

전통온돌난방의 실내 온열환경 쾌적감 평가에 관한 연구

A Study on the Indoor Thermal Comfort of the House with Ondol Heating System of Korean Traditional Housing

강상우*

Kang, Sang-Woo

전지현**

Jeon, Ji-Hyeon

국 찬***

Kook, Chan

Abstract

The principle of Korean Traditional Housing was to be harmonized with the nature with shapes according to regional climate and materials easily available from the region. These environmentally friendly characteristics protected indoor environment from climate changes. The characteristics of Korean traditional housing to control indoor environment would be very useful for contemporary housing in that current issues, improving housing amenity and wellbeing, had basic goals same with what Korean Traditional Housing had. Though it could be found characteristics of indoor thermal environment heated by Ondol Heating System, analyses of evaluation made by occupants of the rooms were insufficient because most of the studies had been focused on the measurement of indoor thermal factors. Thus, with an evaluation of occupants for the indoor thermal comfort and an estimation of discomfort derived from the result of vertical temperature distribution, it was studied whether the agreeable indoor range of rooms, of which was Jeonju Hanok Living Experience Center, heated by Ondol Heating System corresponded to the agreeable indoor range presented in references.

Keywords : Thermal comfort, subjective evaluation, Ondol Heating System of Korean Traditional Housing

주요어 : 열쾌적, 주관평가, 전통온돌난방

I. 서론

환경친화적 건축이란 환경문제가 인류의 생존과 직결된 최대의 현안으로 부각되면서 생태계 파괴를 유발하는 기존 건축물의 문제점을 해결하기 위해 새롭게 대두된 안전한 건축의 형태이다.

우리나라에서는 90년대 초반부터 환경문제에 대한 심각성이 국민적 관심의 대상이 되면서 건축분야에서 환경, 환경보전형, 친환경, 그린, 생태건축 등 매우 다양한 이름으로 환경친화적 건축의 개념이 소개되고 있다.

우리의 전통가옥의 경우 기본적으로 자연에 순응하는 것을 원칙으로, 지역별 기후 특성에 적합한 형태와 주위에서 손쉽게 얻을 수 있는 자재를 사용하여 외부환경 변화에 대해 내부 환경을 보존할 수 있는 방안을 채용한 친환경적인 특성을 가지고 있다. 이러한 친환경적인 환경조절 능력은 현대 주거건축에서도 이용 가치가 매우 높은 것으로, 최근 거론되고 있는 주택의 어메니티(amenity) 향

상과 웰빙 측면에서의 기본 목표와 일맥상통 한다.

전통온돌난방의 실내 온열환경 특성에 대한 연구는 기존 연구¹⁻⁵⁾에서도 찾아볼 수 있으나, 측정에 의한 평가나 실험실 내 온열감 평가에 중점을 두고 있어, 현장에서 재실자를 대상으로 한 온열쾌적감에 대한 연구는 미진한 실정이다.

이에 본 연구에서는 전주 한옥생활체험관 내 전통온돌난방 방식으로 겨울철 난방을 하는 실을 대상으로, 재실자에 의한 실내 온열쾌적감 평가와 수직온도 분포에 의한 불쾌적도를 예측하여 전통온돌난방시 실내 쾌적영역이 기존에 제시되고 있는 실내 쾌적범위와 부합하는지 확인하고자 한다.

II. 실험 방법 및 내용

본 실험은 전주 한옥생활체험관 내 전통온돌난방을 하는 1개실을 대상으로 실시되었다.

구체적인 내용은 실내 열환경 특성 파악을 위해 실내의 열환경 요소를 24시간 동안 동시 측정하였고, 실내 온습도에 대한 재실자의 감각과 쾌적감 평가를 위해 오전, 오후, 밤 시간대를 고려하여 10명의 피험자를 대상으로 총 6회의 주관평가를 실시하였으며, 실내 수직온도 분포에 의한 불쾌적도를 예측하기 위해 대상실을 9등분 한 후에 5단계 높이별 온습도를 측정하였다.

실험의 진행 과정⁶⁾은 <그림 1>과 같다.

*정회원(주저자), 동신대학교 환경조경학과 석사과정

**정회원, 바이오하우징연구사업단 Post-Doctor

***정회원(교신저자), 동신대학교 환경조경학과 교수

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심대학육성사업/바이오하우징연구사업단)

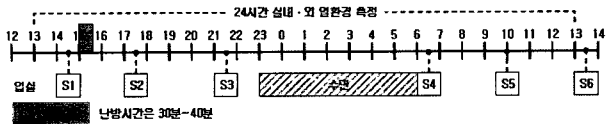
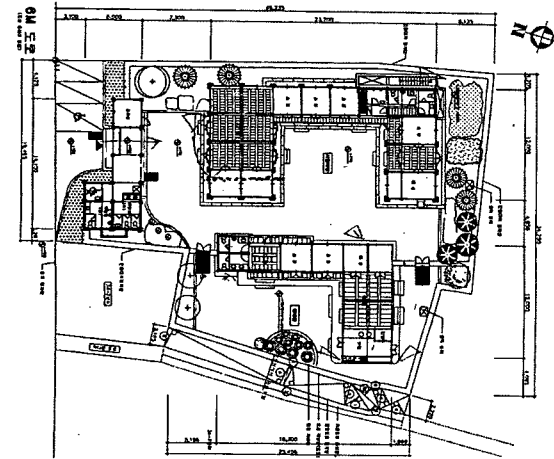


그림 1. 실험 진행 과정

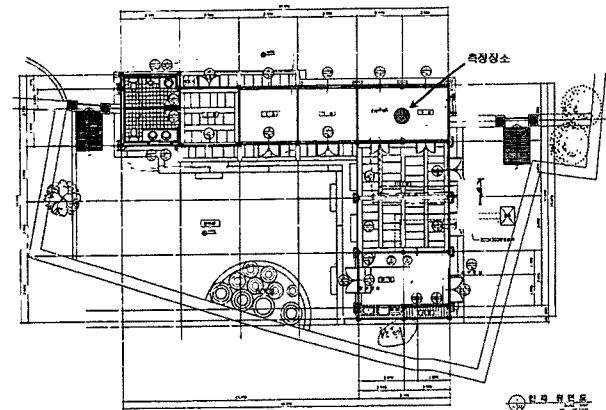


a) 전경 b) 아궁이의 위치 및 형태

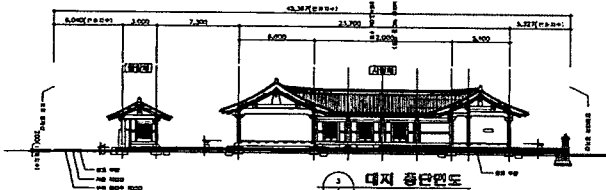
그림 2. 대상실의 전경과 아궁이 위치 및 형태



a) 배치도



b) 안채 평면도



c) 종단면도

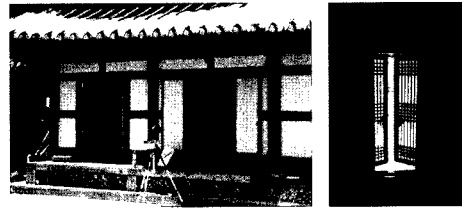
그림 3. 대상가옥의 배치 및 평단면도

1. 대상실의 개요

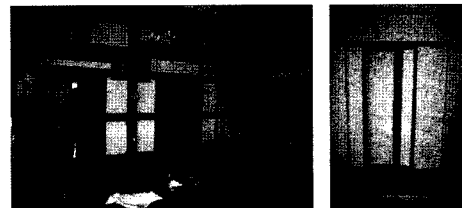
한옥생활체험관은 사랑채(ㄷ자형)와 사랑마당, 안채(ㄱ자형)와 안마당의 형태로 배치되어 있으며, 측정 및 평가는 전통온돌난방을 하는 안채의 1개실을 대상으로 실시하였다.

대상실의 전경과 아궁이의 위치 및 형태는 <그림 2>와 같고, 대상가옥의 배치 및 평·단면 형태는 <그림 3>과 같다.

대상실의 개구부는 <그림 4>와 같이 마당쪽 문과 대청



a) 마당쪽 개구부



b) 대청마루쪽 개구부

그림 4. 측정 대상실의 개구부

표 1. 대상실의 전통구들 종류⁷⁾

분류 기준	구들의 종류			
방과 아궁이의 기능에 따른 분류	한방 한 아궁이 구들*			
	한 아궁이 여러방 구들			
	겹집구들			
아궁이 위치에 따른 분류	집안에 아궁이가 있는 구들			
	집밖에 아궁이가 있는 구들*			
아궁이 형태에 따른 분류	함실구들			
	부뚜막 구들*			
구들개자리에 따른 분류	구들개자리가 있는 구들			
	구들개자리가 없는 구들*			
고래의 형태에 따른 분류	허튼고래 구들		부채고래 구들	
	곧은고래 구들		여러아궁이 구들	
	대각선고래 구들		되돈고래 구들*	
	굽은고래 구들		복합고래 구들	

주) *는 분류 기준에 의한 대상실의 구들 형태임

마루쪽 문 모두 미서기문과 여닫이문을 이용한 2중문으로 구성 되어 있었다.

측정 대상실의 겨울철 난방 형태는 온돌난방으로 <표 1>에서와 같이 한방에 한 아궁이 구들이며, 집 밖에 아궁이와 부뚜막이 있고, 구들개 자리가 없으며, 구들의 구조는 되돈고래구들의 형태와 같다. 구들의 난방방식은 아궁이의 열을 공급하여 구들장과 방바닥에 축열시킨 다음에 연기를 굴뚝으로 배출하는 구조로 되어있고, 난방은 구들장과 진흙 방바닥에 축열된 열을 방열하여 사용하는 방식으로 되어있다.

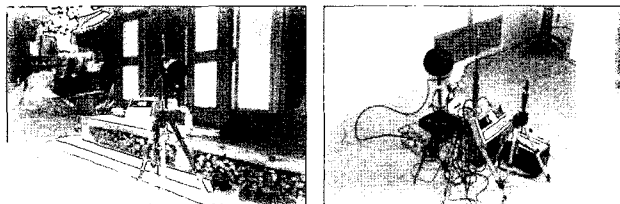
2. 열환경 요소 측정

열환경 요소 측정은 2005년 12월 28일부터 29일까지 24시간 동안 실 내부와 외부에서 동시에 하였다.

측정에 사용된 측정기기와 측정내용은 <표 2>와 같고, 실내외부 측정 장면은 <그림 5>와 같다.

표 2. 측정기기 및 측정 내용

No.	측정기기	측정 내용	비 고
1	Portable Indoor Air Quality Monitor 2set (BABUC/A, LSI)	건구온도, 상대습도	실내외 24시간 측정
2	Data Logger 5ea (Bientron, TH-101)	건구온도, 상대습도	높이별 온습도 측정
3	IR Thermometer 1ea (FLUKE, 62 Mini)	표면온도	바닥표면 온도측정



a) 실외 측정 b) 실내 측정

그림 5. 실 내 · 외부 측정 장면

실내 측정점은 실 중앙 바닥에서 수직 0.6 m 높이(방바닥에 앉았을 때 사람의 얼굴 높이)로, 실외 측정점은 텃마루에서 마당쪽으로 1.0 m 이격된 곳 바닥에서 수직 1.5 m 높이(서 있을 때 사람의 얼굴 높이)로 선정하여 측정기기를 설치하였다.

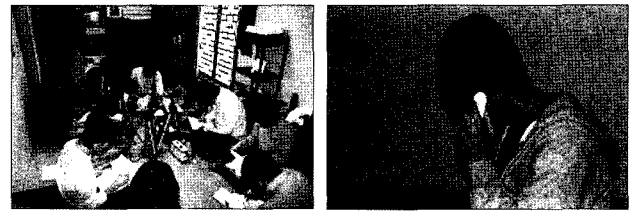
3. 재실자에 대한 주관평가

주관평가는 오전, 오후, 밤 시간대를 고려하여 28일 14:30, 17:30, 21:30 등 3회와 29일 06:30, 10:00, 13:30 등 3회로 총 6회 실시하였다.

주관평가지 피험자는 혈압과 체온을 측정하고 안정된 상태에서 평가에 임하도록 하였으며, 정상혈압(120~129/80~84 mmHg)과 정상체온(귀 35.8~38.0°C)의 범위를 벗어 나는 경우에는 평가결과 분석에서 제외시켰다.

대상실에서의 주관평가 및 혈압·체온의 측정 장면은 <그림 6>과 같다. 피험자는 총 10명으로 성별 구성은 남

성 8명, 여성 2명이었고, 연령별 구성은 20대 8명, 30대와 40대 각각 1명씩이었다.



a) 주관평가 b) 혈압 및 체온 측정

그림 6. 주관평가 및 혈압·체온 측정 장면

주관평가지 재실자의 특성은 <표 3>과 같다. 주관평가지 재실자 전체의 평균 착의량은 0.93 clo(남성 평균 착의량 0.89 clo, 여성 평균 착의량 1.11 clo)로 나타났으나, 여성 2명의 착의량이 1.42 clo, 0.79 clo로 나타나 편차가 크게 나타남을 확인하였다.

또한 주관평가 30분 전에는 피험자들이 실에 미리 입실하도록 하여 안정된 상태가 되도록 하였으며, 이때의 활동량은 1.0 met 정도로 유지하였다.

표 3. 재실자의 특성

인원	성별	연령	키 (cm)	체중 (kg)	체표면적 (cm ²)	의복상태 (clo)
1	남	43	176	88	20,514	0.90
2	남	25	180	82	20,187	0.78
3	남	29	180	70	18,824	0.95
4	남	26	162	68	17,310	0.90
5	남	26	179	88	20,749	0.90
6	남	25	163	58	16,202	0.90
7	남	25	168	63	17,151	0.90
8	남	25	172	63	17,425	0.90
9	여	32	172	53	13,722	1.42
10	여	21	162	57	13,493	0.79

주관평가에 사용된 설문지의 구성 및 내용⁸⁾은 <표 4>와 같다.

표 4. 설문지의 구성 및 내용

설문 구성	설문 내용
사회통계학적 조사 물리적 환경	성별, 연령, 주거 형태, 평가 시간, 온도, 습도, 대기압
재실자의 정신적, 신체적 상태 체크	정신적, 신체적 상태, 수면시간, 활동량(met), 착의량, 피부온도, 혈압, 체온, 키, 체중
실내 환경에 대한 주관적 평가	온냉감과 온냉감의 쾌적감 평가 건습감과 건습감의 쾌적감 평가

설문 항목 중 실내 환경에 대한 주관적 평가 내용의 평가척도는 Gagge, Stolwijk & Hardy(1967)의 『온냉감과 쾌적감의 카테고리 스케일』⁹⁾을 기준으로, ‘건습감’과 ‘건습감의 쾌적감’에 대한 항목을 추가하여 <표 5>와 같이 재구성하였다.

표 5. 평가척도

평가값	-3	-2	-1	0	1	2	3
온냉감	춥다	서늘하다	약간서늘하다	중립	약간따뜻하다	따뜻하다	덥다
온냉감의 쾌적감	매우 불쾌	불쾌	약간 불쾌	쾌적	약간 불쾌	불쾌	매우 불쾌
건습감	매우 습하다	습하다	약간 습하다	중립	약간 건조하다	건조하다	매우 건조하다
건습감의 쾌적감	매우 불쾌	불쾌	약간 불쾌	쾌적	약간 불쾌	불쾌	매우 불쾌

4. 높이별 온습도 측정

높이별 온습도 측정은 측정기기를 5분 간격으로 옮겨가며 실시¹⁾하였고 측정시 실의 개구부는 닫힌 상태였다. 측정점은 실 평면을 9등분 한 후 각 중앙점으로 선정하였고, 높이별 측정위치는 바닥과 천정에서 각각 5cm이격시킨 후 55cm 간격으로 5등분하여 총 45개의 측정점을 선정하였다.

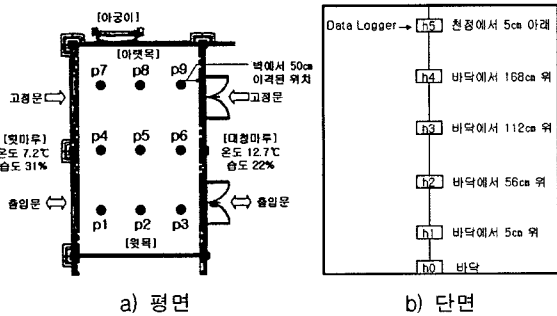


그림 7. 높이별 온습도 측정점

III. 실험 결과 및 분석

1. 열환경 요소 측정 결과

<그림 8>은 대상실에서의 실내의 열환경 요소 24시간 측정 결과를 보여준다. 측정시간 내내 재실자의 일상적인 생활(수면 포함)이 이루어졌고, 주관평가 실시 전·후 1시간 정도와 수면시간에 피험자가 재실 해 있었다.

평소 대상실의 난방은 하루에 한 번 아궁이에 장작 10~13개비 정도를 넣고 찬공기가 들어가지 않게 아궁이를 막는 방식으로 유지되고 있었으며, 실험 당일 난방도 오후 3시에 동일한 방법으로 진행되었다.

측정치 분석결과 난방을 시작한 후 약 8시간정도 대상실의 온도상승을 보였으며, 일몰 후 외기온도가 하강하면서 대상실의 실내 온도도 하강하였다. 대상실의 최대온도차는 4.8°C(2.0~4.8°C)로 수면을 취하고 있던 28일 밤 9시 35분부터 29일 아침 5시 50분까지 시간대에 나타났으며, 약 8시간 동안 추가 난방 없이도 4.8°C의 온도차를

1) 측정시간을 5분 간격으로 선정한 이유는 첫 번째 측정점과 마지막 측정점과의 시간차를 최소화하기 위함이다.

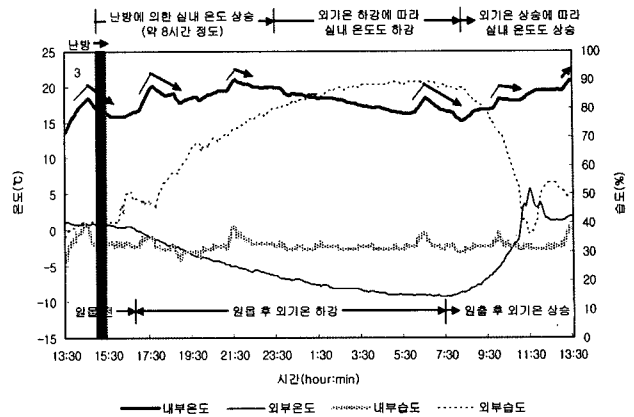


그림 8. 열환경 요소 측정 결과 (→: 난방시기, /\: 재실자에 의한 실내 온도 변화)

유지하다가 일출 후 외부온도의 상승에 따라 실내온도도 상승함을 보였다.

또한 대상실의 일평균온습도는 18°C, 32%로 나타났고, 주관평가시 피험자들의 출입에 의한 실외공기 유입과 피험자들의 재실에 의한 온도상승으로 실내 온습도의 변화를 보였다.

<표 5>는 24시간 온습도 측정 결과 일평균, 최고, 최저, 일교차를 보여준다.

표 5. 24시간 측정치 결과

구 분		일평균	최고	최저	일교차
실내	온도	18.0	21.0	13.6	7.4
	습도	32	39	26	13
실외	온도	-4.0	5.8	-9.3	15.1
	습도	69	89	35	54

2. 실내 온습도에 대한 쾌적감 평가 결과

<표 6>은 대상실에서 시간대별 주관평가시 디지털 온습도계 Data Logger(Bientron, TH-101)로 측정한 실내 온습도에 대해 재실자가 평가했던 응답 결과를 평균하여 나타낸 것이다.

표 6. 주관평가시 시간대별 실내 온습도

평가	평가	1차	2차	3차	4차	5차	6차
		(14:30)	(17:30)	(21:30)	(06:30)	(10:00)	(13:30)
실내	온도	18.4°C	20.1°C	21.0°C	18.4°C	18.3°C	20.8°C
	습도	39%	35%	38%	36%	36%	38%
실외	온도	0.7°C	-1.0°C	-5.1°C	-9.2°C	-5.0°C	1.9°C
	습도	39%	46%	73%	88%	72%	48%

<표 7>의 주관평가시 시간대별 남녀 주관평가 응답 결과로 남성(8명)과 여성(2명)의 평가 결과를 비교하면 여성의 평가결과가 남성의 평가 결과와 상이하게 나타남을 확인할 수 있었다.

따라서 주관평가 결과 분석은 여성(2명)의 평가 결과와 남성중 연령대가 다른 40대 남성 1명의 평가값을 제외한

표 7. 주관평가시 시간대별 남·여 평가치

구분	A			B			C			D			
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	최대	최소	평균	
1차	남	2.0	-2.0	-0.9	0.0	-1.0	-0.8	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0
	여	-2.0	-3.0	-2.5	-1.0	-2.0	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	전체	2.0	-3.0	-1.2	0.0	-2.0	-0.9	1.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	0.0
2차	남	3.0	-1.0	0.8	1.0	-1.0	-0.1	3.0	1.0	1.8	2.0	1.0	1.1
	여	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
	전체	3.0	-1.0	0.4	1.0	-1.0	-0.3	3.0	0.0	1.5	2.0	0.0	0.9
3차	남	3.0	0.0	1.3	1.0	0.0	0.4	3.0	1.0	1.6	2.0	0.0	1.0
	여	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
	전체	3.0	2.0	1.4	1.0	0.0	0.3	3.0	1.0	1.4	2.0	0.0	0.8
4차	남	2.0	-2.0	-0.4	1.0	-2.0	-0.5	3.0	1.0	1.8	2.0	1.0	1.3
	여	-2.0	-3.0	-2.5	-1.0	-2.0	-1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5
	전체	2.0	-3.0	-0.8	1.0	-2.0	-0.7	3.0	1.0	1.7	2.0	1.0	1.3
5차	남	2.0	-2.0	-0.5	0.0	-2.0	-0.8	2.0	0.0	1.4	2.0	0.0	1.1
	여	2.0	-3.0	-0.5	0.0	-2.0	-1.0	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	전체	2.0	-3.0	-0.5	0.0	-2.0	-0.8	2.0	0.0	1.4	2.0	0.0	1.1
6차	남	2.0	-1.0	0.1	1.0	-1.0	-0.1	2.0	0.0	1.0	1.0	-1.0	0.5
	여	0.0	-1.0	-0.5	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0
	전체	2.0	-1.0	0.0	1.0	-1.0	-0.1	2.0	0.0	1.1	1.0	-1.0	0.6

주) A. 온냉감 B. 온냉감에 대한 쾌불쾌감 C. 건습감 D. 건습감에 대한 쾌불쾌감

20대 남성 7명의 평가값만을 분석에 이용하였으며, 그 결과는 <그림 9>와 같다.

<그림 9>의 a)에서 '온냉감'에 대한 평균 평가치는 3차 평가치(약간 따뜻하다, 1.3)를 제외하고 모두 중립(-0.7~1.0)으로 나타났으며, 이 중 6차 평가(온도 20.8°C, 0.1) 때 가장 열적 중립상태에 있는 것으로 평가되었다.

b)에서 '온냉감의 쾌적감'에 대한 평균 평가치에서는 모두 쾌적(-0.7~0.4)으로 나타났으며, 2차 평가(온도 20.1°C, 0.0) 때와 6차 평가(온도 20.8°C, -0.1) 때 가장 쾌적한 것으로 평가되었다.

c)에서 '건습감'에 대한 평균 평가치는 1차 평가 때만 중립(-0.1)으로 나타났고, 나머지 평가에서는 약간건조하다~건조하다(1.0~1.7)로 평가되었다.

d)에서 '건습감의 쾌적감'에 대한 평가에서는 1차 평가(-0.1)와 6차 평가(0.4)를 제외하고 모두 약간불쾌하다(0.9~1.1)로 평가되었으며, 이 중 1차 평가 때 가장 쾌적(39%, -0.1)한 것으로 평가되었다.

따라서 주관평가 결과 대상실에서 가장 쾌적함을 느끼는 환경은 6차 평가 때의 실내온도인 20.8°C, 1차 평가 때의 실내습도인 39%로 나타났다.

<그림 10>은 ASHRAE의 「습한 공기선도(psychrometric chart)에 건물생체기후도(Lechner, N.)에서 제시하고 있는 쾌적범위¹⁰⁾와 주관평가시 1차부터 6차까지의 실내온습도 측정치를 함께 나타낸 것으로, 3차와 6차 평가 때의 환경만이 쾌적범위에 속해 있음을 알 수 있다.

또한 주관평가시의 실내 온습도 측정값을 ASHRAE의 에너지 절약기준에 의한 겨울철 설계 온습도 목표치(온도

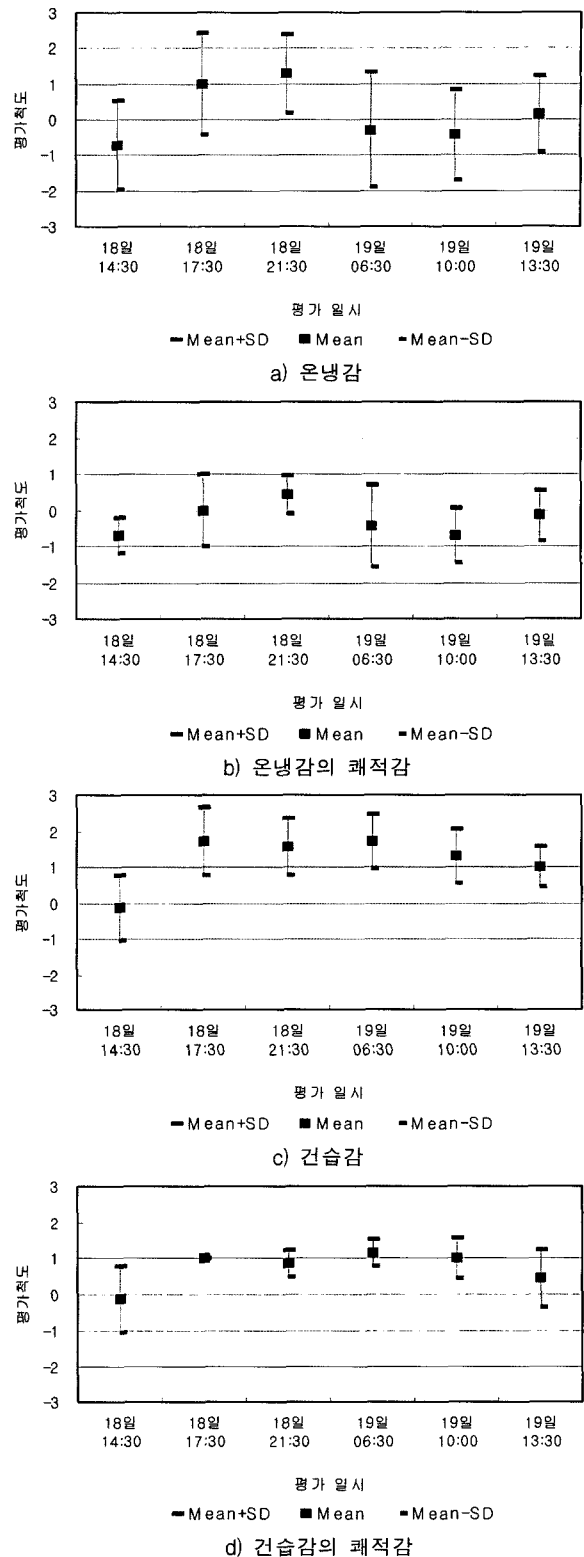


그림 9. 주관평가 20대 남성7명 응답결과

22.0°C, 습도 30%)와 비교했을 때도, 실내 물리적인 환경만으로는 3차 평가(온도 21.0°C, 습도 38%)와 6차 평가(온도 20.8°C, 습도 38%)시의 실내 환경이 목표치에 가깝게 나타났다.

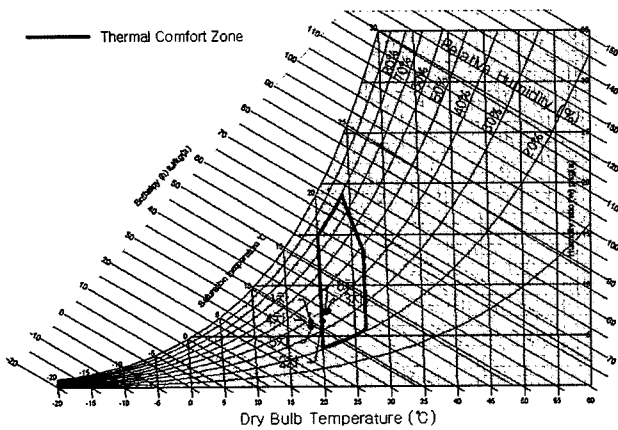
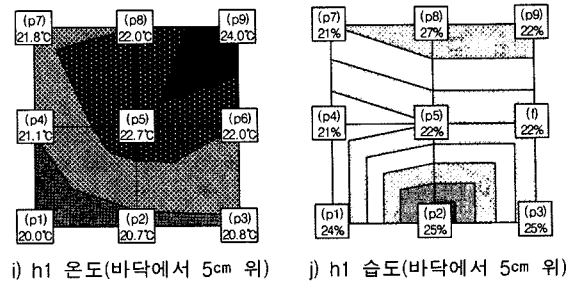


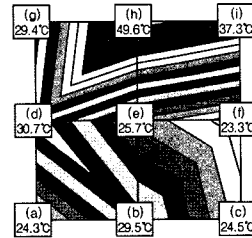
그림 10. 주관평가시 실내 온습도의 쾌적영역

3. 수직 온습도 분포에 의한 불쾌감 예측

대상실의 위치별 수직 온습도 분포는 <그림 11>과 같고, 높이별 평균 수직 온습도는 <그림 12>와 같다.



i) h1 온도(바닥에서 5cm 위) j) h1 습도(바닥에서 5cm 위)



k) h0 온도(바닥표면)

그림 11. 계속

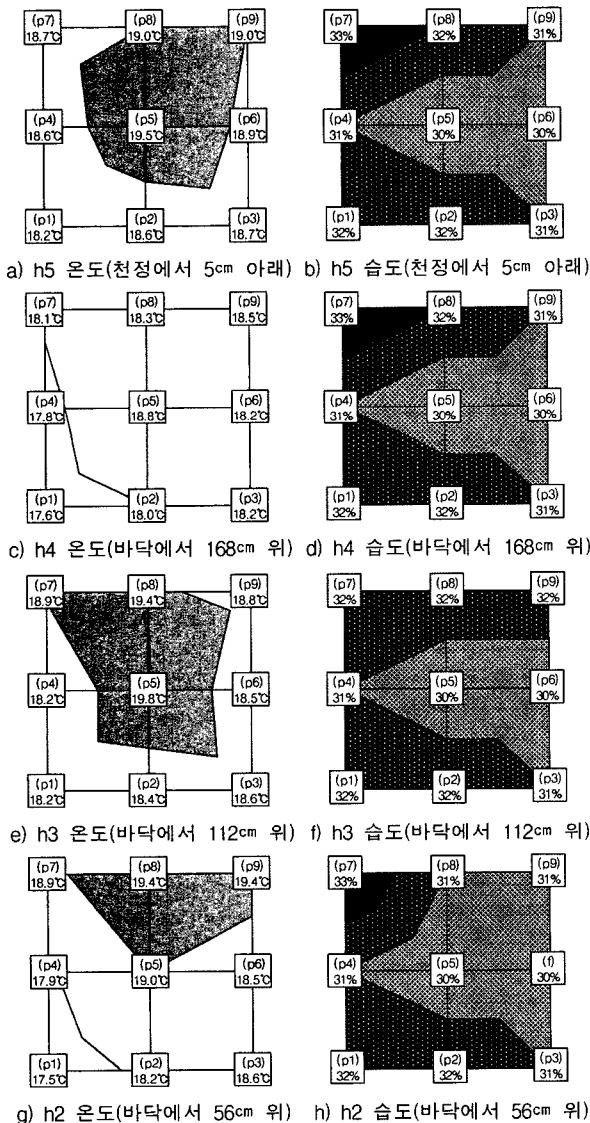
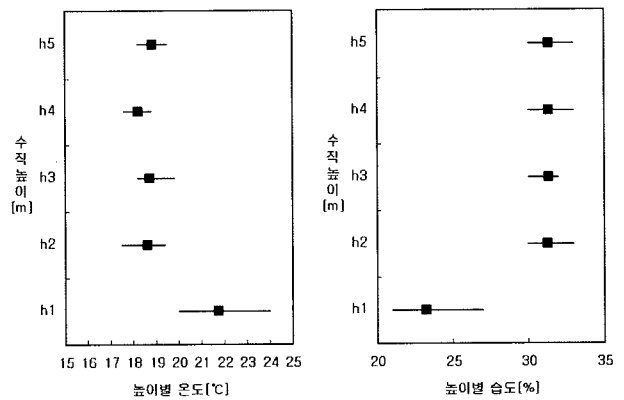


그림 11. 대상실의 위치별 수직 온습도 분포



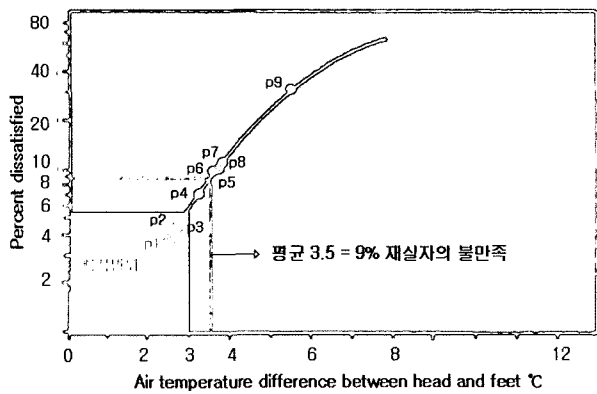
a) 수직 높이별 온도 b) 수직 높이별 습도

그림 12. 대상실의 높이별 평균 수직 온습도

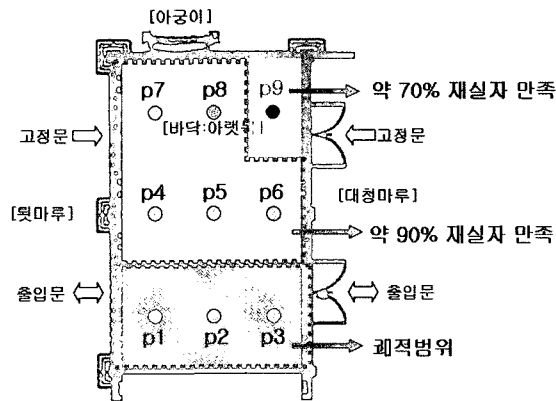
대상실의 수직 높이별 온습도는 h0(30.5°C)와 h1(21.7°C, 23.2%)을 제외하고는 18.2~18.8°C의 온도와 31.2~31.3%의 습도로 고르게 분포하는 것으로 나타나 온돌난방 방식에 의해 바닥 부근의 온습도만 차가 큰 것으로 나타났다.

머리(바닥 위 1.7 m)와 발목(바닥 위 0.1 m)에서의 수직 온도차에 의한 불쾌적도¹¹⁾를 나타내면 <그림 13>과 같다. <그림 13> a)는 바닥에서 168 cm, 바닥에서 5 cm 위의 지점에서 측정된 값을 수직 온도차와 불쾌적도를 나타낸 그림이다.

b)에서 머리와 발목사이 수직온도차는 p9 지점(30% 재실자 불만족)을 제외하고 약 90%의 재실자가 쾌적감을 느끼는 것으로 나타났고, 대상실의 수직온도차를 나타내었을 때는 ASHRAE 기준인 3°C 이하보다 높은 평균 3.5°C로 나타나 91%의 재실자가 쾌적감을 느끼는 것으로 나타났다.



a) 머리와 발목에서의 수직 온도차에 의한 불쾌적도



b) 위치별 불쾌적도

그림 13. 머리와 발목에서의 수직온도차에 의한 불쾌적도 예측결과

IV. 결 론

본 연구는 전주 한옥생활체험관 내 전통온돌난방 방식으로 겨울철 난방을 하는 실을 대상으로, 재실자에 의한 실내 온열쾌적감 평가와 수직온도 분포에 의한 불쾌적도를 예측하여 전통온돌난방시 실내 쾌적영역이 기준에 제시되고 있는 실내 쾌적범위와 부합하는지 확인하고자 하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 열환경 요소 측정 결과, 실내 일평균온습도는 18°C, 32%로 나타났으며, 일교차는 7.4°C, 13%로 나타났다.
- 2) 재실자의 실내 환경에 대한 주관평가 결과, 약간 따뜻하지만 쾌적하고, 건조해서 약간 불쾌한 것으로 나타났으며, 20대 남성 7명이 가장 쾌적함을 느끼는 실내온습도는 6차 평가 때의 20.8°C, 1차 평가 때의 39%로 나타났다.

3) 높이별 온습도 측정결과, 측정 위치별로 차이가 있었으나 평균수직온습도차는 3.5°C로 나타나 91%의 재실자가 쾌적감을 느끼는 것으로 예측되었다.

이와 같은 결과를 미루어 볼 때, 전통온돌난방 방식으로 겨울철 난방을 하는 실에서는 기준에 제시되고 있는 겨울철 실내 쾌적범위(ASHRAE; 22.0°C, 30%)보다 약간 더 높은 습도에서 쾌적감을 느끼는 것으로 나타났다.

본 연구는 1일간의 측정 및 주관평가 결과로 전통주택의 실내 물리적 환경 특성에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 좀 더 장기간의 측정과 다수의 재실자를 대상으로 하는 추가 실험이 진행되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 백용규·허정호·손장열(1986), 전통민가의 온열환경에 관한 측정연구 -현대주택과의 비교를 통한 겨울철 실내 수직 온도 분포에 관하여-, 대한건축학회 학술발표논문집, 6(1), 283-286.
2. 백용규·허정호·손장열(1986), 전통민가의 온열환경에 관한 측정연구 -계절별 결과를 중심으로-, 대한건축학회 학술발표논문집, 6(2), 275-278.
3. 박성홍·김난행·손장열(2001), 충효당내 전통온돌 난방 공간의 실내 열환경 특성, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 21(1), 561-564.
4. 여한승·김난행·손장열(2003), 전통온돌난방의 실내온열 환경 특성에 관한연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 23(1), 593-596.
5. 이태강·최은석·김항·김형렬·기노갑·김선우(2006), 전남지방 전통주택 하절기와 동절기의 온습도 평가에 관한 실험적 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 6(1), 57-62.
6. 전지현·신용규·국찬(2005), 전통주택의 구성 재료에 따른 실내 열환경 요소 측정 및 주관평가, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 5(2), 153.
7. 김준봉·리신호(2006), 자랑스런 우리의 문화유산 온돌 그 찬란한 구들문화, 청홍(지상사), 92-94.
8. 전지현·신용규·국찬(2005), 흙집의 하절기 실내 온열감에 대한 주관적 평가, 대한건축학회 창립60주년기념 학술발표대회논문집, 25(1), 99-102.
9. Gagge, A. P., Stolwijk, J. A. J. and Hardy, J. D. (1967), Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperature. Environmental Research. Vol. 1, p. 1.
10. Lechner, N. (1991), Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects, John Wiley & Sons, 46-47.
11. ASHRAE (2001), ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals 8.14.

(接受: 2006. 9. 22)