

## 가두리 養殖場 周邊의 水中環境騷音과 生物騷音의 特性에 관한 研究

박태건 · 신형일 · 김기윤 · 신현옥

부경대학교

(1999년 1월 18일 접수)

## A Study on the Characteristics of the Underwater Ambient Noise and Biological Noise in Fish Farm Cages

Tae-Geon Park, Hyeong-Il Shin, Ki-Yun Kim and Hyeon-Ok Shin

Pukyong National University

(Received January 18, 1999)

### Abstract

This paper describes to analyze the underwater ambient noise and biological noise of cultivating fishes in the fish farm cages at the seawater Tongyong-kun, KyongNam and lake of Chungju, Chech'on, ChungBuk from 10 to 19 Oct. 1997, in order to find out the characteristics of these noises.

The results obtained were as follows ;

(1) The ambient noise around the fish farm cages at lake of Chungju was 10~200Hz frequency range, 70~105dB spectrum level. The central frequency was 50~70Hz, changing of ambient noise was getting bigger than 10~200Hz in 200Hz~2kHz frequency by wind, water current.

(2) The frequency of noise source around the fish farm cage at the seawater of Tongyong-kun was 20~200Hz, spectrum level was 80~100dB while feed factory was working around the fish farm cage. When feed factory did not work, noise source was 10~600Hz frequency range, 70~90dB spectrum level. It was 10dB less than that of while feed factory was working, and then the central frequency was 70Hz.

(3) The vessel noise of excursion ship had changed largely at 100dB spectrum level in 10~500Hz frequency band, and the fishing boat had 20Hz~2kHz frequency range.

(4) The biological noise in the fish farm cage at lake of Chungju, which was feeding of *Cyprinus carpio*, was 10~300Hz frequency, 70~104dB spectrum level. The central frequency was 75Hz. The biological noises in the fish farm cage at the seawater of Tongyong-kun, which were feeding and swimming noise, had very different spectrum pattern by species, and the frequency band was 10~800Hz.

緒 論

裝置 및 方法

최근 우리 나라 어업은 UN 해양법 발효와 더불어 대부분의 국가가 200해리 배타적 경제수역 (EEZ)을 선포하게 됨에 따라 기존 원양어장이 축소됨으로써 연근해 어업의 비중이 더욱 증대되고 있다. 그로 인해, 우리 나라 연근해 어장의 이용도가 더욱 높아지고, 어로장비의 현대화 등으로 어업생물을 남획하게 됨으로써 어업생물자원이 고갈되어 기르는 어업의 중요성이 날로 높아가고 있는 실정이다.

기르는 어업에서 어류양식 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 가두리 양식어업이며, 이러한 양식을 행하고 있는 호수역과 해수역에서의 가두리 양식장은 많은 선박을 이용하고 있으므로 이로 인한 소음의 영향이 수중환경소음에 가중되어 가두리 양식장의 해양환경에 또 다른 하나의 피해가 예상되어지고 있다.

또한, 가두리 양식장에서는 사료가공공장의 소음, 작업시의 소음 등 여러 가지의 환경소음들이 양식어의 유영이나 식이 활동에 많은 영향을 미치고 있다<sup>1, 2)</sup>.

해양에서의 해양환경소음에 대한 연구로는 Wenz<sup>3)</sup>, Perrone<sup>4, 5)</sup>, Takemura<sup>6)</sup>,尹<sup>7)</sup>,朴<sup>8, 9)</sup>,金<sup>10)</sup>,河<sup>11)</sup>,鄭<sup>12)</sup> 등이 있고, 내수면에서의 수중소음이 양식어에 미치는 영향에 대한 연구에는 Konagaya<sup>13)</sup>,申<sup>1)</sup> 등이 있으며, 식이음 및 유영음에 대한 생물소음 연구에는 金<sup>14)</sup>, 金<sup>15)</sup>, 張<sup>16)</sup>, 徐<sup>17, 18)</sup>, 安<sup>19)</sup> 등 많은 연구가 있으나, 호수역과 해수역 가두리 양식장 주변의 수중환경소음에 대한 연구는 거의 없다.

본 연구에서는 수중환경소음이 양식어류에 미치는 영향을 파악하기 위한 기초자료를 얻고져, 1997년 10월 10일부터 19일까지 충북 제천시 청풍면 물태리의 충주호 부근 가두리 양식장에서 수중환경소음과 어종별 식이음 및 유영음 등의 생물소음을 측정하여 수중환경소음과 생물소음의 특성을 검토, 분석하였다.

1. 實驗水域

실험은 1997년 10월 10일부터 19일까지 실시하였으며, 호수역에서의 실험수역은 충북 제천시 청풍면 물태리의 충주호 부근 가두리 양식장으로 측정위치는 Fig. 1과 같다.

그리고, 해수역에서의 실험수역은 경남 통영군 산양면 부근 가두리 양식장에서 실시하였으며, 측정위치는 Fig. 2와 같다.

2. 實驗裝置

수중환경소음과 생물소음의 음압레벨은 Fig. 3

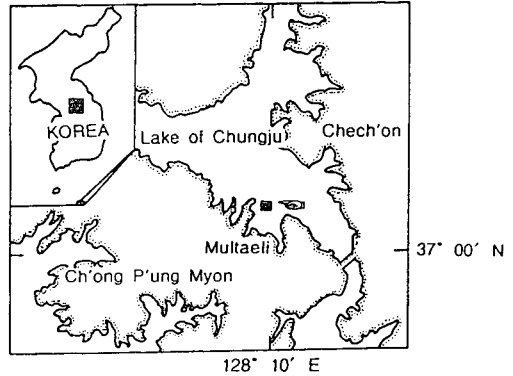


Fig. 1. Position of the fish farm cage at lake of Chungju, Chech'on.

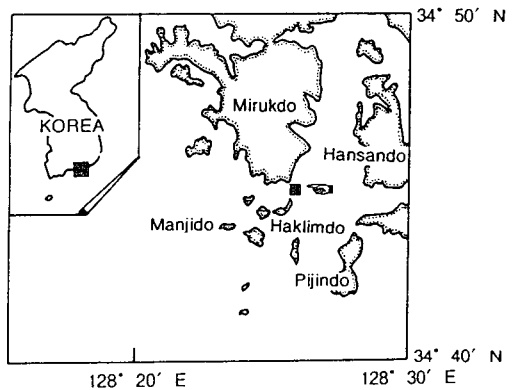


Fig. 2. Position of the fish farm cage at the seawater of Tongyong-kun.

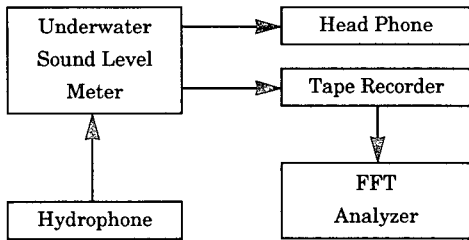


Fig. 3. Block diagram of underwater-noise measuring system.

Table 1. Specifications of the experimented equipments

| Equipments                                     | Specifications   |
|--|--|
| Hydrophone<br>(OKI, ST-1001)                   | Frequency range : 10Hz to 50kHz<br>Receiving sensitivity : - 180dB<br>(0dB = 1V/μPa, pre-amp gain included)  |
| Underwater sound level meter<br>(OKI, SW-1007) | Frequency range : 7Hz to 90kHz (±3dB)<br>Gain range : 80dB (10dB × 7 + 1dB × 10)   |
| Tape recorder<br>(SONY, TC-D5M)                | Frequency range : 10Hz to 16.5kHz<br>Gain range : 20dB   |
| FFT analyzer<br>(AND, AD-3525)                 | Display items : Time, Spectrum, Octave<br>(1/1, 1/3), etc<br>Max. input voltages : ±200V<br>Input sensitivity : - 120dB<br>Input range : 30dB to - 60dB<br>Frequency range : 1Hz to 100kHz<br>Resolution : 1/25, 1/50, ..., 1/3200 of frequency range<br>A/D conversion : 14bits |

에서와 같이 각 관측점에서 수심 2m 층에 수중청음기 (OKI, ST-1001)를 내려, 수중음압계 (OKI, SW-1007)로써 5분 동안 측정된 평균치를 직독하였고, 소음 데이터는 소형녹음기 (SONY, TC-D5M)에 기록하였으며, 수중음압계에서 사용한 필터는 10Hz의 HPF와 10kHz의 LPF였다.

또한, 수중소음의 스펙트럼 분석을 FFT (Fast Fourier Transform) 분석기로 행하였고, 소음측정과 분석장치의 제원은 Table 1과 같다.

### 3. 實驗方法

호수역 가두리 양식장에서는 Fig. 4와 같이 가두리 양식장 주변의 각 6개소 관측점 (Cst 1~6)에서 수중환경소음을 측정하였으며, 생물소음은 Cst 6의 a에서 향어 (*Cyprinus carpio*)에 대한 식

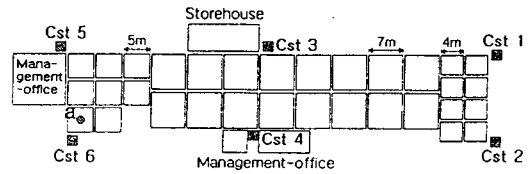


Fig. 4. Construction of the fish farm cage, and stations of measuring the underwater ambient noise and biological noise at lake of Chungju.

□ Cst 1~6 : stations of measuring the underwater ambient noise.

⊙ a : station of measuring the biological noise.

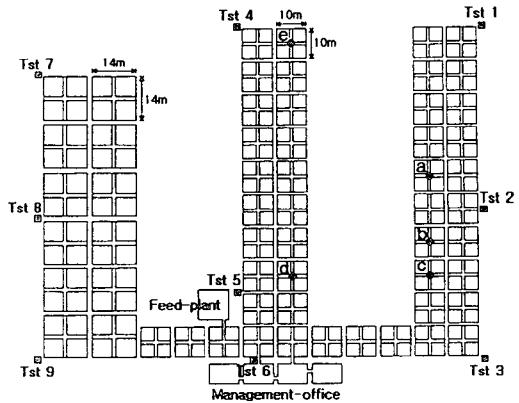


Fig. 5. Construction of the fish farm cage, and stations of measuring the underwater ambient noise and biological noise at the seawater Tongyong-kun.

□ Tst 1~9 : stations of measuring the underwater ambient noise.

⊙ a~e : stations of measuring the biological noise.

이음을 측정하였다.

해수역 가두리 양식장에서는 Fig. 5와 같이 가두리 양식장 주변의 각 9개소 관측점 (Tst 1~9)에서 양식장내에서의 사료공장 가동시와 미가동시를 구분하여 수중환경소음을 측정하였으며, 생물소음은 각각 5종(a : 점농어 *Lateolabrax japonicus*, b : 넓치 *Paralichthys olivaceus*, c : 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*, d : 참돔 *Chrysophrys major*, e : 조피볼락 *Sebastes schlegeli*)의 가두리내에서 어종별 유영음 및 식이음을 측정하였다.

이때, 어종별 유영음은 양식장내에서의 사료공장 가동시와 미가동시를 구분하여 유영음을 측정

하였고, 식이음 측정은 사료공장이 가동중이었으며 사료공급시에 측정하였다.

또한, 호수역 가두리 양식장에서의 선박소음은 Cst 6으로부터 100m 전방을 통과중인 유람선과 5m 부근으로 접근중인 모터보트를 대상으로 하여 측정하였으며, 해수역 가두리 양식장에서의 선박소음은 Tst 9에서 5m 부근으로 접근중인 소형어선을 대상으로 측정하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 水中環境騒音

#### 1.1 湖水域에서의 水中環境騒音

Fig. 1의 충주호에 설치된 Fig. 4와 같은 가두리 양식장 주변의 6개소의 관측점 (Cst 1~6)에서 수중환경소음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 6 (a), (b)와 같다.

Fig. 6 (a)에서 3개소의 관측점 Cst 1, 2, 3에서 Cst 1의 스펙트럼 레벨이 가장 높은 경향을 나타

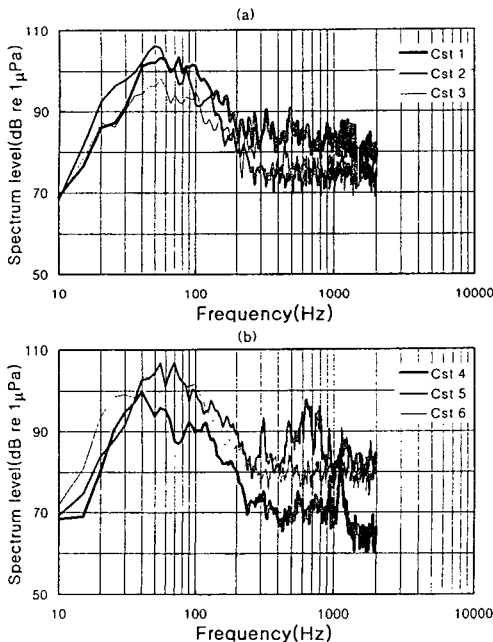


Fig. 6. Comparison between power spectrum levels of the underwater ambient noises at the Cst 1~6.

내었으며, Cst 2는 10~70Hz까지는 비교적 높았으나 70Hz 이상에서는 낮은 경향을 나타내었고, Cst 3이 가장 낮은 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상은 관측점 Cst 1과 2는 어장의 북쪽을 향하는 주변이 트여있는 수역으로 가두리 주변의 물의 흐름이나 바람의 영향으로 인한 소음이 추가되었으므로 비교적 높고, Cst 3에서는 전체 가두리의 중앙으로 수류나 바람으로 인한 소음의 영향을 적게 받기 때문이라 생각된다. 또한, 최저와 최고의 스펙트럼 레벨 변동폭은 약 10dB이었으며, 10~200Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 70~105dB로 수중환경소음의 중심을 이루었고, 그 때의 중심주파수는 55Hz였다.

Fig. 6 (b)에서 3개소의 관측점 Cst 4, 5, 6에서 Cst 4의 스펙트럼 레벨이 가장 낮은 경향을 나타내었으며, Cst 5, 6은 30~150Hz까지는 거의 비슷한 경향을 나타내었고 그 이상 주파수에서는 큰 변동을 나타내었다.

이와 같은 현상은 Fig. 6(a)에서와 같이 Cst 5와 6은 가두리의 남쪽 가장자리에 위치하고 있어 수류와 바람으로 인한 소음의 영향을 많이 받고, Cst 4는 중앙에 위치하고 있어 수류와 바람의 영향을 적게 받기 때문이라 생각된다.

또한, 최고와 최저의 스펙트럼 레벨 변동폭은 10~100Hz까지는 약 10dB이었고 그 이상의 주파수에서는 최고 20dB까지 큰 변동을 나타내었으며, 10~150Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 70~105dB로 수중환경소음의 중심을 이루었고 그 때의 중심주파수는 60Hz였다.

따라서, 본 실험에서 측정한 호수역에서의 가두리 주변 수중환경소음은 10~200Hz 주파수 범위에서 그 스펙트럼 레벨이 70~105dB이었고, 그 중심주파수는 50~70Hz임을 알 수 있었으며, 200Hz~2kHz 범위에서는 주변의 수류와 바람의 영향에 따라 수중환경소음의 변동폭도 커짐을 알 수 있었다.

#### 1.2 湖水域에서의 船舶騒音

수중환경소음을 측정할 당시 호수역인 체천 충주호에서 300톤급 유람선의 선박소음을 100m 거리에서 측정하고, 5m 부근에서 접근중인 모터보

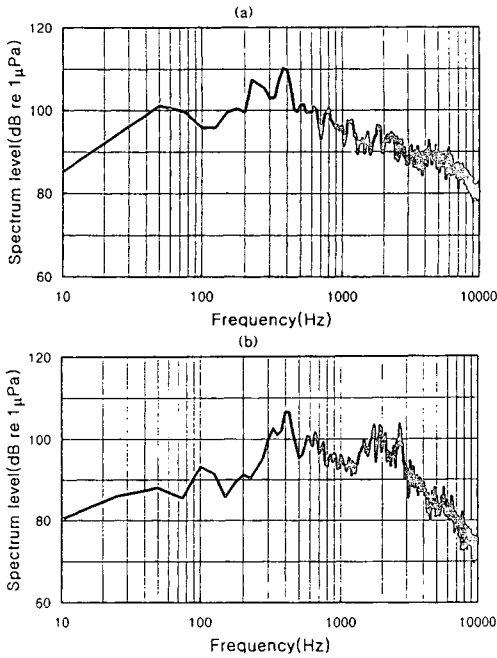


Fig. 7. Power spectrum levels of the vessel noises at lake of Chungju, Chech' on.  
(a) : excursion ship (b) : motorboat

트의 선박소음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 7 (a), (b)와 같다.

Fig. 7 (a)에서 유람선은 주파수 대역이 10~500Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 100dB을 중심으로 크게 변동함을 알 수 있었다.

Fig. 7 (b)에서 모터보트는 주파수 대역이 10~800Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 90dB을 중심으로 변동한 10~250Hz 영역과 100dB을 중심으로 변동한 250~800Hz 영역으로 나누어지는 특성을 나타내었다. 따라서, 선박소음은 그 크기에 따라 다른 패턴을 나타냄을 알 수 있었다.

또한, 호수역에서의 수중환경소음의 중심을 이루는 주파수 범위가 10~200Hz인데 비해 선박소음의 중심주파수 범위가 200Hz~3kHz를 나타내어 가두리 양식장 주변을 선박이 통과할 때는 수중환경소음의 주파수 분포 범위도 확대되고 음압도 높아지는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

### 1.3 海水域에서의 水中環境騒音

해수역인 경남 통영군 산양면 육삼양식장에서 Fig. 5와 같이 설치된 가두리 양식장의 관측점

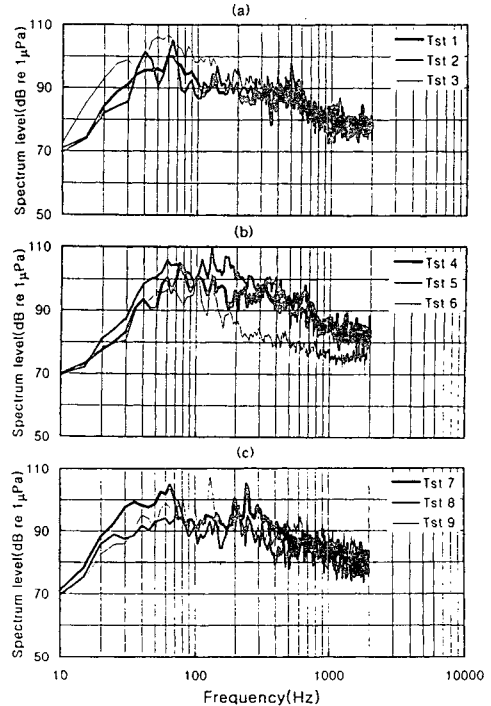


Fig. 8. Comparison between power spectrum levels of the underwater ambient noises at the Tst 1~9.

(Tst 1~9)에서 사료공장 가동시와 미가동시의 환경소음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 8, 9와 같다.

#### 1) 사료공장 가동시의 수중환경소음

Fig. 8 (a)에서 가두리 양식장의 동쪽편 관측점 Tst 1, 2, 3에서의 사료공장 가동시의 스펙트럼 레벨은 Tst 3에서 가장 높고, Tst 1과 Tst 2는 비슷한 경향을 보이기는 하나 Tst 2가 다소 높은 변동을 보이고 있다. 이와 같은 원인은 Tst 3은 사료공장에서 가깝고, Tst 1은 멀며, Tst 2는 가까우나 주위에 양식어가 들어있는 가두리가 많았기 때문이라 생각된다. 또한, 주파수 20~700Hz까지는 스펙트럼 레벨이 80~105dB였으며, 중심주파수는 60Hz였다.

Fig. 8 (b)에서 가두리 양식장의 중앙 관측점 Tst 4, 5, 6에서의 사료공장 가동시의 스펙트럼 레벨은 사료공장과 인접한 Tst 5가 가장 높고, Tst 6이 가장 낮았으며, Tst 4에서는 그 중간 레벨이었다. 이와 같은 현상은 관측점 Tst 4와 Tst 6은 사방

이 가두리 그물로 둘러져 있으므로 소음의 차단효과가 큰데 비해 Tst 5는 사료공장과 인접하여 외부 소음의 영향을 많이 받았기 때문이라 생각된다. 또한, Tst 4와 Tst 5에서는 전 주파수 범위대에 걸쳐 80dB 이상의 높은 레벨을 나타내었고, Tst 6에서는 30~300Hz 범위에서만 80dB 이상이였다.

또한, 주파수 200Hz 이상에서는 주파수에 따른 음압변동의 경향은 비슷하나 변동폭이 심한 것으로 보아 이들 관측점에서는 소음원의 주파수 범위는 20~200Hz라 생각된다.

Fig. 8 (c)에서 가두리 양식장의 서쪽편 관측점 Tst 7, 8, 9에서의 사료공장 가동시의 스펙트럼 레벨은 Tst 7에서 10~70Hz에서 다소 높을 뿐 거의 같은 변동을 나타내었다. 이와 같은 현상은 Tst 7, 8, 9 주변의 환경조건이 비슷한 때문이라 생각된다. 또한, 이 때의 소음원은 전 주파수대에 걸쳐 평균 90dB 정도의 스펙트럼 레벨을 유지하고 있음을 알 수 있었다.

따라서, 실험한 가두리 양식장에서 사료공장 가동시 소음원의 주파수 범위는 20~200Hz이고, 스펙트럼 레벨은 80~100dB임을 알 수 있었다.

#### 2) 사료공장 미가동시의 수중환경소음

Fig. 9 (a)에서 가두리 양식장의 동쪽편 관측점 Tst 1, 2, 3에서의 사료공장 미가동시의 스펙트럼 레벨은 Tst 1에서 주파수 범위 10~100Hz를 제외하고는 Tst 1, 2, 3 모두 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상은 사료공장 미가동시에는 공장소음의 영향을 받지 않았기 때문이며, Tst 1 부분이 다소 높은 것은 측정 당시 통행선박에 의한 소음의 영향 때문이라 생각된다. 또한, 이 때의 소음원의 주파수 범위는 10Hz~1kHz이고 스펙트럼 레벨은 70~93dB였으며, 중심주파수는 대개 70Hz였다.

Fig. 9 (b)에서 가두리 양식장의 중앙 관측점 Tst 4, 5, 6에서의 사료공장 미가동시의 스펙트럼 레벨은 Tst 4에서 주파수 35~55Hz 범위를 제외하고는 거의 같은 분포의 경향을 나타내었다. 특히, Tst 4에서 높은 것은 측정 당시의 외부 잡음이 혼입된 때문이라 생각된다.

Fig. 9 (c)에서 가두리 양식장의 서쪽편 관측점 Tst 7, 8, 9에서의 사료공장 미가동시의 스펙트럼

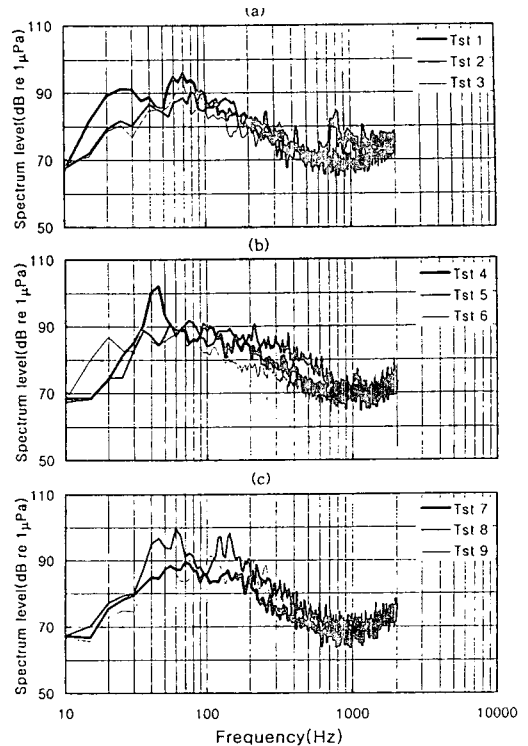


Fig. 9. Comparison between power spectrum levels of the underwater ambient noises at the Tst 1~9.

레벨은 Tst 7과 Tst 9의 관측점에서는 거의 비슷한 경향을 나타내었고, Tst 8에서는 주파수 30~200Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 특이한 현상을 나타내었다. 이와 같은 현상은 측정 당시 통행선박의 영향 때문이라 생각된다.

따라서, 실험한 가두리 양식장에서 사료공장의 미가동시 소음원은 주파수 범위가 10~600Hz이고 그 때의 스펙트럼 레벨은 70~90dB로 사료공장 가동시보다 10dB 정도 낮은 경향을 보였으며, 중심주파수는 70Hz였다.

#### 1.4 海水域에서의 船舶騒音

해수역인 통영에서 2.5톤급 어선의 선박소음을 5m 거리에서 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 2.5톤급 어선의 선박소음은 주파수 대역이 10~2kHz 범위에서 스펙트럼 레벨이 98dB에서 피크를 이루는 20~100Hz 영역과

110dB에서 피크를 이루는 주파수 대역이 100Hz ~ 2kHz 영역으로 나누어지는 특성을 나타내었다.

또한, 이와 같은 선박소음은 해수역에서의 수중 환경소음보다 높은 주파수 범위에서 스펙트럼 레벨이 높은 경향을 나타내고 있어, 호수역에서와 같이 가두리 양식장 주변을 선박이 통과할 때는 주파수 범위가 넓고 높은 레벨의 음압이 발생함을 알 수 있다.

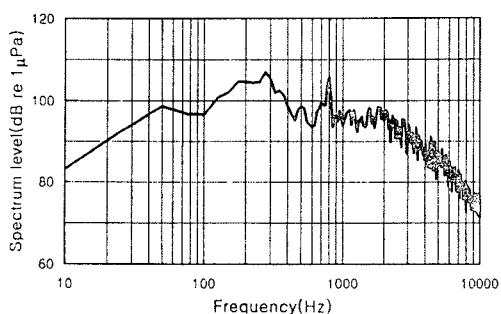


Fig. 10. Power spectrum levels of the fishing boat noise at the seawater of Tongyong-kun.

## 2. 生物騒音

### 2.1 湖水域에서의 生物騒音

호수역인 제천 충주호 가두리 양식장에서 향어의 식이음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 11과 같다.

Fig. 11에서 향어의 식이음은 주파수 범위가 10 ~ 300Hz였고, 스펙트럼 레벨은 70 ~ 104dB였으며, 그 중심주파수는 75Hz였다.

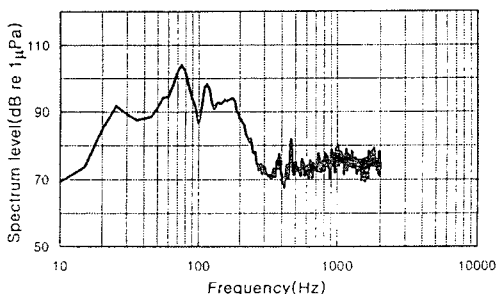


Fig. 11. Power spectrum levels of the feeding noise in the fish farm cage at lake of Chungju, Chech'on.

### 2.2 海水域에서의 生物騒音

해수역인 통영 육삼양어장에서 Fig. 5의 a, b, c, d, e 가두리에서 각각 축양되고 있는 점농어, 넙치, 돌돔, 참돔, 조피블락의 식이음과 유영음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과는 Fig. 12와 같다.

Fig. 12 (a)에서 점농어인 경우, 식이음의 주파수 대역은 10 ~ 500Hz였으며, 40Hz와 204Hz에서 100dB의 높은 음압을 나타내었다. 또한, 유영음의 주파수 대역은 10 ~ 400Hz였고, 스펙트럼 레벨은 65 ~ 95dB로 식이음보다 다소 낮은 경향을 나

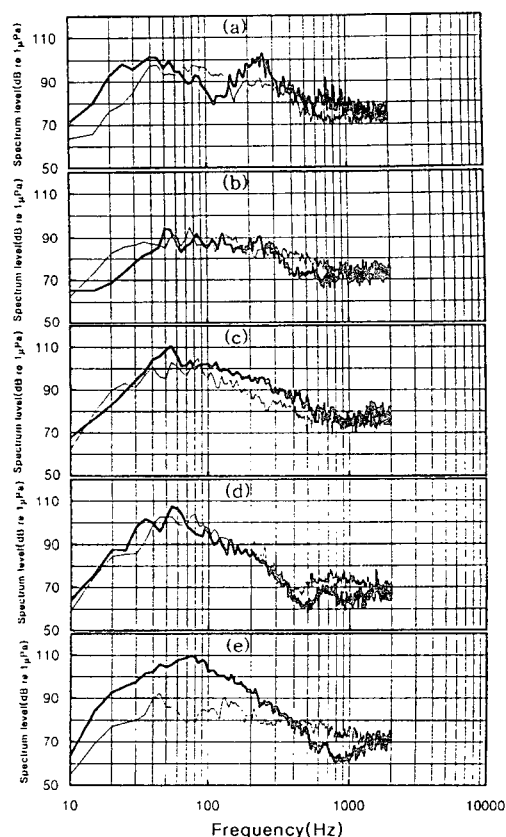


Fig. 12. Power spectrum levels of the biological noises in the fish farm cage at the seawater of Tongyong-kun.

(a) : *Lateolabrax japonicus*

(b) : *Paralichthys olivaceus*

(c) : *Oplegnathus fasciatus*

(d) : *Chrysophrys major*

(e) : *Sebastes schlegeli*

— : feeding noise, - - - : swimming noise.

타내었다.

Fig. 12 (b)에서 넘치인 경우, 식이음의 주파수 대역은 10~600Hz였고, 유영음의 주파수 대역은 10Hz~1kHz로 주파수 대역폭이 넓었다. 또한, 스펙트럼 레벨은 63~90dB로 비교적 낮았으며, 다소 심한 변동을 나타내었다.

Fig. 12 (c)에서 돌돔인 경우, 식이음의 주파수 대역은 10~500Hz였고, 유영음의 주파수 대역도 10~500Hz였다. 또한, 식이음의 스펙트럼 레벨은 70~110dB로 높게 나타났고, 중심주파수는 55Hz였으며, 유영음은 70~100dB 범위에서 다소 규칙적인 변동을 나타내었다.

Fig. 12 (d)에서 참돔인 경우, 식이음과 유영음의 주파수 대역과 스펙트럼 레벨은 거의 같은 경향을 나타내었으며, 주파수 대역은 10~400Hz였고, 스펙트럼 레벨은 60~107dB로 큰 차를 나타내었다.

Fig. 12 (e)에서 조피볼락인 경우, 식이음의 주파수 대역은 10~800Hz였으며, 그 중심주파수는 75Hz였고, 스펙트럼 레벨은 60~110dB였다.

또한, 유영음의 주파수 대역도 10~800Hz였으나 스펙트럼 레벨이 45Hz와 103Hz에서 피크를 이루는 현상을 나타내었다. 그리고 식이음과 유영음의 스펙트럼 레벨의 차는 다른 어류와는 달리 20dB 정도였다.

따라서, 가두리 양식어의 식이음과 유영음은 그 종류에 따라 스펙트럼의 패턴이 현저한 차이가 있으나 주파수 대역은 대개 10~800Hz였다.

## 要 約

호수역과 해수역 가두리 양식장에서의 수중환경소음과 어종별 식이음 및 유영음 등 생물소음의 특성을 연구하기 위하여, 1997년 10월 10일부터 19일까지 충북 제천시의 충주호와 경남 통영 해역에 있는 가두리 양식장에서 수중환경소음과 생물소음을 측정하여 스펙트럼 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 호수역에서의 가두리 양식장 수중환경소음은 10~200Hz 주파수 범위에서 그 스펙트럼 레벨이 70~105dB였으며, 중심주파수는 50~70Hz임

을 알 수 있었고, 200Hz~2kHz 범위에서는 주변의 수류와 바람의 영향에 따라 수중환경소음의 변동폭도 커짐을 알 수 있었다.

(2) 해수역에서의 가두리 양식장에서 사료공장 가동시 소음원의 주파수 범위는 20~200Hz였고, 스펙트럼 레벨은 80~100dB임을 알 수 있었으며, 사료공장의 미가동시 소음원은 주파수 범위가 10~600Hz였고, 그 때의 스펙트럼 레벨은 70~90dB로 사료공장 가동시보다 10dB 정도 낮은 경향을 보였으며, 중심주파수는 70Hz였다.

(3) 유람선의 선박소음은 주파수 대역이 10~500Hz 범위에서 스펙트럼 레벨이 100dB을 중심으로 크게 변동하고, 어선의 선박소음은 주파수 대역이 20Hz~2kHz 범위에서 중심 스펙트럼 레벨이 98dB인 20~100Hz 영역과 110dB인 100Hz~2kHz 영역으로 분리되는 특징을 나타내었다.

(4) 호수역에서의 생물소음은 향어의 식이음 주파수가 10~300Hz, 스펙트럼 레벨은 70~104dB였으며, 중심주파수는 75Hz였다. 해수역에서의 생물소음은 가두리 양식어의 식이음과 유영음이 그 종류에 따라 스펙트럼의 패턴에서는 현저한 차이가 있으나, 주파수 대역은 대개 10~800Hz였다.

## 參考文獻

- 1) 신현욱 (1995) : 양식 가물치 (*Channa argus*)의 행동에 미치는 파일작업 소음의 영향에 관한 연구, 한국수산학회지 제28권 제4호, 492~502.
- 2)鈴木 裕 ·濱田悅之 ·齋藤清隆 ·間庭愛信 ·白井靖幸 (1980) : 船の發生する水中音と海中生物への影響, 日本航海學會論文集 第63號, 25~31.
- 3) Wenz, G. M. (1962) : Acoustic ambient noise in the ocean ; Spectra and Sources, J. Acoust. Soc. Am. 34, 1936~1955.
- 4) Perrone, A. J. (1970) : Ambient-noise-spectrum levels as a function of water depth, J. Acoust. Soc. Am. 48(1), 362~370.
- 5) Perrone, A. J. (1974) : Infrasonic and low-frequency ambient noise measurements on the Grand Banks, J. Acoust. Soc. Am. 55, 754~758.
- 6) Takemura, A. (1972) : The distribution of biological underwater noise at the coastal



- waters of Japan, Bull, Jap. Soc. Sci. Fish. 38(3), 201~210.
- 7) 尹甲東 (1985) : 北海에서의 水中騒音分析, 韓國漁業技術學會誌 第21卷 第1號, 1~6.
  - 8) 朴仲熙 (1985) : 韓國東海岸에서의 海中騒音의 垂直音壓分布, 韓國漁業技術學會誌 第21卷 第1號, 7~11.
  - 9) 朴仲熙 (1987) : 船舶振動騒音が 海中環境騒音에 미치는 影響에 關한 研究, 韓國漁業技術學會誌 第23卷 第4號, 163~188.
  - 10) 김성부 (1990) : 부산 연안에서의 수중소음원에 관한 연구, 한국어업기술학회지 제26권 제2호, 180~183.
  - 11) 河康烈 · 尹甲東 (1983) : 迎日灣 附近에서의 水中騒音, 韓國水產學會誌 第16卷 第3號, 197~201.
  - 12) 鄭龍晉 · 邊昌翊 · 徐斗玉 (1986) : 濟州島 沿岸의 水中騒音- I, 濟州大 海資研報 第10卷, 29~38.
  - 13) 小長谷庸夫 (1980) : 琵琶湖의 音環境および工事音의 魚類에 對する 影響, 日本水產學會誌 第46卷 第2號, 129~132.
  - 14) 金尙漢 (1977) : 방어의 소리와 음향에 대한 행동, 釜山水大研報 第17卷 第1, 2號, 17~25.
  - 15) 金東洙 · 尹甲東 (1982) : 魚類의 食餌音과 그에 對한 走音反應 -농어 · 쥐치 · 검복-, 韓國漁業技術學會誌 第18卷 第2號, 71~75.
  - 16) 張善德 · 尹甲東 · 辛亨鎰 · 李珠熙 · 申鉉玉 (1986) : 音響集魚器의 集魚效果 - ( I ) 定置網漁場 -, 韓國漁業技術學會誌 第22卷 第4號, 75~81.
  - 17) 徐斗玉 · 淺野謙治 · 小長谷庸夫 (1989) : 水中音에 대한 高等어 魚群의 反應, 韓國漁業技術學會誌 第25卷 第1號, 12~17.
  - 18) 서두옥 · 정공흔 · 김진건 · 김삼곤 · 김동수(1995) : 가청 수중음에 대한 오징어 어군의 유집, 한국어업기술학회지 제31권 제3호, 220~227.
  - 19) 安長榮 · 徐斗玉 · 金三坤 (1996) : 濟州島 沿岸의 角網漁業에 있어서 水中音響에 의한 魚群의 誘集에 관한 研究, 韓國漁業技術學會誌 第32卷 第1號, 50~58.
  - 20) 申鉉玉 · 辛亨鎰 (1987) : 水中騒音의 遠隔計測, 韓國漁業技術學會誌 第23卷 第1號, 11~17.
  - 21) 梁龍水 · 鄭公炳 · 徐斗玉 (1992) : 小型漁船의 騒音에 關한 研究, 韓國漁業技術學會誌 第28卷 第4號, 412~417.
  - 22) 朴仲熙 · 金尙漢 (1975) : 船舶騒音에 關한 研究, 韓國水產學會誌 第8卷 第4號, 202~207.
  - 23) 尹甲東 (1981) : 船舶의 水中騒音에 關한 研究, 韓國水產學會誌 第14卷 第4號, 260~264.