

## 농어 및 볼락의 色網絲에 대한 選擇反應

廉 末 九\*

### Selective Response of the Sea Bass and the Gray Rock Cod to the Colored twines

Mal-ku Youm

The selective response of the sea bass, *Lateolabrax japonicus* and the gray rock cod, *Sebastes inermis* to the colored twines was studied in a white tiled aquarium (400L×60W×70H cm), by use of Y-maze made of gray plastic plate.

Any one of the different colored twines, white, black, blue, yellow and red, was strung crosswise on a rectangular frame which was mounted to one of the two outlet ends of Y-maze, and another colored twine was used to the other end of the Y-maze.

In each trial, a fish was guided toward the inlet of the Y-maze to let the fish select either one of the two different colored twines.

The results obtained are as follows:

1. Sea bass preferably selected the colored twines in a order of white, blue, yellow, black and red with significant difference.
2. Gray rock cod showed little difference in selecting colored twines even though the fish selected white one a little more frequently.

### 緒 言

魚類의 여러가지 眼機能 중에서 色彩視覺에 관한 研究는 1920年代 이후 飼育이 쉬운 淡水魚를 利用하여 學習法이나 電氣生理學의 方法 등으로 많이 行해졌고, 人間과 유사한 色彩機能을 가진 魚類가 많다는 것이 규명되었다. (田村, 1963; 川本, 1976; Hoar, 1971; Dewsbury and Rothengshafer, 1973; Benton, 1980).

1950年代 이후에는 海産魚의 色彩機能을 漁法에 應用하기 위한 基礎的 研究가 現場 혹은 實驗室內에서

많이 行해졌는데, 주로 色燈, 色網地 색깔이 있는 먹이 등에 대한 研究가 많았다(宮崎, 1965).

草下(1957, 1958), Nomura(1958), 神田等(1958 a, b, c, d), 小池(1958, 1968, 1977), 檜山等(1959), Blaxter *et al*(1964) 그리고 Nambiar *et al*(1970) 등은 色網糸에 대한 魚類의 反應을 여러가지 方法으로 研究하고, 대부분의 試魚가 서로 다른 色網地에 대하여서는 그 反應이 달랐다고 했다.

또한 Ginetz *et al*(1973)은 무지개송어에 대하여, 伊奈等(1979)은 참돔에 대하여 색소를 첨가한 먹이로써 魚類의 色彩判別力을 조사하였는데, 두 魚種이

\* 統營水産專門大學, Tong young Fisheries Junior College

에민한 色彩判別力을 가졌으며, 참돔은 螢光에도 반응을 나타내었다고 했다.

그러나, 水中에서의 色彩에 대한 感覺은 빛의 세기, 光質, 水深, 水色, 透明度 등에 따라 變化가 심하기 때문에 實驗室內에서의 研究結果를 직접 現場에 응용하기는 어렵고, 앞으로 더 많은 研究가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

이 實驗에서는 試魚로서 농어 *Lateolabrax japonicus* 와 볼낙 *Sebastes inermis*을 써서 Y字型 迷路(Jachowski et al, 1968)를 이용하여 黑, 白, 靑, 赤 및 黄色의 5가지 色網糸에 대한 選擇反應을 조사했다.

### 材料 및 方法

#### 1. 試 魚

이 實驗에 사용한 試魚는 농어 *Lateolabrax japonicus* (Cuvier et Valenciennes) 와 볼낙 *Sebastes inermis*(Cuvier et Valenciennes) 인데, 이들은 慶南 忠武近海의 定置網에서 漁獲된 것을 飼育水槽(400L×60W×70H cm)에서 5日 이상 順馳시킨 것이다(Table 1).

Table 1. Fishes used in the experiment

species	body length(cm)	number
<i>Lateolabrax japonicus</i>	20-24	10
<i>Sebastes inermis</i>	14-18	5

#### 2. 實驗水槽

實驗水槽(400L×60W×70H cm)는 内部에 白色타일을 바른 시멘트水槽를 썼으며, 그 안에 Fig.1과 같이 Y字型 迷路를 설치했다. 수심은 25cm로 유지했다.

Y字型 迷路는 한 개의 入口와 두 개의 出口를 가진 것으로서, 옆판은 없고 앞판과 밑판은 不透明한 灰色 프라스틱板이며, 옆판의 높이는 30cm이다.

實驗에 사용된 網糸는 직경 2mm인 나이롱이며 色彩는 黑, 白, 赤, 靑 및 黄色의 5종류이다. 이 色網糸들을 직경 10mm인 유리봉으로 된 직사각형의 틀(17W×31H cm)의 中央에 十字型으로 교차시켜 迷路의 양 쪽 出口에 設置했다(Fig.1).

實驗期間 동안의 照明은 飼育水槽와 實驗水槽의

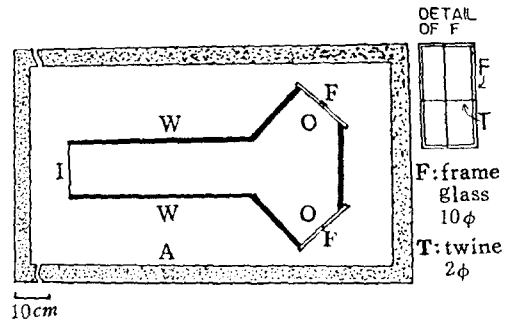


Fig. 1. Schematic drawing of the experimental aquarium, Y-maze set in it.

(A: aquarium, F:frame, I:inlet, O:outlet, W:wall)

上部에 20W 螢光燈을 계속 點燈했고, 水槽內의 水中照度는 水深 20cm 부근에서 5~10lux였다.

海水는 매일 교환했으며 實驗期間中の 水溫은 23~25°C였다.

#### 3. 實驗方法

試魚의 色網糸에 대한 選擇反應을 조사하기 위하여, 飼育水槽에서 1마리 씩의 試魚를 實驗水槽로 옮기고, 迷路의 入口로 유도한 후, 양쪽 出口에 설치된 色網糸 중 어느쪽을 選擇하는 가를 조사하였다. 調査時間은 試魚가 入口에 들어간 후 1분까지로 하였으며, 이 時間內에 色網糸를 通過하지 않는 것은 不通過로 判定했다.

試魚가 迷路의 出口를 選擇하는데 左右의 차이점이 있는가를 判定하기 위하여, 먼저 양쪽 出口에 같은 色의 色網糸를 설치하고, 5가지 色彩에 대하여 농어는 200회, 볼낙은 100회 반복 측정하였다.

色網糸에 대한 選擇反應을 調査하기 위하여는 양쪽 出口에 서로 다른 色의 色網糸를 설치하고, 10가지 組合에 대하여 농어는 400회, 볼낙은 200회 반복 측정하였다.

實驗結果에 대한 分析은  $\chi^2$  검정을 사용했다.

### 結果 및 考察

#### 1. 試魚의 通過頻度

試魚의 色網糸에 대한 選擇反應을 조사하기 위한 예비조사로서, 迷路의 양쪽 出口에 설치된 色網糸를

농어 및 불낙의 色網糸에 대한 選擇反應

Table 2. The frequency of fish passed through colored twine set at both outlets of the Y-maze

combination of color	<i>Lateolabrax japonicus</i>		<i>Sebastes inermis</i>	
	passed	non-passed	passed	non-passed
white —white	35	5	20	9
black —black	29	11	15	5
red —red	28	12	15	5
yellow—yellow	36	4	18	2
blue —blue	35	5	16	4
white —black	34	6	19	1
white —red	33	7	18	2
white —yellow	32	8	18	2
white —blue	30	10	16	4
black —red	32	8	18	2
black —yellow	29	11	16	4
black —blue	31	9	18	2
red —yellow	31	9	14	6
red —blue	30	10	16	4
yellow—blue	36	4	14	6
total	485	115	249	51

通過하는 頻度를 조사한 결과는 Table 2와 같다.

농어는 총 100회의 試行 중 485회(80.3%)通過했고, 115회(19.7%)는 通過하지 않았다. 이 중 양쪽 出口에 같은 色의 色網糸를 설치하였을 경우에는, 200회 중 163회(81.5%) 通過했고, 37회(18.5%)는 通過하지 않았는데, 通過頻도가 낮은 色은 赤色( $\chi^2=3.508, P_{n-1}<0.1$ )과 黑色( $\chi^2=2.148, P_{n-1}<0.25$ )이고, 通過頻도가 높은 色은 黄色( $\chi^2=1.916, P_{n-1}<0.25$ )이었다.

서로 다른 色網糸를 組合하여 양쪽 出口에 설치하였을 경우에는 400회 중 322회(80.5%) 通過했고, 78회(19.5%)는 通過하지 않았는데, 黑色과 黄色, 赤色과 青色網糸의 組合인 경우는 通過頻도가 낮고, 黄色과 青色網糸의 組合인 경우에는 通過頻도가 높았다.

불낙은 총 300회의 試行 중 249회(83%) 通過했고, 51회(17%)는 通過하지 않았다. 이 중 양쪽 出口에 같은 色의 色網糸를 설치했을 경우에는 100회 중 84회 通過했고, 16회는 通過하지 않았는데, 通過頻도가 낮은 色은 赤色( $\chi^2=1.204, P_{n-1}<0.5$ )과

黑色( $\chi^2=1.204, P_{n-1}<0.5$ )이고, 通過頻도가 높은 色은 白色( $\chi^2=3.809, P_{n-1}<0.1$ )이었다.

서로 다른 色網糸를 組合하여 양쪽 出口에 설치하였을 경우에는 200회 중 165회(82.5%) 通過했고, 35회(17.5%)는 通過하지 않았는데, 赤色과 黄色, 黄色과 青色網糸의 組合인 경우에는 通過頻도가 낮고, 白色과 黑色, 白色과 赤色, 白色과 黄色, 黑色과 青色網糸의 組合인 경우는 通過頻도가 높았다.

두 試魚 모두 通過率이 Jachowski *et al*(1968)의 結果보다 높았는데, 이것은 試魚가 迷路內에서 色網糸의 위협을 적게 받기 때문이라고 생각된다.

## 2. 左右 出口의 選擇

實驗水槽內의 環境要因이 送路內에서의 試魚의 行動에 영향을 주어 左右 出口 中에서 어느 쪽을 選擇하는 가를 조사하기 위하여, 迷路의 양쪽 出口에 같은 色의 色網糸를 설치하였을 때 試魚의 左右 選擇頻도를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

농어는 200회의 試行 중 163회(100%) 通過했는데,

Table 3. The frequency of fish selected right or left outlet of the Y-maze crossed with same colored twines

species	color of twine	total trial	selection	
			left	right
<i>L. japonicus</i>	white	40	17	18
	black	40	18	11
	red	40	13	15
	yellow	40	20	16
	blue	40	18	17
	total	200	86	77
<i>S. inermis</i>	white	20	8	12
	black	20	7	8
	red	20	9	6
	yellow	20	10	8
	blue	20	6	10
	total	100	40	44

左側으로 86回(52.8%), 右側으로는 77回(47.2%) 通過했다. 黑色網糸인 경우에는 左側으로 조금 많이 通過( $\chi^2=1.689, P_{n=1}<0.20$ )했으나 다른 色網糸의 경우에는 그 差가 뚜렷하지 않았다.

불낙은 100회의 試行 중 84回(100%) 通過했는데, 左側으로 40回(47.6%), 右側으로는 44回(32.4%) 通過했으나 有意差는 없었다( $\chi^2=2.689, P_{n=4}<0.95$ ).

이 결과는 Jachowski의 결과 보다 조금 偏差가 심하지만, 두 試魚 모두 迷路內에서 左右選擇의 次序에 有意差를 인정할 수 없었다.

### 3. 色網糸에 대한 選擇反應

迷路의 양 쪽 出口에 서로 다른 色의 色網糸를 설치하여, 試魚의 選擇頻度를 조사한 결과는 Table 4, 5 및 Fig. 2와 같다.

농어는 色의 組合 10가지에 대하여 각각 40回씩 총 400回 試行한 중 322回 色網糸를 通過했는데, 5가지 單色別로 보면 白色網糸를 86回(26.7%), 青色

Table 4. The frequency of sea bass passed the colored twine

combination of color	frequency					$\chi^2$ -value	probability(P)
	white	black	red	yellow	blue		
white —black	22	12				2.94	$F<0.10$
white —red	25		8			8.76	$P<0.01$
white —yellow	22			10		4.50	$P<0.05$
white —blue	17				13	0.53	$P<0.50$
black —red		15	17			0.13	$P<0.95$
black —yellow		12		17		0.86	$P<0.50$
black —blue		17			14	0.29	$P<0.95$
red —yellow			11	20		2.61	$P<0.20$
red —blue			13		17	0.53	$P<0.50$
yellow—blue				10	26	7.11	$P<0.01$
total	86	56	49	61	70	28.26	$P<0.001$

Table 5. The frequency of gray rock cod passed the colored twine

combination of color	frequency					$\chi^2$ -value	probability(P)
	white	black	red	yellow	blue		
white —black	10	9				0.05	$P<0.95$
white —red	10		8			0.22	$P<0.95$
white —yellow	13			5		3.56	$P<0.10$
white —blue	11				5	2.25	$P<0.20$
black —red		6	10			1.00	$P<0.50$
black —yellow		6		10		1.00	$P<0.50$
black —blue		8			10	0.22	$P<0.95$
red —yellow			6	8		0.29	$P<0.95$
red —blue			7		9	0.25	$P<0.95$
yellow—blue				9	5	1.14	$P<0.30$
total	44	29	31	32	29	9.98	$P<0.50$

농어 및 불낙의 色網糸에 대한 選擇反應

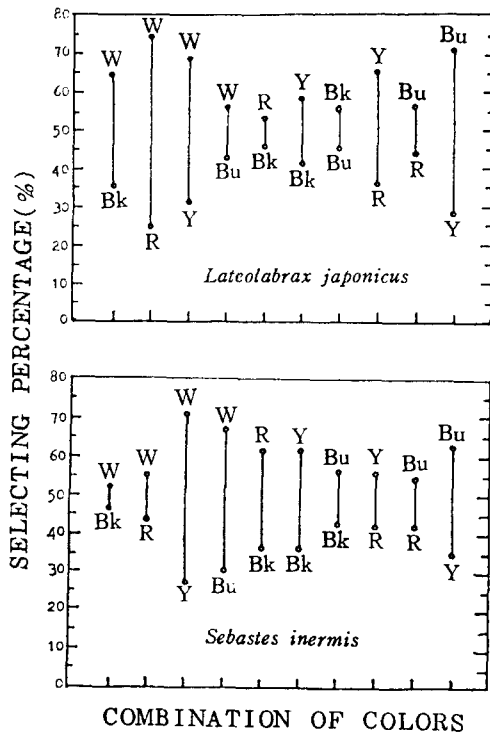


Fig. 2. Selecting percentage either one of two colored twine. (W:white, Bk:black, R:red, Y:yellow, Bu:blue)

網糸를 70回(21.7%), 黄色網糸를 61回(18.9%), 黑色網糸를 56回(17.4%), 그리고 赤色網糸를 49回(15.3%) 通過했다.

서로 다른 色網糸의 選擇頻度를 보면 白色과 赤色일 경우에는 白色, 白色과 黄色일 경우에도 白色, 青色과 黄色일 경우에는 青色을 더 많이 선택했고, 그 나머지 色의 組合에서는 그 差가 뚜렷하지 않았다.

불낙은 色의 組合 10가지에 대하여 각각 20회씩 총 200회 試行한 중 165회 色網糸를 通過했는데, 5가지 單色別로 보면 白色網糸를 44回(26.7%), 黄色網糸를 32回(19.4%), 赤色網糸를 31回(18.7%), 그리고 黑色網糸와 青色網糸를 각각 29回(17.6%) 通過했으나, 有意差가 없었다.

서로 다른 色의 色網糸의 選擇頻度를 보면 白色과 黄色일 경우에는 白色, 白色과 青色일 경우에도 白色, 青色과 黄色일 경우에는 青色을 더 많이 선택했고, 그 나머지 色의 組合에서는 그 差가 뚜렷하지 않았다.

두 魚種이 모두 白色網糸를 가장 많이 選擇했고

黑色網糸와 赤色網糸를 비교적 적게 選擇하여, Blaxter et al(1964), 神田 等(1958 a, b)의 實驗結果와 일치했다. Blaxter 등은 청어, 神田 등은 고등어 잉어, 무지개송어를 써서 實驗했는데, 그 結果로 부터 試魚가 배경과 대조가 심한 色網地를 통과하지 않고 대조가 약한 色網地를 잘 통과했다고 결론 짓고 있다.

그러나, 草下(1957)는 금붕어가 白色水槽에서 白色을 기피하고 赤色과 青色을 가장 많이 通過했다고 보고하고 있으며, 檜山 等(1959)은 남자루가 白色水槽에서 黑色과 赤色을 많이 通過했고 白色과 青色을 적게 通過했다고 보고하고 있는데, 이것은 이 實驗의 結果와 부합하지 않는다.

또 本實驗의 結果에서 농어가 불낙보다 色網糸의 選擇성이 뛰어나다고 볼 수 있는데, 이것은 小池(1968)의 結果와도 부합한다. 그는 樹網을 利用한 現場에서의 漁獲을 比較하여 농어류는 청색 자루그물에 많이 入網하고 赤色 자루그물에는 적게 入網하여, 色의 選擇성이 예민하다고 할 수 있으나, 불낙은 주로 밝은 데에 入網하며 色의 選擇성이 없다고 보고하고 있다.

要 約

魚類의 色網糸에 대한 選擇性を 조사하기 위하여 농어 *Lateolabrax japonicus*와 불낙 *Sebastes inermis* 이 白, 黑, 黄, 靑 및 赤色網糸를 選擇하는 頻度를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Y字型 迷路内에서 色網糸의 通過率은 농어가 80.8%, 불낙이 83.0%였다.
2. 두 魚種 모두 Y字型 迷路의 양 쪽 出口 左右의 選擇에 有意差가 없었다.
3. 농어가 잘 通過하는 網糸의 色彩는 白, 靑, 黃黑 및 赤色의 順이고, 有意差가 있었다.
4. 불낙은 5가지 色網糸의 選擇에 有意差가 없었으나, 白色을 비교적 많이 選擇했다.

謝 辭

이 研究를 指導해 주신 釜山水産大學 李 秉錡 博士님과 論文作成에 많은 助言을 주신 朴 丞源 博士님, 梁 龍林 博士님에게 깊은 감사를 드립니다.

文 献

- Benton, W. (1980) : The New Encyclopedia Britannica. Encyclopedia Britannica. Co. Chicago. 7. 336C.
- Blaxter, J. H. S., B. B. Parrish and W. Dickson (1964) : The importance of vision in fish relation to driftnets and trawls. Modern Fishing Gear of the World—II. 529—536.
- Dewsbury, D. A. and D. A. Rothengshafer (1973) : Comparative Psychology: A modern Survey. McGraw-Hill Book Co. New York. 356—362, 388—394.
- 檜山義夫・草下孝也・近藤圭吉 (1959) : 彩色した沈垣網の効果について. 日水誌. 22, 596—601.
- Ginetz, R. M. and P. A. Larkin (1973) : Choice of colors of food items by rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Can. 30, 229—234.
- Hoar, W. S. (1971) : Fish Physiology. Vol. V. Academic Press. New York. 1—77.
- 伊奈和夫・領木快一・東久美 (1979) : マダイ (*Chrysophrus major*) の色に対する反応性. 日水誌. 45, 1—5.
- Jachowski, L., A. Arthur and Jr. Mybbery (1968) : Photo-Orientation of the Pink Shrimp. Bull. of Mar. Sci. 18, 191—202.
- 神田献二・小池篤 (1958a) : 漁網の色に関する研究—I. 漁網の網目通過状況に関する豫備実験. 日水誌. 23, 612—616.
- ・—————・小倉通男 (1958b) : ————— II. 着色網地に對する魚群の行動及び魚群の網目通過について. 日水誌. 23, 617—620.
- ・————— (1958c) : ————— III. 網地の色彩の濃淡が魚群の行動に及ぼす影響について. *ibid.* 23, 621—634.
- (1958d) : ————— IV. 照度變化が魚群の行動に及ぼす影響について. *ibid.* 23, 680—683.
- 川本信之 (1976) : 魚類生理. 恒星社. 東京. 451—489.
- 小池 篤 (1958) : 北洋鮭鱈流刺網の色彩が罾網尾數に及ぼす影響. *ibid.* 24, 9—12.
- (1968) : ます網の袋網の色と漁獲との關係—I. 色の違いと漁獲との關係. *ibid.* 34, 177—184.
- (1977) : ————— II. 色の濃淡と漁獲との關係. 東京水大研報. 64, 13—19.
- 草下孝也 (1957) : 中央驅集法及び一端驅集法による漁網の色彩の効果. 日水誌. 22, 668—673.
- (1958) : 驅集網の色彩の濃さの効果について. *ibid.* 23, 766—769.
- 宮崎千博 (1965) : 網漁具に對する魚群の行動. *ibid.* 31, 1049—1063.
- Nambiar, K. P. P., Y. Hiyama and T. Kusaka (1970) : Behaviour of fishes in relation to moving nets—I. Effect of differently coloured lights on the catch by a model nets. *ibid.* 36, 135—138.
- Nomura, M. (1958) : On the behavior of fish schools in relation to gillnets. Modern Fishing Gear of the World—I. 550—552.
- 田村 保 (1963) : 魚の眼の機能の研究. 日水誌. 29, 75—89.