여름철 집합주택의 거실 온열 환경의 측정 및 거주자의 냉방기 사용행위에 관한 연구

A Study on Thermal Environment and Residents' Usage Behaviors of Cooling Devices in Apartments' Living Rooms

배누리* 전정윤**
Bae, Nu-Ri Chun, Chung-Yoon

Abstract

This study measured the thermal environment and residents' cooling behavior of the apartments' living rooms in summer in Seoul. The purpose of this study is to find out the present thermal environment of the living rooms and to find out the target figure of passive cooling system. The surveys and measurements took place in six apartments of Seoul for 60days(2004. 7. 3~2004. 8. 31)

The result were summarized as follows; The thermal environment of apartments' living rooms were almost neutral, and residents felt a little uncomfortable. Residents turned on the air conditioner at 27.31℃ of indoor temperature, and 28.89℃ of SET*. Therefore, cooling critical temperature of the passive cooling system can be figured out from this result

키워드 : 집합주택, 온열환경, 냉방행위, 거주자, 냉방한계온도
Keywords : Apartment, Thermal Environment, Cooling Behavior, Resident, Cooling Critical Temperature

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

20세기 들어 과학기술의 비약적인 발전과 함께 인류는 설비에 의존하여 쾌적한 실내기후를 형성하는데(active control) 초점을 두어왔다. 그러나 최근 십수 년 동안 환경오염문제와 에너지 자원의 고갈, 이상기후 현상 등이 세계적으로 대두되면서 자연형 조절(passive control)에 관심이 모아지고 있다.

한편 우리나라에서는 국민소득의 증가와 냉방에 관한 요구 증가로 에어콘이 주택의 필수품으로 자리잡아가고 있다. 하지만 근래와 같은 고유가 시대에는 국가경제의 측면에서만 보더라도 에너지를 절약하면서 쾌적한 실내기후를 조성할 수 있는 대안 마련이 시급하다.

이러한 배경에서 본 연구는 여름철 주택 실내 온열 환경을 파악하고 전력소비가 큰 냉방기인 에어콘의 사용행태를 조사하여 자연형 냉

*정회원, 연세대 대학원 석사과정
**정회원, 연세대 주거환경학과 조교수, 공학박사

방조절의 목표치로 제안해줄 수 있는 구체적 연구결과를 제시하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 우리나라의 대표적 주거형태로 자리 잡은 집합주택(아파트)[1]을 대상으로 하였으며 본 연구에서 지칭하는 에어콘이란 냉방기능만을 지칭하는 것으로 한다.

II. 연구의 방법

본 실험은 2004년 7월 3일부터 8월 31일까지 60일 동안 거실에서 에어콘을 사용하는 서울시내 집합주택 6세대에서 측정하였다 측정시간은 2분 간격으로 연속측정을 하였으며 측정장소는 거실로 한정하였다. 공기온도와 상대습도, 흑구온도는 바닥 위 110cm 지점에서 측정하였고, 에어콘 취출기류의 온도를 측정하였다

거실공간의 물리적 온열환경요소 측정과 함께 거주자가 거실에 대해 느끼는 주관적 온열감을 ASHRAE의 온냉감 7단계척도, 쾌적감 4단계, 건조감 7단계에 바탕을 두고 설문지를 이용하여 조사하였다. 주관적 온열감 조사는 계절의 진행에 따른 변화를 보기 위하여 초기(7월 3일~7월 20일), 중기(7월 21일~8월 13일), 후기(8월 14일~8월 31일)로 나누어 각 기간별로 한 번씩 총 3회 조사하였다. 이밖에 대상주택과 거주자에 대한 기본적인 데이터(대상주택의 건축년도, 거주자의 연령, 성별 등)와 에어콘에 대한 기본적 데이터(사용년수, 기능, 제조사 등)등과 함께 관찰조사를 병행하였다.

표1 측정주택과 에어콘의 개요

측정주택	가족수	건축년도	분양면적	에어콘 보유대수	냉방능력
A	2	2000	33	1	6 0kw
B	3	2000	33	1	4800kcal/h
C	3	2002	45	1	8 3kw
D	6	1980	25	1	1 6kw
E	4	2000	63	1	-
F	4	2000	33	1	8 3kw

1) 한국통계청, 2000 인구주택총조사보고서, 2000, pp 44-45, 집합주택의 전국적 주거비율-47.7%

III. 연구의 결과

1. 측정기간의 외기온과 외부습도

그림 1은 측정기간 동안의 외기온과 외부 상대습도를 나타낸 것이다. 평균 외기온의 경우 초기 23.14℃, 중기 28.34℃, 후기 24.15℃로 전체 평균은 25.21℃로 나타났다.

상대습도는 초기 87.58%, 중기 69.00%, 후기에 72.91%로 전체 평균은 76.50%이었다

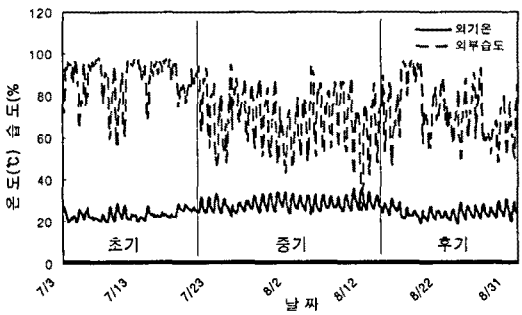


그림1. 측정기간의 외기온과 외부습도

2. 거실의 온열환경

1) 실내온도, 상대습도, 흑구온도

표 2에 측정결과를 정리하였다. 6세대의 평균 실내온도는 초기 26.01℃, 중기 29.35℃, 후기 26.71℃로 전체 평균은 27.36℃였다. 평균 상대습도는 초기 80 1%, 중기 69.2%, 후기 68 0%로 전체 평균은 72.4%였다.

2) 의복량과 활동량

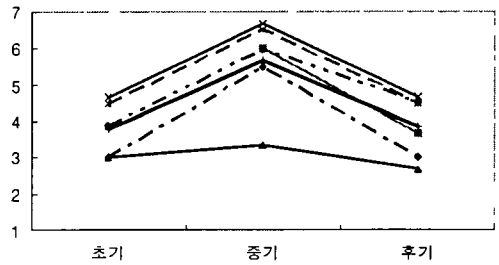
6세대의 가족구성원 22명의 평균 의복량은 초기 0 27clo, 중기 0.23clo, 후기 0.27clo로 계절의 진행이 다소 반영되고 있었다. 전체 측정기간 중의 총 평균은 0.26clo로 서울시내 집합주택의 거주자들은 여름철 실내에서 주로 반팔 티셔츠와 반바지의 옷차림으로 생활하는 것으로 나타났다.

거실에서의 주요 활동으로는 77 3%의 거주자들이 TV시청을 하였고, 그 밖에 청소, 컴퓨터사용, 담소, 수면 등으로 나타나 대략 0 8met~2 0met의 활동량을 나타내었다

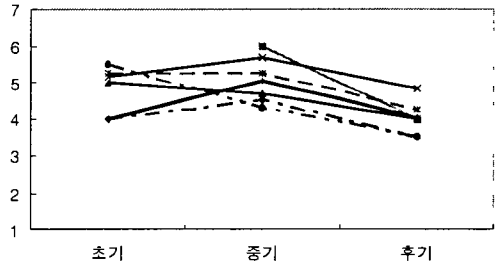
3) 온열감, 쾌적감, 건조감

표 2 측정 결과
(Ta: 공기온도(℃), RH 상대습도(%), MRT: 평균복사온도)

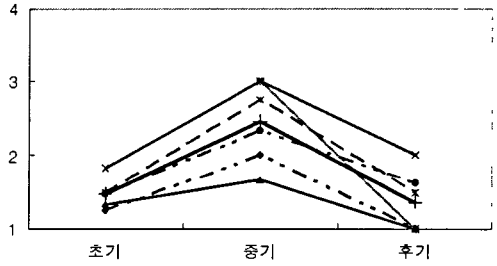
	평균	평균치			최고치			최저치		
		Ta	RH	MRT	Ta	RH	MRT	Ta	RH	MRT
초	A	25 21	82 0	25 64	27 52	99 1	28 91	21 71	66 5	20 10
	B	25 99	79 7	26 32	28 31	91 7	29 89	22 86	60 4	21 00
	C	26 10	79 9	26 66	28 31	99 1	29 58	22 09	66 5	21 20
	D	27 34	78 6	27 32	29 10	89 8	29 94	25 17	60 7	24 52
	E	26 21	77 6	26 50	28 31	93 8	29 53	23 63	56 3	22 83
	F	25 22	82 9	24 54	27 12	96 3	29 15	22 48	65 4	19 01
	평균	26 01	80 1	26 16	28 11	95 0	29 50	22 99	62 6	21 44
중	A	28 90	71 2	29 38	32 34	93 8	35 11	24 40	46 0	22 72
	B	28 99	68 4	29 78	32 76	88 2	35 09	25 17	41 9	17 91
	C	28 90	70 7	29 41	31 93	85 2	34 61	25 56	39 2	24 37
	D	30 67	66 0	30 73	33 17	88 1	33 40	26 73	45 5	26 86
	E	30 27	64 4	30 48	34 01	89 8	35 60	26 34	30 8	23 51
	F	28 36	74 6	28 55	31 52	100	37 83	24 79	34 1	18 07
	평균	29 35	69 2	29 72	32 62	90 9	35 27	25 50	39 6	22 24
후	A	26 15	68 8	26 47	31 12	93 8	32 19	21 71	42 8	20 73
	B	26 50	66 5	27 33	30 31	91 7	32 89	22 48	46 9	21 13
	C	26 08	72 0	26 55	28 70	91 7	31 12	22 48	50 2	19 77
	D	28 09	68 5	28 22	31 12	81 7	31 75	25 95	46 4	25 36
	E	27 94	61 0	28 21	31 52	82 8	33 09	23 63	44 7	22 62
	F	25 52	71 2	25 81	28 7	96 3	36 63	22 48	50 8	16 23
	평균	26 71	68 0	27 10	30 25	89.7	32 94	23 12	47 0	20 97
평균		27 36	72 4	27 66	30 33	91 8	32 57	23 87	49 7	21 55



a) 거주자의 주관적 온열감



b) 거주자의 주관적 건습감



c) 거주자의 주관적 쾌적감

그림2 거실에 대한 거주자의 주관적 온열감

거주자가 주관적으로 느끼는 거실의 온열환경을 조사하기 위하여 각 거주자별 온열감 7단계(1·추움, 2:서늘함, 3:약간 서늘함, 4:서늘하지도 따뜻하지도 않음, 5:약간 따뜻함, 6:따뜻함, 7:더움), 건습감 7단계(1:매우 건조, 2:건조, 3:약간 건조, 4:건조하지도 습하지도 않음, 5:약간 습함, 6:습함, 7:매우 습함), 쾌적감 4단계(1:쾌적, 2:약간 불쾌, 3:불쾌, 4:매우 불쾌)로 나누어 초기, 중기, 후기에 각 1회씩 총 3회 조사하였다

그림2에 조사결과를 그래프로 나타내었다. B주택의 경우 측정주택의 사정으로 초기에는 주관적 온열감을 조사하지 못하였다. 평균 온열감은 초기 3.81(서늘하지도 따뜻하지도 않음), 중기 5.66(따뜻함), 후기 3 84(서늘하지도 따뜻하지도 않음)로 조사되었다. 평균 건습감은 초기 3.98(건조하지도 습하지도 않음), 중기 5 07(약간 습함), 후기 4.02(건조하지도 습하지도 않음)으로 조사되었다. 평균 쾌적감은 초기 1 48(쾌적), 중기 2.46(약간 불쾌), 후기 1.36(쾌적)으로 조사되었다.

온열감과 건습감, 쾌적감 모두 계절이 진행되면서 대체로 더 덥고, 더 습하고, 더 불쾌하게 느끼다가 중기가 지나면서 덜 덥고, 덜 습하고, 더 쾌적하게 느끼는 것으로 나타났다 또한 중기를 제외하고는 온열감의 6(따뜻함), 7(더움)을 나타낸 세대는 한 세대도 없었다.

온열감과 쾌적감 모두 D주택에서 가장 덥고 불쾌하게 느끼는 것으로 나타났는데 이것은 물

리적 측정결과와도 일치하는 결과이며, 이는 주택의 물리적 성능, 높은 재실밀도 등과 관련이 있는 것으로 생각된다.

3. 거실에서 사용되는 냉방기구의 종류

측정주택 거실에서 사용되는 에어콘 이외의 냉방기구를 조사해보았다. 부채는 거의 사용되지 않았으며 모든 세대가 거실에서 선풍기를 사용하였다. 선풍기 보유대수는 1세대 당 평균 3.17대로 조사되었다 선풍기 사용시간을 5단계 척도(1:매우 즐겨 사용한다(집에 있는 동안 거의 항상 사용한다), 2:즐겨 사용한다, 3:그저 그렇다, 4:별로 사용하지 않는다, 5:전혀 사용하지 않는다)의 질문지를 이용하여 초기, 중기, 후기의 각 기간에 한 번씩 총 3번 조사하였다. 평균 사용시간은 초기 2 89(그저 그렇다), 중기 2.14(즐겨 사용한다), 후기 3.86(별로 사용하지 않는다)으로 나타났다. 선풍기 사용 장소는 거실과 방에서 가장 많이 사용하는 것으로 나타났으며 선풍기를 두 군데 이상의 장소에서 사용한다는 응답은 중기에 가장 많았다.

4. 거주자의 에어콘 사용행위

1) 에어콘 사용행태와 실외온열환경

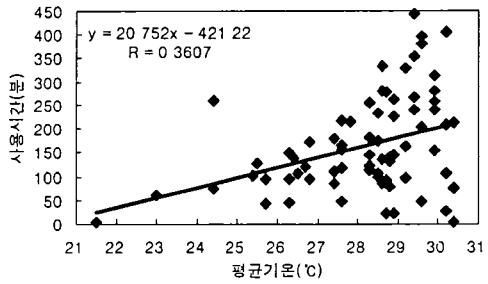
60일 간의 측정기간동안 6주택 중 한 주택이라도 에어콘을 사용한 날의 수는 총 32일이었으며 7월 16일에서 8월 15일 사이가 에어콘의 주사용기간인 것으로 나타났다. 6세대의 평균 에어콘 사용일수는 12.33일로 나타났으나 최다 사용 주택이 27일, 최소 사용 주택이 4일로 주택 간의 편차가 컸다. 에어콘 사용일의 일별 실외 기상 데이터는 표3과 같다

각 일별 실외 기상요소와 에어콘을 사용한 주택수 및 사용시간의 관계는 평균기온과의 상관도가 가장 높았으며 그 뒤로 최고기온, 상대습도, 최저기온, 최대풍속의 순서로 나타났다.

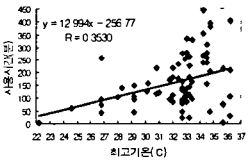
즉 거주자의 에어콘 사용에 가장 큰 영향을 미치는 실외 기상요소는 일평균기온인 것으로 나타났으나 최고외기온 및 상대습도도 거의 비슷한 상관계수를 나타내었다

표3 에어콘을 사용한 날의 외부 기상데이터

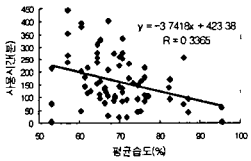
날짜		주택수	평균기온 (℃)	최고기온 (℃)	최저기온 (℃)	상대습도 (%)	최대풍속 (m/s)
월	일						
7	3	2	24 4	26 8	22	85 9	3.5
	7	1	21 5	22 2	20.7	95 4	3 8
	16	1	23	24 6	22 2	95 3	7
	19	1	26 4	28 3	25 2	82 3	7 6
	20	2	25 7	26 8	24 8	87.1	5.3
	21	2	26 8	31 8	24 1	82 5	4.3
	22	3	27 4	32	24 1	76 3	4 1
	23	1	28 3	33 2	24	65	5 3
	24	2	27 6	30 8	23 7	62	3.9
	25	1	25 4	28	22 6	76 8	. 4 4
	26	1	26 5	29 2	23 8	77 1	4 5
	27	1	27 6	30 2	24 7	73 4	5 7
	28	2	28 7	32.7	26	71 8	4 4
	29	4	28 9	33 2	24 1	69 9	3 5
	30	3	29 2	33 4	25 2	65 1	4 1
	31	5	29 9	34 5	24 7	64 4	3 9
8	1	4	29 4	34 2	25 3	57	4 8
	2	2	28 3	33 2	23 7	61 3	4 5
	3	3	28 8	32 7	25 7	66 3	5 5
	4	2	28 5	32 9	23 2	68 8	4.9
	5	2	27 6	32 7	23 8	75 3	5 5
	6	2	28 3	32 9	24 7	70 6	5 2
	7	2	28 5	32 4	26 2	72 3	4 8
	8	1	27 8	32	26 1	76 3	5 3
	9	4	28 6	33	25	70 6	4 3
	10	4	30 2	36 2	25 2	67.1	4.2
	11	4	30 4	35 7	25 6	53 1	4
	12	4	29 6	34 7	25 6	60 5	4 4
	13	2	28 7	32 7	26	68 5	5.1
	14	3	26 3	29 2	24	74 5	5.1
	15	1	26 7	31	22 8	66 6	3 5
	29	1	25 5	30 1	21 6	62 8	4.7
평균		2 3	27 5	31 4	24 3	71 9	4.7
최대		5	30 4	36 2	26 2	95 4	7.6
최소		1	21 5	22 2	20 7	53 1	3 5



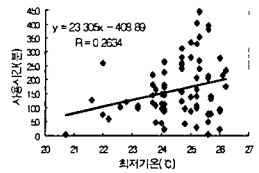
a) 평균외기온과 에어콘 사용시간



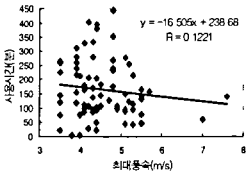
b) 최고외기온과 에어콘 사용시간



c) 상대습도와 에어콘 사용시간



d) 최저외기온과 에어콘 사용시간



e) 최대풍속과 에어콘 사용시간

그림 3 실외 기상요소와 에어콘 사용시간

2) 에어콘 사용행태와 실내온열환경

표 4는 거주자들이 에어콘 사용을 개시하고 중지하는 시점의 실내기온을 나타낸 것으로 측정주택의 거주자들은 실내기온이 평균 29 76℃일 때 냉방을 개시하고 27 31℃에서 중지하는 것으로 나타났다. 즉, 우리나라 집합주택의 여름철 실내기온을 29.76℃ 이하로 유지시킬 수 있다면 거주자가 에어콘을 사용하지 않을 것으로 예상되며 따라서 이 값을 passive cooling의 한계목표치로 설정해 줄 수 있을 것이다.

에어콘의 사용을 개시하고 중지하는 시점에서 실내기온 외에 다른 온열환경 요소의 영향을 고려하기 위하여 환경측 조건으로서의 온열 4요소(기온, 습도, 복사온도, 기류)와 인체측 조건인 착의량과 활동량을 모두 고려한 온열지표인 SET*(Standard New Effective Temperature), PMV(Predicted Mean Vote), PPD(Predicted Percentage of Dissatisfaction)을 구하여 표 5에 결과를 제시하였다.

표4 냉방한계온도

		외기온(℃)			실내기온(℃)		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소
A	냉방개시	27.95	29 50	26 30	28 91	30 71	27.12
	냉방중지	27 08	29 50	25 70	25 66	26 34	25 17
	온도차	0 88	2 30	0 00	3 25	4.37	1.95
B	냉방개시	30 63	33 90	25 70	29 89	32 76	26 73
	냉방중지	29 67	33 40	25 70	27 70	31 12	25 56
	온도차	0 96	5 80	-1 20	2 19	4 39	0 39
C	냉방개시	29 23	33 70	25 00	29 76	31 52	28.31
	냉방중지	29 18	33.70	25 00	27 17	28 31	26 34
	온도차	0 04	1 10	-1 00	2 58	4 79	1 58
D	냉방개시	26 45	34 00	23 10	30 71	33.17	27 52
	냉방중지	26 03	33 70	22 80	29 13	31 12	26 34
	온도차	0 42	1 90	-0 90	1 57	2 44	0 79
E	냉방개시	29 99	34 00	25 50	30 95	34 01	27 12
	냉방중지	29 23	34 00	24 20	28 55	32 34	25 95
	온도차	0 75	3 10	-0 80	2 40	5 31	0 39
F	냉방개시	30 17	34 00	21 20	28 32	30 31	24 79
	냉방중지	29 97	35 00	21 20	25 63	26 73	24.40
	온도차	0 20	2 00	-1 20	2 69	5 52	0 39
평균	냉방개시	29 07	33 18	24 47	29 76	32 08	26 93
	냉방중지	28 53	33 22	24 10	27 31	29 33	25 63
	온도차	0 54	2 70	-0 85	2 45	4 47	0 92

ASHRAE Standard55에서는 SET* 22 2~25.6℃의 범위를 쾌적온열환경의 기준으로 명시하고 있으며[2] ISO 7730에서는 쾌적영역으로서, PMV와 PPD의 값이 각각 -0.5< PMV <+0.5, PPD

표5 에어콘 가동시와 중지시의 실내온열환경 (COLD Cold, COOL· Cool, SC Slightly Cool, N· Neutral, SW· Slightly Warm, W· Warm, HOT Hot)

측정 주택	에어콘 가동시점			에어콘 중지시점		
	SET*	PMV	PPD	SET*	PMV	PPD
A	28 24	1 23(SW)	37	22 97	-0 64(SC)	14
B	28 79	1.53(W)	53	23.73	-0 21(N)	6
C	29 17	1 58(W)	55	24 62	0 03(N)	5
D	29 92	1 75(W)	64	27 09	0 93(SW)	24
E	30 40	1.74(W)	63	24 67	-0 29(N)	7
F	26 81	0 63(SW)	14	19 11	-1 92(COOL)	75
평균	28 89	1 41(SW)	47	23 70	-0 35(N)	7

<10%를 권장한다[3]. 6주택 모두 쾌적영역을 벗

2) ANSI/ASHRAE 55, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC

3) ISO 7730, Moderate thermal environments - Determination of th PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO, 1994, pp 21

어난 SET*와 PMV 수준에서 에어콘 사용을 개시하였으며 평균 SET* 23.70℃, PMV -0.35에서 에어콘 사용을 중지하였다 다만 D주택의 경우에는 에어콘을 중지한 시점에도 쾌적영역에서 벗어나있는데 이것은 앞서 이야기한 D주택의 특성과 함께 D주택에서 사용하는 에어콘의 냉방능력이 작기 때문인 것으로 추정된다 반면 F주택의 경우에는 에어콘 중지시점의 SET*와 PMV가 쾌적영역 이하로 벗어난 경우로 이는 F주택 에어콘의 냉방능력이 커서 상대적으로 짧은 시간동안 에어콘을 사용했음에도 실내기온이 큰 폭으로 떨어졌기 때문으로 추정된다.

평균 에어콘 가동시점은 SET* 28.89℃, PMV 1.41로 약간 따뜻한 상태였다 따라서 집합주택의 실내기후를 SET* 28.89℃ 이하로 유지시킬 수 있다면 에어콘을 사용하지 않을 것으로 예상되어 이 값을 냉방한계온도에서 밝힌 29 76℃와 함께 passive cooling의 한계목표치로 제안한다.

IV. 요약 및 결론

거실에서 에어콘을 사용하는 서울시내 집합주택 6세대의 거실 온열환경과 거주자의 냉방기 사용행위에 대해 조사하였다.

측정대상주택 거실의 여름철 평균온도의 범위는 약 26℃에서 30℃ 사이인 것으로 나타났으며, 상대습도는 약 70%~80% 범위인 것으로 나타났다.

거주자의 전체 평균 의복량은 0.26clo로 주로 반팔 티셔츠와 반바지의 옷차림으로 생활하는 것으로 조사되었고, 계절의 진행이 다소 반영되고 있었다

거주자가 자택 거실에 대해 느끼는 온열감은 평균 4.42, 건습감은 4.56, 쾌적감은 1 75로 나타났다

모든 측정대상 주택에서 선풍기를 사용하였으며 1세대 당 평균 3 7대를 보유하고 있는 것으로 나타났다.

에어콘의 주사용기간은 7월 16일에서 8월 15일까지의 한 달간이었으며 총 사용일수는 32일이었다. 에어콘 사용 주택수 및 사용시간의 관계에서 가장 높은 상관계수를 보인 실외 기상요소는 일평균기온이었으며 최고외기온 및 상대습도도 거의 비슷한 상관계수를 나타내 에어콘 사용에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

거주자들은 실내기온 29.76℃, SET* 28 89℃에서 에어콘 사용을 시작하고, 실내기온 27 3 1℃, SET* 23 70℃에서 에어콘 사용을 중지하는 것으로 나타났다.

이상의 결과와 같이 서울시내 집합주택 거실의 온열환경 실태를 파악하고 냉방행위에 관한 데이터를 얻을 수 있었다. 또한 이 결과를 바탕으로 냉방한계온도를 구하였다. 거주자는 실내기온 29.76℃, SET* 28.89℃에서 에어콘 사용을 시작하는 것으로 나타나 실내기후를 이 수치 이하로 유지시키는 것이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 즉, 이 값을 에너지 소비를 줄이면서도 쾌적한 환경을 조성할 수 있는 passive cooling의 구체적인 한계목표치로 제시함에 본 연구의 의의가 있다고 하겠다.