한국소음진동공학회논문집 제 17 권 제 11 호, pp. 1050~1055, 2007.

사운드스케이프 적용을 위한 옥외 P.A. 시스템의 적정 인지레벨에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Optimistic Recognition Level of Public Address System as a Soundscape Application Facility

송 민 정† · 장 길 수*

Min-Jeong Song and Gil-Soo Jang

(2007년 7월 23일 접수 ; 2007년 10월 24 심사완료)

Key Words : Soundscape(사운드스케이프), Recognition Level(인지레벨), P.A. System(PA시스템), Recommended level(적정레벨)

ABSTRACT

P.A.(public address) system is considered as an useful active soundscape appliance which can gives a place identity and vitality by introducing conventional musics, environmental musics, bird singing sounds etc. In this study, the main aim is to know the optimistic distance from the speaker and sound pressure level range of introducing sound. So, the sound pressure level of P.A. system due to distances were measured and subjects' responses with level variations were checked. The main results are as follows. Level range from 64 dB to 71 dB is comfortable for subjects. And the optimal level of introducing sound is related with sound source characteristics. The results of this study could be used for street furniture location design and P.A. system output level.

1. 서 론

장소와 상황에 적합한 소리를 능동적이고 적극적으로 도입하고자 하는 사운드스케이프는 새로운 음환경 조성방법이라고 할 수 있다. 그런데, 가장 최선으로 사운드스케이프를 도입하는 방법은 자연형 사운드스케이프 요소를 그대로 적용하는 것이겠으나 이것이 여의치 않을 때, 단순하고 효율적인 방법은 스피커를 통한 소리의 제공임이 확인되었다[1].

이 연구진은 "자연형 사운드스케이프 요소인 분수의 인지범위에 관한 실험적 연구"라는 논문을 통해 분수를 최적으로 느낄 수 있는 인지범위에 대한 분석을 하였다[2].

† 교신저자 : 정회원, 전남대학교 바이오하우징연구사업단
E-mail : minjeongsong@hanmail.net
Tel : (062)530-0915, Fax : (062)530-1915
* 정회원, 동신대학교 문화건축학부

그러나 분수나 개울 등의 자연형 사운드스케이프 요소의 설치가 여의치 않은 경우, 서두에서 밝혔듯이 그 대안으로 P.A.(public address) 시스템이 사용될 수 있다.

따라서 이 연구에서는 사운드스케이프 실현 대안 요소로서 P.A.시스템을 사용할 경우의 적정 인지 레벨을 파악해보고자 하였다.

주지하듯이 P.A.(public address)시스템은 해당공간에 안내방송, 음악 및 시그널 등을 제공하는 것을 주요 목적으로 하고 있으며, 옥외 P.A. 시스템은 가로, 공원, 운동장, 캠퍼스 등에 설치되어 있는데 대부분 가로등과 같은 조명기구에 부착되어 있는 것을 주위에서 쉽게 발견할 수 있다.

그런데, 사운드스케이프의 관점에서 보면 P.A. 시스템은 스피커를 통하여 환경음악, 물소리, 새소리 등을 해당공간에 제공하여 능동형 사운드스케이프 조성 시스템으로서 활용할 수 있는데 주목할 수 있다.

이 연구에서는 이처럼 능동형 사운드스케이프 시스템으로 활용될 수 있는 P.A.시스템에 사운드스케이프 음원으로서 그 효용성이 밝혀진 새소리, 환경음악, 물소리를 피험자에게 들려주어 최적인지 레벨 등을 파악하고자 청감 실험을 실시하였다.

이를 통해 능동형 사운드스케이프 시설 계획 시 그 인지 범위와 최적레벨을 분석함으로서 벤치 등의 스트리트 퍼니쳐와 수목 식재 위치선정을 감안할 수 있게 하는 등의 효용이 있을 것으로 판단되며, 스피커를 이용한 P.A. 시스템의 활용 시 최적 제시 레벨 등의 선정에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 실 험

2.1 실험장소

N시에 위치한 D대학 운동장에 P.A. 시스템, sound source(B&K Type 4224)를 거치하고 피험자가 스피커에서 나오는 음을 들으며 충분한 여유를 갖고 설문에 응답할 수 있도록 하였다.

D대학 운동장을 실험장소로 선택한 이유는 개활지로서 자유음장에 가까운 조건이라 판단되었기 때문이며, 음원이외의 다른 주변소음이 크지 않아 스피커에서 발생하는 음원을 피험자들이 다른 잡음에 방해받지 않고 청취할 수 있는 조건이었기 때문이다. 다만, 운동장 가장자리에 둑이 설치되어 있어 가장자리 부근에서는 반사음의 영향을 다소 받을 수 있는 음장조건으로 판단된다. 운동장의 바닥은 요철면이 거의 없는 흙으로 구성되어있다. 배경소음 레벨 수준은 45 dB 내외로 측정되었다.

2.2 현장 청감실험

(1) 피험자 : 실험의 일관성과 전문성을 높이기 위해 연구참여자 및 대학생 20명을 대상으로 현장 청감실험을 실시하였다. 각 피험자는 D대학 운동장에서 P.A. 시스템에서 제시되는 음원별로 제시된 설문지의 물음에 따라 피험자 자신의 반응을 기입하였다.

20개의 설문지 중 평가답안에 일관성이 없고 무성의한 3개의 설문지를 제외한 17개의 설문지를 유효 응답지로 선정하여 분석하였다. (남자 15명, 여자 2명. 22세~26세 평균연령 25세)

(2) 실험 방법 : 피험자가 P.A. 시스템을 바라보고 있는 경우와 그렇지 않은 경우를 가정하여 각 조건에 따른 피험자의 반응을 조사하였다. 다음은 피험자를 대상을 실시한 실험 방법이다.

가. 스피커를 바라보는 상태에서 전후로 이동하다가 음원청취시 만족감이 제일 큰 위치를 선택하여 스피커로부터의 거리를 기입하도록 하였다.

나. 스피커를 등진 상태에서 배면에서 들려오는 소리에 의한 최적 인지거리를 응답하도록 하였다. 이때 설문조사는 충분한 시간적 여유를 갖고 편안히 기입할 수 있도록 함으로써 보다 신뢰성있는 응답을

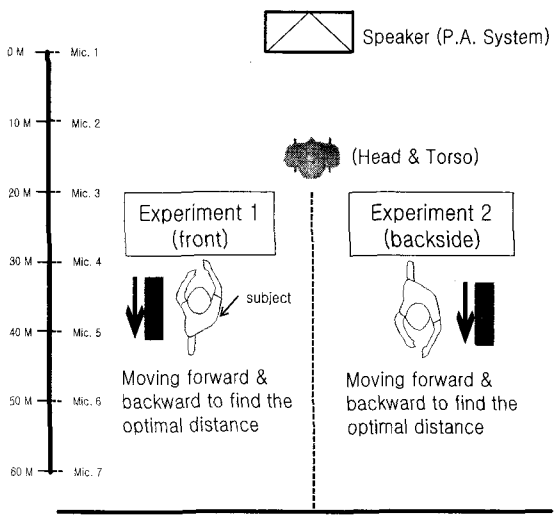


Fig. 1 Test method of psycho-acoustic experiment

Table 1 Introducing sound sources

Sound sources	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Contents	Canary	Bird singing near stream	Green music + Bird singing	Bird singing near stream	Green music + Bird singing	Canary	Bird singing near stream	Canary	Green music + Bird singing
level(dB)*	74.7	98.8	92.8	78.0	102.8	89.0	88.5	95.4	82.2

* Level of 5 m front from speaker

유도하였다. 평균적으로 각 음원당 실험에는 1분 30초 정도가 소요되었다.

다. 또한 최적위치에서 이동에 따른 만족감의 변화를 파악하기 위해 음원으로 전진 및 후진시의 만족감 변화를 표시할 수 있도록 하였다.

라. 음원 크기의 거리별 측정 : 음압레벨은 음원의 제시기간 동안 5분간을 기준으로 거리별로 측정하였으며, P.A. 시스템(스피커)를 바라보고 있는 경우와 등지고 있는 경우를 가정하여 Head & Torso를 사용하여 음압레벨을 측정하였다. 스피커는 지상 1.6 m 정도에 위치하였다. 이는 피험자의 평균적인 귀높이에 해당하는 것이다.

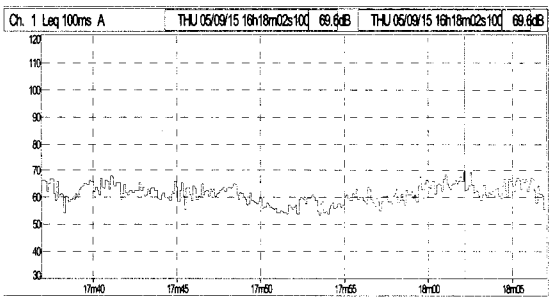


Fig. 2 Level variations with the time. Sound source 1(Canary)

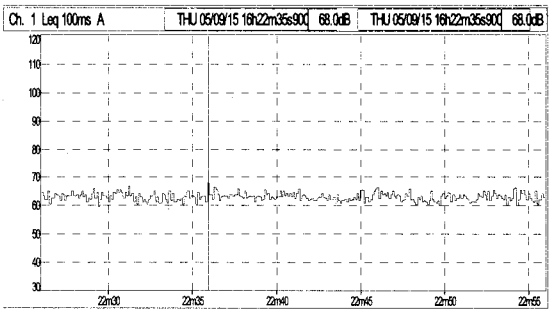


Fig. 3 Level variations with the time. Sound source 4(bird singing near stream)

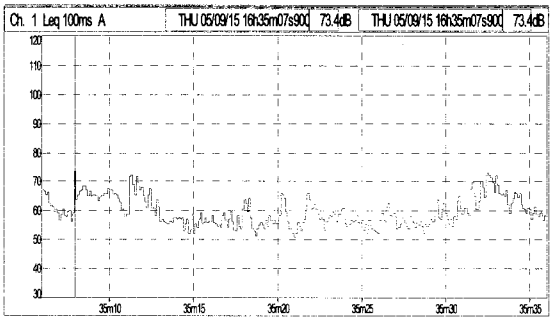


Fig. 4 Level variations with the time. Sound source 9(green music + bird singing)

참고로 실험이 행해진 장소의 기상조건은 미풍인 상태의 맑은 날로서 26℃ 상대습도 65 % 내외의 상태였다.

(3) 음원의 종류 : 음원은 기존의 연구를 통해 사운드스케이프 제시음원으로서 그 효용성이 우수하다고 판단되는 3가지 음원을 이용하여 이 연구를 수행하였다. 즉 1) 카나리아 소리 2) 개울가의 새들 소리 3) 환경음악(새소리)의 세가지 음원을 기본으로 하고 그 출력레벨을 3단계로 변화시켜 총 9가지의 음원을 피험자에게 제시하였다.

Fig. 2~4는 각 제시음원의 시간대별 레벨 특성인데. Head & Torso를 사용하여 스피커 전방 20 m에서 스피커를 향하고 있을 때의 음압특성이다. '개울가의 새들'의 경우는 시간대별로 그 레벨변화가 크지 않았으며, 환경음악+새소리의 경우는 시간에 따른 레벨변화가 있었으며, 카나리아 새소리는 완만하게 레벨 특성이 변화하고 있다.

3. 결과 및 분석

3.1 거리별 음압레벨 분포

음원으로부터 60 m까지의 이격거리별 측정결과는 Table 2, Fig. 5와 같다. 참고로 음원레벨이 최소인 음원 1의 60 m에서의 레벨이 47.2 dB로 배경소음레벨인 45 dB보다 2 dB이상 높아 피험자가 음원을 청취하는데는 문제가 없었다.

Table 2에서 보면, 스피커로부터 거리가 멀어짐에 따라 자유음장에서의 거리감쇠치를 능가하여 레벨이 감쇠하고 있다. 이는 기상조건과 흙바닥 그리고 스피커 특성에 기인한 것으로 짐작된다.

Fig. 5에는 음원 4,7,8에 대한 사항만을 표시하였는데 나머지 음원의 경우는 대동소이 하였다.

스피커에서 가까운 경우에는 자유음장의 상황처럼 그 레벨이 감소하고 있고 점점 잔향음장의 형태를 보여주고 있다. 이는 앞서 밝혔듯이 D대학 운동장의 주위에 둑이 있어 음이 반사 및 보강되어 먼거리에서도 음레벨이 떨어지지 않는 잔향음장의 효과를 보이고 있는 것으로 판단된다.

그림에서 각 음원별로 레벨과 거리의 상관성을 표

Table 2 Level distributions due to distances from the speaker(measured SA-01)

Distance (m)	Sources								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	74.7	98.8	92.8	78.0	102.8	89.0	88.5	95.4	82.2
10	63.5	85.4	79.0	64.5	89.5	76.0	75.0	83.9	68.7
15	58.7	80.6	72.3	59.7	82.8	71.0	70.1	78.9	62.1
20	55.1	77.1	73.0	56.7	83.3	67.0	66.6	75.5	62.5
25	52.3	71.8	71.8	53.6	82.0	63.0	62.6	70.8	54.9
30	50.0	69.9	69.9	51.9	79.5	62.0	61.7	65.4	54.2
35	48.8	68.8	68.8	50.8	77.6	62.0	61.6	66.2	55.6
40	48.5	68.3	68.3	51.2	76.5	60.0	59.8	65.7	55.8
45	48.0	67.6	64.9	48.7	75.1	56.3	57.4	66.9	53.4
50	47.6	66.9	64.0	48.6	74.2	56.8	57.0	67.5	52.7
55	47.4	65.8	63.9	48.5	72.8	56.5	56.5	66.9	51.8
60	47.2	65.0	63.5	47.9	72.0	56.1	55.9	66.7	50.9

* The level in this table is L_{eq} of introducing time(30s)

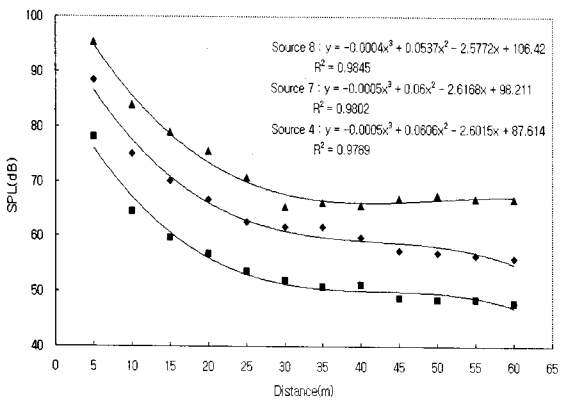


Fig. 5 Level distributions due to distances (measured SA-01)

시하는 R^2 값이 0.98 정도로 매우 양호하게 나타나고 있다. 따라서 그림에서 제시된 추세식을 바탕으로 거리별 레벨을 예측 계산하였다.

Table 3은 Head & Torso를 음원을 바라보게 했을 때와 등지고 있을 때의 레벨차이다. 대부분의 경우에 스피커를 바라보고 있을 때가 스피커를 배면에 두고 있을 때보다 약간씩 높게 측정되고 있음을 알 수 있다. 이는 토르소 귓바퀴에 의한 집음의 영향으로 판단된다. 10 m의 경우 음원 9를 제외하고는 모든 경우에 정면의 레벨이 높게 나왔고 20 m의 경우에는 그 레벨 차이가 크지 않고 오히려 배면의 경우가 높게 나오는 경우도 있어 20 m 이후에서는 잔향음장에 가까운 조건에서는 정면 배면간의 차이가 거의 없는 것으로 판단된다.

3.2 각 음원의 인지범위

Table 4는 피험자의 응답에 따른 결과를 집계한 것이다. Table 4에서 추정레벨은 Fig. 5의 추세식에 따른 계산값이다.

Table 3 Level difference between front and back (Head & Torso) Unit : dB

Distance (m)	Sources								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2.3	0.7	0.4	0.6	0.8	2.6	1	1.9	-0.2
20	0.4	-0.6	-0.1	-0.1	-1.5	1.7	0.5	2.6	-1.1

Table 4 Analysis of subjects' responses on optimal distance and estimated level

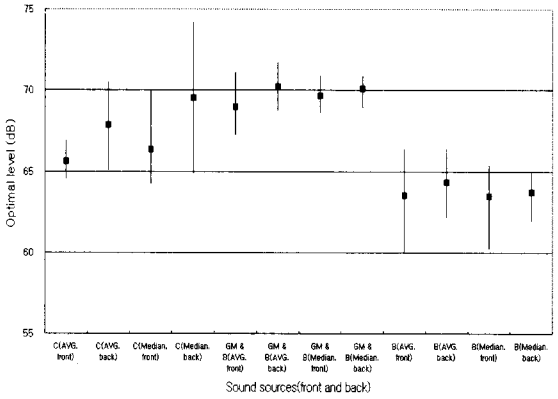
Sound sources		Optimal distance(m)				Estimated level*	
		Avg.	Median	Max.	min.	Avg.	Median
1	Front	8.6	7	15	3.1	66.9	69.9
	Back	8.0	5	17	2.5	68.1	74.2
2	Front	40.0	47	52	15	66.4	64.8
	Back	40.0	46	50	10	66.4	65.0
3	Front	27.7	25.2	45	11	68.7	69.5
	Back	27.5	27	45	15	68.7	68.9
4	Front	12.0	11.2	21	2.3	64.3	65.4
	Back	11.8	12	25	2	64.5	64.3
5	Front	43.2	50	65	15	71.1	68.6
	Back	40.9	45	70	5	71.7	70.6
6	Front	22.0	24	31	14	65.4	64.2
	Back	16.1	17	29	2	70.5	69.6
7	Front	30.9	30	38	25	59.9	60.2
	Back	25.6	26	36	15	62.2	61.9
8	Front	36.2	35	45	25	64.5	64.9
	Back	34.4	35	50	27	65.0	64.9
9	Front	12.4	10	26	5	67.2	70.9
	Back	10.4	10	18	5	70.2	70.9

* Estimated level is induced from the equation shown in Fig. 6. dB(A).

Fig. 6은 Table 4의 내용을 음원별, 정면·배면별로 최적범위 레벨을 표시한 것이다.

(1) 최적레벨(전면)

카나리아 새소리는 66 dB 내외의 음을 피험자는 최적으로 받아들이고 있다. 환경음+새소리의 경우는



* C : Canary, GM&B : Green music and bird singing, B : Bird singing

Fig. 6 Optimal level distribution due to sound sources

이보다 레벨이 3 dB 정도 높은 69 dB, 개울가소리+새들 소리는 64 dB 내외가 최적음압레벨로 평가되었다.

높낮이의 변화가 다른 음원에 비해 컸던 환경음의 경우에는 70 dB 정도로 다른 음원에 비해 높은 정도의 수준을 원하였고, 레벨변화가 크지않고 잔잔한 개울소리에 새소리가 합해진 음원의 경우에는 64 dB 내외로 다른 경우에 비해 레벨이 낮은 것을 선호하였으며 레벨변화특성이 환경음악과 개울가 새소리의 중간정도인 카나리아 음의 최적레벨은 66 dB로서 그 중간정도를 차지하고 있다.

(2) 최적레벨(배면)

카나리아 음원의 경우는 67~68 dB, 환경음의 경우는 71 dB 내외, 개울가 새들 소리는 64~65 dB 내외가 최적음압레벨로 선택되었다. 전면의 경우와 비교하면 1~2 dB정도 높은 수준의 음이 최적레벨로 평가되었다. 이는 귓바퀴의 집음효과 등에 따른 전면 배면의 차이로 판단된다. 즉 음원방향 향하고 있는 경우가 음원을 등지고 있는 경우보다 약간 크게 들린다는 것을 의미한다고 하겠다.

Head & Torso를 사용하여 정면과 배면의 레벨차를 살펴보았을 때, 10 m 떨어져 측정한 경우 1~2 dB 정도 정면의 경우가 높게 나타나 이를 뒷받침한다고 할 수 있다.

이 실험결과는 교통소음 등의 배경소음이 없는 상태에서 실시된 것이기 때문에 교통소음 등의 배경소음이 있을 경우에는 다소 최적레벨에 변화가 있을 것으로 판단된다.

Table 5 Satisfaction ratio variances due to forward and backward(compared with reference satisfaction ratio 10 at optimal distance)

Sound sources		Forward		Backward	
		5 m	10 m	5 m	10 m
1	Front	7.7	-	8.2	6.8
	Back	8.2	-	7.9	6.5
2	Front	8.0	7.1	8.9	8.5
	Back	8.0	7.3	8.5	7.9
3	Front	8.6	7.6	9.2	8.6
	Back	8.4	7.4	8.8	8.2
4	Front	8.6	7.3	8.7	7.3
	Back	8.2	7.6	8.3	6.9
5	Front	8.4	7.2	8.9	8.5
	Back	8.3	7.4	9.1	8.3
6	Front	8.8	7.9	8.9	7.9
	Back	8.3	7.3	8.5	7.5
7	Front	8.7	7.9	8.8	8.0
	Back	8.3	7.2	8.8	7.9
8	Front	8.7	7.4	8.7	8.3
	Back	8.6	7.5	8.8	8.0
9	Front	8.7	-	8.3	7.1
	Back	8.5	-	8.7	7.7

(3) 전진, 후진에 따른 만족도 변화

Table 5는 최적위치에서 음원방향으로 전진 및 후진에 따른 만족도 변화를 정면, 배면별로 정리한 것이다.

최적위치에서 5 m 전진, 후진 시, 대부분 8점대의 만족감을 보이고 있고 10 m 전진 시는 7점대, 후진 시는 6점대에서 8점대까지의 만족도 변화분포를 보이고 있다. 최적위치의 만족감 10을 기준으로 최적위치 중심 폭 10 m 내에서는 8점대의 만족감을 보이고, 중심폭 20 m 내에서는 7점대의 만족감 변화를 보인다고 할 수 있다. 따라서 사운드스케이프적 측면에서 P.A. 시스템의 효용성을 높이고자 한다면 최적위치 중심폭 10 m 정도의 범위 내에 스트리트 퍼니쳐 등이 계획되는 것이 방법이 될 수 있으리라 판단된다.

4. 결 론

새소리, 환경음악, 물소리를 P.A.시스템을 통하여 피험자에게 제공하여 최적 인지 범위를 실험적으로 밝혀보고자 하였다.

이 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 정면의 경우 높낮이의 변화가 다른 음원에 비해 컸던 환경음의 적정 제시레벨은 70 dB 정도였으며, 레벨변화가 작았고 재잘거리는 소리인 개울소리+새소리는 64 dB 내외로 레벨이 낮은 것을 선호하였으며 레벨변화특성이 중간정도인 카나리아 음의 최적레벨은 66 dB로 나타났다. 결론적으로 P.A. 시스템에서는 67 dB 내외의 음을 제시하는 것이 유효할 것으로 판단된다.

(2) 배면은 전면의 경우에 비해 1~2 dB 정도 높은 수준의 음이 최적레벨로 선택되었다. 이는 귓바퀴의 집음효과 등에 따른 전면 배면의 차이로 판단된다. 즉 음원방향 향하고 있는 경우가 음원을 등지고 있는 경우보다 약간 크게 들린다는 것을 의미한다고 하겠다.

(3) 최적위치 중심 폭 10 m 내에서는 8점대의 만족감을 보이고, 중심폭 20 m 내에서는 7점대의 만족감 변화를 보여서, 사운드스케이프적 측면에서 P.A. 시스템의 효용성을 높이고자 한다면 최적위치 중심 폭 10 m 정도의 범위 내에 스트리트 퍼니쳐 등을 계획하는 것이 권장된다고 하겠다.

이상의 결과는 배경소음이 거의 없는 상태에서의 결과이다. 따라서 교통소음 등의 배경소음 정도에 따라 변화가 가능하기 때문에 추후 이에 대한 검토를 실시해 보고자 한다.

후 기

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심대학육성사업/바이오하우징연구사업단)

참 고 문 헌

(1) Ministry of Environment, 2004, "A Development for Soundscape Design Method of Sound Amenity in Urban Public Places".

(2) Song, M.-J. and Jang, G.-S., "An Experimental Study on the Recognition Region of Passive Soundscape Facilities especially in Fountains", Transactions of the Korean Society for Noise and Vinration Engineering, Vol. 16, No. 5, pp. 544~550.

(3) Schafer, R. M., 1994, The Soundscape, Destiny Books.

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

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

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

(7) 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.

(8) Carles, J. L., 1999, "Sound Influence on Landscape Values", Landscape and Urban Planning, pp. 191~200.

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

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

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

(12) 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.