中央駆集法及び一端駆集法による 漁網の色彩の効果*

草 下 孝 也
(東京大学農学部)

Experiments to see the Effect of colour on Nets by the Centralizing
Method and the Driving to One Side Method

Takaya KUSAKA

The author has done those experiments continously for the former report (Reference 1)) which was carried out "Centralizing method" and "Driving to one side method". (Fig. 1.)

10 Goldfish *Carassius auratus* of an average total length of 4.0 cm. were liberated in a wooden tank of 150 cm. long, 26 cm. wide and 8 cm. water depth. For model nets of colours, 8 wooden frames were made to be stretched vinyle tube (dia. 1 mm.) vertically at interval of 2.0 cm. on each and the each frame had a colour of semi-transparent, yellow, white, green, pink, red, blue and except the 8th one which had fine white cotton thread.

The centralizing method was done with repeat of 40 times using all these 8 frames, and in all combinations of two frames each. The sum of the total values were given in Table 1. and they were applied the chi-square test of statistics as expressing in the Table.

The observed values by the driving to one side method were expressed in Table 2. and Fig. 2. and the efficiency of driving was given in Table 3. and 4. Average values of them had been examined different significance by the F-table of statistics, seeing in Table 5.

As regards driving fishes on the two experiments, the frames of blue, pink and red are obviously more effective than the other frames of white, yellow, semi-transparent and white cotton thread.

As it is existing difference between the human and fishes on the senses of sight, he had examined visible distance in the water for each colour of vinyle frame taking method of as in Fig. 3. and the result is in Table 6. and Fig. 4.

Consequently, those results and quoting the result of the underwater fencing net (Reference 2)) were compared on order of effect of colours, seeing in Table 7. The orders of experiments (b) and (c) are accurate uniformity, as if the materials of model net are equal one and it had both taken method to drive fishes in. Though the (a) was done as fencing net unmoved, he had recognized few similarity between the orders of (a) and (d).

ま え が き

中央駆集法及び一端駆集法については既報¹⁾した如く、漁具の作用効果を魚類の行動反応から判断する方法として、優れていることが明確になったので、今回は漁業技術の上で問題にされている漁網の色彩の効果について、この二つの方法を活用し、全く同じ方法によつて実験を行なつた。ここでは色彩の相違が魚類の感覚に作用し、これに反応する魚群の移動行動に差異を確認できるかどうかを追究する。

1956 年 11 月 13 日受理

*文部省総合研究「漁網の作用」昭和 29 年度の一部、昭和 29 年 10 月、日本水産学会(三重)にて講演発表した。

中央駆集法による色彩の効果

中央駆集法は Fig. 1 の如く、比較すべき異なつた色彩の2個の網枠によつて、両側から魚群を中央に駆集し、中央で網枠が合致した際に、左右の外側に通りぬけた匹数の割合を求め、繰返しによる数理的処理によつて、有意な差異を求めるものである。

Fig. 1. Centralizing method (the above) and Driving to one side method (the below).

実験魚はキンギョ *Carassius auratus* 10匹、体長 3.5~4.5 cm を用い、水槽は白色ペンキ塗り木製、長さ 150 cm、巾 26 cm、水深 8 cm である。色彩網としては木枠 (巾 25 cm、高さ 10 cm) にビニール糸 (管状、径約 1 mm) を 2 cm 間隔に縦に張つたもので、その種類としてはビニール糸の半透明無色、白、黄、緑、青、桃色、赤及び比較の為、無染色綿燃糸を張つたものを加えて8種類を用意した。これから、2種類ずつ選んだ総べての組合せについて、各々 40 回繰返しを行なつて、左右の側に通りぬけた魚体の数を記録し合計した。(Table 1) これらの観測値について、カイ自乗検定を行なつた。起りうる確率を5%以内にとれ

Table 1. Effects of different colours using different combination by the centralizing method

Kind of frames	Semi-transparent	Yellow	White	white cotton thread	Green	Pink	Blue	Red
Semi-transparent		182 218	193 207	210 190	193 207	160 240	183 217	165 235
Yellow	10%		202 198	203 197	201 199	165 235	171 229	172 228
White	—	—		186 214	197 203	187 213	151 249	173 227
White cotton thread	—	—	—		202 198	182 218	165 235	168 232
Green	—	—	—	—		184 216	190 210	182 218
Pink	1	1	—	10	—		196 204	195 205
Blue	10	1	1	1	—	—		197 203
Red	1	1	1	1	10	—	—	

The right upper figure : Sum of values for forty experiment, of the fish moved to either side.
The left lower figure : Level of significance (%) of the chi-square test.

ば、 $\chi^2 > 3.841$ であつて、有意となる場合の観察値の期待値との差を求めると、繰返し数 40 回では、有意水準 1% で 200 ± 26 , 5% で ± 20 , 10% で ± 17 である。これより、得られた観察値について認められる有意水準を Table 1 に示した。尚、比較のために同種のビニール網枠の共に半透明無色のもので、得られた観察値は 205 : 195 で有意差は全くみられないものであつた。

これらの結果によれば色彩の効果の差異が相当な信頼性をもつて示された。全般的には阻止効果の多い組、即ち、赤、青、桃色と少ない組、綿糸、白、黄、半透明とにわけてみることができる。

一端駆集法による色彩の効果

この方法は水槽の一端より網枠で魚群を他端に追い、魚が網枠を通りぬけて、（ここでは 10 個体の 3 匹

Table 2. The distances in cm. from the frame position of passage of fish to the side of tank in the driving to one side method

Repe- at	Kind of frames								Repe- at	Kind of frames							
	Whi- te co- tton thre- ad	Semi- trans- pare- nt	Yel- low	Whi- te	Gre- en	Pink	Red	Blue		Whi- te co- tton thre- ad	Semi- trans- pare- nt	Yel- low	Whi- te	Gre- en	Pink	Red	Blue
1	21	48	41	21	26	8	19	18	21	26	16	15	14	12	29	10	9
2	15	48	11	12	14	11	12	8	22	13	12	13	12	11	17	12	13
3	20	12	26	52	32	7	13	24	23	18	8	11	7	5	7	5	7
4	6	41	42	43	36	45	12	27	24	16	14	15	13	6	10	8	7
5	48	14	23	18	9	18	9	27	25	19	20	27	45	18	18	16	12
6	38	14	7	24	8	33	15	16	26	8	6	10	18	6	19	14	7
7	7	20	15	11	10	11	10	15	27	9	22	26	48	13	6	14	6
8	10	8	14	15	13	10	15	14	28	11	16	6	37	11	7	20	6
9	20	12	7	12	30	5	6	7	29	42	13	16	9	7	5	7	5
10	34	20	8	6	7	7	6	11	30	6	17	12	10	10	9	8	7
11	20	8	40	25	7	18	6	8	31	12	10	13	23	15	10	17	8
12	7	21	10	11	22	6	17	7	32	11	8	13	11	30	11	6	10
13	6	65	21	13	8	13	8	11	33	15	11	35	23	10	9	5	14
14	18	16	13	15	13	12	7	10	34	21	10	12	16	14	6	7	7
15	16	12	10	23	11	6	8	12	35	17	7	15	9	10	10	8	15
16	9	12	13	39	9	7	11	11	36	11	15	14	11	12	10	8	8
17	8	8	40	13	9	7	10	15	37	9	9	13	8	10	8	9	8
18	21	16	27	9	18	8	16	16	38	10	10	11	14	10	9	10	11
19	14	23	44	14	14	6	10	9	39	11	13	9	10	10	11	9	8
20	15	7	20	36	20	30	9	20	40	9	13	10	30	24	11	10	6

Table 3. Percentages of numbers for 40 times, to drive fish in some range by each frame used

Distance from the position of frame to the side of tank	Kind of frames							
	White	Yellow	Semi- trans- parent	White cotton thread	Green	Blue	Pink	Red
Below 10 cm	32.5%	35	45	45	57.5	67.5	75	72.5
" 15	60	67.5	75	65	75	87.5	80	95
" 20	67.5	72.5	87.5	87.5	85	92.5	90	100
" 30	82.5	85	90	90	97.5	100	95	—
" 40	90	97.5	92.5	97.5	100	—	97.5	—
" 60	100	100	97.5	100	—	—	100	—

目の通過を観測した)。他の側へのがれる時の網枠の位置を記録する方法である。(Fig. 1)実験材料はすべて前章と同じもので、各々の網枠について、40回繰返した観察結果は Table 2 の如くである。これらについて、各網枠ごとに 40 回繰返しの頻度分布を求めると Fig. 2. の如くで、図形によつて、各色彩の効果を比較判断することができる。又、結果から、水槽の或る位置まで、追い集め得た度数の 100 分率を出してみると Table 3 の如くである。更に観察値の分布が偏在しているので、個々の観察値を対数になおして、各色彩における平均値及び標準偏差を求めて、駆集効果の順位を Table 4 に示した。これによると駆集効果の少ない色彩のもので、大体無染色綿糸と同程度であり、効果のよいもの、即ち、赤、桃色、青の網枠(間隔 2.0 cm)では前報における綿糸間隔 1.5~1.0 cm のものに匹敵している。これからして、駆集する網では色彩によつて効果にかなり相違があることが立証された。次に各色彩間の平均駆集度について、その差の有意性を検討した。Table 5 の如く、組合せの約半数に有意差が認めら

Fig. 2 Frequency distributions of 40 times for the effects of each frame by the driving to one side method.

Table 4. Mean values of driving efficiency by the driving to one side method

Kind of frames	White cotton thread	Semi-transparent	Yellow	White	Green	Pink	Red	Blue
Repeated for 40 times								
Sum of measured values which were converted to common logarithm	45.65	45.81	47.65	48.53	43.50	40.54	39.59	40.57
Mean of the measured values	1.141	1.147	1.191	1.213	1.087	1.013	0.989	1.014
Standard deviation for the mean	±0.232	±0.239	±0.234	±0.247	±0.214	±0.232	±0.161	±0.189
Averages which were reconverted from the mean (cm.)	13.84	14.03	15.53	16.34	12.22	10.31	9.75	10.33
Order of driving efficiency	(5)	(6)	(7)	(8)	(4)	(2)	(1)	(3)

れた。このように阻止効果について、緑は中間的であるが、青、桃色、赤の一群と白、黄、半透明、綿糸の群との間には明確な有意差が得られた。

色彩ビニール網枠の水中可視距離

これは我々の肉眼で見た色彩感からであるが、8種類の色彩ビニールの網枠が水中でどのように認識できるかを調べた。Fig. 3 の如く、実験水槽中で、鏡を用いて水中可視距離を測定した。水槽の状況は本実験の観察を行なつたままで、水は比較的濁つた状態で、9月4日12時、曇、水温 23.5°C に行なつた。その結果は Table 6 及び Fig. 4 の如く、より遠方で認めうる順位は黄、青、白、桃色、赤、綿糸、緑、半透明の順で、前述の二つの駆集法による色彩効果との間には関聯を認め難い。

Fig. 3 Setting by eye observation of visible distances in the water for the frames.

Table 5. Test of significant difference between mean values of driving efficiency for 40 times by the driving to one side method.

Kind of frames	White	Yellow	Semi-transparent	White cotton thread	Green	Blue	Pink	Red
White		0.022 0.241	0.066 0.243	0.072 0.240	0.126 0.231	0.199 0.220	0.200 0.242	0.224 0.208
Yellow	—		0.044 0.237	0.050 0.233	0.104 0.224	0.177 0.213	0.178 0.233	0.202 0.202
Semi-transparent	—	—		0.006 0.236	0.060 0.227	0.133 0.216	0.134 0.236	0.158 0.105
White cotton thread	—	—	—		0.054 0.223	0.127 0.212	0.128 0.232	0.152 0.201
Green	5%	5	—	—		0.073 0.202	0.074 0.223	0.098 0.191
Blue	1	1	1	1	—		0.001 0.212	0.025 0.176
Pink	1	1	5	5	—	—		0.024 0.201
Red	1	1	1	1	5	—	—	

The right upper figure:

The above : Difference between mean values of two frames combined.

The below : Common standard deviation for the pair.

The left lower figure: Level of significance (%).

Table 6. Visible distances in cm. in the water for the frames

Kind of frames	White cotton thread	Semi-transparent	Pink	White	Red	Blue	Yellow	Green
Repeat								
1	45 cm	40	54	54	47	57	55	44
2	43	41	49	54	46	56	60	43
3	43	38	51	55	50	58	61	42
Mean values	44	40	51	54	48	57	59	43
Order of visible distances	(6)	(8)	(4)	(3)	(5)	(2)	(1)	(7)

駆集する網の色彩効果の検討

中央駆集法と一端駆集法とによる色彩効果は両者から、殆ど同様な結果が得られ、色彩の阻止効果が予期以上に明確になった。

即ち、効果に差異の認められる色彩群は青、桃色、赤の組で駆集効果がよく、白、黄、半透明、綿糸の組では効果が少なく、これらの前者は色調の鮮明なものであり、後者は色の淡い不鮮明なものと見ることができる。

更に色彩効果について、色彩沈垣網²⁾の結果とも合せて検討する為に、これらから得られた効果の程度を大、小、同等の記号で配置し、全般的な関係をみた。Table 7 の如く、これについて判断してみると (a) と (b) (c) とではエナメル板とビニール系と材料が異なっているので、色彩のみについて一概に較べられ

Fig. 4. Visible distances in cm. in the water for the model nets.

Table 7. Comparison on effects of colours among four experiments

(a)	Stopping effects by tin plates enamel coloured as fencing net : White=Blue>>Yellow>Red>>Black
(b)	Driving effects of coloured vinyle frames by the centralizing method : Red>=Blue>=Pink>Green>>White>=White cotton thread>=Yellow>Semi-transparent
(c)	Driving effects of coloured vinyle frames by the driving to one side method : Red>Pink>=Blue>Green>White cotton thread>=Semi transparent>Yellow>White
(d)	Order so far visible distances in the water of coloured vinyle frames : Yellow>Blue>White>Pink>Red>White cotton thread>Green>Semi transparent

ないが、(a) は供試物が設置されて動かない場合であり、(b) (c) は供試物が移動して魚群を駆集している場合であるので、両者の色彩効果の順位が異なるのではないと思われる。筆者は物体が動くか、動かないかは魚類に対して、その反応に大きな相違があるものと考えている。

(b) (c) の色彩ビニール網枠について、(a) の実験方法の如く、水槽の中央に設置して通過率を観察する方法を施行すれば、上記の点について検討できるわけであるが、予備的に行なつた実験では観察が困難で記録し得なかつた。これは色彩エナメル板と異つて、木枠に細いビニール糸を張つたのみであるために、刺戟が弱いことによると思われる。(d) の水中可視距離の順位は (b) (c) の順位とは殆んど無関係と見られるが、(a) の沈垣網の場合とは多少関係があるように思われる。即ち、より遠方から認識される色彩においては魚群の通過が低下するという関係は考えうることである。一方、魚群を追つて移動してくる物体に対しては、先天的に或る色彩をひどく怖れるということが魚類の感覚にあつてよいと考えられ、(b) (c) の結果からでは、赤や青の如く原色で鮮明な色彩に対して、警戒し、或いは駆集されやすいと考えてよいのではないかと考える。

魚類に及ぼす色彩効果は非常に微妙であるが、又、強い刺戟を与える場合も多く、これらに関して、更に多面的に考究をすべきである。

本報告の終りにのぞみ、終始、御指導を賜つた東大教授檜山義夫博士に深謝する次第である。

文 献

- 1) 草下孝也：駆集網に関する二つの実験方法による網目の大きさ、本誌、22 (11), (1957)
- 2) 檜山義夫，草下孝也，近藤圭吉：彩色した沈垣網の効果について、本誌、22 (10), (1957)