

魚類의 視力에 관한 研究- II .  
쥐지의 視認限界에서의 밝기와 線의 굵기와의 관계

安 永 一 · 梁 龍 林

釜慶大學校

(1997년 9월 1일 접수)

**Visual acuity of fish – II .**  
**Relationship between light intensity and line width at visual limit of filefish**

**Young – Il AN and Yong-Rhim YANG**

Pukyong National University

(Received September. 1, 1997)

**Abstract**

The visual acuity of filefish *Stephanolepis cirrhifer* was studied through a series of experiments by observing their responses to target plates. The fish were trained to respond to the target plates made of white acrylic resin with a vertical black line 5 cm long in the center. The width of the black line ranged from 0.2 mm to 8.0 mm. The line width was diminished until the fish could no longer distinguish the line at a distance of 100 cm from the target plate. This was repeated under light intensities of 400, 20, 5, 3 and 1 lx at the water surface. Fish were rewarded with bait in front of the target plate if the fish went to the target plate (i.e., success).

The results show that the training effect of filefish had a success rate of over 80% and that the reach times to the target plates were 4~5 seconds over 210 experimental times. The success rate was high using the thick line with strong apparent contrast, but was low at the 1 lx. The visible critical width of line became thick with decreasing light intensity, 0.24 mm at 400 lx, followed by 0.30 mm at 20 lx, 0.40 mm at 5 lx, 0.46 mm at 3 lx and 2.87 mm at 1 lx. The apparent contrast for visible critical width of line increased with decreasing light intensity, 0.01 at 400 and 20 lx, 0.02 at 5 lx, 0.03 at 3 lx and 0.09 at 1 lx. The line acuity of filefish was best 1.21 at the 400 lx, followed by 0.97 at 20 lx, 0.73 at 5 lx, 0.63 at 3 lx and sharply decreased to 0.10 at 1 lx. The visible ranges for 1 mm and 6 mm in width of line were about 4.2 m and 25.0 m at the 400 lx light intensity and decreased to 1/14 times and 1/12 times of the 400 lx at 1 lx, respectively.

**緒 論**

어류의 視覺은 일주기 행동, 먹이 포획, 군집형성 및 적으로부터의 회피 등의 다양한 행동에 활

용되고 있을 뿐만 아니라 어구에 대한 반응여부를 결정짓는 중요한 요소이며, 각종漁業의 어획과정에서도 視覺效果는 어획에 큰 영향을 주고 있다.

트롤漁業에서는 후릿줄과 모래연무 등에 의해

그물입구 중앙으로 어류가 구집되어 그물의 진행 방향으로 유영하는 현상<sup>2)</sup>, 야간보다 주간이 어획 효율이 좋다는 사실<sup>3)</sup> 및 트롤망의 끝자루 앞부분에 콘트라스트를 강하게 해줌으로써 어류의 탈출 효과가 증가하는 현상<sup>4)</sup> 등이 알려져 있다. 그러나 실제 어획시에는 박명시나 야간의 경우도 있고, 또한 어획수심이 상당히 깊은 경우도 있기 때문에 어획시에 항상 視覺機能을 충분히 이용한다고 볼 수는 없지만, Glass and Wardle<sup>5)</sup>는 실제 조업시의 그물에 대한 행동을 수중 관찰한 결과, 低照度 환경에서는 활동성이 저하된다고 하였다.

낙시漁業에서는 주간에 투명도가 높은 경우, 어류는 먼저 눈으로 미끼를 발견하고 낙시에 접근하게 되는데, 어구에 대한 視認距離와 미끼의 크기, 형태는 조획여부에 중요한 요소이다<sup>6)</sup>. 川村<sup>7)</sup>는 망치고등어의 視覺과 낙시어법에 관한 연구에서 어류의 視覺으로부터 어구어법을 고려하는 경우, 분광감도, 색깔과 더불어 視力이 중요하다고 하였다.

또한 集魚燈을 사용하는 채낚기나 旋網漁業<sup>8)</sup>의 경우는 어류가 集魚燈에 모여드는 그 사실이 視覺에 의존하는 것이 되고, 刺網漁業에서는 그물이 잘 보이지 않아야 하므로 복합섬유보다 단일섬유로 된 刺網이 더 효과적이라고 알려져 있다<sup>10)</sup>.

이와 같이 여러 어구의 어획과정에서는 시각효과가 중요하므로, 많은 연구자들은 어류의 視覺에 대한 기초적인 연구를 통하여 漁業에 응용하려고 하고 있다<sup>11)</sup>. 어류는 수중에서 낙시어구, 그물어구 등 각종 어구를 볼 때 일부분만을 보게 되며, 그때 光環境은 항상 변화하여 어구의 시인여부를 결정하는 중요한 요소가 된다.

본 연구에서는 前報<sup>12)</sup>와 같이 행동학적 수법을 이용하여, 밝기에 따라 취치가 시인하는 선의 굵기와 선시력을 조사하였기에 보고하고자 한다.

## 材料 및 方法

### 1. 實驗魚

본 연구에 사용한 實驗魚는 정치망으로 어획된 체장 13~15 cm인 쥐치, *Stephanolepis cirrifer*

[TEMMINCK et SCHLEGEL]이며, 실험은 부경대학교 어군행동학 실험실에서 실험어 20마리를 사육수조에 10일 이상 적응시킨 다음 행하였다.

### 2. 實驗裝置

실험수조(260L×50W×55H cm)는 광택이 없는 회색 순환여과식 수조로 대기부와 실험부로 되어 있으며, 수조내 실험장치는 흰색 아크릴판으로 만들었고 수심은 20 cm 로 유지하였다(Fig. 1).

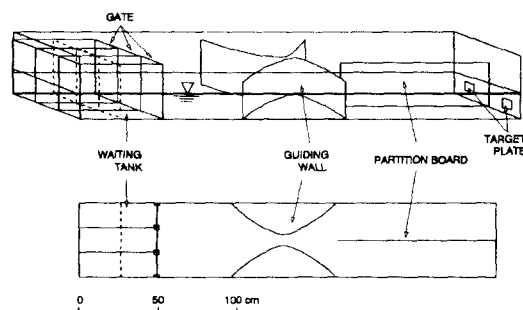


Fig. 1. Experimental apparatus used to measure the visual acuity of filefish.

대기부는 실험수조의 한쪽 끝부분에 아크릴 판으로 된 6개의 대기구간 (25L×17W×55H cm)으로 되어 있는데, 각 대기구간에는 실험부쪽으로 문이 있어 실험어가 실험부로 나올 수 있도록 하였다.

실험부는 1개의 誘導路와 2개의 水路 및 標的板으로 구성되어 있는데, 誘導路는 아크릴 판을 쌍곡선형으로 만들어 실험어가 수조의 중앙으로 나올 수 있도록 하였으며, 誘導路의 가장 좁은 지점의 폭은 10 cm이다. 한편, 水路는 誘導路의 가장 좁은 지점에서 30 cm 떨어진 곳에 길이 100 cm, 높이 30 cm로 된 아크릴 판의 칸막이를 수조의 길이 방향으로 설치하여 2개의 水路를 만들었다.

標的板은 아크릴 판으로 된 10×10 cm의 정사각형인데, 표적물을 부착한 것 12가지와 표적물이 없는 1가지로 되어 있으며, 대기부의 반대쪽 실험

부의 수조 벽에 1개씩 설치하였다. 표적물거리의 칸막이의 시작 부분에서 標的板까지의 거리로서 100 cm로 일정하였다. 표적물은 인스턴트 레터링(AL532~AL534)을 사용하여 만든 길이 5 cm의 黑色線인데, 線의 굵기는 8.0, 6.0, 3.0, 2.5, 2.0, 1.5, 1.0, 0.8, 0.6, 0.5, 0.3, 0.2 mm의 12가지이며, 한 개씩의 黑色線을 標的板의 중앙에 수직 방향으로 부착하였다.

조명장치는 20W의 백색 형광등 8개를 이용하여 만들었는데, 수면에서 3 m높이에 설치하였다. 실험수조와 조명장치 사이에 비닐과 트레이싱지로 구성된 필터를 설치하여 수조내의 밝기가 균일하게 하였으며, 수면조도가 400, 20, 5, 3, 1 lx의 5가지 광환경조건이 되게 하였다.

표적물의 겉보기 콘트라스트(Cr)는 배경의 밝기, 표적물거리 및 표적물의 굵기·색에 따라 달라지는데, 각 밝기하에서 투명유리로 수밀된 휘도계(Topcon, BM-8)를 표적물로부터 100 cm 떨어진 곳에 설치하여 측정경 2°로 표적물의 휘도  $L_r$ 와 표적물이 없는 標的板의 휘도  $L_{br}$ 를 측정하여, 식(1)에서 구하였다<sup>13)</sup>(Table 1).

$$Cr = \frac{L_r - L_{br}}{L_{br}} \quad (1)$$

Table 1. Apparent contrast for the target sizes at five light levels

Target size (mm)	Light intensity (lx)				
	400	20	5	3	1
8.0	—	0.24	0.24	—	0.23
6.0	0.21	0.19	—	—	—
3.0	0.13	—	0.10	—	0.09
2.5	—	—	—	—	—
2.0	—	0.07	0.08	—	0.05
1.5	0.08	—	—	—	—
1.0	—	0.03	0.04	0.05	—
0.8	—	0.02	0.04	—	—
0.6	0.04	—	0.04	—	—
0.5	—	0.02	0.02	0.03	—
0.3	0.01	0.01	0.02	0.03	—
0.2	0.01	0.01	0.02	—	—

콘트라스트의 값은 -1에서 +∞로 변화하는데, 밝은 배경에 검은 표적물일 경우는 -부호가 되고, 반대로 검은 배경에 밝은 표적물일 경우는 +부호가 되는데, 본 연구에서는 밝은 배경에 검은 표적물일 경우이고 부호에 대해서는 고려하지 않았다<sup>13,14)</sup>.

수조의 수질은 순환식 여과장치와 냉각기(신용냉각, SY-200B), 에어레이션 등을 이용하여 관리하였으며, 실험기간의 해수의 탁도는 0.35atu(약 0.1 m<sup>-1</sup>)<sup>15)</sup>였고, 수온은 19~21℃였다.

### 3. 實驗方法

실험은 학습실험과 線視力 실험으로 구분하여 행하였는데, 학습실험은 밝기가 400 lx이고 콘트라스트가 비교적 큰 0.21인 선의 굵기 6 mm의 표적물을 이용하여 행하였다. 실험순서는 학습 초기에 먹이로 표적물까지 유인하는 과정을 제외하고는 학습실험과 線視力 실험이 동일한데, 대기구간에 1마리씩 실험어를 넣은 상태에서 설정된 밝기를 1시간 이상 조명하여 실험어를 그 밝기에 적응시킨다. 한 개의 대기구간의 문을 열면, 실험어가 誘導路를 통과하여 2개의 水路중 1개의 水路에 진입하게 하였다. 이때, 표적물이 있는 標的板쪽의 水路에 진입하였을 때 標的板 부근에서 먹이를 주고, 표적물이 없는 水路에 진입했을 경우와 誘導路를 통과하지 않는 경우에는 먹이를 주지 않았다. 그 후에 실험어는 대기구간으로 되돌아오게 하였다.

학습실험은 각 실험어에 대해서 반복 실시하여, 실험어의 視認率(식2)이 80% 이상 되고, 도달시간(대기구간의 문을 연 직후부터 실험어가 표적물에 도달하는 시간)이 안정되었을 때를 학습이 완료된 것으로 간주하고 線視力 실험을 행하였다.

어류의 視認率(%)은 시행회수에 대한 표적물의 선택회수의 비율로 식(2)와 같이 구한다.

$$\text{視認率}(\%) = \frac{\text{표적물선택회수}}{\text{시행회수}} \times 100 \quad (2)$$

線視力 실험은 밝기 5가지와 표적물의 굵기 12가지에 대하여 실시하였는데, 각 밝기별로 視認率

50%전후가 될 때까지 표적물의 굵기는 굵은것에서 가는것 순으로 바꾸어 가며 행하였다. 視認率 50%는 본 연구에서 실험어가 어떤 밝기하에서 표적물을 시인한다고 판단할 수 있는 限界値이다. 밝기는 밝은 것에서 어두운 것순으로 실험을 행하였는데, 표적물이 부착된 標의板은 兩水路쪽에 교대로 설치하였고, 실험회수는 설정된 밝기와 굵기 하에서 각 개체에 대해서 30회 이상씩 실시하였다.

視認率과 표적물의 굵기와의 관계를 나타내는 대표곡선의 식(3)은 밝기  $I$ 하에서 표적물의 굵기  $X$ 에 대한 視認率  $Y$ 로, 회귀분석으로 구한다.

$$Y = a \ln X + b \quad (3)$$

단,  $a, b$  상수이다.

視認限界線의 굵기( $D$ )는 視認率 50%에 해당되는 線의 굵기를 의미하는데, 각 밝기에서 視認限界線의 굵기는 각 대표곡선의 식(3)으로부터  $Y = 50$ 일 때의  $X$ 의 값으로 산출하였다.

魚類의 線視力( $VA$ )은 다음식으로부터 구한다<sup>12,16,17</sup>.

$$VA = \frac{\pi \times r}{180 \times 60 \times D} \quad (4)$$

단,  $r$ 은 표적물의 거리  $100 \text{ cm}$  이고  $D$ 는 視認限界線의 굵기이다

각 밝기하에서 어류의 視認距離는 다음식으로부터 구한다<sup>17,16</sup>.

$$R = VA \times \frac{180 \times 60 \times X}{\pi} \quad (5)$$

단,  $R$ 은 어류의 視認距離( $mm$ )이며  $VA$ 는 視力,  $X$ 는 표적물의 굵기이다.

## 結果 및 考察

### 1. 學習效果

밝기가  $400 \text{ lx}$ , 표적물 거리  $100 \text{ cm}$ , 표적물 굵기  $6 \text{ mm}$  및 길보기 콘트라스트  $0.21$ 의 조건하에서 학습실험 회수에 대한 쥐치의 視認率과 도달시간과의 관계는 Fig. 2와 같은데, 학습이 어느 정도 수행된 170~240회까지만 나타내었다. 視認率은 시행회수가 증가함에 따라 대체로 증가하였는데,

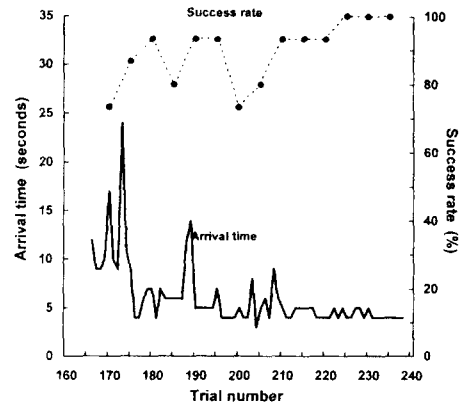


Fig. 2. Changes in the arrival time and the success rate for the thick line ( $6 \text{ mm}$ ) according to trial numbers at light intensity of  $400 \text{ lx}$ . Success rate was expressed as the percentage of target choices in the 15 trials.

170~210회까지는 불안정하게 증가현상을 보였고, 210회 이상에서는 90% 이상으로 비교적 안정되었다.

도달시간은 시행회수가 증가함에 따라 감소하는 경향이였으며, 170~210회까지는 불안정하게 변동하였으나 210회 이상에서는 4~5초로 거의 안정되어 표적물에 대한 학습이 완료된 것으로 간주하고 線視力 실험을 행하였다.

그런데, 본 실험어인 쥐치는 80년대말~90년대 초에 연근해업계의 다획어종 중의 하나로 꼽혔으나, 어획량이 해마다 감소해 근래에는 거의 고갈 상태에 이르고 있어 연근해 자원관리 방안이 시급한 어종이 되었다. 만약 1일에 10회씩 쥐치를 학습시킬 경우 약 20일이라는 비교적 짧은 기간에 학습이 완료되는데 비해, 약 70일의 긴 기간이 필요한 돌돔<sup>19)</sup>보다 학습효과가 뛰어나 앞으로의 해양목장화에 적합한 어종으로 생각된다.

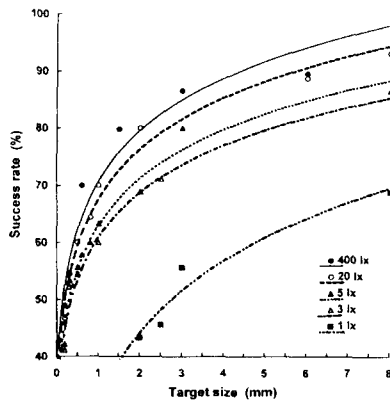
### 2. 視認率

5가지의 밝기하에서 표적물의 굵기에 대한 視認率은 Table 2와 같고, 각 밝기별 표적물 굵기에 따른 대표곡선은 Fig. 3과 같다.

視認率은 표적물의 굵기가 가늘어지거나 밝기가 감소함에 따라 낮아지는 경향이었고, 視認率의 대표곡선은  $400 \sim 3 \text{ lx}$ 의 밝기에서 비교적 비슷한

**Table 2. Success rate for the target sizes at five light levels**

Target size (mm)	Light intensity (lx)				
	400	20	5	3	1
	%				
8.0	—	93.3	86.7	—	68.9
6.0	89.7	88.9	—	—	—
3.0	86.6	—	80.0	—	55.6
2.5	—	—	—	71.1	45.6
2.0	—	80.0	68.9	—	43.3
1.5	79.8	—	—	—	—
1.0	—	70.0	63.3	60.0	—
0.8	—	64.4	60.0	—	—
0.6	70.0	—	57.8	—	—
0.5	—	60.0	55.6	54.4	—
0.3	54.5	54.4	53.3	52.2	—
0.2	48.9	46.7	42.2	41.1	—



**Fig. 3. Success rate for the target sizes at different light intensities.**

Symbols ●, ○, ▲, △ and ■ represent the mean values of success rate at 400, 20, 5, 3 and 1 lx respectively.

경향을 나타내었고, 1lx의 경우는 다른 밝기의 경우보다 현저하게 낮은 視認率을 보였으며, 대표곡선의 변화가 완만하였다.

학습이 완료된 쥐치의 행동은 대체로 각 밝기에서 視認率이 약 70% 이상되는 표적물의 굵기에서는 대기구간의 문을 여는 동시에 표적물이 부착된水路에 곧바로 진입하고, 먹이를 먹고나서는 스스

로 자신의 대기구간으로 되돌아가는 실험어도 있었다. 그러나 그 이하의 표적물의 굵기에서는 문을 열면 誘導路를 천천히 통과하고 칸막이 바로 앞에서 일단 머뭇거리다가 1, 2초 후 표적물이 부착된水路에 진입하여, 표적물 視認에 표적물 크기의 영향이 있음을 알 수 있었다.

한편, 각 밝기별의 표적물의 굵기에 대한 걸보기 콘트라스트(Table 1)과 視認率(Table 2)과의 관계는, 동일한 밝기하에서는 걸보기 콘트라스트가 커지면 視認率이 높아짐을 알 수 있다.

### 3. 視認限界線의 굵기

Fig.3에서 5가지 밝기에 대한 표적물의 크기와 視認率과의 관계를 나타내는 대표곡선 식은 식(3)과 같이 구하여 Table 3에 나타내었다.

**Table 3. Relationship between success rate(Y) and target size(X) at five light levels**

Light intensity (lx)	Regression formula
400	$Y_{400} = 13.794 \ln X + 37.677$ ( $r = 0.968$ )
20	$Y_{20} = 13.536 \ln X + 35.16$ ( $r = 0.991$ )
5	$Y_5 = 12.842 \ln X + 32.138$ ( $r = 0.983$ )
3	$Y_3 = 12.335 \ln X + 31.256$ ( $r = 0.968$ )
1	$Y_1 = 18.96 \ln X - 13.63$ ( $r = 0.969$ )

밝기별의 대표곡선식에서 視認率 50%( $Y_1 = 50$ )에 해당하는 쥐치의 視認限界線의 굵기와 그에 대한 걸보기 콘트라스트는 Table 4와 같다.

**Table 4. Visible critical width of line and apparent contrast of the visible critical line at five light levels**

	Light intensity (lx)				
	400	20	5	3	1
Critical width(mm)	0.24	0.30	0.40	0.46	2.87
Apparent contrast	0.01	0.01	0.02	0.03	0.09

視認限界線의 굵기는 밝기 400 lx의 경우가 0.24 mm로 가장 가늘고, 다음으로 20 lx일때 0.30 mm, 5 lx일때 0.40 mm, 3lx일때 0.46 mm, 1 lx일때 2.87 mm의 순으로 굵었다. 밝기가 감소할 때 視認限界線의 굵기는 400 lx에서 3 lx까지는 완만하게 증가하였지만, 3 lx와 1 lx사이에서 크게 증가하였다.

視認限界線의 굵기에 해당되는 겉보기 콘트라스트는 400 lx의 0.24 mm일때 0.01이었다. 어류의 겉보기 콘트라스트 역치가 0.05<sup>20)</sup>, 0.02<sup>14)</sup> 및 0.006<sup>21)</sup>로 보고되어 있고, 쥐치의 경우도 0.01로 이들 어류는 사람의 0.06<sup>22)</sup> 보다 상당히 약한 콘트라스트까지 구별 한다고 판단된다. 또한, 밝기 20 lx의 0.30 mm에 대한 겉보기 콘트라스트는 0.01, 5 lx의 0.40 mm일때 0.02, 3 lx의 0.46 mm일때 0.03이었으며, 1 lx의 2.87 mm일때 0.09로 가장 컸다. 따라서 視認限界線의 굵기에 대한 겉보기 콘트라스트는 밝기가 감소함에 따라 증가하여, 쥐치가 표적물을 視認하기 위해서는 밝기가 감소할 때, 콘트라스트는 증가해야함을 알 수 있다.

#### 4. 線視력과 視認距離

5가지 밝기에 대한 쥐치의 線視력은 표적물의 거리 100 cm와 Table 4의 視認限界線의 굵기를 이용하여 식(4)로부터 산출하여 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Line acuity at five light levels

Light intensity (lx)	400	20	5	3	1
Line acuity	1.21	0.97	0.73	0.63	0.10

線視력은 400 lx하에서 1.21로 가장 좋았고, 다음으로 20 lx일때 0.97, 5 lx일때 0.73, 3 lx일때 0.63이었으며, 1 lx일때가 0.10으로 가장 나빴다. 이와 같이 線視력은 3 lx까지는 비교적 완만하게 감소하였지만, 특히 3 lx와 1 lx사이에서 크게 감소하였다. 따라서 쥐치의 線視력에 대한 밝기의 영향은 3 lx이하에서 크게 나타났다.

한편, 표적물의 형태가 본 연구와 같이 가는 線인 경우, 보통의 視力 대신에 線視력이 적용되며<sup>23)</sup> 線視력은 視力의 數倍에서 十數倍가 된다고 보고되고 있다<sup>24)</sup>. 일반적으로 어류의 視力は 암순응상

태에서 감소하는 것으로 알려져 있는데<sup>5,17)</sup>, 宮崎·中村<sup>17)</sup>는 깨끗한 해수 중에서 수중조도가 3 lx이상에서는 線視력에 영향을 거의 미치지 않았다고 하였고, Vinyard·O'Brien<sup>25)</sup>은 수중조도 10 lx이하에서 Bluegill의 미기에 대한 반응거리가 짧아진다고 보고하였다. 이외에도 수중조도의 감소에 따른 어류 視力의 감소에 대해서는 어종별로 다르다는 것이 보고되고 있다<sup>26)</sup>. 따라서 본 연구에서 線視력이 3 lx이하에서 뚜렷하게 감소하기 시작한 것은 쥐치의 눈이 명순응에서 암순응으로 이행하기 시작하는 것이 3 lx 부근이기 때문이라고 생각된다.

밝기별 쥐치의 視認距離는 線視력과 표적물의 굵기를 이용하여 산출하였다(Fig.4).

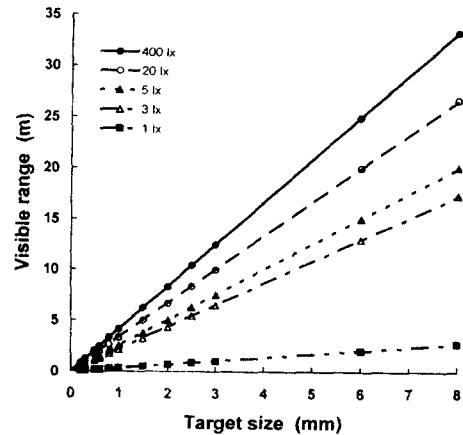


Fig. 4. Visible range for the target sizes at five light levels.

視認距離는 밝기가 증가하고 표적물의 굵기가 굵을수록 멀어지는데, Fig.4에서 표적물을 視認할 수 있는 거리는 표적물의 굵기가 1 mm인 경우, 밝기 400 lx하에서 약 4.2 m였고, 20 lx하에서 약 3.3 m, 5 lx하에서 약 2.5 m, 3 lx하에서 약 2.2 m, 1 lx하에서 약 0.3 m였고, 굵기가 6mm인 경우, 밝기 400 lx하에서 약 25.0m였고, 20 lx하에서 약 20.0 m, 5 lx하에서 약 15.1 m, 3 lx하에서 약 13.0 m, 1 lx하에서 약 2.1 m였으며, 視認距離는 표적물의 크기, 밝기 및 視力에 의해 좌우됨을 알 수 있다. 이때의 視認距離는 해수 중에서의 탁도, 콘트라스트 등을 고려하지 않았다. 실제로 어류의 視覺機能은 어중에 따라 다르고 서식지의 수심, 투명도,

주야 및 網膜의 순응상태에 따라 크게 변화하는 데, 일반적으로 표적물의 크기, 수중조도, 투명도 및 콘트라스트가 크거나 높을수록 視程은 좋아지고, 이것에 대응해서 물체를 시인하고 반응하는 거리도 길어진다<sup>15)</sup>. Glass · Wardle<sup>5)</sup>은 수중카메라를 이용해서 트롤어구의 실제 조업시 어류의 그물에 대한 행동을 관찰하여 視覺의 기능과 밝기와 의 관계를 검토한 결과, 漁具에 의한 구집과정과 어구회피 등의 일련의 行動 등에 있어서 視覺이 상당히 중요한 요인으로 작용한다고 하였다. 따라서 각종 漁具의 어획과정상 로 -프, 전개판, 뜰 및 망지 등의 여러 가지 형태가 視覺목표로 되고, 각각의 視覺목표에 대해서 대상어의 水中視程은 달라질 것이므로 이에 대한 視覺刺戟效果를 재검토하는 것도 필요하다.

### 要 約

쥐치 *Stphanolepis cirrhifer*의 線視力을 구하기 위하여, 표적물거리 100 cm, 광환경 5가지 (400, 20, 5, 3, 1 lx) 및 표적물의 굵기(8.0~0.2 mm) 12가지 조건하에서 행동학적 수법으로 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 쥐치의 學習效果는 실험회수가 210회 이상에서 視認率이 80% 이상이었고, 도달시간이 4~5초로 안정되었다.

2. 視認率은 표적물의 굵기가 굵고 걸보기 콘트라스트가 클 때 높았으나, 1 lx하에서는 대체로 낮았다.

3. 視認限界線의 굵기는 밝기가 감소함에 따라 굵었는데, 400 lx의 경우가 0.24 mm 로 가장 가늘고, 다음으로 20 lx인 경우 0.30 mm, 5 lx인 경우 0.40 mm, 3 lx인 경우 0.46 mm이고 1 lx의 경우가 2.87 mm로 가장 굵었다.

4. 視認限界線의 굵기에 대한 걸보기 콘트라스트는 밝기가 감소함에 따라 증가하였는데, 400 lx와 20 lx인 경우 0.01로 가장 작았으며, 5 lx와 3 lx인 경우는 각각 0.02와 0.03이었으며, 1 lx의 경우가 0.09로 가장 컸다.

5. 쥐치의 線視力은 400 lx의 경우가 1.21로 가장 좋았고, 다음으로 20 lx인 경우 0.97, 5 lx인 경

우 0.73, 3 lx인 경우 0.63으로 밝기가 감소함에 따라 감소하였고, 특히 1 lx의 경우가 0.10로 현저하게 감소하였다.

6. 표적물의 굵기 1 mm와 6 mm에 대한 視認距離는 밝기 400 lx하에서 각각 약 4.2 m와 25.0 m였으나, 1 lx인 경우는 400 lx의 1/14과 1/12로 감소하였다.

### 參考文獻

- 1) Ferrö A. and S. Olsen(1994) : Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing News Books, pp. 9~106.
- 2) Wardle C.S.(1986) : Fish behaviour and fishing gear. in "The behaviour of teleost fishes"(ed. by T. J. Pitcher), Croom - Helm London, pp. 463~495.
- 3) 井上實(1985):漁具と魚の行動. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 53~81.
- 4) Glass C.W. and C.S. Wardle(1995) : Studies on the use of visual stimuli to control fish escape from codends. II. The effect of a black tunnel on the reaction behaviour of fish in otter trawl. Fisheries Research, 23, pp.165~174.
- 5) Glass C.W. and C.S. Wardle(1989) : Comparision of the reactions of fish to a trawl gear, at high and low light intensities. Fisheries Research, 7, pp.249~266.
- 6) Løkkeborg S. (1994) : Fish behaviour and longlining. in "Marine fish behaviour in capture and abundance estimation"(ed. by Ferrö A. and Olsen S.), Fishing News Books, pp. 9~27.
- 7) 川村軍藏(1979) : ゴマサバの視覺とその釣漁法への應用に關する 基礎的研究 - II. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 45(5), pp. 549~551.
- 8) 川村軍藏(1996) : 集魚燈釣り漁法の漁獲過程. 魚の行動生理學と漁法(有元貴文·難波憲二編). 恒星社厚生閣, pp. 31~38.
- 9) 長谷川英一(1996) : 集魚燈旋網漁法の漁獲過程. 魚の行動生理學と漁法(有元貴文·難波憲二編). 恒星社厚生閣, pp. 39~49.
- 10) ENGAS A. and S. Løkkeborg(1994) : Abundance estimation using bottom gillnet and longline - the role of Fish behaviour. in "Marine fish behaviour in capture and abundance estimation"

魚類の視力에 관한 研究-Ⅱ.

- (ed. by Fernö A. and Olsen S.), Fishing News Books, pp.134~165.
- 11) 長谷川英一・小林 裕・丹羽 宏 (1991): 集魚燈に集まる魚類の網膜運動反應の前・後 半夜での比較. 口水誌, 57, pp.425 ~ 431.
  - 12) 安永一・梁龍林(1996): 어류의 視力에 관한 연구 I. 취치의 視認限界에서의 線の 굵기와 거리와의 관계. 韓國漁業技術學會誌, 32(3), pp.241~248.
  - 13) 杉森康宏・坂本 亘(1985): 海洋環境光學, 東海大學出會. 東京, pp. 162~163.
  - 14) Anthony P.D.(1981): Visual contrast thresholds in the cod *Gadus morhua* L. J. Fish. Biol., 19, pp.87~103.
  - 15) 中村善彦(1989): 水中濁りが魚の視力に與える影響に關する基礎的研究. 東京水産大學研究報告, 76, pp.83~122.
  - 16) 田村 保(1970): 魚類生理學 20, 視覺 (川本信之, 編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 451~479.
  - 17) 宮崎多惠子・中村善彦(1990): 條件反射手法を用いて求めたインダイ0年魚の單線視力. 日本誌, 56, pp.887~892.
  - 18) 宮崎多惠子(1993): インダイ仔稚魚の成長に伴う視力の變化. 日本誌, 59(3), pp.437~440.
  - 19) 宮崎多惠子(1992): インダイの視力および物體視認距離とこれらへの海中の明るさ・濁りの影響に關する研究. 東京水産大學, 博士學位論文, pp.48~54.
  - 20) Hester F.J.(1968): Visual contrast thresholds of the goldfish *Carassius auratus*. Vision Res., 8, pp.1315~1335.
  - 21) Siriraksophon S., Y. Nakamura and K. Matsu-ike(1995): Visual contrast threshold of Japanese common squid *Todarodes pacificus* Steenstrup. Fisheries Science, 61, pp.574~577.
  - 22) Blackwell R.H.(1946): Contrast thresholds of the human eye. J. Opt. Soc. Am., 36, pp.624~643.
  - 23) 森永 勤・小池 隆・松生 治(1990): ベンガル灣におけるまぐろ延繩漁具の枝繩の水中視認距離. うみ, 28, pp.117~122.
  - 24) Schwassmann, H.O.(1974): Refractive state, accommodation, and resolving power of the fish eye. in "Vision in fishes" (ed. by Ail M. A.), Plenum Press, pp.279~288.
  - 25) Vinyard G.L. and W.J. O' Brien(1976): Effects of light and turbidity on the reactive distance of bluegill. J. Fish. Res. Board Can., 33, pp.2845~2849.
  - 26) Douglas R.H. and C.W. Hawryshyn(1990): Behavioural studies of fish vision: an analysis of visual capabilities, in "The visual system of fish" (ed. by R. Douglas and M. Djamgoz), Chapman and Hall, pp.373~407.