

## 공동주택 욕실 배수소음의 주관적 평가

### Subjective Evaluation of Drainage Noise in Bathroom of Apartment Buildings

장호연\* · 류종관\*\* · 진진용\*\*\*

Ho Yeon Chang, Jong Kwan Ryu and Jin Yong Jeon

**Key Words** : Subjective Evaluation (주관적 평가), Auditory Experiment (청감실험), Evaluation Scale (평가척도), Allowing Limit (한계치)

#### ABSTRACT

In this study the drainage noises were investigated for the subjective allowing limitation and the testified classes. 7 point scale was selected to evaluate the annoyance level with vocabularies. As a result, 'a little annoying' is the most suitable expression for the allowing limitation, and the sound pressure levels for the urinal was 43.5dB and the bathtub was 44.6dB.

#### 1. 서론

공동주택에 거주하는 사람이면 누구나 상부 세대에서 발생하는 배수 설비소음으로 불편감을 경험한 적이 있을 것이다. 주거 공간 내에서 발생하는 배수 설비소음으로 대표적인 것은 욕실의 양변기, 세면대, 욕조 및 샤워기 배수소음과 주방의 싱크대 배수소음, 다용도실의 세탁배수, 발코니의 배수관 소음 등이 있다.

비록 배수 설비에서 발생하는 소음은 그다지 레벨이 높지 않고, 장시간 지속되는 소음이 아니기 때문에 쉽게 지나칠 수도 있을 법하지만 이러한 소음이 늦은 밤 특히 취침을 취할 시간에 발생한다면 간과할 수만은 없을 것이다. 그중에서도 특히 주거환경에서 가장 빈번하게 접할 수 있는 욕실 배수소음은 큰 영향을 미친다. 기존의 생활 소음실태 조사에 의하면 욕실 배수소음이 거주자에게 가장 인지도가 높은 것으로 나타났다. 또한 자기세대 내에서 발생하는 급배

수 소음으로 인한 방해정도를 분석한 결과 자기 소음이 전달되는데 대한 프라이버시의 결여를 우려하는 반응을 보였으며, 신경질 또는 짜증을 일으킬 수 있는 것으로 나타났다. (대한주택공사, 1992)

그러나 현재 국내에는 이러한 배수 설비소음의 측정 및 평가기준이 미비한 상황이다. ISO에서는 실험실 측정법인 "Acoustic Laboratory Tests And Noise Emission From Appliances And Equipment Used In Water Supply, ISO 3822/1"을 제정하여 발생소음 등 급기준을 제시하여 사용하고 있으며, 일본의 경우 1983년 ISO 3822/1을 참고하여 급수기구 발생소음의 실험실 측정방법인 JIS A 1412를 제정하였으며 설비소음의 예측에 활용하고 있다[1].

국내에서도 욕실 배수 설비소음의 평가기준 설정을 위해서는 적절한 평가방법 구축이 선행되어야 하며 우선적으로 거주자의 주관적 반응을 조사하여 거주자의 감성적 만족기준을 설정하여야 한다.

본 연구에서는 욕실 배수소음에 대한 감성적 한계치를 설정하기 위해 배수소음 레벨에 따른 주관적 신경쓰임의 정도를 조사하였다. 또한 소음레벨에 따른 객관적인 평가 어휘 및 척도를 설정하기 위해 청감실험을 실시하였다.

\* 한양대학교 건축공학과 석사과정  
E-mail : hoyeon80@hotmail.com  
Tel : (02) 2230-1755, Fax : (02) 2291-1793

\*\* 한양대학교 건축공학과 박사과정

\*\*\* 한양대학교 건축공학부 부교수

## 2. 측정방법 및 결과

### 2.1 욕실 배수 소음 레벨 측정 및 녹음

청감실험에 앞서 공동주택의 배수 설비소음으로 욕실의 양변기 배수소음, 세면대 급배수소음, 욕조 배수소음을 측정하였다. 측정은 서로 평면형태가 다른 30평형 아파트 세 곳에서 실시하였으며, 상층부에서 각각의 설비소음을 발생시키고 하부층의 수음실에서 수음하였다.

현재 실내에서의 급배수 설비소음 측정방법에 관한 국내 규정이 없으므로, 'KS F 2809 공기 전달음 차단 성능 현장 측정방법'에 준하여 현장 측정 및 녹음을 실시하였다.

현장 수음실의 Microphone은 벽 또는 바닥 반사에 의한 영향을 최소화하기 위하여 벽이나 장애물로부터 0.5m이상 이격시켰고, 바닥으로부터 1.2m 높이에 설치하여 욕실 내에 Microphone 간의 이격거리가 서로 0.7m이상 되도록 5개소 위치에 설치하였다. Head & Torso Simulator (B&K Type 4100)와 DAT Recorder (SONY PC208AX)를 사용하여 청감실험에 사용할 음원을 녹음하였다.

녹음방법은 세면대의 급수 및 배수 소음을 동시에 발생하여 3회 녹음하였으며, 세면대에 물을 가득 채워 3회 배수하는 소음을 녹음하였다. 또한 욕조 배수소음은 3회 측정하였고, 양변기 급배수소음은 5회 측정하였다. 욕실내의 배경소음을 최소화하기 위하여 측정 시 팬 가동을 정지하여 팬 소음을 제거하였으며, 욕실 배수소음의 전달 특성을 조사하기위해 위층 욕실과 아래층 욕실 사이의 차음성능을 측정하였다.

### 2.2 측정결과 및 분석

각 음원별 측정된 결과의 분석은 1/3 Octave Band Spectrum으로 하였고, 평가에는 인간의 청감 dB(A)를 사용하였다.

측정결과 Table 1에 나타난 바와 같이 욕실 배수소음 레벨은 평균적으로 35~45dB(A) (Leq)로 그중 양변기의 소음레벨이 가장 높은 것으로 나타났다. A, B, C 세대의 욕실은 모두 비슷한 크기로 약 1.2~1.3 평이었으며 사이폰식 양변기가 설치되어있었다.

세면대의 배수 소음은 2가지 방법으로 측정하였다. 세면대에 물을 가득 채운 상태에서 배수하는 소음과, 물을 틀어놓은 채로 배수하여 급배수가 동시에 일어날 때 발생하는 소음을 각각 녹음하였다.

Table 1과 같이 각 세대에서 세면대의 배수소음과 급배수 동시에 일어난 소음은 그다지 큰 차이가 없었다. 또한 세면대의 배수소음은 매우 작아서 쉽게 인

지되지 않았다.

Table 1 Result of each household measured

	A 세대	B 세대	C 세대
아파트 평수	32 평	38 평	32 평
세면기 배수소음 dB(A)	36.1	43.5	39.9
세면기 급배수소음 dB(A)	36.7	41.4	38.8
욕조 배수소음 dB(A)	40.8	43.6	42.3
양변기 배수소음 dB(A)	45.2	44.2	42.4
상하 욕실 간 차음성능	STC 51	STC 52	STC 67

욕실의 차음성능 측정결과 A, B, C 세대 모두 차음성능이 우수하게 나타났다. 미국 FHA (Federal Housing Administration)에 의하면 욕실의 차음성능은 STC 52를 1등급으로 규정하고 있다[2]. 그러나 C 세대의 경우 다른 세대에 비해 차음성능이 월등히 우수함에도 불구하고 배수소음이 비슷하게 측정된 결과를 미루어 볼 때, C세대의 욕실 배수소음은 공기 전달음이 아닌 설비기기를 통한 고체 전달소음에 의한 것으로 사료된다.

## 3. 청감실험

### 3.1 실험 개요

실제 공동주택 욕실에서 녹음된 음원을 사용하여 피험자 20명을 대상으로 청감실험을 실시하였다. 청감실험 시 피험자에게 부여된 설문내용은 제시된 소음에 대하여 음압레벨에 따라 적합한 어휘를 선정하도록 하고 그 어휘에 부합하는 절대적인 수치를 7점 척도로 표현하여 소음강도 (Intensity Score)를 결정하는 것으로 하였다. 응답한 수치와 어휘를 바탕으로 소음의 음압레벨 평가에 적합한 척도를 작성하여 욕실소음의 등급을 설정하였다. 또한 청감실험 시 설정상황(취침)을 실생활에서 행할 때 신경 쓰이기 시작하는 시점인 한계치의 등급과 음압레벨을 제안하였으며, 욕실 설비 배수소음의 수준을 레벨에 따라 등급화 하였다.

### 3.2 실험용 음원

청감실험을 위해 녹음한 음원 중 A세대와 B세대의 주파수 특성이 유사하게 나타나 배경소음의 영향이

적은 A세대 녹음원과 음색 차이가 있는 C세대 녹음원을 청감실험 음원으로 사용하였다.

각 소음원별로 세면기와 욕조, 양변기 배수음 중 세면기의 배수소음은 음압이 낮아 잘 식별되지 않았기 때문에 청감실험 음원에서 배제하였다. 따라서 실험에 사용된 음원은 A, C 세대의 양변기와 욕조의 배수소음이며, 각 소음원별로 Leq값이 약 32~56dB(A)의 범위를 3dB 간격으로 제작한 5초 길이의 음원(각 소음원당 9개)으로 하였다. 청감실험용 음원은 녹음원 전체 구간에서 피크치가 가장 높은 곳을 선정하여 Sound Forge 6.0 프로그램을 이용하여 Fig. 1과 같이 제작하였다.

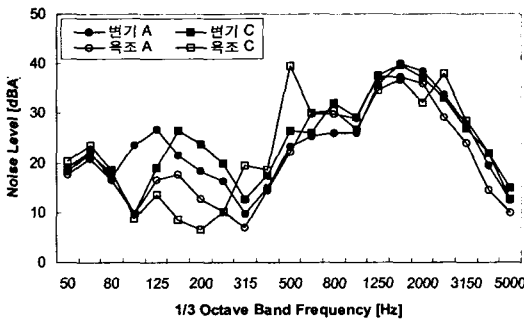


Fig. 1 Source for auditory experiment

### 3.3 설정 및 피험자

욕실 배수 소음의 한계치 설정은 공동주택 거주자가 일상생활에서 취침시 욕실 배수소음에 의해 신경 쓰이는 정도를 기준으로, 감성적 한계치[3]를 선정하였다. 이와 같은 한계치의 상황설정은 욕실 배수소음의 경우 소음의 특성상 음압레벨이 그다지 높지 않아 평상시에는 잘 인식되지 않으나, 늦은 밤 취침하려고 할 때 비교적 꽤 신경 쓰이는 음원으로 인지되기 때문에 한계치의 상황을 늦은 밤 시간대로 설정하였다.

청감실험은 배경소음이 약 20dB(A) 정도의 조용한 청감실험 전용 챔버에서 20대의 정상 청감자 20명을 대상으로 실시하였으며 피험자가 배수소음의 한한치를 결정할 때의 한계상황은 Table 2와 같다.

Table 2 Condition to establish subjective noise limit

한계치	늦은 밤 취침하기 전 침대에 누웠을 때 취침하는데 신경 쓰이기 시작하는 시점으로 취침에 방해가 되기 시작함.
-----	--

레벨 변화된 음원은 각각 2회씩 반복하였으며, Korg-1212I/O 오디오카드를 이용하여 음원을 출력하였고, Electrostatic Headphone (STAX-SR 3030)으로 제시하였다.

### 3.3 청감실험 설문

#### (1) 소음평가 어휘 선정

환경소음에 대한 국제 공동연구의 일환으로 ICBEN (International Commission on the Biological Effect of Noise) team 6에서 제안한 설문양식과 조사 연구방법론에 기초하여 소음평가 어휘에 대한 설문 실시되었으며, 설문 결과를 바탕으로 표준 평가척도로 선정되었다[4].

본 연구에서는 기존연구에서 활용 전 21개 부사어 어휘를 소음평가 어휘로 활용하였다. 기존 연구에서는 21개의 부사어 어휘를 선정하기 위해 ICBEN이 지정한 바와 같이 설문에 사용될 21개의 부사어를 사전 조사를 통해 선정하였다. 먼저 국어사전에서 소음의 크기나 세기를 표현할 때 사용되는 부사어 115개를 선정하여 48명의 대학생, 대학원생, 직장인을 대상으로 적합성을 실시하였다. 선정된 부사어는 소음의 시끄러운 정도를 잘 표현하며, 일상적으로 많이 사용되고 뜻이 명확한 어휘를 기준으로 하였다. 적합성 평가결과 상위 30개 어휘를 먼저 선정하였으며 다시 건축환경을 전공하는 대학원생 22명을 대상으로 소음 강도조사를 실시하여 Table 3과 같이 21개의 소음평가 어휘를 최종적으로 선정하였다[5].

Table 3 The vocabularies for the standard noise annoyance modifiers

전혀 신경쓰이지 않는다	별로 신경쓰이지 않는다	그렇게 신경쓰이지 않는다
그다지 신경쓰이지 않는다	약간 신경쓰인다	조금 신경쓰인다
좀 신경쓰인다	다소 신경쓰인다	꽤 신경쓰인다
비교적 신경쓰인다	유난히 신경쓰인다	특히 신경쓰인다
꽤 신경쓰인다	매우 신경쓰인다	너무 신경쓰인다
몹시 신경쓰인다	아주 신경쓰인다	정말 신경쓰인다
대단히 신경쓰인다	굉장히 신경쓰인다	엄청나게 신경쓰인다

#### (2) 설문 내용

설문지에는 크게 3가지 질문내용으로 구성되었다. 첫 번째로 피험자들은 다양한 레벨로 제시되는 양변기 및 욕조 소음원을 듣고 그 레벨에 해당되는 주관적 소음강도와 적합한 어휘를 선정하였다. 피험자의 주관적 소음강도는 1~7까지의 크기 중 상대적인 수치가 아닌 절대적인 수치로 선택되었으며, 또한 동일 음원에 대해 적합한 어휘를 Table 3 중에서 선택하도록

록 하였다.

실험을 마친 뒤 2차적으로 1~7 등급에 적합한 어휘를 21개 중 7개의 어휘를 선택하게 하여 7점 척도표를 작성하도록 하였다. 마지막으로 전체 어휘 중 취침시 들리는 욕실 급배수소음에 의해 신경 쓰이기 시작하는 시점에 해당되는 하나의 어휘를 선정하도록 하였다.

#### 4. 청감실험 결과 및 분석

##### 4.1 평가어휘의 적합성 평가

피험자가 선택한 각 어휘에 대응되는 소음강도를 100점 단위로 환산하여 400명을 대상으로 각 어휘별 소음강도를 조사한 기존 연구[5]의 결과와 비교하였다. 비교 결과 Fig. 2와 같이 각 어휘에 따른 소음강도가 기존 연구결과보다 다소 낮으나 각 어휘에 따른 소음강도의 경향과 어휘 간 소음강도차이는 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 활용된 21개 어휘는 욕실 급배수 소음에 대한 주관적 소음강도 분석을 위한 평가어휘로서 적합한 것으로 사료된다.

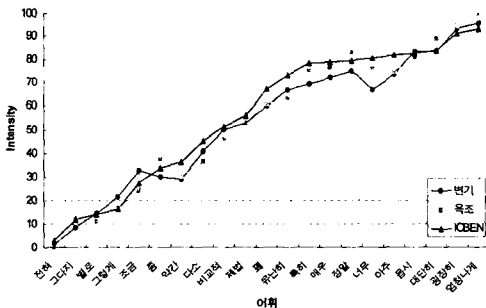


Fig. 2 Vocabularies of noise intensity selected by subjects (100 point scale)

##### 4.2 7점 척도 선정

7점 척도는 각 등급별로 피험자가 선택한 어휘 중 가장 많이 선택된 어휘(최빈값)와 그 어휘에 해당되는 소음강도를 기준으로 선정되었다. 그 결과는 Table 4와 같으며 이는 양변기와 욕조 배수소음의 설문 결과를 모두 합산한 결과이다. 보다 정확한 소음 평가척도를 구성하기 위해서는 평가 척도상의 각 등급의 소음강도치가 동일한 간격으로 정확히 각 등급에 해당되는 소음강도를 가져야 한다. 따라서 본 연구에서는 선정된 7점 척도의 적합성을 평가하기 위해 각각의 피험자가 선택한 7점 척도상의 각 등급 어휘의 소음강도를 전체 평균하여 그림에 나타내었다.

Table 4 Vocabularies according to 7 point scale

7 scale	1	2	3	4	5	6	7
어휘	전혀	별로	조금	제법	꽤	매우	엄청나게

분석결과 Fig. 3과 같이 7점 척도상의 각 등급(어휘)의 소음강도가 각 등급에 해당되는 소음 강도치로 비교적 정확하게 나타났으며 각 등급간 소음강도 차이도 비교적 동일하게 나타났다. 다만 7점 척도상의 5와 6 등급에 해당되는 “꽤”, “매우”의 소음강도는 각각 4.6과 5.4로 나타나 5, 6 등급에 해당되는 소음강도 5, 6과 다소 차이가 나타났다. 이는 Fig. 2에도 나타났던 것과 같이 청감실험에 사용된 21개의 어휘 구성이 5와 6의 소음강도를 표현하는 어휘가 비교적 많이 포함되어 있었기 때문에 5, 6의 소음강도로 선택되는 어휘가 분산되었고 결과적으로 다른 등급의 어휘보다는 집중도가 적은 어휘가 선택되었기 때문이라 사료된다.

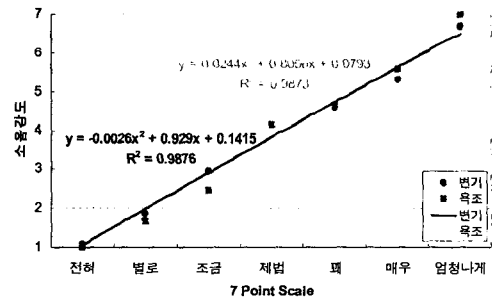


Fig. 3 Intensity level of vocabularies

한편 피험자가 선정한 소음강도 기준으로 7점 척도상의 각 등급에 해당되는 1~7의 소음강도에 가장 근접하는 어휘를 조사한 결과는 Table 5와 같으나 표에 나타난 어휘는 피험자들이 선택한 횟수가 비교적 적게 나타났다. 따라서 평가어휘의 적합성 또는 어휘 사용의 선호도를 고려하여 보았을 때 이를 소음 평가어휘로서 활용하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 사료된다.

Table 5 Noise intensity level according to 7 point scale

7 scale	1	2	3	4	5	6	7
어휘	전혀	그렇게	조금	비교적	유난히	몹시	엄청나게

따라서 본 연구에서는 Table 4의 선정어휘를 사용하여 욕실 급배수 소음을 평가하고 등급을 설정하였다.

### 4.3 7점 척도 및 소음 강도별 소음레벨

피험자가 선정한 7점 척도에 따른 소음레벨을 Fig. 4에 나타내었다. 이는 선정된 7점 척도의 각 등급에 해당되는 어휘에 대한 피험자들의 소음강도를 평균한 결과로써 선정된 7점 척도와 소음레벨의 관계는 비교적 선형적인 관계로 나타났다. 분석결과 약 35dBa 미만의 소음레벨에서는 “전혀 신경 쓰이지 않는다”는 반응이 나타났으며 또한 약 40dBa 소음레벨에서 “조금 신경 쓰인다”는 반응이 나타났는데 이는 그 이하 단계가 “별로 신경 쓰이지 않는다”라는 점을 고려하였을 때 대략 이 시점에서 소음에 의해 신경 쓰이기 시작한다고 볼 수 있다.

각 7점 척도상의 각 등급(어휘) 단계에 따른 소음레벨은 해당 어휘의 소음 강도치와 비례하여 나타났으며 이는 각 등급별 소음강도의 차이가 각 등급별 소음레벨에 동일하게 적용된 결과이다. 분석된 결과를 추세선 기준으로 보았을 때 7점 척도상의 평가 등급간 소음레벨은 평균 3.6dB로 나타났으며 등급이 올라갈수록 등급간 레벨 차이가 다소 적은 것으로 나타났다.

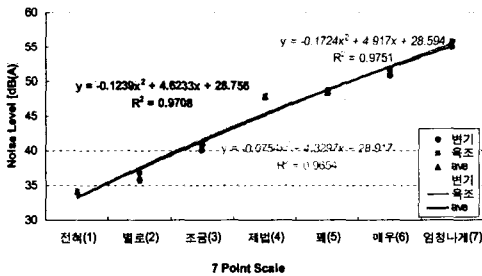


Fig. 4 Noise Level of 7 Point Scale vocabularies selected by subjects

Fig. 5는 제시된 각각의 욕실 배수소음레벨에 대응되는 소음강도 (1~7)를 나타내고 있다. 여기에서 소음강도는 청감실험에서 선정된 7점 척도가 아닌 피험자에게 처음으로 제시되었던 소음강도로써 각 소음레벨을 듣고 피험자가 선택한 소음강도를 평균한 결과이다.

위에서 분석한 7점 척도에 따른 소음레벨과 마찬가지로 소음강도와 소음레벨은 비교적 선형적인 관계로 나타났으며 소음 강도간 레벨차이도 높은 강도로 갈수록 그 차이가 작게 나타나 7점 척도와 소음강도

에 따른 소음레벨은 유사한 경향을 나타내었다. 다만 본 결과와 7점 척도에 따른 소음레벨결과를 비교하여 보았을 때 등급 5와 6에 해당되는 소음강도 5, 6의 소음레벨이 서로 상이한 결과로 나타났는데 이는 Fig. 4 에서도 나타난 바와 같이 7점 척도상의 5, 6등급에 해당되는 어휘의 소음강도가 정확한 소음강도 5, 6 보다 작았기 때문이라 사료된다.

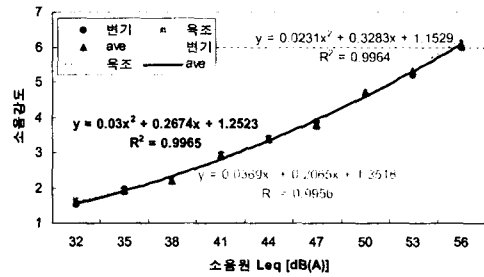


Fig. 5 Intensity level of drainage noise in bathroom

### 4.4 욕실 배수소음의 감성적 한계치 및 평가 등급 설정

욕실 배수소음의 감성적 한계치를 선정하기 위하여 각 피험자들이 취침 시 들리는 소음에 의해 신경 쓰이기 시작하는 시점으로 선택한 어휘를 기준으로 각 피험자의 소음 강도와 소음 레벨을 조사하였다. 각각의 피험자가 감성적 한계치로 선택한 각 어휘에 따른 소음강도와 소음레벨은 다양한 크기로 나타났으며 이를 평균하여 개인별 한계치를 도출하였다. Table 6은 20명 피험자의 개인별 한계치를 평균하여 나타낸 것으로 욕실 배수소음의 감성적 한계치를 표현하는 어휘로 가장 많이 선택된 어휘는 양변기 및 욕조 배수소음 모두 7점 척도 상 3등급에 해당되는 “조금 신경 쓰인다”로 나타났다. 또한 감성적 한계치에 해당되는 소음강도는 각각 3.6, 3.5로 나타났으며 소음레벨은 각각 43.6dB(A), 44.5dB(A)으로 나타났다.

Table 6 Subjective allowing limit of drainage noise in bathroom

	소음레벨		소음강도	어휘
	dB(A)	N지수		
양변기 배수소음	43.6	N-41	3.6	조금 신경 쓰인다.
욕조 배수소음	44.5	N-39	3.5	조금 신경 쓰인다.
평균	44.0	N-40	3.5	조금 신경 쓰인다.

이는 일본건축학회에서 제안하고 있는 공동주택의 실내 소음등급[6]의 최저등급인 3등급에 해당되는 45dB(A)와 유사한 수치인 것으로 나타났다.

욕실 배수소음의 감성적 한계치(신경 쓰이기 시작하는 시점)는 주관적 반응의 최저치의 성격으로 규제 기준의 한계로 설정할 수 있다. 또한 한계치 상향보다 1, 2 등급(전혀, 별로 신경 쓰이지 않는다) 위의 수준을 평가등급으로 설정할 경우 욕실 배수소음에 의한 신경쓰임의 정도가 극히 적고 쾌적한 생활이 가능한 단계에 해당되므로 감성적 한계치의 상위 등급으로 설정할 수 있다고 사료된다.

7점 척도상의 한계치 기준인 “조금 신경 쓰인다” 이하의 등급(3, 2, 1 등급)간의 차이는 약 4dB로 동일하게 나타났으며 또한 소음 강도상에서의 한계치 기준인 3.5 이하의 강도(소음강도 3.5, 2.5, 1.5)간 소음 레벨 차이도 약 6dB로 동일한 차이를 나타냈다. 따라서 감성적 한계치 이하의 레벨을 5dB 간격으로 나누어 Table 7과 같이 욕실 배수소음의 평가등급을 설정한다면 감성적 만족도가 최대로 반영된 적정 평가등급이 될 것으로 사료된다.

Table 7 Subjective classes of drainage noise in bathroom

평가등급	1등급	2등급	3등급	4등급
소음레벨 dB[A]	34	39	44	45이상

## 5. 결론

본 연구는 감성적 평가를 통한 욕실소음의 평가등급선정을 위한 기초 연구로써 감성적 한계치를 기준으로 욕실소음 레벨에 따라 피험자가 느끼는 annoyance 정도를 조사하였다. 청감실험 결과, 욕실소음의 한계치(신경 쓰이기 시작하는 시점) 설정어휘는 “조금 신경 쓰인다.”로 밝혀졌으며, 한계치의 음압레벨은 양변기소음원의 경우 43.5dB, 욕조소음의 경우 44.6dB로 나타났다.

실제 주거환경의 주요 소음피해 대상을 기준으로 충분한 수의 피험자에게 음원제시 등의 청감실험 환경을 조성하여 본 연구에서 제안한 욕실소음의 한계치를 기준으로 감성적 평가어휘 및 등급을 설정하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 욕실 배수소음 레벨에 따른 피험자의 주관적인 반응을 본 실험할 때 가정한 상황과 동일한 조건에서 실시하여 설정 등급에 대한 신뢰도를 높여 나가야 하겠다.

또한 7점 척도로 제안된 등간격의 평가어휘를 활용함에 있어서 가능성에 대한 검토도 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00089-0)지원으로 수행되었음.

## 참 고 문 헌

- (1) 박철용, 2003, “공동주택 급배수 설비소음 저감대책”, 건설기술·쌍용, Vol. 26, pp. 68~75.
- (2) David A. Harris, 1997, Noise Control Manual for Residential Buildings, McGraw-Hill, pp. 118~121.
- (3) 전진용, 류종관, 2003, “청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음의 평가등급 설정”, 한국음향학회지, 제 22권 제 2호, pp. 88~95.
- (4) Jin-Yong Jeon, Kyong-Ho Kim, T. Yano, 2003, “Standardized Noise Annoyance Modifiers in Korean According th the ICBEN Method”, The Journal of Acoustical Society of Korea, Vol.22, No.2E, pp. 56~61.
- (5) 김경호, 전진용, 다카하시 야노, 2003, “표준 소음평가방법을 활용한 교통소음의 주관적 반응 분석”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 605~610.
- (6) 社團法人 日本 建築學會, 1999, 建築物の 遮音性能基準と設計指針, 技報堂出版, pp. 6~8.
- (7) 이용화 등, 2001, 건축 급배수 위생설비, 도서출판 세진사, pp. 292~293.
- (8) 홍천화, 신동우, 1994, “공동주택의 급배수설비 소음 저감에 관한 연구”, 대림기술정보, 94 가을, pp. 48~56.
- (9) 이주원, 정갑철, 2001, “공동주택 화장실소음 저감방안”, 한국소음진동공학회 추계학술발표대회논문집, pp.120~126.
- (10) 정광용, 이태강, 김선우, 1994, “공동주택 욕실 급배수설비 소음특성- 급수압 및 사용수량을 중심으로”, 한국소음진동공학회 추계학술발표대회논문집, pp. 277~281.