

淡水魚の種々の照度区劃に対する集魚分布について

竹 田 正 彦

(農学部 水産生物学教室)

緒 言

川本及び筆者は先に海産稚魚の趨光性が、光の強度よりも寧ろ波長に依ることを推定した。其の後川本等の研究によつて波長と強度(エネルギー)とが同時に作用しており、明度の概念の導入によつてよく説明のつけられることが明かとなつた。波長-エネルギー分布が等しい光即ち同じ色の光を用いるとき、その強度の相異或は変化が魚類によつて識別され、その行動に影響を及ぼすことは今迄にも証明されており、また実際に漁場に於て集魚燈を用いる場合にも明るさという点に關心が持たれて來た。

最近、佐々木は集魚燈下に於ける魚群と照度との關係を調べ、魚群(主としてアジ)は1.5~0.1 luxの節廻に球を描いて游泳し、また集つた魚の最大密度は0.2 lux位の処であつたと報告している。また川本、尾崎、竹田及び川本、長田は海産稚魚を用いて集魚状態と照度勾配との關係を調べ魚は照度に比例して分布しないものと推定している。

筆者はこの点に關して更に詳細な行動学的分析を試みるために、2、3の淡水魚を用いて実験を行つたところ、魚種によつてまた或る魚種では照度の配列順序の如何によつて、集魚状態に可成りの相異した結果が得られたので茲に報告する。

本研究に際し、御指導と御助言を賜つた三重県立大学水産学部教授川本信之、同助教授尾崎久雄の両博士の御懇情に対し謝意を表す。

実 験 材 料

実験材料としては、高知大学農学部の附近にて捕えた次の三種の淡水魚を使用した。

Table 1
Fish species used as materials.

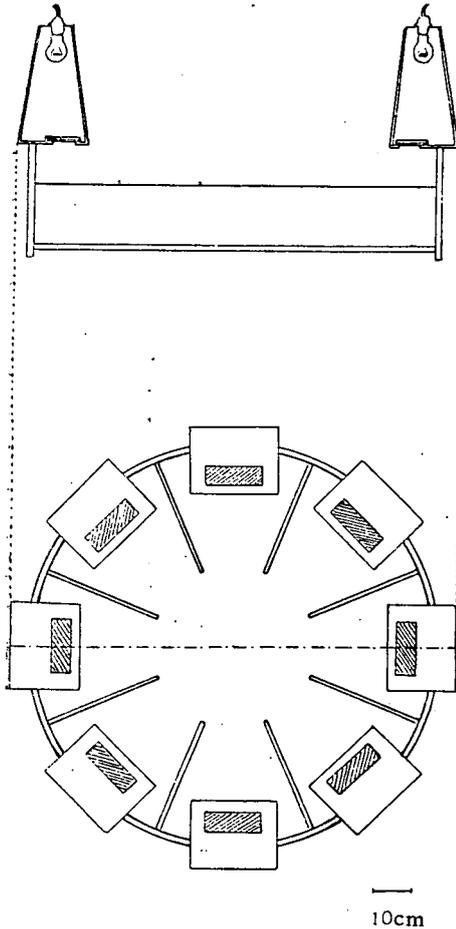
Specie	No. fish	Body length (mm.)
<i>Carassius carassius</i>	10.	30—40
<i>Oryzias latipes</i>	110	15—25
<i>Cyprinus carpio</i>	60	50—90

実 験 装 置

1) フナ及びコイに対する装置

フナ及びコイに対しては Fig. 1 に示す様に、直径 100cm、深さ 25cm の円形の木製水槽の内面を黒塗りにし、これを長さ 30cm、深さ 25cm の木板で中心部(径 40cm)を空けて放射状に 8 室に仕切り、フナの場合は 20cm、コイの場合には 15cm の深さ迄水を入れて魚を放つた。そして各室の上方に高さ 30cm、底面(17×23cm)に 5.0×14.5cm の開口をもつた木箱を設け、その中に A. P. 100V-60W のマツダ白色電球を入れて照明装置とした。この照明装置の開口上に遮光用白紙を適

Fig. 1 Experimental apparatus (1).
(See text for explanation)



当枚数置いて投射光の照度を調整した。そして各室を明るさの順に従つてⅠ室、Ⅱ室……Ⅷ室と名付けた。

上述の様に調整された各室の水面上の照度は、Table 2 に示す如き値をもっている。但し照度の測定はマツダ照度計第5号を用いて、燈直下の水面に於て行つた。

フナの実験とコイの実験の間に照度の相異があるのは、水深の相異に依るものである。

Fig. 2 Experimental apparatus (2).
(See text for explanation)

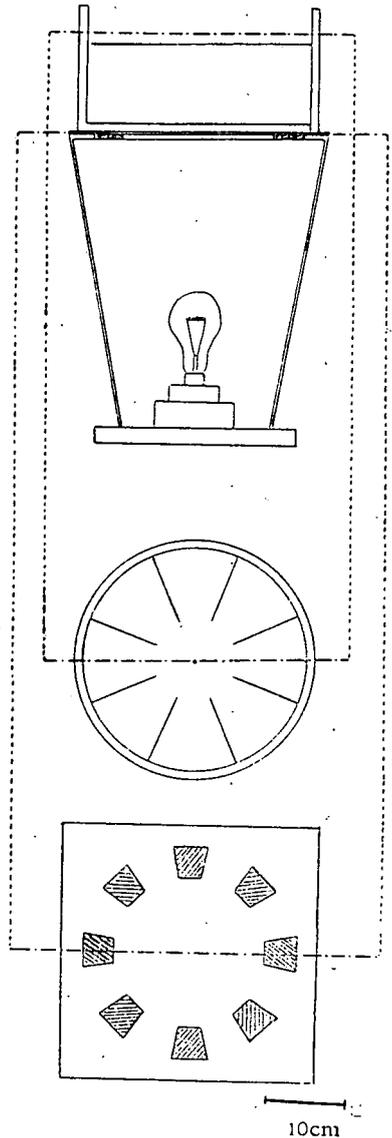


Table 2
Light intensities (lux) in Compartments.

Experiment	Compartment							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I. <i>Carassius carassius</i>	280	130	64	32	16	8	4	2
II. <i>Oryzias latipes</i>	188	79	36	16	9	5	3	1
III. <i>Cyprinus carpio</i>	93	35	18	8	3	2	10.5	

2) メダカに対する装置

メダカは魚体が小さいので、上述の大型水槽を用いると観察が非常に困難であるから、Fig. 2 に示す様な小型水槽を用いた。

即ち直径30cm、深さ15cmの円形のガラス水槽を側壁だけ黒塗りにし、ブリキ板で中心部(径10cm)を空けて放射状に8室に仕切り、これに10cmの深さ迄水を入れて魚

を放つた。別に高さ37cm, 天井が32平方の木箱を準備し, その中に光源としてA.P. 100V-60Wのマツダ白色電球を固定し, 天井には放射状に8箇の投射口(上底3.0cm, 下底4.5cm, 高さ4.0cm)を開けて照明装置とした。この投射口の上に遮光用白紙を適当枚数置いて投射光の明るさを調整し, 更にその上に上述の水槽を載せて, その各室が丁度真下から照明される様に定位した。この場合も前と同様に, 各室をその明るさの順にⅠ室, Ⅱ室, ……Ⅷ室と名付けた。各室の照度は光が下から投射される関係上, 水底に於て投射口の真上の位置で測られた。その値はTable 2に示した通りである。

実験方法

本実験は Preference method に依り, 凡て暗室内で行つた。略同じ大きさの供試魚を10尾ずつで実験水槽に入れ, 30分間暗順應させた後8光源を一齊に点燈し, 30秒後より15秒間隔に60回(15分間)連続して各室に於ける瞬間的分布を記録した。それを各室に就て集計した値を集魚尾数としそれ等の総集魚尾数に対する百分率を求めて各室の集魚率とした。

尙本実験の主要な実験条件となつた種々の照度の『配列順序』に就ては, その論及の度毎に図示する煩を避けるため纏めて Fig. 3に示しておいた。

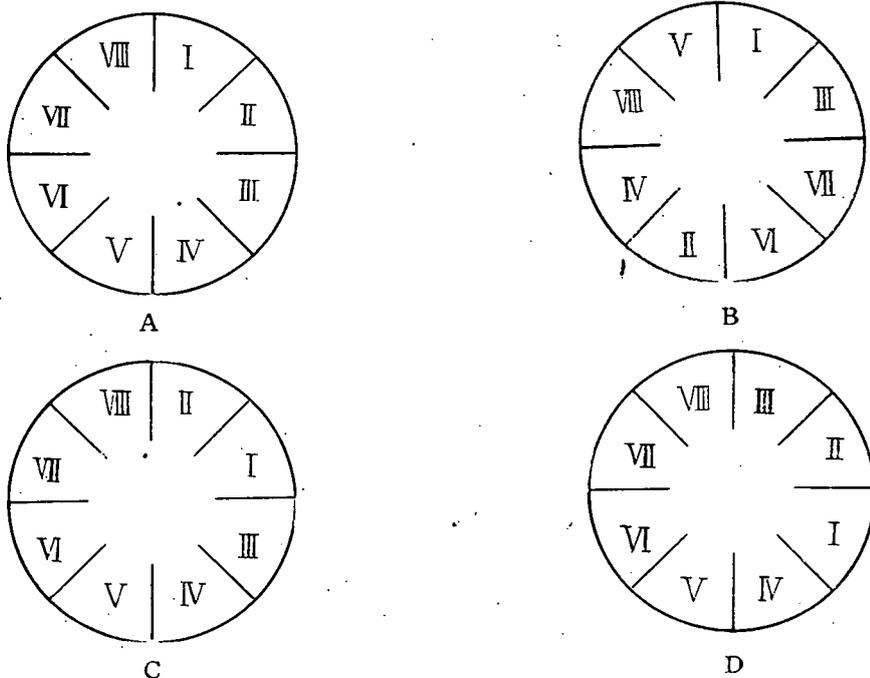


Fig. 3 The arrangements of illumination illustrated by compartment No.

この図で注意すべきことは, ここに示された数字は室の名称を表わしているのだから, 照度の大きさの比を意味するものではなくて, 照度の大きさの順序を意味するに過ぎない。これ等の数字に相應する照度の大きさは既にTable 2に示した通りである。

実験結果並びに考察

I. フナ (*Carassius carassius*)

フナに就てはA, B, C, Dの各配列順序の下に於ける集魚率を夫々10回, 5回, 5回, 5回に

互つて測定し、各々その平均値を求めてTable 3に示す様な結果を得た。

Table 3
Relationship between gathering rate (%) of *Carassius carassius* and illumination using A-, B-, C-, and D-arrangement.

Compartment	Light intensity (lux)	Average fish gathering rate (%)			
		A-arrangement	B-arrangement	C-arrangement	D-arrangement
VII	2	15.2	11.1	17.6	13.2
VII	4	11.6	12.0	12.0	13.2
VI	8	8.9	13.7	10.3	11.6
V	16	8.4	12.9	7.6	13.6
III	32	9.4	11.9	6.4	10.2
III	64	9.4	15.1	10.6	13.0
II	130	14.0	11.4	22.4	9.8
I	280	24.0	11.9	14.2	13.3

(Water temp. 21-23°C)

Table 3を半対数グラフを用いて図示すればFig. 4となる。

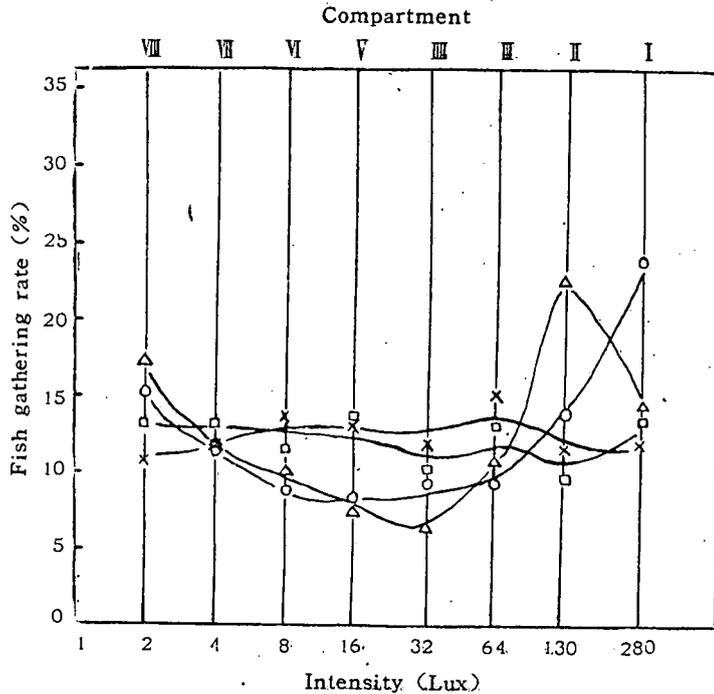


Fig4. 4 *Carassius carassius*
 ---○--- A-arrangement
 ---×--- B- "
 ---△--- C- "
 ---□--- D- "

以上の結果を実験経過に従つて考察しよう。先ず最も基本的な配列順序としてA配列 (Fig. 3) の下で実験を行った。その結果はTable 3及びFig. 4に示した様に、照度の順位と集魚率の順位と

は一致せず、最も明るい第Ⅰ室 (230 lux) が最も集魚率が高く、第Ⅱ、第Ⅲ、とゆくに從つて低くなり、第Ⅴ、第Ⅵ室 (8~16 lux) で最低集魚率となり、それから再び高くなつて最も暗い第Ⅷ室 (2 lux) では、第Ⅰ室に次ぐ可成り高い集魚率を示している。この様な集魚状態は、川本、尾崎、竹田⁵⁾及び川本、長田⁷⁾が海産稚魚を用いて得た結果とよく一致している。即ち細長い水槽の一端に光源室を設けて照度勾配をつくり、その中にマボラの稚魚を放つてその分布を観察した結果をグラフに表すと、この場合と同様にU字型の分布曲線が得られた。

筆者は上の結果から次の二つの事柄を推測した。a) フナには正の趨光性をもつた個体と負の趨光性をもつた個体とがあるのではないか。b) 趨光性に正負の個体差がなくてもA配列に於てはFig. 3に図解した様に、第Ⅰ室と第Ⅷ室が隣接してその両室間の照度比 (280:2) が他の隣接二室間の照度比 (2~3:1) よりも著しく大きくなつていたので、このためこれ等の室の前を通る魚が刺激の急激な増加又は減少を感受し、その反應としてこの両室を頻繁に往復する結果となつたのではなからうか。そこで以上の推測のうち何れが正しいか、或は他に原因があるかを確かめるために以下に述べる三実験を行つた。

先ず最初に明るさの順を乱して何れの隣接二室間にも著大な照度比がないB配列 (Fig. 3) に就いて測定した。その結果はTable 3及びFig. 4に示した様に集魚率は略平等の低い値となつて表れた。この事から上述のaの推測は否定されたものとみてよいであろう。何故ならば、若しaの推測が正しいとすればB配列の場合でも、A配列の場合と同様な結果が得られねばならぬからである。然しこの結果から直ちにbの推測が正しいものとする事は出来ないので、次にA配列の第Ⅰ室と第Ⅱ室だけその順序を入れ換えて、第Ⅱ室を第Ⅷ室に隣らせたところのC配列 (Fig. 3) に就て測定した。その結果はTable 3及びFig. 4に示した様に、第Ⅰ室よりも第Ⅱ室に最高集魚率が表われ、第Ⅷ室がこれに次いでいる。即ち最も明るい室よりもむしろ照度比の特別大きな隣接二室間に高い集魚率を示す結果が得られた。これによつてbの推測が正しいものと見做される。

然らば隣接二室間の照度比がどの程度の大きさになると、フナに斯様な特殊な趨光運動を起させるかという事が問題となる。その下限の閾値を知るために、続いてA配列の第Ⅰ室と第Ⅲ室だけその順序を入れ換えて、第Ⅲ室を第Ⅷ室に隣らせたところのD配列 (Fig. 3) に就て測定した。この場合第Ⅲ—Ⅷ室間の照度比は64:2であつて、C配列の第Ⅱ—Ⅷ室間の照度比 (130:2) の約 $\frac{1}{2}$ である。その結果はTable 3及びFig. 4に示した様に、最早第Ⅲ及び第Ⅷ室に特別高い集魚率を示さず、B配列の場合と同様に略平等の低い集魚率を示した。この事は隣接二室間の照度比が64:2では、フナに対して趨光運動を起させるだけの刺激値がないことを意味している。從つて本実験範囲内ではフナに趨光運動を起させるに足る隣接二室間の最低照度比は、C配列とD配列の中間にあることになる。今C配列がその限界であるとすれば照度比は130:2である。これにWeberの法則を適用して $I=2$ とし $\frac{\Delta I}{I}$ を求めると64となるが、この値は本城、淺野がドジョウを用いて、照度の増加の場合は $I=2.3$ に於ける走光性の閾値 $\frac{\Delta I}{I}$ が3Iであり、照度の減少の場合は2770 luxから40 luxに下げる様な場合 ($\frac{\Delta I}{I}=68.8$) に始めて陽性の走光性がみられたという結果と比較すると、後者の値と略一致している。然し中等度の照度 (100~1000 lux) に対して $\frac{\Delta I}{I}$ の値が略一定になるか否かは、本実験では確かめ得なかつた。從つてフナに対してもドジョウの場合の様に、Weberの法則が適用出来るか否かは疑問である。

I. メダカ (*Oryzias latipes*)

メダカに就てはA, B, Cの各配列順序の下に於ける集魚率を夫々10回に亘つて測定し、各々の平均値を求めてTable 4に示す様な結果を得た。

Table 4

Relationship between gathering rate (%) of *Oryzias latipes* and illumination using A-, B- and C-arrangement.

Compartment	Light intensity (lux)	Average fish gathering rate (%)		
		A-arrangement	B-arrangement	C-arrangement
VIII	1	4.2	3.2	2.3
VII	3	6.1	2.5	6.8
VI	5	13.5	4.9	12.2
V	9	13.3	7.9	9.5
IV	16	8.2	11.1	8.4
III	36	12.7	11.1	10.0
II	79	13.1	27.3	15.9
I	188	28.9	33.2	34.9

(Water temp. 21—28°C).

Table 4を半対数グラフにて図示すればFig. 5となる。

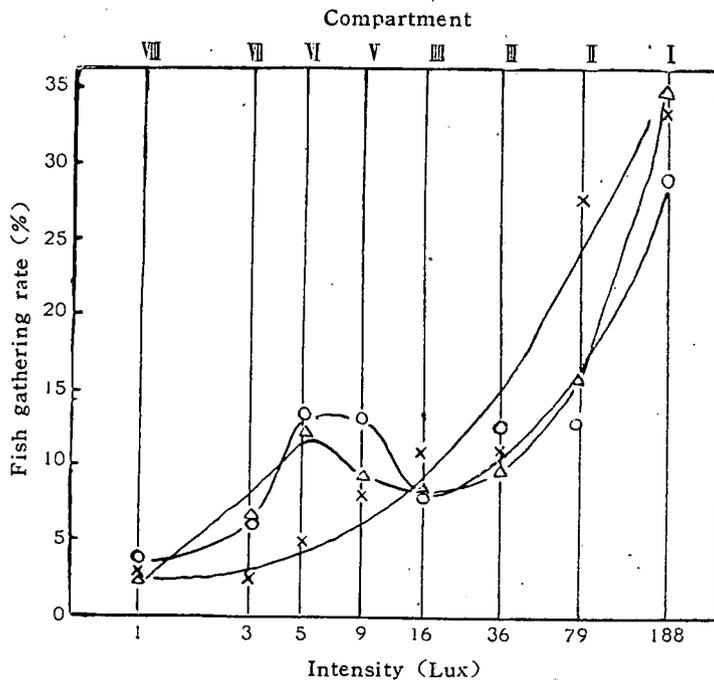


Fig. 5 *Oryzias latipes*

—○— A-arrangement
—×— B- "
—△— C- "

以上の結果を実験経過に従つて考察しよう。先ずA配列に就て測定した。その結果はTable 4及びFig. 5に示した様に、第Iの室が断然集魚率が高く、第VII、第VIII室が極めて低くなつてゐる。この結果からメダカには明かに正の趨光性があるものと推測される。これを確かめるため引き続きB配列及びC配列に就て測定した。その結果はTable 4及びFig. 5に示した様に、何れの場合もA配列

の場合と同様、集魚率の最高が第Ⅰ室、最低が第Ⅶ或はⅧ室に表れた。この事からメダカは照度の配列順序の如何に拘らず、最も明るい室に最も多く集る事がわかり、上述の推測の正しいことが証明された。ただ、A、C両配列の場合には、第Ⅴ或は第Ⅵ室の集魚率がB配列のそれよりも幾分高くなっている。またB配列の場合には第Ⅱ室の集魚率がA、C両配列の場合のそれよりも可成り高くなっている。これらの相異点は下に述べる様に、メダカの Preference に基づく結果ではなくて実験水槽の大きさ及びメダカの運動性に基づく結果であると考えられる。即ちメダカは行動が比較的活潑であるから、一つの室から出た個体又は群体は直線的に対位の室に入り易く、特にこの実験に用いた水槽は小型であるからこの傾向は一層強くなるものと考えられる。この現象は事実実験中に屢々観察された。従つて第Ⅰ室に最も多く集つた魚が室外に出た場合、丁度対位にある室即ちA C両配列の場合では第Ⅴ或は第Ⅵ室に、B配列の場合では第Ⅱ室に入り易い事になる。故にこの様な結果が上述の相異点となつて表われたのであろう。従つてより大きな実験水槽を用いるならば上述の傾向が或程度減り、配列順序の如何に拘らず略同様な集魚率の分布を示すものと思われる。そしてその分布を示す曲線は滑かな指数曲線の形になるであろう (Fig. 5参照)。

Ⅲ コ 1 (Cyprinus carpio)

コイに就てはA、B両配列順序の下に於ける集魚率を夫々10回に亘つて測定し、各々その平均値を求めTable 5に示す様な結果を得た。

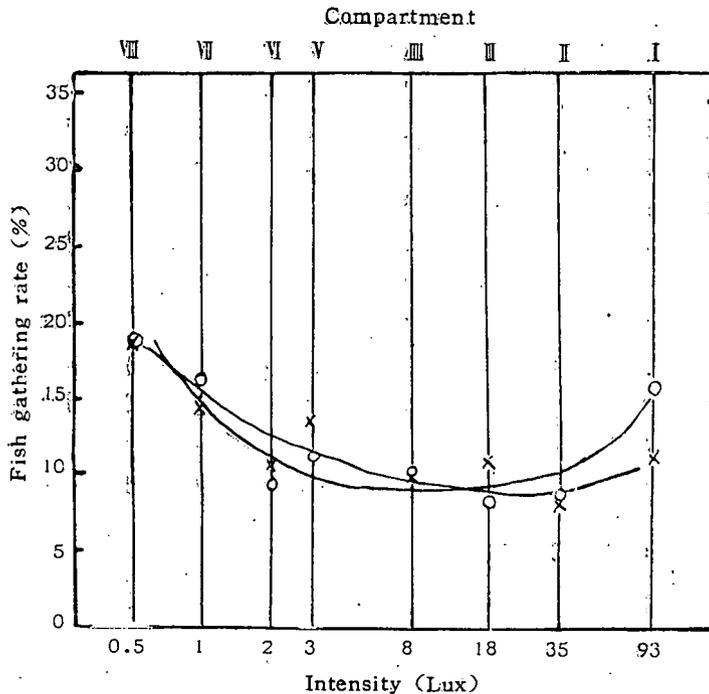
Table 5
Relationship between gathering rate (%) of *Cyprinus carpio*
and illumination using A- and B-arrangement.

Compartment	Light intensity (lux)	Average fish gathering rate (%)	
		A- arrangement	B- arrangement
Ⅷ	0.5	18.9	19.1
Ⅶ	1	16.5	14.7
Ⅵ	2	9.7	11.7
Ⅴ	3	11.3	13.9
Ⅳ	8	10.5	10.0
Ⅲ	18	8.4	11.1
Ⅱ	35	8.7	8.4
Ⅰ	93	15.9	11.2

(Water temp. 24—25°C).

Table 5を半対数グラフにて図示すればFig. 6(次頁)となる。

先ずA配列に就て測定したところ、Table 5及びFig. 6に示した様に、第Ⅰ室で僅か乍ら高い集魚率が表われ、それから減少して第Ⅷ室に近づくに従つて再び僅かではあるが高くなつて表われた。この結果をフナのA配列に於ける結果 (Table 3, Fig. 4) に比較すると、両実験の間に照度範囲の差が可成りあるけれども、集魚分布の傾向はよく似ている事がわかる。それ故フナのA配列の場合に推測された事がコイに就ても云えるのでないかと思ひ、これを確かめるためにB配列に就て測定した。その結果はTable 5及びFig. 6に示した様に、第Ⅰ室に対する集魚率がA配列の場合よりも少々低くなつて居る他はA配列の場合と略同様であつた。

Fig. 6 *Cyprinus carpio*

—○— A-arrangement
—×— B-arrangement

以上の結果からコイに於ては、微弱ながら負の趨光性があるものと推測される。然し正の趨光性の存在に就ては疑問であり、また相隣接する明暗の照度比が趨光性を惹起させるものとも考えられない。これ等の点に就ては更に強い光の下で実験を行い、またC配列に就ても観察しなければ何とも云えない。今回は実験材料の都合により更に実験を進める事が出来なかつたのは残念である。

摘 要

魚類の趨光性と照度との関係を分析するため、2, 3の淡水魚を用い、これに照度の異なる8箇の光野を同時に與えた場合の集魚状態に就て実験し、次の様な結果を得た。

1. フナに於ては、照度の配列順序の如何によつて集魚状態に著しい相違が生ずる。各照度の示す集魚率はそれに隣接する照度によつて影響されるが、この照度の比が或る値以上になるとその影響は殊に著明になつて來るのが見られた。この現象は今のところメダカ、コイ等に就ては確められていない。

2. メダカに於ては、照度の配列順序の如何に拘らず集魚状態は略安定した値を示している。但し明るい処に極めてよく集まる事から見て顯著な正の趨光性が存在するものと考えられる。

3. コイに於ても照度の配列順序の如何に拘らず、集魚状態は略一定した値を示している。但し明るい処よりも暗い処によりよく集まる事から見て、微弱な負の趨光性が存在する様に思われる。然しこの点に關しては更に分析及び議論の余地がある。

文 献

- 1) 川本信之、竹田正彦 1950: 魚類の趨光性に関する研究(第1報)、魚類学雑誌, 1, 101~115.

- 2) H. O. BULL 1928 : Studies on conditioned responses in fishes. part 1, Jour. Marine Biol. Assoc., 15 485~533.
- 3) 本城市次郎, 浅野黎子 1948 : ドジョウの光反応, 生物, 3 118~121.
- 4) Tadayoshi SASAKI 1950 : Fishing Apparatus equipped with a Fish Attraction Lamp System, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 16 281~294.
- 5) 川本, 尾崎, 竹田 1951 : 集魚方法の基礎的研究 (第I報), 水産研究会報, 3, 153~188.
- 6) 川本, 尾崎, 小林, 小西, 宇野 1952 : 集魚方法の基礎的研究 (第II報), 同, 4, 263~291.
- 7) N. Y. KAWAMOTO, S. NAGATA. 1952 : On the relation between light gradient and fish behavior, Jour. Pref. Univ. Mie, 2.

(昭和27年10月31日受理)

RÉSUMÉ

On the distribution of gathering rates of fresh water fishes to compartments of various light intensities.

by Masahiko TAKEDA

(Laboratory of Fishery-biology, Agricultur Faculty, Kochi University)

The author has investigated on distributions of gathering rates of fresh water fishes to light compartments which were illuminated by different light intensities simultaneously. The results obtained were as follows:

1. Distributions of gathering rates of *Carassius carassius* to various light intensities varied considerably with the arrangement of light intensities. It was observed that the gathering rate of the specie to a light intensity was effect by the neighbouring light intensity, and that the effect was remarkable when the ratio of two intensities was above the some value. At present, this phenomenon has been observed on this specie only.

2. Distributions of gathering rates of *Oryzias latipes* to various light intensities were almost similar types by any arrangement of light intensities. It was presumed that this specie showed a remarkable positive phototaxis, for they gathered most to the lightest compartment.

3. There was not much variation among two distribution types of gathering rates of *Cyprinus carpio* to various light intensities. It was presumed that this specie showed a slight negative phototaxis, for they gathered to the dark more than the light. But, there would be a lot of room for further analysis and argument on this point.

(Received October 31, 1952)

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..