

BSPE98538-10018-1

천해의 해양에서 딱총새우 발생음의
음향특성에 관한 연구

**A study on acoustic characteristics of
the snapping shrimp sound in shallow water**

한국해양연구원

제 출 문

한국해양연구원장 귀하

본 보고서를 “천해의 해양에서 딱총새우 발생음의 음향특성에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2011. 10.

연구책임자 : 김봉채

참여연구원 : 최복경

“ : 김병남

“ : 정의용

“ : 이성미

요 약 문

I. 제 목

천해의 해양에서 딱총새우 발생음의 음향특성에 관한 연구

II. 연구개발의 목적

천해에서 발생하는 주요 해양잡음원 가운데 생물잡음원으로 고려되는 딱총새우 발생음의 음향학적인 특성을 분석함

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 천해에서 관측된 딱총새우 발생음의 순간파형 및 주파수특성과 해수온도 변화에 따른 주파수특성 분석
- 천해에서 관측된 딱총새우 발생음의 음원레벨의 측정 및 분석

IV. 연구개발결과

한반도 천해역 9개의 정점에서 관측된 딱총새우 발생음의 순간파형과 주요 주파수특성은 실험실 조건하에서 관측된 것과 유사한 양상을 나타내었다. 그러나 딱총새우 발생음의 평균 주파수 스펙트럼의 광대역 피크 주파수 성분은 각각의 해역에서 관측된 딱총새우 발생음의 개별 주파수 스펙트럼에서 피크 주파수 성분들간의 중첩에 의해서 다르게 결정 되었다. 또한 딱총새우 발생음은 해수온도가 낮은 경우($<10^{\circ}\text{C}$) 수중소음 레벨에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 수심이 각각 8m 및 10m인 해역에서 관측된 딱총새우 발생음의 평균 피크-피크 음원레벨은 각각 $176 \pm 3\text{dB}$ 및 $173 \pm 3\text{dB}(re 1\mu\text{Pa at 1m})$ 로 유사하게 추정되었으나, 수심이 40m인 해역에서 딱총새우 발생음의 평균 피크-피크 음원레벨은 $184 \pm 2\text{dB}(re 1\mu\text{Pa at 1m})$ 로 추정되었다. 이러한

딱총새우 발생음의 평균 피크-피크 음원레벨의 차이는 딱총새우가 서식하는 수심의 다름에 의한 주변압력의 차이에 의해 발생할 수 있었다. 이것은 딱총새우 발생음의 평균 피크-피크 음원레벨이 수심이 변함에 따라 변화될 수 있음을 의미한다.

V. 연구개발결과의 활용방안

딱총새우의 발생음에 대한 연구는 딱총새우가 서식하는 환경에서 연안 해양잡음의 변동특성을 연구하는데 기초자료로 활용될 수 있으며, 천해용 수중음향탐사 및 통신장비의 개발시 신호 대 잡음비를 산출하기 위한 기초 연구자료로도 활용될 수 있다. 또한 천해에서 딱총새우 발생음은 소나신호에 간섭을 발생시키므로 이러한 간섭현상을 이해하기 위한 기초자료로도 활용될 수 있다.

SUMMARY

I. Title

A study on acoustic characteristics of snapping shrimp sound in shallow water

II. Objectives of the study

The purpose of this study is to analyze acoustic characteristics of the snapping shrimp sound, which is considered as a biological noise source of main ambient noise sources in shallow water.

III. Contents

- Analyses of the typical temporal waveform, the frequency spectrum, and seawater-temperature dependence of the snapping shrimp sound in shallow water
- Measurement of mean peak-to-peak source level of the snapping shrimp sound in shallow water

IV. Results

The waveform and dominant frequency response band of the snapping shrimp sound observed at nine sites in the coastal sea of Korea were similar to those observed under laboratory conditions. However, The broad peak frequency components of the average snapping shrimp sound spectra measured in nine different coastal sea areas were differently determined by superposition of the peak frequency components of individual snapping shrimp spectra for the each area. The sound did not significantly affect the ambient noise level at low

seawater temperature ($<10\text{ }^{\circ}\text{C}$). The mean peak-to-peak source levels of snapping shrimp sounds at the sites with water depths of 8 and 10m were similar, with estimated values of $176 \pm 3\text{dB}$ and $175 \pm 3\text{dB}$ (re $1\mu\text{Pa}$ at 1m), respectively. However, the estimated mean peak-to-peak source level at the site with a water depth of 40m was $184 \pm 2\text{dB}$ (re $1\mu\text{Pa}$ at 1m). The differences in the mean peak-to-peak source levels at the three sites could be caused by the differences in the ambient pressure at the sea bottoms of the sites. This study shows that the mean peak-to-peak source levels of the snapping shrimp sounds may be changed as the water depth is varied.

V. Future plan for application of the results

A study on acoustic characteristics of the snapping shrimp sound can provide basic research data to study a variation of the oceanic ambient noise in shallow water where the snapping shrimps live and to calculate the signal-to-noise ratio of underwater acoustic equipments to use in shallow water. It can be also utilized for understanding interference effects between the snapping shrimp sound and the sonar ping signal in shallow water.

목 차

제 1 장 서 론	10
제 2 장 천해의 해양에서 딱충새우 발생음의 음향특성	11
1. 파두면 수동거리 산정법	11
2. 실험 방법	13
3. 측정결과 및 고찰	17
제 3 장 결 론	24
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도	25
1. 연구개발목표 달성도	25
2. 대외 기여도	25
제 5 장 연구개발결과의 활용방안	26
참고문헌	28

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	10
Chapter 2. Acoustic characteristics of snapping shrimp sound observed in shallow water	11
1. Wavefront curvature passive ranging technique	11
2. Experimental Method	13
3. Experimental results and discussion	17
Chapter 3. Conclusion	24
Chapter 4. Degree of achievement and contribution to the relevant area	25
1. Degree of achievement	25
2. Contribution to the relevant area	25
Chapter 5. Future plan for application of the results	26
References	28

List of Figures

Figure 1. Schematic diagram of the wavefront curvature passive ranging technique	12
Figure 2. Experimental snapping shrimp sound observation sites in the coastal sea of Korea	13
Figure 3. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for the acoustic measurements of snapping shrimp sounds in the coastal sea of Korea	14
Figure 4. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for the acoustic measurements of ambient noises at site 2 in the coastal sea of Korea	15
Figure 5. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for estimating the peak-to-peak source level of the snapping shrimp sound	16
Figure 6. (a)Typical temporal waveform and (b)spectrogram of a representative snapping shrimp sound observed in the coastal sea of Korea	17
Figure 7. Normalized mean spectra of snapping shrimp sound observed at sites (a)1, 2, 3, (b)4, 5, 6, and (c)7, 8, 9	19
Figure 8. Mean ambient noise spectra at mean seawater temperatures of 8.7 ± 0.5 °C and 15.1 ± 2.0 °C, respectively	20
Figure 9. Peak-to-peak source levels of snapping shrimp sound observed at sites (a)2, (b)7, and (c)9	23

제 1 장 서 론

해양에서 해양잡음은 바람, 강우, 항행선박과 해양생물에 따라 매우 다른 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 1940년대 해양에서 측정된 막대한 양의 해양잡음 분석자료에 따르면, 심해의 경우 해양잡음은 원거리 항행선박과 해표면에서 부는 바람에 크게 영향을 받는 것으로 보고되었다(Wenz, 1962). 그러나 심해에 비해 수심이 낮은 천해의 경우 해양잡음은 원거리 항행선박과 바람뿐만 아니라 해양생물과 쇄파대에서 발생하는 파도에 의해 복잡하게 나타나는 것으로 보고되었다. 천해에서 해양생물 발생음은 높은 일주기 및 계절변화를 나타내므로 다른 음원들보다 해양잡음에 더 크게 영향을 미칠 수 있다. 특히 돌고래와 딱총새우 발생음들은 해양에서 소나를 운용하는 경우 소나 반향음을 심하게 간섭시켜 수신신호의 식별을 어렵게 할 뿐만 아니라 수중통신을 방해하는 것으로 알려져 있다(Loye and Proudfoot, 1946; 김 등, 1995). 딱총새우가 서식하는 천해에서 딱총새우 발생음은 선박 및 해표면 바람이 발생시키는 해양잡음과 함께 항상 존재하므로 딱총새우 발생음은 돌고래 발생음보다 소나 탐지성능과 수중통신 그리고 해양잡음에 더욱 영향을 미칠 수 있다. 이와 같은 이유 때문에 많은 연구자들이 딱총새우 발생음을 측정하여 분석하였다(Loye and Proudfoot, 1946; Everest 등, 1948; Widner, 1967; Cato, 1993; Ahn 등, 1993; Readhead, 1997; Au and Banks, 1998; Versluis 등, 2000; Ferguson and Cleary, 2001; Kim 등, 2007)

본 연구는 한국 연근해에서 관측된 딱총새우 발생음의 파형 및 주파수 스펙트럼과 수온변화에 따른 의존도를 조사하였다. 또한, 파두면 수동 거리 산정법(wavefront curvature passive ranging technique)을 이용하여 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨을 추정하고자 하였다.

제 2 장 천해에서 관측된 딱총새우 발생음의 음향학적 특성

1. 파두면 수동거리 산정법

최근 Ferguson과 Cleary(Ferguson and Cleary, 2001)는 해양에서 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨을 추정하기 위해서 파두면 수동거리 산정법(wavefront curvature passive ranging technique)을 개발하였다. 그림 1은 이 기법의 개략도를 보여준다. 그림에서 거리 R_2 는 삼각법을 통해 다음과 같이 표현된다.

$$R_2 = \frac{2d^2 - c^2(\tau_{12}^2 + \tau_{23}^2)}{2c(\tau_{12}^2 - \tau_{23}^2)} \quad (1)$$

여기서 d 는 수중청음기(hydrophone) 사이의 거리, c 는 해수중의 음속, $\tau_{12} = t_1 - t_2$ 및 $\tau_{23} = t_2 - t_3$ 는 각각 수중청음기 1번과 2번 및 수중청음기 2번과 3번에서 수신된 딱총새우 발생음 신호의 도달시간 차이를 나타낸다. 이때 거리 R_1 과 R_3 은 다음과 같이 주어진다.

$$R_1 = R_2 + c\tau_{12} \quad (2)$$

$$R_3 = R_2 - c\tau_{23} \quad (3)$$

따라서 3개의 수중청음기에서 측정된 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨 SL 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$SL_i = 20 \log P_i + 20 \log R_i \quad (4)$$

여기서 P_i ($i=1, 2, 3$)는 각각의 수중청음기에 수신된 딱총새우 발생음의 피크-피크 음압을 나타낸다. 식(4)의 우변 두 번째 항은 딱총새우 발생음의 구면확산 손실을 나타낸다.

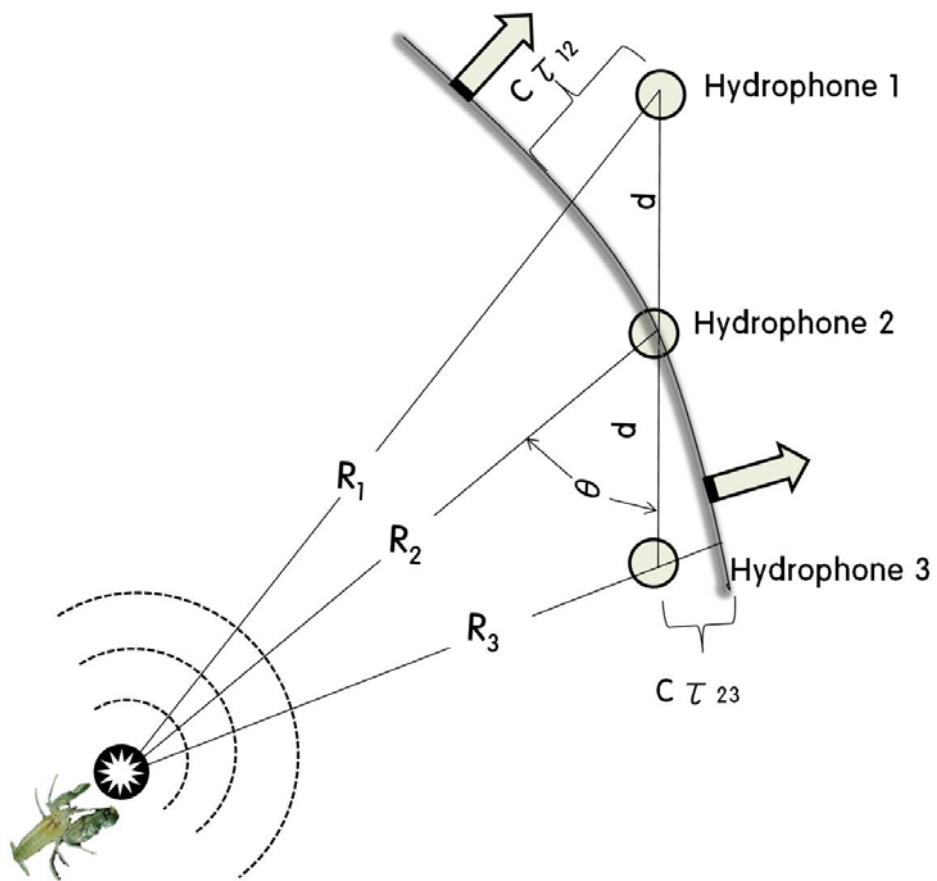


Figure 1. Schematic diagram of the wavefront curvature passive ranging technique.

2. 실험방법

딱총새우 발생음은 한국 연근해 9개 해역에서 관측되었다. 그림 2는 9개 해역에서의 관측정점을 나타낸다. 정점 2, 7 및 9에서 관측된 딱총새우 발생음은 피크-피크 음원레벨을 추정하는데 사용하였다. 9개 해역의 수심은 8~40m이었으며 해저 퇴적물은 니질 모래(muddy sand)였다.

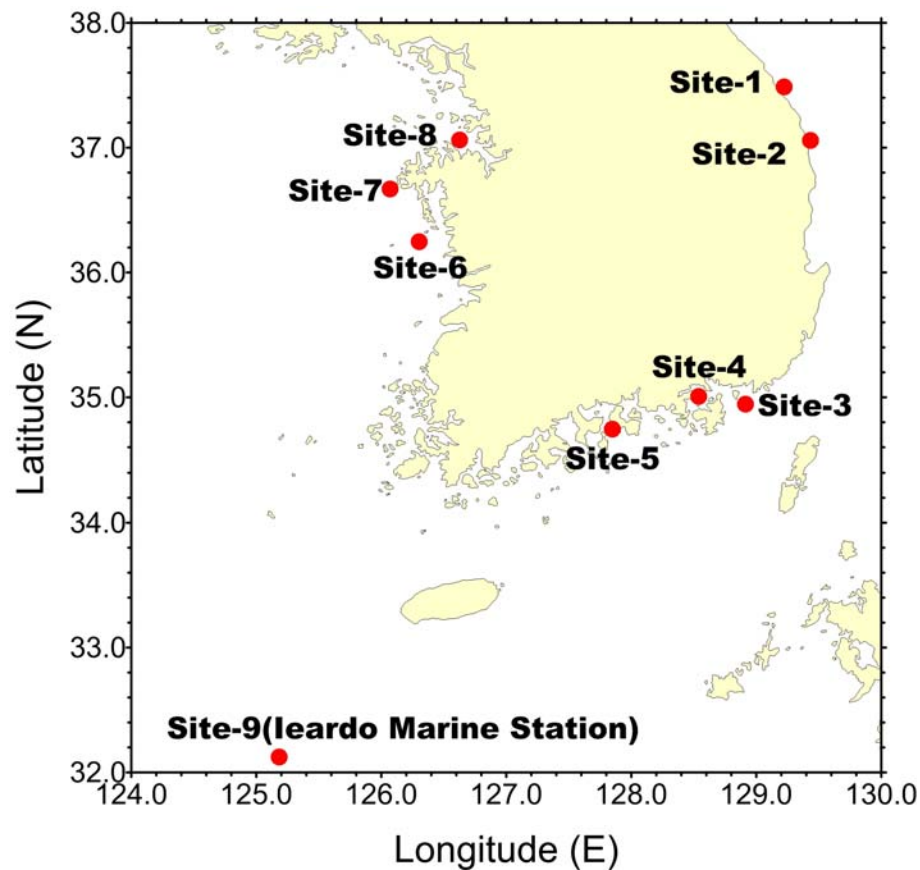


Figure 2. Experimental snapping shrimp sound observation sites in the coastal sea of Korea.

그림 3은 딱총새우 발생음을 측정하기 위한 실험장치도와 블록 다이어그램을 나타낸다. 각 정점에서 수중청음기(Bruel&Kjaer 8106)는 수심 5~30m에 위치하였으며, 수신감도는 주파수 3Hz ~ 80kHz 대역에서 $-174\text{dB re } 1\text{V}/\mu\text{Pa}$ 이었다. 오차범위

+6dB와 -10dB이었다. 정점 9에서 수중청음기는 직경이 5mm인 와이어 케이블에 부착되어 있었다. 수중청음기에 수신된 딱총새우 발생음은 측정용 증폭기(Bruel&Kjaer 2636)를 통하여 적절하게 증폭되었다. 정점 1, 3, 4, 5, 6 및 8에서 증폭된 딱총새우 발생음은 48kHz의 샘플률로 디지털 테이프 레코더(Sony PC208Ax)에 녹음된 후 연구실에서 레코더가 재생될 때 트리거 기법을 이용하여 1MHz 샘플률로 디지털 오실로스코프(LeCroy LT264M)에 저장하였다. 정점 2, 7 및 9에서 증폭된 딱총새우 발생음은 디지털 오실로스코프에 직접 저장하였다. 정점 1~8에서 딱총새우 발생음을 측정하는 동안 연구선으로부터 발생하는 소음을 최소화하기 위하여 주엔진 및 보조엔진을 포함하여 모든 기관의 작동을 멈추고 선내에서 정숙을 유지하였다. 딱총새우 발생음의 주파수 스펙트럼을 얻기 위해서 FFT(Fast Fourier Transform) 기법을 사용하였다.

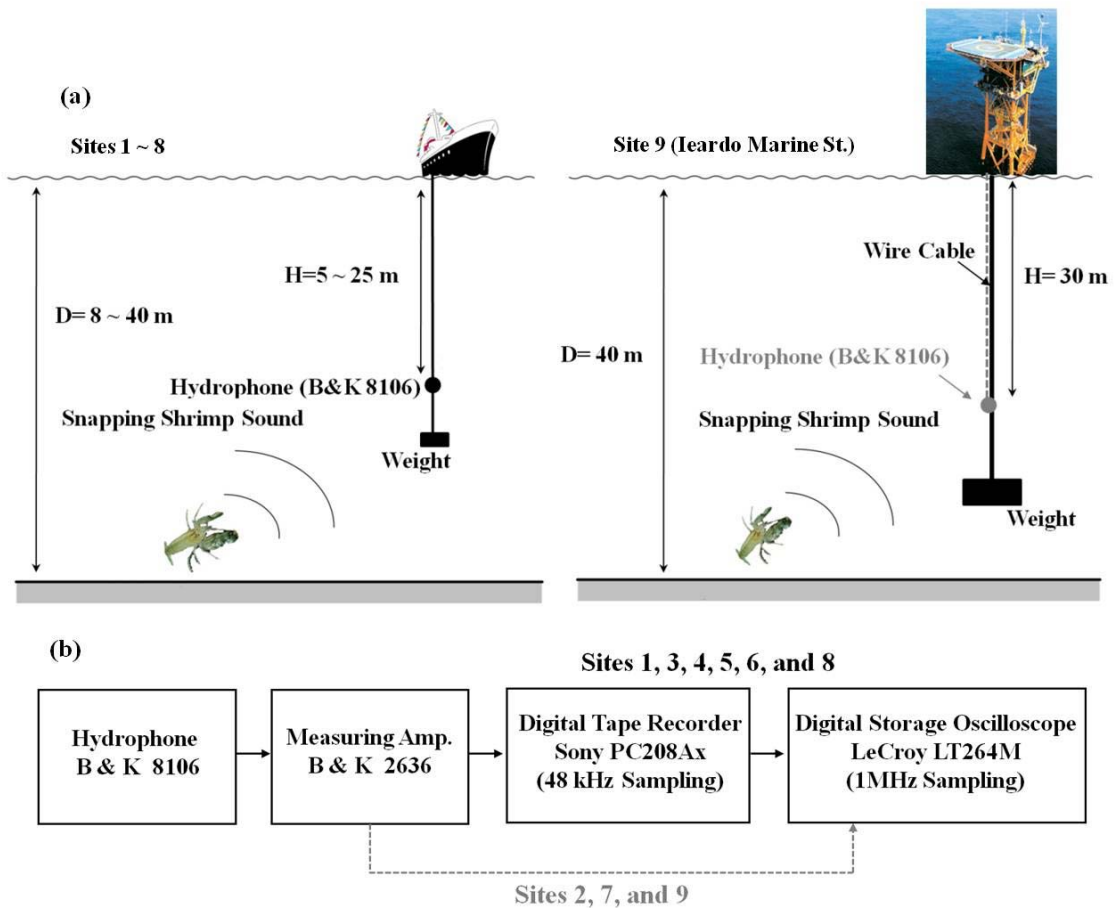


Figure 3. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for the acoustic measurements of snapping shrimp sounds in the coastal sea of Korea.

또한 딱충새우 발생음의 수온 의존성을 조사하기 위해서 정점 2에서 Beaufort Number가 1일 때의 해상상태에서 60분간 딱충새우 발생음이 포함된 해양잡음을 수온변화가 뚜렷하게 나타나는 두 경우에 대하여 관측하였다. 두 경우에 대해서 해수면부터 해저면까지의 평균 수온은 각각 8.7 ± 0.5 °C 및 15.1 ± 2.0 °C이었다. 그림 4는 정점 2에서 해양잡음을 관측하기 위한 실험장치도 및 블록 다이어그램을 나타낸다. 해양잡음은 48kHz 샘플률로 디지털 테이프 레코더(Sony PC208Ax)에 기록되었으며, 연구실에서 재생될 때 12비트 디지털 컨버터(National Instrument DAQCard-6062E)를 통하여 PC에 저장되었다. 저장된 해양잡음의 평균 레벨을 얻기 위해서 1/3 옥타브 밴드 분석을 사용하였다.

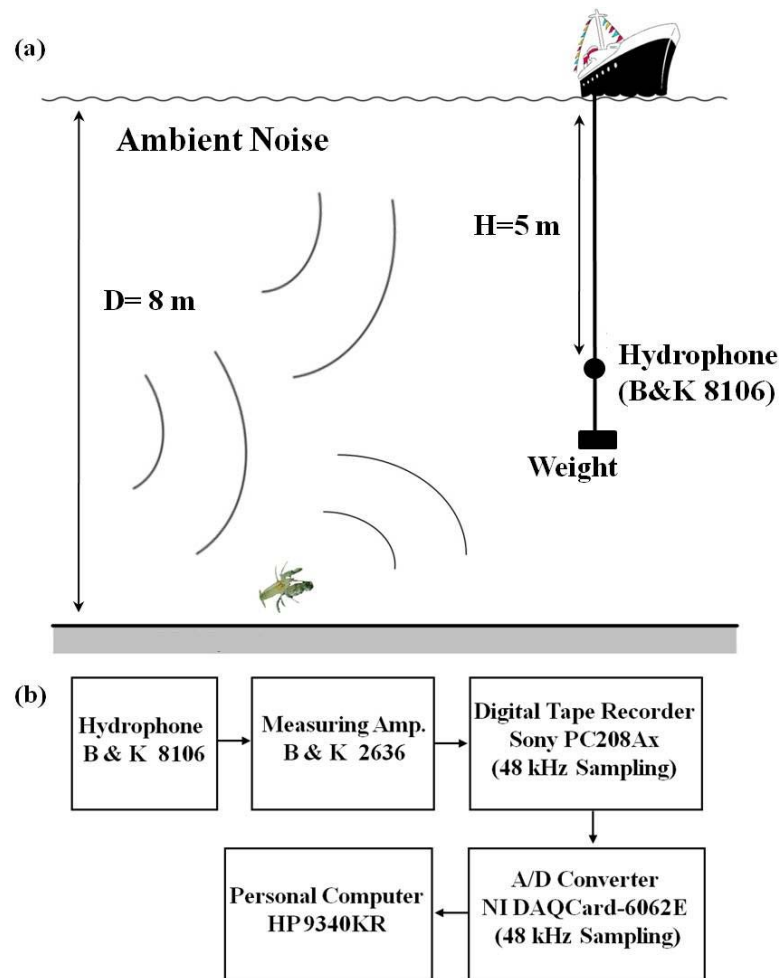


Figure 4. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for the acoustic measurements of ambient noises at site 2 in the coastal sea of Korea.

그림 5는 딱충새우 발생음의 피크-피크 음원레벨을 측정하기 위한 실험장치도 및 블록 다이어그램을 나타낸다. 정점 2에서 수중청음기 사이의 간격은 1.5m이었으며 음속은 1523m/s였다. 정점 7에서는 수중청음기 사이의 간격 및 음속은 각각 1.5m 및 1510m/s였으며, 정점 9에서는 각각 5m 및 1519m/s였다. 수중청음기에 수신된 딱충새우 발생음은 1MHz 샘플률로 디지털 오실로스코프에 저장되었다.

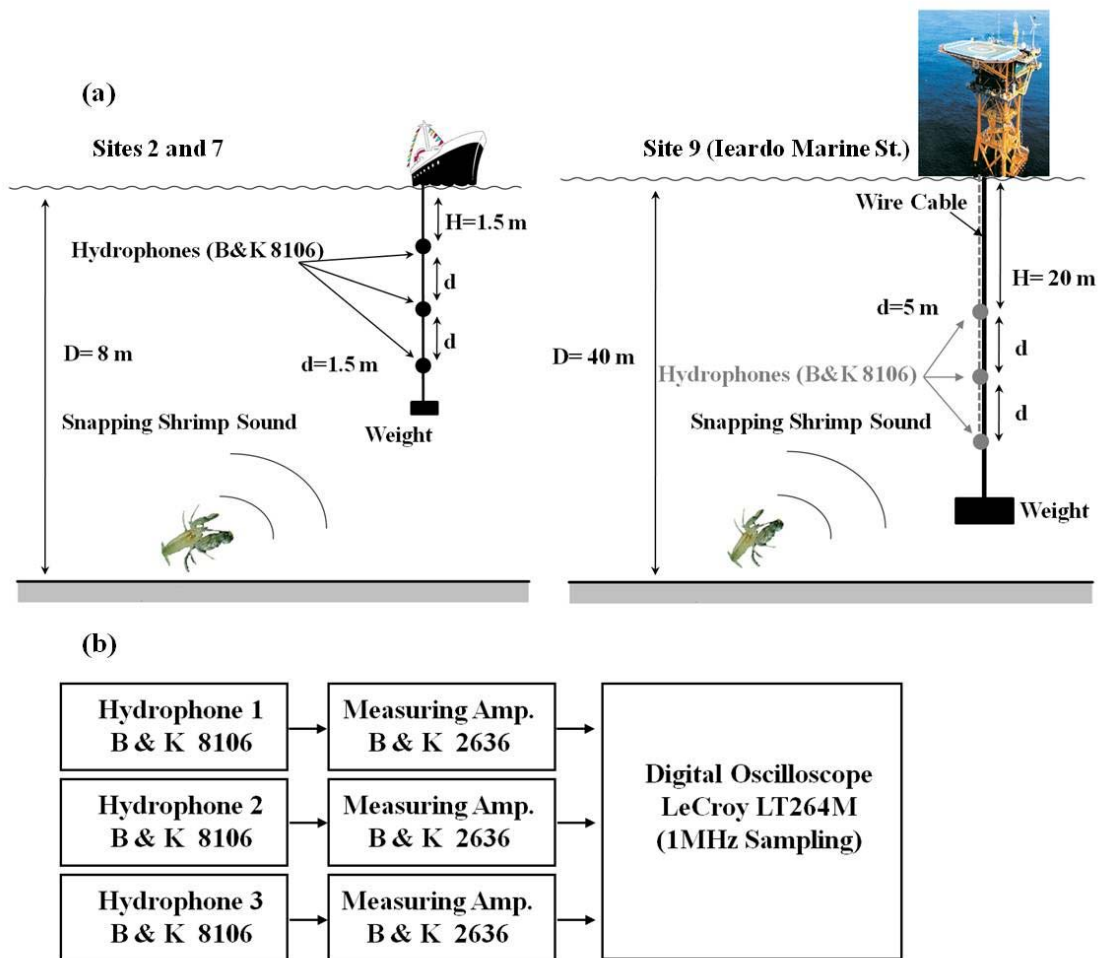


Figure 5. (a)Schematic and (b)block diagrams of the experimental setup for estimating the peak-to-peak source level of the snapping shrimp sound.

3. 측정결과 및 고찰

그림 6은 한국 연근해에서 관측된 딱총새우 발생음의 전형적인 파형을 나타낸다. 그림에서 나타낸 바와 같이 딱총새우 발생음의 파형은 0.22ms의 시간 근처에서 시간폭이 넓은 피크펄스와 0.32ms에서 시간폭이 좁은 피크펄스를 나타내며 주요 주파수 응답 특성은 20kHz 이하에서 두드러지게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 실험실 조건에서 얻어진 결과(Au and Bank, 1998; Kim 등, 2007; Kim 등, 2009)와 유사한 것처럼 보였다. 그림 6(a)에서 시간폭이 넓은 피크펄스는 딱총새우의 큰 집게가 닫힐 때 발생되며, 시간폭이 좁은 피크펄스는 단일 캐비테이션 기포(cavitation bubble)의 붕괴에 의해서 발생된다. 캐비테이션 기포는 수중의 한 지점에서 압력이 수증기압 이하로 갑자기 떨어질 때 발생할 수 있다. 즉 딱총새우의 집게가 닫힐 때 고속으로 분사되는 워터젯(water jet)에 의한 압력강하로 인해 발생된다(Versluis 등, 2000).

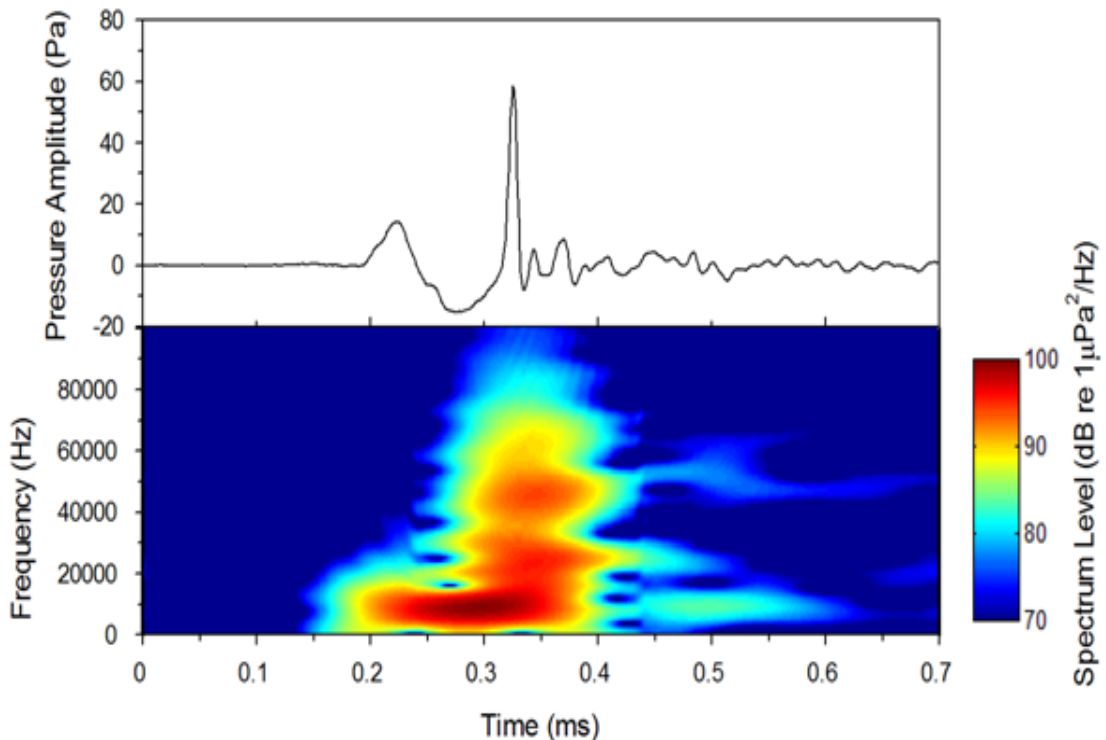
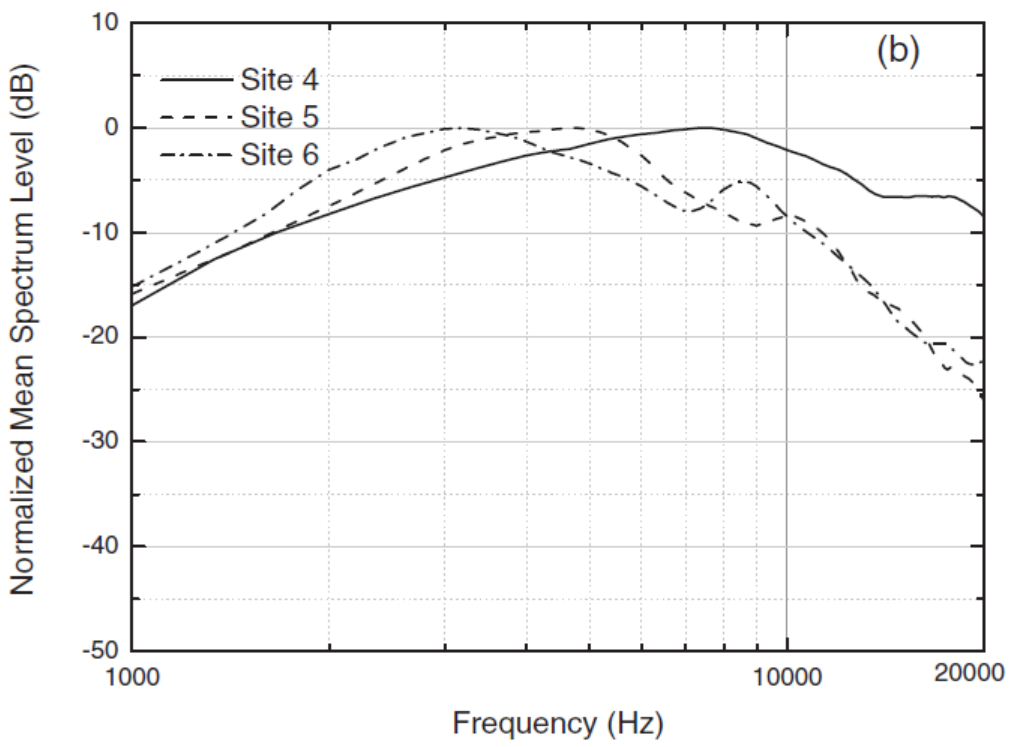
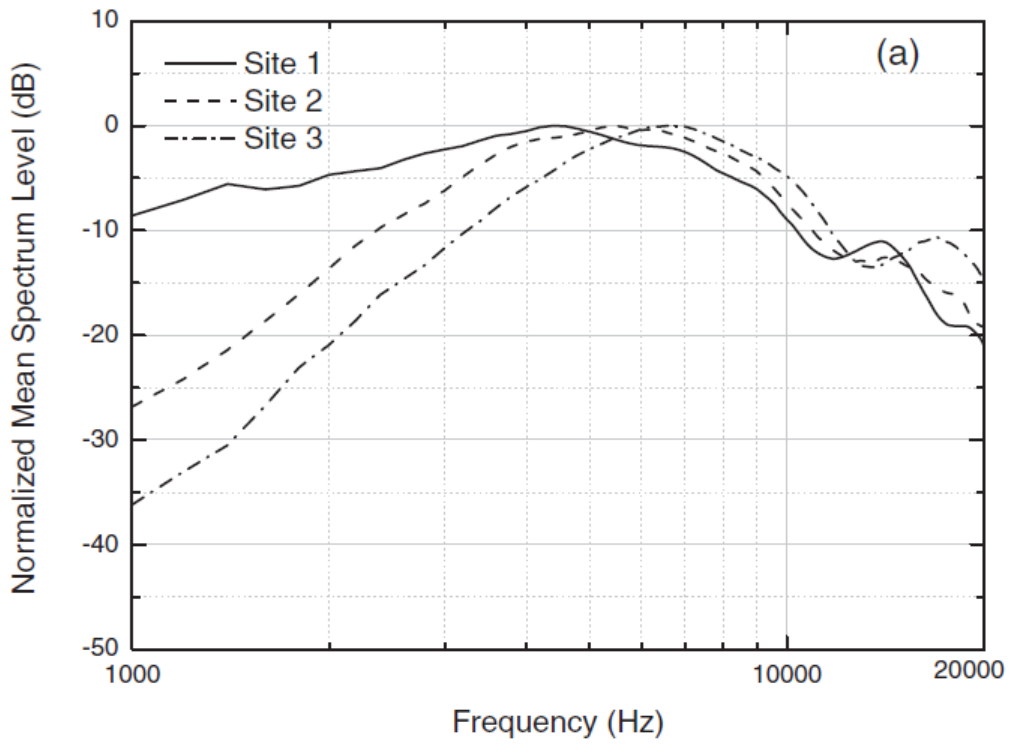


Figure 6. (a)Typical temporal waveform and (b)spectrogram of a representative snapping shrimp sound observed in the coastal sea of Korea.



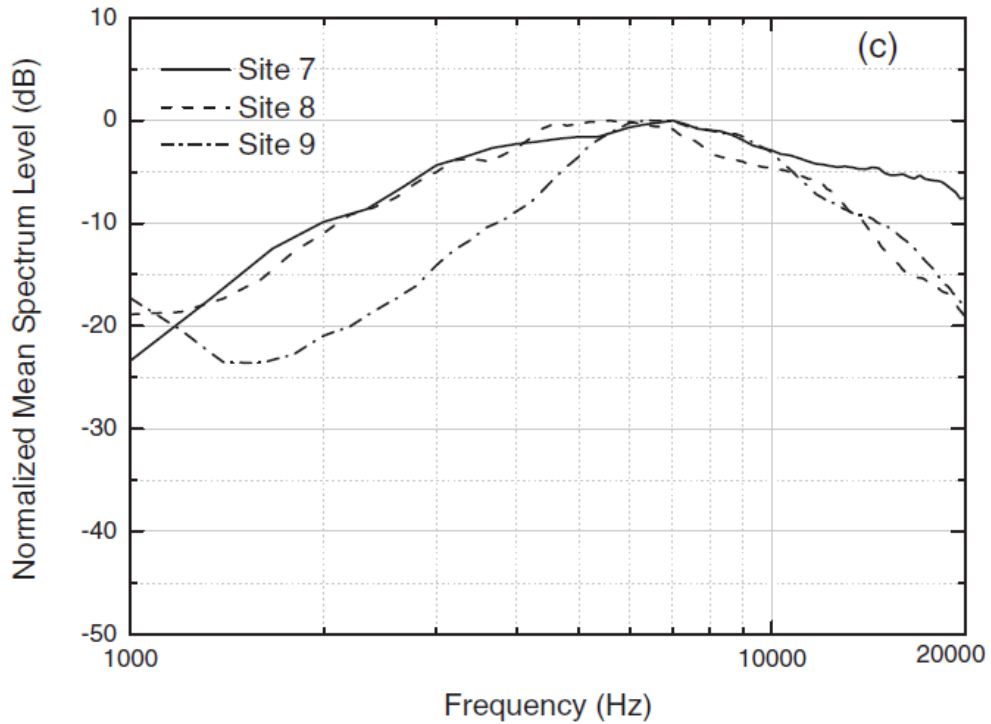


Figure 7. Normalized mean spectra of snapping shrimp sound observed at sites (a)1, 2, 3, (b)4, 5, 6, and (c)7, 8, 9.

그림 7은 9개의 정점에서 관측된 딱총새우 발생음의 규격화된 평균 주파수 스펙트럼을 보여준다. 각 정점에서 평균 주파수 스펙트럼은 200개의 딱총새우 발생음 신호에 대하여 얻었다. 그림에서 보인 바와 같이 딱총새우 발생음은 광대역 피크 주파수 특성을 나타낸다. 딱총새우 발생음은 단일 캐비테이션 기포의 붕괴에 의해 발생됨으로 이러한 주파수 특성은 캐비테이션 기포의 공진 주파수와 관련된 피크 주파수 성분들로 구성된다(Kim 등, 2010; Lauterborn and Cramer, 1981; Miller, 1981). 따라서 그림 7에서 광대역 피크 주파수 성분들은 개별 딱총새우 발생음의 주파수 스펙트럼에서 피크 주파수 성분들의 중첩에 의해서 결정될 수 있다.

그림 8은 정점 2에서 평균 수온이 각각 $8.7 \pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 및 $15.1 \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 일 때 평균 해양잡음 레벨을 나타낸다. 그림에서 나타낸 바와 같이 딱총새우 발생음은 수온이 $15.1 \pm 2.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 일 때 해양잡음 레벨에 상당한 영향을 미치며 수온이 $8.7 \pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 일 때는 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 이것은 딱총새우가 수온이 낮은 해수보다는 수온이 따뜻한 해수에서 활동적임을 의미한다.

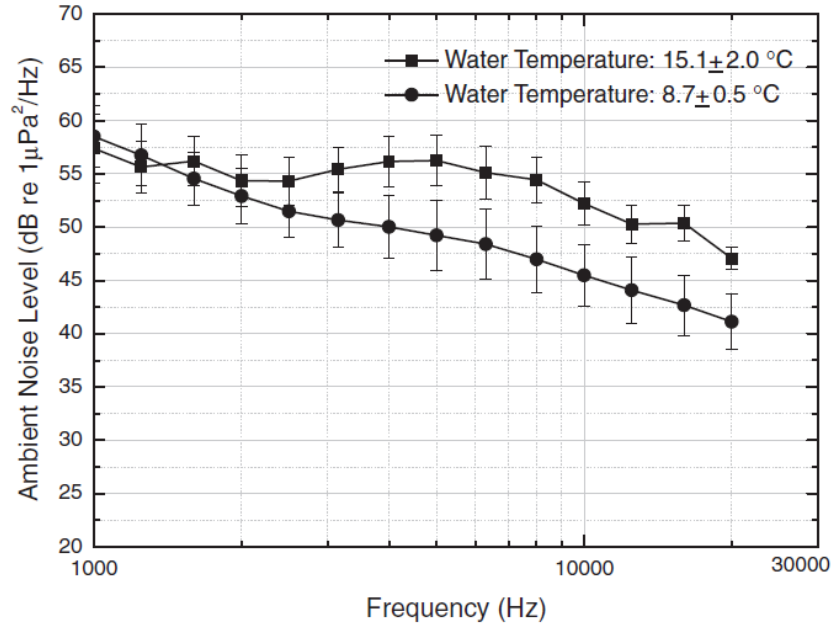


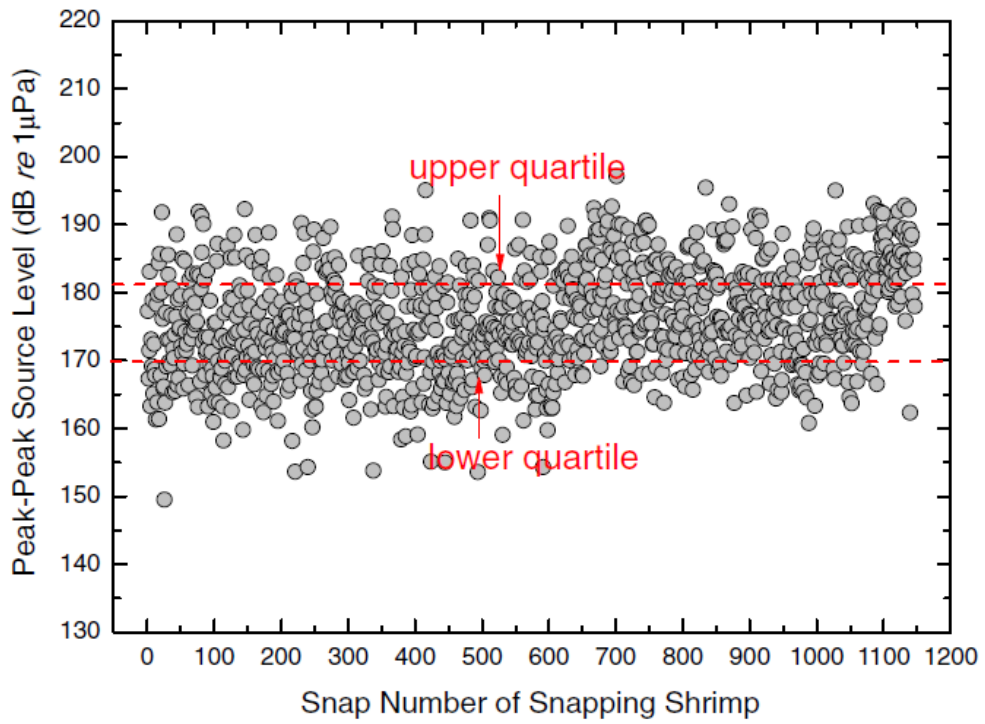
Figure 8. Mean ambient noise spectra at mean seawater temperatures of $8.7 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ and $15.1 \pm 2.0 \text{ }^\circ\text{C}$, respectively.

그림 9는 정점 2, 7 및 9에서 관측된 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨을 나타낸다. 그림에서 각 데이터 값들은 식(1)부터 식(4)를 사용하여 계산된 평균값을 나타낸다. 그림에서 보인 것처럼 정점 2와 7에서 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨은 사분위수 범위내에서 각각 170~182dB 및 171~180dB(re 1μPa at 1m)이었으며, 평균값은 각각 $176 \pm 3\text{dB}$ 및 $175 \pm 3\text{dB}$ 이었다. 정점 9에서 딱총새우 발생음 음원레벨의 사분위수 범위는 181~188dB이었으며, 평균값은 $184 \pm 2\text{dB}$ 로 정점 2 및 7과 비교해서 8~9dB 높게 나타났다. 단일 캐비테이션 기포가 수중에서 붕괴할 때 발생하는 음파의 피크 진폭은 다음과 같이 표현될 수 있다(Brennen, 1995).

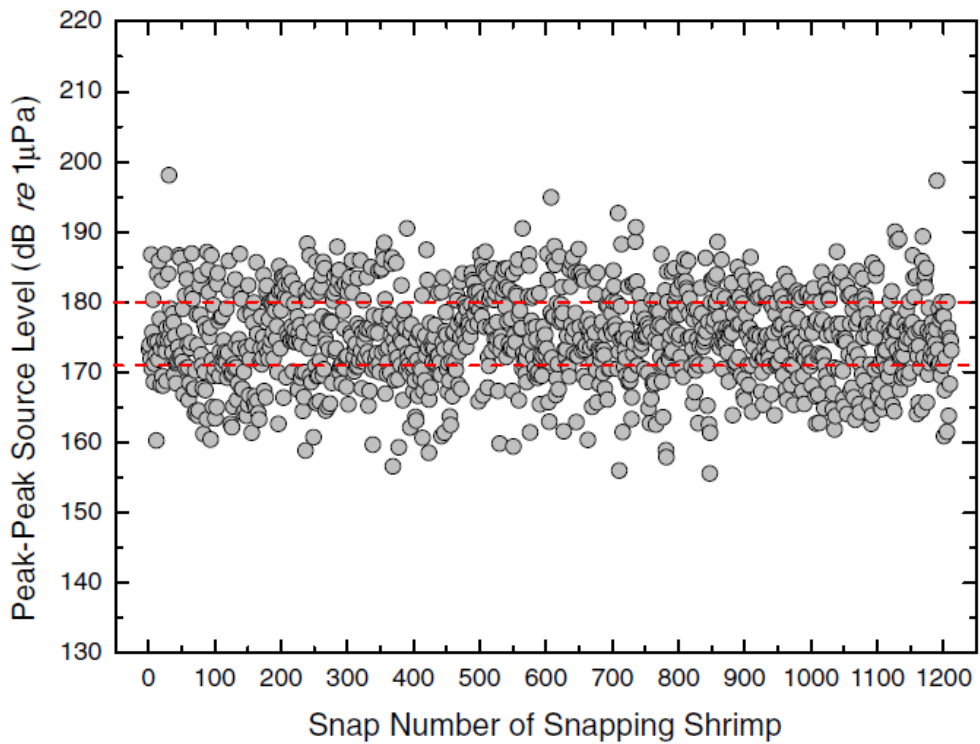
$$P_p \approx 100 R_{\max} \frac{p_\infty}{r} \quad (5)$$

여기서 R_{\max} 는 캐비테이션 기포의 최대 팽창반경을 나타내며, p_∞ 및 r 은 각각 수중에서 주변압력 및 음파의 방사거리를 나타낸다. 식(5)에 따르면 딱총새우 발생음의 피크-피크

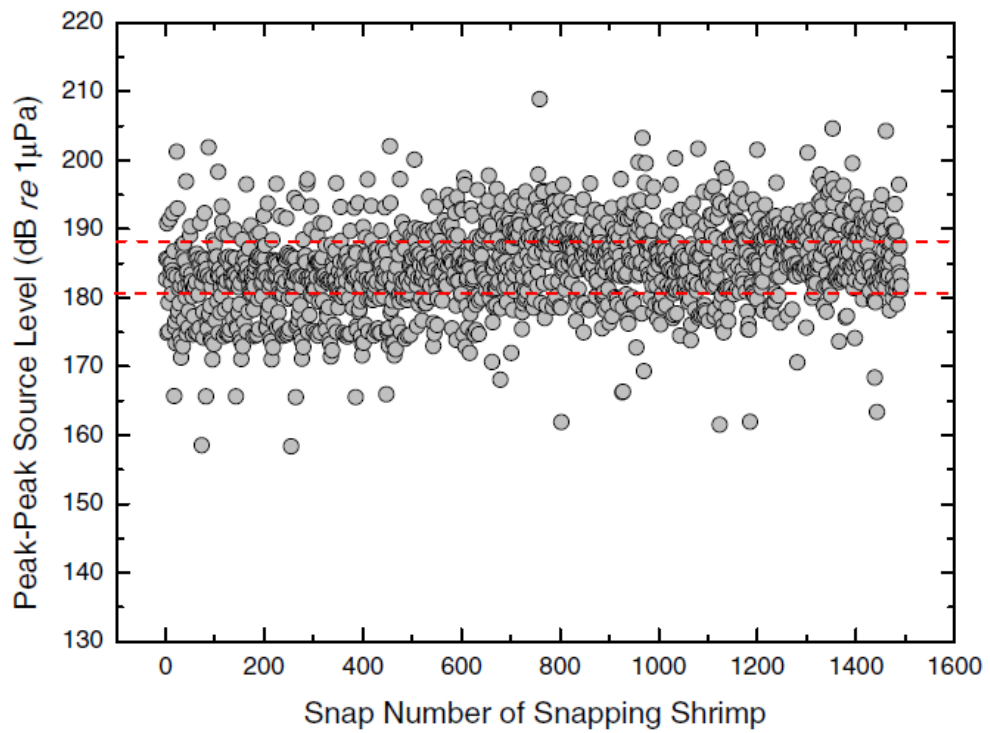
진폭은 주변압력 p_{∞} 에 비례한다. 정점 2 및 7에서 수심은 각각 8m 및 10m이므로 해저면에서의 주변압력은 약 2atm이 된다. 따라서 두 정점에서 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨은 유사하게 나타날 수 있다. 반면 정점 9에서 수심은 40m이고, 이때 해저면에서의 주변압력은 5atm으로 다른 두 정점에 비해 2.5배 높다. 이것은 정점 9에서 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨이 정점 2 및 7보다 약 8dB 높게 나타난다는 것을 의미한다. 이와 같은 이유로 정점 2 및 7과 정점 9에서 피크-피크 음원레벨 값들 사이의 차이가 나타난 것으로 보인다. 최근 Ferguson과 Cleary는 수심이 6.1m인 Sydney항에서 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨을 측정하기 위한 실험을 수행하였다(Ferguson and Cleary, 2001). 이곳의 수심은 정점 2 및 7에서의 수심과 비슷하나 추정된 평균 피크-피크 음원레벨은 187dB로 매우 다르게 나타났다. 그러나 수심은 다르지만 정점 9에서 측정된 음원레벨과는 유사하게 나타났다. 본 연구에서의 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨에 대한 측정결과를 Ferguson과 Cleary의 측정결과와 비교할 때, 피크-피크 음원레벨 값들의 차이는 수심의 차이로 인한 딱총새우 서식위치에서의 주변압력 변화로 설명될 수 없다. 본 연구에서 해저면 퇴적물의 유형은 니질 모래이다. 그러나 Sydney항의 해저면 퇴적물은 모래이다. 이러한 퇴적물의 차이는 딱총새우 발생음의 피크-피크 음원레벨에 차이를 발생시킬 수 있다. 왜냐하면 해저면에 서식하는 딱총새우의 집계로부터 음파가 방사될 때 해저퇴적물의 종류에 따라 에너지 손실량이 다를 수 있기 때문이다. 따라서 Ferguson과 Cleary의 측정결과와 본 실험결과의 비교는 해저퇴적물의 종류차이로 인해서 의미가 없을 수 있다.



(a)



(b)



(c)

Figure 9. Peak-to-peak source levels of snapping shrimp sound observed at sites (a)2, (b)7, and (c)9.

제 3 장 결 론

본 연구에서는 한국 연근해의 9개 정점에서 관측된 딱총새우 발생음의 음향학적 특성을 분석하였다. 딱총새우 발생음의 파형과 주파수 특성은 실험실 조건에서 관측된 결과와 유사한 양상을 나타내었으나, 평균 주파수 스펙트럼의 광대역 피크 주파수 성분은 각 정점에서 관측된 딱총새우 발생음의 개별 주파수 스펙트럼에서 피크 주파수 성분들간의 중첩에 의해서 다르게 결정되었다. 또한 딱총새우 발생음은 해수 수온이 낮은 경우 수중소음 레벨에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 수심이 각각 8m 및 10m인 정점에서 관측된 딱총새우 발생음의 평균 피크-피크 음원레벨은 각각 $176 \pm 3\text{dB}$ 및 $175 \pm 3\text{dB}(re 1\mu\text{Pa at 1m})$ 이었으며 수심이 40m인 정점에서 평균 음원레벨은 $184 \pm 2\text{dB}$ 이었다. 이러한 딱총새우 발생음의 음원레벨의 차이는 각 정점의 해저면에서의 주변압력 차이에 의해 발생할 수 있었다. 이것은 딱총새우 발생음의 음원레벨이 수심의 변화에 따라 달라 질 수 있음을 보여준다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

1. 연구개발목표 달성도

최종 연구개발목표: 천해에서 딱총새우 발생음의 음향학적 특성연구		
연구내용	달성도(%)	비고
● 한반도 천해에서 딱총새우 발생음 및 해양잡음의 관측	100	
● 천해에서 관측된 딱총새우 발생음의 음원레벨 분석	100	
● 천해에서 관측된 딱총새우 발생음이 해양잡음에 미치는 영향도 분석	100	

2. 대외 기여도

기존의 딱총새우 발생음에 관한 연구는 발생음의 생성 메커니즘 규명, 주파수 특성 및 음원레벨 측정 등의 수준에서 더 이상 진행되지 못하였다. 본 연구과제는 기존연구를 좀 더 발전시킨 후속연구라 할 수 있으며, 한국 연근해에서 발생하는 딱총새우 발생음을 현장에서 직접 관측하여 음원레벨을 정량화하였으며 해양잡음에 딱총새우 발생음이 미치는 영향도를 분석하였다. 또한 우리나라 각 해역에 따라 딱총새우 발생음의 주파수 특성이 다르게 나타나는 원인에 대해서도 분석을 하였다. 이와 같은 연구결과는 딱총새우 발생음에 관한 생물음향학 분야뿐만 아니라 수중음향학의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

제 5 장 연구개발결과의 활용방안

- 딱총새우 발생음에 대한 연구는 딱총새우가 서식하는 환경에서 연안 해양잡음의 변동특성을 연구하는데 기초자료로 활용될 수 있으며, 천해용 수중음향탐사 및 통신장비의 개발시 신호 대 잡음비를 산출하기 위한 기초연구자료로도 활용될 수 있다.
- 군사적으로 딱총새우가 서식하는 연안해역에서 수중음향 탐지 시스템을 활용하여 수상함이나 잠수함 등의 음향탐지를 시도하는 경우, 딱총새우 발생음은 시스템의 오탐지율을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 따라서 시스템의 오탐지율을 줄이기 위한 알고리즘을 개발함에 있어 본 연구자료는 기초 연구자료로 활용될 수 있다. 또한 딱총새우 발생음과 소나신호와의 간섭현상을 이해하기 위한 기초 연구자료로도 활용이 가능할 것이다.
- 천해에서 수중음파는 해표면 및 해저 등의 경계면에서 매우 빈번하게 상호작용을 하면서 전파하므로 해저퇴적물은 천해의 음파전파에 지대한 영향을 미친다. 해양에서 음파전달을 정확히 예측하고 이해하기 위해서는 해저퇴적물에서 음파전달 현상을 먼저 이해할 필요가 있다. 현재 다양한 주파수 대역에서 퇴적물의 음향특성을 측정하기 위해서는 공진주파수가 다른 다수의 트랜스듀서가 사용된다. 다수의 트랜스듀서를 사용하는 이유는 하나의 트랜스듀서로는 광대역의 공진주파수 특성을 나타낼 수 있는 음파를 송신할 수 없기 때문이다. 이러한 광대역 공진주파수 특성 문제는 저주파수 대역으로 갈수록 더욱 심하게 나타난다. 그러나 본 연구팀의 기존 선행연구 결과에 따르면 딱총새우 발생음은 저주파수 대역에서 광대역 주파수 특성을 나타내므로 퇴적물의 저주파 대역 음향특성 측정시 딱총새우 발생음은 매우 유용하게 사용될 수 있으며, 이를 위해서 본 연구과제의 연구결과 또한 유용하게 활용될 수 있을 것이다.
- 해수중에는 소리를 발생시킬 수 있는 무수히 많은 생물음원이 존재하므로 본 연구과제를 시발점으로 하여 어류 및 고래류 등과 같은 음향생물상의 음향특성을 연구하고, 그것을 DB화할 수 있는 후속 연구가 진행될 필요가 있다. 이러한 연구는 해수중에서 소리만 듣고도 어떤 종류의 어류 및 고래류가 서식하고 있

으며 그것의 자원량은 얼마나 되고 계절에 따른 이동경로는 어떻게 되는지를 밝히는데 매우 중요하다(현재 고래류의 경우는 국립수산과학원에서 목측에 의한 방법을 사용하여 고래 자원량 및 이동경로를 관측하고 있음). 따라서 이러한 연구가 진행된다면 그 연구결과를 바탕으로 한반도 연안에 서식하는 고래류의 자원량 및 이동경로를 실시간으로 모니터링할 수 있는 국가연구사업을 개발할 수 있을 것이다. 고래는 전세계적으로 보호되어야 할 동물이므로 이러한 국가연구개발 사업은 한반도 연안에 서식하는 고래류를 효율적으로 관리할 수 있는 방안을 제공해 줄 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김봉채, 최복경, 김대원. 1995. 연안해역에서 관측된 수중 생물잡음의 음향특성. 한국해양연구원 연구보고서.
- Ahn, J. Y. and H. Hamada, and K. Saito. 1993. On the components of high frequency of the snapping shrimp sounds. *J. Tokyo Univ. Fish*, 80, 69-73.
- Ahn, J. Y. and H. Hamada, and K. Saito. 1993. Study of positioning of snapping shrimps and the source levels of their sounds. *J. Tokyo Univ. Fish*, 80, 75-81.
- Au, W. W. and K. Banks. 1998. The acoustics of the snapping shrimp *Synalpheus parneomeris* in Kaneohe Bay. *J. Acoust. Soc. Am.*, 103, 41-47.
- Cato, D. 1993. The biological contribution to the ambient noise in waters near Australia. *Acoust. Australia*, 20, 76-80.
- Everest, F. A., R. W. Young, and M.W. Johnson. 1948. Acoustical characteristics of noise produced by snapping shrimp. *J. Acoust. Soc. Am.*, 20, 137-142.
- Ferguson, B. G. and J. L. Cleary. 2001. In situ source level and source position estimates of biological transient signals produced by snapping shrimp in an underwater environment. *J. Acoust. Soc. Am.*, 109, 3031-3037.
- Kim, B.-C., B.-N. Kim, C.-W. Shin, C. S. Kim, and B. K. Choi. 2007. Characteristics of snapping shrimp sound observed in the Korean coast of the Yellow Sea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 12, 142-146.
- Kim, B.-N, J. Hahn, B. K. Choi, and B. -C. Kim. 2010. Snapping Shrimp Sound Measured Under Laboratory Conditions. *Jpn. J. Appl. Phys.*, 49, 07HG04.

- Loye, D. P. and D. A. Proudfoot. 1946. Underwater noise due to marine life. *J. Acoust. Soc. Am.*, 18, 446-449.
- Lauterborn, W and E. Cramer. 1981. Subharmonic route to chaos observed in acoustics. *Phys. Rev. Lett.*, 47, 1445-1448.
- Lohse, D., B. Schmitz, and M. Versluis. 2001. Snapping shrimp make flashing bubbles. *Nature*, 413, 477-478.
- Miller, D. L. 1981. Ultrasonic detection of resonant cavitation bubbles in a flow tube by their second-harmonic emissions. *Ultrasonics*, 19, 217-224.
- Readhead, M. L. 1996. Snapping shrimp noise near Gladstone, Queensland. *J. Acoust. Soc. Am.*, 101, 1718-1722.
- Versluis, M., B. Schmitz, A. Heydt, and D. Lohse. 2000. How snapping shrimp snap: Through cavitating bubbles. *Science*, 289, 2114-2020.
- Widner, M. W. 1967. Ambient noise levels in selected shallow water off Miami, Florida. *J. Acoust. Soc. Am.*, 42, 904-905.
- Wenz, G. M. 1962. Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 34, 1936-1956.

주 의

1. 이 보고서는 한국해양연구원에서 수행한 연구정책 및 지원사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양연구원에서 수행한 연구정책 및 지원사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.