 ~ 183	170.8 ± 5.5	160 ~ 183	161.3 ± 3.3	158 ~ 167
Weight	[kg]	63.8 ± 9.1	47 ~ 89	65.7 ± 8.4	50 ~ 89	52.6 ± 6.6	47 ~ 68
Body surface area	[m <sup>2</sup> ]	1.73 ± 0.14	1.46 ~ 2.10	1.76 ± 0.12	1.54 ~ 2.10	1.54 ± 0.09	1.46 ~ 1.72
Clothing	[clo]	1.24 ± 0.04	1.17 ~ 1.31	1.26 ± 0.20	0.74 ~ 1.63	1.18 ± 0.36	0.76 ~ 1.83
Activities	[met]	1.20 ± 0.13	1.0 ~ 2.0	1.21 ± 0.14	1.0 ~ 2.0	1.16 ± 0.08	1.0 ~ 1.2

Table 5 Distribution of the measured data

Date	Time	#	Activities [met]	Clothing [clo]	v <sub>a</sub> [m/s]	R.H. [%]	t <sub>a</sub> [°C]	t <sub>g</sub> [°C]	MRT [°C]	ET* [°C]	PMV	PPD [%]	TSV	CSV
19	10:00	9	1.29	1.24	0.05	16	20.0	19.0	18.4	18.5	-0.12	5.3	-0.22	-0.50
	13:30	8	1.30	1.23	0.05	17	22.7	22.3	22.1	21.0	0.42	8.7	0.00	-0.50
	16:00	7	1.31	1.24	0.05	12	23.5	23.8	24.0	21.8	0.63	13.4	0.43	-0.50
20	10:00	14	1.19	1.29	0.06	20	18.9	19.8	20.3	19.1	-0.19	5.8	-0.71	-0.79
	13:30	13	1.18	1.31	0.09	18	20.0	22.1	23.6	20.8	0.19	5.7	-0.23	-0.77
	16:00	9	1.18	1.31	0.11	11	21.8	22.5	23.1	21.2	0.23	6.1	1.11	-1.00
21	10:00	9	1.20	1.17	0.07	22	20.9	20.6	20.4	20.1	-0.09	5.2	-0.20	-0.67
	13:30	10	1.20	1.27	0.07	21	22.8	23.0	23.1	21.8	0.45	9.1	0.90	-0.80
	16:00	8	1.20	1.25	0.08	18	23.8	23.8	23.8	22.4	0.56	11.5	0.25	-0.63
24	10:00	7	1.17	1.20	0.04	10	19.0	18.7	18.6	18.5	-0.54	11.1	1.43	-0.71
	13:30	6	1.16	1.19	0.08	5	24.2	23.5	23.0	22.1	0.32	7.2	1.17	-0.83
	16:00	6	1.16	1.19	0.08	10	24.4	24.1	23.9	22.6	0.46	9.4	0.67	-1.33
25	10:00	11	1.18	1.25	0.06	27	17.8	17.8	17.8	17.6	-0.56	11.5	1.36	-1.30
	13:30	10	1.18	1.24	0.07	26	19.5	20.1	20.5	19.6	-0.17	5.6	0.00	-0.78
	16:00	11	1.18	1.21	0.06	26	21.7	21.7	21.7	21.0	0.14	5.4	0.45	-1.10

Table 6 Comparison of present experimental results with ISO Standard 7730

	ISO 7730	Winter	Summer
Regression equation		$TSV = 1.934PMV - 0.172$	$TSV = 2.045PMV - 0.211$
Neutral point ( $TSV = 0$ )	$PMV = 0$	$PMV = 0.09$	$PMV = 0.10$
Comfort range ( $-0.5 < TSV < 0.5$ )	$-0.5 < PMV < 0.5$	$-0.17 < PMV < 0.35$	$-0.14 < PMV < 0.35$

나 적합한 지를 검토하기 위하여 본 연구결과와 여름철 실험결과를 ISO 7730과 비교하여 Table 6에 나타내었다.<sup>6, 7, 14)</sup>

Fig.3과 Table 6을 보면, 회귀식이 이론식과 중성점 근처에서 교차하므로 온열 중성점 근처의 쾌적영역에서는 TSV와 PMV값이 상당히 비슷하며, 특히 온열 중성점인  $TSV = 0$ 에서  $PMV = 0.09$ 로 거의 일치하고 있다. 그러나, PMV에 대한 TSV의 기울기가 1(Fig.3의 점선)보다 크고,  $-0.5 < TSV < 0.5$ 인 쾌적반응 범위에서 PMV는  $-0.17 \sim 0.35$ 로 좁다. 이것은 재실자가 사무실내 온열환경에서 이론적으로 예측된 온열감보다 민감하게 반응함을 의미한다. Fig.3의 여름철 결과는 동일 건물에 대해 같은 실험방법을 사용하여 이전에 연구한 결과를 겨울철 평가방법을 사용하여 재정리한 것이다.<sup>6, 7, 8, 9)</sup> 그림에서 보듯이 온열 중성점인  $TSV = 0$ 에서  $PMV = 0.10$ 으로 여름철의 TSV도 온열 중성점 근처에서는 PMV와 거의 일치한다. 또한, 겨울철과 같이 TSV가 PMV보다 온열환경 변화에 민감하게 반응함을 알 수 있다.

Fig.4는 사무실 환경에서의 응답온열감-응답불만족률 분포가 환경 실험실 연구를 토대로 Fanger가 제안한 PMV-PPD 모델에 의해 예측한 분포와 전체적으로 비슷한 경향임을 보여준다. 그러나, 최적점(불만족률이 최소가 되는 점) 근처에서 응답불만족률이 예측값보다 약간씩 높게 나타난다. 이러한 경향은 샌프란시스코 연해에 있는 10개의 건물을 대상으로 여름철과 겨울철에 총 2,342회의 측정틀을 하여 실제 사무실 환경에서의 온열감을 평가한 Schiller등의 실험결과와 유사하다.<sup>10, 11)</sup>

겨울철의 경우 온열환경에 대한 만족률이 80% 이상인 쾌적범위를 비교해 보면,  $-0.65 < TSV <$

$0.73$ ,  $-0.85 < PMV < 0.85$ 로 사무실 환경에서의 쾌적범위가 예측값보다 약간 더 좁으며, Schiller등이 구한 응답불만족률도 역시 예측값보다 좁다. Fig.4에서 온열중성 반응과 거의 일치하는  $TSV = 0.04$ 에서 불만족률이 최소인 최적점이 나타나며, Schiller등의 실험에서도  $TSV = 0.12$ 가 최적점이다. 여름철의 최적점을 살펴보면,  $TSV = -0.11$ 로 여름철이기에 약간 더 서늘한 쪽으로 내려가지만 온열 중성점과 거의 일치한다. 이것은 PMV-PPD 모델이  $PMV = 0$ 인 조건으로부터 최적점을 비교적 잘 예측하고 있음을 의미한다.

이러한 비교로부터 PMV가 실제의 온열환경에 대해 덜 민감하게 변화하고, PPD가 불만족률을 약간 낮게 예측하지만, 환경 실험실에서 개발된 PMV-PPD 모델은 온열 중성점 및 최적점을 상당히 정확하게 예측하며, 쾌적영역도 약간 좁지만 비슷하게 예측함을 알 수 있다.

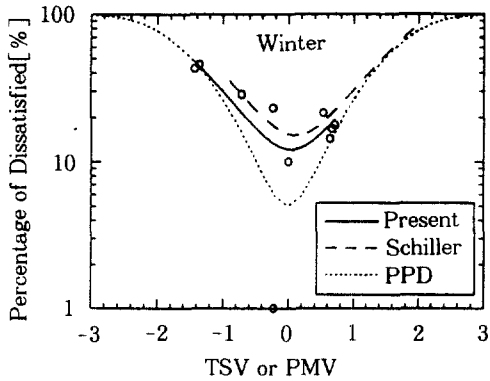
### 3.3 신유효온도( $ET^*$ )와 응답온열감(TSV)

Fanger의 쾌적 방정식에 의한 PMV와 재실자 응답에 의한 TSV를 동일한  $ET^*$ 에 대해 비교한 결과를 겨울철 및 여름철 각각에 대해 회귀직선과 함께 Fig.5에 나타내었다. 본 연구에서 얻은  $ET^*$ 와 TSV의 회귀식은 다음과 같다.

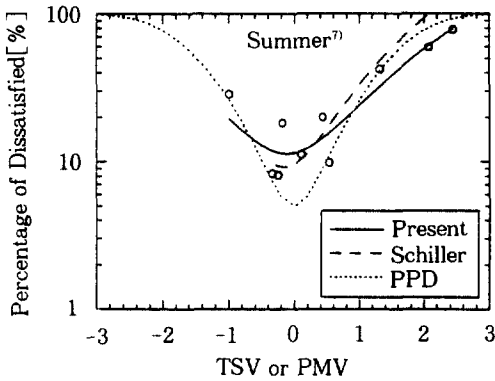
$$\text{겨울철 : } TSV = 0.432 ET^* - 8.814 \quad (1)$$

$$\text{여름철 : } TSV = 0.633 ET^* - 16.170 \quad (2)$$

Fig.5 (a)에서 회귀직선의 기울기를 비교해 보면,  $ET^*$ 의 변화에 대해 TSV가 PMV보다 민감하게 변함을 알 수 있다. 그러나, TSV와 PMV의 회귀



(a) Winter

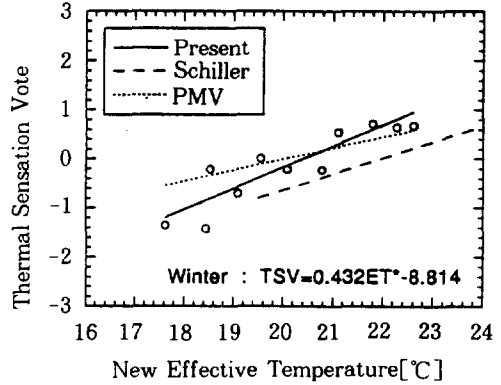


(b) Summer

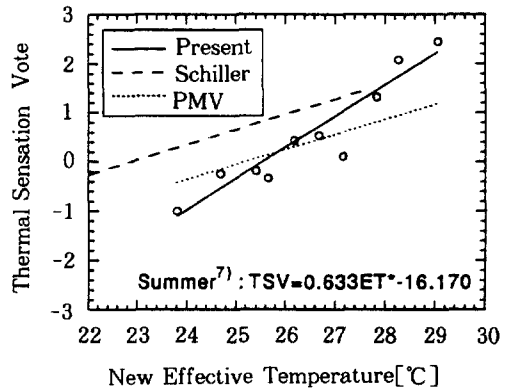
Fig.4 Comparison of TSV-percentage of dissatisfied and PMV-PPD distributions

직선은 중성점 근처에서 교차하므로 중성점 근처의 온도범위에서는 TSV와 PMV가 비슷하고, 측정범위의 양쪽 끝에서는 약 0.4~0.6단위의 온열감 차이가 난다. TSV=0 및 PMV=0인 중성점 온도를 비교해 보면, 각각 20.4, 20.0°C로 TSV에 의한 중성점이 0.4°C 정도 높다. Fig.5(b)에 나타낸 여름철의 경우도 역시 TSV가 PMV보다 온도변화에 민감하나, 중성점 근처의 온도범위에서는 TSV와 PMV가 비슷함을 알 수 있다. 여름철 중성점 온도는 25.5°C로 PMV에 의해 예측된 25.2°C보다 약 0.3°C 높다.

한편, ET\*에 따른 남자와 여자의 TSV를 비교하여 Fig.6에 나타내었다. Fig.6은 동일한 ET\*에서 여자가 남자보다 약 0.6 단위 더 높게 느낌을



(a) Winter



(b) Summer

Fig.5 TSV distribution with ET\*

보여준다. 중성점 온도의 경우 남자는 20.2°C, 여자는 21.6°C로 여자가 남자보다 약 1.4°C 높다.

### 3.4 신유효온도(ET\*)와 응답불만족률

ET\*에 따른 재실자의 불만족률 분포를 Fig.7에 나타내었다. 그림은 응답불만족률이 PMV-PPD식에 의한 예측값보다 높게 나타남을 보여준다. 겨울철의 경우 불만족률이 최소가 되는 최적점의 온도는 20.9°C인데, 이것은 PPD로 예측한 20.0°C보다 0.9°C가량 높다. 만족률 80% 이상인 쾌적영역의 온도범위는 재실자의 온열감 반응에 의하면 19.4~22.4°C이고, PMV-PPD 모델에 의하면 16.1~24.0°C로 측정에 의한 쾌적범위가 예측보다 좁다. 여름철의 경우 최적점 온도는 25.5°C로, PPD에 의한 예측값과 유사하다. 만족률 80% 이상인 쾌

적영역의 온도범위는 24.0~26.9°C 인데, 이것은 PPD에 의한 쾌적범위인 23.1~27.9°C에 비해 좁다. 여름철과 겨울철의 쾌적범위의 폭은 약 3°C로 거의 같음을 알 수 있다.

한편, 본 연구결과와 여름철 실험결과를 미국의 온열환경 기준인 ANSI/ASHRAE Standard 55-1981과 비교하여 Table 7에 나타내었다. 또한, 본 연구결과를 미국인에 대한 Schiller등의 실험결과 및 Fanger의 PMV-PPD 모델에 의한 예측값과 비교하여 Table 8에 나타내었다.<sup>10,11)</sup> 겨울철의 경우 ANSI/ASHRAE Standard 55-1981에서 추천하는 최적 온도는 21.7°C이고, 쾌적온도 범위는 20.0~23.6°C이며, Schiller등의 실험결과는 중성점과 최적점이 모두 22.0°C이고, 만족률 80% 이상인 쾌적영역이 20.5~23.5°C이다. 이것은 본 연구결과에 비해 중성점 및 최적점이 1.1~1.6°C 정도 높으며, 쾌적온도 범위의 상하한값이 0.6~1.2°C 가량 높게 형성되고 있음을 보여준다.

이러한 결과가 나타난 원인을 살펴보면, ANSI/ASHRAE Standard 55-1981에서 겨울철 착의량 기준은 0.9clo이고, Schiller등의 실험에서 미국인의 겨울철 평균 착의량이 0.58clo인 것에 비해 본 연구에서는 평균 착의량이 1.24clo로 매우 높았다. 또한, 남자에 비해 약간 더 따뜻한 온도(본 연구에서는 1.4°C 정도)를 선호하는 여자의 수가 남자의 1/6로 매우 작았다. 그리고, 겨울철 현장조사의 특성상 실험범위가 저온에 치우쳐 중성점보다 따뜻한 영역의 측정값이 부족한 점도 원인 중의 하나일 것으로 생각된다.

3.5 응답온열감(TSV)과 쾌적감(CSV)

응답온열감과 쾌적성 평가의 직접적 척도라고 할 수 있는 쾌적감(Comfort Sensation Vote, CSV)

간의 상관관계를 살펴보기 위하여 응답온열감 척도의 각 단계별 쾌적감 평균을 Schiller 등의 실험결과와 비교하여 Fig.8에 나타내었다.<sup>7,10,11)</sup> 쾌적감 평가 척도로 본 연구에서는 4단계 척도를 사용하였고(Table 3), Schiller등은 6단계 척도를 사용하였다. 6단계 척도는 1, 2, 3이 각각 매우, 보통, 약간 불쾌적을 나타내고 4, 5, 6은 각각 약간, 보통, 매우 쾌적을 나타낸다.

겨울철에는 중립감보다 추운 영역에 비해 더운 영역에서의 쾌적감이 완만히 감소하고, 여름철에는 반대로 중립감보다 추운 영역에서 쾌적감이 더 완만히 감소함을 알 수 있다. 이것은 겨울철과 여름철에 각각 약간 따뜻하거나 약간 서늘한 온열환경이 별로 불쾌하게 느껴지지 않는 계절적인 특성이 반영된 것이라고 생각된다. 한편, Schiller 등의 결과에 비해 쾌적감의 변화가 작운데, 이것은 본 연구에서 채택한 4단계 척도가 쾌적한 상태를 1단계로만 나타내기 때문인 것으로 추정된다. 그러므로, 쾌적감도 온열감과 같이 대칭적인 척도를 사용할 필요가 있다고 여겨진다.

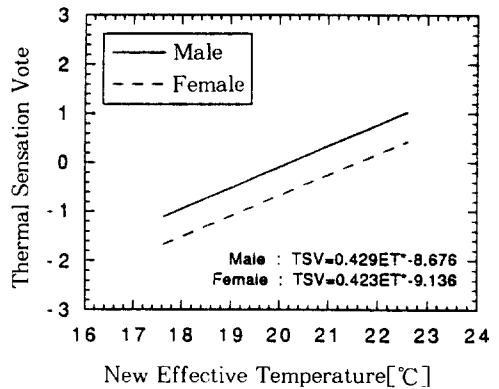


Fig.6 TSV difference with respect to sex

Table 7 Comparison of present experimental results with ANSI/ASHRAE Standard 55-1981

	Winter		Summer	
	ASHRAE	Present	ASHRAE	Present
Neutral temperature [°C]	21.7	20.4	24.4	25.5
Comfort range [°C] (80% satisfaction)	20.0<ET*<23.6	19.4<ET*<22.4	22.8<ET*<26.1	24.0<ET*<26.9

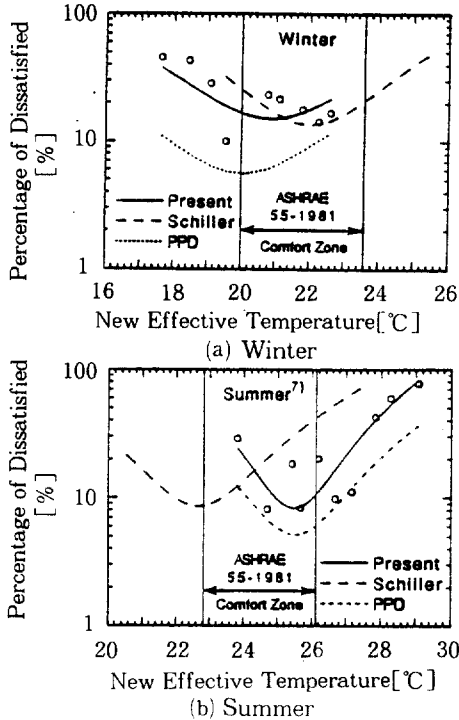


Fig.7 Comparison of percentage of dissatisfied distributions with ET\*

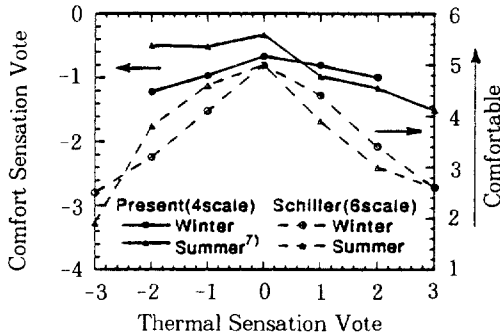


Fig.8 Correlation between TSV and CSV

4. 결 론

본 연구에서는 서울 시내에 위치한 사무용 건물을 대상으로 실내 온열환경 요소의 측정 및 설문조사를 실시하여 겨울철 사무실내 온열환경 특성을 파악하였고, 종합적 온열환경 평가지표인 PMV-PPD와 ET\*를 이용하여 재실자의 온열감을 평가하였다. 본 연구를 통하여 밝혀진 사무실에서 근무하는 한국인의 온열감 특성은 다음과 같다.

첫째, 예상온열감(PMV)이 실제의 사무실내 온열환경에 대해 덜 민감하게 변하고, 예상불만족률(PPD)도 불만족률을 약간 낮게 예측하지만, 환경실험실에서 개발된 PMV-PPD 모델은 겨울철 및 여름철 모두 온열 중성점 및 최적점을 상당히 정확하게 예측하며, 쾌적영역을 약간 좁지만 비슷하게 예측한다.

둘째, 겨울철의 경우 TSV와 ET\*의 회귀식은  $TSV = 0.432ET^* - 8.814$ 이고, 중성점 온도는 20.4°C이다. 여름철의 경우 TSV와 ET\*의 회귀식은  $TSV = 0.633ET^* - 16.170$ 이고, 중성점 온도는 25.5°C이다. 재실자의 만족률이 80% 이상인 쾌적 온도 범위는 겨울철의 경우 19.4~22.4°C이고 여름철의 경우 24.0~26.9°C로, 겨울철의 쾌적온도 범위가 여름철에 비해 4.5°C정도 낮지만, 그 온도 폭은 약 3°C로 비슷하다. ANSI/ASHRAE Standard 55-1981 및 Schiller 등의 연구결과에 비해 중성점 및 쾌적온도 범위가 0.6~1.6°C 가량 낮다. 이러한 차이는 본 연구에서 착의량이 높고, 여자의 구성비가 매우 낮으며 따뜻한 영역의 측정값이 부족한 것과 관련될 것으로 추정된다.

Table 8 Comparison of present experimental results with other's(winter)

Researcher		Schiller et al.(1990)	Present	
Method		Field study	Feild study	PMV-PPD model
Regression equation		$TSV = 0.328ET^* - 7.20$	$TSV = 0.432ET^* - 8.814$	$PMV = 0.225ET^* - 4.513$
Neutral temperature [°C]		22.0	20.4	20.0
Comfort range	$20.0 < ET^* < 23.6$	$-0.64 < TSV < 0.54$	$-0.18 < TSV < 1.38$	$-0.01 < PMV < 0.81$
	$-0.5 < TSV < 0.5$	$20.4 < ET^* < 22.0$	$19.3 < ET^* < 21.6$	$17.8 < ET^* < 22.2$
Optimal temperature [°C]		22.0	20.9	20.0
Comfort range	80% satisfaction	$20.5 < ET^* < 23.5$	$19.4 < ET^* < 22.4$	$16.1 < ET^* < 24.0$
		$-0.38 < TSV < 0.61$	$-0.65 < TSV < 0.73$	$-0.85 < PMV < 0.85$



셋째, 겨울철의 경우 동일한 ET\*에서 여자가 남자보다 춥게 느끼며, 중심점 온도가 남자는 20.2℃, 여자는 21.6℃로 여자가 남자보다 약 1.4℃ 높다.

## 후 기

본 논문은 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 일환으로 수행하여 얻은 연구결과임을 밝혀 두며, 관계자 여러분께 깊은 감사의 뜻을 표한다.

## 참 고 문 헌

1. Fanger, P.O., 1970, Thermal Comfort-Analysis and Application in Environmental Engineering-, McGraw-Hill, New York.
2. ASHRAE, 1993, ASHRAE Handbook-1993 Fundamentals, Chapter 8 Physiological Principles and Thermal Comfort, ASHRAE, Atlanta, pp.8.1~8.29.
3. 김성환, 장해진, 박상동, 1983, "실내 열환경에 관한 실측조사 연구-냉방기 사무소 건물을 중심으로-", 공기조화 냉동공학, 제12권, 제3호, pp.189~197.
4. 공성훈, 박상동, 손장열, 1989, "종합적 지표에 의한 실내 온열환경의 특성과 온열 쾌적범위에 관한 연구-겨울철 사무소 건물을 중심으로-", 대한건축학회 논문집, 제5권, 제3호, pp.159~167.
5. 손장열, 백용규, 서기석, 1990, "PMV 지표에 의한 건물에서의 온열환경 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제6권, 제6호, pp.213~219.
6. 한국과학기술연구원, 1993, 실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(I)-온열 및 공기질에 대해서-, 과학기술처, KIST UNC998-4939-2.
7. 이철희, 배귀남, 최항철, 이춘식, 1994, "여름철 사무실내 온열환경 특성 및 쾌적성 평가", 공기조화 냉동공학 논문집, 제6권, 제3호, pp.206-217.
8. 이철희, 배귀남, 최항철, 이춘식, 1994, "겨울철 사무실내 온열환경 특성 및 쾌적성 평가", 공기조화 냉동공학회 하계학술발표회 강연 및 논문집, pp.309-313.
9. 한국과학기술연구원, 1994, 실내환경 쾌적성 평가방법에 관한 연구(II)-온열 및 공기질에 대해서-, 과학기술처, KIST UCN1183-5282-2.
10. Schiller, G.E., 1990, "A Comparison of Measured and Predicted Comfort in Office Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 96, Part 1, pp.609~622.
11. Schiller, G.E., Arens, E.A., Bauman, F.S., Benton, C., Foutain, M. and Doherty, T., 1988, "A Field Study of Thermal Environments and Comfort in Office Buildings", ASHRAE Transactions, Vol. 94, Part 2, pp.280~308.
12. ASHRAE, 1981, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-1981.
13. ASHRAE, 1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ANSI/ASHRAE Standard 55-1992.
14. ISO, 1984, Moderate Thermal Environments -Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort-, ISO Standard 7730.
15. 建設省 建築研究所, 1990, 室内環境の最適化システムの開發, 官民連帶共同研究報告書, 日本.
16. Gagge, A.P., Swolwijk, J.A.J. and Nishi, Y., 1971, "An Effective Temperature Scale on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response", ASHRAE Transactions, Vol. 77, Part 1, pp.247~257.
17. Int-Hout, D., 1990, "Thermal Comfort Calculations/A Computer Model", ASHRAE Transactions, Vol. 96, Part 1, pp.840~844.