

환경소음의 심리적 영향 요인

정 광 용 · 김 선 우

(순천제일대학·전남대학교)

1. 머리말

Helmholtz⁽¹⁾가 음색을 정의하면서 소리의 심리적 차이를 언급한 이래, 소리 또는 소음의 심리적 정체를 밝히기 위한 노력이 계속되어 왔다. 1980년대 후반부터는 소음의 관점에서 Sound Quality⁽²⁾의 개념이 논의되면서 인간의 심리적 쾌감과 관련한 소음의 평가와 소음의 인위적인 조절에 대한 연구가 시작되어 최근까지 그 논의가 활발히 진행되고 있으며, 1994년 S. Namba⁽³⁾는 소음의 감각적 또는 정서적 정체성에 관심을 두고 소음의 심리량을 표현하는 의미에서 Noise Quality의 개념을 제안하였다. 이렇듯 소음이 인간에게 미치는 영향을 결정하는 미지의 심리적 차원에 대한 관심이 고조되고 있다.

인간심리와 관련하여 소음의 정체를 밝히기 위해 많은 노력을 기울이고 있는 이유는, 인간생활에서 소음의 피해를 가능한 수준까지 줄이고 소음환경을 개선하기 위한 것이며, 무엇보다 문제의 근원적 대상인 소음 그 자체가 가지는 다차원적인 속성 그리고 소음심리구조를 정확히 밝혀내고자 하는 것이다.

이에 본 글에서는 소음심리의 이론과 연구동향에 대해 살펴보고, 한국인의 소음심리를 파악하기 위해 심리실험을 이용하여 소음에 대한 심리적 영향요인의 구조를 고찰해 보고자 한다.

2. 소리의 인식과 음색(Timbre) 및 소음의 질(Noise Quality)

2.1 소리의 인식과 음색

소리라는 자극에 대한 인식과, 인식된 소리가 듣는 사람의 심리 속에 어떠한 상(象)으로 받아들

여지는가에 관한 문제에서, '음색(音色; Timbre)'에 대한 논의가 있어왔다.

음색에 대한 표현어휘 및 정의는 학자마다 해석을 달리하고 있지만, ASA(American Standard Association)에는 '크기와 높이가 같은 음을 동시에 제시하여 두 음이 다르다고 청취자가 판단할 수 있는 청각적 특성'으로 표현하고 있고, 일본음향학회에서 출간한 음향용어사전에는 "음의 크기, 높이와는 다른 모든 특성이 음색에 포함되어 있고, 음의 물리적속성은 음색과 관련된다."고 하고 있다.

Helmholtz에 의하면, 음색은 두 가지 경우에 사용된다. 하나는 음원들을 구별할 때이고, 다른 경우는 악기같은 주관적인 느낌을 해석할 때이다. Helmholtz의 뒤를 이어, S.Namba는 음색의 재정의의를 제안했다. 음색은 다음과 같은 소리의 특성들을 포함하기 위해서 사용해야 한다고 제안하였다.

(1)음원의 성질(identity)를 알아내는 특징

(2)음색(timbre)이라고 언어적으로 표현할 수 있는 정서적인 감각(sensation)에 일치하는 음질(音質; Quality of sound)

또한 이러한 감각은 다차원적이고 감각과 느낌의 조합이라고 하고 있다.

소리의 양(量; quantity)은 무엇일까. 그것은 진동수와 함께 소리의 에너지로 설명될 수 있다. 그에 해당하는 주관적인 감각이 소리의 크기(loudness)이다. 소리의 세기(intensity)와 크기의 상관관계에 대해서 많은 연구가 있어왔고, 그들 사이에 확실한 관계가 있음을 알 수 있었다.

하지만 소리에너지가 모두 같더라도 그 음원이 다르면 소리의 크기가 서로 다르게 나타난다. 이는 에너지 외에 다른 요소가 소리의 크기에 영향을 주고 있음을 뜻한다. 그런 요소 중 하나가 음색이다.

음원은 자신만의 음색으로 구별할 수 있고, 그래서 청각적 특성이라고 할 수 있다. 음색으로 청취자는 두 소리가 비슷하게 들리고 크기와 음높이가 같지만 서로 다른 소리라는 것을 판단한다.

2.2 음색의 정의에 대한 논의와 소음의 질(Noise Quality)

소리 및 소음의 심리적 속성에 대한 음색의 기여와 활용의 가능성이 부각되면서, '음색'의 정의와 용어사용 및 사용대상에 대한 논의가 진행되었다. 음색이 가지는 두가지 측면의 의미적용에 대한 정의의 구분과 용어자체의 변경에 대한 제안이 있다.

Alexander J. Ellis는 Helmholtz의 'On a Sensation of Tone'를 번역하면서, 'timbre'에 대한 정의의 구분을 제안하였다. Ellis에 따르면, 영어단어 음색(timbre)은 Helmholtz가 사용한 독일어 'Klangfarbe'와 다르다고 전제하고, 'timbre' 대신 'quality of tone'과 'tone quality'를 사용하였다.

Fletcher는, 'timbre'라는 용어는 다른 음원 때문에 생긴 서로 다른 느낌을 표현하는 데는 사용하지만, 같은 소리(서로 다른 바이올린에서 나온 소리)에 대한 다른 느낌을 표현하는 데는 사용하지 않는다고 하였고, 또 "이런 차이를 설명할 적당한 언어를 가지고 있지 않다. 그런 언어가 매우 필요하다."고 하였다.⁴⁾

또한 S. Namba는 "Noise - Quantity and Quality"에서 'timbre'의 재정의 및 '(noise) quality-음질'의 사용을 제안하고 있다. Namba는, '음색이 소음의 크기에 영향을 준다'고 전제하고, 소리의 크기가 같고 음색이 다르다면, 듣는 이에 게 다른 효과를 줄 것이라고 하였다. 또한 소음연구에서 'timbre' 대신에 'noise quality'의 사용을 제안하면서, 'noise quality'는 소음의 심리적양의 측면을 확실하게 표현한다.'고 하였다.

Noise quality의 개념은, timbre의 두 가지 정의 중 '음색(timbre)'이라고 언어적으로 표현할 수 있는 정서적인 감각(sensation)에 일치하는 음질(quality of sound)의 의미를 두고있다. 소음의 평가에 있어서 '정서적인 감각'에 기초하여 소음을 평가하고자 하는 것이다. 이러한 소음평가는 소음을 정서적인 감각특성에 따라 구분하는 기준으로 noise quality의 개념을 사용하여 소음원을 구분하게 된다. 예를 들면, 어떤 차의 소음은 귀

에 거슬리거나 강하기도 하고 부드럽거나 단조로울 수 있다.

소음의 평가에서 noise quality의 적용은, 인간의 생활환경 속의 수없이 많은 소음원을 평가하여, '정서적인 감각'으로 받아들일 수 있느냐가 그 소리가 소음인지 아닌지를 결정할 수 있으며, 주거환경소음을 보다 구체적인 특성별로 구분할 수 있다. 이러한 점은 산업소음의 평가에서 출발한 sound quality와 soundscape 연구와도 관계가 있다고 볼 수 있다.

또한 소음의 정서적인 영향과 관련하여, noise quality를 개선하기 위해서는, 다차원적인 특성이 있는 소음심리구조를 분석해야 한다. 그리고 소음원의 물리적인 특성과 noise quality의 각 차원 사이의 관계에 대한 연구가 필요하며, noise quality의 두 가지 측면 즉, 소음원의 구분(인식적인 측면)과 소음의 정서적인 영향(정서적인 측면)은 소음연구의 중요한 과제가 될 것이다.

3. 음질(Sound Quality)의 평가지표

'음질(sound quality)'이라는 용어는 단순히 '음질' 또는 '음의 품질'을 나타내는 의미로 쓰여 왔고, 일본음향학회의 음향용어사전에는 'tone quality'와 동의어로서 Helmholtz의 '음색(timbre)'에 대한 정의와 의미상 구분이 되어있지 않다. 그런데 1980년대 후반부터 공업생산품(가전제품, 자동차, 기계생산품)의 발생소음에 대한 품질의 논의와 함께, '음질(sound quality)'이라는 용어가 새로운 개념으로 대두되기 시작했으며 소음전반에 대한 분야로 확산되었다.

초기의 음질(sound quality)에 대한 논의는, 공업생산제품에 의해 방출되는 음향에너지의 감소라는 일차원적 목표만을 추구해왔던 대신에 한층 더 관련된 특징(소음의 시간구조(time structure)나 주파수구성)에 대해 주목하고, 결국 데시벨(dB)과 같은 척도는 사용자가 인지하는 소리와는 실제로 매우 다르다는 관점에서 출발되었다. 이 시기에 음질(sound quality)이란 개념이 생겨났다.⁵⁾

Blauert와 Bodden에 의해 '특별한 목표를 위한 소리의 적합성'으로 음질(sound quality)를 정의하면서 음질의 일반적 정의에 다음의 2가지 측면을 더 추가했다.

1) 소리는 최소한 싫지 않으면서 유쾌해야 하

고 2) 알아들을 수 있어야 한다.

또한 음질의 심리적인 측면에 있어서의 3가지 접근 방식을 제안했다. 1) 적합성, 또는 자극-반응 양립성, 2) 소리의 유쾌한 정도 3) 음원의 소리판별이 그것들이다.

이러한 음질(sound quality)에 대한 논의가 진행되면서, 소음의 심리적 영향에 대한 평가와 관련한 차원 또는 평가요소들이 활발히 적용되어지기 시작되었다. 그러한 평가요소들은 새롭게 제안되거나 과거에 제안되었던 것들이 음질(sound quality)의 평가를 위해 적용되어졌다. 크기평가에는 크기레벨(loudness level:LL)의 적용이 강조되었고, 소음의 '날카로움'의 차원에 대한 척도로서 von Bismarck가 1974년에 제안했던 'sharpness(날카로움)'가, 소리의 순간적인 특성에 대해서는 Fastl이 1982년에 제안한 'fluctuation strength(변동강도)'가 그리고 Terhard이 1974년에 제안했던 'roughness(거칠기)'가 적용되고 있다. 또 1990년 Zwicker와 Fastl은 sharpness, roughness, tonality 그리고 감각적 크기(loudness)로 구성된 'sensory pleasantness(감각적 유쾌함)'의 모형을 제안하여, 소음의 심리평가에서 비음향적인 요인의 영향까지를 포함하여 단일지표로 평가하는 시도를 하였다. 그러나 이 모형의 적용범위를 산업소음으로 제한하였다. 여기에 1992년 Kikuchi 등은 에어컨 소음의 'pleasantness(유쾌함)'를 예측할 수 있도록 loudness level(LL)과 'sharpness(날카로움)'로 조합된 곡선을 제안하였다.

주거환경과 관계되는 소음들은 물리적 특성 및 심리적 영향이 매우 다양하고 따라서 그와 관련된 아직 명확히 밝혀지지 않은 심리적 차원도 적지 않다고 볼 수 있다. 음질(sound quality)의 평가와 관련한 여러 평가요소들과 그와 관련한 심리적 차원을 주거환경소음의 심리평가에 적용하여, 관련된 심리요인을 분석하고 평가하는 것은 소음의 심리적 정체성(identity)을 밝혀내는데 많은 기여를 하게 될 것이다.

4. 소음심리실험

환경소음에 대한 심리요인 구조의 파악과 소음군의 분류를 위해, 어휘조사에서 추출된 평가어휘를 이용하여 심리실험을 하였다.

평가어휘는 4단계에 걸친 설문조사를 통해 선별된 49개의 한국어 어휘를 이용하였으며, 실험을

원은 주거환경에서 접할 수 있는 38개의 소음으로 하였다.

심리실험 대상은 남녀 성인 202명으로 하였으며, 실제 주거공간의 생활환경을 재현하기 위해, 전주과수대역에서 0.4~0.7초의 잔향시간을 가진 실내에서 실시하였다.

5. 심리요인의 분석 및 소음군의 분류

심리실험결과를 토대로, 소음에 대한 심리요인과 심리반응에 따른 소음군의 분류를 위한 요인 분석(factor analysis)을 하였다.

5.1 심리요인구조의 분석

응답자들의 심리적 반응은 5개의 주요한 요인에 의해 결정되는 것으로 나타났다.(표 1)

표 1에서, 제 1요인은 '섬찝하다', '날카롭다' 등의 12개 어휘로 구성되고 있어서, '날카로움'으로 명명하였다. 제 2요인은 '듣기 싫다', '시끄럽다' 등의 9개 어휘로 구성되고, '듣기 싫고 거슬림'의 심리반응을 나타내는 어휘들과 '시끄럽고 소란스러움'의 심리반응을 나타내는 어휘들로 구성되고 있어서, '듣기 싫고 시끄러움'으로 명명하였다. 제 3요인은 '못마땅하다', '귀찮다' 등의 11개 어휘로 구성되고 있어서, '귀찮고 성가심'으로 명명하였다. 제 4요인은, '어수선하다', '복잡하다' 등의 8개 어휘로 구성되고 있어서, '혼란스러움'으로 명명하였다. 제 5요인은 '강하다', '크다' 등의 7개 어휘로 구성되고 있어서, '강하고 큼'으로 명명하였다.

5.1 소음군의 분류

심리반응을 이용한 소음군의 분류에서 표2와 같이 3개의 소음군이 추출되었다.

표 2의 소음군 분류결과에서, '제 1요인'은 'B747제트기 착륙소음', '고속도로 차량소음' 등 13개의 소음으로 구성되고, 시간에 따른 소음의 변화가 정상소음 또는 지속성 소음에 가까운 특성을 보이고 있어서 '준정상소음'으로 명명하였다. '제 2요인'은 '환기팬 소음', '못 박는 소리' 등 13개 소음으로 구성되고, 연발 또는 단발 충격성 성분을 가지고 있어서 '연발 또는 단발 충격소음'으로 명명하였다. 또한 '제 3요인'은 '일반도로 차량소음', '엔진 공부하 소음' 등 12개의 소음으로 구성되고, 시간에 따른 소음레벨의 변동이 심한 특성을 보이고 있어서 '변동이 심한 소음'으로 명명하였다.

표 1 심리요인구조

어휘번호 및 어휘	요인부하					요인명명	
	요인1	2	3	4	5		
32 섬뚱하다	0.76	0.16	0.08	0.11	0.11	날카로움	
33 섬뚱하다	0.70	0.13	0.10	0.13	0.17		
28 소름끼친다	0.66	0.17	0.15	0.13	0.11		
31 날카롭다	0.60	0.22	0.11	0.11	0.16		
38 (가슴이)철렁한다	0.58	0.04	0.12	0.14	0.24		
44 끔찍하다	0.54	0.06	0.26	0.19	0.22		
26 까무러치게 한다	0.50	0.08	0.18	0.24	0.29		
13 놀라게한다	0.48	0.23	0.14	0.20	0.31		
6 깜짝 놀라게한다	0.48	0.25	0.14	0.17	0.30		
21 자극적이다	0.45	0.25	0.27	0.09	0.19		
25 불안정하다	0.39	0.13	0.33	0.37	0.13		
24 불안하다	0.37	0.14	0.29	0.30	0.14		
2 듣기싫다	0.16	0.67	0.21	0.08	0.16		듣기싫고 시끄러움
1 시끄럽다	0.09	0.62	0.04	0.13	0.34		
4 거슬린다	0.18	0.60	0.22	0.09	0.06		
3 소란스럽다	0.11	0.57	0.06	0.30	0.28		
7 짜증스럽다	0.18	0.55	0.36	0.15	0.06		
5 신경쓰인다	0.17	0.55	0.21	0.12	0.06		
10 방해된다	0.10	0.54	0.31	0.19	0.10		
11 싫다	0.20	0.54	0.41	0.11	0.13		
12 불쾌하다	0.27	0.46	0.43	0.13	0.12		
23 못마땅하다	0.19	0.33	0.53	0.24	0.13		
49 바람직하지 않다	0.16	0.14	0.53	0.21	0.16		
18 나쁘다	0.22	0.30	0.52	0.21	0.22		
30 불만족스럽다	0.19	0.21	0.49	0.30	0.18		
14 괴롭다	0.29	0.34	0.46	0.20	0.18		
36 귀찮다	0.05	0.22	0.46	0.29	0.06		
29 불편하다	0.16	0.28	0.45	0.27	0.15		
22 성가시다	0.10	0.31	0.45	0.27	0.08		
15 고통스럽다	0.34	0.28	0.42	0.22	0.21		
40 지긋지긋하다	0.12	0.18	0.42	0.29	0.09		
20 곤혹스럽다	0.32	0.24	0.41	0.26	0.20		
19 어수선하다	0.13	0.30	0.14	0.55	0.10	귀찮고 성가심	
37 무질서하다	0.14	0.08	0.25	0.55	0.16		
17 산만하다	0.12	0.34	0.14	0.54	0.07		
47 복잡하다	0.19	0.05	0.24	0.52	0.19		
45 난잡하다	0.17	0.12	0.20	0.51	0.12		
48 불규칙적이다	0.16	0.01	0.26	0.49	0.11		
16 혼란스럽다	0.23	0.28	0.21	0.47	0.19		
35 야단스럽다	0.15	0.23	0.20	0.42	0.29		
42 강하다	0.27	0.15	0.16	0.12	0.69		혼란스러움
41 크다	0.17	0.20	0.18	0.15	0.64		
43 강렬하다	0.41	0.10	0.15	0.13	0.55		
27 거세다	0.30	0.20	0.14	0.21	0.53		
34 격하다	0.35	0.21	0.12	0.24	0.51		
46 위압적이다	0.36	0.07	0.10	0.13	0.48		
39 거칠다	0.29	0.21	0.17	0.29	0.41		
42 강하다	0.27	0.15	0.16	0.12	0.69	강하고 큼	
41 크다	0.17	0.20	0.18	0.15	0.64		
43 강렬하다	0.41	0.10	0.15	0.13	0.55		
27 거세다	0.30	0.20	0.14	0.21	0.53		
34 격하다	0.35	0.21	0.12	0.24	0.51		
46 위압적이다	0.36	0.07	0.10	0.13	0.48		
39 거칠다	0.29	0.21	0.17	0.29	0.41		

표 2 소음군의 분류

음원	요인부하량			명명	
	factor1	2	3		
16 B747 제트기 착륙소음	0.59	0.21	0.26	소음군 1 (준정상소음)	
22 고속도로 차량소음	0.58	0.13	0.38		
5 진공청소기 소음	0.57	0.25	0.20		
9 B747 제트기 통과소음	0.55	0.28	0.23		
31 전철 소음	0.55	0.02	0.45		
26 기차 통과 소음	0.54	0.06	0.44		
7 불도저 작업소음	0.52	0.30	0.27		
8 섹크대 급수음	0.46	0.37	0.24		
17 오토바이 통과소음	0.43	0.36	0.25		
10 트랙터 통과소음	0.43	0.36	0.32		
15 유리그릇 깨지는 소리	0.43	0.24	0.12		
2 버스 운행소음	0.41	0.32	0.10		
1 B747 제트기 이륙소음	0.38	0.30	0.08		
14 환기팬 소음	0.23	0.56	0.28		소음군 2 (연발 또는 단발 충격소음)
6 못박는 소리	0.12	0.54	0.10		
13 세탁기 소음	0.23	0.53	0.27		
18 엘리베이터 정차소음	0.17	0.51	0.25		
12 엘리베이터 발차소음	0.23	0.51	0.27		
3 출입문 여닫는 소리	0.25	0.48	0.07		
11 복도 발자국소리	0.25	0.46	0.09		
19 탈수기 소음	0.25	0.46	0.41		
20 콤프레샤소음	0.25	0.45	0.40		
23 좌변기 배수소음	0.15	0.44	0.28		
4 엘리베이터 주행소음	0.03	0.43	0.07		
34 프린터기 소음	0.22	0.42	0.41		
38 윗층에서 뛰는 소리	0.10	0.41	0.40	소음군 3 (변동이 심한 소음)	
36 일반도로 차량소음	0.21	0.29	0.58		
37 엔진 공부하소음	0.22	0.34	0.54		
30 건설작업장소음	0.30	0.23	0.52		
35 고속전철소음	0.44	0.09	0.51		
33 샤워기 급수소음	0.27	0.36	0.50		
32 싸이렌 소리	0.42	0.14	0.48		
25 전기톱소음	0.32	0.39	0.45		
27 경음기 소음	0.42	0.18	0.45		
28 수전급수소음	0.28	0.38	0.45		
21 헬리콥터 운행소음	0.33	0.37	0.43		
29 전동믹서기 소음	0.38	0.28	0.40		
24 전화벨소리	0.33	0.28	0.33		

6. 심리요인과 소음군의 관계 분석

소음군과 심리요인의 관계를 밝히기 위해 선형 회귀분석(Linear Regression Analysis)을 하였다. 회귀분석에 사용한 독립변수는 5개의 심리요인으로, 종속변수는 3개의 소음군으로 설정하여, 다중선형회귀분석의 방법을 적용하였다. 분석결과에 의하면, F값에 대한 유의수준이 세 경우 모두에서 0.0001으로 적합함을 나타내었고,

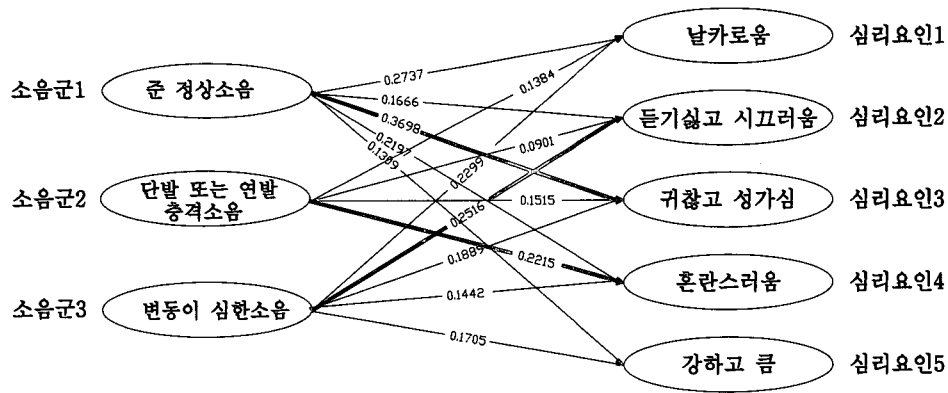


그림 1 소음군과 심리요인의 관계도

R²값은 설정된 모형이 종속변수 전체 변동의 86%이상이 설명되고 있었다.

회귀분석결과를 이용한 관계도는 그림 1과 같다. '정상 소음'들로 구성된 소음군1에 대한 각 심리요인의 관계는, '귀찮고 성가심'의 요인이 가장 크게 관계하고 있고, '단발 또는 연발 충격소음'으로 구성된 소음군2의 경우는, '혼란스러움'의 요인이, '변동이 심한 소음'들로 구성된 소음군3의 경우는, '듣기싫고 시끄러움'의 요인이 가장 관련이 큰 것으로 나타나고 있다.

7. 맺음말

이상의 고찰을 통하여, 소음의 평가는 인간의 '정서적인 감각'이 받아들일 수 있는가를 기준으로 하여 결정되어야 하며, 소음의 질(noise quality)을 개선하기 위해서는 다차원적 특성이 있는 소음에 대한 심리구조의 분석이 필요함을 지적하였다. 이러한 심리구조와 대상 소음의 대응관계를 밝히는 것이, 소음원의 구분(인식적인 측면)과 정서적인 영향(정서적인 측면)에 대한 연구의 선행 과제라고 할 수 있다.

또한 국가간 언어문화와 정서적인 차이에 따라 소음에 대한 심리평가가 달라질 수 있기 때문에, 한국어 평가어휘의 선발과 그것을 이용한 심리실험 그리고 심리평가의 간략화를 위한 평가지표의 개발이 연구의 최종과제가 될 것이다.

본 글에서 제안한 한국어 평가어휘와 심리요인의 구조 그리고 심리반응에 따라 분류된 소음군과의 관계분석은 추후의 보다 구체적인 연구를

통한 효과적인 심리평가지표와 평가체계의 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- (1) Helmholtz, H. L. F., 1885, On the Sensation of Tone. As a Physiological Basis for the Theory of Music, Translated by Ellis, (Dover, New York, 1954).
- (2) Jens Blauert, 1997, Ute Jekosch, Sound-Quality Evaluation-A Multi-Layered Problem", ACUSTICA, Vol. 83, p.747.
- (3) Namba, S., 1994, "Noise - Quantity and Quality", Proceedings of Inter · Noise 94.
- (4) Fletcher, H., 1934, "Loudness Pitch and Timbre of Musical Tones and Their Relations to the Intensity, The Frequency and Overtone Structure", J. Acoust. Soc. Am, p. 59.
- (5) Rainer Guski, 1997, "Psychological Methods for Evaluating Sound Quality and Assessing Acoustic Information", ACUSTICA Vol. 83, p. 765.
- (6) 정광용, 2000, "한국어 어휘를 이용한 주거환경소음 심리평가에 관한 연구", 전남대 박사학위논문.
- (7) 한명호, 1994, "음향심리측정법을 이용한 환경소음평가에 관한 연구", 전남대 박사학위논문.
- (8) 김선우, 장길수, 정광용, 한명호, 1993,

“음의 심리평가를 위한 어휘의 유형화에 관한 연구”, 한국소음진동공학회지, 제 3 권 제 4 호, 1993.

(9) 박주욱, 정광용, 김선우, 1996, “주거환경 소음에 대한 거주자의 반응 변화추이 고찰”, 한국소음진동공학회 학술대회논문집.

(10) 정광용, 이태강, 김선우, 1998, “주거 환경소음의 심리적 영향요인에 관한 기초

적 연구”, 대한건축학회 논문집, 제 14 권 제 11 호.

(11) 정광용, 한명호, 김선우, 1998, “공동주택 설비소음의 심리평가를 위한 한국어 어휘에 관한 연구” 한국소음진동공학회지, 제 9 권 제 1 호.

(12) 정광용, 한명호, 김선우, 1997, “소음 평가를 위한 조사연구(I)” 한국소음진동공학회 학술대회논문집.