

## 도시 환경음의 음질 평가

### Evaluation of Sound Quality for Urban Environmental Sound

○박현구\*, 신용규\*\*, 김항\*\*\*, 송민정\*, 김선우\*\*\*\*

Hyeon Ku Park, Yong Gyu Shin, Hang Kim, Min Jeong Song, Sun Woo Kim

**Key Words :** 도시 환경음(Urban Environmental Sound), 음질 지수(Sound Quality index)

#### ABSTRACT

This study performed an physical analysis on the characteristics of urban environmental sound divided into three parts depending on their features. Object sounds were classified into traffic sound, waster sound and spatial sound. Traffice sound was selected because it is dominant sound in urban environment, and water sound is selected because it generally supplies pleasantness in contrast to traffic sound, Finally spatial sound was considered because it represents sound in various places of city having lots of behaviors and types of sound due to them.

Physcal analysis was carried out using sound quality indices based on Zwicker's loudness,  $L_{Aeq}$ (equivalent noise level),  $L_n$ (percentile noise level) and other acoutical attributes applied to previous study. Through the analysis, this study aims to compare the acoustical characteristics of urban environmental sound and to provide fundamental data for the evaluation of urban environmental sound.

#### 1. 서론

도시 내에서는 다양한 활동들이 발생하고, 그와 수반되어 많은 소리가 존재한다. 이들 소리는 자동차, 기차, 비행기 등 교통수단에서 발생하는 소리, 상업용 건물들에서 발생하는 소리, 보행자가 많은 도로에서 나는 대화소리, 아이들 뛰노는 소리 등 다양한 공간에서 공간의 특색에 따라 특징있는 소리를 발생하게 된다. 소음이란 일반적으로 원치 않는 소리로 주관적인 개념이다. 따라서 소리를 객관적으로 보기 위해 도시 내에서 발생하는 소리를 소음과 비소음으로 나누지 않고 소리라는 관점에서 살펴보면 다양한 소리는 어떻게 평가할 수 있을까?

도시 내에서 발생하는 소음에 대해서는 대부분 환경소음으로 분류되어 측정 및 평가되어 왔다. 그렇지만, 소음 이외의 소리 특히, 바람직한 소리에 대한 측정, 평가법은 마련되어 있지 않다. 본 연구에서는 도시 환경음의 특성에 대한 물리적인 분석을 수행한 것으로, 음질지수 및 선행연구에서 사용되었던 파라미터의 비교를 통해 환경음을 분류하고 분석함으로써, 도시 환경음의 특성과 환경음 평가

를 위한 물리적인 지수 산출의 기초적인 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 2. 환경음의 선정 및 측정

##### 2.1 대상 환경음의 분류

본 연구에서 대상으로 하는 환경음은 크게 세 부분으로 나누어서 고려하였다. 도시에서 거의 모든 음을 차지하고 있는 교통음과 이외는 약간 대조되는 도시 하천, 분수 등을 고려한 물소리 및 도시 내 다양한 공간의 특징을 분석하고자 특징이 다른 공간에서의 소리를 대상으로 하였다. 표 1은 대상음을 분류한 것이다.

첫째, 교통음으로는 시내도로와 고속도로를 대상으로 하여 시내도로는 왕복 5차선, 8차선, 16차선에서의 음을 측정하고 녹음하였다. 고속도로는 왕복 4차선을 대상으로 하였으며, 각 측정시 차량의 종류와 대수를 세었다. 시내도로 중 왕복 8차선 측정장소는 5거리의 교차로였기 때문에 각 방향으로 자동차들이 정지 및 신호대기, 출발 등을 반복하였으며, 보도 한 곳에는 분수대가 설치되어 있었으나, 계절의 이유로 인해 작동이 되지 않고 있었다.

둘째로, 물소리는 도시 내부를 흐르는 하천을 고려하여 단차이로 인해 발생하는 시냇물의 소리를 측정하였으며, 공원 및 호수에 있는 분수 또한 대상으로 고려하였으나, 대부분 작동하지 않아 낮은 분수만을 대상으로 하였다. 시

\* 정회원, 전남대 공업기술연구소 선임연구원, 공학박사  
\*\* 정회원, 동신대 시간강사, 공학석사  
\*\*\* 정회원, 전남대 공업기술연구소 연구원, 공학석사  
\*\*\*\* 정회원, 전남대 건축학부 교수, 공학박사

표 1. 대상음의 분류

분류	소리의 종류	차량대수 (혼입율)	녹음시간 (개시시간)	온습도 (℃/%)	비고
교통음	도로교통음, 시내도로(왕복 5차선)	39대/분(21/18)	5분(19:22)	9.4/32.8	차량 속도 약 10 ~ 50 km/h, 차량 주행 및 신호대기음
	도로교통음, 시내도로(왕복 8차선)	86대/분(11/75)	5분(13:29)	15.5/26.8	5거리 교차로, 차량 통과음, 정지차량 공회전, 브레이크음
	도로교통음, 시내도로(왕복 16차선)	58대/분(20/38)	5분(16:14)	16.6/26.9	차량 속도 약 60 km/h, 공장작업소음 간헐적 발생
	도로교통음, 고속도로(왕복 4차선)	103대/분(42/61)	5분(18:56)	11.6/31.3	차량속도 약 100 ~ 110 km/h, 도로변 5m 위치
물소리	시냇물, 단차 10 ~ 20 cm		5분(17:00)	11.3/32.8	폭 1 m, 물 깊이 15 cm, 자갈바닥
	시냇물, 단차 60 cm ~ 70 cm		5분(17:06)	11.3/32.8	폭 3 m, 물 깊이 1 m 정도
공간음	호수 분수, 분수높이 50 cm ~ 2 m		5분(19:40)	8.2/33.1	물줄기 하나 솟음, 근처에서 북소리, 보행자 대화음
	시내 보행자 도로(상가)	1대/5분(0/1)	5분(19:13)	9.1/32.3	대화, 확성기, 상가 음악, 형광등 안정기 소리
	호수변		5분(17:55)	9.4/34.3	새소리, 주변 유원지에서 방송음, 음악소리
	호수공원	29대/분(12/9)	5분(17:37)	12.3/29.6	지압보도, 도로로부터 50 m 이격, 이용자: 약 50명/5분
	동산(진입부)	5대/5분(0/5)	5분(18:15)	9.0/32.4	바람에 나뭇잎 흔들리는 소리, 새소리, 개 짖는 소리
	아파트 단지 내 놀이터		5분(18:24)	9.1/32.3	자동차통과, 주정차, 보행음, 쓰레기처리, 오토바이 통과
	주택 단지 도로	3대/5분(0/3)	5분(14:56)	14.8/27.6	도로폭 6.5 m, 1 층 규모의 주택가, 개 짖음, 보행자
	천변, 교량 위	38대/분(15/23)	5분(13:52)	13.4/28.1	도로교통음 때문에 물소리가 거의 들리지 않음
천변, 교량 아래	152대/분(40/112)	5분(15:40)	13.1/32.8	도로로부터 100m 이격되어 물소리가 약하게 들림	

\* 혼입율 : 소형차에 대한 중,대형차의 비율(소형차 : 승용차 등, 대형차 : 버스, 4ton 이상 차량, 중형차 : 소형, 대형 이외의 자동차)

넷물은 단차이가 10 ~ 20 cm인 곳과 60 ~ 70 cm인 곳을 측정하였으며, 폭포를 이루는 물의 폭도 달라 물의 양 또한 달랐다.

셋째로, 공간음의 측정을 위해 도시 내에서 이루어지는 행태를 기준으로 다양한 공간을 대상지로 선정하여 해당 공간에서의 음환경을 연구하고자 하였다. 대상 공간으로는 보행자가 주로 다니는 상가가 많은 보행자 도로, 새울음 소리가 들리는 조용한 호수변, 사람들이 많이 모이는 호수공원, 자연음이 많을 것으로 예상되는 동산, 아파트 단지 내 놀이터, 주택 단지의 비교적 조용한 도로, 하천 위에 설치된 교량을 기준으로 도로교통음이 보다 지배적인 교량위, 하천의 물소리가 지배적인 교량 아래 등을 대상으로 하여 각 공간에서 음을 측정 및 녹음하였다.

### 2.2 대상 위치 및 측정환경

도시 환경음에 대한 분석을 위해 광주광역시를 대상 도시로 선정하였으며, 도시를 관통하는 광주천, 도로, 주택단지, 아파트 단지 등을 대상으로 측정 및 녹음을 실시하였다. 측정 및 녹음은 2005년 3월 23일에 이루어 졌으며 온도는 정오가 넘어서면서는 약 17℃였으나 오후 8시에는 약 9℃까지 떨어졌으며, 상대습도는 35% 이하를 나타내어 대체적으로 건조한 날씨였다. 외부에 바람이 부는 추운 날 썰여서 호수공원, 아파트 단지 등에 적은 사람들이 있었다.

### 2.3 측정 및 음향지수 계산

도시 환경음에 대한 음질지수 산출 및 음향특성값 계산을 위해 Symphonie(01dB 社)를 사용하였으며, 녹음 및 측정을 실시하였다. 측정은 dBTrig32를 사용하여, 동특성 fast로 하였으며 측정 및 녹음을 동시에 하였다. 측정된 값은 주파수 분석을 하였으며, 녹음된 내용은 time

history의 분석 및 음질지수 분석을 하였다. 또한, 음질지수 이외에 도시 환경음을 표현하기 위해 사용되었던 몇 가지의 지수를 산출하였다<sup>2)</sup>. 도시 환경음을 분석하기 위해 사용된 음질지수는 Loudness(N), Loudness 10%(N10) 및 Zwicker Loudness를 기초로 만들어진 음질지수인 Fluctuation strength, Roughness 및 Sharpness와 Zwicker Loudness, Fluctuation strength, Roughness, Sharpness의 가중된 합으로 만들어진 Unbiased Annoyance, Articulation index(NHV), 시간 변동에 따른 음 레벨의 표준편차(SiD), 시간별 음압레벨의 변화를 보여주는 time history, 백분율 소음레벨 평가법인 Ln 값을 분석하였다.

Manon(2003)은 Sharpness, Roughness 등의 지표가 도시 환경음의 차이를 분석하는데 그 값의 변화폭이 너무 작아 설명력이 매우 낮음을 발견하고 스펙트럼의 중력중심을 계산하기 위해 G 값을 계산하였다. G값은 다음 식에 의해 계산되어진다.

$$G = \frac{\sum_i [10^{\frac{L_i}{10}} \times B_i]}{\sum_i [10^{\frac{L_i}{10}}]}$$

여기에서,  $L_i$ 은 50 Hz에서 50 kHz까지의 1/3 옥타브 밴드폭( $B_i$ )에서의 레벨(dB).

도시 환경에서 소리의 발생에 따른 상황을 표현할 수 있는 방법이 없어 Maron(2003)이 사용한 피크 발생 횟수<sup>3)</sup>(NbEm)를 계산하였다. 피크 발생에 대한 상대적인 시간(REm)을 도출하기 위해 발생 시간(TEm)을 전체 녹음 시간(sec)으로 나누었으며, 시간비에 대한 피크 발생횟수

2) Manon Raimbault et al, Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities, Applied Acoustics 64(2003) 1241-1256

3)  $L_{90}$ 보다 5 dB 높은 경우에 하나의 Em으로 한다.

를 통해  $EmT$ 를 계산하였다.

$$REm = \frac{TEm}{TotalDuration} \%$$

$$EmT = \frac{NbEm}{TEm}$$

여기에서,  $TEm$ 의 단위는 초(sec)이다.

### 3. 환경음 측정 결과 및 분석

#### 3.1 타임히스토리 분석

그림 1 ~ 그림 15는 대상 환경음의 5분 측정 기간 동안의 time history를 나타낸 것으로, 시간 변화에 따른 레벨 변화를 나타내고 있다. 교통음의 경우(그림 1~그림 4) 자동차의 통과에 따른 레벨 변화가 크게 일어나고 있으며, 고속도로에서는 지속적인 자동차의 통과로 인해 레벨변화가 상대적으로 적게 나타났다. 시냇물 및 호수 분수(그림 5~그림 7)에서는 지배적인 소리가 물소리이므로 물소리에 의해 레벨이 결정되며, 시간에 따른 레벨의 변화는 교통음에 비해 매우 적게 나타났다. 공간음(그림 8~그림 15)에서는 공간에서 발생하는 주요 음원에 따라 다양한 레벨을 보이고 있으며, 전반적으로 시간에 따른 레벨 변화는 자동차 통과유무에 따라 다르게 나타나는데 자동차가 통과하는 공간(그림 10, 13, 14)에서의 레벨변화가 크게 나타나며, 그 외의 공간은 상대적으로 작은 폭으로 나타난다.

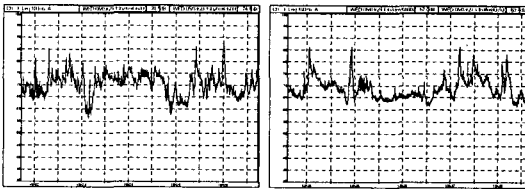


그림 1 도로교통음(왕북5차선)      그림 2 도로교통음(왕북8차선)

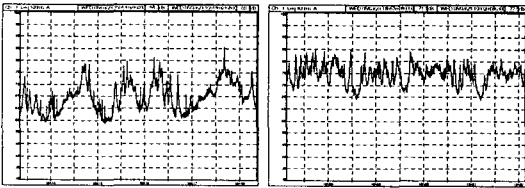


그림 3 도로교통음(왕북16차선)      그림 4 도로교통음(고속도로)

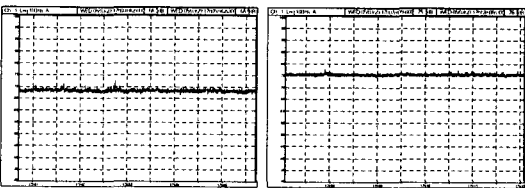


그림 5 시냇물(단차 10\*20cm)      그림 6 시냇물(단차 60\*70cm)

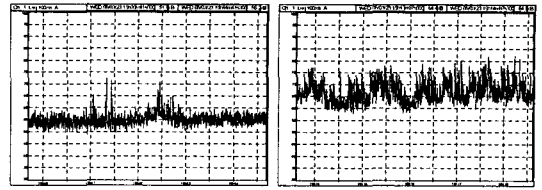


그림 7 호수분수      그림 8 시내 보행자 도로

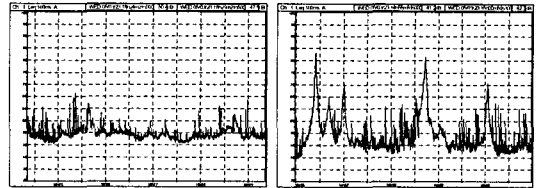


그림 9 아파트 단지 내      그림 10 주택 단지 도로

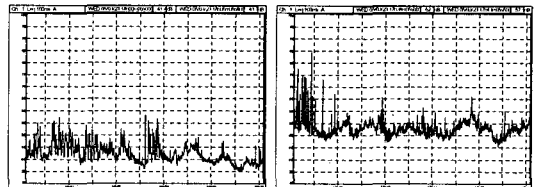


그림 11 호수변      그림 12 호수공원

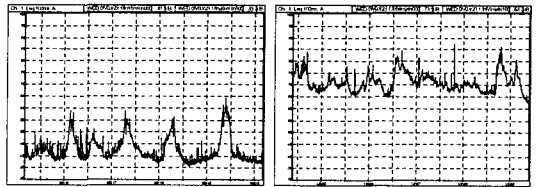


그림 13 동산(전일부)      그림 14 천변, 교량 위

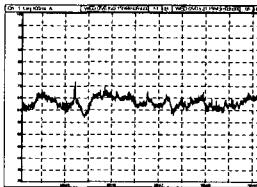


그림 15 천변, 교량 아래

#### 3.2 음질지수에 의한 분석

녹음한 음원을 사용하여 음질지수값을 산출하였다. 표 2는 Sharpness, Fluctuation strength, Roughness, Unbiased annoyance 및 Articulation index를 통해 음원간 음질지수를 비교한 것이다. Sharpness 값은 전반적으로 1.0 ~ 1.7의 값을 나타내고 있으며 그 중 물소리의 Sharpness 값이 상대적으로 높게 나타났다. Fluctuation strength의 경우 교통소음에서 2.0 이상의 값을 나타내어 대체적으로 높게 나타났으며, 물소리는 1.0 이하의 낮은 값을 나타내었다. 공간음의 경우 대상 공간에 따라 값이 다양하게 나타나며, 호수변, 동산, 아파트 단지 내 놀이터 및 주택 단지에서의 값은 1.0 이하의 값을 보인 반면, 시

내 보행자 도로, 호수 공원, 천변(교량 위, 교량 아래)에서는 그 값이 1.0 이상의 값을 나타내어 대조되었다. 음질지수의 조합으로 이루어진 Unbiased annoyance값은 다른 종류의 소리에 비해 교통음에서 높게 나타났으며, 이와는 반대로 Articulation index 값은 공간음 중 조용한 공간에서 매우 높은 값을 나타내었다.

음질지수에 의한 도시 환경음의 음질지수값을 산출하여 비교, 분석한 결과 Manon(2003)의 연구에서도 나타났던 것처럼 Roughness 값은 음의 종류에 따라 산출된 값의 차이가 매우 적어 음의 특성을 표현하는 데는 상당히 어려움을 것으로 사료되나, Sharpness의 경우 비록 값의 차이는 크지 않지만 물소리의 경우 상대적으로 큰 값을 나타내어 음원간 비교가 부분적으로 가능할 것으로 사료되어 심도있는 분석이 요구된다 하겠다. 또한 Fluctuation strength 및 Unbiased annoyance, Articulation index 값은 음원의 종류별 차이가 크게 나타나 음원간 특성을 비교하기에 적합한 것으로 사료되며, 사람들의 주관 반응과의 비교 분석을 통해 적절한 사용법을 찾을 수 있을 것으로 사료된다.

표 3은 대상으로 한 도시 환경음의 여러 가지 음향지수를 산출한 결과를 표에 의해 나타낸 것으로, 등가소음레벨( $L_{Aeq}$ ), 음레벨의 표준편차(StD), 백분율 소음레벨(Ln), 피크 발생에 따른 값(NbEm, EmT, Rem), Loudness(N), Loudness 10%( $N_{10}$ ), 및 스펙트럼 중력중심(G)값을 사용하였다.

등가소음레벨은 교통음이 70 ~ 75 dB(A) 정도의 값을 나타내어 대체적으로 레벨이 높았으며, 물소리는 분수 소리가 55.8 dB(A)를 나타낸 반면 단차 있는 개울 물소리는 각각 68.3 dB(A)와 75.4 dB(A)를 나타내어 교통음과 비슷한 레벨을 나타내었다. 공간음에서는 시내 보행자 도로, 호수공원, 주택 단지 도로, 천변 등 자동차가 통과하여 자

동차음이 주요 음원을 차지하는 경우 레벨이 그렇지 않은 호수변, 동산, 아파트 단지 등의 레벨보다 높게 나타났다. 최소값 및 최대값에 의한 표준편차를 보면, 물소리의 표준편차는 2.2 이하로, 교통음의 3.9 ~ 6 및 공간음의 2.1 ~ 7.3에 비해 레벨변동이 적게 나타남을 알 수 있었다. 특히 공간음에서 조용한 공간에서 간헐적으로 발생하는 자동차음 및 충격성 음이 발생할 때 최대 및 최소값의 차이가 크게 나타나 레벨이 큰 공간에 비해 레벨 변동이 상대적으로 큰 값을 보였다. 물소리의 백분율 소음레벨 값은 레벨편차가 적어  $L_{95}$ 에서  $L_5$ 까지의 값차이가 1 ~ 7 dB(A)로 매우 적게 나타났다.

$L_{90}$ 보다 5 dB 높은 음을 피크로 하여 피크 발생 횟수(NbEm)를 녹음한 음원을 사용하여 계산하였다. 그 결과 교통음은 일반 시내도로의 경우 55에서 70번의 횟수가 계산되었으며, 고속도로의 경우에는 37회로 레벨은 높은 반면 피크 발생횟수는 더 적게 나타났다. 이는 레벨 변동 정도에 의해 나타나는 현상으로 사료된다. 물소리는 피크 발생이 1회 이하로 나타나 레벨은 높은 반면 피크값은 거의 없음을 알 수 있었으며, 물소리 중 호수 분수에서는 185회의 피크 발생이 계산되어 이는 주변에서 발생하는 교통음, 대화음 등의 영향이었던 것으로 사료된다. 공간음에서는 피크음의 발생횟수가 천변(교량 위)의 경우 주된 음이 교통음이었으므로 49회이었던 점을 제외하면 대부분 100회 이상으로 나타났으며, 시내 보행자 도로의 경우 280회로 나타나 피크음이 매우 자주 나타남을 알 수 있었다. 또한, 피크 발생 횟수를 피크 발생 시간(초)으로 나누어 초당 발생 횟수(EmT) 및 피크 발생 시간을 전체 녹음시간(5초)으로 나누어 피크 발생에 대한 상대적인 시간(Rem, %)을 계산해 보면, 교통음의 Rem이 41 ~ 67%로 나타나 피크 발생 시간이 상대적으로 많았다. 물소리에서는 Rem이

표 2. 대상 도시 환경음의 음질지수

분류	소리의 종류	음질지수	Sharpness	Fluctuation strength	Roughness	Unbiased annoyance	Articulation index(NHV)
		(단위)	(acum)	(vacil)	(asper)	(au)	(%)
교통음	도로교통음, 시내도로(왕복 5차선)		1.33	2.00	11.36	221.20	33.94
	도로교통음, 시내도로(왕복 8차선)		1.13	2.62	11.18	231.56	40.96
	도로교통음, 시내도로(왕복 16차선)		1.13	2.59	11.05	189.08	54.71
	도로교통음, 고속도로(왕복 4차선)		1.19	2.66	11.81	283.66	25.22
물소	시냇물, 단차 10 ~ 20 cm		1.58	0.27	11.39	103.64	40.77
	시냇물, 단차 60 cm ~ 70 cm		1.69	0.43	11.57	198.79	19.36
	호수분수, 분수높이 50 cm ~ 2 m		1.30	0.73	9.98	40.60	86.85
공간음	시내 보행자 도로(상가)		1.28	1.49	9.42	127.67	52.99
	호수변		1.01	0.07	9.45	9.84	99.85
	호수공원		1.09	2.44	10.56	46.72	97.63
	동산(진입부)		1.43	0.10	10.03	15.60	99.54
	아파트 단지 내 놀이터		1.10	0.96	10.32	23.94	99.55
	주택 단지 도로		1.57	0.03	10.15	38.23	90.96
	천변, 교량 위		1.31	1.50	11.57	277.80	33.28
	천변, 교량 아래		1.21	1.36	11.17	104.16	66.72

표 3. 대상 도시 환경음의 음향지수에 의한 비교

분류	음향지표 (단위)	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	S.D.	L <sub>26</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>5</sub>	NbEm	EmT	Rem	N	N <sub>10</sub>	G	
		dB(A)	dB(A)	dB(A)		dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)		Nb/s	(%)				
교통음	소리의 종류																
	도로교통음, 시내도로(왕복 5차선)	73.3	56.3	88.5	4.8	61.8	63.6	70.8	75.5	77.0	70	0.35	66.67	40.0	41.4	282	
	도로교통음, 시내도로(왕복 8차선)	72.2	61.2	86.3	4.4	63.1	63.9	67.8	74.6	77.4	70	0.57	41.00	38.7	41.0	159	
	도로교통음, 시내도로(왕복 16차선)	69.1	53.4	85.7	6.0	55.8	56.9	64.1	73.1	75.4	55	0.29	62.67	30.7	35.2	176	
	도로교통음, 고속도로(왕복 4차선)	76.2	63.7	84.8	3.9	67.2	68.7	75.1	79.1	80.5	37	0.21	60.00	43.5	47.2	367	
물 소 리	시냇물, 단차 10 ~ 20 cm	68.3	66.5	72.4	0.5	67.4	67.6	68.2	68.8	69.0	1	10.00	0.03	28.4	28.8	574	
	시냇물, 단차 60 cm ~ 70 cm	75.4	74.3	77.6	0.3	74.8	74.9	75.3	75.8	75.9	1	10.00	0.03	43.5	44.5	823	
	호수 분수, 분수높이 50 cm ~ 2 m	55.8	48.8	72.2	2.2	51.8	52.4	54.6	57.4	58.4	185	5.78	10.67	13.8	13.8	213	
	시내 보행자 도로(상가)	69.0	57.9	82	4.1	60.7	61.6	66.3	72.5	74.2	280	1.96	47.67	27.9	29.5	488	
공간음	호수변	44.3	34.8	58.3	3.7	37.0	38.1	41.4	47.5	49.3	115	1.11	34.67	5.6	5.7	165	
	호수공원	57.3	45.3	84.4	3.6	48.4	49.2	52.4	56.2	58.3	173	2.25	25.67	14.7	12.2	144	
	동산(진입부)	47.2	35.3	64.1	5.0	37.3	37.8	40.7	50.0	54.0	99	0.98	33.67	7.1	7.4	237	
	아파트 단지 내 놀이터	50.7	45.5	66.4	2.4	46.5	47.1	49.1	52.3	53.6	99	2.91	11.33	9.5	9.2	133	
	주택 단지 도로	62.1	39.4	83.0	7.3	42.1	42.8	46.9	59.2	65.2	144	1.09	44.00	21.1	14.3	263	
	천변, 교량 위	73.4	62.6	87.1	3.9	66.0	66.7	70.2	76.6	78.6	49	0.46	35.33	39.6	52.9	263	
	천변, 교량 아래	63.7	57.1	71.9	2.1	59.8	60.5	63.0	65.8	66.4	121	2.81	14.33	22.6	26.1	265	

10% 이하로 피크 발생시간이 적게 나타나 물소리에 의한 배경소음의 영향으로 피크 발생 횟수 및 피크 발생의 상대적인 시간이 적게 나타난 것으로 사료된다. 공간음에서는 호수공원, 아파트 단지, 천변(교량 아래)에서 Rem이 30% 이하로 나타나 피크 발생 시간의 비율이 적은 반면, EmT값은 2 이상으로 나타나 단위 시간(초)당 피크 발생 횟수는 많은 것으로 계산이 되었다. 이는 대상 공간에서의 발생 시간이 짧은 피크음의 발생 횟수가 많았기 때문으로 사료된다.

Loudness(N, N<sub>10</sub>)에 의한 값을 비교한 결과, 교통음은 30 이상으로 나타났으며, 고속도로 음이 43.5(N)로 가장 높게 나타났다. 물소리는 단차가 60 cm 인 시냇물의 Loudness 값이 43.5(N)로 높은 반면 단차가 10 ~ 20 cm 인 시냇물에서는 28.4(N)를 나타내어 그 값의 차이가 크게 나타났다. 분수에서의 값은 13.8(N)로 상대적으로 매우 낮은 값을 보였다. 공간음의 loudness 값은 교통음이 추가 되는 천변(교량 위) 및 보행자음, 확성기, 상가 음악 등이 추가 되는 시내 보행자 도로에서의 값이 각각 39.6(N) 및 27.9(N)로 높은 반면 그 외의 대상음은 천변(교량 아래)에서 22.6(N)으로 가장 높은 값을 보였다. 스펙트럼의 중력 중심을 계산하는 G값은 교통음의 경우 고속도로 음이 367로 가장 높았으며, 물소리는 단차가 60 ~ 70 cm 인 시냇물의 값이 823으로 매우 높은 값을 나타냈다. 공간음에서는 시내 보행자 도로가 488로 가장 높은 값을 나타내었으며, 대체적으로 300 이하의 저주파수음이 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

3.3 음향지수간 상관관계 분석

도시 환경음의 평가를 위한 적절한 물리적 척도에 대한 분석을 위해 Loudness를 기초로 한 음질지수와 등가소음

레벨 및 피크 발생에 관련되어 산출된 음향지수의 상관관계 분석을 실시하였다(표 4). 음질지수간 상관관계는 S와 FI은 타 음질지수와 상관성이 낮아 독립성이 큰 것으로 보이며, R과 UA, AI 및 UA와 AI의 상관성이 높아 음원 간 편차가 적어 설명이 어렵다고 판단된 R을 제외한 대표적인 음질지수 하나를 사용하면 전체적인 설명이 가능할 것으로 사료된다. 소음 평가를 위해 일반적으로 사용되는 등가소음레벨(L<sub>eq</sub>)은 L<sub>max</sub>, L<sub>min</sub> 및 백분 소음레벨(L<sub>n</sub>), Loudness(N, N<sub>10</sub>)와 0.8 이상의 높은 상관관계를 나타내고 있으며, 음 레벨의 표준편차(Std)를 비롯하여 피크 발생과 관련된 지수(NbEm, EmT, Rem) 및 스펙트럼 중력중심(G)과의 상관성이 낮게 나타났다. 이는 상관성이 낮은 각각의 지수들이 도시 환경음을 평가하는데 L<sub>eq</sub>와 독립적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 음 레벨의 표준편차(Std), 피크 발생과 관련된 지수(NbEm, EmT, Rem) 및 스펙트럼 중력중심(G)은 타 지수와 상관성이 대체적으로 낮게 나타나 주관반응과의 분석을 통해 도시 환경음 평가 지수로서 활용가능성을 분석해야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 도시 환경음의 특성에 대한 물리적인 분석을 수행한 것으로, 환경음을 크게 세 부분으로 나누어서 고려하였다. 도시에서 거의 모든 음을 차지하고 있는 교통음과 이와는 약간 대조되는 도시 하천, 분수 등을 고려한 물소리 및 도시 내 다양한 공간의 특징을 분석하고자 특징이 다른 공간에서의 소리를 대상으로 하여, Zwicker의 Loudness와 Loudness를 바탕으로 한 음질지수, 등가소음레벨 등의 음향 지수 및 선행연구에서 사용되었던 파라미터를 사용하여 도시 환경음을 분석하였다. 분석을 통해 도시 환경음의 특성과 환경음 평가를 위한 물리적인 지수

표 4. 음향지수간 상관관계 분석

	S	Fl	R	UA	AI	L <sub>eq</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	StD	L <sub>95</sub>	L <sub>90</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>5</sub>	NbEm	EmT	Rem	N	N <sub>10</sub>	G	
S	1																				
Fl	-0.54	1																			
R	0.23	0.45	1																		
UA	0.06	0.63	0.78	1																	
AI	-0.33	-0.40	-0.78	-0.92	1																
L <sub>eq</sub>	0.32	0.53	0.76	0.80	-0.94	1															
L <sub>min</sub>	0.35	0.34	0.76	0.77	-0.92	0.88	1														
L <sub>max</sub>	0.07	0.71	0.53	0.73	-0.61	0.81	0.50	1													
StD	-0.22	0.24	-0.26	0.02	0.24	-0.06	-0.52	0.36	1												
L <sub>95</sub>	0.33	0.39	0.77	0.81	-0.94	0.90	0.99	0.55	-0.47	1											
L <sub>90</sub>	0.31	0.41	0.77	0.83	-0.95	0.91	0.99	0.57	-0.45	1.00	1										
L <sub>50</sub>	0.23	0.52	0.78	0.89	-0.96	0.95	0.96	0.66	-0.31	0.98	0.98	1									
L <sub>10</sub>	0.23	0.57	0.74	0.94	-0.96	0.99	0.87	0.77	-0.06	0.90	0.92	0.96	1								
L <sub>5</sub>	0.24	0.57	0.71	0.94	-0.93	0.98	0.82	0.82	0.07	0.85	0.86	0.92	0.99	1							
NbEm	-0.29	-0.03	-0.79	-0.49	0.54	-0.38	-0.47	-0.07	0.27	-0.45	-0.44	-0.42	-0.38	-0.36	1						
EmT	0.61	-0.47	0.16	-0.15	-0.20	0.09	0.46	-0.26	-0.83	0.39	0.37	0.23	0.03	-0.05	-0.27	1					
Rem	-0.34	0.55	0.03	0.42	-0.19	0.28	-0.15	0.54	0.82	-0.08	-0.04	0.13	0.33	0.41	0.11	-0.82	1				
N	0.30	0.51	0.79	0.95	-0.97	0.98	0.86	0.76	-0.06	0.89	0.90	0.94	0.97	0.97	-0.49	0.06	0.31	1			
N <sub>10</sub>	0.20	0.53	0.80	0.98	-0.96	0.94	0.86	0.71	-0.08	0.89	0.90	0.93	0.97	0.96	-0.50	0.00	0.30	0.97	1		
G	0.75	-0.29	0.32	0.29	-0.61	0.51	0.69	0.07	-0.55	0.66	0.64	0.56	0.47	0.43	-0.30	0.72	-0.35	0.50	0.43	1	

\* S : Sharpness, Fl : Fluctuation strength, R : Roughness, UA : Unbiased annoyance, AI : Articulation index,

산출의 기초적인 자료를 제공하고자 하였다.

음질지수 중 Roughness 값은 음의 종류에 따라 산출된 값의 차이가 매우 적어 음의 특성을 표현하기 어려울 것으로 사료되며, Sharpness는 값의 차이는 적으나 부분적으로 음원간 차이가 있어 사용가능성을 볼 수 있었다. 또한 Fluctuation strength 및 Unbiased annoyance, Articulation index 값은 음원의 종류별 차이가 크게 나타나 음원간 특성을 비교하기에 적합하여, 주관반응과의 비교 분석이 이루어진다면 적절한 평가방안이 모색될 수 있을 것이다.

또한 도시 환경음에 대한 각종 음향지수를 산출하여 비교, 분석한 결과 등가소음레벨(L<sub>eq</sub>) 및 표준편차(StD)를 통해 레벨의 크기와 변동정도를 알 수 있었으며 그에 따른 음원의 음향특성을 평가하는데 유용할 것으로 사료된다. 또한, 피크 발생에 관련된 몇 가지의 음향지수(NbEm, EmT, Rem)는 다양한 값을 산출하여 음원간 특성을 비교하는데 유용할 것으로 생각되며, 스펙트럼 중력중심(G)값은 대상 음의 스펙트럼에 대한 중력중심을 나타내는 것으로서 음의 주파수 특성에 대한 고려를 할 수 있게 해주어 주관반응과의 비교 분석이 요구된다.

이상의 내용을 고려하여 산출된 음향 지수의 상관관계 분석을 실시하였으며, 도시 환경음에 대한 평가 방안을 모색하였다. 그 결과 음질지수 중에서는 Sharpness, Fluctuation strength 및 Unbiased annoyance(혹은 Articulation index)가 사용하기 적합할 것으로 사료되며, 음향지수 값에서는 소음 평가를 위해 일반적으로 사용되는 등가소음레벨(L<sub>eq</sub>)과 음. 레벨의 표준편차(StD), 피크 발생과 관련된 지수(NbEm, EmT, Rem) 및 스펙트럼 중

력중심(G)이 활용될 수 있을 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 물리적인 지수만을 산출하여 분석한 결과로서, 추후 음원에 대한 주관반응과의 관계를 분석함으로써 도시 환경을 평가를 위한 적절한 지수 산출이 가능할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 2004년도 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업의 지원으로 수행되었음.

### 참 고 문 헌

- (1) Manon Raimbault et al, Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities, Applied Acoustics 64(2003) 1241-1256
- (2) 박현구, 송민정, 장길수, 사운드 스케이프 적용 음원의 음질 지수 분석, 한국소음진동공학회 2004년도 추계학술대회논문집 pp. 814-819
- (3) 황대선, 조연, 허덕재, 조정숙, 음질특성을 고려한 환경소음원의 분류에 대한 연구, 한국소음진동공학회 2004년도 춘계학술대회논문집 pp. 707-711
- (4) 김윤석, 김시수, 고속 연안 여객선의 음질평가, 한국소음진동공학회 1999년도 추계학술대회논문집 pp. 771-778
- (5) 김원식, 조문재, 황재호, 이지혜, 서재갑, 자연음과 소음에 대한 감성과 심리음향인자와의 상관성, 한국소음진동공학회 2000년도 추계학술대회논문집 pp. 489-494