

제주 연안에서 양식된 참조기의 청각 능력

안장영* · 김석종* · 최찬문* · 박용석** · 이창헌*
(*제주대학교 · **해양수산연구원)

Hearing Ability of Redlip croaker *Pseudosciaena polyactis* cultured in the Coastal Sea of Jeju

Jang-Young AHN* · Seok-Jong KIM* · Chan-Moon CHOI* · Young-Seok PARK** · Chang-Heon LEE*
(*Jeju National University · **Resources Researches Institute)

Abstract

The purpose of this paper is to improve the availability of underwater sound by the fundamental data on the hearing ability of Redlip croaker *Pseudosciaena polyactis*, which is cultured according to the cultivation technology, recently. The auditory thresholds of Redlip croaker were determined at 6 frequencies from 80Hz to 800Hz by heartbeat conditioning method using pure tones coupled with a delayed electric shock. The audible range of the Redlip croaker extended from 80Hz to 800Hz with the best sensitive frequency range including little difference in hearing ability from 80Hz to 500Hz.

In addition, the auditory thresholds over 800Hz increased rapidly. The mean auditory thresholds of the Redlip croaker at the test frequencies from 80Hz to 800Hz were 90.7dB, 93.4dB, 92.9dB, 94.4dB, 95.5dB and 108dB, respectively.

Auditory masking for the redlip croaker was measured using masking stimuli with the spectrum level range of about 66, 71, 75dB (0dB re $1\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$). According to white noise level, the auditory thresholds increased as compared with thresholds in a quiet background noise. The Auditory masking by the white noise spectrum level was started over about 70dB within 80~500Hz. Critical ratio ranged from minimum 20.7dB to maximum 25.5dB at test frequencies of 80Hz~500Hz.

Key words : Redlip croaker, Underwater Audible Sound, Hearing Ability, Auditory threshold, Critical ratio.

I. 서론

수중음은 감쇄가 적고, 파장이 길어 장애물을 회절하여 전달되는 특징이 있는데, 많은 어류가 부레, 이빨 등 여러 가지 방법으로 수중음을 발생하여 동종 어류간의 인식음, 신호음 등으로 서로의 존재를 확인하는 등 정보의 전달에 효과적인 역할을 하는 것으로 널리 알려져 있다. 이러

한 특성을 이용하여 여러 해양관측뿐 아니라 특히, 어류의 청각특성을 이용하여 어업에 이용하고자 많은 노력이 이루어져 왔다. Hatakeyama (1992)는 어류의 청각능력에 대한 연구로서 일반적인 어류는 주파수 100Hz에서 1,000Hz의 범위에 가장 민감한 반응을 하는 것으로 보고하고 있으며, 골표류는 60~80dB의 음압, 비골표류는 음압 90~110dB의 청각문턱치를 나타낸다고 보고하고

† Corresponding author : 064-754-3491 leech@jeju.ac.kr

※ 이 논문은 2015년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

있다. 그외 Ahn and Lee(2013)의 붕장어 청각능력, Park et al.(1995)는 명태의 청각에 대한 연구, Kim et al.(2002)은 해양목장을 위한 돌돔의 청각 특성에 대한 연구, Seo et al.(2003)은 잿방어의 청각에 관한 연구 등이 수행되었으며, 주로 이들 연구는 음향을 이용한 어구어법의 개발과 어구에 대한 어류의 행동 양상 연구에 많이 이용되어 왔다.

그러나 남획 등에 따른 수산자원의 회복 지연으로 어획량이 감소함에 따라 이에 대응하기 위해 위하여 여러나라에서 양식산업의 정책을 강화하고 있다. 참조기 *Pseudosciaena polyactis*는 9월에서 4월까지 주로 우리나라 서해안 일대와 동중국해에서 어획되며, 산란장은 우리나라 서해안 및 중국 연안해역으로 주로 근해유자망 등을 이용하여 어획하는 어선어업의 주요 어종이지만, 수온 등의 자연 변화에 의한 여러 요인 및 자원의 남획 등으로 자원회복이 더디어짐에 따라 이를 대체할 수 있도록, 국내에서도 참조기 양식 기술을 보급하면서 그 동안 가공 등 관련산업의 침체를 극복하고 어민의 소득을 증대하기 위한 노력들이 진행중이다. 이와함께 이러한 수산물의 변화에 맞게 모든 유용어류에 대하여 다방면의 연구를 지속하여야 하는 것이 무엇보다 필요한 실정이다. 그러나 육상 양식어의 관련 연구로는 주변 육상 개발에 따른 소음이나 진동이 육상 양식어류에 미치는 영향, 또는 양식장에 미치는 피해 보상 기준을 위한 연구(Choi et al. 2015)등 육상소음에 그치고 있어, 음향급이 등 어류 청각특성의 어업적 이용에 관한 연구가 많이 필요한 실정이며, 특히 제주연안 해안지역 개발에 따른 소음 및 진동의 발생은 주변해역의 해면어업뿐만 아니라 서식어류의 피해로 나타날 것이다. 이와함께 해상풍력발전기 설치 또는 항만 등의 연안 개발이 이루어짐에 따라, 차후 이들에서 발생하는 소음이 주변 어장에 서식하는 어류에 미치는 영향 등을 정량적으로 평가하기 위해서는 여러 관련 어종의 청각능력을 측정하는 것이 필수적이

다.

이 연구는 제주연안 지역에서 양식되기 시작하는 참조기의 어류 순치 및 이를 이용한 음향 급이 개발, 주변 소음으로 인한 피해조사 등 기초자료를 제공할 목적으로, 참조기의 청각문턱치를 측정하였다.

II. 재료 및 방법

실험어인 참조기는 제주 서부지역 양식장에서 구입한 후 제주대학교 해양과환경연구소의 사육 수조로 옮겨 약 1개월 순치시켰다. 실험에 사용된 참조기의 체장은 210 ~ 240mm, 체중은 140g 내외였다. 사육실험어 중 26마리를 이용하여 청각문턱치 결과를 얻었다. 사육중의 수온은 12.5. 0℃ ~ 15.5 ℃의 분포를 나타내었고, 사육수조에서 실험수조로 옮긴 후 실험수조에 순응되도록 최소 약 4시간 이상 지난 후 청각능력 측정 실험에 사용하였으며, 측정시간동안 수조의 소음을 최소로 줄이기 위하여 물의 흐름을 거의 멈추었다.

참조기의 청각 특성을 조사하기 위하여 Ahn and Lee(2013)와 같이 공중 스피커 (WCOM, SS-1200), 신호 발생기 (NF, 1942)와 잡음 발생기 (B&K, 1405) 그리고 믹서(INKEL, MX-642)를 연결하여 신호음과 백색잡음을 방성하였으며, 백색잡음의 주파수에 따른 감쇄를 보완하기 위해 이퀄라이저 (INKEL, EQ-9231)를 사용하였다. 심전도 도출은 참조기를 마취시킨 후, 낚시바늘을 이용하여 지느러미 아래 부근에 낚시 끝 부분을 삽입한 후, 오실로스코프 (Tektronix, TDS-340)로 실험어의 심박간격을 측정하였다.

실험어 조건 학습 및 청각문턱치 측정 : 어류의 음향 조건학습은 100Hz, 200Hz의 하나의 순음을 약 120 dB (0 dB re 1 μPa) 이상의 음압과 함께 직류 전압 7V의 전기 자극을 실험어에 주면서 조건 학습시켰다. 실험어의 심박간격이 안정

상태를 나타낼 때 지속시간 5초간의 순음을 방성하였으며, 방성개시 약 3초 후에 지속시간 0.1초의 전기 자극을 가하면서 학습을 시켰다. 이와 같은 조건학습의 완료에 대한 어류의 반응의 판정은 음자극을 주기 전보다 음자극을 주었을 때의 심박 간격이 넓었을 때를 반응이 있는 것으로 하였으며, 측정 주파수중 임의의 한 주파수에 대해 방성하였을 때 3회 이상 연속으로 심박간격에 양의 변화가 나타나면 음에 대한 학습이 완료된 것으로 간주하였다. 학습 효과를 높이기 위해 최소 5회 이상의 측정을 실시하였으며 학습 실험 모두 전기 자극 후 어류의 심박이 정상적으로 될 수 있도록 3~5분 이상의 시간 간격을 두어 음향 학습을 시켰다.

청각 특성을 측정하기 위하여 사용한 음향자극은 주파수 80, 100, 200, 300, 500, 800 Hz의 6종류의 순음을 이용하였으며, 음향 조건 학습을 완료시킨 후, 음압을 약 3~5dB씩 감소시켜 주파수 순음을 방성하면서 심박 간격을 관찰하였다. 5초 동안 방성중 실험어가 감지할 수 있는 가장 낮은 음압을 실험어의 청각문턱치로 취하였다.

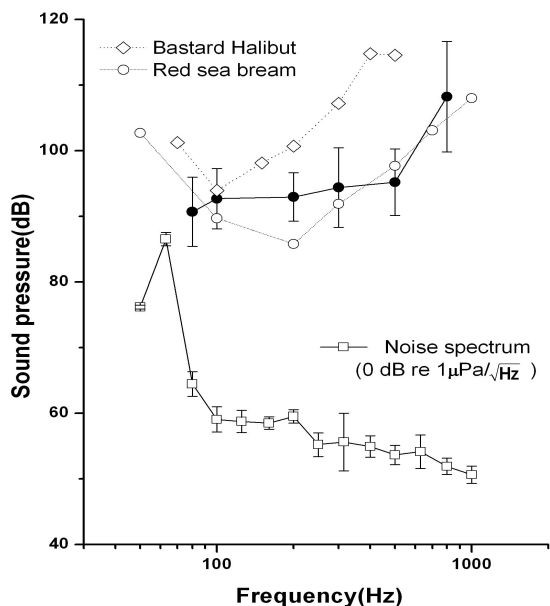
임계비 측정 : 실험어의 청각 임계비는 청각문턱치 측정과 같은 방법으로 실시하였으며, 100Hz 또는 200Hz의 순음을 120dB이상으로 방성하였다. 연속으로 3회 이상 양의 반응이 나타나면 학습완료로 간주하여, 백색 잡음의 스펙트럼 레벨(S)의 최저 단계의 백색 잡음을 방성하면서 측정주파수를 3~5dB 씩 감소시켜 측정주파수에 대한 청각문턱치를 측정하였다. 최저의 백색잡음 레벨에 대한 청각문턱치를 구한 후, 중간의 백색잡음 레벨, 그리고 최고 레벨의 백색잡음을 방성하면서, 각각의 잡음 레벨에 대한 청각문턱치를 구하였다. 이들 청각문턱치 측정은 수조에서의 소음발생을 억제하기 위하여 물의 흐름을 거의 차단하였으며, 또한 우연 오차를 줄이기 위하여 같은 음압에서 2회 이상 반응이 나타났을 경우에 청각문턱치로 하였다.

배경 잡음이 어류의 청각능력에 미치는 영향을

조사하기 위하여 사용한 백색 잡음레벨은 약 66dB, 71dB, 75dB를 이용하였으며, 이때 실험어의 청각 임계비는 실험어의 청각문턱치를 T(dB re μPa), 마스킹이 발생하기 시작하는 백색 잡음 스펙트럼 레벨을 S(0dB re $\mu\text{Pa}/\sqrt{\text{Hz}}$)라 할 때 T-S로 나타내었으며, t 검정을 이용하여 청각문턱치의 평균차이 유의성을 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

참조기의 측정주파수의 청각문턱치를 평균치와 표준편차로 [Fig. 1]에 1/3 Octave의 배경잡음과 함께 나타내었다. 참조기의 측정주파수에 대한 각각의 청각문턱치는 80Hz에서 90.7dB, 100Hz에서 93.4dB, 200Hz에서 92.9dB, 300Hz에서 94.4dB, 500Hz와 800Hz에서 각각 95.5dB, 108dB로 측정주파수 범위내에서 청각 특성이 민감하게 나타났다.



[Fig. 1] Comparison of auditory thresholds of Redlip croaker(●), Bastard halibut(◇: S. Fujieda et al. 1995) and Red sea bream(○: H. Ishioka. et al. 1988).

부레의 청각기능의 역할에 관해 Chapman and sand(1974)는 부레가 있는 어종과 부레가 없는 어종을 비교하여 어종간에 청각능력의 차이가 나타난다고 보고하고 있으며, [Fig 1]에 Fujieda et al.(1996)의 넙치(◇)와 Ishioka et al.(1988)의 참돔(○)의 청각문턱치를 함께 나타내었다. 넙치의 경우 부레가 없는 어종으로 일반적으로 참조기 또는 참돔과 같이 부레가 있는 어종에 비하여 가청 주파수가 높아질수록 청각문턱치가 급격하게 높아지고, 주파수의 범위가 협소하게 나타나고 있으며, 약 400Hz 부근이 가청 상한 주파수로 보고하고 있다. 주로 부레가 있는 어종은 참돔과 같이 200Hz와 같이 일부 가청주파수에서 민감한 청각문턱치를 갖고 있으며, 주파수가 높아질수록 청각문턱치가 높아지는 경향이 있으나, 실험어인 참조기의 경우 청각문턱치는 측정주파수 대부분의 범위에 걸쳐 일정한 값을 나타내고 있다. 특히 측정주파수 500Hz까지는 큰 변동을 보이지 않고, 약 95dB 이내의 값을 나타내어 넓은 주파수 범위에서 민감한 반응을 나타내고 있다.

어류의 청각과 관련된 많은 연구에서 청각능력에 영향을 미치는 요소인 어류의 부레는 어류 특유의 기관으로 어체의 비중을 조절, 청각능력 보조, 어류의 여러 가지 발생기관, 즉, 부레나 골격근, 이빨 등의 다양한 발생기관을 이용하여 소리를 내는 것으로 알려져 있다. 특히, 부레를 가지고 있는 어류는 부레측면에 방성하는 근육이 있어 근육의 중간부분에 신경계로부터 진동되어 소리를 발생시키는 것이 일반적인데(Fish and Moubay, 1970), 민어과인 참조기의 울음소리를 분석한 결과 중심 주파수 38.08Hz~141.60Hz의 주파수 대역을 나타내고 있는 어종으로 보고하고 있다(Lee et al., 2007). 어류가 음 감지에 부레를 이용할 경우, 부레의 크기에서 결정되는 공진주파수 부근의 음이 효율적인데, 그 상한주파수는 800Hz이고 주요 주파수범위는 25~250Hz로 알려져 있고, 부레에 의한 주파수 성분과 청각능력사이에 상관관계도 보고하고 있다.(Schellart and

Popper, 1992) 또한 Kojima. et al.(1996)는 부레의 진동특성 측정결과에서 내이에 의한 감지에 부레의 공진점이 영향을 미치고 있다고 보고하고 있지만, 실험어로 사용한 참조기에 있어서는 부레에 현저한 공진점은 보이지 않아, 내이에 의한 감지에 부레의 진동은 이용되지 않는 것으로 보이며, 이와 같이 부레는 어류의 복강내 위치나 밀도의 차이 등으로 음을 탐지하거나 음 발생등에 관여하는 것으로, 청각문턱치뿐만 아니라 어류가 인식할 수 있는 가청범위를 넓히는 기능이 있다고 판단된다.

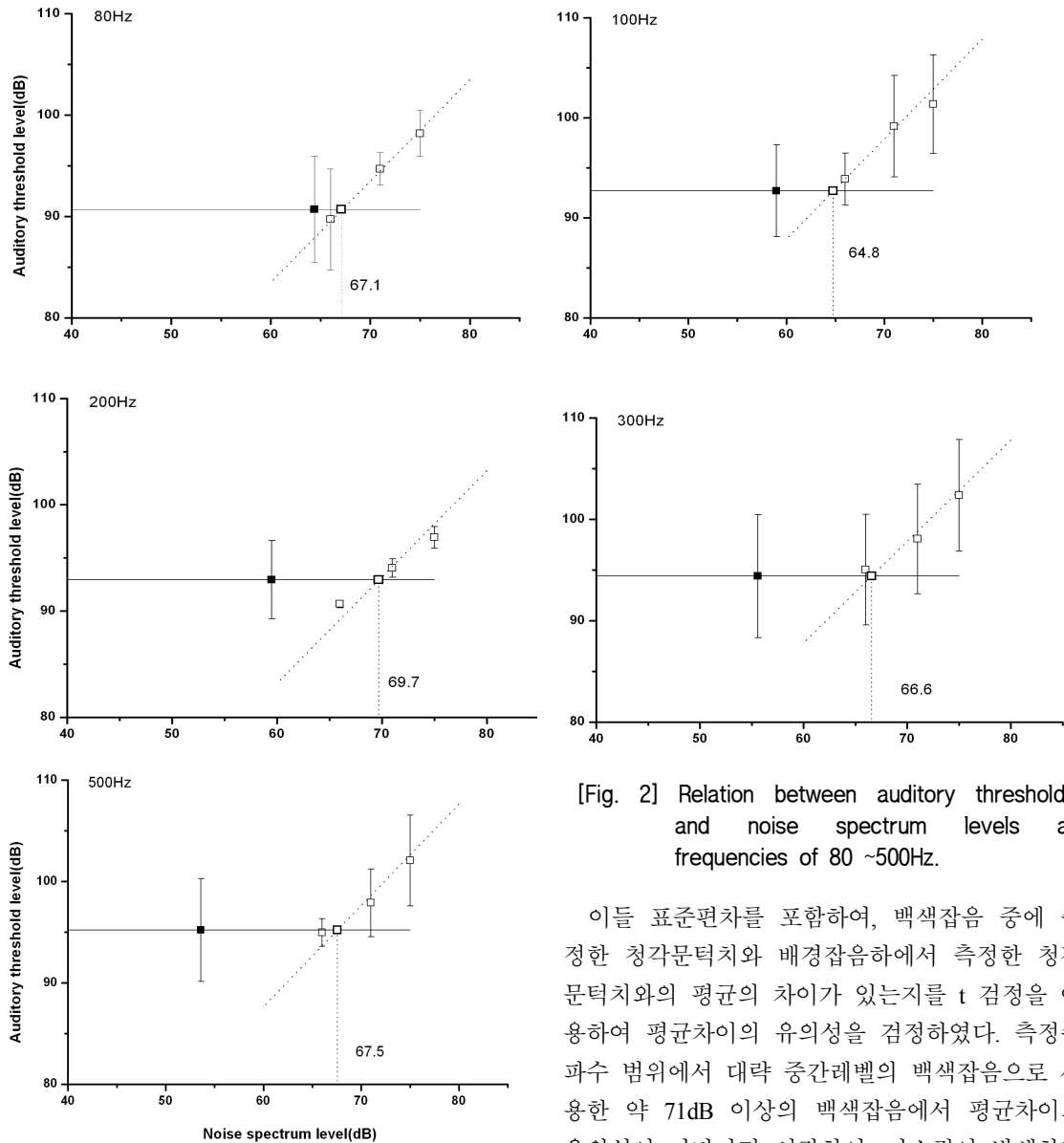
또한, 어류의 청각은 주위의 잡음에 의해서 영향을 받으며, 큰 잡음이 있을 경우 음을 인식하기 어려운 마스킹현상이 나타난다. 따라서 잡음에 의한 청각문턱치와 청각에 미치는 영향을 평가하기 위한 자료로 임계비를 사용하는데, 이것은 청각문턱치와 잡음의 비를 의미하는 것으로, 측정 주파수의 음을 인식하기 위해서는 측정주파수의 음압이 잡음스펙트럼 레벨보다 높아야하며, 즉, 청각 임계비 이상 높아야 음을 인식한다.

실험어인 참조기의 잡음에 대한 청각 특성, 즉 80Hz~500Hz의 측정주파수에 대한 청각 임계비를 나타내기 위하여 Ahn and Lee(2013)와 같이 각각의 음압(dB)관계를 3단계의 백색잡음 스펙트럼레벨을 기준으로 측정한 청각문턱치를 종축으로 하고, 백색잡음의 스펙트럼 레벨을 횡축으로 하여 [Fig. 2]에 나타내었다. 잡음에 의한 마스킹현상은 잡음의 크기에 비례하여 청각능력이 저하하기 때문에 기울기가 1인 회귀 직선으로 나타낼 수 있다. 참조기의 경우 백색잡음 방성시 측정주파수에서의 청각문턱치의 평균이 청각 임계비의 직선에서 다소 약간의 이탈이 보이고 있지만 거의 직선에 가깝게 나타났다. 실험 결과, 청각문턱치와 3단계로 설정한 백색잡음 레벨의 관계에서 어느 정도의 백색 잡음레벨까지는 청각문턱치가 변화되지 않았으나, 그 이상의 잡음 레벨에서는 백색잡음의 증가분만큼 청각문턱치도 증가하는 것으로 나타났다. 각각의 백색 잡음 방성시의 청각문

턱치의 평균들과 백색잡음레벨에 의한 회귀직선과의 교점으로 마스킹이 발생하는 잡음레벨을 구하였는데, 80Hz에서 67.1dB, 100Hz에서 64.8dB, 200Hz에서 69.7dB, 300Hz에서 66.6dB, 500Hz에서 67.5dB 이었다. 측정주파수 80~500Hz 범위에서 백색 잡음의 레벨이 높아지면 잡음변화에 따른 청각문턱치도 높아지고 있었고, 2개의 직선의 교

점으로 부터 참조기의 청각문턱치는 60~70dB사이의 잡음레벨에서 마스킹이 발생하는 것으로 나타났다.

그러나 청각문턱치 측정시 실험어인 개체의 청각능력, 실험자의 측정 능력외에 주변 여건에 따라 청각문턱치의 분포가 발생하여 [Fig. 2]와 같이 평균과 표준편차로 나타내었다.



[Fig. 2] Relation between auditory thresholds and noise spectrum levels at frequencies of 80 ~500Hz.

이들 표준편차를 포함하여, 백색잡음 중에 측정한 청각문턱치와 배경잡음하에서 측정한 청각문턱치와의 평균의 차이가 있는지를 t 검정을 이용하여 평균차이의 유의성을 검정하였다. 측정주파수 범위에서 대략 중간레벨의 백색잡음으로 사용한 약 71dB 이상의 백색잡음에서 평균차이의 유의성이 나타나기 시작하여, 마스킹이 발생하기

시작하는 잡음스펙트럼은 70dB 전후인 것으로 판단되었고, 측정에 사용한 약 66dB의 백색잡음 레벨은 청각에 영향이 미치지 않는 것으로 판단되었다. 따라서 참조기는 70dB 이상이 되면 백색잡음에 대한 마스킹 현상이 나타나는 것으로 보이며, 청각 임계비는 500Hz까지의 측정주파수에서 20~25dB 범위를 나타내었다.

참조기는 실험을 하기 위한 구속장치에 설치했을 때, 다소 지속적인 움직임이 높아, 실험어의 청각 특성 측정에 어려움이 있었다. 참조기의 심박을 이용한 청각특성을 측정하는데, 개체의 크기가 작은 경우, 청각문턱치 측정의 성공률이 낮은 편이며, 조건학습시 연속 3회 양의 반응을 보인 경우 학습완료로 인정하였는데, 비교적 적은 횟수로도 학습완료가 이루어졌으며, 백색잡음 발생시 심박 불안정이 다소 오래가는 경향이 나타났다.

이 실험 결과 참조기의 임계비가 Fig. 2에서와 같이 대부분의 측정주파수에서 약 20dB이상 800Hz에서 38dB이내로 나타났다. 어류의 경우 일반적으로 청각문턱치의 음압과 배경 잡음 스펙트럼 레벨과의 차이는 음압 15~20dB정도이면 어류는 배경잡음과 구별하여 감지할 수 있다고 보고하고 있어(Hatakeyama, 1989) 참조기는 측정주파수에 대하여 잡음을 잘 구분하고 있는 것으로 판단된다.

참조기의 청각문턱치는 80~500Hz의 측정주파수에서 대부분 민감하게 나타났다. 이와같이 참조기의 청각문턱치가 넓은 주파수에 걸쳐 민감하게 나타나면, 주변 인공소음에 의한 영향을 더 크게 받을 것으로 예상되며, 또한 주변 지역 개발에 따른 통행소음 등에 의하여, 실험어를 포함한 많은 양식어종에 있어서 경악 등의 스트레스로 인한 성장률 변화 등 여러 영향을 받을 수 있다고 판단된다. Ishioka et al.(1988)에 의하면 어류의 청각은 서식환경의 주변소음의 영향을 받아 청각문턱치가 높아진다고 보고하는 등 차후 양식 기술의 발달과 함께 어류의 음향순치 등 관련된

다양한 연구가 필요하다고 판단된다.

IV. 결론

어류의 음향순치, 양식장의 어류 사육, 연안 개발에 따른 소음 피해평가 등 어업자원의 수중음 이용 효율 향상 및 수중음에 대한 청각 특성의 기초자료를 제공할 목적으로 제주 서부 연안 양식장에서 사육되는 참조기를 대상으로 음향에 대한 청각능력을 측정하였다. 측정주파수 100Hz 또는 200Hz의 순음과 7V의 직류전압의 전기자극을 이용하여 음향조건 학습을 시킨 후, 측정주파수 80~800Hz의 음압을 임의로 변화시켜가면서 참조기의 청각문턱치 및 백색잡음에 대한 청각임계비를 조사한 결과, 측정주파수 80~800Hz에서 각각 80Hz에서 90.7dB, 100Hz에서 93.4dB, 200Hz에서 92.9dB, 300Hz에서 94.4dB, 500Hz와 800Hz에서 각각 95.5dB, 108dB로 500Hz이하에서 95dB 내외의 청각문턱치를 나타내고 있었고, 넓은 주파수 범위에서 청각문턱치가 낮아 주변 소음에 의한 영향을 많이 받을 것으로 판단된다.

참조기의 청각 임계비 측정을 위하여 백색잡음의 레벨을 3단계로 백색잡음을 발생하였을 때, 실험어의 청각문턱치는 잡음레벨이 높을수록 측정주파수 80Hz~500Hz에서 청각문턱치가 증가하는 마스킹 현상이 나타났다. 잡음에 의한 마스킹 현상은 음압 70dB내외의 잡음레벨 이상에서 나타나기 시작하였으며, 청각 임계비는 측정주파수에서 20~25dB의 범위를 나타내었다.

References

- Ahn, J. Y. and LEE, C. H.(2013). Hearing Ability of Sharp Toothed eel *Muraenesox cinereus* caught in the southern korean waters, *JFMSE*, 25(2), 341~348.
- Chapman. C. J. and O. sand.(1974). A field study of hearing in two species of flatfish, *Pleuronectes*

- platessa*(L) and *Limanda limanda*(L). Comp. Biochem. Physiol., 47, 371~385.
- Choi, T. H. · J. H. Kim. · H. L. Song. and C. S. Ko.(2015) Suggestion of Safety Level in Fish Farming by Impulsive Sound. Tunnel & Underground space. 25(2). 125~132.
- Fish, M. P. and W. H. Moubray.(1970). Sounds of Western North Atlantic fishes, A reference file of biological underwater sounds. The Johns Hopkins Press., 102~110.
- Fujieda. S. · Matsuno. Y. and Yamanaka. Y.(1996) The auditory threshold of the Bastard Halibut *Paralichthys olivaceus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 62, 201~204.
- Hatakeyama, Y.(1989). Masking effect on the hearing of red sea bream, *Pagrus major*, by ambient noise, Int. J. Aq. Fish. Technol., 1, 271~277.
- Hatakeyama, Y.(1992). The hearing abilities of fish, Fisheries Engineering, 28, 111~119.
- Ishioka, H. · Hatakeyama, Y. and Sakaguchi, S.(1988). The hearing ability of the red sea bream *Pagrus major*, Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 947~951.
- Kim, S. H. · Lee, C. H. · Seo, D. O. and Kim, Y. J.(2002). A basic study on acoustic conditioning of fish suitable for a marine ranch, 1. The sound sensitivity of of japanese parrot fish *Oplegnathus fasciatus*, J. Korean Fish. Soc. 35(6), 563~567.
- Kojima, T. · Shimamura, T. · Yoza, K. · Okumoto, N. · Hatakeyama, Y. and Soeda, H.(1992). W-shaped auditory threshold curves of masu salmon *Oncorhynchus masou*, Nippon Suisan Gakkaishi, 58(8), 1447~1452.
- Kojima. T. · Kitamura. S. · Ikuta. K. · Sugiyama. Y. · Yoza. K. and Soeda. H.(1996). Changes in Auditory Capability of Masu Salmon by Swimbladder Resonance of Rainbow Trout. Fisheries Science 62(1), 146~147.
- LEE, K. H. · Y. S. YANG · J. K. KIM · H. C. AN and J. K. SHIN.(2007). Characterization of sounds produced by 3 sciaenid species J. Kor. Soc. Fish. Tech., 43(3), 206~211.
- Park, Y. S. · Iida, K. and Nashimoto, K.(1995). Ratio of auditory threshold levels to artificial background noise spectrum levels in walleye pollock *Theragra chalcogramma*, Nippon Suisan Gakkaishi, 61(6), 847~853.
- Schellart. N. A. M. and A. N. Popper(1992). Functional aspects of the evolution of the auditory system of actinopterygian fish, in The Evolutionary Biology of Hearing., Springer-Verlag, New York, Tokyo, 295~322.
- Seo, Y. J. · Kim, S. H. · Kim, B. Y. · Lee, C. H. and Seo, D. O.(2003). A fundamental study on the auditory characteristics of Amberjack *seriola dumerili* in the coast of jeju island, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(4), 269~275.

• Received : 16 December, 2015

• Revised : 26 January, 2016

• Accepted : 29 January, 2016