Noise sources, effect and control in indoor/outdoor living environment

Abstract

Objective: To study the noise source in indoor, its effects on one's health, assessment, regulation of standards as well as how to reduce noise, etc.

Background: The thing that most affects living environment is noise, and following effects on one's health are increasing.

Method: Searched domestic and foreign data about environmental noise and examined its effects and standards.

Results: Described major noise source in indoor and suggested legal standards as well as recommended criteria.

Conclusion: South Korea have higher legal standards of environmental noise than international standards. Factually, people in Korea are exposed to various noises, so reducing noise is much needed.

Application: Depend on fearures of indoor spaces, appropriate degree of indoor noise and ways to reduce it are applicable.

Keywards: Noise, Environment, Indoor, Health effect, Regulation

1. 서론

소음의 정의를 한마디로 말하면 '원하지 않는 소리(영국(BS), undesired sound; 미국(ANSI), unwanted sound)' 또는 '정신적, 육체적으로 인체에 유해한 소리'이다. 환경소음은 도로, 철도, 항공 소음 및 공장으로부터 소음을 포함하여 인간 활동에 따른 실외의 원치 않은 유해한 소리이다. 우리나라의 소음·진동관리법 제2조에서 "기계, 기구, 시설, 그 밖의 물체의 사용 또는 공동주택 등 환경부령으로 정하는 장소에서 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리"로 규정하고 있다. 소음은 인간이 듣기 싫어하는 소리의 총칭으로 일반적인 소음은 특히 큰 소리, 불쾌한 음색이나 충격성의 음, 음성이나 음악의 청취를 방해하는 소리, 생리적으로 장애를 일으키는 소리, 주의집중이나 작업을 방해하는 소리, 숙면이나 휴식을 방해하는 소리이다.

세계보건기구는 최근 인간의 감각기관으로 감지한다고 해서 일명 '감각공해'라 불리는 소음이 건강에 미치는 영향에 주목하고 있다. 소음은 공장 소음이나 발파소음, 건설 중장비 등의 소음에 노출되는 건설현장에서 일하는 근로자뿐만 아니라 자동차 · 전철 · 고속철 · 항공기의 운행소음, TV소리 · 노래방 · 휴대폰 등의 생활소음으로

인해 청력장애를 호소하는 사람이 늘고 있다. 미국에서 9백만명이 85 dB 이상 노출되며, 1000만명이 25 dB 이상의 소음성 난청, 그리고 유럽에서는 28% 즉 근로자의 1/4 이상이 85-90 dB에 노출되고 있다. 전세계적으로 1억2천만명에서 2억5천만명이 청력손실로 추정되는데 15번째의 주요한 건강문제이다(Nelson et al., 2005). 성인에서 발생하는 청력손실의 16%가 소음에 의해 기인한다고 보고하고 있다. 미국의 제3차 국민건강영양조사(the Third National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES III)에서 1988-1994년도의 6-19세 5,249명의 아동에 대한 청각학적 검사 결과 12.5%(520만명 추정)의 소음성 청력역치 변동(noise-induced hearing threshold shifts, NITS)을 보고하고 있어 높은 수준의 소음에 노출되고 있음을 보고하고 있다(Niskar et al., 2001).

우리나라는 1970년대 이후 경제의 고도성장으로 국민생활은 물질적으로 풍요로워졌으나, 경제개발에 따른 부정적 효과로 도시로의 인구집중, 공장과 건설공사장, 자동차·철도와 같은 교통기관에서 발생하는 소음·진동 증가로 정온한 생활환경 유지에 많은 어려움을 겪고 있다. 이처럼 소음 문제는 지역사회에 첨예한 사회문제로 대두되어 2011년 56,244건으로 2010년에 비해 4.7%, 2007년 대비 47.4%로 매년 폭증하고 있으며, 환경분야 전체 민원 중 33.4%를 차지하고 있다(김법정, 2013).

산업장의 소음은 여러 작업 공정에서 필연적으로 발생하여 소음성 난청의 원인으로서 뿐만 아니라 재해의 발생이나 작업능률의 저하 등 직접적인 각종 피해를 야기시킨다. 또 이와 같은 소음으로 인한 청력장애로 2차적인 신체적, 정서적, 행동학적, 사회적 기능에 영향을 미친다. 소음에 대한 반응은 소음의 강도, 주파수, 소음의 복잡성, 소음의 노출시간과 기간과 개인의 감수성에 따라 다르게 나타난다.

일반적으로 소음은 사업장에서 노출되는 직업적 소음(occupational noise)로 이에 대해서는 음향외상과 소음성 난청 등 청각학적 영향(auditory effects)을 중심으로 연구조사가 수행되었다. 그러나 실생활에서 도로, 기차, 항공, 건설 소음 등 환경소음(environmental noise) 등은 주로 불쾌감(annoyance), 수면방해, 심혈관계 질환과 아동에서 인지수행능력장애의 비청각학적 영향(non-auditory effects)으로 나타난다. 이러한 건강영향은 소음도와 용량반응관계를 보이며, 한밤 중의 최대 실내소음이 50 dB(A) 이상에서는 객관적인 수면방해가 있으며(Stansfeld & Matheson), 70 dB(A) 이상(심혈관 질환자에서는 65 dB(A) 이상)에서 이와 같은 질병 보고가 증가한다고 밝히고 있다(Yoshida & Osada, 1997). 또 도로 교통소음에 대한 도로 주변 주택 내부에서 듣는데 방해받지 않으며 소음에 대한 불쾌감이 거의 없는 수준은 55 - 62 dB로 추정하고, 1 dB의 L_{den}이 증가할수록 12%의 불쾌감 호소가 증가한다고 보고하고 있다(Klaeboe et al., 2004).

2. 실내 소음원

최근 생활환경 중 가장 큰 영향을 주는 것은 환경소음이다. 많은 사람에게 소음은

단지 가끔 발생하는 것으로 느끼지만 교통량이 많은 도로, 공항 및 공장 가까이 거주하는 시민에게는 소음이 단지 조그만 불편함의 문제가 아니라 그것은 일상생활을 방해하며 심각한 건강상의 영향과 질병을 야기하는 주요 문제이다.

현대 도시 생활을 영위하는데 따라 노출되는 소음의 종류와 주요 소음원을 분류하면 표 1과 같다. 거주 실내환경에서 피해가 되는 소음원은 외부에서 발생되는 소음과 공동주택 내부에서 발생되는 소음원으로 분류할 수 있다. 가장 주된 소음원은 외부에서 발생되는 항공기 소음, 철도 소음, 도로(자동차) 소음 등 이동 발생원인 교통소음이다. 공동주택과 사무실 실내 내부에서 발생되는 소음원으로는 바닥충격소음, 세대간 공기전달음, 급배수 설비 소음, 가전기기 소음과 사무실 공조 소음 등이 있다(Table 1). 내부 발생 소음으로는 바닥충격음, 외부 발생 소음으로는 건설소음에 대한 민원제기 및 환경분쟁 조정 신청이 가장 많다.

Table 1. Classification of noise sources

Types of noise	Noise sources
Human movement	Human activities in everyday life: speech, household appliances, instrument sounds, buzzer sound, stairs footsteps, children playing sound
Power engines	Traffic noise by automobiles and aircraft, plant machinery noise
Building equipment	Plumbing equipment noise
Construction/operation	Construction, workplace noise
Human gathering	Crowd noise in school, venue, and public facilities
Other	Siren, Alert sound, Loudspeakers, Street broadcasts

1970년대 후반부터 본격적으로 공동주택이 보급된 이후 국내 공동주택의 거주비율은 2010년 인구주택 총 조사 결과에 따르면 현재 국내에 보급된 총 주택 수 중 60% 이상을 공동주택이 차지하는 것으로 나타나 이제 공동주택은 국내의 거주공간에서 빼놓을 수 없는 가장 보편적인 주거형태로 자리 잡았다. 그러나 지금까지의 공동주택은 양적인 팽창에만 치우친 나머지 건축 환경성능에 대한 고려가 부족하였으며, 특히 상하층간의 층간소음, 급배수 설비소음, 실간 차음성능에 대한 문제는 거주자에게 매우 큰 불만의 대상이 되고 있다(Lee et al., 2008).

층간소음은 콘크리트 면에 직접 충격이 가해짐으로 발생하는 바닥충격음(고체전달음)이 그 직접적인 원인이다. 바닥충격음에는 경량충격음과 중량충격음으로 구분되며, 경량충격음은 가볍고 딱딱한 소리(식탁을 끌거나, 마늘 찧는 소리, 물건이 떨어지는 소리 등)로서 발생시 사람을 놀라게 하지만 잔향이 없어 불쾌감이 적은 것이 특징이다. 중량충격음은 무겁고 부드러운 소리(아이들이 뛰어다니는 소리)로서 발생시 잔향이 남아 사람으로 하여금 심한 불쾌감을 갖게 하고, 심하면 정신적 고통을 일으키게 된다.

국내의 생활소음 문제는 발생원에서부터 사회적 관심사에 이르기까지 매년 급변하면서 다양화되고 있다. 생활환경소음의 최근 변화추세를 정리하면, 1) 도심화로 인해 도로교통소음 피해지역의 확대와 피해시민의 증대, 2) 공동주택에서 발생되는 민원이 사회문제로 대두되어 공동주택의 건설단계에서부터 소음진동을 고려한 설계와 공동주택인증제도의 도입, 3) 국내 고속철도의 개통으로 인한 새로운 철도변 소음 피해지역 추가, 4) 인천공항의 운영과 대도시 공항에서의 군용기 소음피해에 대한 여론으로 공항주변 소음피해 민원 증가, 5) 사격장 및 대단위 택지개발지구의 공사장 소음피해 등이라 할 수 있다. 전 국민의 절반 이상이 생활소음 피해자라 할 수 있는데, 교통 유발 소음원 이외에 도시인구 증가로 인해 건설사업장 소음, 공동주택 실내소음, 여가와 레크리에이션 소음 등으로 인해 피해에 노출되어 있는 인구는 매년 증가하고 있다.

환경소음의 노출 실태는 산업화와 도시화로 인한 소음 공해가 크게 부각되는 면에서 세계적으로 많은 연구 보고가 있다. 150만명이 거주하는 브라질의 쿠리티바시의 경우 1,000곳의 측정지점의 93.3%가 65 dB(A)를 초과하고, 특히 40.3%는 75 dB(A)를 초과하여 80.6%의 인구가 70 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 것으로 보고하고 있다(Zannin et al., 2002). 스페인의 카세레스시는 산업화되지 않은 소도시이나 90% 이상이 65 dB(A)를 초과하고 있으며 주 소음원은 도로 교통소음이었다(Barrigon Morillas et al., 2002). 중국 베이징 시민의 개인 환경소음 노출을 보면, 24시간 평균 환경소음 노출수준이 75.6 dB이었으며 70 dB 이상 노출자가 조사 대상의 86%이었다(Zheng et al., 1996).

Song et al.(2008)의 주거 환경 소음에 대한 거주자 반응조사에서 주거환경에 대한 가장 높은 불만족도을 보인 항목은 정온한 환경이었으며, 주거 환경 중 가장 문제가 되는 요소는 소음 문제로서, 주 요인은 외부의 자동차, 오토바이 소음과 철도소음, 옆집과 윗집에서 들려오는 소음 등이었다. 원룸형 다가구주택을 대상으로 한 연구에서는 거의 모든 주택들이 평균 소음레벨이 40 dB(A)보다 높게 나타났으며, 주요 소음원은 외부소음, 실내 생활소음, 생활기기소음, 급배수소음, 복도소음으로 나타났다(Choi, 2005). Shin et al.(2015)은 공동주택 내외부에서 발생하는 생활소음원 중 발생빈도 및 등가소음레벨이 높은 10개(건물 외부에서 발생하는 교통소음, 건물 내부에서 발생하는 공기전달소음 중 대화소리, 생활기기 소음, 생활소음, 급배수 설비 소음과 직접충격소음 중 발검음 소리와 물건 떨어뜨리는 소리, 가구 및 의자 등을 끄는 소리, 마지막으로 단위 주택 내부에서 발생하는 재실자에 의한 생활소음, 생활기기소음) 소음 측정 조사 결과 특정 시간대에서 최대치가 법적 기준치를 초과하고 있어 소음원벼로 시간대를 중심으로 법적기준의 세분화 및 현 기준보다 강화된 기준의 필요성을 제기하고 있다.

3. 소음의 건강영향

다른 환경 공해와는 대조적으로 주로 교통소음에 의해 야기되는 환경소음의 영향은 지속적으로 증가하고 있으며, 이미 많은 나라에서 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

소음이 사람에게 장기간 노출시 청력손실을 일으킨다는 연구는 오래 전부터 수행되어 왔으나 소음의 비청각학적 영향에 대해서는 최근의 연구발표로 알려지고 있다. 비청각학적 영향이란 소음에 노출시 청력에 미치는 영향을 제외한 심혈관계 등의 생리적 영향, 수행행동능력 장애, 수면 장애, 대화 방해 등으로 건강과 일상생활에 영향을 미치는 것을 말한다. 수행행동능력 장애는 주로 주의력 저하로 인한 2차적인 작업능률의 저하를 초래하고 대화가 불가능하여 위험신호를 알기 어려워 사고가 증가할 수 있다.

소음에 의한 청력 장해는 전세계적으로 불가역적 직업성 위해 중에서 가장 흔한 것으로서 직업적 소음뿐만 아니라 환경 소음도 청력 장해의 위험인자로서의 중요성이 점차 증가하고 있다. 일반적으로 소음에 의한 청력 장해는 8시간 평균 소음 노출값(LAeq, 8h)이 75 dBA 이하 수준에서는 장기간 직업적으로 노출되더라도 청력 장해의 영향은 없으며(ISO, 1990), 환경소음의 청력에 대한 영향도 24시간 기준으로 볼 때 청력손실이 발생할 수 있는 소음 수준은 대개 70 dB로 보고되고 있다(Passchier-Vermerr & Passchier, 2000).

소음의 생리적 영향은 심장 및 순환기계, 내분기계, 신경계 및 소화기계 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 소음은 호흡, 심박동율, 표피혈류, 말초혈관의 수축, 피부온도, 떨림, 위액분비기능, 위장관의 활동, 뇌의 생물전기적 활동 등의 생리적인 효과가 있고, 다른 한편으로는 혈중 지질, 혈중 포도당, cortisol, epinephrine, norepinephrine, dopamine, 성장호르몬, Mg, Ca 농도 등의 변화와 같은 생화학적인 효과가 있다. 소음에 대한 반응을 N-response라 하여 ① 말초혈관 수축으로 특징지워지는 혈관의 반응, 심장박동의 작은 변화, 대뇌 혈류의 증가, ② 느리고 깊은 호흡, ③ 전기적 자극에 대한 피부 저항의 변화, ④ 골격과 근육의 긴장이 변화하고 이러한 일련의 반응들에 위장관 운동의 변화와 내분비선 자극에 의해 야기되는 소변과 혈액 안의 화학적 변화를 야기한다. 대략 70 dB 크기의 소음이 N-response을 유발할 수 있다.

소음에 의한 심혈관계 영향과 관련된 연구결과를 종합하면, 혈압은 경도에서 중등도 정도의 영향을 미친다고 결론지을 수 있다. 일반적으로 소음에 노출되면 교감신경이 자극되어 말초 혈관의 저항을 높여 혈압을 상승시키는 것으로 알려져 있다. 동물실험에 의하면, 소음에 반복적으로 노출되면 말초 혈관의 구조적 변화를 촉진시켜 고혈압 수준으로까지 영구적인 혈압 상승이 유발된다. 소음의 강도가 충분히 강하고 특히 노출이 예측 불가능할 때에 심혈관계 반응이 발생되는데, 심박과 말초혈관 저항이 증가하며, 혈압, 점성도, 그리고 혈중 지질에 변화가 오고, Mg과 Ca과 같은 전해질, 에피네프린, 노르에피네프린, 코티솔 등 호르몬의 수준에도 변화가 온다(Ising & Gunther, 1997).

소음 노출에 의한 대화방해는 동시 발생하는 간섭소음이 대화 내용을 이해하지 못하게 하는 것으로서 정신집중의 감소, 피로, 자신감의 결여, 초조, 오해, 활동능력의 감소, 인간관계에서의 문제, 다양한 스트레스 반응 등의 대화방해로 인한 악영향을 미친다. 이와 같은 영향을 특히 쉽게 받는 사람들로는 청력 장해자, 노인, 언어 습득 과정의 어린이, 그리고 구어에 익숙하지 않은 사람들이며, 이들은 한 나라 인구의 상당 부분을 차지한다(Lazarus, 1998). 대화 내용 이해에 영향을 미치는 요인으로 대화 음의 음압수준, 발음, 대화자간 거리, 간섭소음의 특성, 실내의 특성(소리의 반사 정도), 듣는 사람의 청력과 주의 집중 정도 등이 있다. 정상 청력을 가진 사람이 문장을 완전히 이해하기 위해서는 신호잡음비(signal-to-noise ratio, 대화음의 수준과 간섭 소음의 음압수준의 차이)가 15-18 dBA이라야 한다(Lazarus, 1990).

방해없는 편안한 수면은 사람이 생리적, 정신적 기능을 건강하게 유지하는데 선행요건이나, 환경소음은 수면방해의 중요한 영향으로 알려져 있다. 소음노출이 수면에 미치는 일차적 영향으로는 잠들기가 어려움, 자다가 깨어남, 수면단계나 깊이의 변화 특히 REM(rapid eye movement) 수면의 감소이고(Hobson, 1989), 그 외 수면 중 생리학적 영향으로 혈압 상승, 맥박 증가, 손가락 맥박크기 증가, 혈관 수축, 호흡의 변화, 심장 부정맥, 신체 움직임의 증가 등이 있다(Berglund & Lindvall, 1995). 야간의 소음 노출은 또한 이차적 영향을 미치는데, 이것은 야간에 소음 노출이 있었던 그 다음 날 깨어있는 동안 관찰되는 영향으로서 잘 자지 못했다는 느낌, 피로감, 우울감, 업무 능력의 감소 등이 포함된다. 야간 소음 노출에 민감한 사람들로는 노인, 교대 근무자, 신체적/정신적 장해에 취약한 사람, 수면 장해를 가진 사람 등이다.

지속적으로 섬세한 주의를 요구하고 여러 가지 상황에 주의를 기울어야 하며 많은 가동 기억 용량을 필요로 하는 복잡한 업무를 수행하여야 하는 경우에는 소음에 의해 악영향을 받는다. 소음이 작업자의 내부언어를 지연시키고 방해하여, 정보처리에 요구되는 자원의 용량을 감소시키고(Poulton, 1979), 불규칙적이고 간헐적으로 발생하는 소음의 특징이 과제수행을 저하시키는 것과 직접적으로 관련이 있다(Eschenbrenner, 1971). 일반 작업장의 소음 강도인 75-86 dB의 환경에서의 과제수행 연구에서 언어력, 수리력, 지각력, 추리력 등의 과제수행능력이 떨어지는 결과를 보였다(김성철 등, 2010). 어린이 대상 연구에서 만성적 항공기 소음 노출은 청각의 분별력 장애로 학습, 수행, 회상장애에 영향을 미치며, 기존의 언어장애가 있거나 학습동기가 낮은 경우 더욱 심각하다.

불쾌감(annoyance)은 소음에 의한 영향 중 광범위한 현상이다. 이를 정의하자면 개인적으로나 일반적으로 해로운 영향을 주는 것으로 알려지거나 또한 그렇게 믿는 어떤 원인 물질이나 환경과 관련된 불쾌한 느낌이다(Koelega, 1987). 그러나 사람들은 환경소음에 노출될 경우 불쾌감과 달리 다양한 부정적 감정(화남, 실망, 불만족, 위축, 무력감, 우울, 초조, 주의산만, 안절부절 및 탈진)을 느낀다. 환경소음 노출에 따른 불쾌감은 소음의 청각적 특성(발생원, 노출)과 비청각적 특성(사회적, 정신적

및 경제상태)에 따라 다양하다(Fields, 1993). 이러한 요인들로는 소음원과 관련된 공포, 소음이 감소될 것이라는 확신정도, 개인적 소음 민감성, 소음의 조절 여부와 대응방향, 중요한 경제적 활동 여부 등이 있다. 연령, 성 및 사회경제적 상태와 같은 사회인구학적 변수는 불쾌감과 강하게 관련되어 있지 않다. 소음 노출과 일반적인 불쾌감은 개인적 수준보다 집단적 수준과 관련이 높다. 환경소음 노출에 따른 불쾌감은 소음의 청각적 특성(발생원, 노출)과 비청각적 특성(사회적, 정신적 및 경제상태)에 따라 다양하다(Fields, 1993). 이러한 요인들로는 소음원과 관련된 공포, 소음이 감소될 것이라는 확신정도, 개인적 소음 민감성, 소음의 조절 여부와 대응방향, 중요한 경제적 활동 여부 등이 있다.

소음이 정신건강에 영향을 주는 기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 소음으로 인해 수면을 방해받거나 일상 활동에 장애가 생길 경우 시상하부-뇌하수체-부신축이 자극되어 코티솔 및 에피네프린의 분비가 증가하는 것이 알려져 있다. 이러한 내분비계 교란으로 급성 스트레스 반응과 지속적인 정신적 불안정 상태와 우울을 유발하고, 나아가 생리적 질병까지 일으킨다는 주장이 대체로 널리 지지받고 있다(Lundberg, 1999; Spreng, 2000; Zaharna & Guilleminault, 2010). 최근의 연구에서 소음 노출과 불안 및 우울을 포함한 정신과적 증상이 관련이 있다고 보고되고 있다. 특히 환경적 소음의 경우 일반적인 인구집단에게 노출되는 것이어서 소아, 여성, 만성질환자, 노인 등 취약하리라고 생각되는 집단을 모두 포함하고 있으며 그 중에서도 항공기 소음은 간헐적 불규칙적으로 발생하여 예측하기 쉽지 않다는 특징이 있다. 항공기 소음과 정신건강의 연구는 초기에 정신병원 입원률을 중심으로 이루어졌다. 일부, 공항 주변에서 정신병원 입원률이 높다는 보고(Abey-Wickrama et al., 1969; Tarnopolsky et al., 1980)가 있었다.

4. 실내소음의 평가 및 관리기준

우리나라는 60년대 이후 급속한 공업화와 인구의 도시집중 및 생활양식의 변화에 따라 소음・진동 문제가 어느 곳이나 중요한 현안문제로 대두되고 있다. 특히 차량의 폭발적 증가와 빈번한 건설공사장 소음・진동은 많은 민원을 유발하는 등 국민생활 불편요소로 작용하고 있으며, 국민들의 환경보전에 대한 인식이 날로 새로워지고 정온한 환경에 대한 욕구도 급증하고 있어 현행 환경보전법과 별개로 소음진동관리법에서 공장소음, 생활소음, 교통소음, 항공기 소음으로 구분하여 이에 대한 대책을 규정하고 있다(Figure 1)(소음진동관리법, 2013).

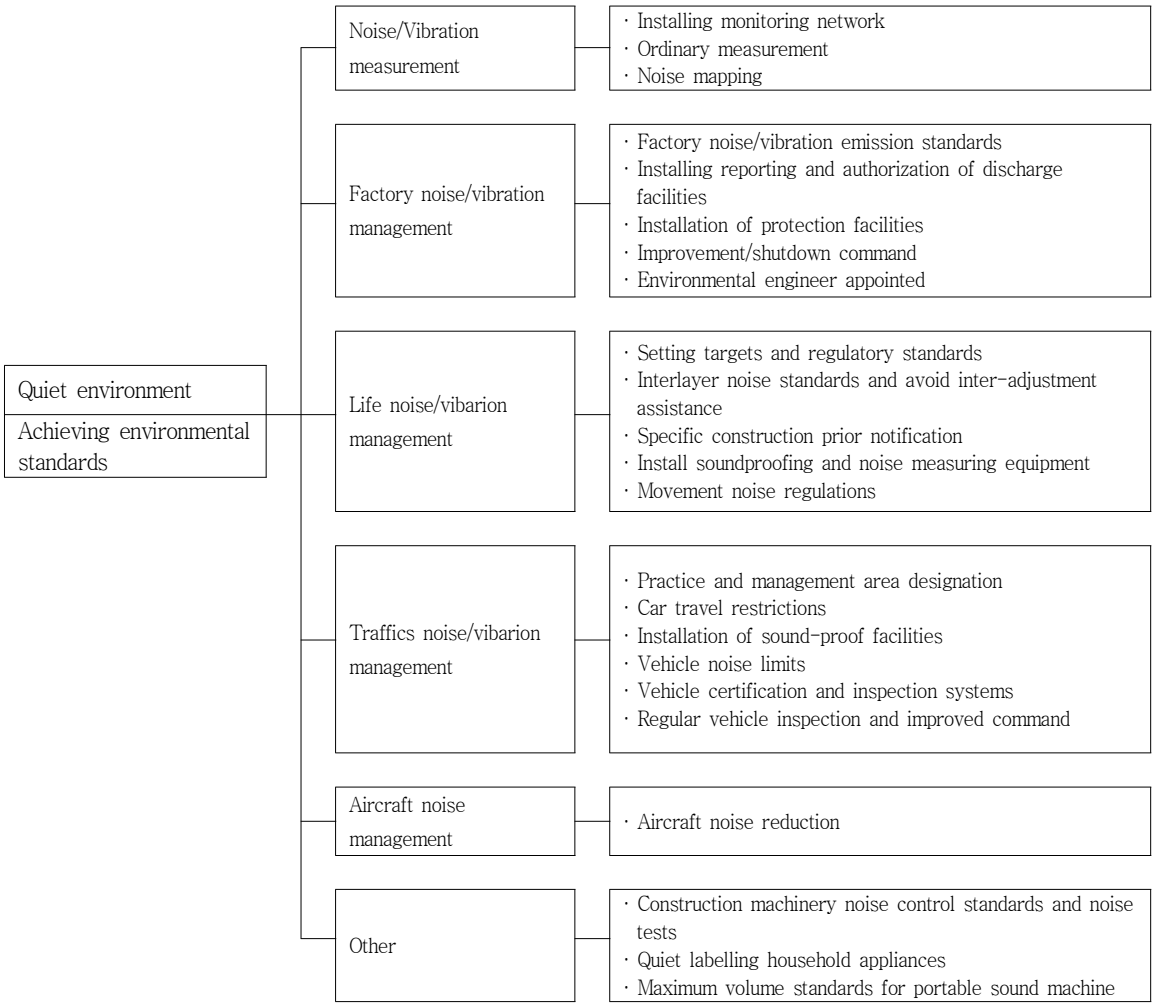

Figure 1. System of Noise and Vibration Control Act

소음에 대한 평가는 주로 A-weighting을 기본으로 하는 등가소음 레벨을 주로 사용하고 있다. 하지만 이와 같은 평가방법은 소음을 직접 듣고 평가하는 인간의 복합적 감성반응을 반영하는 기준으로는 부족하다. 따라서 환경소음에 대한 적절한 평가기준으로서 인간의 감성을 반영한 음질평가 기준이 필요하고, 이와 관련하여 NC(Noise Criteria), PNC, NR(Noise rating), RC(Room criterion), N 및 dB(A)가 세계적으로 널리 쓰이고 있다. 실내소음을 평가하는 기준으로 구미에서는 NC값과 국제표준화기구(International Organization for Standardization, ISO)에서 제안하고 있는 NR값이 주로 사용되고 있다.

세계보건기구의 환경소음 관리지침(Guidelines for community noise)에는 5분간 연속 측정한 소음도의 평균이 거실은 35 dB, 침실은 지속적인 소음에 대해 30 dB(A), 단속음에 대해서는 45 dB(L_{Amax}), 옥외 생활지역은 지속음에 대해 55 dB(A)(밤에는 45 dB(A)), 학교는 수업시간 동안 35 dB(A)를 초과해서는 안되고,

밤시간 동안 병원의 병실은 30 dB(A) 이하이어야 한다고 권고하고 있다. 소음의 허용 권장치는 비청각학적 영향까지를 고려하여 장소마다 다르게 정하고 있다. (Table 2). 표 3은 미국 공조냉동냉방 기술자협회(American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, ASHRAE)의 실내설계 목표치로 제시하는 실내 용도별 NC/RC, dBA와 dBC이다.

우리나라의 소음 관련 기본 법규로는 환경정책기본법, 소음진동관리법, 주택건설촉진법, 항공법, 산업안전보건법에서 대상과 목적에 따라 기준이 설정되어 있다. 우리나라의 생활소음의 규제기준은 2010년에 개정되었다. 생활소음의 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상 지역을 기준으로 적용하는데, 대상지역을 주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발 진흥지구·휴양개발진흥지구, 지연보전지역, 그 밖의 지역에 있는 학교·종합병원·공공도서관과 그 밖의 지역으로 나누고, 소음원을 확성기, 공장, 사업장, 공사장에 따른 시간대별 아침, 저녁(05:00~07:00, 18:00~22:00), 주간(07:00~18:00), 야간(22:00~05:00)의 소음 규제기준을 제시하고 있다. 또한 공사장 소음의 작업시간, 주간의 발파소음 등에 대해서는 + 5 ~ 10 dB을 보정한다. 동일 건물이란 지붕과 기둥 또는 벽이 일체로 되어 있는 건물로 동일 건물에 대한 생활소음 규제기준은 환경부령에서 정하는 소음의 발생 장소로서 체력단련장업, 체육도장업, 무도학원업 및 무도장업, 음악교습을 위한 학원 및 교습소, 단란주점영업 및 유흥주점영업, 노래연습장업, 콜라텍업 등의 사업장을 말한다(Table 4).

Table 2. Giudeline values for community noise in specific environments (WHO, 1999)

Specific environment	Critical health effect(s)	L_{Aeq} [dB(A)]	Time base [hours]	L_{Amax} fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open(oudoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-
Hospital, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	#1		
Industrial, commercial shopping and traffic areas, indoors and outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonies, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons: <5times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music and other sounds through headphones/earphones	Hearing impairment (free-field value)	85#4	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140 #2
	Hearing impairment (children)	-	-	120 #2
Outdoors in parkland and conservations areas	Diruption of tranquillity	#3		

#1: As low as possible

#2: Peak sound pressure (not LAF, max) measured 100 mm from the ear.

#3: Existing quiet outdoor should be preserved and the ratio of intruding noise to natural background sound should be kept low.

#4: Under headphones, adapted to free-field values.

Table 3. Design guidelines for HVAC-related background sound in rooms

Room type		Octave band analysis	Approximate overall sound pressure level	
		NC/RC	dBA	dBC
Rooms with intruson from outdoor noise sources	Traffic noise	N/A	45	70
	Aircraft flyovers	N/A	45	70
Residences, apartments, condominiums	Living areas	30	35	60
	Bathrooms, kitchens, utility rooms	35	40	60
Hotels/Motels	Individual rooms or suites	30	35	60
	Meeting/banquet rooms	30	35	60
	Corridors and lobbies	40	45	65
	Service/support areas	40	45	65
Office buildings	Executive and private offices	30	35	60
	Conference rooms	30	35	60
	Teleconference rooms	25	30	55
	Open-plan offices	40	45	65
	Corridors and lobbies	40	45	65
Courtrooms	Unamplified speech	30	35	60
	Amplified speech	35	40	60
Performing art spaces	Drama theaters, concert and recital halls	20	25	50
	Music teaching studios	25	30	55
	Music practice rooms	30	35	60
Hospitals and clinics	Patient rooms	30	35	60
	Wards	35	40	60
	Operating and procedure rooms	35	40	60
	Corridors and lobbies	40	45	65
Laboratories	Testing/research with minimal speech communication	50	55	75
	Extensive phone use and speech communication	45	50	70
	Group teaching	35	40	60
Churches, mosques, synagogues	General assembly with critical music programs	25	30	55
Schools	Classrooms	30	35	60
	Large lecture rooms with speech amplication	30	35	60
	Large lecture rooms without speech amplication	25	30	55
Libraries		30	35	60
Indoor stadiums, Gymnasiums	Gymnasiums and natatoriums	45	50	70
	Large-seating-capacity spaces with speech amplication	50	55	75

Table 4. Regulation standards of community noise

[Unit: dB(A)]

Target areas	Noise sources		Morning, evening (05:00-07:00, 18:00-22:00)	Day (07:00 -18:00)	Night (22:00 -05:00)
Residential areas, green areas, administrative areas of the village district · residential and resort development zones, natural environmental conservation areas, other areas in schools, hospitals, and public libraries	Loudspeakers	Outdoor	below 60	below 65	below 60
		If the outdoor noise coming from indoors	below 50	below 55	below 45
	Factory		below 50	below 55	below 45
	Business	In the same building	below 45	below 50	below40
		Other	below 50	below 55	below 45
	Construction		below 60	below 65	below 50
Other areas	Loudspeakers	Outdoor	below 65	below 70	below 60
		If the outdoor noise coming from indoors	below 60	below 65	below 55
	Factory		below 60	below 65	below 55
	Business	In the same building	below 50	below 55	below 45
		Other	below 60	below 65	below 55
	Construction		below 65	below 70	below 50

외국에서는 바닥충격음, 급배수 설비소음, 외부소음에 대한 내부소음 기준 설정을 통해 공동주택의 환경소음으로 인한 영향을 규제하고 있다. 우리나라의 경우에는 공동주택의 층간소음에 대한 측정방법과 평가방법 및 소음기준은 있으나 급배수 소음에 대해서는 소음의 평가방법과 소음기준은 설정되어 있지 않다. 선진국의 공동주택에 대한 소음기준은 아주 엄격하다. 호주의 환경보호법은 공동주택 실내소음기준을 주간에 40 dB, 야간은 30 dB로 정하고 있으며, 미국에서도 실내소음 목표치는 주야간 모두 45 dB이다. 우리나라는 [공동주택 층간소음의 범위와 기준에 관한 규칙]에서 공동주택 층간소음의 범위는 입주자 또는 사용자의 활동으로 인하여 발생하는 소음으로서 다른 입주자 또는 사용자에게 피해를 주는 뛰거나 걷는 동작으로 인하여 발생하는 직접충격 소음과 텔레비전, 음향기기 등의 사용으로 한하여 발생하는 공기전달 소음을 규정하고 있다. 직접충격 소음은 1분간 등가소음도로 주간(06:00~22:00)에 43 dB(A), 야간(22:00~06:00)에 38 dB(A), 최고소음도로는 각각 57 dB(A), 52 dB(A), 공기전달 소음은 5분간 등가소음도로 주야간 각각 45 dB(A), 40 dB(A)이다.

국토교통부에서는 공동주택 층간소음기준을 마련하여 새로 짓는 공동주택에 대해서 경량충격음은 58 dB 이하, 중량충격음은 50 dB 이하가 되도록 제한하였다. 아파트 층간의 바닥을 구성하는 슬래브의 두께를 보다 안정적인 수치인 210mm로 규정

하였다. 또한 바닥충격음 성능등급의 기준과 인정기관 지정 등을 목적으로 한 [공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준](국토교통부고시 제2013-611호) 경량충격음과 중량충격음의 1~4등급의 역A특성 가중 규준화 바닥충격음 레벨도 제시하고 있다.

5. 실내소음의 저감

우리나라는 정온한 생활환경 조성을 위한 소음 문제 해결을 위해 환경부는 '제2차 생활소음 줄이기 종합대책[2011~2015년]'을 수립하여 추진중이고 2008년 10월 국가소음정보시스템(www.noiseinfo.or.kr)을 구축하여 각종 측정망 관리를 통합·서비스하는 한편, 2012년 3월에는 공동주택 층간소음으로 인한 민생고충 해소를 위한 '층간소음 이웃사이서비스'를 구축하였다. 전체 소음민원의 65%를 차지하는 공사장 소음 문제를 해결하기 위한 소음발생기계에 대한 소음표시제를 2011년부터 운영하며 맞춤형 소음저감방안 컨설팅을 실시하며, 2013년부터 교통소음 관리를 위하여 인구 25만 이상 도시를 대상으로 소음지도 작성을 추진하는 교통소음 저감대책을 추진하고, 층간소음 예방을 위한 가전제품 저소음 등급제, 청소년 등의 난청예방을 위한 휴대용 음향기기 최대음량기준 제한을 추진하고 있다(김법정, 2013).

실내에 영향을 미칠 수 있는 소음은 교통소음, 건설소음, 작업장 소음 등의 건물 외적인 요소와 건물 내부의 원인으로 구분할 수 있다. 건물 내부의 원인으로 분석되는 소음 영향은 건물을 계획하는 단계에서 기계별/장비별로 구조적인 소음 방지, 기계실의 분리, 흡음 및 차음, 소음장치 설치 등을 하여 실내 거주자의 생활환경을 보호하고, 외적인 요소는 생활을 유지하는데 지장을 주지 않도록 규제하거나, 도로변에 방음벽을 설치하여 거주자의 생활공간으로 소음이 유입되는 것을 차단하도록 한다.

소음을 방지하여 보다 안정된 실내환경을 조성하기 위한 방법으로 소음 발생원의 제거, 행정적인 조치, 건축계획의 일환으로서의 방법, 기존 주택에서의 차음대책 등의 네 가지 측면으로 구분하여 살펴보고자 한다.

소음 발생원의 제거 방법은 소음을 그 근원에서 처리한다는 원칙하에 도시 소음의 주원인인 동력기관 자체의 소음을 억제하거나 따로 배치하는 것이다. 즉 기술을 개발하여 좀 더 조용한 엔진을 개발하거나 소음 억제장치나 흡음기를 설치하는 방법이다. 공장소음과 교통기관의 소음원에 대해 이 방법이 적용될 수 있다.

행정적 조치로서의 소음 대책은 국가적인 차원에서의 소음 규제책을 마련하는 입법적인 측면의 방법이다. 도시의 인구 분산과 집중 방지를 위한 행정적 조치와 엄격한 용도별 지역제, 소음 공해를 방지시킬 수 있는 건축법규의 실시, 크락션 소리나 공장 기기의 생산 시설에 가하는 규제 조치 등이 이에 해당한다. 이 방법은 국소적인 방음대책과는 달리 국가적으로 집중적인 대책을 세우기 때문에 그 효과가 크다.

건축계획의 일환으로서의 소음 대책은 건축 설계시 배치 계획을 충분히 고려함으로써 보다 능률적으로 소음을 방지할 수 있다. 소음 전달을 감소시키기 위해 소음원과의 거리를 두어 배치 계획을 세우며 방음 구조 등의 유효한 차음 시설을 계획하고 창호 개폐부에 이중 유리창과 특수소음 흡수 시설을 함으로써 건축적인 측면에서의 소음 방지 효과를 거둘 수 있다. 또 도로와 평행한 건물은 음향을 반향하여 소음의 피해가 크므로 건물은 도로와 수직 방향으로 하거나 적당한 각도를 유지하고, 도로변에 방음벽을 설치하도록 한다. 그리고 건물의 외벽에는 소음의 반향을 막고 소음을 흡수시킬 수 있는 표면이 거치른 외장벽돌을 사용하며, 아파트의 경우에는 각 층 사이나 복도와 접한 벽에 방음재를 넣어 소음을 방지한다. 이 방법은 건축 계획시에 미리 방음 대책을 세우기 때문에 보다 효율적인 방법이 된다.

기존 주택에서의 대처 방안은 이미 건축물이 지어져 생활하는 경우에도 조금만 개선하면 훨씬 조용한 환경을 누릴 수 있다. 실제 주거공간에서 가능한 소음방지대책으로는 외부와 연결된 개폐부로부터 전달되는 소음을 차단하기 위해 창문, 덕트(duct)등의 틈을 없애고, 문소리에서 나는 금속성의 소리를 감소시키기 위해 고무패킹을 접착하거나, 음의 흡음효과가 큰 커텐이나 카페트와 같은 주택 내장재를 설치한다. 일반적으로 카페트는 다른 바닥 재료보다 흡음률이 좋아 실내의 방음 장치로서도 탁월한 효과가 있다. TV 등의 가전제품을 필요 이상으로 크게 틀지 않도록 하고 악기 연주나 세탁은 밤시간을 피하도록 하며, 무엇보다도 자신만이 아니라 타인과 함께 사는 공동 공간임을 인식하여 조용한 환경을 만들도록 노력하여야 한다.

6. 결론

우리를 둘러싼 환경의 여러 자극 중에서 생활 환경소음은 인간에게 많은 영향을 미친다. 문헌 조사를 통하여 환경소음의 개념과 주요 소음원을 밝히고, 인간에게 미치는 영향을 제시하여 소음의 심각성을 고찰하였다. 소음의 종류는 인간의 거동에 의한 소음, 동력기관에 의한 소음, 건물 설비 기기 소음, 건설 소음, 작업 소음, 인간의 집합에 의한 소음을 들 수 있는데, 그 중 교통 소음이 생활소음의 가장 주요한 소음원이다. 소음은 인간의 생활에 스트레스 반응을 일으키며 신체적, 정신적, 사회적으로 피해를 주고 심각한 영향을 끼친다는 것이 밝혀졌다. 생활환경 소음과 실내소음의 법적기준과 권고사항 등을 제시하고 비교하였을 때 우리나라의 기준이 국제적인 기준에 비해 높은 편이며, 실제 측정 결과도 이를 초과하고 있어 소음 저감의 제반 대책이 필요하다. 그 방법으로는 소음 발생원을 제거하는 방법, 행정적 차원에서의 소음 대책, 바닥충격음, 공기전달음 및 급배수 설비소음 등의 실내소음에 대한 건축 계획의 일환으로서의 소음저감 대책 등이 있다. 이제까지 방치하여 왔던 소음 문제에 대해 여러 측면에서 거주 생활공간 및 실내공간의 특성에 따라 정온한 환경을 도모하여 주거 생활의 질적 향상을 이루어야 한다.

References

Kim B.J., The main policy directions for promoting living environment management. Bulletin of Korea environmental preservation association 408, pp.9-11, 2013

Abey-Wickrama I, A'Brook M.F., Gattoni F.E., Herridge C.F., Mental hospital admissions and aircraft noise. Lancet 13;2(7663), 1275-1277, 1969.

Barrigon Morillas J.M., Gomez Escobar V, Mendez Sierra J.A., Vilchez Gomez R, Trujillo Carmona J., An environmental noise study in the city of Caceres, Spain. Applied Acoustics 63, 1061-1070, 2002.

Berglund B, Lindvall T., Community noise. [Archives of the Center for Sensory Research Vol. 2(1)]. Stokholm, Sweden: Stockholm Univ. and Karolinska Inst. 1995.

Choi Y.J., Present condition of indoor noise level in one-room type multi-family housings around campus. Korea Institute of Interior Design Journal 14(3), 191-198, 2005.

Eschenbrenner A.J., Effects of intermittent noise on the perfomance of a complex psychomotor task. Human Factors 13, 59-63, 1971.

Fields J.M., Effects of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. J Acoust Soc Am 93, 2753-2763, 1993

Hobson J.A., Sleep (Scientific American Library). New York, NY: W.H. Freeman & Co. 1989.

Ising H., Gunther T., Interaction between noise-induced stress and magnesium losses: relevance for long-term health effects. In: Augustinovicz F, editor. Inter Noise 97, Help Quiet the World for a Higher Quality Life, Vol. 2. Poughkeepsie, NY: Noise Control Foundation. p.1099-1104, 1997.

International Organization for Standardization (ISO). ISO 1999: Acoustics - Determination of Occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-Induced Hearing Impairment. Geneva, Switzerland: ISO. 1990.

Kim S.C., Park K.S., Kim K.W., The Study on Affecting Subject Accomplishment by Noise. Journal of the Ergonomics Society of Korea 29(1), 121-128, 2010.

Klæboe R., Amundsen A.H., Fyhri A., Solberg S., Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway. Applied Acoustics 65, 893-912, 2004.

Koelega H.S., Environmental Annoyance: Characterization, Measurement, and Control. Amsterdam, Netherlands: Elseivier Science Ltd. 1987.

Lazarus H., New methods for describing and assessing direct speech communication under disturbing conditions. Environment International 16, 373-392, 1990.

Lazarus H., Noise and communication: the present state. In: Carter NL, Job RFS, editors. Noise as a Public Health Problem (Noise Effects '98). Sydney, Australia: Noise Effects '98 PTY Ltd., Vol. 1, p.157-162, 1998.

Lee T.G., Ko K.P., Kim H., Song G.G., Kim S.W., An experimental study on the subjective response for water supply and drain installations in apartment batgroom. Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering 18(6), 663-673, 2008.

Lundberg U., Coping with stress : Neuroendocrine reactions and implications for health. Noise Health 1(4), 67-74, 1999.

Nelson D.I., Nelson R.Y., Concha-Barrientos M., Fingerhut M., The global burden of occupational noise-induced hearing loss. Am J Ind Med. 48(6), 446-458, 2005.

Niskar A.S., Kieszak S.M., Holmes A.E., Esteban E., Rubin C., Brody D.J., Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994, United States. Pediatrics 108(1), 40-43, 2001.

Passchier-Vermerr W., Passchier W.F., Noise exposure and public health. Environ Health Perspect 108(1), 123-131, 2000.

Poulton E.C., Composite model for human perfomance in continuous noise. Psychological Review 86(4), 361-375, 1979.

Regulation of standards and scope of noise between floors on residential building [Internet]. Seoul (Korea): Ministry of Environmental and Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2014 - [cited 2015 April 1]. Available from: http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&p1=&subMenu=1&nwYn=1&section=&query=%EA%B3%B5%EB%8F%99%EC%A3%BC%ED%83%9D+%EC%B8%B5%EA%B0%84%EC%86%8C%EC%9D%8C%EC%9D%98+%EB%B2%94%EC%9C%84%EC%99%80+%EA%B8%B0%EC%A4%80%EC%97%90+%EA%B4%80%ED%95%9C+%EA%B7%9C%EC%B9%99&x=25&y=2#liBgcolor0

Regulation of standards, etc. of housing construction [Internet]. Seoul (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2013 - [cited 2015 April 1]. Available from: http://www.molit.go.kr/USR/WPGE0201/m_35442/DTL.jsp

Shin J., Song H., Shin Y., Analysis of the characteristic of living noise in

residential buildings. J Korean Inst Build Const 15(1), 123-131, 2015.

Song G.G., Lim J.Y., Lee T.G., Kim S.W., A Study on the Subjective Responses to Environmental Noises. Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference. Apr. 17, pp 5-8, 2008.

Spreng M., Possible health effects of noise induced cortisol increase. Noise Health 2(7), 59-64, 2000.

Stansfeld S.A., Matheson M.P., Noise pollution: non-auditory effects on health. Br Med Bull 68, 243-257, 2003.

Tarnopolsky A., Watkins G., Hand D.J., Aircraft noise and mental health: I. Prevalence of individual symptoms. Psychol Med 10(4), 683-698, 1980.

The government organization, enforcement rule of noise and vibration control act [internet]. Seoul (Korea): Ministry of Environment. 2015 - [cited 2015 April 1]. Available from: http://www.law.go.kr/lsSc.do?menuId=0&p1=&subMenu=1&nwYn=1&section=&query=%EC%86%8C%EC%9D%8C%EC%A7%84%EB%8F%99%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95&x=27&y=7#liBgcolor0

WHO. Guidelines for community noise. World Health Organization, London, United Kingdom, 1999.

Yoshida T., Osada Y., Effects of road traffic noise on inhabitant of Tokyo. J Sound Vibration 205(4), 517-522, 1997.

Zaharna M., Guilleminault C., Sleep, noise & health: Review. Noise Health 12(47), 64-69, 2010.

Zannin P.H.T., Diniz F.B., Barbosa W.A., Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. Applied Acoustics 63, 351-358, 2002.

Zheng D., Cai X., Song H., Chen T., Study on personal noise exposure in China. Applied Acoustics 48,59-70, 1996.