

여름철 전기요금이 거주자의 냉방기 조작과 온열감에 미치는 효과

권 서 현, 배 누 리*, 전 정 윤†
연세대학교 주거환경학과, *한국건설기술연구원

Effect of Electric Charge on the Operating Behavior of Air-conditioner and Thermal Comfort in Summer Season

Suh-Hyun Kwon, Nu-Ri Bae*, Chung-Yoon Chun†

Department of Housing and Interior Design, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea

*Korea Institute of Construction Technology 2311 Daewha-dong, Ilsan-gu, Gyeonggi-do, 411-712, Korea

(Received December 28, 2006; revision received September 20, 2007)

ABSTRACT: Much energy is used in occupying stage of the Building Life Cycle. Electric charge is one of the various factors that influence on energy use of residents. This study focused on electric charge and searched that whether electric charge affects residents' behavior of operating air conditioner and their controlled indoor climate. We surveyed three groups for field study; A group is residents who live in a studio apartment, B group is residents who live in a university dormitory and C group is residents who live in a apartment with their family. The A and C groups are charged for electric as energy consumption they used. And the B group is students who live in a university dormitory and they are not charged for their energy consumption. We measured the time to use the air conditioner for cooling, on/off temperature of air conditioner, and room air temperature for these three groups. The result shows that consideration for electric charge affects to the residents' behavior of operating air conditioner and their acceptable thermal range.

Key words: Energy(에너지), Electric charge(전기료), Air conditioner(냉방기), Thermal environment (온열환경), Acceptable thermal range(수용 가능한 온열 범위)

1. 서 론

건축물에서 사용되는 시스템이 더욱 발전되고 복잡해짐에 따라 건물 내에서 소비되는 에너지 또한 늘어나고 있다. 건물의 라이프사이클 중 가장 많은 에너지를 사용하는 것은 거주단계인데,

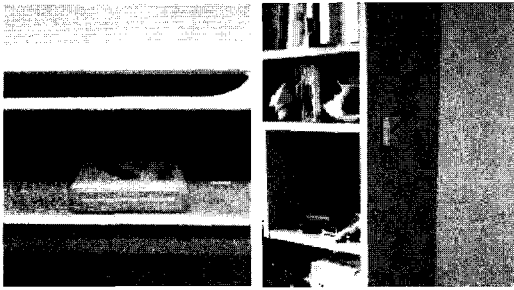
이러한 거주단계에서의 에너지 사용량에 큰 영향을 미치는 요인 중 하나가 거주자의 에너지 사용 행태이고, 이러한 거주자의 에너지 사용행태에 영향을 미치는 요인 중 대표적인 요인이 바로 경제적 부담이다. 따라서 거주자가 직접 매월 광열비를 지불하는 주택과 지불하지 않는 사무소나 공공건물 등에서의 거주자 에너지 사용행태를 비교하여 본다면 큰 차이가 있을 것이 예상된다.

한편, 우리나라 전력사용량은 지난 20년간 4배

† Corresponding author

Tel.: +82-2-2123-3138; fax: +82-2-313-3139

E-mail address: chun@yonsei.ac.kr



(a) Measuring air temperature from air conditioner (b) Measuring thermal condition in room

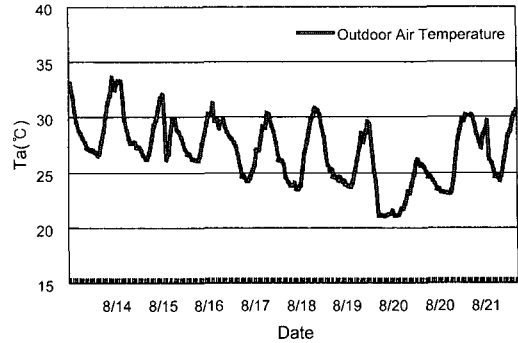
Fig. 1 Setting up measuring devices.

가 증가되었는데, 이 중 주택용 전력사용량에서 큰 부분을 차지하고 있는 것이 콘센트와 조명, 그리고 냉방이며, 특히 냉방은 앞으로 꾸준히 그 수요가 증가될 전망이다. 룸 에어컨의 사용은 기본적으로 거주자의 조절로 운전이 가동되는데, 이러한 주택에서의 냉방기 사용행태에 관하여 조사한 Chun and Bae의 선행연구¹⁾에서는 공동주택 거주자들의 수용패적범위가 ASHRAE Standard 55에서 제시한 온열패적범위보다 높게 나타났으며, 이러한 결과의 주요한 원인이 경제적 부담일 것으로 추측되었다. 이러한 배경에서 본 연구는 거주자가 사용한 만큼 전기요금을 지불하는 원룸주택 거주자와, 입실료 이외에 전기요금을 따로 지불하지 않는 대학 기숙사 거주자의 냉방기 사용행태 및 실내온열환경을 조사, 비교하였고, 2004년 여름 일반 주택을 대상으로 수행된 Chun and Bae의 선행연구결과와도 비교분석하였다. 본 연구의 목적은 경제적 부담에 따른 수용온도범위의 차이를 비교하고 경제적 부담이 없는 실험실 환경 내에서 산출된 기존의 온열패적범위와의 차이를 살펴보기 위한 것이다. 여기서 말하는 수용온도범위한 기준에 인공기후실 안에서 피폭된 온열환경에 대한 감각적(sensory)패적범위가 아니라, 경제적 부담이나 환경에 대한 배려 등 다양한 요인을 고려하였을 때, 적절하다고 판단되는(acceptable) 온도범위를 뜻하는 것으로 인지적(perceptual) 패적범위라고 할 수 있다.

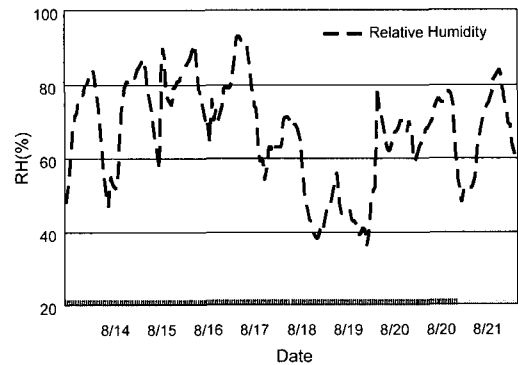
2. 측정장치 및 방법

2.1 연구 대상 및 측정 방법

본 연구는 2006년 8월 13일부터 22일까지 서울



(a) Outdoor air temperature



(b) Relative humidity

Fig. 2 Climate during experiment periods.

시내 에어컨이 설치된 원룸 7세대와 대학교 기숙사 8세대를 대상으로 에어컨의 사용시간 및 실내온습도를 측정하였다. 측정 대상은 에어컨의 사용 및 조작에 무리가 없는 20대로 선정하고 20대를 제외한 다른 연령층에 의한 영향을 제한하기 위해 20대 단독 거주 세대로 한정하였다. 에어컨 사용에 따른 전기료의 부담 여부가 에어컨 사용에 미치는 영향을 알아보기 위해 세대별로 전기료가 부과되는 원룸 거주자와 공간 사용료 이외에 광열비가 부과되지 않는 대학교 기숙사 거주자 두 그룹으로 나누어 조사하였다.

에어컨 사용 시간을 알아보기 위해 에어컨 취출구의 온도를 측정하고, 실내의 온열환경을 알아보기 위해 온도 및 습도를 바닥 위 110 cm 지점에서 측정하였다. 측정 간격은 4분 간격으로 총 9일간 연속 측정하였다.

실내 공간의 물리적 환경 이외에 거주자의 에어컨 사용 특성을 알아보기 위해 거주자 인터뷰를 실시하여, 재실시간, 에어컨 조작 방법, 에어컨 사용 이유, 창문의 개폐조작상태, 착의량 등을

Table 1 Operating time of air conditioner

Studio-apartment			Dormitory		
Resident	Operating time (hour, minute)	Operating time of air conditioner/inhabitant time	Resident	Operating time (hour, minute)	Operating time of air conditioner/inhabitant time
A-1	29h 8m	0.29	B-1	49h 24m	0.50
A-2	10h 36m	0.10	B-2	45h 58m	0.46
A-3	64h 4m	0.44	B-3	73h	0.50
A-4	40h 40m	0.28	B-4	54h 52m	0.38
A-5	18h 8m	0.08	B-5	37h	0.37
A-6	0m	0	B-6	31h 32m	0.31
A-7	0m	0	B-7	33h 20m	0.37
			B-8	26h 16m	0.27
Avg.	23h 21m	0.17	Avg.	43h 55m	0.40

조사하였다. 이밖에 거주자의 성별, 연령 등 기본적인 사항과 에어컨의 기종 및 소비전력을 조사하였다.

2.2 측정 기구

HOBO-RH Temp(Onset company, MA, U.S.A) 데이터 로거를 각 세대별로 2개씩 설치하여 측정 기간 동안의 에어컨 취출기류온도 및 실내온열환경을 동시에 측정하였다. Fig. 1은 에어컨과 방에 호보를 설치한 모습이다.

3. 측정결과 및 고찰

3.1 측정기간 동안의 외기온과 외부습도

Fig. 2는 측정기간 동안의 외기온과 외부 상대 습도를 나타낸 것이다. 외기후에 관한 데이터는 기상청에서 측정된 데이터를 이용하였다. 측정 기간 동안의 평균 외기온은 26.93 ℃, 외부 습도는 67%이고 측정기간 중 최고 외기 온도는 33.2 ℃, 최저 외기 온도는 21.1 ℃였다.

3.2 두 그룹의 에어컨 사용시간 비교

에어컨 사용시간 측정 결과 Table 1에서와 같이 원룸 그룹이 9일간 평균 23시간 21분, 기숙사

그룹이 43시간 55분 사용한 것으로 나타나 약 두 배 정도의 차이를 보였다. 두 그룹의 거주자는 모두 대학생 및 대학원생으로 라이프스타일 및 층 재실 시간이 비교적 비슷하다고 판단했으나 좀 더 정확한 분석을 위해 평균 재실시간 대비 에어컨 사용시간 지수를 산출했다. 에어컨 사용시간 지수의 산출방법은 각 세대의 에어컨 사용시간을 거주자의 하루 평균 재실 시간으로 나눈 것이다. 그 결과 두 그룹의 평균 에어컨 사용시간 지수는 원룸이 0.17(0.24: A-6, A-7제외), 기숙사가 0.4로 나타나 기숙사 거주자의 에어컨 사용시간이 월등히 많음을 알 수 있다. 두 그룹의 사용시간 지수에 유의한 차이가 있는지를 알아보기 위해 독립표본 T검정을 이용하여 분석한 결과 p 값이 0.02로 유의한 차이를 보였다. 기숙사 거주자들의 사용시간이 많은 이유 중 하나는 인터뷰 결과 외출했다 들어왔을 때의 쾌적함을 위해 외출 시에도 에어컨을 틀어놓고 나가는 경우가 많았기 때문인 것으로 나타났다. 원룸 거주자들은 모두 외출 시 에어컨을 끄고 나갔다고 응답했다.

원룸 그룹에서 사용시간과 사용지수 둘 다 가장 높은 거주자 A-3는 재실시간이 다른 피험자들에 비해 월등히 많았기 때문인 것으로 판단되며, 다른 원룸 거주자들은 모두 기숙사 거주자에 비해 에어컨 사용시간 지수가 낮았다. 또한 거주자 A-6, A-7는 측정기간 중 매우 높은 기온임에도 불구하고 에어컨을 한 번도 사용하지 않았는데 이는 전기료의 부담 때문이라고 응답했다.

3.3 에어컨 조작 시의 실내 온열 환경

에어컨을 켜 시점과 끈 시점의 평균 실내온도를 비교하여 보면 두 그룹 간에 차이가 있을 것을 알 수 있다. Table 2에서와 같이 원룸은 평균 실내온도 29.9℃, 기숙사는 27.0℃에서 에어컨을 켜기 시작했고, 원룸 평균 실내온도 27.0℃, 기숙사 23.7℃가 되자 에어컨을 끈 것으로 나타나 원룸 거주자가 기숙사 거주자보다 높은 온도에서 에어컨을 켜고 끈 것을 알 수 있다.

각 세대별로 살펴보면, 원룸에서는 거주자 A-2가 평균 31.3℃로 가장 높은 온도에서 에어컨을 켜고, 거주자 A-3가 평균 26.3℃로 가장 낮은 온도에서 에어컨을 껐다. 기숙사 그룹에서는 거주자 B-1이 29.2℃에서 에어컨을 켜고, 거주자 B-8이 21.1℃로 가장 낮은 온도에서 에어컨을 중지시켰다.

이를 통해, 사용량에 따라 광열비를 부담하지 않는 기숙사는 광열비를 부담하는 원룸 그룹에 비해 경제적 부담감이 없으므로 더 낮은 온도에서 에어컨을 사용한 것을 알 수 있다.

3.4 거주자 인터뷰 결과

각 거주자의 에어컨 사용행태에 대한 파악을 돕기 위해 거주자 인터뷰를 실시하였다. 외출 시 에어컨을 틀어 놓는 편이냐는 질문에 기숙사의 과반 수 이상이 그렇다고 응답했고 원룸은 모두 틀어놓지 않는다고 응답했다. 에어컨 기기의 설정

온도는 평균 20℃ 정도로 두 그룹 간 차이가 없는 것으로 나타났고, 에어컨을 켜는 이유로는 두 그룹 모두 온도가 높아서라는 응답이 제일 많았으며, 기숙사 3명, 원룸 1명의 거주자가 습기제거의 목적으로 켜고 있다고 응답했다. 또한 두 그룹 모두 에어컨의 설정 온도를 자주 바꾸기보다는 설정 온도는 그대로 두고 on/off만 하는 것으로 나타났으며, 두 그룹 모두 잘 때 에어컨을 끄고 창문을 열어 놓는다고 응답했으나 기숙사의 한명의 거주자는 에어컨을 틀어놓고 창문도 열어놓는다고 응답했다. 평소 실내에서의 착의량을 조사한 결과 기숙사 0.24 clo, 원룸 0.15 clo로 원룸에 비해 기숙사의 착의량이 다소 높음을 알 수 있었다. 한 달 에어컨 사용료로 얼마를 지불할 의향이 있는냐는 질문에 기숙사 거주자는 평균 3.17만원, 원룸 거주자는 6만원을 지불하겠다고 응답해 평소 에어컨 사용료를 직접 지불하는 원룸 거주자가 기숙사 거주자에 비해 에너지 사용료에 대한 인식이 높은 것으로 나타났다.

3.5 선행연구와의 비교

3.5.1 선행연구의 개요

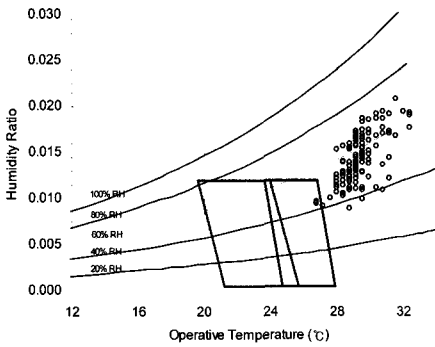
전기료 부담 여부뿐만 아니라 세대 구성원 특성에 따른 거주자의 냉방기 사용행태를 알아보기 위해 Chun and Bae의 선행연구 결과와 비교해 보았다. 선행연구는 2004년 7월 3일부터 8월 31일까지 총 60일간 2~6인으로 구성된 6세대의 일반 공동주택에서 실시되었다. 에어컨 취출온도 및 실내 온습도를 연속 측정하였고, 측정 기간의 평균 외기온은 25.2℃, 외부상대습도는 76.5%였다.

3.5.2 세 그룹의 에어컨 조작 시 실내온열환경

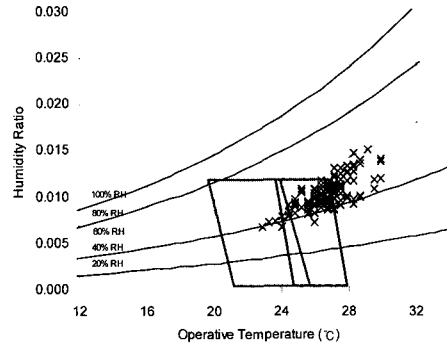
Fig. 3~Fig. 5는 각 그룹에서 에어컨을 키고 끈 시험의 실내 온열환경을 ASHRAE Standard 55²⁾의 쾌적범위와 비교하여 나타낸 그래프이다. 먼저, 전기료의 부담 여부에 따른 각 그룹의 실내온열환경을 비교하여 보면 명확한 차이가 있는 것을 알 수 있다. Fig. 3에서, 원룸은 대다수가 온열쾌적범위 안에 들어가지 않은 높은 온도에서 에어컨을 켜기 시작했고, 에어컨을 껐을 때의 실내온열환경은 일부 여름철 온열쾌적범위 안에 포함되어 있거나 여름철 온열쾌적범위에 근접한 범위인 것으로 나타났다. Fig. 5의 일반 주택의 경우에도 쾌적범위에 포함되지 않는 온도에서 에어컨

Table 2 Mean indoor air temperature when AC turned on or off

Studio-apartment			Dormitory		
Resident	On(℃)	Off(℃)	Resident	On(℃)	Off(℃)
A	31.0	28.8	H	29.2	24.3
B	31.3	28.9	I	26.2	23.2
C	29.1	26.3	J	28.4	24.5
D	29.1	26.5	K	26.1	23.4
E	29.9	27.5	L	26.7	24.3
F	Never used		M	26.7	23.5
G	Never used		N	26.3	23.5
			O	26.5	21.1
Avg.	29.9	27.0	Avg.	26.9	23.7

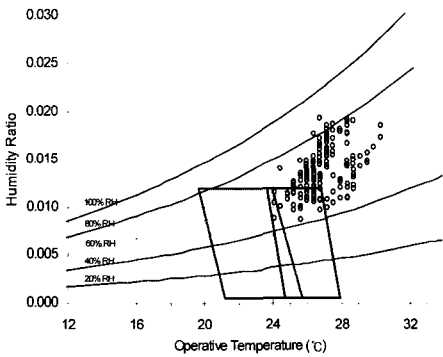


(a) the point of time AC started

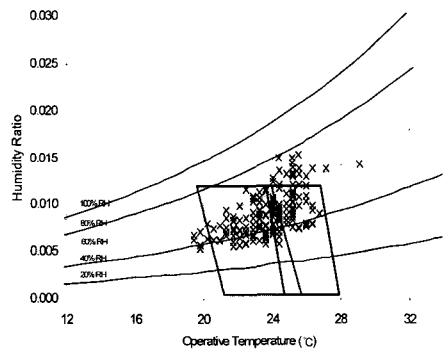


(b) the point of time AC stopped

Fig. 3 Thermal environment on ASHRAE comfort zone when AC operated in a studio apartment.

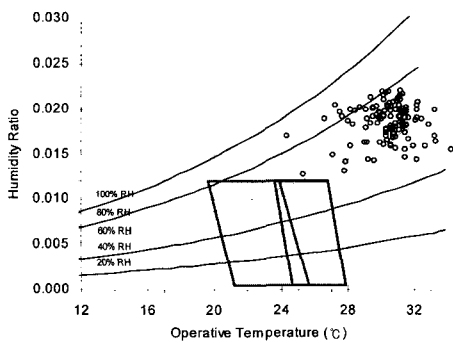


(a) the point of time AC started

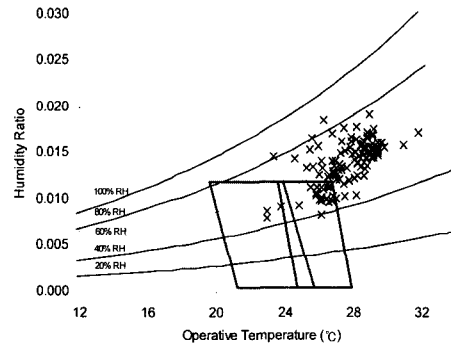


(b) the point of time AC stopped

Fig. 4 Thermal environment on ASHRAE comfort zone when AC operated in a dormitory.



(a) the point of time AC started



(b) the point of time AC stopped

Fig. 5 Thermal environment on ASHRAE comfort zone when AC operated in a family apartment.

컨을 켜고 쾌적범위에 포함되거나 근접한 온도에서 에어컨을 끈 것으로 나타나 원룸과 비슷한 경향을 보였으나, 원룸보다 다소 높은 온도범위에

서 켜고 끈 것으로 나타났다. 한편, Fig. 4의 기숙사의 경우 1/3정도가 여름철 쾌적범위 안에 이미 포함되어 있는 낮은 온도에서부터 에어컨을

작동시켰고, 에어컨을 켜는 때의 온열환경은 거의 대부분이 쾌적범위안에 포함되어 있었으며, 여름철 쾌적범위뿐만 아니라 더 낮은 온도인 겨울철 쾌적범위, 그리고 그 이하에도 일부 포함된 것으로 나타났다.

이것은 전기료의 부담 여부에 따라서 거주자들이 조절한 실내 온열환경범위가 다르다는 것을 의미한다. 또한 기숙사 거주자들이 에어컨을 끄는 시점의 방 온도가 쾌적범위에 포함되어 있을 뿐만 아니라 더 낮은 온도 범위인 겨울철 쾌적범위까지 이르고 있는 것으로 미루어 보아 경제적 부담이 없는 경우 과도하게 낮은 온도까지 나타남을 알 수 있다. 실제 인터뷰 결과 춥다고 느낄 때까지 에어컨을 사용하며 추울 경우 에어컨을 끄는 대신 긴팔 상의를 덧입는다는 기숙사 거주자의 응답도 있었다.

이상의 결과로부터, 전기요금의 부담이 있는 원룸 거주자와 일반 주택 거주자의 경우는 전기요금 부담이 없는 실험실 실험으로부터 얻어진 감각적 쾌적영역보다 높은 온도의 범위로 수용범위가 확대됨을 알 수 있다.

3.5.3 세 그룹의 에어컨 사용시간 예측

각 일별 옥외 기상 요소 중 평균 기온, 최고기온, 최저기온, 평균 상대습도, 최대풍속의 5가지 요소가 당일 에어컨을 사용한 주택의 에어컨 사용시간에 미치는 영향을 선형회귀분석을 통해 상관계수로서 살펴보았다(Table 3). 그 결과, 전반적으로 다소 상관계수가 낮기는 하나 일반 주택은 평

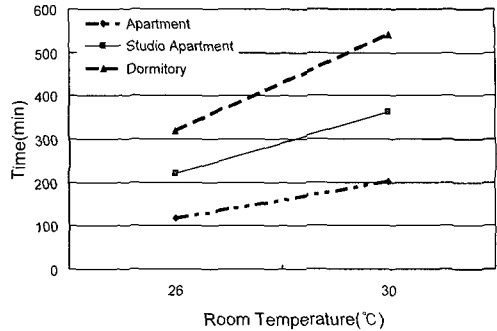


Fig. 6 Predicted AC using time by outdoor air temperature.

균외기온과 최고외기온이, 기숙사는 최저외기온이, 원룸은 평균외기온, 최고외기온, 최저외기온이 비교적 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터, 일반주택은 그 날의 날씨가 더워지면 에어컨을 켜고, 기숙사는 그 날의 날씨가 추워지면 에어컨을 끄는 것으로 유추할 수 있다. 즉, 일반주택에서는 평상시는 에어컨을 사용하지 않다가 실내온도가 한계치를 넘는 정도로 올라가면 에어컨을 켜지만, 기숙사에서는 상시 틀다가 외기온이 낮아져 실내온도가 내려가면 끄는 것으로 생각할 수 있다. 기상요소와 에어컨 사용시간과의 상관관계로부터 도출된 회귀 식 중 비교적 전 그룹에서 상관관계가 높았던 일평균 외기온과 에어컨 사용시간과의 회귀식을 이용하여 세 그룹의 에어컨 사용시간을 예측하여 보았다. 외기온이 26 °C인 경우와 30 °C인 경우를 각각 회귀식에 대입하여 세 그룹의 하루 평균 에어컨 예상 사용시간을 산출한 결과 Fig. 6에서와 같이 기숙사는 각각 318.8분과 540분, 원룸은 각각 221.7분, 363.5분, 일반 주택은 각각 118.5분, 201.5분으로 나타났다.

이상으로부터 같은 외기온일 때 에어컨 사용시간은 주택 < 원룸 < 기숙사의 순으로 나타났으며, 외기온의 상승에 따른 사용시간의 상승분도 같은 순서로 나타나 외기온이 상승하면 기숙사의 사용시간이 보다 큰 폭으로 상승하고, 다음으로 원룸, 일반주택의 순으로 상승하는 것으로 나타났다. 원룸그룹에 비해 일반 주택의 에어컨 사용 시간이 적은 이유로는 경제적 부담과 에너지 절약 인식에 대한 세대 간의 차이, 다양한 세대로 구성되어 있는 만큼 세대 간의 다른 온냉감, 혹은 주부의 경제적 관념 등이 영향요소로 예측된다.

Table 3 Correlation coefficient between outdoor weather and time of using air conditioner

Weather factor	Studio apartment	Dormitory	Family apartment
	R	R	R
Mean outdoor air temperature	0.33	0.34	0.36
Maximum Ta	0.32	0.34	0.35
Minimum Ta	0.33	0.40	0.26
Mean RH	0.19	0.27	0.34
Max wind velocity	1E-06	0.02	0.11

4. 결 론

이상에서와 같이 경제적 요인이 거주자의 에어컨 사용시간 및 수용온도범위에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 실험실 실험을 통해 산출된 ASHRAE Standard 55의 온열쾌적범위는 경제성이 반영되지 않은 것으로, 경제적 부담을 고려하는 주택에서의 수용온도범위는 위와 같은 감각적 쾌적범위와는 다르게 산출됨을 알 수 있다. 따라서 이러한 경제성 및 기타요인에 의한 거주자의 온열환경 조절 가능성을 반영한다면 기존의 좁은 범위의 쾌적범위보다 넓은 수용범위가 현장의 실제 수용온도범위로서 가능하다고 생각된다. 인공기후실내의 수동적 피폭에 대한 감각적(sensory) 평가를 실제현장의 공조운전 목표치로 설정하는 것은 이러한 다양한 변인에 따른 인지적(perceptual)평가의 넓은 수용범위를 점점 더 좁은 범위로 좁혀나갈 가능성이 있으며, 이는 인류의 열적 적응능력 및 지구환경에의 측면에서도 그다지 바

람직하지 못할 수 있다. 또한 가족 구성원의 연령에 따라 선호하는 온열환경이 다르다는 것을 알 수 있으며 이와 같은 각 세대 간의 온열쾌적감의 차이 또한 실내온열환경 설정 시 고려토록 해야 한다.

참고문헌

1. Chun, C. Y. and Bae, N.R., 2005, A study on acceptable thermal comfort zone and resident behavior of operating cooling devices in apartments, *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 17, No. 5, pp. 477-486.
2. ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 2004, Atlanta: American society of Heating Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, Inc.