

바닥 난방을 사용하는 주택내 거실 온열 환경의 한일비교

Comparison of Thermal Environment in Livingroom between Korea and Japan

이민정* · 전정윤**1)

Lee, Min-Jung · Chun, Chung-Yoon

Abstract

In this paper, we compared the thermal environment in the livingroom with panel heating system of Korea and Japan. The houses are two apartments and two single houses in Korea, and two apartments in Japan. The outdoor temperatures, indoor air temperatures, surface temperatures on floor and humidities were measured. The survey to the residents and recording of operation were also collected. The results were as follows. 1. The Korean houses are warmer and drier (approximately 23°C, 38%) than those of Japan (approximately 20°C, 57%). And indoor temperatures of Korean apartment are stable. 2. The residents in Japan put on and off the switches of the heating system frequently.

키워드 : 바닥난방, 온돌, 온열환경, 온도변동, 조작행동

Keywords : panel heating, ondol, thermal environment, temperature fluctuation, operation

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 온돌을 오래전부터 사용하여 왔으며, 지금도 대부분의 주택에서 난방방식으로 채용하고 있다. 바닥복사난방을 중심으로 한 패넌히팅은 세계적으로 우수한 난방방식으로 평가되면서 최근 들어 그 이용이 널리 보급되고 있다. 특히 전통적으로 난방설비가 없었던 일본에서는 최근에 바닥난방에 대한 선호도가 매우 높아지면서 바닥 패넌히팅의 보급률이 급격히 늘어나고 있다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 바닥난방을 사용하는 한국과 일본의 겨울철 주택실내 온열환경의 사례를 측정, 비교함으로써 양국의 주택실

내의 온열환경과 거주자들의 온열환경 조절행동을 비교하여 현재 우리나라 주택 내 온열환경의 상대적 질을 평가해보고, 문화의 차이에 따른 설비이용방식의 차이에 대하여 고찰해 보고자 한다.

2. 연구의 방법

1. 측정방법

본 실험은 한국의 서울과 일본의 도쿄에서 2003년 3월초 동시에 측정하였다. 서울의 경우는 단독주택 2세대와 집합주택(아파트) 2세대, 도쿄의 경우는 집합주택 2세대를 선정하여 토요일과 일요일의 주말 48시간동안 연속측정하였다. 주말에 측정을 한 이유는 거주자가 평일보다 재실시간이 많을 것으로 예상되었기 때문이

* 정회원, 연세대 대학원 석사과정, 공학사

** 정회원, 연세대 주거환경학과 교수, 공학사

다. 또한 일본의 경우 집합주택만이 선정된 이유는 단독주택의 경우, 바닥난방이 설치된 예를 찾아보기가 힘들었기 때문이다. 양국의 주택 모두 온수온돌난방방식을 채용하고 있다. 측정장소는 거실로 한정하였고 바닥표면온도 2지점, 공기온도 3지점(바닥위 5cm, 바닥위 110cm, 천정 아래 10cm), 흑구온도 및 상대습도 각각 1지점(바닥위 110cm)에서 측정하였다.

물리적 환경의 측정외에, 바닥난방조절기의 조절기록(on·off 시간, 온도조절기록 등)과 거실에서의 생활기록, 그리고 기본적인 데이터(가족구성, 건축년수 등)를 조사하였다. 거주자들은 48시간동안 바닥난방조절기를 사용할 때마다 그때의 조절행위와 조절온도, 시간등을 기록하였다. 그리고 거실에서 누가 언제 어떤 활동을 하였는지 함께 기록하였다.

표 1은 조사대상 주택의 개요를 나타낸다.

표 1. 조사대상주택의 개요

	대상주택	가족 수	거주 년수	건축 년도	구조	측정일	바닥 마감
한국	집합주택 K-A	2	1년 7개월	2001	RC	3/1~2	목재
	집합주택 K-B	4	2년 2개월	2001	RC	3/8~9	목재
	단독주택 K-C	4	10년	1993	조적조	3/1~2	비닐장판
	단독주택 K-D	5	7년	1994	조적조	3/8~9	목재
일본	집합주택 J-A	3	3년	1993	SRC	3/1~2	카페트
	집합주택 J-B	3	1개월	2003	RC	3/1~2	목재

2. 측정기구

바닥표면온도와 공기온도의 측정에는 열전대를 이용하여 데이터로거인 Thermic (ETO)에 기록을 하였고, 상대습도와 흑구온도의 측정은 Espec사의 RS-11 온습도 데이터 로거를 이용하였다.

3. 연구의 결과

1. 측정 결과

1) 실측일의 외기온

한국은 2003년 3월 1~2일과 3월 8~9일, 일본은 3월 1~2일에 각각 측정을 하였다. 실측일의 서울과 도쿄의 외기온을 표 2에 나타내었다. 3월 1일은 서울이 일본보다 약간 따뜻하고, 3월 2일은 거의 동일한 기온이었다. 3월 8일과 9일은 전 주말보다 약간 온도가 낮았다. 측정기간 동안 양국의 외기온의 평균값에는 큰 차이가 없었던 것으로 사료된다.

표 2. 실측일의 외기온

측정일	평균온도 (°C)	최고온도 (°C)	최저온도 (°C)	평균상대 습도(%)	
서울	3-01	6.5	10.2	4.0	69.1
	3-02	4.3	7.2	1.4	72.5
	3-08	2.6	4.8	0.8	76.5
	3-09	3.4	7.0	0.0	69.8
도쿄	3-01	4.9	8.3	3.3	67.6
	3-02	4.2	6.8	1.5	72.7

2) 실온과 상대습도

표 3은 실측결과를 정리한 것이다. 전반적으로 한국이 일본보다 실온이 높고 습도가 낮은 것으로 나타났다. 외기의 온도와 상대습도는 양국간에 그다지 차이가 없었기 때문에 이러한 결과가 외기온의 영향은 아닌 것으로 생각된다.

표 3. 실측 결과

(Ta:공기온도, RH:상대습도, Tg:흑구온도)

	평균치			최고치			최저치		
	Ta	RH	Tg	Ta	RH	Tg	Ta	RH	Tg
K-A	23.9	27.6	23.7	26.0	35	26.2	20.6	25	20.1
K-B	24.6	35.7	24.9	25.6	52	25.8	21.9	26	23.7
K-C	20.3	58.1	20.4	22.2	79	22.1	18.5	41	18.7
K-D	24.3	28.8	24.4	27.0	44	27.0	20.2	21	20.2
J-A	20.0	64.4	20.2	22.1	80	22.6	16.4	27	16.9
J-B	19.2	49.9	19.3	21.7	68	21.7	16.6	38	16.7

48시간동안의 거실내 공기온도 변화를 외기온과 함께 그림 1에 나타내었다. 전반적으로 한국은 23℃ 전후, 일본의 경우는 20℃ 전후를 나타내고 있다. K-C는 한국의 주택 가운데에서 가장 공기온도가 낮고, 상대습도가 높다. 습도는 절대습도로 환산해도 가장 높았는데, 이러한 결과는 K-C의 거실내에 화초가 많았기 때문으로 사료된다.

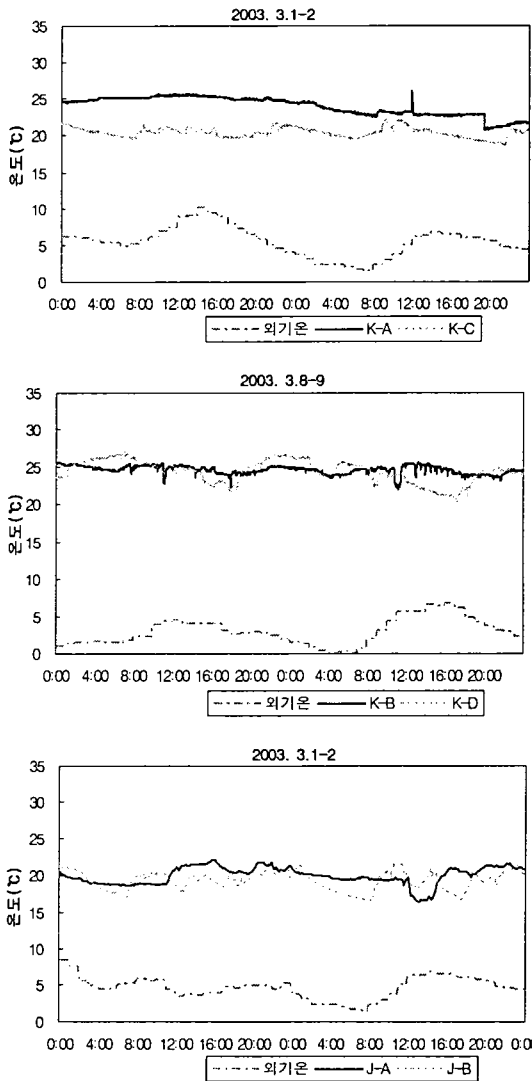


그림 1 외기온과 실온데이터

3) 바닥표면온도

그림 2는 각 주택의 바닥표면온도와 공기온도를 함께 나타낸 그래프이다. K-A의 경우는 측정 첫째날 오전에 난방을 끄고 그 이후 다시 켜지 않았다. K-B의 경우는 실측 기간 중 총 4회 난방을 조절하였다고 기록되었지만, 바닥표면온도의 변화는 거의 없었다. K-C의 경우는 실측도중 열전대가 단선되었기 때문에 바닥표면온도가 도중부터 기록되지 못했다. K-D와 J-A, J-B는 난방조절에 따른 변화의 모습이 확실하게 나타나고 있다. J-B가 가장 자주 on·off를 반복하였고, K-D의 바닥표면온도가 가장 높았다.(38.1℃)

한국의 아파트가 일본에 비하여 실내온도가 안정적인 것은 건물의 열용량이 크고, 인접하는 주택들이 모두 전실 바닥난방을 채용하고 있다는 점 때문으로 사료된다. 또한 한국의 단독주택이 아파트에 비해 온도의 변동폭이 크게 나타나는 것은 인접하는 주택이 없고, 조사대상 주택이 건축된지 비교적 오래되었다는 점에서 기밀성 및 시공성이 떨어졌기 때문으로 생각된다.

일본의 경우는 On·Off의 조절이 빈번하고 바닥표면온도의 상승과 하강이 한국에 비해 빠르다는 것을 알 수 있다. 이는 건물의 열용량과의 관계도 있을 수 있지만 주택의 전체를 덥히는 개념의 난방이 아닌, 몸은 덮히는 국부난방의 체제에 익숙한 일본인들이 바닥난방도 같은 개념으로 사용하고 있기 때문으로 생각된다. 표면온도의 빠른 상승도 이러한 사용자들의 욕구에 맞추어 생산업체에서 상승속도를 빠르게 조정하고 있다.

4) 조절기 조작행동과 실내온도

표 4는 거주자가 스위치를 켜다고 보고한 시간과 그 때의 공기온도, 흑구온도이다. 주택마다 48시간의 평균온도와 함께 나타내었다. 스위치를 켰을 때의 온도는 주택별로 차이가 크게 나타났다. K-D와 J-B는 각 주택의 평균온도보다 2℃ 정도 낮을 때, K-C와 J-A는 1℃ 정도 낮을 때 온도를 높이고 있었다. K-B는 실측기간 중 온도차가 거의 없이 실온이 안정적이었고, 스위

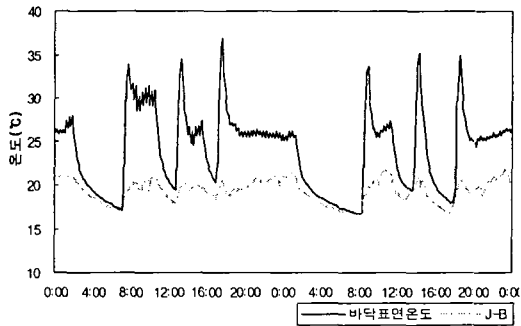
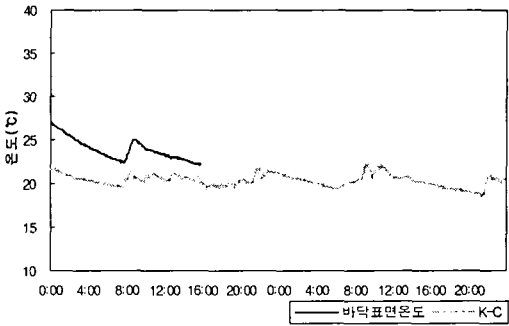
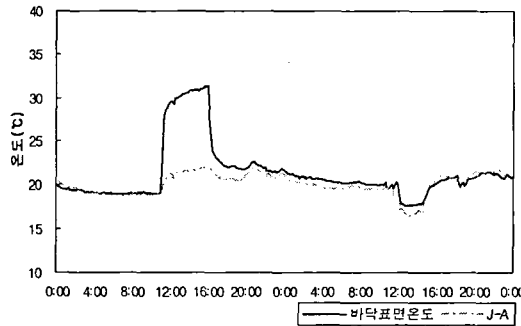
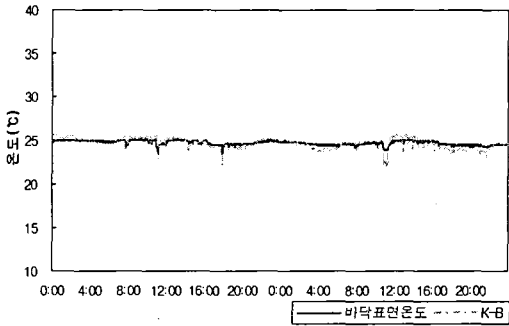
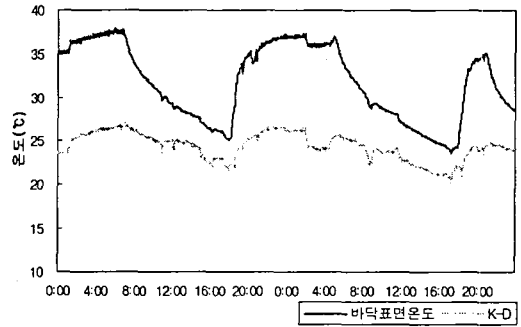
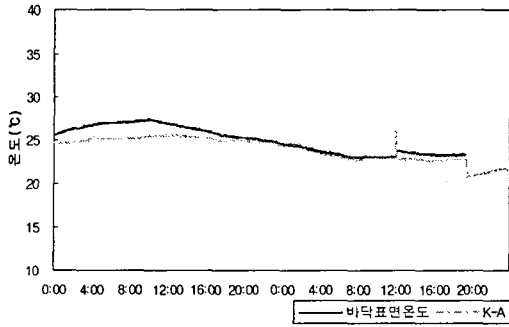


그림 2 각 주택의 바닥표면온도와 실온

치를 켜고 꺼고 난 후의 온도변화가 거의 없었다. 이는 온도조절기의 좁은 범위의 온도조절을 보일러의 능력이 따라와 주지 못했기 때문이 아닌가 생각된다. 그럼에도 불구하고 거주자가 온도를 더 높이지 않는다는 것을 보면 아침과 저녁에 습관적으로 난방을 켜던 것이 아닌가 생각된다.

한국의 조사대상 가정은 조사기간동안 낮에 외출을 하는 경우가 많아 기상 직후와, 저녁에 외출에서 돌아왔을 때 난방을 했던 것으로 나타났다. J-B의 경우는 낮시간에도 거주자가 집에 있었기 때문에 낮에도 조절을 빈번히 한 것으로

나타났다.

4. 결 론

한국과 일본에서 바닥난방을 사용하고 있는 주택 내 거실의 온열환경을 실측하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1) 한국의 주택이 일본의 주택과 비교했을 때 전반적으로 실온이 높고, 습도가 낮다. 일본은 20°C, 57%전후였고, 한국은 23°C, 38% 전후가 많았다.

표 4. 각 주택의 조절기 조작행동과 온도

주택	시간	실내온도	흑구온도
K-A	00:00:00	24.5	24.3
	5:55:00	25.1	25
	7:55:00	25.1	24.9
	21:55:00	24.7	24.5
	10:00:00	22.9	22.8
	평균	24.46	24.3
	48시간 평균	23.89	23.74
K-B	6:00:00	24.6	24.7
	20:30:00	24.5	24.6
	10:40:00	24.8	25
	20:00:00	24	24.2
	평균	24.48	24.63
	48시간 평균	24.56	24.91
K-C	7:30:00	19.2	19.4
	19:30:00	19.5	19.7
	6:00:00	19.1	19.5
	21:30:00	18.5	18.8
	평균	19.08	19.35
	48시간 평균	20.29	20.42
K-D	0:00:00	23.3	23.6
	18:00:00	21.6	21.7
	18:00:00	21.9	22.1
	평균	22.27	22.47
	48시간 평균	24.32	24.35
J-A	11:00:00	19.1	19.1
	48시간 평균	19.99	20.22
J-B	7:00:00	16.8	17
	12:30:00	17.9	18.2
	17:00:00	18.3	18.6
	8:20:00	16.3	16.7
	13:40:00	18.9	19
	18:00:00	17.6	17.7
	평균	17.63	17.87
	48시간 평균	19.24	19.33

2) 한국의 경우 아파트는 단독주택과 비교하였을 때 실온이 상당히 안정되어 있고, 스위치의 on·off에 의한 온도변화는 그다지 없었다.

3) 일본의 경우 한국과 비교했을 때 스위치를 자주 on·off하였다.

4) 난방의 조작에는 그 때의 물리적 온열환경 이외에 거주자의 조작습관이 영향을 미칠 가능성이 있다.

이번의 실측은 3월 초라는 다소 늦은 시기에 이루어졌고, 측정대상 주택이 한국 4세대, 일본 2세대로서 다소 부족하다라는 한계점이 있다. 추후에는 측정시기를 한겨울로 하고, 조사대상 수를 늘려야 할 필요가 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 조동우, 강재식(1996), 공동주택 바닥난방시스템의 성능개선 연구, 한국건설기술연구원
2. 손장열, 박재영, 안병욱, 신영태(1988.4), 온수온돌 난방공간의 열부하 해석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 4권 2호
3. 공성훈, 손장열, 이옥경(1988.6), 공동주택의 온열환경 요소 분포와 인체의 자세별 온열쾌적조건에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제4권 3호
4. 한윤호, 이종우(1988.6), 저온바닥면복사난방의 열환경지표에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 4권 3호
5. 손장열, 안병욱, 박성기, 고시웅(1988.8), 온돌면의 복사방열량 해석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 4권 4호
6. 공성훈, 손장열(1988.12), 온수온돌 난방공간에서 착석 시 한국인의 온열적 쾌적범위에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 4권 6호
7. 윤정숙, 최숙현(1990.4), 온돌난방주택의 온열환경에 관한 실험연구, 대한건축학회 논문집, 제 6권 2호
8. 윤정숙, 민경애, 최윤정(1994.10), 온돌난방공간에 있어서 온수공급조건에 따른 거주자의 주관적 반응과 온열쾌적범위, 대한건축학회 논문집, 제 10권 10호
9. 신우철, 장문석, 유현형, 민정현(2002.1), 온수온돌 난방 공동주택의 열전달 특성, 대한건축학회 논문집, 제 18권 1호