狭い場所から開放されたときの魚群の行動

草 下 孝 也

(1961 年 3 月 14 日受理)

AN EXPERIMENTAL STUDY REGARDING FISH BEHAVIOR AT THE TIME WHEN FISHES WERE ALLOWED TO ESCAPE FROM A NARROW PLACE

Takaya KUSAKA*

This is an important problem when considered with practical fisheries, especially to find out the movements of fishes inside the net when they are gathered. Many investigations had been carried out regarding this problem (See references).

For this experiment, Japanese Killifish *Aplocheilichthys latipes* was used. The equipments were 5 tanks of different sizes and two cylinders of diameter 13 cm of which one was transparent made out of celluloid and the other was painted white inside so that the fishes were not allowed to see the environment. About 15 individuals were liberated in each cylinder and it was lifted above after some times. The time lapses from then to when they moved out were observed (Tables 3~5). Staying times were particularly to find out the difference of effects between the transparent cylinder and the cylinder painted white inside.

The result obtained is as follows:

Staying time, the time between lifting up of cylinder and swimming out of fish.

Cylinder used	Keeping time inside cylinder		
	1 minute	1 hour	12~14 hours
Transparent celluloid	about 14 seconds	about 35 seconds	1~2 minutes
White painted	about 8 seconds	less than 10 seconds	10~15 seconds

In the case of the transparent cylinder, it was observed that when the keeping time was increased, the staying time also increased.

So it may be suggested that the fishes get more well accommodated the transparent cylinder than the painted cylinder. On the other hand, in the case of the painted cylinder even if the keeping time was increased, the staying time was found to be increased only by a few seconds. The sudden outburst of the fish that are kept in the painted cylinder, could be the result of the stimulus produced when they are allowed to escape suddenly from an enclosed place to a more open space.

結 言

狭い場所から魚群が急に開放される場合は、自然の状態の下でも、人為的な環境の変化としても、実験的に観察される一方、実際漁業の技術の面では、網に囲まれたり、駆集された魚群が、急に開放されるという状態はしばしば出現する。漁獲作業中、魚群の逃亡を防ぐという問題に対し、魚群の本質的習性から対策を考究することを目標として、この実験を進めた。

* 東京大学農学部 (Fish. Dep., Fac. Agr., Tokyo Univ., Bunkyo-ku, Tokyo).

すなわち、狭い容器内に閉じこめられていた魚群が、その容器が突然取り除かれて開放された場合に、魚群の活動がそれによつてどのように影響されるか、また、それをどのように説明することができるかについて考究した。魚をガラス容器などに入れたとき、始めは頭部を壁にぶつけて、上下左右に激しい運動をするが、やがて、次第に平常な状態にもどり、あたかも容器内の生活に順応したかのように観察される。

これに関連して、Triplett¹⁾ は Perch を用いて実験を行なつた。すなわち、水槽に Perch を入れ、さらにそこへ、その天然餌料となる Minnow をガラス壁で分離して入れた。Perch は始めは餌に向つて繰返し突進したが、やがて Minnow を捕える企てを放棄することを覚えた。

この訓練が完全になつた後にガラス壁を除いたところが、Perch は Minnow のなかを自由に泳ぎ回り、Minnow を捕食することは抑制された。

Russell²⁾ の魚の行動に関する迂回の実験によると、ガラス瓶のなかに入れられた餌をとる訓練の場合、はじめはガラス壁に突進してなかの餌をとろうとするが、偶然に瓶の入口から入つて、なかの餌をとることができると、数回の試みののち訓練が完成する。その結果、瓶は無関係なものとなり、それは単に存在するのみになると述べている。

Spoooner³⁾ の迂回に関する実験でもほぼ同様なことが立証されている。また、ガラス壁に黒い線が描かれると学習は速やかに完成され、魚の動きも非常に意味をもつて異なつてくる。学習は以前に経験されなかつた、または発見されなかつた外部的位置におけるなんらかの一般的な関係を弁別することに因る。その環境をより明瞭に洞察、または弁別することをもつて、魚はあるもつとも効果的な反応を示すことが可能であると記述している。

実験方法

実験材料にはメダカ *Aplocheilichthys latipes* を使用した。(Table 1) 実験に使用した水槽は Table 2. のようである。透明なセルロイド製と内側を白色塗装した直径 7.5 cm, 高さ 13 cm の 2 箇の円筒を用意し、そのいずれか一つを水槽のなかに置き、そのなかにメダカを 15 尾前後入れて、一定時間放置した後、円筒を静かにほとんど水滴を落さず上方に引揚げると。魚はしばらくためらつたのち、その場から泳ぎ去る。この停滯している時間が、円筒と留置時間によつて異なつてくるのを観察検討した。円筒を置く水槽の底には円を描いておき、その円から魚群の全部および大半が泳ぎ出るまでの時間を記録した。実験魚は観察ごとに變えて同じ材料をつづけて用いないようにした。実験は室内で、自然光を遮蔽し、100W 電球を水面上 50 cm に置いて照射するようにした。実験 5 の留置時間中も照射をつづけた。観察は 5 月 14 日～6 月 2 日の間、水温は 18.5～22.3°C の範囲で行なつた。

Table 1. Fish materials used for the experiment.

Materials mark	Received date	Fish size	
		Total length	Average
S	—	13～23 mm	19.2 mm
M	May 12	19～28 "	24.5 "
L	May 15	20～34 "	26.4 "

Table 2. Tanks used for the experiment.

Tank mark	Kind of tanks	Sizes		
		Length	Wide	Depth
A	Cubic glassware	22	22	30
B	Glazed the four sides	45	30	37
C	White enameled pan	36	24	8.5
D	"	30	22	6.5
E	Wooden, inside plating celluloid	121	121	24

観察結果

実験 1. 透明円筒に 1 分間留置してから開放した場合

結果は 10 回の繰返し観察中、1 例を除き、全魚群が泳ぎ出るまでの時間は 13.5～19.8 秒 (平均 17.0 秒)、

1.2 尾を残して大部分が泳ぎ去るまでの時間は 8.0~19.2 秒 (平均 14.4 秒) であった。(Table 3)

実験 2. 透明円筒に 1 時間留置してから開放した場合

結果は繰返し 10 回中, 速やかに泳ぎ出した 2 例 (13 および 20 秒) を除き, だいたい 30 秒以上を要し, 大半が泳ぎ出すに要した時間は 13~60 秒 (平均 35.3 秒) で, 明らかに実験 1. より, 長時間を要することが認められた。(Table 3)

実験 3. 白色円筒に 1 時間留置してから開放した場合

結果は 1 例 (39.2 秒) を除き速やかに円外へ泳ぎ出し, 大半が泳ぎ出すまでの時間は 7.5~10.9 秒 (平均 8.6 秒) であった。(Table 4).

実験 4. 白色円筒に 1 時間留置してから開放した場合

結果は 1 例 (66 秒) を除き, 円外に泳ぎ出すのが速く, 大半が泳ぎ出すまでの時間は 4.2~30 秒 (平均 10.1 秒, ただし 30 秒の 1 例を除外すると 7.9 秒) で, これは実験 1. および 2. よりも短時間で, 実験 3. とは大差がない。(Table 4)

Table 3. The result on the case using the transparent celluloid cylinder.

Experiment 1. 1 minute keeping inside cylinder							
Number	Date	Time lapse swim out from the place		Individual number used	Water temperature	Materials used	Tank used
		All individuals seconds	Remarks				
1	May 14	19.2	Continuously swim out	14	18.5	S	A
2	"	19.8	14 sec. remain 2 ind.	15	"	"	"
3	"	44.3	17 sec. remain 1 ind.	"	"	M	C
4	"	13.5	Continuously swim out	"	"	"	"
5	"	14.2	"	"	"	"	"
6	"	19.6	15 sec. remain 2 ind.	"	"	"	"
7	May 18	16.2	Continuously swim out	"	"	"	"
8	"	17.8	14 sec. remain 1 ind.	"	20.2	L	B
9	"	18.5	13 sec. remain 1 ind.	"	"	"	"
10	"	14.5	8 sec. remain 1 ind.	"	"	"	"

Experiment 2. 1 hour keeping inside cylinder							
1	May 16	13.0	Continuously swim out	15	18.6	S	A
2	"	45	"	"	"	M	C
3	"	75	40 sec. remain 1 ind.	"	"	"	"
4	"	38	Continuously swim out	"	"	"	"
5	May 17	20	"	"	19.5	"	"
6	June 2	52	39 sec. remain 1 ind.	"	20.8	L	E
7	"	38	24 sec. remain 2 ind.	"	21.5	"	"
8	"	78	60 sec. remain 1 ind.	"	21.7	"	"
9	"	68	" 3 ind.	"	22.0	"	"
10	"	34	Continuously swim out	"	22.3	"	"

Table 4. The result on the case using the white painted cylinder.

Experiment 3. 1 minute keeping inside cylinder							
Observation		Time lapse swim out from the place		Individual number used	Water temperature	Materials used	Tank used
Number	Date	All individuals seconds	Remarks				
1	May 16	8.0	Continuously swim out	15	20.9 °C	S	A
2	"	13.0	9 sec. remain 1 ind.	"	"	M	C
3	"	39.2	8 sec. remain 2 ind.	"	"	"	"
4	"	8.2	Continuously swim out	"	"	"	"
5	"	8.5	"	14	"	"	"
6	May 18	9.2	8 sec. remain 1 ind.	10	"	"	"
7	"	10.9	Continuously swim out	15	20.2	L	B
8	"	9.1	"	"	"	"	"
9	"	7.5	"	"	"	"	"
10	"	7.7	"	"	"	"	"
11	"	17.9	8 sec. remain 2 ind.	"	"	"	"

Experiment 4. 1 hour keeping inside cylinder

1	May 18	7.0	Continuously swim out	15	20.2 °C	M	C
2	"	4.2	"	"	"	"	"
3	"	16.9	7 sec. remain 2 ind.	"	20.0	L	B
4	"	6.2	4 sec. remain 2 ind.	"	"	"	"
5	"	8.5	6 sec. remain 1 ind.	"	"	"	"
6	May 19	18.3	14 sec. remain 1 ind.	"	18.3	M	C
7	"	26.9	10 sec. remain 1 ind.	"	"	"	"
8	"	19.8	11 sec. remain 2 ind.	"	"	"	"
9	"	13.7	8 sec. remain 1 ind.	"	18.1	"	"
10	"	66.0	30 sec. remain 3 ind.	"	18.5	"	"

Table 5. Comparism of keeping time and staying time with both types of cylinders.

Cylinder used	Observation number	Keeping time	Time lapse swim out from the place		Individual number used	Water temperature	Materials used	Tank used
			All individuals	Remarks				
Transparent celluloid	I ...1	12 hours	120 sec.	45 sec. remain 2 ind.*	15	19.5 °C	M	C
	I ...2	14 "	106 "	45 sec. remain 3 ind.**	"	22.3	L	E
White painted	II ...1	12 "	10 "	Continuously swim out	"	19.0	M	C
	II ...2	12 "	26.9 "	15 sec. remain 2 ind.***	"	18.3	L	B

* Staying many seconds after once swam out and returned.

** Not very far away from the original place.

*** Many individuals return to the same place once swam out.

実験 5. 透明円筒および白色円筒に約 12 時間留置してから開放した場合

結果は Table 5. に示したように透明円筒では白色円筒の場合よりも円外に泳ぎ出す時間が著しく長く、透明円筒では実験 2. よりもさらに長くかかる傾向が認められる。しかし、白色円筒では実験 3. および 4.

より幾分長いが、著しい差はないようであるが、実験の繰返し回数が少ないので断定できない。

考 察

この実験は逃避の反応行動と条件づけを含む問題を扱かっていると考えられ、透明なセルロイド円筒を使用した場合に、白色の不透明な円筒を使用した場合よりもメダカ群が円筒に閉じこめられていた場所から泳ぎ去るまでに要する時間が長くなる。この事柄に説明を与えてみると、透明円筒の場合、停滞する時間が長くなることは、透明円筒を識別することがやがてその限られた区域に魚を条件づけて、容器が除かれても漸次その影響が残つて、メダカがその場所が泳ぎ出すのを抑制することに因ると考える。直接的訓練による条件づけの影響であることは、留置時間が長くなるほど、停滞時間が長くなることから当然考えられる。白色円筒の場合、停滞時間が短いことは遮蔽物を除去したこと自体が、透明な円筒を除去するよりも魚に大きな影響を与える。すなわち、周囲の突然の変化が著しいのは白色円筒であるという一つの見方ができる。また、魚の逃避反応が透明円筒ではその環境に条件づけられることによつて抑制されるのに対し、白色円筒を除去する場合はむしろ刺激する方向に働らくのであるという別の考え方もできる。白色円筒の場合の逃避反応の現われ方の強さについて考えてみると、実験の結果では円筒の透明か否かにかかわらず、留置された時間が短かければ、停滞している時間はほぼ大差なく、また、透明円筒では停滞は留置に従つてその時間が長くなり、魚群の行動に修正が加わるのに、白色円筒では留置時間に関係なく停滞は常に短時間で、修正の現象は認められない。要するに、この観察実験で示された現象は魚群の逃避行動とこれを抑制する条件づけの影響とによつて説明できるものであると考える。

本文を終るにあたり、御指導と御鞭達を賜つた東京大学教授大島泰雄、檜山義夫両博士に深甚の謝意を表す。

引 用 文 献

- 1) TRIPLETT, N. B.: (1901) The educability of the perch. Am. Journ. Psychol., Vol. 12, p. 354.
- 2) RUSSELL, E. S.: (1931) Detour experiments with Stickle backs. Jour. Exper. Biol., Vol. 8, No. 4.
- 3) SPOONER, G. M.: (1937) Learning of detours by wrass. Jour. Mar. Biol. Assoc. U.K. Vol. 21, No. 2.