

자연형 사운드스케이프 요소인 분수의 인지범위에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Recognition Region of Passive Soundscape Facilities Especially in Fountains

송민정* · 장길수*

Min-Jeong Song and Gil-Soo Jang

(2006년 2월 28일 접수 ; 2006년 4월 27일 심사완료)

Key Words : Soundscape(사운드스케이프), Recognition Range(인지거리), Fountain(분수), Recommended Level(적정레벨)

ABSTRACT

The interaction between people and sound and the way how people consciously perceive their environment are central approach to soundscape research. In this respect, this paper aims to clarify the relationship between water-sound level and recognition region in urban area. As a passive soundscape facility, fountain is a useful way to give place such as public square, park identity and vitality. In this study, to know the optimistic distance and sound level range from fountain, sound levels due to distance were measured and subject responses were checked by questionnaire. As a result, levels from 63 dB to 67 dB were recommended by subjects and moving forward to fountain less satisfactory than backward. Moving forward 5 m and backward 5 m(total range 10 m), there was a difference in satisfaction ratio by 2.5 out of 10. The results of this study could be used for street furniture location design and P.A. system output level.

1. 서론

소음을 레벨만으로 규제하는 것에서 벗어나 해당 장소에 어울리는 음을 제공하여 아이덴티티와 쾌적함을 동시에 제공할 수 있는 사운드스케이프 수법은 최근 도시공간에서 널리 사용되고 있는 공간조성 방법 가운데 하나가 되고 있다. 이러한 사운드스케이프 수법은 소리의 관점에서 경관을 바라보고 이를 적극적으로 도입하고자 하는 개념에서 출발한 것으로서, 다양한 소리의 자원이 도입요소로서 활용되고 있다. 이 가운데 물을 이용한 분수, 연못, 폭포 등의 시설물이 다양하고 광

범위하게 사용되고 있는데 이는 물소리가 가장 선호되는 소리 중의 하나로서 인식되고 있기 때문이다.⁽¹⁻⁴⁾

이 연구는 사운드스케이프의 주요한 구현수단으로 사용되고 있는 물소리, 특히 분수를 이용한 사운드스케이프 시설을 대상으로 분수의 물소리를 인지하는 최적의 거리와 이용자의 위치 변화에 따른 물소리의 만족도 변화를 파악하고자 하였다. 이는 분수 등의 사운드스케이프 시설을 도시공간에 도입하고자 하는 경우, 예상되는 소리의 인지범위 및 최적거리를 파악함으로써 벤치 등의 스트리트퍼니처와 수목의 식재 위치선정, 그에 따른 효과를 사전에 예측할 수 있게 하는 도구로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

† 책임저자; 정회원, 전남대학교 공업기술연구소
E-mail : minjeongsong@hanmail.net
Tel : (061) 330-2815, Fax : (061) 330-3103
* 정회원, 동신대학교 건축공학부

2. 실험

2.1 대상지

실험대상의 자연형 사운드스케이프 대상 공간으로서 G시에 위치한 분수 3곳과 인공폭포 1개소를 선정하였다. 각 대상 공간은 비교적 최근에 조성된 시설물로서 많은 도시민들에게 시각적, 청각적 어메니티(amenity)를 제공하기 위해 이용자가 많은 광장에 위치하고 있다.

분수는 G시 시청 앞 광장, 월드컵 경기장 앞 광장, D 컨벤션 센터 광장에 설치되어 있는 것을 대상으로 하였는데 이는 현재 시민 대중다수가 이용하는 시설물이며 2002년 이후에 조성되었다. 인공폭포는 주거단지 도로변에 위치한 것으로서 인근 등산로 입구에 조성하여 주민들에게 휴식과 볼거리를 제공하고 있는 시설이다. 각 대상지의 물소리 연출 방식과 물리적 특성은 다음과 같다.

(1) 시청 앞 광장 분수

시청 앞 광장은 양측에 왕복 8차선의 도로가 있으나 교통량은 그다지 많지 않고 시민들의 자유로운 보행과 휴식을 위해 마련된 비움의 수평적 공간이다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 편평한 바닥에서 물이 솟아올라오는 타입과 물웅덩이에서 물이 솟아나오는 타입 등 여러 종류의 분수가 대단위로 조성되어 있다. 분수 주위에 벤치 등의 시설물은 설치되지 않았으며, 분수는 물의 양과 높이가 시간의 흐름에 따

라 변동하도록 설계되었다. Fig. 1은 분수대 옆 2m 거리에서 측정된 물소리의 레벨변화를 보여주고 있는데, 그림에서 알 수 있듯이 시간에 따른 레벨의 변화폭이 20 dB 정도로 나타나 그 변화가 상당히 큼을 알 수 있다. 이는 분수의 연출이 그만큼 다양하게 구성되어 있음을 의미한다. 측정 장소의 배경소음 레벨은 55 dB 내외였으며 분수 작동시 발생음은 73 dB 내외로 측정되었다.

(2) 인공폭포

인공폭포는 등산로 어귀에 설치되어 있으며, 교통량이 많은 도로변에 인접하여 배경소음이 다소 높은 곳이다. 폭포 주위에 벤치와 파고라 등이 있어 시민들이 휴식을 취할 수 있도록 조성되어 있으며, 폭포를 이루는 물은 일정 시간동안 일정량이 흘러내리도록 설계되어 있었다.

Fig. 2는 폭포의 난간 옆에서 측정된 값으로서, 시간변화에 따라 레벨의 변화폭이 크지 않은 시스템임을 보여주고 있다. 즉 물소리의 연출 방법 및 폭포의 음압레벨이 단조로운 상황이라고 할 수 있다. 장소의 배경소음 레벨은 60 dB 내외였으며 폭포 옆에서의 음압레벨은 71 dB 내외로 나타났다.

(3) D 컨벤션 센터 분수

컨벤션 센터 광장에 설치된 분수는 음악이 연출됨

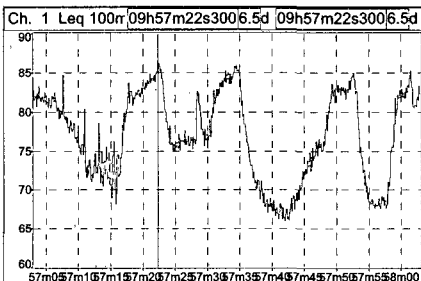
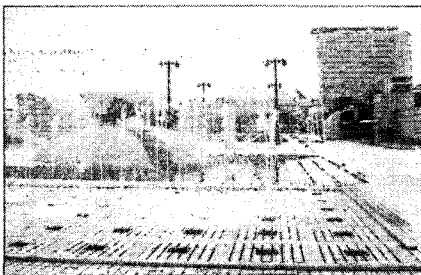


Fig. 1 SPL variation—fountain in front of G city hall

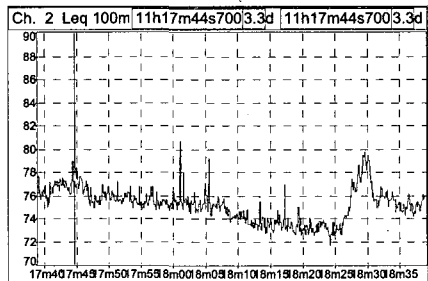
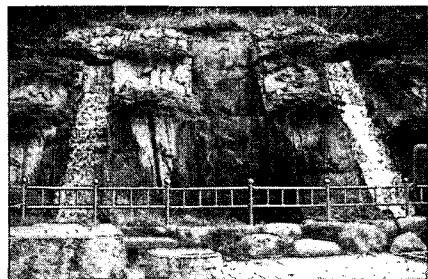


Fig. 2 SPL variation—artificial falls

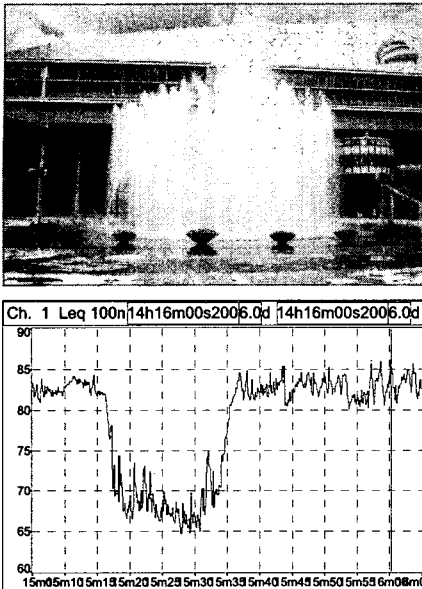


Fig. 3 SPL variation—fountain in front of D convention center

과 동시에 분수가 가동되도록 하고, 분수의 분출높이는 음악의 높이와 강약 그리고 템포에 따라 연동되어 조절되는 음악분수의 시스템으로 구성되어 있다. 즉 271개 노즐에서 쏘아 올리는 분수가 142가지의 다양한 형상을 선보이며 팝과 가요 등 음악에 맞춰 마치 춤을 추듯 물을 뿜어 올리고 있다. 본 실험에서는 물소리 만에 의한 이용자의 반응조사에 목적이 있으므로 음악을 배제하고 단지 분수의 물 높이를 시간에 따라 변화시키면서 관련 실험을 실시하였다.

Fig. 3은 분수 가장자리에서 2m 떨어진 곳에서의 물소리 측정 결과이다. 시청앞 분수와 마찬가지로 시간의 변화에 따라 분수의 연출이 다양하게 이루어짐으로써 레벨의 변화폭이 15~20 dB에 이르는 것으로 나타났다. 배경소음 레벨은 60 dB 내외였으며 분수작동시의 레벨은 77 dB 정도로서 그 차이는 약 17 dB 이었다.

(4) 경기장 앞 광장분수

경기장 앞 광장 분수는 많은 교통량과 빠른 차량 속도의 도로변에 위치하고 있다. 역시 시간변화에 따라 분수의 높이와 양이 변화하는 시스템으로 설계되어 있다.

Fig. 4는 분수대 2m 거리에서의 레벨변화를 측정

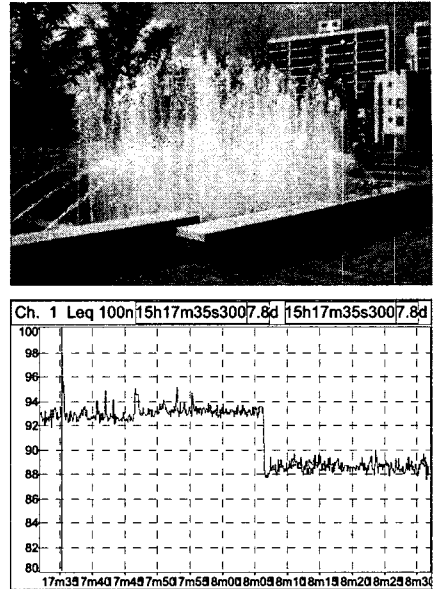


Fig. 4 SPL variation—fountain in front of Stadium

한 것이다. 경기장 앞 광장 분수는 분수의 연출이 일정시간 유지되다가 다른 상황으로 변경되는 특징을 갖고 있었다. 짧은 순간 순간에 바뀌는 것이 아니고 일정시간 상황을 유지하다가 다른 모습을 보여주는 분수의 특성을 가지고 있었다. 배경소음 레벨은 60 dB 정도였으며 분수 가동시의 레벨은 71 dB 정도로 측정되었다.

2.2 현장 청감실험

(1) 피험자

이 실험은 실험의 일관성과 전문성을 높이기 위해 행인이 아닌 연구 참여자와 대학생이 포함된 18명을 대상으로 현장 청감실험을 실시하였다. 각 피험자는 청력의 이상이 없는 자로서 평가 장소(분수 3곳, 인공폭포 1곳)를 함께 순회하며 설문지의 물음에 따라 평가하도록 하였다. 회수된 18개의 설문지 중 일관성이 없고 무성의하다고 판단된 4개의 설문지를 제외한 14개의 설문지를 유효 응답지로 채택하였다. (남자 8명, 여자 6명, 19세~48세 평균연령 30.4세)

(2) 실험 방법

실험은 다음과 같은 절차에 의해 수행되었다.

① 분수 등 대상물을 바라보는 상태에서 전후로 이동한다. 전체적인 만족감이 제일 큰 위치를 선택

하여 분수로부터의 거리를 기입하도록 하였다. 이때, 만족감이 제일 큰 위치에서의 만족도를 10으로 하고 그 위치를 기준으로 전후 이동에 따른 거리별 만족도의 변화를 체크하도록 하였다.

② 시각적 효과를 배제한 상태 즉, 분수 등을 등진 상태에서 물소리 만에 의한 최적 인지거리와 거리별 만족도 변화를 답할 수 있도록 하였다. 이때 설문조사는 충분한 시간적 여유를 갖고 편안히 기입할 수 있도록 함으로써 보다 신뢰성 있는 응답을 유도하였다.

(3) 물소리의 측정

물소리의 음압레벨은 분수 등의 가동 시간동안 분수로부터의 이격 거리별로 측정하였으며, 시각효과에 의한 영향 등을 파악하기 위해 분수 등의 대상물을 바라보고 있는 경우와 등지고 있는 경우를 가정하여 Head & Torso를 사용하여 음압레벨을 측정하였다. SA-01(Rion社)을 이용하여 20m 거리를 2.5m 간격으로 8개 채널을 동시에 측정하여, 2회에 걸쳐 40m까지의 레벨을 5분간 측정하였다.

3. 결과 및 분석

3.1 거리별 음압레벨 분포

음원으로부터 40m까지의 이격 거리별 측정결과를 Fig. 6과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 거리감쇠의 특징은 음원에서 가까운 곳에서는 자유음장의 형태를 취하다가 일정거리에 이르면 잔향음장의 형태를 보이고 있다. 레벨과 거리의 상관성은 $R^2 = 0.96$ 이상으로써 나타나, 이를 바탕으로 음원으로부터의

거리별 레벨을 예측할 수 있으리라 판단된다.

대체적으로 음원으로부터 40m 떨어진 곳은 배경소음 등의 영향으로 인해, 일정레벨로 수렴하는 현상이 나타났다. “경기장”의 경우는 오히려 40m 부근의 레벨이 올라가는 현상을 보이고 있는데, 이는 주변의 배경소음과 도로교통소음의 영향으로서 예측식에 의한 일정 거리 이상의 레벨 추정은 무의미하다고 판단되었다. ‘폭포’의 경우는 주변 소음의 영향으로 거리별 레벨 감쇠의 패턴에 일관성이 없었다.

Table 1은 음원에 대하여 정면과 배면인 상태의 차이를 알아보기 위해 Head & Torso를 이용하여 측정된 정면 배면간 레벨차이다. 음원에 가까운 곳에서는 5 dB 정도까지 차이가 있는 것으로 측정되어 귀바퀴가 음원을 향하고 있는지의 여부에 따라 짐작 정도의 차이가 있음을 확인할 수 있으나 거리가 멀어짐에 따라 정면과 배면의 레벨차(양이의 평균음압레벨차)가 줄어드는 경향을 보이고 있다.

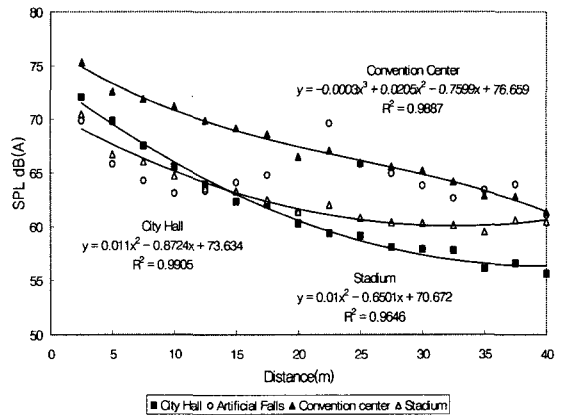


Fig. 6 SPLs due to distance from the source

Table 1 Level difference between the front and the back(Head & Torso)

Distance (m)	City hall	Artificial falls	Convention center	Stadium
0	4.9	4.1	5.1	3.6
5	2.4	3.4	2.9	3.6
10	2.6	1.5	2.4	1.3
15	3.7	0.9	4.1	0.3
20	0.3	-	3.5	-1.5
25	-	-	2.9	-
30	-	-	3.3	-

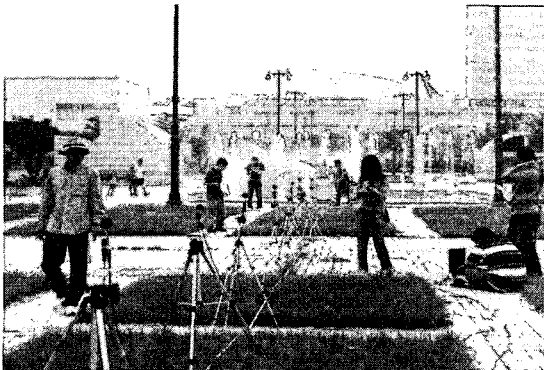


Fig. 5 SPL measurement due to distance

Table 2 Response analysis and predicted levels at measurement sites

City hall		Front of source				Predicted level**	
		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		39.5	40	75	15	56.3	56.3
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.3	10	10	6	56.4	56.4
	5.0 m	8.9	9	10	5	56.6	56.6
	Backward* -2.5 m	9.4	10	10	8	56.4	56.4
	5.0 m	8.8	9	10	6	---	---
Back of source		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		31.8	31.7 5	75	10	57.0	57.0
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.3	9	10	8	57.5	57.5
	5.0 m	8.6	8.5	10	7	58.1	58.2
	Backward* -2.5 m	9.2	9.5	10	6	56.6	56.7
	5.0 m	8.7	9	10	6	56.4	56.4
Artificial falls		Front of source				Predicted level**	
		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		10.2	10	20	2.5	62.7	62.8
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.3	9	10	8	---	---
	5.0 m	8.5	9	10	6	---	---
	Backward* -2.5 m	8.4	9	10	6	---	---
	5.0 m	7.2	7	9	5	---	---
Back of source		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		7.2	7	17	2.5	64.3	64.5
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.2	9.5	10	8	---	---
	5.0 m	7.9	8	9	5	---	---
	Backward* -2.5 m	8.8	9	11	6	---	---
	5.0 m	7.7	8	10	3	---	---
Convention center		Front of source				Predicted level**	
		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		22.1	17.5	50	10	66.6	68.0
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.4	10	10	8	67.4	68.9
	5.0 m	8.8	9	10	7	68.2	69.8
	Backward* -2.5 m	9.1	10	10	6	65.9	67.3
	5.0 m	8.5	8	10	5	65.1	66.5
Back of source		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		20.6	15	50	10	67.1	68.9
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.5	10	10	8	67.8	69.8
	5.0 m	8.7	9	10	6	68.6	70.8

	Backward* -2.5 m	9.2	9	10	7	66.3	68.0
	5.0 m	8.5	9	10	6	65.6	67.3
Stadium		Front of source				Predicted level**	
		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		13.3	15	25	2.5	63.8	63.2
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.0	9	10	5	64.8	64.1
	5.0 m	8.5	9	10	4	66.0	65.2
	Backward* -2.5 m	8.7	9	10	6	62.9	62.4
	5.0 m	7.7	8	9	5	62.1	61.7
Back of source		Avg.	Med.	Max	Min	Avg.	Med.
Optimistic distance(m)		11.6	10	25	2.5	64.5	65.2
Satisfaction variation	Forward* -2.5 m	9.0	9	10	6	65.6	66.4
	5.0 m	8.2	8	10	5	66.8	67.7
	Backward* -2.5 m	8.6	9	10	5	63.5	64.1
	5.0 m	7.8	8	9	4	62.6	63.2

* Forward and backward mean that subject's movement from optimistic distance
 ** Predicted level is induced from regression equation in Fig. 11. dB(A).
 *** Predicted level behind 40m is not available because background noise interferes

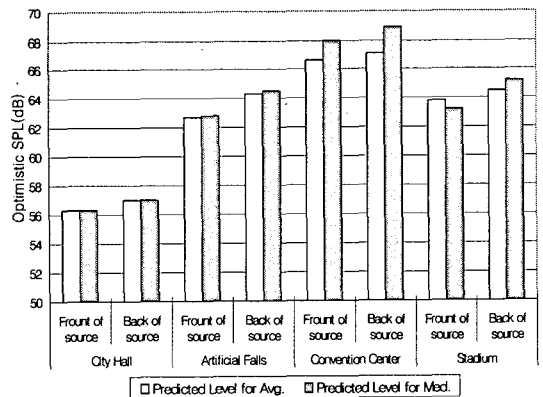


Fig. 7 Optimistic SPLs at object sites

3.2 물소리의 인지범위

Table 2는 피험자의 청감실험 결과를 집계한 것이다. 표에서의 만족도 변화는 최적 위치라고 판단된 곳에서의 만족도를 10으로 하고 이를 기준으로 하여 음원쪽으로 전진 및 후진하는 경우에 따른 변화 값을 의미한다. 그리고 표에서 추정레벨은 Fig. 6의 예측식에 따른 계산값이다. 다만 40m 이후의 레벨은 주변 배경소음 등의 영향으로 무의미하다고 판단되어 계산에서 제외하였다.

Fig. 7은 각 장소별로 예상되는 최적 레벨의 분포를 나타낸 것이다. 평균값과 중앙값으로 구분하였으며 또한 음원을 바라보고 있을 때(전면)와 음원을 등지고 있을 경우(배면)를 대비하여 표시하였다.

(1) 전면에서의 최적거리와 최적레벨

음원을 바라보고 있을 경우의 최적거리는 대략 40m(시청앞), 10m(인공폭포), 20m(컨벤션), 14m(경기장)내외로 평가되었다. 여기에 해당하는 레벨은 대략 56dB(시청앞), 63dB(인공폭포), 67dB(컨벤션), 64dB(경기장)으로 추정된다. 대부분 65 ± 2dB의 범위에 있는 것으로 평가되었으나, 시청앞 광장의 경우는 이 보다 약 10dB 낮은 것으로 평가되었다. 이는 배경소음 레벨이 상대적으로 낮았기 때문에 나타난 현상으로서, 배경소음의 정도가 최적 레벨에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

(2) 배면에서의 최적거리와 최적레벨

음원을 등지고 있을 경우의 최적거리는 대략 32m, 7m, 17m, 11m정도인데 이는 전면을 바라보고 있을 때 보다 8m, 3m, 3m, 3m씩 음원에 가까우나 레벨은 대략 57dB, 64dB, 68dB, 65dB 정도로서 전면의 경우에 비해 1dB 정도 높은 것으로 나타났다. 이는 선례 연구⁽¹⁰⁾에서 밝혀진 시각적인 효과가 반영된 결과로 사료되나, 심리적 효과가 작용하는 것에 반해 그 차이는 1dB 내외로써 거의 동일한 것으로 간주하여도 무방하리라 판단된다.

결과적으로, 배경소음이 있는 도심에서는 65dB 전후의 물소리가, 비교적 조용한 분위기의 장소에서는 이 보다 낮은 레벨에서 분수를 최적의 레벨로서 인지할 수 있다고 하겠다.

(3) 이동거리별 만족도 변화

Fig. 8은 음원을 바라보고 있는 상태에서 음원쪽으로 전진하는 경우와 후진하는 경우의 만족도 변화를 도시한 것이다. 그래프의 수직축은 최적 위치에서의 만족도를 10으로 하고 위치이동에 따른 만족도를 나타낸 것이다.

음원 쪽으로 전진하는 경우와 후진하는 경우를 비교해보면, 전진의 경우의 만족도 저감이 후진의 경우보다 대체로 작음을 알 수 있다. 이는 물소리가 커지는 방향으로의 변화가 작아지는 쪽으로의 변화보

다는 긍정적이라고 할 수 있다. 물의 흐름을 관찰하면서 지각되는 시각정보와 이에 대응하는 청각정보의 예상이 일치할 때 만족도는 크게 변화하지 않으나, 그 반대의 경우에는 만족도 변화가 더욱 크게 변화할 수 있음을 나타낸 결과라고 판단된다. 이러한 현상은 인공폭포에서 현저하게 나타났는데, 폭포의 역동적인 시각정보가 분수보다 상대적으로 크게 작용함으로써 초래될 수 있는 심리적 현상으로 사료된다.

Fig. 9는 음원 쪽으로 전진하는 경우, 음원을 보고(정면)전진하는 경우와 음원을 등지고(후면) 전진하는 경우의 만족도를 보여주는 그래프이다. Fig. 8의 결과와 비교할 때 특별한 차이점은 나타나지 않았으며 거의 유사한 결과를 보여 주었다. 다만 인공폭포와 같이 시각정보가 크게 작용하는 경우, 시각정보

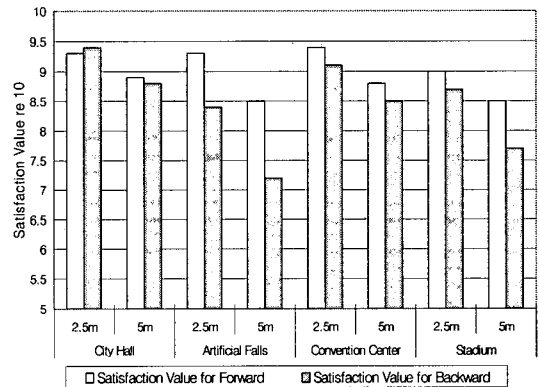


Fig. 8 Satisfaction variation due to forward and backward movement—(front of source, Avg.)

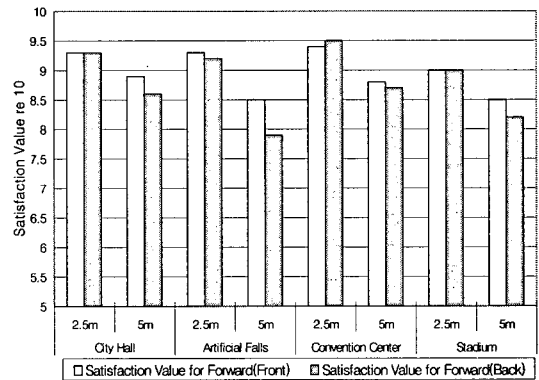


Fig. 9 Satisfaction variation due to forward movement (comparison front with back of source, Avg.)

없이 이동하게 되면 거리별 차이를 그다지 느끼지 못하게 되며, 따라서 거리별 만족도의 차이가 적어지는 것으로 나타났다.

술 개발사업 및 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업(바이오하우징연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음.

4. 결론 및 토의

참고 문헌

물소리를 이용한 분수에 대한 최적 인지 거리와 이동거리별 만족도 조사를 위해 4개의 분수 및 폭포에서 피험자를 대상으로 청감실험을 실시하였다. 이 연구결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 도심에서의 물소리의 최적 인지거리를 분석한 결과, 물의 연출 상황을 바라보는 경우 분수의 물소리가 65 ± 2 dB의 분포를 보이는 이격거리가 최적 거리인 것으로 나타났다. 그러나 이에 는 배경소음이 직접적인 영향을 미치며, 배경소음이 낮아지면 적정 레벨은 보다 낮아지는 것으로 판단된다.

한편, 물을 바라보지 않는 경우의 최적 레벨은 바라보는 경우와 크게 다르지 않았으며, 거의 유사한 결과를 나타내었다.

(2) 물소리의 노출방향에 따른 음압레벨의 차이를 비교한 결과, 정면과 배면간에는 귀바퀴의 집음효과에 의해 음원에 가까운 곳에서는 최대 5dB 정도까지의 차이를 보였으나 거리가 떨어짐에 따라 차이가 줄어드는 경향을 나타냈다.

(3) 분수와 폭포와 같은 시각정보가 작용하는 경우, 음원에 접근하는 경우가 멀어지는 경우에 비해 물소리의 만족도 저감이 적음을 알 수 있었다.

이 연구 결과는 해장 장소에서 벤치와 같은 스트리트 퍼니처와 수목 식재 위치선정 등에 효용이 있을 것으로 판단되며, P.A. 시스템(public address system)의 활용시 제시레벨 등의 선정에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 추후 다양한 규모의 분수 및 인공폭포와 배경소음 등을 토대로 보다 일반적인 인지거리와 적정레벨을 검토하고자 한다.

후 기

이 논문은 2004년도 환경부 차세대핵심환경기

(1) R. Murray Schafer, 1994, The soundscape, Destiny Books.

(2) 鳥越けい子, サウンドスケープ[その思想と實踐], 鹿島出版會, 東京, 1999.

(3) 岩宮眞一郎, 音の生態學-音と人間のかかわり-, コロナ社, 2000.

(4) Lee, T. G., Jang, G. S., 2005, "The Korean's Sound Recognition Impressed in Ancient Sijo," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol 15, No. 6, pp. 724~730.

(5) Jang, G. S., Kook, C., Kim, S. W., 2003, "The Preference and Amenity Factors of the environmental Sounds Suitable for Urban Public Spaces," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol 13, No. 11, pp. 890~896.

(6) Jose Luis Carles, 1999, "Sound Influence on Landscape Values," Landscape and Urban Planning, pp. 191~200.

(7) Yang, W. and Kang, J, 2005, "Acoustic Comfort Evaluation in Urban Open Public Spaces," Applied Acoustics, 66, pp. 211~229.

(8) Kozo Hiramatsu, 1993, "Some Aspects of Soundscape Studies in Japan", J. Acoust. Soc. Jpn.(E) Vol. 14, No. 3, pp. 133~138.

(9) Torigoe, K., 1991, "The Concept of Soundscape and its Significance in the Mordern Society," Proc. '91 Symp. Environmental Engineering, pp. 495~498.

(10) Abe, K., Ozawa, K., Suzuki, Y., Sone, T., 1999, "The Effects of Visual Information on the Impression of Environmental Sounds," Inter-noise 99: pp. 1177~1182.