

# 주거 및 사무환경 챔버에서의 생활소음에 대한 감성적 평가

## Perceptual Evaluation of Noise Sources in a Chamber for Residential and Working Environment

전진용<sup>†</sup> · 김경호\* · 정정호\* · 류중관\* · 조문재\*\*

Jin-Yong Jeon, Kyong-Ho Kim, Jeong-Ho Jung, Jong-Kwan Ryu and Moon-Jae Cho

(2002년 2월 1일 접수 ; 2002년 5월 6일 심사완료)

**Key Words** : Noise in Living Environment(생활소음), Auditory Perception Test(청감실험), Upper/Lower Limit(상·하한치), Zwicker Parameter(Zwicker 파라미터), ACF Factor(ACF요소)

### ABSTRACT

This paper is to provide the basic way of a acoustical evaluation and efficient control noise by investigating the limits of perceptual loudness of living environment and by finding out any correlation between physical characteristics of noise and psychoacoustic parameters. The limits of perceptual loudness were selected by the subjects in a chamber for residential and working environment. And the noise sources were analyzed to find out whether there is any correlation with Zwicker parameters and ACF factors. In this study especially, to set up the domestic evaluation grade about floor impact noise, we'd like to suggest the loudness perception research result as fundamental resource for setting up the evaluation grade through the result that is based on annoyance. In the result of this research, upper limit of heavy-weight impact noise was L-60, and lower limit of it was L-50. On the other hand, upper limit of light-weight impact noise was L-70, and lower limit of it was L-55. It seemed that the loudness of noise from vacuum cleaner noise does not affect its perceived noisiness. Noises implicated in human such as floor walking noise and talking sound, are the most irritating noise in office environment.

### 1. 서 론

최근 들어 생활수준의 향상으로 생활소음의 피해에 대한 거주자의 인식이 높아 졌으며 생활소음에 대한 개선의 요구 또한 증대되고 있다. 이에 따라 생활소음에 대해서 주거 및 사무공간의 음환경 향상을 위한 다양한 노력이 필요하나 아직 국내에는 전반적인 생활소음에 대한 감성적 연구는 부족한 실정이다.<sup>(1)</sup>

특히 최근 이슈화되고 있는 공동주택의 바닥충격음

과 관련해서 지금까지 국내에서는 바닥충격음에 대한 물리적 특성 및 재료 개발에만 중점적인 연구가 진행되었을 뿐 국내의 거주환경과 거주자의 감성적 특성을 고려한 평가방법에 대한 연구는 미약한 것이 현실이다.

따라서 바닥충격음 등 생활소음에 대한 감성적 평가를 위한 다양한 실험 및 평가 방법의 개발이 요구되며 이에 대한 분석 및 검증 방안의 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구에서는 생활소음의 감성적 한계치의 설정을 비롯하여 생활소음의 물리적 특성과 심리음향적 요소와의 관계성을 도출함으로써 감성적 만족도를 근거로 한 주거 및 사무공간의 음환경 평가와 음환경 제어를 위한 방향설정 및 기본 자료를 제공하고자 한다. 특

<sup>†</sup> 책임저자, 정회원, 한양대학교 건축공학부

E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2290-1795, Fax : (02) 2291-1793

\* 정회원, 한양대학교 대학원 건축공학과

\*\* 정회원, 한국표준과학연구원 음향진동그룹

히 주거 소음 중 심각성이 매우 큰 바닥충격음에 대해서는 바닥충격음의 등급설정을 위한 방향설정 및 기본자료를 제공하고자 한다.

바닥충격음을 비롯한 생활소음과 도로 교통 소음에 대하여 헤드폰에 의한 음원의 제시방법을 통해 생활소음의 감성적 평가를 한 전진용<sup>(2)</sup>의 연구에 추가로 본 연구에서는 청감실험 환경조건에 공간적 특성을 부여하여 생활환경과 흡사한 주거 및 사무환경 챔버(chamber)에서 실제 생활공간에서의 소음의 방사형태와 유사하게 음원을 제시할 수 있는 음원제시장치를 통하여 청감실험을 실시하였다. 이후 청감실험에서 설정된 annoyance의 상·하한치에 대해서 Zwicker 파라미터와 ACF(auto correlation function)요소를 이용한 심리음향적 분석을 하였다. 또한 생활소음의 물리적 특성과 심리음향적 요소와의 상관관계를 분석하여 각 소음원별로 annoyance에 영향을 미치는 심리음향적 요소를 도출하였다.

## 2. 청감실험

### 2.1 청감실험 개요

본 연구에서는 주거 및 사무공간에서의 가사나 업무 수행시 소음으로 인한 곤혹도(annoyance)의 평가와 그 상·하한치를 설정하기 위해 한국표준과학연구원에 구축된 주거 및 사무 환경 챔버에서 청감실험을 실시하였다. 주거환경 챔버는 면적이 53 m<sup>2</sup>이고 침실, 주방 및 거실로 구성되어 있으며 사무환경 챔버는 면적이 44 m<sup>2</sup>인 한 개의 실로 구성되어 있고 실험당시 배경소음은 두 챔버 모두 25 dB(A)였다.

청감실험에서 설정된 감성적 한계 상황은 인간의 주관적인 평가를 바탕으로 생활소음에 대한 감성적 상·하한치를 설정하기 위한 것이며 공동주택 및 사무실에서 독서, 신문 읽기 상황과 같은 'Activity'에 대한 방해 정도를 기준으로 설정하였다. 피험자들에게 대한 Annoyance 반응을 위한 상하한치 설정에 관한

Table 2 Subjects participated in auditory perception test

Experiment type	Subjects			Age
	Man	Woman	Sum	
Residential environment noise	18	20	38	23.4
Office environment noise	13	15	28	23.3

구체적인 상황설명은 Table 1과 같다.

### 2.2 청감실험 대상자

생활소음의 상하한치 한계설정 실험으로 20대 초중반의 정상청감자 30명을 대상으로 실시하였다. 청감실험에 참여한 피험자에 관한 구성은 Table 2와 같다.

### 2.3 청감실험 환경 조건

청감실험의 피험자는 주거환경 챔버에 있는 거실 내 쇼파에 앉아 주거 소음을 평가 하였으며 사무환경 챔버에서는 사무실내 의자에 착석한 상태에서 사무환경 소음에 대한 평가를 실시하였다.

주거환경 챔버에는 천장, 바닥, 벽면 등에 4~8개의 스피커가 설치되어 있으며 소음원의 실제 발생위치에 따라 음원제시가 가능한 음원제시 시스템(천장과 벽체에 설치되어 있는 음원제시장치; Lake DSP, 8-channel)을 통하여 제시하였다. 이때 주관적 반응은 의사소통이 가능한 시창 및 무선 의사소통장치를 통하여 실험자에게 전달되도록 하였다. 또한 사무환경 챔버에서도 바닥에서 발생하는 걷는 소리, 물건 낙하음은 바닥스피커를 통하여 제시되었다.

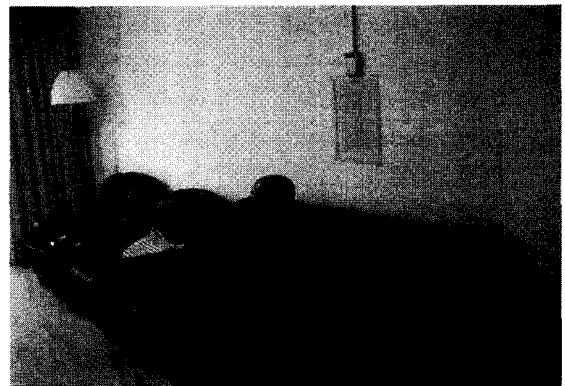


Fig. 1 Residential environment chamber

Table 1 Questions for upper and lower annoyance

Upper limit(unacceptable)	Lower limit(acceptable)
at the point that it is impossible to continue any work by the noises produced from a living room or an office	at the point that the concentration start declining by the noises when reading a magazine or a newspaper in a living room or an office

**Table 3** Noise sources used in auditory perception test

Residential environment noise	Office environment noise
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Floor impact noise</li> <li>· Heavy-weight impact noise</li> <li>· Light-weight impact noise</li> <li>· Ball</li> <li>· Jumping</li> <li>- Refrigerator</li> <li>- Washing machine</li> <li>- Vacuum cleaner</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telephone</li> <li>- Photocopying machine</li> <li>- Office supplies dropping</li> <li>- Walking</li> <li>- Conversation</li> </ul>

**2.4 주거 및 사무환경의 소음원**

실험에 사용된 소음원은 주거환경 생활소음 중 바닥충격음 4가지와 가전기기 소음 3가지, 사무환경소음 5가지 등 총 12가지이며 그 내용은 Table 3에 나타내었다.

생활소음 중 바닥충격음의 음원은 H사 공동주택 현장에서 건축마감공사가 완료되고 각종 가구류가 설치되기 직전의 조건에서 KS F 2810에 따라 녹음 및 측정되었다. 이때 녹음 및 측정된 대상음원으로는 중량충격음, 경량충격음 그리고 최근 JIS A 1418-2에 새로운 중량충격원으로 제안된 고무공 및 실제발생 충격음과 비교를 위한 제자리 뛰기(jumping)음원을 대상으로 하였다.

가전기기 소음은 한국표준과학연구원 반무향실에서 Head & Torso simulator를 이용하여 녹음하였다. 세탁기는 D회사의 용량 6.5 kg 제품으로써 세탁조의 1/2정도를 물로 채운상태에서 작동시 발생하는 소음을, 청소기는 L 회사의 550 w 급 제품으로써 작동시에 발생하는 소음을, 냉장고는 S 회사의 400 l 용량 제품으로써 컴프레서 가동시 발생하는 소음을 각각 1 m 떨어진 위치에서 녹음하였다.

또한 사무환경 소음중에서 사무용품 낙하음에 쓰여진 물품은 필기구, 플라스틱 자, 칼 등이며 역시 1 m 떨어진 위치에서 녹음하였다. 비교적 작은공간인 주거공간과는 달리 사무공간은 대개 넓은 공간을 차지하는 open-space로써 다양한 방향에서 도달하는 음의 정보를 얻기 위해 무지향성 마이크로폰을 사용하였다. 각 소음원은 1채널 마이크로폰을 통해 디지털 오디오

테이프(DAT)에 녹음하였으며, 3회 이상 녹음된 것 중 배경 소음의 영향이 가장 적은 것을 선택하였다. DAT에 저장된 음원은 웨이브 파일(wave file) 형식으로 변환한 뒤 컴퓨터에 저장하였다.

청감실험에 사용된 음원은 바닥충격음에 대해서는 10 초 길이의 경량충격음(35~65 dB), 중량충격음(40~70 dB), 고무공 충격음과 실제 발생충격음을 2dB 레벨차로 각각 16개의 음원을 제작하였으며 가전기기 소음 3가지 음원과 사무소음 5가지 음원은 5초 길이로 38~68 dB(A) 범위 내에서 2 dB 레벨차로 각 소음원당 16개의 음원을 제작하였다.

**2.5 음원 제시 및 챔버에서의 음원 녹음**

청감실험에서 각각 16등급의 레벨차로 제작된 음원은 컴퓨터의 음원출력장치, 음원제시 장치를 통하여 주거 및 사무환경챔버의 스피커를 통해 피험자에게 선택적으로 제시되었다. 실험 실시전 모든 피험자에게 상·하한치 설정 상황에 대하여 동일하게 설명하였으며 각 음원마다 상·하한치를 설정하기 위하여 음원레벨을 단계적으로 하여 제시하였다.

상·하한치 한계치 설정을 위하여 피험자의 반응오차를 최소화하기 위한 단계법(staircase)를 사용하였다.<sup>(3~4)</sup> 이 방법은 실험시간이 단축 되면서도 정확성이 높은 결과를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

각 대상 음원별 하한치와 상한치 값을 40과 80이라는 숫자로 1차로 정하도록 한 후에 2차로 피험자의 주관적인 상하한치 값을 재평가를 하기위해 staircase 방법을 사용하여 피험자의 반응을 조사 하였으며, 반전(reverse)은 3~4회로 제한하여 최종적으로 피험자의 주관적인 상·하한치를 설정하였다. 음원제시는 모든 피험자들에게 동일한 조건(위치, 수, 방향)으로 제시되었으며 피험자의 피로에 의한 반응오차를 줄이기 위하여 실험 중간에 충분한 휴식을 갖게 하였다.

청감실험 결과에 대한 분석을 위하여 피험자에게 제시된 모든 음원을 청감실험이 종료된 후에 챔버내에서 녹음하였다. 바닥충격음과 주거환경소음은 B&K Type 4100 Head and Torso simulator에 의해 바이노럴로 녹음하였다. 청감실험에 사용된 음원과 챔버에서 제시된 음원 녹음에 사용된 기기 및 사양은 다음과 같다.

- Head and Torso simulator (B&K Type 4100)

- Symphonie (01 dB)
- DAT recorder (SONY TCD-D10)
- Omni-directional microphone & preamplifier (B&K Type 4165)
- Notebook & desktop Computer

### 3. 청감실험 결과

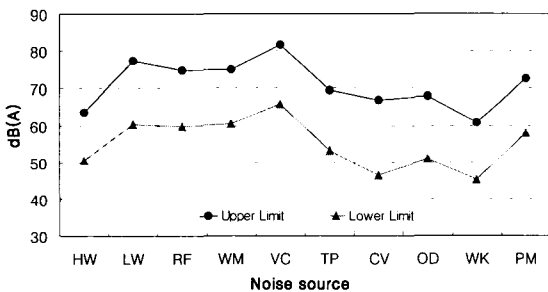
#### 3.1 생활소음의 감성적 상·하한치

각 소음원별 상·하한치는 피험자들이 각각 선택한 상·하한치 음원의 Leq값을 평균한 것으로 나타내었다. 바이노럴로 녹음된 값은 두 개의 값을 평균하여 한개의 값으로 나타내었다. 피험자가 선택한 상하한치 값에 대하여 분산 및 표준편차를 검토하였고 통계적으로 신뢰할 수 없는 값은 평균치의 계산에서 제외하였다. 각 생활소음원에 대해 Leq값을 비교한 결과를 Fig. 2에 나타내었다.

주거환경 소음 중에서는 청소기의 상한치가 83 dB(A)로 가장 높게 나타났으며 이 레벨은 침실 등한 공간내에서 청소기가 반경 3.5 m 이내에서 작동시 발생하는 정도의 크기이다.

청소기의 상한치가 가장 높은 이유는 전진용<sup>(2)</sup>의 연구에서와 같이 청소기의 소음이 기기의 정상 발생 소음으로 지각되기 때문이라고 사료된다.

사무환경 소음에서는 복사기의 상·하한치가 가장 높았고 사람의 행동과 연류된 소리인 발자국 소리, 대화음이 가장 낮은 것으로 나타났다. 따라서 소음에



HW: Heavy-weight impact noise, LW: Light-weight impact noise, RF: Refrigerator, WM: Washing machine, VC: Vacuum cleaner, TP: Telephone, CV: Conversation, OD: Office supplies dropping, WK: Walking, PM: Photocopying machine

Fig. 2 Upper and lower annoyance limits of noise in living environment

관한 정보가 있는 대화 소리나 특정인의 발자국소리 등에 의하여 업무의 집중에 더 방해를 받는 것으로 사료된다.

청감실험 결과 전체적으로 모든 소음원에서 전진용<sup>(2)</sup>의 연구의 청감실험 결과 보다 상한치가 높게 나타났다. 이러한 이유로는 전진용<sup>(2)</sup>의 연구의 실험에서는 소음원이 헤드폰에 의해서 제시되었기 때문에 공간특성이 배제되었고 음원에만 집중을 한 상태에서의 라우드니스 평가였으나, 본 연구에서는 피험자들에게 음원이 제시되는 동안 독서, 업무 등의 Task를 수행하게 함으로써 피험자들이 음원에만 집중하지 않게 되어 상·하한치가 전체적으로 높게 평가된 것으로 사료된다.

Table 4는 바닥충격음의 상하한치 평균값을 L곡선에 적용하여 평가한 것으로 중량충격음은 L-65~L-56, 경량충격음은 L-78~L-60로 한계치가 설정되었다. 이때, L지수 산정을 위한 바닥충격음 음원분석 시에는 최근 개정된 바닥충격음 측정방법(KS F 2810-1/2: 2001)에 따라 경량충격음은 125~2,000 Hz, 중량충격음은 63~500 Hz대역을 대상으로 평가하였다.

바닥충격음의 청감실험결과는 Table 4에 제시된 평균값을 중심으로 4개 음원의 상하한치에 대한 표준편차는 약 3 dB로 나타나고 있으며 이는 피험자들의 상하한치에 대한 분포형태가 정규분포로 가정할 경우 Table 4에 설정된 하한치에서 한 등급을 감한 기준을 설정하면 약 85% 이상의 사람들이 만족할 수 있는 하한치가 설정될 수 있을 것이다. Table 5는 청감실험에서 결정된 상하한치 기준에 한등급씩 감하여 나타낸 것이다.

Table 4 Upper and lower annoyance limits of floor impact noise

Noise source	Classification	L-index		Leq [dB(A)]		Lmax [dB(A)]	
		Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit
Heavy-weight		L-65	L-56	63.6	50.6	70.1	57.3
Light-weight		L-78	L-60	76.1	58.4	77.4	60.3
Ball		L-75	L-61	64.5	52.2	73.8	61.4
Jumping		L-74	L-63	63.3	50.3	74.2	60.2

**Table 5** Upper and lower grades of floor impact noise

Heavy-weight		Light-weight	
Upper limit	Lower limit	Upper limit	Lower limit
L-60	L-50	L-70	L-55

바닥충격음의 loudness 및 noisiness에 대하여 청감 실험을 통하여 연구한 Jeon<sup>(5)</sup>의 연구결과에 의하면 경량충격음보다 중량충격음이 약 4 dB 정도 크고 시끄럽게 들린다는 연구결과가 annoyance를 대상으로 한 바닥충격음의 청감실험에서도 유사하게 나타났다.

### 3.2 Zwicker 파라미터 분석

각 생활소음원별 상·하한치에 대해 Zwicker의 심리음향 파라미터를 분석하였으며 또한 각 소음원의 주관적 반응의 지표인 물리적 특성(Leq)과 Zwicker 파라미터와의 상관관계를 분석함으로써 소음별로 annoyance에 영향을 미치는 Zwicker 파라미터를 도출하였다. Zwicker 파라미터 분석에 사용된 프로그램은 01 dB社의 dBFA32이며 분석설정은 확산음장, 낮 시간으로 하였다.

심리음향적 평가를 위한 Zwicker 파라미터의 항목은 사람이 인지하는 소음의 크기(Loudness), 소음의 날카로운 정도(sharpness), 저주파(20 Hz) 대역의 주기적 변동(fluctuation strength), 20~300 Hz대의 소리의 거친 정도(roughness), 소음의 크기에 대한 주파수별 조화정도(tonality), 소리의 불쾌한 정도(unbiased annoyance) 등이다. 여기서 unbiased annoyance는 sharpness와 fluctuation strength의 합수로 구성되어 있다.

Table 6은 상·하한치에 해당하는 생활소음원의 Zwicker 파라미터 값을 나타낸 것으로써, loudness는 주관적 반응과 높은 연관성을 갖는 파라미터로 청소기가 가장 크게 나타났으며 대화음, 물건낙하음, 발자국 소리 등은 낮은 값을 보였는데, 이는 평가음원의 Leq가 낮기 때문인 것으로 사료된다.

Sharpness에서는 물건 낙하음이 가장 높은 것으로 나타났는데 이는 물건 낙하음이 고주파 성분을 많이 포함하고 있기 때문인 것으로 사료된다.

냉장고 소음의 fluctuation strength가 가장 높게 나타났는데 이는 냉장고 소음이 저주파영역의 소음변동폭이 다른 소음보다 다소 크기 때문인 것으로 사료된다.

**Table 6** Values of Zwicker parameters for the noise sources

		Loud (sone)	Sharp (acum)	Fluc (vacil)	Tonal (tu)	Rough (asper)	Annoy (au)
Refrigerator	Lower	20.42	1.41	1.65	0.1	3.63	279.6
	Upper	51.95	1.51	2.65	0.0	3.83	1742.2
Washing machine	Lower	20.23	1.42	1.35	0.2	3.84	310.7
	Upper	45.89	1.53	1.33	0.1	3.78	1298.5
Vacuum cleaner	Lower	25.65	1.66	1.54	0.7	2.63	410.0
	Upper	63.71	1.86	0.81	0.4	2.42	1765.3
Telephone	Lower	11.17	1.38	1.52	0.6	1.84	145.7
	Upper	27.43	1.50	1.21	0.5	1.22	563.7
Conversation	Lower	6.95	1.05	1.43	0.4	3.79	71.1
	Upper	18.14	1.24	1.58	0.2	2.75	394.0
Office supplies dropping	Lower	6.89	1.47	1.52	0.4	3.09	77.8
	Upper	12.81	1.94	1.60	0.2	2.59	346.6
Walking	Lower	7.62	1.26	1.63	0.3	2.95	73.9
	Upper	13.92	1.29	1.91	0.1	2.99	295.6
Photocopying machine	Lower	16.03	1.56	1.49	0.2	2.51	289.7
	Upper	36.23	1.71	1.39	0.1	2.50	1215.0

전화기와 청소기의 tonality가 가장 높았지만 상·하한치 실험결과 전화기와 청소기 소음에 대한 민감도는 작게 나타나 tonality에 의해 annoyance가 주로 결정되는 것은 아닌 것으로 사료된다.

roughness는 대화음이 가장 높았으며 대화음의 경우 사람에 따라 많은 차이가 있기 때문에 roughness 값의 영향요인을 찾아내기는 쉽지 않았다. 또한 냉장고와 세탁기의 roughness가 높게 나타났는데 이는 300 Hz 이하의 저소음의 변동요인 때문인 것으로 사료된다. 그러나 이 요소가 activity disturbance에는 영향이 없는 것으로 사료된다.

unbiased annoyance는 loudness와 비슷한 유형을 나타내고 있는데 이는 unbiased annoyance가 sharpness, roughness, loudness 10%에 근거한 파라미터이기 때문이다.

Table 7은 각각의 생활소음에 대해서 주관적반응의 지표인 물리적 특성(Leq)과 Zwicker 파라미터와의 상관관계를 분석한 결과를 나타내고 있다. 피험자가 선택한 상하한치와 피험자가 상하한치 값의 중간정도로 느끼는 두 개의 척도값을 그 음원의 물리적 특성인 Leq값으로 나타냈으며 이에 대응하는 Zwicker 파라미터값을 spss 10.0 프로그램을 사용하여 상관관계를 분석한 결과, 대부분의 실험대상 생활소음원들은 사람이 인지하는 소리의 크기를 나타내는 loudness,

**Table 7** Correlation between physical characteristics of noise and Zwicker parameters ( $p < 0.05$ )

	Loud (sone)	Sharp (acum)	Fluc (vacil)	Tonal (tu)	Rough (asper)	Annoy (au)
Refrigerator	0.99	0.99	0.49	-0.94	0.93	0.92
Washing machine	1.00	0.97	-0.11	-0.67	-0.52	1.00
Vacuum cleaner	0.99	0.99	0.31	-0.90	-1.00	0.99
Telephone	0.99	0.97	-0.77	-0.89	-0.96	0.96
Conversation	0.98	0.99	0.96	-0.98	-0.83	0.95
Office supplies dropping	1.00	0.99	0.89	-0.92	-0.97	1.00
Walking	0.98	0.83	0.97	-0.45	0.06	0.97
Photocopying machine	0.99	1.00	-0.07	-1.00	0.29	0.98
Heavy-weight	0.98	0.84	0.98	-0.90	0.56	0.96
Light-weight	0.99	0.75	1.00	0.64	0.27	0.92

\* 은 전진용<sup>(1)</sup>의 연구내용을 인용함.

소리의 날카로운 정도를 나타내는 sharpness와 소리의 불쾌한 정도를 나타내는 unbiased annoyance와 높은 양의 상관관계를 나타냈고 특히 바닥을 충격하는 소음원들은 fluctuation strength와 높은 상관관계를 나타냈다.

### 3.3 ACF 분석

생활소음의 각 소음원별 상·하한치에 대해 ACF (auto correlation function)요소를 분석하였다. 이 ACF요소들은 일본 고베대학의 Ando교수가 제안한 것으로서 ACF에는 초기 시간에 존재하는 에너지인  $\phi(0)$ , ACF function에서 10 dB 감소시간인  $\tau_e$ , 최초 피크치의 진폭(피치의 세기)인  $\phi_1$ , 최초 피크치의 지연시간인  $\tau_1$  등 4가지의 요소로 구성되어 있다.<sup>(6)</sup> Table 8은 생활소음의 각 소음원별 상·하한치에 대해 ACF 요소를 분석한 결과로써  $\phi(0)$ 는 SPL과 비슷한 개념으로 서로 거의 같은 값으로 나타났다.

초기 음압의 지연시간인  $\tau_e$ 값이 긴 것으로는 청소기, 대화음, 전화벨 소음으로써 이 중 청소기 소음은 다른 소음들에 비해 정상소음에 가장 가까운 음원이기 때문에 가장 덜 민감하게 느껴지는 음원으로 분석되었다. 대화음과 전화벨 소리도 이에 준하는 연속소음으로 분석되었으며 기타 소음은 독립적인 불연속 소음으로 분석되었다.

Table 9는 각각의 생활소음의 주관적, 반응의 지표

**Table 8** Values of ACF factors for the noise sources

		$\phi(0)$ [dB]	$\tau_e$ [ms]	$\tau_1$ [ms]	$\phi_1$	SPL [dB]
Refrigerator	Lower	37.64	6.33	4.24	0.10	38.29
	Upper	52.97	6.09	4.00	0.13	53.71
Washing machiner	Lower	35.93	5.32	0.73	0.35	36.73
	Upper	49.66	7.00	0.55	0.39	50.49
Vacuum cleaner	Lower	42.65	25.56	0.87	0.20	43.46
	Upper	58.43	25.40	0.84	0.21	59.26
Telephone	Lower	32.63	24.28	0.80	0.22	31.63
	Upper	46.30	29.50	0.71	0.23	45.57
Conversation	Lower	27.17	11.97	3.70	0.11	27.05
	Upper	43.81	28.80	1.69	0.50	43.85
Office supplies dropping	Lower	28.20	5.15	2.16	0.10	27.69
	Upper	36.83	6.00	1.64	0.13	36.44
Walking	Lower	20.60	3.50	1.71	0.09	20.67
	Upper	35.50	6.76	1.26	0.17	35.28
Photocopying machine	Lower	36.26	4.17	1.34	0.07	36.25
	Upper	50.09	5.52	1.29	0.10	50.15

**Table 9** Correlation between physical characteristics of noise and ACF factors( $p < 0.05$ )

	$\phi(0)$ [dB]	$\tau_e$ [ms]	$\tau_1$ [ms]	$\phi_1$	SPL [dB]
Refrigerator	0.99	-0.10	-0.33	-0.35	0.99
Washing machine	0.86	0.72	-0.07	0.14	0.87
Vacuum cleaner	0.98	0.22	-0.50	0.58	0.98
Telephone	0.86	0.26	-0.11	0.02	0.88
Conversation	0.96	0.76	-0.88	0.94	0.96
Office supplies dropping	0.88	0.78	-0.24	0.30	0.89
Walking	0.96	0.93	-0.64	0.96	0.96
Photocopying machine	0.97	0.98	-0.31	0.87	0.97
Heavy-weight	1.00	0.50	0.79	0.89	1.00
Light-weight	1.00	0.96	0.75	0.94	1.00

\* 은 전진용<sup>(1)</sup>의 연구내용을 인용함.

인 물리적 특성(Leq)과 ACF요소와의 상관관계를 분석한 결과를 나타내고 있다. ACF요소 역시 Zwicker 파라미터와 같은 방법으로 상관관계를 분석하였으며, 상관관계 분석결과 대부분의 실험대상 생활소음원들은 초기 시간에 존재하는 에너지의 값인  $\phi(0)$ , SPL과 높은 상관관계를 나타내었다. 특히 바닥충격음 중

경량충격음은 초기 충격의 감쇠시간인  $\tau_e$ 와도 높은 상관관계를 나타냈다.

#### 4. 분석 및 고찰

주거 및 사무환경에서 발생하는 다양한 생활 소음에 대한 감성적 수용한계치인 annoyance의 상하한치 설정을 위한 청감실험과 심리음향학적 분석 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 각 생활소음원의 상·하한치에 대하여 비교한 결과 주거환경에서는 청소기 소음이, 사무환경에서는 복사기 소리가 가장 높게 나왔다. 이는 피험자들이 청소기나 복사기의 소음을 정상적인 기기 작동소음으로 인정했기 때문에 소음에 의한 annoyance는 적게 나타난 것으로 사료된다.

(2) 주거환경소음 중 바닥충격음인 중량충격음과 경량충격음의 감성적 상·하한치 조사 결과 중량충격음의 상한치는 L-60, 하한치는 L-50 그리고 경량충격음의 상한치는 L-70, 하한치는 L-55로 선정하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

(3) 사무환경소음 중 상·하한치가 낮은 소음원은 발자국소리와 대화음으로써 이는 피험자들에게 가장 시끄럽게 느껴지는 소음으로 나타났다. 사무환경의 음환경 향상을 위해 바닥감재를 개선하는 등 우선적으로 저감되어야 할 것으로 사료된다.

(4) Zwicker 파라미터를 이용한 생활소음에 대한 분석에서는 생활소음의 상하한치와 그에 대응하는 Zwicker 파라미터에 대해서 각각의 값들을 서로 비교 분석한 결과, 피험자들의 주관적인 평가에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 loudness와 unbiased annoyance이며, tonality는 소음의 근축도에 대한 주요 결정요소가 아닌 것으로 사료된다.

(5) ACF 파라미터중  $\tau_e$ 가 긴 음원들은 대체적으로 상한치가 낮게 평가 되었으며  $\tau_e$ 가 짧은 음원들은 상한치가 높게 평가되어 피험자들이 덜 신경이 쓰이는 것으로 분석되었다. 그러나 청소기소음의 경우  $\tau_e$ 이 길더라도 상한치가 높게 평가 되었는데 이는 피험자들이 청소기 소음을 기기의 정상 작동 소음으로 인지하였기 때문으로 사료된다.

(6) 주거 및 사무환경 소음에 대하여 피험자의 주관적 반응의 결과치인 물리적특성(Leq)과 Zwicker

파라미터, ACF 요소와의 상관관계를 분석한 결과 대부분의 생활소음들이 공통적으로 Zwicker 파라미터 중에서 loudness, sharpness, unbiased annoyance가, ACF 요소중에서는  $\phi(0)$ 와 SPL이 생활소음원의 주관적인 평가치와 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

생활소음에 대한 전진용<sup>(2)</sup>의 연구에서는 헤드폰을 사용하여 음원을 제시하였고 본 연구에서는 주거환경 챔버에 설치된 천장과 벽체의 스피커를 통하여 음원을 제시하였다. 이때 헤드폰을 이용한 음원 제시 방법은 상대적으로 작은 소리에 대하여 피험자가 집중하는 반면에 본 실험에서는 실제 거주상황에서의 '작업 집중'이란 Task로 인하여 소음에 대한 신경쓰임이 반감되고, 또한 스피커에 의한 음원 제시 방법은 앰프의 증폭에 의한 잡음 등의 영향으로 하한치 설정에 다소 영향을 미치는 것으로 사료된다.

생활소음의 상·하한치는 청감실험의 반응을 위한 상황 설정 및 음원 제시 방법에 따라 어느 정도 영향이 있는 것으로 나타났다. 그러므로 생활소음에 대한 감성적 평가를 위한 효율적인 평가 방법의 개발을 위해서는 생활소음의 청감반응을 위한 상황 설정에 대한 기준안을 마련하여야 할 것으로 사료되며, 음원 제시 방법에 대해서도 실제 음장을 가장 잘 재현할 수 있는 방법을 선정하여 적용하여야 할 것이다.

생활소음 중 바닥 충격음과 관련해서 실제 충격소음과 중량충격음, 경량충격음 그리고 고무공 충격음 3가지를 비교할 경우 Tachibana<sup>(7)</sup>의 연구에 의하면 콘크리트 바닥구조에서도 고무공의 충격이 실제 충격소음과 유사한 주파수 특성을 나타내는 것으로 나타났다. 또한 청감실험을 통해 4가지 충격음원(중량, 경량, 고무공, jumping)의 loudness를 비교한 Jeon<sup>(5)</sup>의 연구에서도 실제충격음(jumping)은 고무공 충격음과 가장 유사한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과에서도 또한 실제충격음은 Table 4와 같이 고무공 충격음과 L<sub>지수</sub>, Leq, L<sub>max</sub> 범위가 가장 유사한 것으로 나타났다.

#### 5. 결 론

생활소음의 효율적인 감성적 평가를 위해서는 다양한 실험과 평가방법이 개발되어야 하며 이에 대한 분석 및 검증방안에 대한 연구도 수행되어야 한다. 본 연구는 이와 같은 연구의 한 단계로서 실제 생활환경

과 유사한 주거 및 사무환경 챔버에서 청감실험을 실시하여 생활소음의 감성적 만족 한계치 설정과 심리음향적 분석을 실시하였다.

생활소음중 기기의 정상작동 소음레벨이 상대적으로 큰 소음원은 감성적 불만족도가 낮으며, 인간의 행위와 관련된 소음원에 대한 민감도는 높게 나타나 사무 공간의 음환경 개선을 위해서는 우선적으로 공간재료(바닥재, 칸막이 등)의 흡음특성을 보완하는 조치를 하여야 할 것이다.

심리음향적 평가지표인 Zwicker 분석방법과 ACF에서 추출된 요소계산에 의한 소음영향 평가방법은 생활소음에 대한 감성적 평가에 있어서 효과적인 분석방법으로 입증되었다.

## 후 기

이 논문은 한국표준과학연구원의 2001년 감성공학 과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

## 참 고 문 헌

(1) 전진용, 정정호, 2001, "표준음원에 대한 Annoyance 평가 및 차음등급 설정에 관한 연구", 대

한건축학회논문집, 제 17 권 제 7 호, pp. 179~185.

(2) 전진용, 2001, "생활소음의 감성적 평가에 관한 연구" 한국소음진동공학회지, 제 11 권 제 3 호, pp. 443~448.

(3) Dixon, W. J. and Mood, A. M., 1969. "A method for Obtaining and Analyzing Sensitivity data," J. Am. Stat. Ass. 43, pp. 109~126.

(4) Levitt, H., 1971, "Testing for Sequential Dependences," J. Acoust. Soc. Am. 43, pp. 65~69.

(5) Jeon, J. Y., 2001, "Subjective Evaluation of Floor Impact Noise based on the Model of ACF/IACF," J. Sound Vib., Vol. 241, pp. 147~155.

(6) Ando Y., Sato S. and Sakai H., 1999, "Fundamental Subjective Attributes of Sound Fields based on the Model of Auditory-brain System," J. J. Sendra, editor, Southampton: WIT Press. Computational Acoustics in Architecture, pp. 63~99.

(7) Tachibana, H., Hiroshi, T., Masato, Y. and Sho, K., 1998, "Development of New Heavy and Soft Impact Source for the Assessment of Floor Impact Sound of Building," Inter-noise 98.