

여울과 소의 소리특성 비교 분석

강수진¹, 강준구², 김종태*

¹주식회사 자연과 기술, ²한국건설기술연구원

Comparative Analysis on the Sound Characteristics of Riffles and Pools

Su-Jin Kang¹, Joon-Gu Kang², Jong-Tae Kim*

¹Nature & Tech Inc.

²Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 본 논문은 자연 하천 내 여울과 소를 대상으로 소리를 측정하고 유속별 주파수 및 음압을 정량적으로 비교하는 것이 목적이다. 조사지역은 강원도 양양군 남대천 유역으로써 총 23개 사이트에 대한 소리를 분석하였다. 소리 측정은 하이드로 마이크폰을 사용하였으며 음향분석프로그램을 이용해 측정값을 분석하였다. 또한 조사 위치는 주변 소음이 없는 곳을 선정하였으며 측정위치는 여울과 소의 수심을 고려하였다. 분석 결과 여울 8개소와 소 15개소의 유속은 평균 0.515 m/s의 차이가 있었으며 유속에 따라 음압의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 음압의 경우 여울은 평균 176.8 dB, 소는 168.2 dB로 측정되어 약 8.6 dB의 차이를 보였다. 또한 최대음압 발생 시 주파수의 경우 여울은 200 Hz ~ 250 Hz로 일정한 범위를 보였지만 소에서는 200 Hz ~ 1,000 Hz까지 다양한 주파수에서 최대음압이 발생하였다. 향후 하천서식처별 자연적인 소리분포가 분석 되면 생태하천 재현, 수중생물의 선호 음원개발 및 구조물 설계에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract This study quantified the sounds of riffles and pools in natural rivers and conducted a comparative analysis of the frequency and sound pressure per flow velocity. The surveyed area was Namdaechon basin in Yangyang-gun, Gangwon-do and the sounds of a total of 23 sites were analyzed. A hydro microphone was used to measure the sound and analyze the data using an acoustic analysis program. The location was also selected at places with minimal ambient noise and the measurement points were the depth of riffles and pools. The results revealed an average difference of 0.515 m/s for flow velocity at 8 riffles and 15 pools. The difference in sound pressure occurred due to the flow velocity. In the case of sound pressure, it was measured at an average of 176.8 dB for riffles and 168.2 dB for pools, demonstrating a difference of approximately 8.6 dB. Furthermore, in the case of maximum sound pressure, riffles showed a constant range between 200 Hz and 250 Hz, while the pools exhibited maximum sound pressure at various frequencies from 200 Hz to 1,000 Hz. This revealed the ecological stream reproduction, development of preferred sound sources for aquatic life, and design of structures.

Keywords : Frequency, Pool, Riffle, Sound pressure, Velocity

1. 서론

하천은 유속, 수심, 수공구조물 유무 등에 따라 다양한 소리가 존재하는 공간이다. 특히 물의 흐름이 발생할

경우 유속에 따라 주파수(frequency)와 음압(sound pressure)이 달라지며 보와 같은 이수 목적의 수공구조물이 하천에 설치되면 낙하류에 의한 소리가 새로이 발생되기도 한다. 어류를 비롯한 하천생태계는 이런 소리

본 논문은 국토교통부 국토교통기술사업화지원사업의 연구비지원(18TBIP-C112927-03)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jong-Tae Kim(Nature & Tech Inc.)

Tel: +82-54-655-1816 email: jtkim@hi-nnt.com

Received October 12, 2018

Revised (1st November 12, 2018, 2nd November 22, 2018)

Accepted December 7, 2018

Published December 31, 2018

에 반응하고 적응하기 때문에 장소별 고유의 소리를 정량적으로 분석하는 것은 반드시 필요하다.

소리와 물에 대한 연구는 지금까지 해양관련 음향반응에 대해서 주로 연구되고 있었으며 최근 하천을 대상으로 수중 생태계와 연계되어 진행되고 있다[1]. Geay 등[2]은 홍수 발생 시 하상재료의 충돌로 인한 소음을 측정하고 자갈 크기별로 소리를 비교하였으며 소음 측정 방법을 제시하였다. Bevelhimer 등[3]은 수력 발전소 내 터빈 및 대형선박의 소음을 측정하고 거리별로 음압을 비교하였으며 Arveson 과 Vendittis[4], Amoser 등[5]은 하천 내 보트와 선박으로 인한 소음 증가량을 연구하였다. 또한 인위적인 수중소음에 의한 해양 생태계 변화 연구도 수행되었다[6-10].

소리에 대한 어류행동 반응에 대한 연구도 진행되었다. Wysocki 등[11]은 수중 환경에서 소음공해에 대한 문제와 이로 인한 어류의 피해 내용을 연구하였으며 데시벨에 따른 어류의 피해 정도에 대해 연구하였다. 또한 소리에 대한 수중생물 및 어류의 반응분석과 청력기능을 감소시키는 소리에 대한 연구도 진행되었다[1, 12-14]. 그러나 기존 연구는 소리 자체의 연구에 집중되고 있으며 선박 등 인공 소음 발생에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 또한 최근 전 세계적으로 자연하천의 환경성을 확보하기 위해 하천복원을 추진하고 있지만 하천 소리에 대한 접근은 전무하며 관련 연구도 초기단계이다. 특히 하천 내 유속 등에 따른 소리변화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 자연하천 형태를 유지하고 있는 하천을 대상으로 여울(riffle)과 소(pool)의 유속을 측정하고 주요 음역대를 분석하여 주파수 및 음압을 정량적으로 비교하였다. 또한 최대 음압 발생 시 주파수를 측정하여 유속에 따른 주파수 및 음압의 관계를 분석하였다.

2. 연구내용

본 연구에서 하천 내 음역대 측정은 유속차이가 발생하는 여울과 소를 대상으로 하였다. 하천은 일반적으로 유속, 침식작용 등에 의해 강바닥이 단단한 구간과, 느린 유속에 의해 바닥에 부드러운 퇴적물이 쌓이는 부분 등으로 구분할 수 있다. 유속이 빠른 구간을 여울, 유속이 느린 구간을 소라고 한다. 여울에서는 수심이 얇고 물

길의 경사가 급하며, 비교적 큰 저질이 분포한다. 반면 소는 수심이 깊고 물길의 경사가 비교적 평탄하며, 주로 물길이 바깥으로 휘는 부분에 형성된다. 일반적으로 여울과 소는 교호(交互)로 존재하며 하천의 형상을 구성하는 기본 단위로서 중요하게 인식되어 왔다[15].

이처럼 여울과 소는 유속 차이가 있기 때문에 하천 내 소리특성을 측정하여 정량적으로 비교하는 것이 본 논문의 목표이며 Fig. 1은 본 연구를 수행하기 위한 과정 및 내용을 나타낸다.

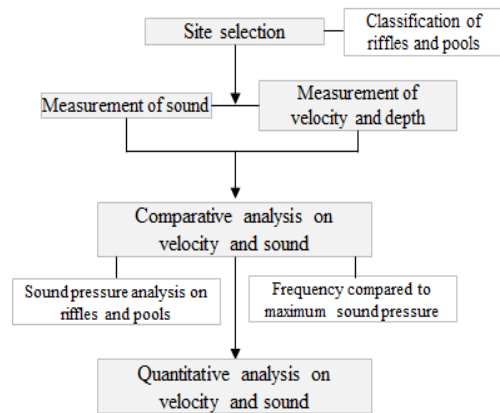


Fig. 1. Flowchart of this study

2.1 현장조사

현장조사는 강원도 양양군 남대천을 대상으로 하였다. 남대천은 국내에서는 보기 드물게 개발이 거의 되어 있지 않으며 산지하천 구간으로 비교적 자연하천의 상태를 유지하고 있다. 유로연장은 54.0 km, 유역면적 474.8 km²로 영동지역에서 유역면적이 가장 크며, 강릉시 연곡면 삼산리 두로봉(1,422 m) 동쪽 계곡에서 발원하여 양양읍에서 후천과 합류해 북동방향으로 동해로 흘러든다.

유속 및 소리 측정 위치는 남대천 상류부분으로 강원도 양양군 현북면 범수치리 일대 5 km구간을 대상으로 실시하였다. 위치 선정은 자갈하천으로 여울과 소가 반복되어 흐르며 수중 및 수면의 소리를 정확히 획득할 수 있는 지역으로 선정하였다.

여울의 하상재료는 매우 큰 전석(very large boulders)에서 굵은 자갈(coarse gravel)까지 크기와 형상이 다양하며, 소의 경우 큰 전석(large boulders), 모래(sand), 아주 잔자갈(very fine gravel) 등으로 구성되어 있다(Fig. 2).

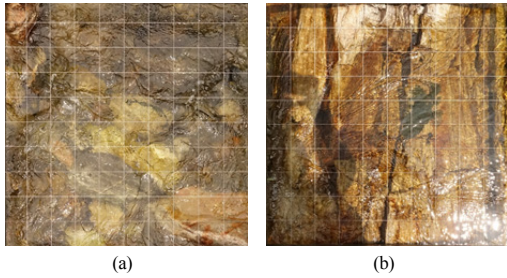


Fig. 2. Type of river bed of riffles and pools
(a) riffle (b) pool

2.2 연구방법

본 연구에서는 남대천 23개 사이트에 대해 여울과 소로 구분하여 각각 유속별 주파수와 음압의 차이를 비교하였다(Fig. 3). 음향장비는 하이드로 마이크폰으로 PROSIG사의 TC4013을 사용하였다(Fig. 4). 마이크폰으로 음압을 측정할 경우 측정장비와 소음발생원과의 거리로 인해 생활환경에서 발생하는 음압과는 차이가 발생하는 것으로 나타났다.



Fig. 3. Survey area location

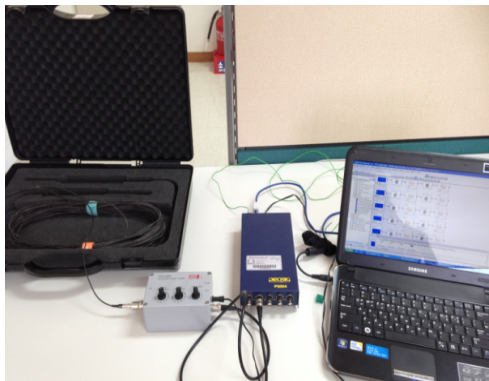


Fig. 4. Sound measuring device

음향 분석 프로그램 역시 PROSIG사에서 측정분석용으로 나온 DATS for Windows 7.0을 이용하였다. DATS for Windows 7.0은 측정 중 실시간 모니터링을 할 수 있으며, 2D에서 3D그래프까지 다양한 결과값을 나타낼 수 있다. 또한 높은 주파대(30,000 Hz 이상)까지 캡처가 가능하며, 분석이 용이한 장점을 가지고 있다.

3. 유속별 소리특성 분석

3.1 유속 및 소리 측정

현장조사를 통해 유속 및 소리의 차이가 발생하는 여울과 소 23개 지점을 비교분석하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 측정대상인 여울과 소를 나타낸다. 조사지역 여울은 물의 흐름이 빠르고 수심이 비교적 얕으며, 유속이 빨라 물 표면이 깨지면서 소리 내어 흐르는 형태이다. 소는 여울에 비해 깊으며 유속이 느려 매끄러운 물 표면을 가지고 있는 형태이다.



(a)



(b)

Fig. 5. Target of measurement(riffles)
(a) site 1 (b) site 20



(a)



(b)

Fig. 6. Target of measurement(pools)
(a) site 18 (b) site 23

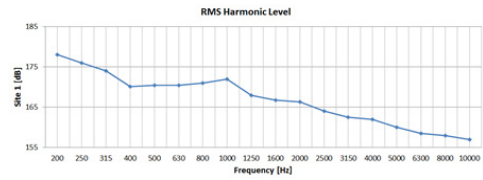
Table 1. Survey area location and flow velocity

Site	Sort	Lat. / Long.	Depth (m)	Flow velocity (m/s)
1	Riffle	37.53577/128.36533	0.12	0.571
2	Pool	37.53579/128.36535	0.80	0.040
3	Pool	37.53573/128.36529	0.92	0.138
4	Riffle	37.53589/128.36521	0.20	0.565
5	Riffle	37.54139/128.36406	0.14	0.630
6	Pool	37.54138/128.36411	0.56	0.226
7	Pool	37.54138/128.36413	1.06	0.084
8	Pool	37.54138/128.36412	1.04	0.051
9	Riffle	37.54173/128.36497	0.11	0.940
10	Riffle	37.54177/128.36498	0.47	0.800
11	Riffle	37.54170/128.36497	0.30	0.560
12	Pool	37.54172/128.36497	0.26	0.170
13	Pool	37.54162/128.36499	0.47	0.180
14	Pool	37.54172/128.36515	0.30	0.200
15	Pool	37.54175/128.36495	0.16	0.240
16	Pool	37.54164/128.36497	0.30	0.260
17	Pool	37.54167/128.36500	0.12	0.130
18	Pool	37.54166/128.36499	0.22	0.280
19	Pool	37.54173/128.36498	0.66	0.100
20	Riffle	37.54159/128.36512	0.18	0.637
21	Riffle	37.54162/128.36508	0.12	0.560
22	Pool	37.54166/128.36504	Above 2m	0.020
23	Pool	37.54160/128.36513	Above 2m	0.030

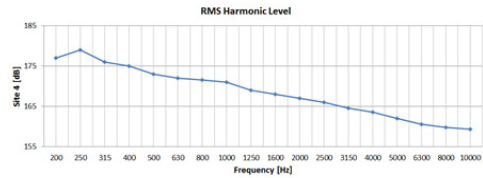
Table 1은 조사지점에 대한 유속 측정자료로써 여울 8개소, 소 15개소에 대한 수심, 유속을 측정하였다. 유속은 1차원 프로펠러유속계(VO1000, KENEK)를 사용하였으며 표면유속을 측정하였다. 여울의 수심은 0.11 m ~ 0.47 m 이며 소의 수심은 0.12 ~ 2 m 이상으로 나타났다. 소리 측정은 사이트별 3분이며 측정위치는 여울의 경우 수면 아래 0.05 m ~ 0.10 m이고 소는 수면 아래 0.20 m ~ 0.30 m 사이이다.

3.2 측정결과 및 분석

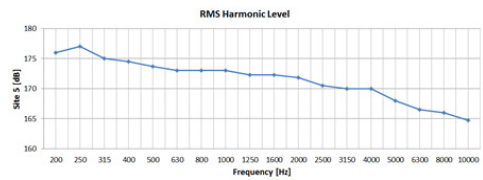
여울 8개 사이트에 대한 측정결과를 Fig. 7 및 Table 2와 같다. 측정결과 주파수 범위는 거의 동일하게 나타났으며 주파수가 높아질수록 음압은 감소하는 경향을 보이고 있다. 유속은 평균 0.658 m/s 이며, 음압은 176.8 dB로 나타났다. 여울에서는 최대음압 발생 시 주파수 범위는 200 Hz ~ 250 Hz로 일정한 범위였으며 평균 231.3 Hz로 나타났다. Fig. 8은 여울에서 최대음압 대비 주파수를 나타내는 그래프로써 (a)는 위치별 최대 음압이며 (b)는 최대 음압 발생 시 주파수를 나타낸다.



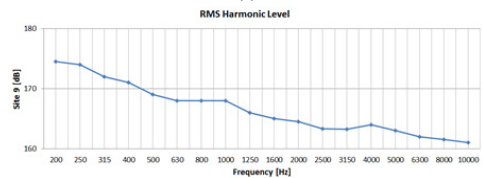
(a)



(b)



(c)



(d)

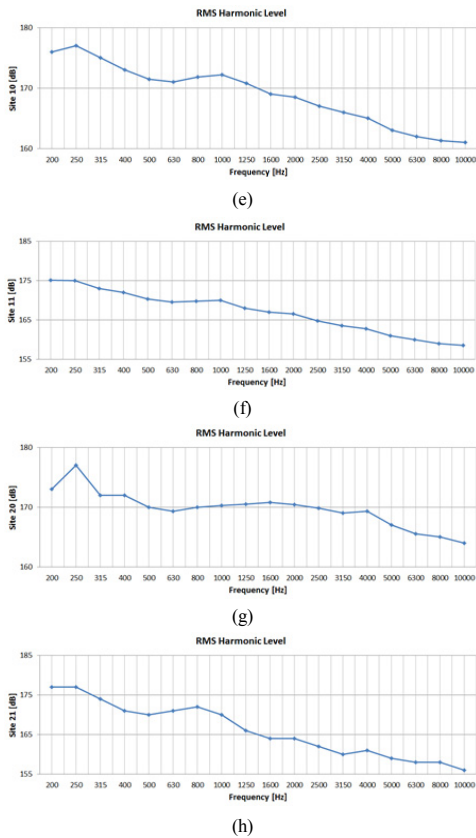


Fig. 7. Measurement results for riffles
 (a)site 1 (b)site 4 (c)site 5 (d)site 9 (e)site 10
 (f)site 11 (g)site 20 (h)site 21

Table 2. Sound pressure and flow velocity in riffles

	Site	Maximum sound pressure (dB)	Maximum frequency (Hz)	Flow velocity (m/s)
Riffles	1	178.0	200.0	0.571
	4	179.0	250.0	0.565
	5	177.0	250.0	0.630
	9	174.5	200.0	0.940
	10	177.0	250.0	0.800
	11	175.1	200.0	0.560
	20	177.0	250.0	0.637
	21	177.0	250.0	0.560
	Averages	176.8	231.3	0.658

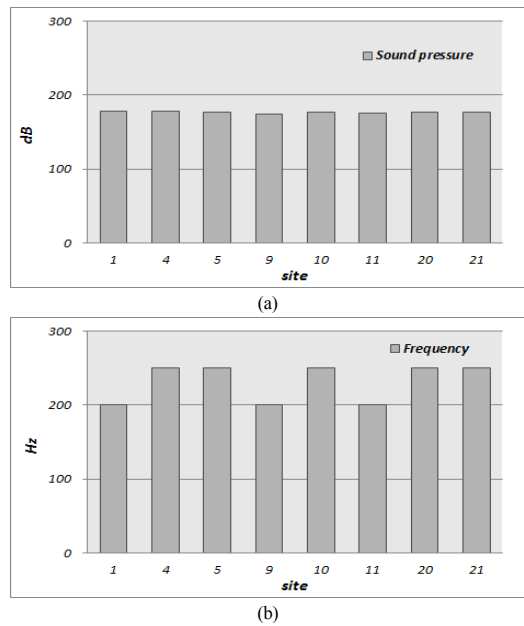
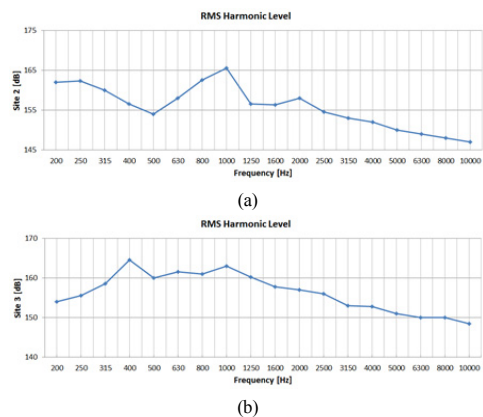


Fig. 8. Frequency compared to maximum sound pressure in riffles
 (a) sound pressure (b) frequency

소 15개 사이트에 대한 측정결과는 Fig. 9 및 Table 3과 같다. 측정결과 주파수 범위는 거의 동일하게 나타났다. 주파수가 높아질수록 음압은 감소하는 경향을 보이고 있다. 여울에 비해 소의 경우 유속이 느려 자갈 움직임 등 다양한 소리가 측정되어 불규칙한 양상을 보였다. 유속은 평균 0.143 m/s 이며, 음압은 168.2 dB로 나타났다. 소에서는 최대음압 발생 시 주파수 범위는 200 Hz ~ 1,000 Hz로 다양한 범위를 보였으며 평균 566.3 Hz로 나타났다. Fig. 10은 소에서 최대음압 대비 주파수를 나타내는 그래프로써 (a)는 위치별 최대 음압이며 (b)는 최대 음압 발생 시 주파수를 나타낸다.



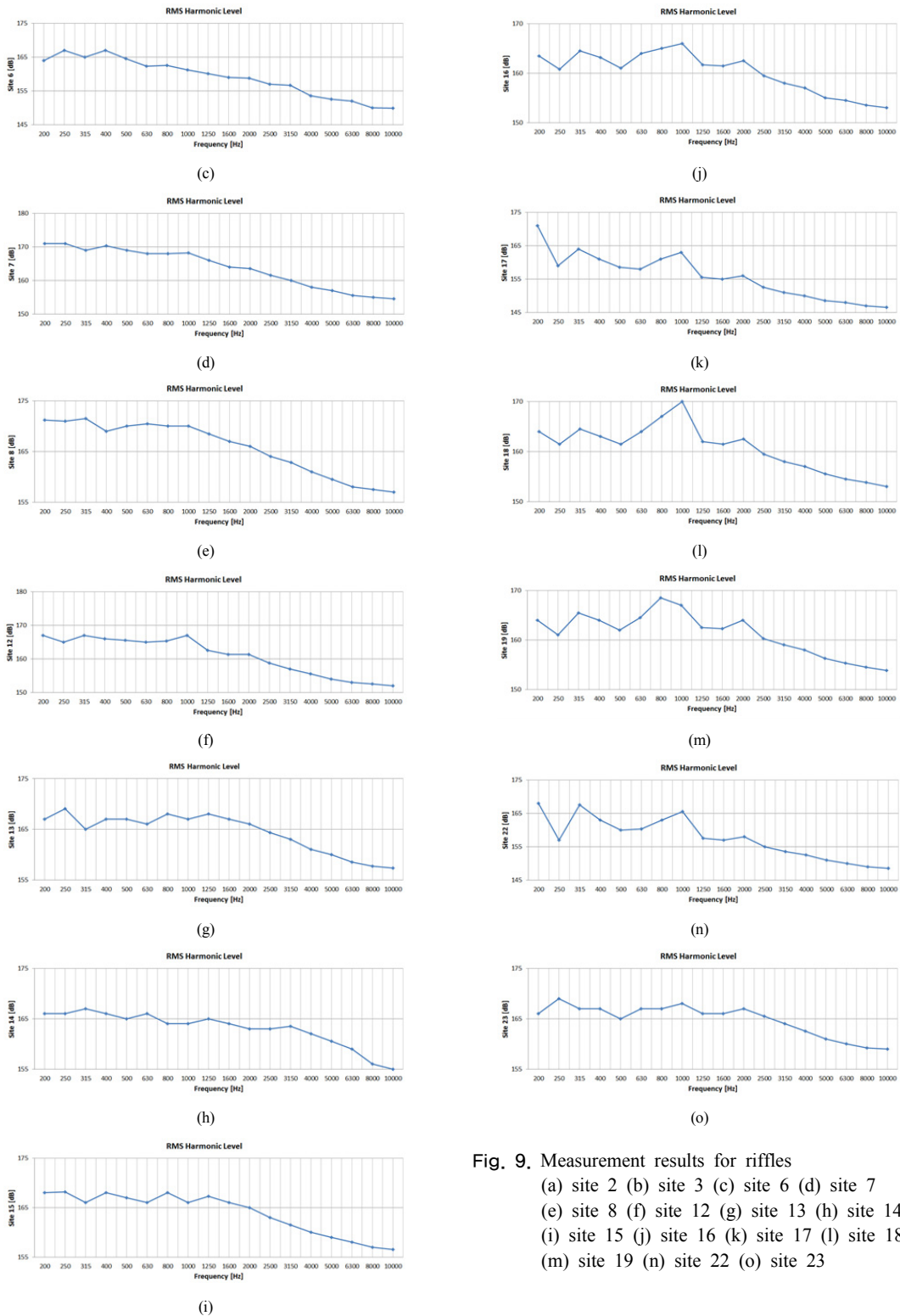


Fig. 9. Measurement results for riffles
 (a) site 2 (b) site 3 (c) site 6 (d) site 7
 (e) site 8 (f) site 12 (g) site 13 (h) site 14
 (i) site 15 (j) site 16 (k) site 17 (l) site 18
 (m) site 19 (n) site 22 (o) site 23

Table 3. Sound pressure and flow velocity in pools

	Site	Maximum sound pressure (dB)	Maximum frequency (Hz)	Flow velocity (m/s)
Pools	2	165.5	1000.0	0.040
	3	164.5	400.0	0.138
	6	167.0	400.0	0.226
	7	171.0	250.0	0.084
	8	171.5	315.0	0.051
	12	167.0	1000.0	0.170
	13	169.0	250.0	0.180
	14	167.0	315.0	0.200
	15	168.2	250.0	0.240
	16	166.0	1000.0	0.260
	17	171.0	200.0	0.130
	18	170.0	1000.0	0.280
	19	168.5	800.0	0.100
	22	168.0	315.0	0.020
23	169.0	1000.0	0.030	
	Averages	168.2	566.3	0.143

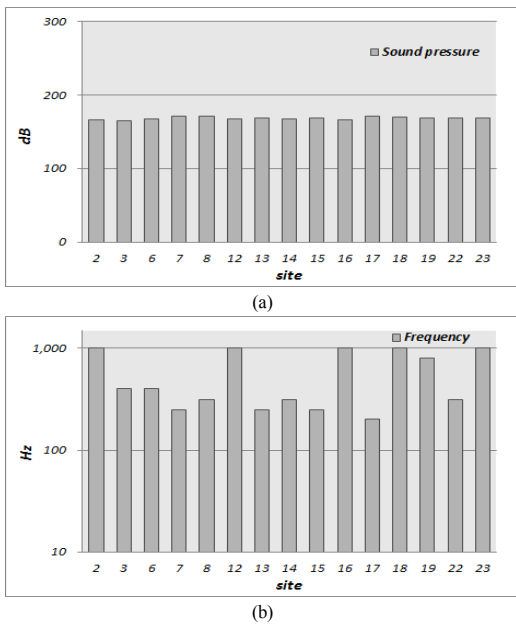


Fig. 10. Frequency compared to maximum sound pressure in pools
(a) sound pressure (b) frequency

4. 결과분석

여울과 소에 대한 분석 결과 유속은 평균 0.515 m/s의 차이가 있었으며 주파수 범위는 거의 동일하게 나타났다. 그러나 음압의 경우 여울과 소에서 차이를 보였다. 여울의 경우 평균 176.8 dB로 측정되었으나, 소는 168.2

dB로 약 8.6 dB의 차이가 발생했다. 이는 실제 여울에서 유속에 의한 자갈의 움직임 및 물이 부딪히는 소리가 크다는 것을 의미한다.

기존 연구에 대한 비교분석 결과(Table 4) 소에서는 112.5 dB, 여울에서는 142.3 dB로 나타났다[16]. 전반적으로 본 연구에 비해 음압이 낮게 나타났으며 이는 마이크론 등 측정장비와 소음발생원의 거리 등에 따른 것으로 판단된다. Fig. 11은 사이트별 유속과 음압에 대한 비교 그래프로써 유속이 증가하면 음압도 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4. Comparison of test results and past results

	This study		Tonolla et al.[16]	
	Flow velocity	dB	Flow velocity	dB
Riffles	0.658	176.8	1.010	142.3
Pools	0.143	168.2	0.110	112.5

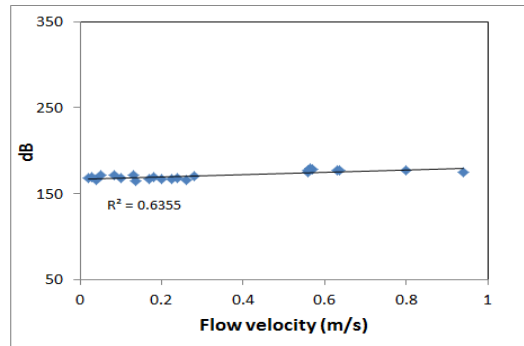


Fig. 11. Comparison graph of flow velocity and sound pressure

5. 결론

본 연구는 하천 내 유속차이가 발생하는 여울과 소에 대한 소리측정 및 비교분석에 대한 연구로써 양양 남대천 23개 사이트에서 현장조사 실시하고 여울과 소에서 측정된 결과값을 분석하였다. 분석 결과 유속은 평균 0.515 m/s의 차이가 있었으나 주파수 범위는 거의 동일하게 나타났다. 그러나 음압의 경우 여울은 평균 176.8 dB, 소는 168.2 dB로 측정되어 약 8.6 dB의 차이가 발생했다.

또한 최대음압 발생 시 주파수에 대한 분석 결과 여울의 경우 최대 음압 발생 시 주파수는 200 Hz ~ 250 Hz

이며, 소에서는 최대 음압 발생 시 주파수는 200 Hz ~ 1,000 Hz까지 다양하게 나타났다. 여울은 물이 흐르는 소리로 인해 최대 음압이 발생하므로 일정한 주파수를 보이지만 소에서는 유속이 거의 없는 조용한 환경이므로 다양한 소리가 측정되어 주파수 범위가 넓은 것으로 판단된다.

연구 결과 여울과 소의 평균 유속값과 평균 음압은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 추가적으로 소음발생 원과 측정장비의 거리에 따른 소리변화 연구가 필요하다. 또한 하천 내 소리에 영향을 줄 수 있는 요소들에 대한 분석과 가중치 등에 대한 연구도 수행되어야 한다. 향후 하천서식처별 자연적인 소리분포가 파악되면 생태하천 재현 및 수중생물의 선호 음원개발 및 구조물 설계에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] Korea Institute of construction technology, Development of fish barrier and attracting of fish using acoustic, 67p, KICT 2013-216, 2013.
- [2] T. Geay, P. Belleudy, J. B. Laronne, B. Camenen, C. Gervaise, "Spectral variations of underwater river sounds", *Earth surface processes and landforms*, Vol.42, pp. 2447-2456, 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/esp.4208>
- [3] M. S. Bevelhimer, Z. D. Deng, C. Scherelis, "Characterizing large river sounds: Providing context for understanding the environmental effects of noise produced by hydrokinetic turbines", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol.139, No.85, pp. 336-349, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.4939120>
- [4] P. T. Arveson, D. J. Vendittis, "Radiated noise characteristics of a modern cargo ship", *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.107, pp. 118-129, 2000.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.428344>
- [5] S. Amoser, L. E. Wysocki, F. Ladich, "Noise emission during the first powerboat race in an Alpine lake and potential impact on fish communities," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.116, pp. 3789 - 3797. 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.1808219>
- [6] A. J. Brooks, T. Haeusler, I. Reinfelds, S. Williams, "Hydraulic micro habitats and the distribution of macro in vertebrate assemblages in riffles", *Freshwater Biology*, Vol.50, pp. 331-344, 2005.
- [7] B. L. Southall, A. E. Bowles, W. T. Ellison, J. J. Finneran, R. L. Gentry, C. R. Greene, D. Jr, Kastak, D. R. Ketten, J. H. Miller, P. E. Nachtigall, "Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations", *Journal of the Acoustical Society of Americas*, Vol.125, pp. 2517-2531, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1121/1.4783461>
- [8] C. W. Clark, W. Ellison, B. Southall, L. Hatch, S. Van Parijs, A. Frankel, D. Ponirakis, "Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication", *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 395, pp. 201-222, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3354/meps08402>
- [9] D. Tonolla, M. S. Lorang, K. Heutschi, K. Tockner, "A flume experiment to examine underwater sound generation by flowing water", *Aquatic sciences*, Vol.71, pp. 449-462, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-009-0111-5>
- [10] L. T. Hatch, C. W. Clark, S. M. Van Parijs, A. S. Frankel, D. W. Ponirakis, "Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a US National Marine Sanctuary", *Conservation Biology*, Vol.26, No.6, pp. 983-994, 2012.
- [11] L. E. Wysocki, J. P. Dittami, F. Ladich, "Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes", *Biological Conservation*, Vol.128, No.4, pp. 501-508, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2005.10.020>
- [12] A. Sverdrup, E. Kjellsby, P. G. Kruger, R. Floysand, F. R. Knudsen, P. S. Enger, G. Serck-Hanssen, K. B. Helle, "Effects of experimental seismic shock on vasoactivity of arteries, integrity of the vascular endothelium and on primary stress hormones of the Atlantic salmon", *J. Fish Biol.*, Vol.45, pp. 973-995, 1994.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01067.x>
- [13] A. Santulli, A. Modica, C. Messina, L. Ceffa, A. Curatolo, G. Rivas, G. Fabi, V. D'Amelio, "Biochemical responses of European Sea Bass *Dicentrarchus labrax* to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting", *Mar. Pollut. Bull.*, Vol.38, pp. 1105-1114, 1999.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00136-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00136-8)
- [14] M. E. Smith, A. S. Kane, A. N. Popper, "Noise-induced stress response and hearing loss in goldfish *Carassius auratus*", *J. Exp. Biol.* Vol.207, pp. 427-435, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.00755>
- [15] S. H. Kang, "Extraction of Watershed Information using GIS and Diurnal Flow Change in the Rapids and Pool by the Nature-Friendly River Work", *Korean Society of Environmental Engineers*, Vol.32, No.5, pp. 517-522, 2010.
- [16] D. Tonolla, V. Acuna, M. S. Lorang, K. Heutschi, K. Tockner, "A field-based investigation to examine underwater soundscapes of five common river habitats", *Hydrological processes*, Vol.24, No.22, pp. 3146-3156, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7730>

강 수 진(Su-Jin Kang)

[정회원]



- 2004년 8월 : 이화여자대학교 환경학과 (공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 주식회사 자연과 기술 선임연구원

<관심분야>
환경학, 빅데이터

강 준 구(Joon-Gu Kang)

[정회원]



- 2002년 2월 : 명지대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2003년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>
수리학, 토목공학

김 종 태(Jong-Tae Kim)

[정회원]



- 2009년 8월 : 안동대학교 지구환경과학과 (이학박사)
- 2017년 3월 ~ 2018년 5월 : 경북도청 자연재난과
- 2018년 5월 ~ 현재 : 주식회사 자연과 기술 대표이사

<관심분야>
하천생태학, 수리실험