

주거환경에서 냉장고 소음의 음질 특성

Sound Quality Characteristics of Refrigerator Noise in Real Living Environments

전진용† · 유진* · 장호연* · 이충화* · 정정호*

Jin Yong Jeon, Jin You, Ho Yeon Chang, Chung Hwa Lee and Jeong Ho Jeong

(2006년 3월 6일 접수 ; 2006년 7월 14일 심사완료)

Key Words : Sound Quality(음질), Refrigerator Noise(냉장고 소음), Living Environment(주거환경), Sound Quality Index(음질 인덱스)

ABSTRACT

The sound quality characteristics of refrigerator noise in an anechoic chamber and in a real living environment for 30 models of refrigerators were investigated. Subjective evaluation experiments were conducted to determine subjective tolerance level for refrigerator noise. Refrigerator noise was played from a loudspeaker at the position normally occupied by a refrigerator in a real living environment. A nine-point scale was used to measure subjective satisfaction of the sound pressure levels for refrigerator noise. Point 3 on the scale corresponded to a sound pressure level of about 30 dB(A). Seventy percent of the participants were satisfied with this level of refrigerator noise. A semantic differential test was also conducted to evaluate the sound quality of refrigerator noise. From the results of correlation and multiple regression analyses on the psychoacoustical parameters and subjective evaluations of 30 refrigerators, sound quality indices which predict the subjective rating score were proposed.

1. 서 론

공동주택 거주자의 정온한 주거환경에 대한 요구가 증가함에 따라 생활소음에 대한 불편 호소 사례가 증가하고 있다. 공동주택 외부에서 내부로 유입되는 소음과 함께 거주 공간 내부에서 발생하는 소음에 대한 불편 호소 사례도 함께 증가하고 있다. 특히 각종 가전제품에서 발생하는 소음은 거주 공간 내부에서 발생하는 주된 소음원이 되고 있다. 그 결과 I-INCE (International Institute of Noise Control Engineering)의 TSG(Technical Study Group) 2 에

서도 소비자를 위한 산업제품의 소음 등급을 제안하였고, 각국의 소음등급화 실정을 조사한 바 있다⁽¹⁾.

냉장고는 하루 종일 연속적으로 운전되는 제품으로서 사용자의 사용의사와 상관없이 소음이 발생한다. 최근 냉장고의 소음 수준이 제품 구매 및 인지도에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타나고 있기 때문에 냉장고의 소음 제어가 소비자 및 생산자 모두에게 중요한 현안이 되고 있다.

그러나 냉장고의 생산과정에서 소음 테스트를 통해 일정 소음 수준을 만족하는 제품을 출하하고 있음에도 냉장고 소음에 대한 불만족 및 불편 호소 사례가 감소하지 않고 있다.

냉장고 등 가전제품에서 발생하는 소음에 의한 annoyance는 음압 레벨뿐만 아니라 소음의 주파수 특성, 지속시간 및 인간의 청감특성 등에 의해 영향을 받는다. 따라서 저소음 고품질 냉장고 개발을 위

† 책임저자; 정회원, 한양대학교 건축대학 건축공학부
E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1793

* 정회원, 한양대학교 대학원 건축환경공학과

해서는 실제 사용 환경의 특성을 고려한 심리음향학적 접근 및 분석이 이루어져야 한다⁽²⁾.

이 연구에서는 냉장고의 사용 환경, 즉 주거환경에서의 냉장고 소음 전파 특성과 소음에 대한 청감적 허용 한계 레벨을 조사하여 냉장고의 적정 소음 레벨을 제안하였다. 또한 주거환경에서 발생하는 냉장고 소음에 대한 소비자들의 주관적인 반응을 예측하기 위해 세계 각국의 30여종 냉장고 소음의 주관적인 평가를 통한 음질 인덱스를 제안하였다.

2. 냉장고 소음

2.1 연구 배경

냉장고에서 발생하는 소음은 웬에 의한 송풍소음과 압축기, 모터 등에 의한 구조진동음으로 나뉘어지고, 냉장고 총합소음 중 압축기 소음이 차지하는 비율이 60% 이상이다⁽³⁾. 이전의 냉장고 소음 저감을 위한 연구는 대부분 압축기 소음 저감을 위한 연구에 집중되었다.

압축기 소음 저감을 위해 압축기의 토출맥동압력과 소음과의 연관성을 분석하여 토출공명기를 형성하는 구조개선을 활용하면 2dB 정도의 압축기 소음이 저감되는 것으로 나타났다.^(4,5) 또한 냉장고 후면판에서 방사되는 진동 소음 제어를 위해 flexible joint design을 적용할 경우 2dB 정도의 냉장고 소음이 저감되었다.⁽⁶⁾ 냉동실과 기계실의 송풍소음 및 압축기의 진동 전달경로 등을 차단할 경우 총합소음 4dB 정도가 저감되는 것으로 나타났다.⁽¹⁾

ISO 3745⁽⁷⁾에 규정된 무향실 측정기준은 냉장고 자체의 특성을 측정하고 평가하는 데에는 유용하지만, 실제 주거환경을 고려한 실질적인 음질평가에 적용하는 데에는 무리가 있다. 실내에서 냉장고 소

음의 전달경로 개선을 통하여 소음의 고주파 대역 제어가 가능⁽⁸⁾하기 때문에 저소음 고품질 냉장고 개발을 위해 냉장고가 위치하는 실내 주거환경의 음장 조건에 대한 고려가 중요하다.

인간의 청감특성을 고려한 냉장고 소음의 심리음향 지표에 대한 연구도 진행되었다. 냉장고 압축기 소음의 음압레벨과 음질요소인 Zwicker의 loudness 및 sharpness⁽⁹⁾ 등을 분석한 결과, SPL(A)와 음질요소 간 방사특성 차이가 큰 것으로 나타났다⁽¹⁰⁾. 따라서 특정 제품의 음질 개선을 위해서는 소음의 전달경로과악, 정밀한 소음 측정뿐만 아니라 소음에 대한 주관적 평가 및 측정된 물리량과 주관적 반응의 관계 분석 등이 이루어져야 한다⁽¹¹⁾.

동일한 음압레벨의 냉장고 소음이라 할지라도 지속시간 동안 급격한 변화가 있는 소음에 대해 annoyance 반응이 높게 나타났고⁽¹²⁾, 냉장고 소음의 음질 평가를 통하여 냉장고 소음 평가의 가이드 라인으로 활용한 사례도 있다⁽¹³⁾.

2.2 냉장고 소음 레벨과 불만족도

서울, 경기지역에서 발생한 냉장고 소음관련 클레임 사례를 조사하였다. 클레임을 제기한 냉장고 소음을 정상상태 소음, 변동상태 소음 및 기타 소음의 3 가지 그룹으로 분류한 결과 정상상태 소음이 약 60% 이상을 차지했다. 압축기와 웬, 모터 소음은 정상상태 소음, 댐퍼 및 냉매관련 소음은 변동상태 소음으로 분류하였다.

냉장고 소음도에 따른 각각의 클레임 발생 비율이 Fig. 1에 나타나있다. 약 38 dB(A) 이상의 소음이 발생할 경우 클레임 발생이 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 50% 이상의 클레임이 30평형대 공동주택 거주자로부터 발생하였다. 40평형 이상의 공동주택에서는 클레임이 발생하지 않았다. 그 이유는 40평형 이상 공동주택 평면의 경우 냉장고가 위치하는 부엌과 거실 사이에 냉장고 소음을 차단하는 벽이 포함되는 경우가 많기 때문인 것으로 판단된다⁽¹⁴⁾.

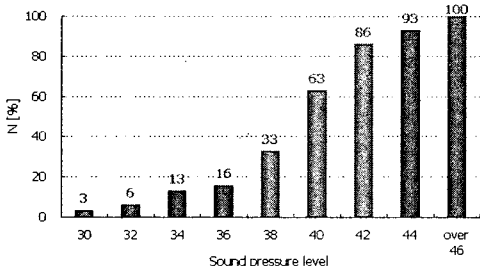


Fig. 1 Sound pressure level of refrigerator noise and cumulative ratio of consumer complaints

3. 냉장고 소음측정

3.1 무향실에서의 냉장고 소음측정

정상작동 중인 냉장고에서 발생하는 소음의 음압레벨 및 주파수 특성 등을 분석하기 위해 무향실에

서 4대(A-D)의 양문형과 1대(E)의 일반형 냉장고 소음을 녹음하였다. 냉장고의 전면, 후면 및 양측면의 중앙점에서 높이 1m, 거리 1m 떨어진 지점에서 소음을 녹음하였고, 녹음 위치별 5대 냉장고 소음의 음압레벨은 Fig. 2와 같다.

냉장고 후면의 음압레벨이 전면의 레벨에 비해 5 ~ 10 dB 높게 나타났는데, 냉장고 후면의 음압레벨이 전면과 양측면의 음압레벨보다 높게 나타나는 이유는 주 소음원인 압축기와 팬, 모터 등이 냉장고 후면 하부에 위치하기 때문이다.

3.2 실제 주거환경에서의 냉장고 소음측정

주거환경에서 냉장고 소음의 레벨 분포를 조사하기 위해 가장 보편적인 공동주택으로 알려져 있는 30평형대의 공동주택을 실제 주거환경으로 선정하였다. S/N 비(signal to noise ratio)를 높이기 위해 야간에 측정이 진행되었으며, 공동주택의 야간 배경 소음은 24 dB, 잔향시간은 500 Hz 대역에서 약 0.7 초로 나타났다. 선정된 30평형 공동주택의 부엌에 5대의 냉장고(A-E)를 설치하고 소음을 측정하였으며, 하루에 냉장고 모델 하나씩 총 5일에 걸쳐 자정으로부터 새벽 2시 이후까지 측정을 진행하였다.

측정 소음의 음압레벨과 Zwicker의 loudness, sharpness, roughness 및 fluctuation strength 등의 음질 요소를 분석하였고, 냉장고 소음 측정에 사용된 주거환경의 거실과 부엌 평면이 Fig. 3에 나타났다. Fig. 3에 소음의 실내 분포 특성을 조사하기

위한 부엌 및 거실의 22개 측정 지점이 X로 표시되어 있다. 또한 소음의 실내 거리감쇠를 조사하기 위해 냉장고 전면 1m 지점과 2, 3, 4m 떨어진 지점(0로 표시)을 추가로 측정하였다.

측정대상 공동주택의 거실과 부엌에 위치한 25개의 측정지점에서 녹음한 5대의 냉장고 소음 분석 결과가

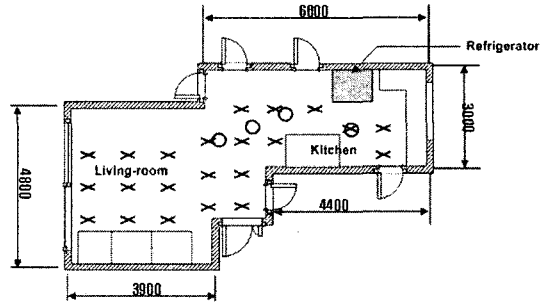


Fig. 3 Apartment plan and measurement positions

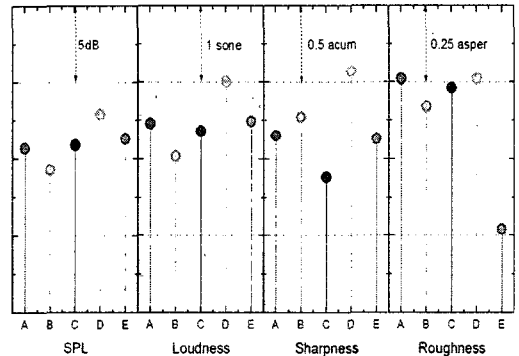


Fig. 4 SPL and sound quality parameters of refrigerator noise in the real living environment; average values of 25 positions

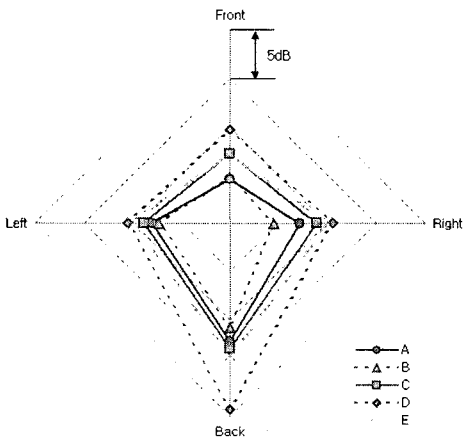


Fig. 2 Radiation characteristics of noises from five refrigerators in an anechoic chamber

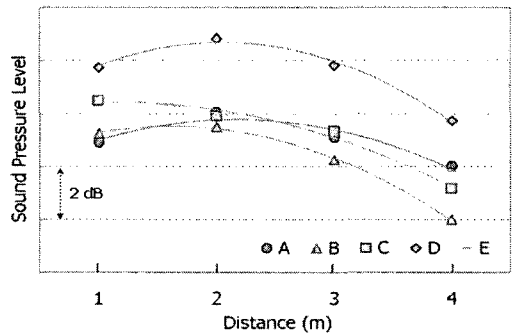
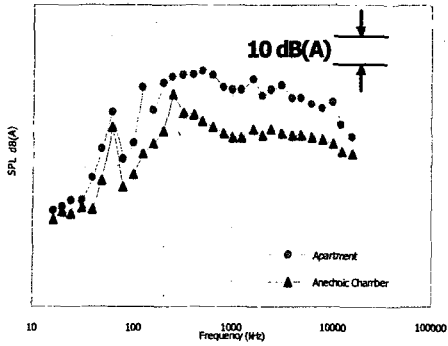
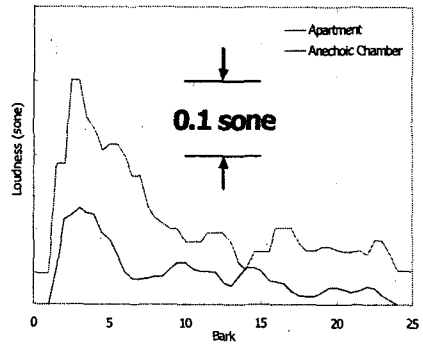


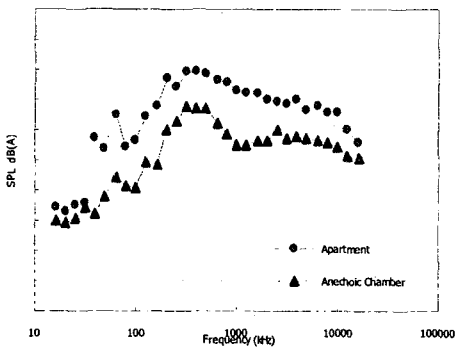
Fig. 5 Noise level attenuation with distance in the real living environment



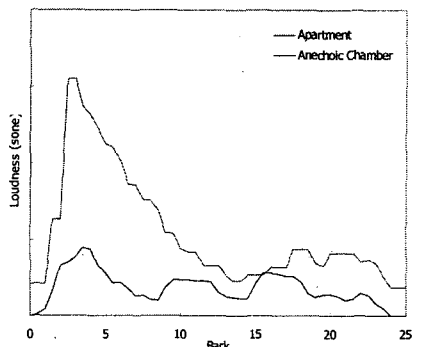
(a) Refrigerator A



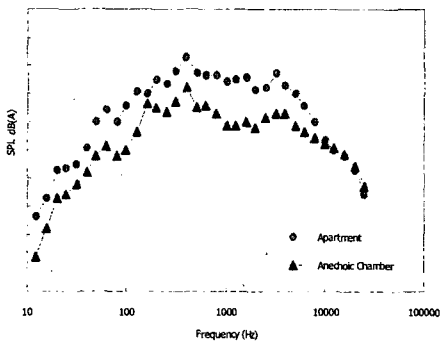
(a) Refrigerator A



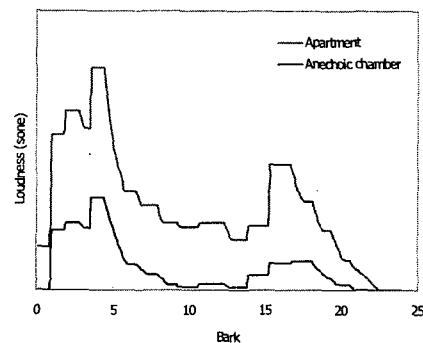
(b) Refrigerator B



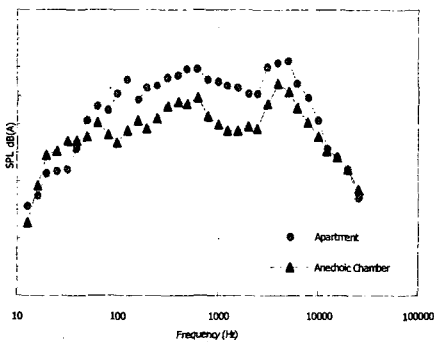
(b) Refrigerator B



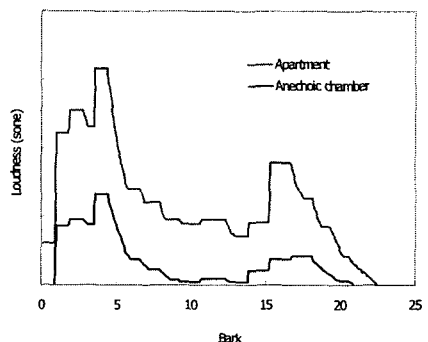
(c) Refrigerator C



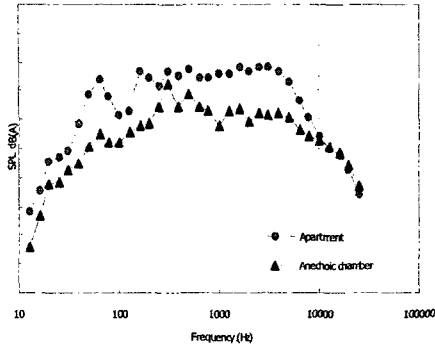
(c) Refrigerator C



(d) Refrigerator D



(d) Refrigerator D



(e) Refrigerator E

Fig. 6 The comparison of refrigerator SPL between anechoic chamber and living environment

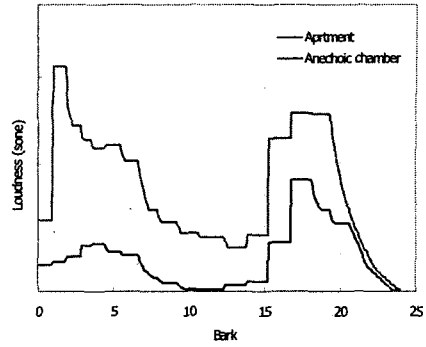
Fig. 4에 나타나 있다. 측정결과에 대하여 각 냉장고 종류별로 구분하여 통계분석을 실시한 결과, 음압과 loudness 및 sharpness의 경우 냉장고 5대 사이에 유의한 차이가 나타났고, roughness의 경우 냉장고 E와 나머지 냉장고들 사이에 유의한 차이가 나타났 다(ANOVA, $p < 0.01$).

실제 주거환경에서의 거리증가에 따른 냉장고 소음의 음압감쇠가 Fig. 5에 나타나있다. 음압감쇠를 조사하기 위한 각 거리별 측정 위치는 Fig. 3에 0로 표시된 냉장고 전면 1m 위치와 2, 3, 4m 떨어진 위치로 선정하였다. 대부분의 냉장고에 대하여 1m 당 1.0~1.2 dB의 음압감쇠 경향이 나타났으며, 냉장고 D의 경우 다른 냉장고들에 비해 음압레벨이 2 dB 높은 것으로 나타났다.

냉장고 위치로부터 거실 위치까지의 음압감쇠는 5~7 dB로 나타났고, loudness와 sharpness의 평균 감쇠는 각각 1.6 sone과 0.3 acum으로 나타났다.

3.3 무향실과 주거환경 측정결과 비교

무향실과 주거환경에서 측정한 냉장고 소음 음압 레벨의 주파수 특성을 비교하여 Fig. 6에 나타내었다. 비교를 위해 사용된 소음은 모두 냉장고 전면 1m 위치에서 녹음된 음원이며 동일한 시료의 냉장고로 두 가지 환경에서 측정하였다. Fig. 6과 같이 주거환경 측정 소음이 무향실 측정 소음에 비해 중 주파수 대역에서 15~20 dB 큰 값을 갖는 것으로 나타나는 데 이것은 주거환경에서 냉장고 후벽 및 측벽에 의한 영향으로 사료된다.



(e) Refrigerator E

Fig. 7 The comparison of refrigerator loudness between anechoic chamber and living environment

Fig. 7은 무향실과 주거환경에서 측정한 냉장고 소음의 loudness 비교를 나타낸다. 주거환경 측정 소음의 loudness가 무향실 측정 소음에 비해 바크 밴드 당 평균 0.1 sone 증가했고, total loudness는 약 2.3 sone 증가하였다.

주거환경 측정 소음의 loudness가 5 bark 이하 대역과 15~20 bark 대역에서 다른 대역에 비해 크게 증가하였는데 이것은 주파수 대역별 잔향시간 및 마감 재료의 흡음률 등 실내 주거환경의 음장조건에 의한 것으로 사료된다.

4. 냉장고 소음의 주관적 평가

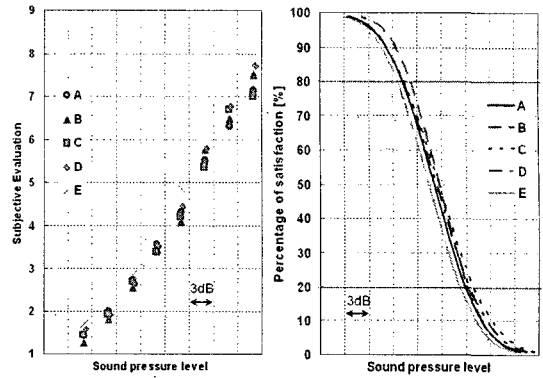
4.1 실험 과정

냉장고 소음 측정을 위한 주거환경으로서 사용되었던 30평형 공동주택에서 냉장고 소음에 대한 주관적 평가를 실시하였다. 부엌의 냉장고 위치에 라우드스피커를 설치하여 무향실에서 녹음된 냉장고 소음을 재생하였다. 50명의 주부와 50명의 대학(원)생으로 구성된 총 100여명이 피실험자로서 이 실험에 참여하였고, 제시 음원에 대한 반응 기준은 Table 1과 같이 소음의 크기와 쾌적성의 두 가지 항목에 대해 9점 척도로 평가하도록 하였다.

청감실험은 약 30분 정도 소요되었고, 5대의 냉장고 소음에 대하여 주관적인 annoyance 한계치를 '소음의 크기' 및 '쾌적성' 항목 각각에 대하여 평가하도록 하였다. 피험자가 선택한 annoyance 한계

Table 1 Subjective evaluation scale⁽¹⁵⁾

	소음의 크기	쾌적성
1	전혀 들리지 않는다	쾌적한 생활, 수면 가능
2	거의 들리지 않는다	가끔 의식되는 때도 있지만 쾌적한 생활 가능
3	멀리서 들린다	일반적으로 의식되지만 쾌적한 생활 가능
4	작게 들린다	신경 쓰이지만 생활에는 지장이 없음
5	들린다	거슬리기 시작함
6	잘 들린다	꽤 거슬림
7	크게 들린다	참을 수 있는 한계
8	아주 크게 들린다	도저히 참을 수 없음
9	엄청나게 크게 들린다	사용 불가능



(a) subjective scale (b) satisfaction
Fig. 9 Subjective evaluation results in real living environment

레벨 차이가 약 4dB(A)로 나타났다. 또한 동일한 음압레벨에서 냉장고 종류에 따라 만족도가 약 10% 범위의 차이를 보이는데 이것은 각 냉장고 소음의 roughness 등의 음질 특성 때문인 것으로 사료된다.

5. 냉장고 소음의 의미미분법 실험

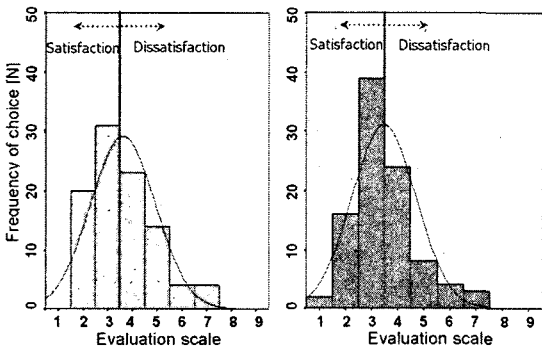
5.1 실험 과정

냉장고 소음의 음질을 평가하기 위해 형용사 어휘를 활용하는 의미미분법 실험(semantic differential test)을 진행하였다. 이 실험을 위해 가전기기 소음을 표현하는 35개 어휘와 소음의 감성평가에 적절하다고 판단되는 10개 어휘가 선정되었고⁽¹⁶⁾, 냉장고 소음의 음질에 관한 이전연구를 통해 24개의 어휘가 추가되었다⁽¹³⁾. 이상의 69개 어휘에 대해 대학생 10명을 대상으로 냉장고 소음 표현 적합도를 평가하였다. 5점 척도를 사용하여 3점 이상을 획득한 24개 형용사 어휘를 최종적으로 선정하여 실험에 사용하였다.

각 어휘는 반대어와 함께 쌍으로 구성되었으며 7점 척도로 평가하도록 하였다. 음원의 구성 및 재현은 4의 주관적 평가와 동일하게 진행되었으며, 음원 제시시간은 음원 당 30초씩 제시하였다.

5.2 실험 결과

실험 결과는 Fig. 10과 같다. 7점 척도 중 보다 큰 숫자로 향할수록 해당 형용사에 대한 소음의 음질이 긍정적으로 평가된 것이다. 냉장고 소음에 대



(a) Noisiness (b) Amenity

Fig. 8 Selection for subjective allowable annoyance scale for refrigerator noise in 9 scales

치를 기준으로 식 (1)과 같이 각 실험 음원에 대하여 주관적 한계치 이하의 반응 개수를 전체 반응 개수로 나누어 주관적 만족비율을 도출하였다.

$$\text{Percentage of satisfaction} = \frac{\text{number of responses within limit}}{\text{total number of responses}} \times 100(\%)$$

(1)

4.2 실험 결과

Annoyance 상한치는 Fig. 8과 같이 피험자의 반응 중 50% 이상이 만족하는 수준을 고려하여 9점 척도 중 3점 수준으로 선정하였다.

Fig. 9와 같이 주관적 annoyance 상한치에 해당하는 소음도와 피험자의 90%가 만족하는 소음의

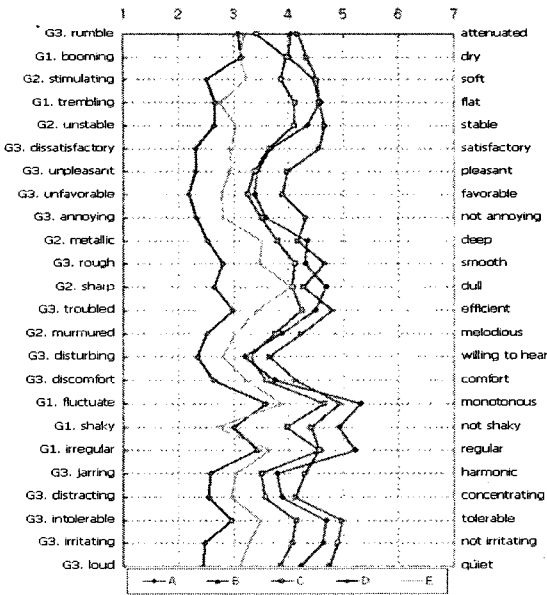


Fig.10 Semantic profiles for the noise of five refrigerators

한 주관적인 느낌의 종류를 조사하기 위해 24개의 형용사 어휘들에 대해 요인분석(factor analysis)을 실시하였다. 베리맥스 회전에 의한 주성분방법에 의해 요인을 추출한 후 고유값 곡선(eigen-value curve)을 기준으로 고유값 1 이상의 요인만을 선택한 결과, 3개의 그룹(그룹1- '울리는', 그룹2- '금속성의', 그룹3- '불편한')으로 나뉘었다. 그룹 1의 형용사들은 소음의 변조와 시간에 따른 변화를 주로 표현하고, 그룹 2의 형용사들은 소음의 날카로운 정도를 표현하며 그룹 3의 형용사들은 소음에 의한 불만족도를 나타낸다.

형용사 어휘의 3개 그룹과 loudness, sharpness, fluctuation strength 등의 음질요소의 상관분석을 실시한 결과, 그룹 1은 tonality (-0.93)와 상관도가 높았고, 그룹 2는 loudness (-0.91) 및 sharpness (-0.88)와 상관도가 높았으며 그룹 3은 N10 (-0.97) 등의 loudness 관련 요소와 상관도가 높게 나타났다. 기술된 상관계수는 유의수준 0.01에서 유의한 결과로 나타났다.

6. 냉장고 소음의 음질 인덱스

6.1 인덱스 도출 과정

세계 각국 30여종 냉장고의 소음을 무향실에서

녹음하였다. 정상작동 상태 소음에 대하여 냉장고의 양측면 중앙점으로 부터 1m 떨어진 지점을 측정 지점으로 선정하였고, 냉장고 후면과 바닥에 반사판이 설치되었다. 30종 냉장고로부터 녹음한 60개의 무향실 음원에 30평형 공동주택 시뮬레이션 모델을 통하여 실제 주거환경 정보를 입력하였다.

가칭화한 냉장고 소음에 대한 주관적인 평가가 진행되었다. 20대 중후반의 대학생 10명을 대상으로 청감실험을 실시하였으며, MEDS 2002-B-1 소프트웨어를 사용하여 실험음원을 무작위로 제시하였다. 각 실험음원은 청감실험 전용 챔버에서 헤드폰(sennheiser HD 600)을 통해 피실험자에게 들려주었다. 주관적 평가 방법은 4의 평가방법과 동일하게 2개 항목에 대하여 9점 척도를 사용하였다.

6.2 음질 인덱스 도출

30종 냉장고의 60개 소음 음원에 대한 주관적 평가 결과와 소음원의 음질 요소의 상관분석 결과, loudness($r = 0.96$), roughness($r = 0.72$) 및 fluctuation strength($r = 0.80$)가 유의한 상관도를 나타냈다. 주관적 평가 결과와 음질 요소의 선형 회귀분석 결과, 식 (2)와 같이 음질 인덱스를 도출하였으며, loudness 및 fluctuation strength의 회귀계수가 유의하게 나타났다($r^2 = 0.94$, **: $p < 0.01$). 이러한 과정을 통해 냉장고 소음의 주관적인 평가 결과를 예측하는 모형, 즉 냉장고 음질 인덱스를 제안할 수 있다.

$$SQ = a_1 \text{ Loud} + a_2 \text{ Sharp} + a_3 \text{ Rough} + a_4 \text{ Fluct} + c_1 \quad (2)$$

7. 결론

냉장고 소음을 측정하고 평가함에 있어서 실제로 냉장고가 사용될 환경, 즉 주거환경을 고려함이 마땅하다. 그러나 생산과정에서 냉장고 소음 측정이 주로 무향실에서 이루어지기 때문에 주거환경 측정 소음의 음압레벨과 무향실 측정 소음의 음압레벨 사이의 보정이 필요하다.

주거환경과 무향실에서의 냉장고 소음 측정 결과, 냉장고로부터 동일한 거리만큼 떨어진 위치에서 평균 10 dB 이상의 음압레벨 차이가 나타났다. 또한

주거환경에서 냉장고 위치로부터 거실 위치까지의 음압감쇠는 5~7 dB로 나타났다. 따라서 주거환경 거실 위치에서 소비자가 만족하는 소음의 음압레벨을 구현하기 위해서는 무향실과 주거환경 사이의 레벨 차이 및 주거환경 내에서 거리에 따른 음압 감쇠를 고려하여 레벨을 보정해야한다.

24개의 형용사 어휘를 활용하여 냉장고 소음의 음질을 평가한 결과, 형용사들을 3개의 그룹으로 나눌 수 있었다. 그룹 1의 경우 소음의 전반적인 특성을 나타내는 것으로 나타난 반면, 그룹 3의 경우 소음으로 인한 불만족도를 나타내는 것으로 나타났다.

주거환경에서의 냉장고 소음에 대한 주관적인 평가를 예측하기 위해 음질 요소를 사용한 음질 인덱스를 도출하였다. 세계 30여 종의 냉장고 소음에 대한 분석 및 주관적 평가 결과로 도출한 이 음질 인덱스를 통해 특정 냉장고 소음에 대한 주관적인 평가 결과를 95% 이상 예측할 수 있을 것으로 사료된다.

단순히 소음의 음압레벨을 저감하는 것만으로는 냉장고 소음에 대해 불평을 토로하는 소비자를 만족시키기 어렵다. 냉장고 소음의 측정과 평가 시에 실제 사용 환경을 감안하고 심리음향적 요인을 고려하여 음질을 개선할 때 소비자를 만족시키고 보다 정돈한 주거환경을 조성할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- (1) Berry, B. F., 2002, "The Work of I-INCE Technical Study Group 2 on Noise Labels for Consumer and Industrial Products", *Proceedings of Inter-noise 2002*.
- (2) Gu, J. H., Lee, S. K., Kim, J. R. and Lee, E. Y., 2004, "A Study of Development of Sound Quality Index of a Refrigerator Based on Human Sensibility Engineering", *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol 14, No. 11, pp.1195~1202.
- (3) Seo, S. H., Kwak T. H., Kim C. J., Park J. K. and Jo, K. S., 2000, "Noise and Vibration Reduction of a Household Refrigerator", *Proceedings of HVAC Refrigeration Engineering*, pp. 1133~1137.
- (4) Kim, K. M., 1995, "Study of Efficiency and Noise Improvement in a Reciprocating Compressor for Refrigerator", *HVAC Refrigeration Engineering*, Vol. 24, No. 1, pp. 71~81.
- (5) Yoo, W. H., Back, C. G. and Song, J. H., 1996, "The Search for Relations Between Compressor Noise and Refrigerator Noise", *Proceedings of Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp.32~36.
- (6) Paris, J. L. and Tabuenca, P. S., 2002, "Evaluation of the Noise Emitted by the Condenser of a Household Refrigerator", *Proceedings of First Pan-Americans/Iberian Meeting on Acoustics*.
- (7) ISO 3745, 2003, "Acoustics-determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Pressure-precision Methods for Anechoic and Hemi-anechoic Rooms".
- (8) Joo, J. M., Kim, J. R. and Lee, D. G., 2001, "Measurement and Control of Abnormal Sound for Refrigerator", *Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference*, pp.380~384.
- (9) Zwicker, E. and Fastl, H., 1999, "Psycho-acoustics: Facts and Models", Springer Verlag.
- (10) Cerrato-Jay, G., Collings, D., P. E and Lowery, D., 2002, "Implementation of Sound Quality Measurements in Component Rating Tests", *Proceedings of SQS-2002*.
- (11) Ebbitt, G. and Davies, P., 1998, "The role of Sound Quality Assessment in Noise Control", *Proceedings of NOISE-CON 98*.
- (12) Cardozo, B. L. and van der Veen, K. G., 1979, "Estimation of Annoyance due to Low Level Sound", *Applied Acoustics*, Vol. 12, No. 5, pp.389~396.
- (13) Joo, J., Lee, J., Oh, S. and Meis, M., 2003, "Sound Quality Evaluation for the Refrigerator and the Air Conditioning System", *Proceedings of Inter-noise 2003*.
- (14) Lee, C. H., Jeong, J. H. and Jeon, J. Y., 2004, "Evaluation of Indoor Refrigerator Noise in Steady-state Condition", *Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference*, pp. 790~795.

(15) 日本建築學會, 建築物の遮音性能基準と設計指針 第二版, (技報堂出版, 1999), pp. 28 ~ 33

(16) Kuwano, S., Namba, S., Hashimoto, T., Berglund, B., Rui, Z. D., Shick, A., Hoege, H. and Florentine, M., 1991, "Emotional Expression of Noise: A Cross-cultural Study", Journal of Sound and Vibration, Vol. 151, pp. 421 ~ 428.

(17) Rindel, J. H., 1999, "Acoustic Quality and Sound Insulation between Dwellings", Journal of Building Acoustics, Vol. 5, pp. 291~ 301.

(18) Khan, M. S. and Dickson, C., 2002, "Evaluation of Sound Quality of Wheel Loaders Using a Human Subject for Binaural Recording", Journal of Noise Control Engineering, Vol. 50, No. 4, pp. 117 ~ 126.

(19) Tamesue, T., Yamaguchi, S., Saeki, T. and Kato, Y., 2005, "A Method for Prediction of Listening Score and Psychological Impression in an Actual Noise Environment", Journal of Sound and Vibration, Vol. 287, pp. 625 ~ 636.