

# 대류난방공간에서 온열쾌적조건의 분포상태 분석에 관한 연구<sup>1)</sup>

## Analysis of Thermal Comfort Factor's Distribution in Convective Heating Space

공 성 훈<sup>2)</sup>  
Kong, Sung-Hoon

---

### Abstract

The purpose of this study is to analyse the distribution of thermal sensation response and thermal environment condition in convective heating space. The contents of this study are as follows : 1)the spatial distributions of thermal conditions are measured 2)the thermal sensation vote of residents is taken in order to investigate the relation between thermal condition and human thermal sensation in sedentary condition 3)to analyse the distribution of subject's thermal sensation vote and thermal environment condition by two methods-regression method and graph method.

---

### 1. 머릿말

인간의 온열적 쾌적감을 설문조사에 의해 조사하고 통계적으로 분석하는 것에는 실효성이나 방법론적으로 볼때 그 방법대로 의미가 있다고 생각된다. 특히 응답자가 실제로 재실하는 현장조사의 경우에는 실내온열환경 요소의 인위적 조절 등을 포함하여

각 온도등급에 대한 응답자수가 일정하지 못한 현장조사의 특성상, 실내온열환경 조건이나 응답자측의 조건을 적합하게 조절하는 것에 다소 어려움이 있다. 그리고 응답자의 주관적 설문응답 조건의 분석방법에 따라 발생될 수 있는 온도범위의 차이가 연구자의 주된 관심사 일수 있다.

본 연구에서는 실제 사람이 거주하는 상태에서 겨울철, 대류난방방식을 사용하고 있는 공동주택의 거실을 대상으로 하여, 실내 온열환경요소의 측정과 온열감 응답조사를 실시 하였다. 그리고 주거용 건물의 온열환

---

1) 본연구는 1995년도 계명대학교 교내연구비 (비사연구기금)에 의해 수행되었음.  
2) 계명대학교 건축공학과 전임강사, 공학박사

경의 설계시 종합적인 환경지표로서 상당기간에 걸쳐 우리나라 공기조화 설계시에 많이 활용 되어진 유효온도(ET, ℃)와 수정유효온도(CET, ℃)에 대해서, 분석방법에 따른 온열적 중성점(출지도 덩지도 않은 상태의 온도, Neutral Point)의 차이와 온냉감 분산의 정도를 분석, 검토하여 현장의 조사, 실험결과와 분석과정에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

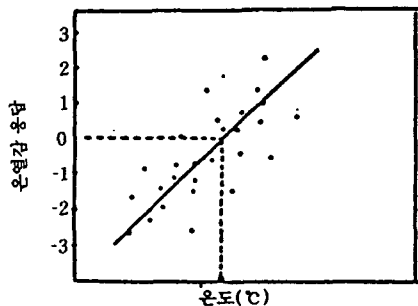
### 2. 온열적 중성점의 산출법

온열적 중성점의 산출에는 회귀식에 의한 방법과 그래프교차에 의하는 방법이 있다. [그림-1]은 회귀식에 의해 온열적 중성점을 산출하는 개략도로써 온열적 중성점은 X, Y 좌표에 대한 분산의 중심점에서 도출되는 것을 나타낸다. [그림-2]는 그래프의 온냉감교차법으로써 온감(+ )과 냉감(-)이 교차하는 점에 의해서 온열적 중성점이 도출되는 것이다.

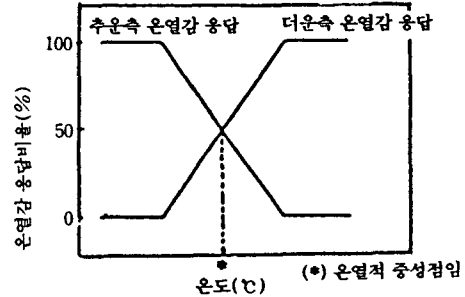
### 3. 측정 및 설문조사

#### 1. 측정대상 및 개요

측정대상은 서울시에 위치한 M아파트로 10층건물 중 7층의 외곽주호를 선정하였다. <表-1>은 대상건물의 개요이며 [그림-3]은 측정대상 주호의 평면도이다. 측정 및 설문조사는 측정대상 주호 중 거실을 중심으로 하였다.



[그림-1] 회귀방법의 개념도



[그림-2] 그래프 교차법의 개념도

#### 2. 측정항목 및 방법

##### 1) 온열환경 요소의 측정

가) 전구온도(Ta, ℃), 습구온도 (Th, ℃)  
 수평온도 측정은 거실에 있어서 실내 1.1m 높이에서 전구온도 5점을 대상으로 하였으며, 수직온도 측정은 실내 0.2m, 1.5m와 천정면의 중앙부 1점을 측정하였다. 측정은 설문조사시에는 10분 간격, 그 이외에는 30분 간격으로 하였다.

##### 나) 글로벌온도(Tg, ℃)

복사의 영향을 알기 위해 1.1m 높이에서 실 중앙부 1점에 대해 측정했다.

##### 다) 기류속도(Av, m/sec)

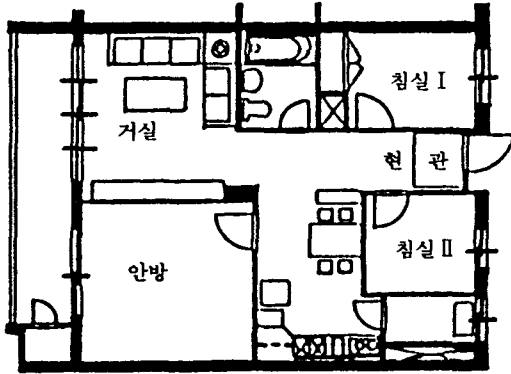
창문을 닫은 상태에서 전구온도 측정점을 중심으로 하여 1일 중 오전, 오후에 걸쳐 2번 측정하였다. 이상의 온열요소 측정에 사용된 기기는 <表-2>와 같다.

##### 라) 유효온도(ET, ℃)

전구온도와 습구온도의 측정결과를 이용하여 Yaglou의 Comfort Chart에서 유효온도를 도출했다.

<表-1> 對象建物の 概要

소재지	서울시 구로구	배관 System	하향식 Reverse-Return 방식
방 위	정남향(S)	온수 온도	Supply 온도: 약70℃ Return 온도: 약65℃
동수및 세대수	5동, 639세대	주호전용면적	65.01m <sup>2</sup>



[그림-3] 測定對象 주호의 平面圖

마) 수정유효온도(CET, °C)

글로벌온도와 상당습구온도에 의해 Yaglou의 Comfort Chart에서 수정유효온도를 도출했다.

2) 설문조사

Yaglou의 정지상태에서 상의를 입은 경우의 유효온도선도와 비교적 동일한 조건이고, 공동주택 거실의 주거형태에서 많이 취할 수 있는 의자에 편안히 앉은 자세(1Metabolism)에서 설문조사를 실시했다. 이때의 의복량은 설문지 내용을 중심으로 하여 ASHRAE 55-1981의 의복 열저항치를 기준으로 하였으며 평균 의복량을 0.85 clo 이다. 설문지의 전반적인 내용은 <表-3>과 같다.

7일간의 예비실험의 단계를 거쳐 본실험은 겨울철 10일간에 걸쳐 총응답자수 55명(남자 20명, 여자 35명, 주연령 20 - 40세)에 대하여 실시 되었다.

실험의 전반적인 진행은 [그림-4]와 같은 순서로 이루어 졌고, 응답자는 사전에 설문지 작성교육을 받았다. 관적 전신온열감 반응의 척도는, 겨울철, 공동주택의 일반적인

<表-2> 測定用 機器

측정 요소	측정 기기
건 구 온 도	Data Logger+아스만 통풍식 전습
습 구 온 도	구온도계+C.C 열전대
글로벌온도	Data Logger+글로벌 온도계+C.C 열전대
기류 속도	열선 풍속계

<表-3> 設問紙의 전반적인 내용

內 容	一般事項	應答者의 일반사항, 室內에의 출입상태
	溫熱感 및 착의량	全身溫冷感, 局部溫冷感, 착의상태



- (1) 설문지응답에 대한 사전교육 실시
- (2) 응답자의 건강상태 조사
- (3) 응답자의 의복량 조사
- (4) 응답자의 온열감 조사
- (5) 온열환경의 측정

[그림-4] 실험시간 계획

<表-4> 온열감 응답척도

Thermal Sensation	Scale
대단히 덥다(Hot)	[+3]
덥 다(Warm)	[+2]
약간 덥다(Slightly Warm)	[+1]
아무쪽도 아니다(Neutral)	[ 0]
약간 춥다(Slightly Cool)	[-1]
춥 다(Cool)	[-2]
대단히 춥다(Cold)	[-3]

실내온도 조건에서 온열감 응답시, 주관적 온열감과 설문지 실제 작성 내용과의 오차가 비교적 적을 것으로 판단되는 7단계 Scale을 이용하였다.

## 4. 측정결과 및 고찰

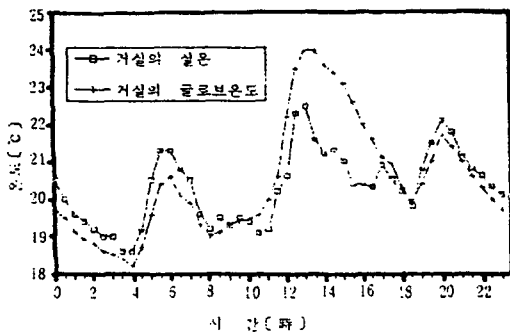
### 1. 실내온열환경 조건의 분포

[그림-5]는 대류난방 공간에서 건구온도 및 글로벌온도에 대한 조사기간중의 1일의 온도변화를 30분 간격으로 나타낸 것이다. [그림-5]에 나타난 바와 같이 글로벌온도가 건구온과 비슷한 경향으로 제어되고 있음을 알 수 있으며, 건구온도의 범위는 18.6 - 22.4 °C 이고 글로벌온도의 범위는 18.2 - 23.9 °C 이다.

그리고 건구온도와 글로브온도가 각각 공통되게 12:00 - 14:00 사이에 가장 높은 온도를 나타내며, 03:00 - 05:00 사이에 가장 낮은 온도를 나타내고 있음을 알 수 있다. <表-5>는 전 측정기간에 걸쳐서 대류난방공간에 대한 건구온도, 글로브온도, 습구온도, 유효온도, 수정유효온도의 분포상태를 표로 나타낸 것이다.

<表-5>에 있어서 건구온도의 분포범위는 19.5 - 23.0℃ 로써 온도교차는 3.5 ℃이고 평균기온은 21.2 ℃ 이다. 글로브온도의 범위는 19 - 24.5 ℃로써 온도교차는 5.5 ℃로 건구온도의 온도교차보다 2 ℃ 더 크다.

평균글로브온도는 21.3 ℃ 로써 평균 건구온도보다 0.1 ℃ 높게 나타났다. 습구온도의 분포범위는 11.5 - 15.5 ℃(평균 습구온도 13.3℃), 유효온도의 분포범위는 17.3 - 20.3 ℃ (평균유효온도 18.7 ℃), 수정유효온도의 분포범위는 17.0 - 21.0 ℃ (평균수정유효온도 18.7 ℃)이다. 기류속도는 전 측정기간에 걸쳐서 0.02 - 0.05m/s로 나타났다.



[그림-5] 1일중 건구온도와 글로브온도의 변화

<表-5>온열환경요소의 분포(단위 ℃)

환경요소	범 위	평 균
건구온도	19.5~23.0	21.2
글로브온도	19.0~24.5	21.3
습구온도	11.5~15.5	13.3
유효온도	17.3~20.3	18.7
수정유효온도	17.0~21.0	18.7
기류속도	0.03~0.05 m/sec	

## 2. 온열환경조건의 분포 특성

(식-1)은 상기의 측정결과를 바탕으로 실내온열환경 요소간 관계를 나타낸 것이다. 이때 고려된 온열환경 요소는 글로브온도, 유효온도, 수정유효온도, 건구온도이며, 종속변수는 복사온도, 건구온도, 기류의 영향을 종합적으로 나타낼 수 있는 글로브온도로 하였다.

$$T_g = 1.39763CET - 0.03791Ta - 0.10676ET - 2.10056 \quad (r=0.9) \quad \text{--- (식 - 1)}$$

## 3. 온열감 응답분포

### 1) 유효온도와 전신온열감

<表-6>은 유효온도에 대한 온열감 응답을 표로 나타낸 것이고, (그림-6)은 유효온도에 대한 온열감 응답비율을 그래프로 나타낸 것이다. <表-6>을 살펴보면 17.0 - 18.4 ℃ 범위에서는 추운측의 응답비율과 '아무쪽도 아니다', '0'의 응답비율이 동시에 나타난 것을 알 수 있으며 19.5 - 20.4 ℃ 범위에서는 '0'의 응답만 나타난 것을 알 수 있다. 그리고 응답자의 수가 온도범위에 따라 상당히 차이가 있게 분포되어 있는 것을 알 수 있는데, 이것의 원인은 중앙집중식 난방방식의 특성상 응답자측의 조건과 거실의 실내온열환경 조건을 적절하게 제어하는데 한계가 있었기 때문이다.

[그림-6]에서 더운측의 응답[+3][+2][+1]과 추운측의 응답[-3][-2][-1]의 교점을 불쾌감이 가장 작은 온열적 중성점으로 결정하면 17.2 - 20.2 ℃ 사이의 4개 교점중 상하한 교점의 중간값인 18.7 ℃가 온열적 중성점이 된다.(이 방법을 이하에서는 그래프에 의한 방법으로 칭함.)

[그림-7]은 사회과학 통계처리법(SPSS, Statistical Package for the Social Science)를 이용하여 유효온도와 온열감 응답에 대한 산포도와 직선회귀식을 나타낸 것이다. 유효온도와 온열감 응답에 대한 상관관계(r)가 0.4로써 분산의 정도가 비교적 넓게 나타난 것을 알 수 있는데, 이것의 원인은 유효온도의 도출과정에서 발생할 수

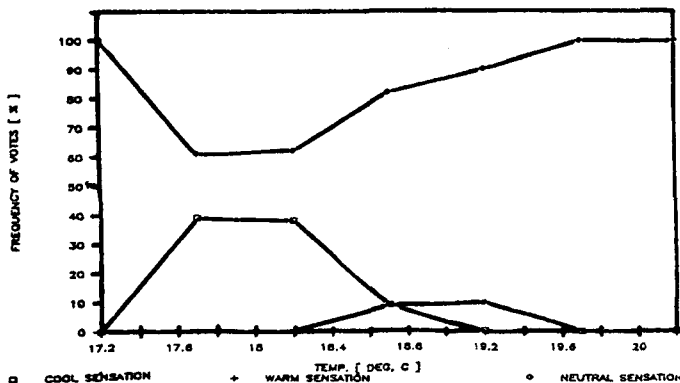
있는 Comfort Chart의 사용오차 및 측정 조건(인체의 대사량, 의복량, 개인차 등)이 실험실의 측정조건과 같이 인위적으로 조절 되지 않기 때문이다.

회귀식에 의한 온열적 중성점은 19.3 °C 이며(이 방법을 이하에서는 회귀식에 의한 방법으로 칭함) 그래프의 냉온감 교점에 의한 온열적 중성점과의 비교 분석결과, 회귀식에 의해 산출된 온열적 중성점이 그래프에 의해 도출된 온열적 중성점 보다 0.6 °C 높다.

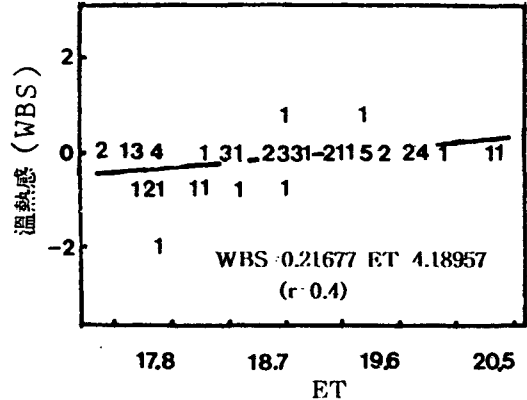
이 차이의 원인은 온도별 온열환경 요소의 분포상태의 차이 및 온열적 중성점의 산출과정의 상이함에서 발생했다. 즉 회귀식에 의한 방법은 측정데이터의 산포도에서 온열감 응답이 「아무쪽도 아니다」로 되는점에서 산출하였고, 그래프의 교차에 의한 방법은 온도별 온열감 응답비율에서 「더운측」과 「추운측」의 응답비율이 교차되는 점에서 도출되기 때문이다.

〈表-6〉 유효온도에 대한 전신온열감의 응답 비율

온도범위 (°C)	응답수 (명)	온열감 응답비율(%)				
		(-2)	(-1)	(0)	(+1)	(+2)
17.0~17.4	2			100		
17.5~17.9	13	8	31	61		
18.0~18.4	8		38	62		
18.5~18.9	11		9	82	9	
19.0~19.4	10			90	10	
19.5~20.0	9			100		
20.0~20.4	2			100		
합 계	55					



〈그림-6〉 유효온도와 전신온열감



〈그림-7〉 유효온도와 온열감응답의 산포도 (의자에 앉은 자세, 겨울철)

2) 수정유효온도와 전신온열감

〈表-7〉은 수정유효온도에 대한 온열감 응답비율을 표로 나타낸 것이고, 〈그림-8〉은 수정유효온도에 대한 온열감 응답비율을 그래프로 나타낸 것이다. 〈表-7〉을 살펴보면 17.0 - 18.9 °C 범위에서는 추운측의 응답비율과 「아무쪽도 아니다」, 「0」의 응답비율이 동시에 나타난 것을 알 수 있으며 19.5 - 21.4 °C 범위에서는 전반적으로 「아무쪽도 아니다」, 「0」의 비율이 높게 나타난 것을 알 수 있다.

그리고 응답자의 수가 온도범위에 따라 상당히 차이가 있게 분포되어 있는 것을 알 수 있는데, 이것의 원인도 현장조사의 특성상 응답자측의 조건과 거실의 실내온열환경 조건을 적절하게 제어하는데 한계가 있었기 때문이다.

〈그림-8〉에서 더운측과 추운측의 응답의 교점을 불쾌감이 가장 작은 온열적 중성점으로 결정하면 18.7 - 21.2 °C 이의 5개 교점중 상하한교점의 중간값인 20.0 °C가 온열적 중성점이 된다.

〈그림-9〉는 SPSS를 이용하여 수정유효온도와 온열감 응답에 대한 산포도와 직선회귀식을 나타낸 것이다.

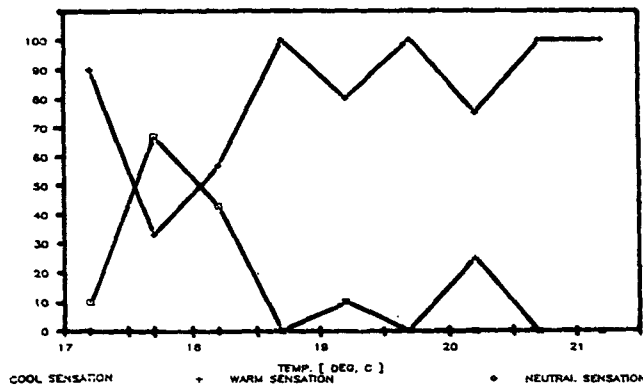
여기서도 〈그림-7〉의 유효온도와 온열감 응답에 대한 상관관계와 유사하게 r=0.3로

씨 분산의 정도가 비교적 넓게 나타난 것을 알 수 있다. 이것의 원인은 수정유효온도의 도출과정에서 발생할 수 있는 습공기선도와 Comfort Chart의 사용오차 및 측정조건(인체의 대사량, 의복량, 개인차 등)이 실험실의 측정조건과 같이 인위적으로 조절되지 않기 때문이다.

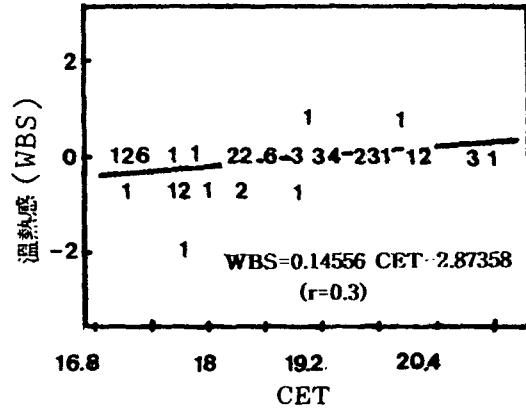
회귀식에 의한 온열적 중성점의 온도는 19.7 °C로써 그래프에 의한 온열적 중성점보다 0.3 °C 낮다. 이 차이의 원인도 유효온도의 경우와 동일하게 온열환경 요소의 분포상태의 차이 및 온열적 중성점의 산출과정의 상이함에서 발생했다.

(表-7) 수정유효온도에 대한 전신온열감 응답비율

온도범위 (°C)	응답수 (명)	온열감 응답비율(%)				
		[-2]	[-1]	[0]	[+1]	[+2]
17.0~17.4	10		10	90		
17.5~17.9	6	17	50	33		
18.0~18.4	7		43	57		
18.5~18.9	8			100		
19.0~19.4	10		10	80	10	
19.5~20.0	6			100		
20.0~20.4	4			75	25	
20.5~20.9	3			100		
21.0~21.4	1			100		
합 계	55					



(그림-8) 수정유효온도와 전신온열감



(그림-9) 수정유효온도와 온열감응답의 산포도 (의자에 앉은 자세, 겨울철)

### 5. 맺음 말

본 연구에서는 실제 사람이 거주하는 상태에서 겨울철, 대류난방방식을 사용하고 있는 공동주택의 거실을 대상으로 하여, 실내 온열환경요소의 측정과 온열감 응답조사를 실시 하였다. 그리고 유효온도(ET, °C)와 수정유효온도(CET, °C)에 대해 분석방법에 따른 온열적 중성점의 차이와 온냉감 분산의 정도를 분석, 검토하여 현장조사, 실험의 분석과정에 대한 기초자료를 제시 하였다.

주요연구 결과는 다음과 같다.

1) 대류난방방식을 채택하고 있는 공동주택 거실을 대상으로 한 현장조사인 경우, 재실자의 주관적 온열감과 유효온도와 수정유효온도에 의한 분산(r-value)의 범위는 0.3 - 0.4 로 비교적 상관도가 낮은 것으로 나타났다. 이것의 원인은 선도(Chart)의 사용 오차 및 측정조건(인체의 대사량, 의복량, 개인차 등)이 실험실과 같이 일정하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

2) 분산의 정도가 0.3-0.4인 상태에서, 종합적 지표인 유효온도와 수정유효온도에 대한 온열적 중성점의 분석방법에 따른 온도차이 범위는 0.3-0.6 °C 로 나타났다. 이 차이의 원인은 지표별 온열환경 요소의 분포상태의 차이 및 온열적 중성점의 산출과정의 상이함에서 발생했다.

3) 대류난방공간에서 실내환경요소간의 상관관계를 글로브온도를 종속변수로 하여 분석한 결과는 다음과 같다.

$$T_g = 1.39763 \text{ CET} - 0.03791 \text{ Ta} - 0.10676 \text{ ET} - 2.10056 \quad (r = 0.9)$$

앞으로는 ET, SET 등을 포함한 새로운 환경지표를 활용하여, 다양한 주거공간을 대상으로 비교 분석하고, 또한 이러한 연구결과를 바탕으로 하여 한국인의 좌식생활과 온돌구조에 적합한 신지표에 대한 연구 및 이에 따른 주관적 응답데이터의 정규분포에 대한 분석과정과 관련된 연구가 더 진행되어야 하는 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- (1) 공성훈, 손장열 : 온수온돌 난방 공간에서 착석시 한국인의 온열적 쾌적범위에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 4권 6호, 1988, 12.
- (2) 공성훈, 손장열, 이옥경 : 공동주택의 온열환경 분포와 인체의 자세별 온열쾌적 조건에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 4권 3호, 1988, 6.
- (3) 윤용진, 공성훈, 손장열 : 불균등 복사공간의 쾌적온도 범위설정에 관한 연구, 공기조화, 냉동공학, 14권 3호, 1985, 9.
- (4) 공성훈, 박상동, 서항석, 민정현 : 간헐난방과 연속난방에 의한 아파트의 열특성에 관한 실험연구, 대한건축학회논문집, 2권 6호, 1986, 12.
- (5) Sung-Hoon Kong, Sang-Dong Park, Jang-Yeul Sohn : Thermal Comfort Criteria for Korean People in Ondol Heating System, The 2nd World Congress on Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning (CLIMA2000), 1989.8.