

수중 저주파음에 의한 능성어의 행동제어에 관한 기초적 연구 II. 음향순치

양용수 · 서두옥* · 백철인**

국립수산과학원 · *제주대학교 · **국립수산과학원

서론

어군의 음향에 대한 행동을 알아내는 것은 어업에 있어서 중요한 일로, 많은 어종의 청각특성을 파악하는 것이 필요하며 많은 연구자들이 다양한 실험방법으로 측정하여 왔으며, 그 결과 어류도 어느 주파수대의 음을 감지하는 능력이 있다든가 음원 방향을 탐지하는 능력을 가진다는 것 등이 밝혀지고 있다.

이처럼 어류의 청각능력을 어업생산에 응용하기 위한 하나의 시도로서 음과 사료에 의한 학습, 즉 수중음향을 이용하여 어군의 유집행동을 유발하고, 어군을 학습시켜 어군의 행동영역, 섭이행동 등을 제어하기 위해서는 어느 주파수의 음을 어느 정도의 음압으로 방성할 때 어류가 들을 수 있는지, 어떤 음이 학습음으로 가장 효과적인지, 어느 정도의 기간동안 학습을 시켜야 학습효과가 명확하게 나타나고 가장 오랜 동안 학습효과를 유지시킬 수 있는지 등을 구명하는 일은 매우 중요하나 이에 관해서는 참돔, 넙치, 연어, 송어 등 극히 일부의 어종에 대해서만 연구되고 있는 실정이다.

따라서, 능성어를 실내수조에서 사육할 때 사육음을 방성한 경우의 체장 및 체중에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 고찰해 봄으로써 능성어를 사육할 때 음향 방성과 급이를 함께 하는 방법을 이용할 수 있는지 여부, 해양목장 산업 등에 음향학습을 적용시킬 때 학습음의 적정한 주파수와 음압은 물론 방성 시간 등에 대한 기초자료를 확보하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

음향학습 실험에 사용된 실험어는 부산연안에서 통발어구에 어획된 능성어 200미를 사육수조(L6,000×B1,900×D1,830mm)로 이송한 후 사육순응 시킨 것 중, 30미를 무작위 추출하여 실험에 사용했는데, 전장 범위는 14.3~21.6cm로 평균 17.1cm, 표준편차 1.72cm, 체중 범위는 60~200g로 평균체중이 106.8g, 표준편차 19.7g이었다.

이와 함께 실험어의 행동 해석을 용이하게 하기 위해서 실험용 가두리를 길이방향으로

1,000mm 간격으로 3등분하여 하얀색 나일론 줄로 표시한 후, Fig. 1에서와 같이 수중 스피커와 가장 가까운 곳에 위치한 좌측 가장자리로부터 A 구역, B 구역, C 구역으로 구분하여 정하였다.

또한, 이 실험에서 사용한 학습음의 음압 강도는 환경소음의 영향을 받을 때 94.8dB, 백색소음 방성시 102.5dB, 청각임계비 34.2dB인 점을 고려하여 실험수조 중앙부에서 약 130dB이 되도록 학습음을 방성하였다.

이 실험에서 사용한 전 개체수를 N마리, A구역에 출현하는 마리수를 N_A , B구역에 출현하는 마리수를 N_B , C구역에 출현하는 마리수를 N_C 라 하면 A구역에 출현하는 출현율 (Appearance rate in A area) A_a 는

$$A_a (\%) = \frac{N_A}{N} \times 100 \quad \text{-- (1)}, \quad \text{B구역의 출현율 } A_b \text{는 } A_b (\%) = \frac{N_B}{N} \times 100 \quad \text{-- (2)},$$

$$\text{C구역의 출현율 } A_c \text{는 } A_c (\%) = \frac{N_C}{N} \times 100 \quad \text{-- (3)으로 구하였다.}$$

결과 및 요약

실험용 가두리내의 실험어 출현빈도는 실험용가두리의 네 모서리 구역에서 30%, 스피커가 설치된 좌측 가장자리에서 30%, 끝단의 가장자리에서 23%를 나타내었다. 또한, 실험용 가두리 길이방향 2개의 모서리에 54%를 나타내었고 네모서리 외측가장자리 구역은 67%의 높은 출현율을 나타내고 있었다. 이에 반해 실험용가두리 중앙부에서는 실험어의 출현율이 매우 낮은 것을 알 수 있다.

학습음 방성전 60초 동안의 실험용 가두리내 구역별 실험어의 마리수를 측정하여 출현율은 A구역에는 33.0~56.7%로 평균 47.0%, B 구역은 6.7~30.0%로 평균 15.6%, C 구역은 30.0~46.7%로 평균 31.4%의 출현율을 나타내었다.

학습음 방성과 급이중, 실험수조내 구역별 실험어의 출현율은 A 구역에서 13.3~93.3%로 평균 75.6%, B구역은 3.3~53.3%로 평균 15.0%, C 구역은 0~60.0%로 평균 9.4%로 A 구역에 밀집되어 출현하고 있었다.

학습음 방성과 급이 완료 후 실험수조 내 구역별 실험어의 출현율은 A 구역에는 33.3~76.7%로 평균 50.3%, B 구역은 10.0~40.0%로 평균 20.7%, C 구역은 0~50.0%로 평균 29.0%였다.

음향학습의 효과를 알아보기 위하여 실험용 가두리내 수중스피커가 설치되어 있는 방향인 A구역내에서 학습음 방성전, 방성중, 방성후로 나누어 실험어의 출현율을 측정하여 나타난 결과, 실험어는 학습음 방성 전에는 33.3~56.7%로 평균 47.0%, 방성중에는 13.3~86.7%로 평균 70.3%, 방성후에는 33.3~76.7%로 평균 48.7%를 나타내어, 학습음 방성중이 학습음 방성전·후에 비해 20% 이상의 출현율 증가를 나타내었다.

또한, 학습음의 순치실험을 시작한지 5일이 경과된 후부터 학습음을 방성할 때까지의 A 구역의 평균 출현율은 87.5%를 나타내어, 음향순치 실험에 의한 실험어의 음향학습은 충분히 달성되었다고 판단된다.

학습음 방성전과 방성중의 각 구역별 실험어의 출현율 차를 살펴보면, A 구역에서 실험어 출현율차 범위는 -30~46.7%로 평균 23.8%의 차를, B 구역에서는 -13.3~46.7%로 1.0%의 차를, C 구역에서는 -46.7~16.7%로 평균 -24.8%의 차를 보였다.

따라서, 이 결과는 A 구역에서의 실험어는 방성전에 비해 방성중에 23.8%의 실험어가 다른 구역에서 이동되어 왔음을 나타내고 있고, B 구역에서도 1%의 출현율차 만큼 다른 구역에서 B 구역으로 이동되어 왔으며, C 구역에서는 24.8%의 실험어가 다른 구역으로 이동하였음을 나타내고 있다.

참고문헌

- 有元貴文, 難波憲二, 1996. 魚の行動心理學と漁法, 恒星社厚生閣, 74~106.
- 古野鎮夫, 1964. 魚類の聽覺と音環境に関する研究 I -水中騒音の周波數分析-,
- Harris G. G. and W. A. van Bergeijk, 1962. Evidence that the lateral-line organ responds to near-field displacements of sound sources in water. J. Acoust. Soc. Am., 34, 1831~1841.
- 畠山良己, 1992. 水中音に對する魚の聽覺能力, Fisheries engineering. Vol 28(2), 111~119.
- 幡谷雅之・大西慶一・大須賀穗作, 1989. 카사고およびヒ라메의音響馴致について. 静岡水産試驗場研究報告. 24.
- 藤谷 超・坂口清次・福原 修, 1973. 마다이種苗의音響馴致의ための研究. 淺海域における増養殖の開發に関する綜合研究報告, 3, 251~265. 1973.
- 井上喜洋, 1975. 音によるタイ의學習實驗. 相模灣支所報告. 7. 17~19.
- 石岡宏子, 1984. 마다이의스트레스反應に関する生理化學的研究. 南西水研報. 17, 1~133.
- 伊藤 博・本田和民, 1973. 音響器機による魚群誘導試驗. 水中音響應用研究會, 2. 10~20.
- 大分縣水産試驗場, 1985. 大分縣における海洋牧場의造成について. 大分縣水試調年報, 53(6), 967~973.
- 岡本峰雄, 1982. 마다이音響馴致漁場における中心とした數種의魚群行動について. 日本水産學會誌, 48(8), 713~1119.
- Popper A. N., 1972. Pure-tone auditory threshold for the carp. J. Acoust. Soc. Am., 52, 1714~1717.