Check for updates

Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng., 30(3) : 303~310, 2020
https://doi.org/10.5050/KSNVE.2020.30.3.303

한국소음진동공학회논문집 제 30 권 제 3 호, pp. 303~310, 2020
ISSN 1598-2785(Print), ISSN 2287-5476(Online)

# 주거단지 분수 연출음의 선호특성을 고려한 설계방안에 관한 연구

# A Study on the Design Method Considering the Preference Characteristics of the Residential Complex Fountain Directing Sound

신 용 규* · 국 찬†
Yong-Gyu Shin* and Chan Kook†

(Received June 5, 2020 ; Revised June 16, 2020 ; Accepted June 16, 2020)

**Key Words :** Fountain(분수), Nozzle(노즐), Sound of Water(물소리), Physical Index(물리지수)

## ABSTRACT

This study describes the efficient design of fountains using choreographed music and also the design of natural water sounds to identify the physical characteristics of the preferred sound source in hydroponic spaces in residential complexes. According to the study results, REm, NbEm, sharpness, StdDev, and G indices represent the choreographed music and sound of water generated by spraying from the nozzle of the fountain. According to the type of fountain nozzle, type of floor on which the water falls after being sprayed from the nozzle, and the method of creating hydroponic space, such as water flow, the characteristics of the index for preferred sound source could be identified. In addition to the lexical evaluation of sound sources for the sound of fountains and natural waters, it was possible to classify the characteristics of the sound sources into eight lexica choreography senses and nine lexica natural senses for natural water sounds. If additional sound sources are obtained in an environment, where nozzle types of fountains can be diversified and combined in the future. Subjective evaluations are verified through brainwave evaluation in a laboratory environment optimized for brainwave testing and water sound production. It is expected that the design method of optimized fractions for residential complexes will be presented and applied if additional sound sources are obtained in an environment for which nozzle types of fountains can be diversified and combined in the future.

## 1. 서 론

옥외공간을 자연요소를 이용하여 자연 친화적인 공간으로 특성화시키려는 시도가 일어나고 있으며 그 자연환경 요소 중에서도 물이라는 자연적 요소를 이용하여 생활환경의 개선과 시각적인 아름다움을 창출하려는 시도가 곳곳에서 일어나고 있다[1]. 특히 공동주거단지 내 분수시설 조성은 물의 특성이 지닌 환경조절과 경관개선 효과를 가지고 있어 이용자의 심리적 만족도를 높일 수 있다. 최근 이러한 특성을 활용한 주거단지 조경시설에 대한 수요와 이를 반영하는 비율 역시 점차 증대되고 있지만, 공간에 따른 연출음의 선호특성을 고려한 설계 기준은 마련되지 않은

† Corresponding Author ; Member, Dept. of Landscape Architecture, Dongshin University, Professor
E-mail : kookchan@dsu.ac.kr
* Member, Dept. of Landscape Architecture, Dongshin University, Professor

# A part of this paper was presented at the KSNVE 2019 Annual Autumn Conference
‡ Recommended by Editor Jong Kwan Ryu

ⓒ The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

실정이다. 이러한 한계점을 해결하기 위해 도시환경음의 평가를 통해 교통음, 물소리, 공간음 등을 대표하는 물리지수와 어휘의 상관성 분석을 통해 쾌적성 평가를 위한 연구사례는 공간에 따른 연출음의 선호도 평가방법에 대한 가능성을 제시해주고 있다[2]. 또한, 최근에는 물소리와 분수 연출음의 특성을 물리적 특성으로 구분할 수 있는 물리지수를 찾아내는 연구가 진행되는 등 물소리가 지닌 청각적 특성을 규명하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다.

이에 이 연구는 최근 시각적, 청각적, 심미적 안정성과 쾌적감을 주는 주거단지 공간을 연출하기 위해 도입되고 있는 수경시설 중 분수 연출음의 물리적, 주관적 선호특성의 관계를 찾아냄으로써 향후 분수시설 조성시 고려해야할 설계방안으로 제안하고자 하였다. 이를 위해 물소리가 연출되는 공간의 특성을 설명할 수 있는 물리지수 중 분수 노즐의 개수는 'StdDev', 'NbEm', 'REm'을, 수압의 증감은 'G'의 변화를 예측할 수 있다는 선행연구[3] 결과를 토대로 주거단지 영상과 분수 및 물소리 음원을 활용한 주관평가를 시행하여 주거단지 수경 공간 유형에 따라 선호되는 분수 연출음의 물리적, 주관적 특성을 도출함으로써 향후 분수시설 조성 시 고려해야할 설계방안으로 제안하고자 한다.

## 2. 연구 내용 및 방법

이 연구에서는 분수 연출음과 자연 물소리를 활용하여 주거단지 수경공간에서 선호되는 음원의 물리적 특성을 파악하고 분수 설계방안을 제안하고자 하였다. 이를 위해 물소리가 연출되는 공간의 특성을 설명할 수 있는 물리지수 중 분수 노즐의 개수는 'StdDev', 'NbEm', 'REm'을 수압의 증감은 'G'의 변화에 영향을 미친다는 선행연구[3] 결과를 활용하여 제시자극을 선정하고 주관평가를 시행하여 주거단지 내 설치되는 분수시설의 유형에 따른 선호 분수 연출음의 물리적 특성을 도출하고자 하였다.

### 2.1 제시 자극

실험에 사용된 음원(분수, 자연)은 선행연구[3]를 통해 확보된 음원으로 4단계의 G[Hz] 특성을 갖는 분수연출음(feather, hydra, sharp, candle)과 자연발생 물소리(강진 모란공원 벽천, 함평 자연생태공원 벽천, 담양 소

**Fig. 1** Images used in the test

**Table 1** Sounds and images used in the test

| Division | | Type |
|---|---|---|
| Fountain sounds | F1 | Feather |
| | F2 | Hydra |
| | F3 | Sharp |
| | F4 | Candle |
| Water sounds | W1 | Falling water |
| | W2 | Falling water |
| | W3 | Running water |
| | W4 | Running water |

① Fountain test site in Damyang
② W1 Gangjin Moran Park Wall Mountain
W2 Wall Mountain in Hampyeong Natural Ecological Park
W3 Damyang Soswaewon Valley
W4 A brook in front of Gurye's Omi Village

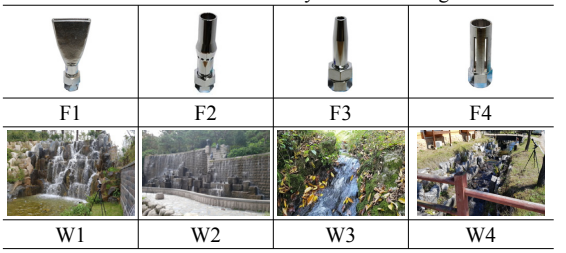



**Table 2** Semantic scale of test

| Estimation vocabulary | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Estimation vocabulary |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Comfortable | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Uncomfortable |
| ⋮ | | | | | | | | ⋮ |
| Idyllic | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | Urban |

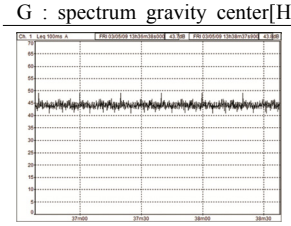
| Matching degree between scenary and sound | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mark | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

**Table 3** Characteristics of sound source

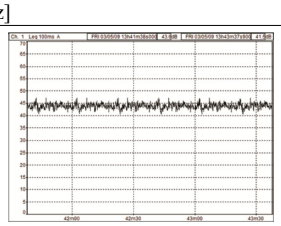
| Division | | $L_{eq}$ dB(A) | $L_{min}$ dB(A) | $L_{max}$ dB(A) | StdDev | NbEm | EmT (Nb/s) | REm (%) | G (Hz) | Sharpness (acum) | Unbiased annoyance (au) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -5dB | F1 | 39.3 | 36.2 | 44.3 | 1.0 | 8 | 10 | 0.67 | 2,014.0 | 1.82 | 5.87 |
| | F2 | 39.1 | 35.8 | 43.1 | 1.0 | 6 | 10 | 0.50 | 1,736.9 | 1.65 | 5.9 |
| | F3 | 38.0 | 34.5 | 44.7 | 1.4 | 26 | 7 | 3.17 | 1,253.5 | 1.57 | 5.42 |
| | F4 | 40.0 | 36.3 | 44.5 | 1.6 | 61 | 9 | 5.58 | 1,094.1 | 1.45 | 6.62 |
| | W1 | 42.9 | 42.1 | 44.0 | 0.3 | 0 | 0 | 0.00 | 2,358.6 | 2.38 | 9.26 |
| | W2 | 43.4 | 42.6 | 44.1 | 0.2 | 0 | 0 | 0.00 | 1,986.3 | 2.19 | 10.05 |
| | W3 | 39.5 | 37.7 | 42.2 | 0.7 | 0 | 0 | 0.00 | 1,649.6 | 1.91 | 6.26 |
| | W4 | 41.8 | 40.3 | 44.2 | 0.4 | 0 | 0 | 0.00 | 1,230.8 | 1.69 | 7.61 |
| st. | F1 | 44.2 | 40.9 | 49.0 | 1.0 | 6 | 10 | 0.50 | 2,410.5 | 1.82 | 9.41 |
| | F2 | 43.9 | 40.5 | 47.1 | 1.1 | 0 | 0 | 0.00 | 1,996.8 | 1.65 | 9.62 |
| | F3 | 42.8 | 39.4 | 49.9 | 1.5 | 41 | 10 | 3.58 | 1,600.6 | 1.56 | 8.78 |
| | F4 | 44.8 | 41.1 | 49.3 | 1.6 | 59 | 9 | 5.42 | 1,189.0 | 1.42 | 10.68 |
| | W1 | 47.8 | 47.0 | 48.8 | 0.3 | 0 | 0 | 0.00 | 2,620.3 | 2.38 | 14.96 |
| | W2 | 48.3 | 47.7 | 49.0 | 0.2 | 0 | 0 | 0.00 | 2,168.6 | 2.19 | 16.28 |
| | W3 | 44.4 | 42.5 | 46.9 | 0.7 | 0 | 0 | 0.00 | 1,570.0 | 1.93 | 10.25 |
| | W4 | 46.7 | 45.4 | 48.1 | 0.4 | 0 | 0 | 0.00 | 1,450.1 | 1.72 | 12.53 |
| +5dB | F1 | 49.2 | 46.6 | 54.1 | 1.0 | 6 | 10 | 0.50 | 2,596.6 | 1.8 | 14.87 |
| | F2 | 49.0 | 45.6 | 53.2 | 1.0 | 6 | 10 | 0.50 | 2,100.9 | 1.63 | 15.27 |
| | F3 | 47.9 | 44.3 | 54.6 | 1.5 | 28 | 7 | 3.33 | 1,725.2 | 1.55 | 13.95 |
| | F4 | 49.8 | 46.1 | 54.3 | 1.6 | 66 | 0 | 6.00 | 1,255.0 | 1.42 | 16.88 |
| | W1 | 52.9 | 52.1 | 54.0 | 0.3 | 0 | 0 | 0.00 | 2,750.9 | 2.37 | 23.85 |
| | W2 | 53.3 | 52.6 | 54.0 | 0.2 | 0 | 0 | 0.00 | 2,241.7 | 2.18 | 25.95 |
| | W3 | 49.4 | 47.7 | 51.8 | 0.7 | 0 | 0 | 0.00 | 1,974.1 | 1.95 | 16.48 |
| | W4 | 51.7 | 50.3 | 53.2 | 0.4 | 0 | 0 | 0.00 | 1,494.7 | 1.73 | 20.07 |

NbEm : number of emerging peaks
TEm : time rate
EmT : emerging peaks compare to its time rate
REm : relative emerging peaks
G : spectrum gravity center[Hz]

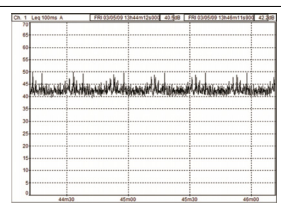
$$EmT = \frac{NbEm}{TEm}, \quad REm = \frac{TEm}{}, \quad G = \frac{\sum_i [10^{\frac{L_i}{10}} \times B_i]}{\sum_i [10^{\frac{L_i}{10}}]}$$



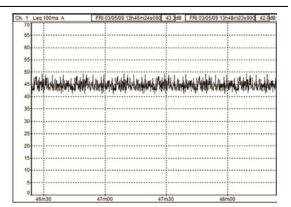
F1



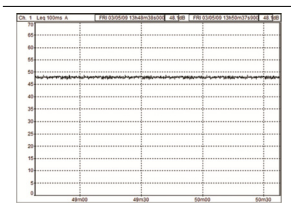
F2



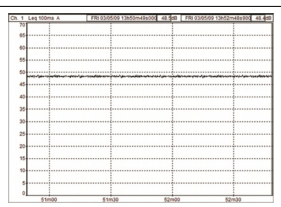
F3



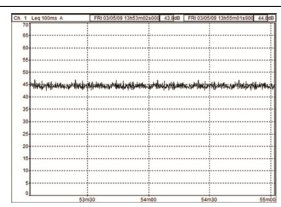
F4



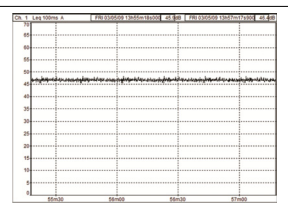
W1



W2



W3



W4

쇄원 계곡, 구례 오미마을 계곡)를 활용하였다(Table 1).

음원은 'G', 'sharpness'가 $L_{eq}$와 관계없이 단계별로 구분이 가능한 음원(분수 4개 음원 4단계, 물소리 4개 음원 4단계) 8개를 최종 선정하여 기준음으로 제시하고 여기에 ±5 dB를 변화시켜 24개 음원을 제시하였다. 현장 음원의 재현을 위해 청감실험실의 특성을 고려해 ool Edit Pro Software의 Graphic Equalizer 30Bands(1/3octave)를 활용하여 주파수 보정작업 진행 후 제작하였고 기준음의 제공 음압레벨 설정은 실험실에서 음향 전문가 7인에게 영상 및 소리를 제시하면서 적정 레벨을 요구하되 최대치와 최소치를 제외한 5명의 평균치를 적용하였다.

음원과 함께 제시한 영상으로는 영상 없음(a) 수직상승 노즐과 단 차이를 이용하여 물의 흐름을 동시 연출한 공간(b), 바닥분수가 연출되는 공간(c), 비산도가 높은 노즐이 설치된 공간(d), 물이 흐르는 수경공간(e) 영상을 활용하였다(Fig. 1).

### 2.2 실험 및 분석 방법

주관평가는 광주광역시 소재 'S'대학 음향심리 연구실에서 정상 청력과 시력을 가진 20~40대 22명을 대상으로 2019년 5월 9일~15일에 실시하였으며 실험 및 분석 방법은 다음과 같다.

(1) 실험방법

주거단지에 조성된 4개 수경 공간 영상, 24개의 음원, 영상과 음원을 조합하여 각각 30초간 제시하면서 응답지를 작성하는 방식으로 진행하였다. 응답지에는 영상에 대한 점수, 24개 소리에 대한 점수, 영상+소리 96가지 case의 어울림에 대한 점수(10점) 부여 및 25개 어휘에 대하여 7점 척도평가를 하도록 하였으며 실험에 사용된 평가어휘 및 척도는 Table 2와 같다. 실험에 사용된 어휘는 환경부의 선행연구[4]에서 활용한 어휘로, 환경음의 관점에서 소음이 아닌 좋은 소리를 대표하는 형용사로 도출된 25개 어휘를 활용하였다.

(2) 분석방법

실험에 사용된 음원의 물리지수 산출과 주관평가 분석을 위해 01 dB社의 dBFA와 dBTrait(Ver. 5.4), Microsoft Excel, IBM SPSS(Ver. 25) software를 활용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 음원의 특성 분석

실험에 사용된 음원은 분수 노즐에서 발생되는 다양한 분수 음원과 벽천, 계곡, 실개천 등에서 발생되는 물소리를 활용하였다. 다양한 음원 가운데 물소리의 청아함 특성을 대표하는 'G', 'sharpness'가 $L_{eq}$와 관계없이 단계별로 구분이 가능한 음원(분수 4개 음원 4단계, 물소리 4개 음원 4단계) 8개를 최종 선정하여 기준음으로 제시하고 여기에 ±5 dB를 변화시켜 24개 음원을 제작하였다. 기준음의 제공 음압레벨은 실험실에서 음향 전문가 7인에게 영상 및 소리를 제시하면서 적정 레벨을 요구하되 최대치와 최소치를 제외한 5명의 평균치를 적용하여 제공레벨로 설정하였고 $L_{eq}$의 변화에 따른 G[Hz] 단계별 선호도를 평가

**Table 4** Analysis of the factors of the physical index by spatial type

| Division | | Component | | |
|---|---|---|---|---|
| Physical index | Communalities | Sound of water | Loudness | EmT |
| REm | 0.895 | 0.928 | 0.009 | 0.187 |
| NbEm | 0.883 | 0.921 | 0.016 | 0.186 |
| Sharpness | 0.801 | -0.838 | 0.190 | -0.250 |
| StdDev | 0.941 | 0.811 | -0.153 | 0.510 |
| G | 0.906 | -0.803 | 0.383 | 0.339 |
| $L_{eq}$ | 0.990 | -0.140 | 0.975 | -0.141 |
| $L_{max}$ | 0.963 | 0.140 | 0.956 | 0.173 |
| Unbiased Annoyance | 0.965 | -0.180 | 0.946 | -0.193 |
| $L_{min}$ | 0.991 | -0.287 | 0.916 | -0.264 |
| EmT | 0.932 | 0.304 | -0.208 | 0.893 |
| Eigen values | | 5.352 | 2.895 | 1.021 |
| Contribution | | 53.524 | 28.945 | 10.212 |

**Table 5** KMO and Bartlett's test

| Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy. | | 0.648 |
|---|---|---|
| Bartlett's test of sphericity | Approx. chi-square | 462.109 |
| | df | 45 |
| | Sig. | 0.000 |

하기 위해 ±5 dB를 제시하였으며 각 음원의 물리지수와 타임히스토리는 Table 3과 같다. F1 ~ F4는 분수 노즐별 발생 음으로 F1(feather), F2(hydra) 노즐에서 출수시 비산도가 크게 발생하는 특성을 가지며, F3(sharp), F4(candle) 분수는 수직으로 상승 후 낙하하는 연출 특성을 가진 것이 특징이다. W1, W2는 공원내 조성된 벽천으로 수직 낙하하면서 연출음이 발생하며 W3, W4는 계곡 및 실개천에서 발생하는 물소리로 유수의 고도차나 장애물에 의한 저항 등으로 발생되는 연출 특성을 보였다.

Table 4는 $L_{eq}$의 변화에 따른 물리지수를 구분하기 위해 요인분석을 한 결과이다. 요인의 추출법으로서 주성분 분석방법, 베리멕스회전법을 이용하였으며 5회 반복 계산으로 요인회전이 수렴되는 결과를 보였다. KMO(표본 적절성의 Kaiser-Meyer- Olkin 측도)와 Bartlett의 구형성 검정 결과 KMO는 0.648로 설명력이 있으며, Bartlett 유의확률은 0.000으로 유의수준 0.05보다 작게 나타났으므로 실험음원 $L_{eq}$변화에 따라 영향이 있는 물리지수 분류가 가능할 것으로 판단된다(Table 5). 요인분석을 통해 음원의 레벨변화에 따른 물리지수는 3가지 성분으로 구분되었다. 1요인에 해당되는 물리지수는 선행연구 결과에서 노즐의 개수에 따라 변화되는 특성을 나타내는 지수로 피크 관련(REm, NbEm, StdDev) 지수와 수압에 따라 변화되는 날카로움 관련(sharpness, G) 지수로 나타났고, 2요인에 해당되는 물리지수는 소리의 크기($L_{eq}$, $L_{max}$, unbiased annoyance, $L_{min}$)와 관련된 지수로 나타났다. 3요인은 피크발생 시간에 대한 횟수의 비율을 나타내는 EmT로 분수 노즐의 유형 및 개수와 낙수 및 유수의 고도차나 장애물에 의한 저항 등과 관련된 지수로 나타났다.

### 3.2 주관평가 결과

실험 음원의 물리적 특성 활용하여 주거단지 내 수경 공간에 어울리는 소리의 선호 특성을 찾아내고자 REm, NbEm, sharpness, StdDev, G 등 물소리 특성을 나타내는 물리지수 중 $L_{eq}$의 변화에 따라 일정 구간 내에서 단계별 특성을 보이는 지수(G, sharpness) 중 비교 분석이 가능한 지수 G에 따른 선호도를 비교 분석하였으며 그 결과는 Fig. 2와 같다. 물소리 특성

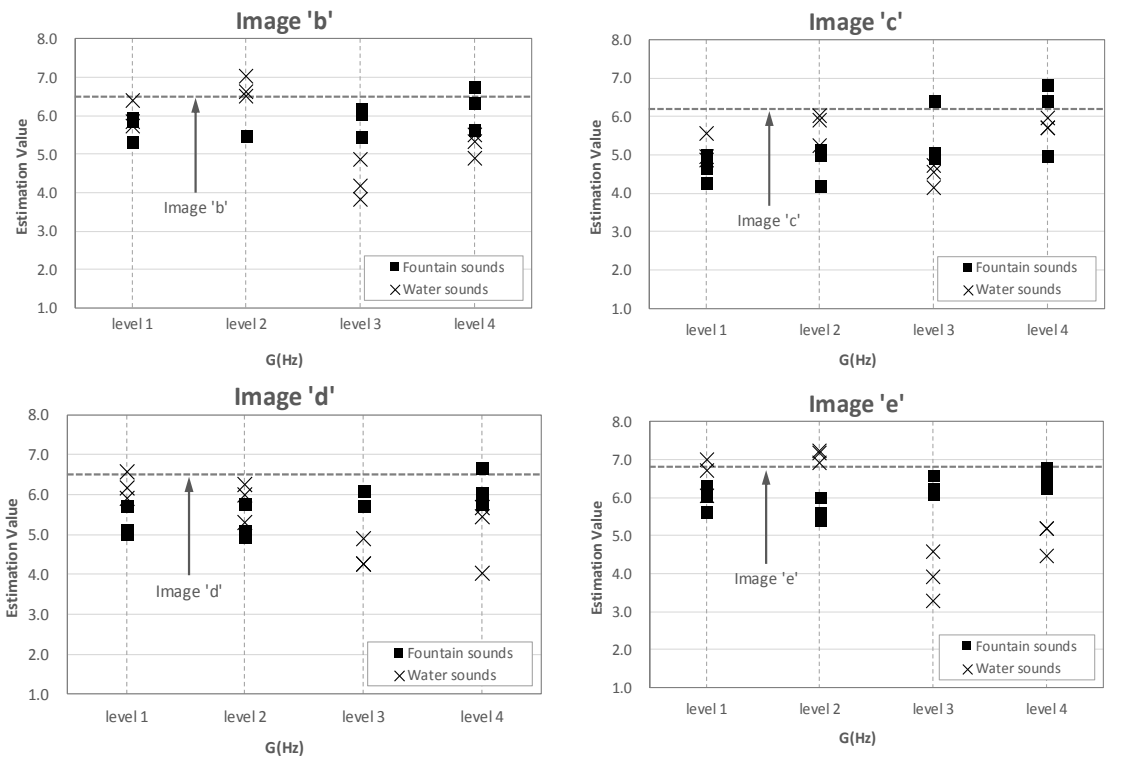
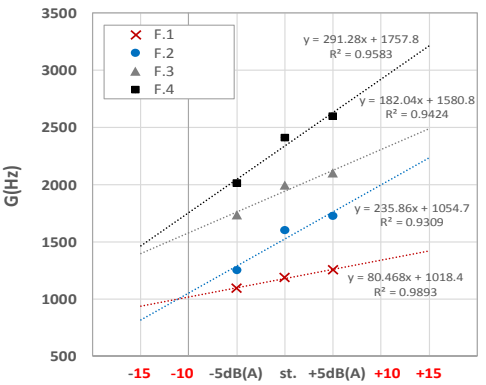


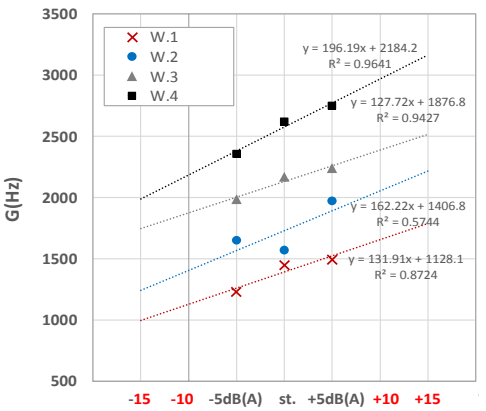

**Fig. 2** Preference according to 'G'

을 나타내는 물리지수 중 $L_{eq}$의 변화에 따라 일정 구간 내에서 단계별 특성을 보인 지수 G에 따른 8가지 제공 음원의 선호도를 비교 분석한 결과 상대적으로 낮은 G[Hz] 단계인 Level 1, 2에서는 계곡이나 실개천 등의 흐르는 물에서 발생하는 소리(F4, F3)가 분수에서 발생하는 소리보다 선호도가 높게 나타났고, 상대적으로 높은 G[Hz] 단계인 Level 3, 4는 노즐 끝부분에서 비산도가 높은 분수에서 발생하는 소리(F2, F1)가 벽천 등의 낙수음(W2, W1) 보다 선호도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

공간 이미지별 제공 음원의 선호도를 확인한 결과 'b'는 단지내 녹지가 풍부한 곳에 설치된 분수로 Level 4의 F1(feather), Level 2의 W3(소쇄원 계곡)의 음원이 어울리는 것으로 나타났다. 'c'는 바닥분수로 Level 4의 분수 소리 중에서도 G[Hz]가 높은 F1의 음원을 선호하는 것으로 나타났으며, Level 3인 F2(hydra)의 경우 NbEm이 낮을수록 선호하는 특성을 보였다. Level 1, 2의 F3(sharp), F4(candle)는 NbEm이 높을수록 비선호하는 것으로 나타났다. 이는 feather, hydra 등 노즐에서 출수될 때 비산도가 크게 발생되는 분수 유형 특성으로 인해 NbEm, REm이 낮은 음원이 'c'공간에서 선호되는 것으로 판단된다. 'd'는 Level 4의 F1(feather)와 Level 1의 W4(오미마을 실개천)의 경우가 다른 음원에 비해 상대적으로 선호도가 높았는데 이는 비산도가 크고 G가 높은 분수 음원이나 흐르는 물소리 음원이면서 G, StdDev가 낮은 소리 유형으로 판단된다. 'e'의 경우 분수나 벽천 유형의 소리 보다는 소쇄원 계곡처럼 흐르는 물소리 유형을 선호하는 것으로 나타났다.




(a) Fountain




(b) Water sound

**Fig. 3** G[Hz] according to $L_{eq}$ change

$L_{eq}$의 변화에 따라 G[Hz]의 변화량을 예측한 결과 $L_{eq}$가 낮아질수록 feather, hydra의 구분이 모호해지면서 더욱 비선호가 뚜렷해질 것으로 판단된다. 흐르는 물이 있는 공간이 연상되는 영상 'b', 'e'에서는 $L_{eq}$의 변화에도 계곡, 시냇물 등의 음원이 StdDev 지수 값이 유지되는 것으로 나타나 선호도 평가에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. 또한, 분수 음원은 레벨이 낮아질수록 청아함 특성이 모호하여 노즐 유형의 비교가 어려울 것으로 판단되나 자연 물소리 음원의 경우 레벨의 변화에도 음원간 비교적 일정한 기울기를 유지하는 것으로 나타나 $L_{eq}$의 변화에도 음원의 물리적 특성이 유지될 것으로 판단된다(Fig. 3).

### 3.3 어휘평가 결과

Table 6은 주관평가를 통해 분수 및 자연 물소리 음원의 어휘평가에 대한 요인분석을 한 결과이다.

요인의 추출법으로서 주성분 분석방법, 베리멕스회전법을 이용하였으며 6회 반복 계산으로 요인회전이 수렴되는 결과를 보였다. KMO(표본 적절성의 Kaiser-Meyer -Olkin 측도)와 Bartlett의 구형성 검정 결과 KMO는 F(0.952), W(0.955)로 ahen 0.6 이상이므로 설명력이 있으며, Bartlett의 구형성 검정에서 유의확률은 모두 0.000으로 유

**Table 6** KMO and Bartlett's Test

| Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy | | F | W |
|---|---|---|---|
| | | 0.952 | 0.955 |
| Bartlett's test of sphericity | Approx. chi-square | 13129.7 | 13363.4 |
| | df | 276 | 253 |
| | Sig. | 0.000 | 0.000 |

**Table 7** Analysis of adjective factors for fractional sound sources

| Division | Component | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Ease | Directing | Pleasantness | Deepness |
| Calm | 0.818 | 0.129 | 0.071 | -0.133 |
| Soft | 0.777 | 0.275 | 0.18 | -0.055 |
| Comfortable | 0.758 | 0.121 | 0.205 | -0.019 |
| Moving | 0.748 | 0.157 | 0.243 | 0.172 |
| Meaningful | 0.714 | 0.225 | 0.333 | 0.015 |
| Sonorous | 0.676 | 0.285 | 0.304 | 0.198 |
| Fitting | 0.551 | 0.197 | 0.398 | 0.221 |
| Regular | 0.33 | 0.704 | 0.085 | -0.048 |
| Colorful | 0.056 | 0.655 | 0.329 | 0.067 |
| Clear | 0.129 | 0.65 | 0.242 | 0.13 |
| Distinctive | 0.042 | 0.631 | 0.288 | 0.165 |
| Warm | 0.301 | 0.602 | -0.007 | 0.212 |
| Familiar | 0.336 | 0.596 | 0.312 | -0.049 |
| Full | 0.138 | 0.545 | 0.323 | 0.146 |
| Refined | 0.367 | 0.444 | 0.38 | 0.09 |
| Pleasant | 0.236 | 0.249 | 0.784 | 0.036 |
| Lively | 0.241 | 0.247 | 0.765 | 0.137 |
| Pleasant | 0.181 | 0.271 | 0.742 | 0.142 |
| Fresh | 0.368 | 0.22 | 0.707 | -0.146 |
| Delicate | 0.306 | 0.42 | 0.522 | -0.004 |
| Mysterious | 0.274 | 0.434 | 0.478 | 0.059 |
| Strong | -0.145 | 0.219 | 0.245 | 0.736 |
| Deep | 0.261 | 0.165 | -0.006 | 0.642 |
| Light | 0.247 | 0.443 | 0.359 | -0.444 |
| Eigen values | 9.856 | 2.069 | 1.345 | 1.165 |
| Contribution | 41.10% | 8.60% | 5.60% | 4.90% |

**Table 8** Analysis of adjective factors for a natural sound source of water

| Division | Component | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Ease | Natural | Pleasantness | Deepness |
| Calm | 0.844 | 0.147 | 0.083 | -0.037 |
| Moving | 0.772 | 0.201 | 0.257 | 0.029 |
| Comfortable | 0.771 | 0.116 | 0.13 | -0.017 |
| Meaningful | 0.754 | 0.268 | 0.347 | -0.009 |
| Sonorous | 0.719 | 0.28 | 0.336 | 0.126 |
| Soft | 0.656 | 0.194 | 0.079 | -0.052 |
| Fitting | 0.514 | 0.25 | 0.439 | 0.159 |
| Colorful | 0.172 | 0.694 | 0.256 | 0.096 |
| Clear | 0.164 | 0.687 | 0.193 | 0.196 |
| Distinctive | 0.043 | 0.68 | 0.181 | 0.19 |
| Familiar | 0.263 | 0.669 | 0.23 | -0.033 |
| Full | 0.178 | 0.659 | 0.383 | 0.168 |
| Rregular | 0.25 | 0.658 | 0.215 | -0.089 |
| Mysterious | 0.366 | 0.536 | 0.206 | 0.004 |
| Delicate | 0.371 | 0.519 | 0.374 | -0.114 |
| Warm | 0.383 | 0.485 | -0.107 | 0.305 |
| Lively | 0.228 | 0.262 | 0.799 | 0.125 |
| Pleasant | 0.25 | 0.338 | 0.756 | 0.055 |
| Pleasant | 0.206 | 0.295 | 0.755 | 0.159 |
| Fresh | 0.393 | 0.398 | 0.532 | -0.2 |
| Strong | -0.078 | 0.297 | 0.266 | 0.72 |
| Deep | 0.495 | 0.211 | 0.218 | 0.514 |
| Light | 0.191 | 0.444 | 0.324 | -0.484 |
| Eigen values | 9.86 | 2.071 | 1.234 | 1.119 |
| Contribution | 42.90% | 9.00% | 5.40% | 4.90% |

의수준 0.05보다 작게 나타났으므로 실험 음원의 어휘 분류가 가능할 것으로 판단된다(Table 6). 공통성에서 분수 음원은 '전원적인' 0.213, 자연 물소리 음원은 '전원적인' 0.370, '세련된' 0.361로 나타나 적합하지 않으므로 제외 후 요인분석을 시행하였다.

주관평가를 통해 분수 음원 어휘평가의 요인분석 결과 편안함, 연출감, 유쾌함, 깊이감 등으로 나타났으며, 자연 물소리 음원 어휘평가의 요인분석 결과 편안함, 자연감, 유쾌함, 깊이감 등으로 나타났다(Table 7).

분수 음원의 경우 연출감에 대한 어휘, 자연 물소리 음원의 경우 자연감의 요소가 도출되었다. 이는 향후 주거단지에 도입되는 분수 및 자연 물소리 음원에 대한 평가어휘로 활용 가능할 것으로 판단된다(Table 8).

## 4. 결 론

이 연구에서는 분수 연출음과 자연 물소리를 활용하여 주거단지 수경공간에서 선호되는 물리적 특성을 파악하고 분수 설계방법을 제안하고자 하였으며 이 연구를 통하여 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

(1) 제시된 8개 음원(분수 음원 4개, 자연 물소리 4개)은 $L_{eq}$의 변화량인 10 dB(±5 dB)의 범위 내에서 각각 G[Hz]는 Level 1(1100 ~ 1500 Hz), Level 2(1500 ~ 1900 Hz), Level 3(1900 ~ 2300 Hz), Level 4(2300 ~ 2700 Hz) 등의 구간을 형성하는 특성을 보였으며, Level 1, 2에서는 흐르는 물에서 발생하는 소리, Level 2, 3에서는 비산도가 높은 분수에서 발생하

는 소리의 선호도가 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

(2) 주거단지 내 수경공간 특성별 제공 음원의 선호도를 확인한 결과 수직상승 노즐과 단 차이를 이용한 물의 흐름을 동시 연출한 장소에서는 출수시 비산도가 크게 발생하는 feather 분수와 소쇄원 계곡 음원을 선호하는 것으로 나타났다. 바닥분수가 연출되는 장소에서는 feather, hydra 등 노즐 끝부분에서 출수시 비산도가 크게 발생하면서 피크발생 횟수인 NbEm과 피크발생에 대한 상대적인 시간 비율 REm이 낮은 음원이 선호되는 것으로 나타났다. 비산도가 높은 노즐이 설치된 공간에서는 G[Hz]와 비산도가 높은 feather와 흐르는 물소리 음원이지만 G[Hz], StdDev가 낮은 소리 유형 역시 선호되는 것으로 나타났다. 물이 흐르는 공간에서는 소쇄원 계곡처럼 흐르는 물소리 유형을 선호하는 것으로 나타났다.

(3) 분수 음원 어휘평가의 요인분석 결과 편안함, 연출감, 유쾌함, 깊이감 등으로 나타났으며, 자연 물소리 음원 어휘평가의 요인분석 결과 편안함, 자연감, 유쾌함, 깊이감 등으로 나타났다. 분수 음원의 경우 연출감에 대한 어휘, 자연 물소리 음원의 경우 자연감의 요소가 도출됨을 확인할 수 있었는데 이는 향후 주거단지에 도입되는 분수 및 자연 물소리 음원에 대한 정량적 평가어휘로 활용 가능할 것으로 판단된다.

향후 분수 노즐 유형을 다양화 및 조합할 수 있는 환경에서 음원을 추가 확보하고 뇌파실험 및 물소리 연출에 최적화된 실험실 환경에서 뇌파평가를 통해 주관평가와 물리지수와의 상관성을 추가를 검증함으로써 쾌적한 주거단지의 분수 설계 방법을 제시하고 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2017R1D1A1B03033302).

## References

(1) Kim, D. C., Kim, S. W. and Choi, J. H., 2010, A Study on the Hydroponics Facility in the Apartment Complex which is Applied Environment-friendly Design Elements – Focusing on the Good Living Apartment Award Wining Apartment Complex, Journal of Korean Society of Design Culture, Vol. 16, No. 4, pp. 79~88.

(2) Park, H. K. and Jang, K. S., 2008, Feasibility of Alternative Physical Parameters by Subjective Evaluation for Urban Environmental Sounds, KIEAE Journal, Vol. 8, No. 1, pp. 31~36.

(3) Shin, Y. G. and Kook, C., 2019, Study on the Physical Characteristics of the Reproducing Sound of Water and Fountain, Journal of the Korean Society for Environmental Technology, Vol. 20, No. 4, pp. 222~235.

(4) Ministry of Environment, 2004, A Development for Soundscape Design Method of Sound Amenity in Urban Public Places, pp. 55~68.

(5) Shin, Y. G., Baek G. J., Kim, S. C., Kook, C., 2017, A Study on Traffic Noise Masking Sound Source Features for Waterscape Facility Design in Road Adjacent Area, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 27, No. 3, pp. 278~285.

(6) Raimbault, M., 2003, Ambient Sound Assessment of Urban Environments: Field Studies in Two French Cities, Applied Acoustics, Vol. 64, No. 12, pp. 1241~1256.

(7) Jung, G. Y., 2000, A Study on the Psychological Evaluation for Environmental Noises Using Korean Vocabulary, Ph.D. Thesis, Chonnam National University.

(8) Shin, Y. G., 2014, A Study on Preference Evaluation for Acoustic Environment Improvement in Residential Complex, Ph.D. Thesis, Chonnam National University.

**Yong-Gyu Shin** received Ph.D. in dept. of architectural engineering in Chonnam University, Gwangju, Korea in 2014. He is currently a professor in the Dept. of Landscape Architecture, Dongshin University.

**Chan Kook** received Ph.D. in dept. of architectural engineering in Chonnam University, Gwangju, Korea in 1991. He is currently a professor in the Dept. of Laandscape Architecture, Dongshin University. His research interests are the area of architectural acoustics and soundscape.