色光에 대한 까치복의 反應

梁 龍 林
釜山水産大學校 海洋生産管理學科
(1994년 4월 15일 접수)

Response of Striped puffer, *Fugu xanthopterus* to the Colored Lights

Yong-Rhim YANG
National Fisheries University of Pusan
(Received April 15, 1994)

The author carried out an experiment to find out the response of Striped puffer, ***Fugu xanthopterus*** (Temminck et Schlegel) to the color lights.

The experimental tank (300L×50W×50H *cm*) was set up in a dark room. Six longitudinal sections with 60*cm* intervals are marked in the tank to observe the location of the fish. Water depth in the tank was kept 50 *cm* level. Light bulbs of 20 *W* at the both ends of the tank projected the light horizontally into the tank. Two different colored filters were selected from four colors of red, bule, yellow, and white, and the were placed in front of the light bulbs to make different colors of light. Light intensity was controlled by use of auxiliary filiters intercepted between the bulb and the filter.

The fishes were acclimatized in the dark for 60 minutes before they were employed in the experiment. Upon turning on the light, the number of fish in each section was counted 40 times in 30 second intervals, and the mean of the number of fish in each section was given as the gathering rate of the fish.

The colors favourited by the fish was found in order of blue, yellow, white and red in the daytime, and blue, white, yellow and red at night. The difference of the average distribution on two different colors of light was 13.12%(4.10-26.55%), and the difference in the daytime(14.79%) was larger than at night(11.45%). Constantly the gathering rate of fish on illumination period was fluctuated with instability. As the gathering rate on one color of light increased, the gathering rate on the other color of light decreased. The difference of the gathering rate on two different colors of light was comparatively distinct and the difference in the daytime was larger than at night.

緖　　論

光과 어류의 행동과는 밀접한 관계있어, 해산어류를 대상으로 色光에 대한 어류의 행동양상이 光의 色彩 및 세기, 魚種에 따라 다르다는 것을 Kawamoto and Takeda(1950, 1951)를 비롯하여 Ozaki(1951), Kawamoto and Konishi (1952, 1955), Kawamoto and Uno(1954), Yang(1980, 1981a, b, 1983a, b, 1984a, b, 1985)등이 보고한 바 있으며, 色光의 照明時間에 따라 集魚率이 변한다는 것을 Kawamoto *et al*. (1950, 1952), Kawamoto and Konishi (1955), Imamura and Takeuchi(1963), Yang(1980, 1981a, b, 1983a, b, 1984a, b, 1985, 1987) 등이 조사 보고한 바 있다. 까치복, ***Fugu xanthopterus***에 대해서는 白色光에 대한 반응을 Yang(1988)이 보고한 바 있으나 色光에 대한 반응은 보고된 바 없다.

따라서, 본고에서는 赤, 黃, 靑, 白 등의 色光에 대한 까치복의 行動樣相을 晝間과 夜間으로 구분 조사하여 수조내의 魚類分布, 잘 모이는 色光 및 照明時間에 따른 集魚率의 변화 등을 조사 분석하였다.

材料 및 方法

1. 材料

본 실험에 사용한 어류는 체장 14~21 *cm*, 체중 100~300 *g*인 까치복, ***Fuguxanthopterus*** (Temminck et Schlegel)였고, 이들을 循環式濾過飼育水槽에서 10일 이상 적응 시킨 다음 실험에 사용하였으며, 총 마리수는 300마리 이상이었다.

2. 裝置 및 方法

實驗水槽(360L×50W×55H *cm*)는 광택이 없는 灰色循環式濾過水槽이며 光源箱子에서 나오는 빛이 수조의 양쪽끝에 있는 투명 유리창을 통하여 수중으로만 투과되게 하였으며, 수조내부에 선을

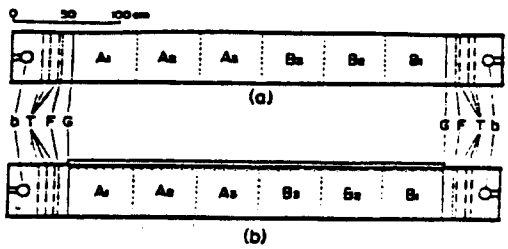

Fig. 1. Schematic diagram of the experimental tank. (a) : plan view; (b) : side view; b : light bulb; T : filter; F : color filter; G : glass plate

그어 6개의 등구간으로 나누어 각 구간의 길이를 60 *cm* 되게 하고, 각 光源쪽에서 부터 각각 A_1, A_2, A_3 및 B_1, B_2, B_3 구간이라 하였다(Fig. 1). 實驗水槽는 암실내에 설치하고, 수심은 50 *cm*로 유지시켰으며, 실험 수온 범위는 23~26 ℃로 유지하였다.

光源箱子(55L×50W×50H *cm*)는 實驗水槽의 양쪽 끝 유리창 밖에 설치하고 필터를 삽입할 수 있게 만들었으며, 電球는 20 *W*인 白色燈을 사용하고, A.C.용 및 D.C.용 自動電壓調整器 (Kingshill # cp84)를 연결하여 전압을 안정시켜, 빛의 세기를 일정하게 유지하였다.

色光源은 색필터 (50×50 *cm*)를 이용하여 靑 (3950~5200Å), 黃(5150~5850Å), 赤 (5950~6650Å) 및 白(3950~7350Å)色의 4가지 色光源을 만들었으며, 각 光源에 대한 수조내의 水中照度는 under water luxmeter(T.J. crump # 550)로써 측정하여 각 光源쪽의 A_1과 B_1 구간에서의 平均水中照度가 같게끔 보조필터 (3~5종)를 전구와 색필터 사이에 삽입하였는데 두 구간에서의 平均水中照度는 2~2.5 *lux*였다.

각 실험마다 飼育水槽에서 적응된 어류를 10마리씩 實驗水槽에 옮기고 60분간 암흑에 순응시킨 후 2가지 色光源을 동시에 점등하여, 점등하는 순간에 각 구간에서 발견되는 마리수로써 光刺戟을 받지 않는 상태에서의 분포를 조사하였으며, 계속 각 구간에서 발견되는 마리수를 30초마다 40회 (20분간) 조사한 마리수의 평균으로써 色光에 대

한 區間別分布와 어류의 행동을 조사분석하였다. 이와같은 실험을 晝間과 夜間으로 각각 구분 조사하였는데, 이때 光에 대한 순응을 피하기 위하여 실험마다 다른 개체를 사용하여 5회 이상 조사하였다.

照明時間에 따른 集魚率의 변화는 각 光源쪽인 A_1 및 B_1 구간에서 연속 3회 조사한 集魚率의 평균치를 각각 그 중간시각에서의 集魚率로 나타냈는데 평균치 사이의 시간간격은 30초로 하였다.

각 수조의 수질관리를 위하여 D. O. meter (Delta # 1010)와 S.T.meter(Kahlsico # RS 5-3)를 사용하여 용존산소, 염분 및 수온 등을 조정하였다.

結果 및 考察

1. 初期條件

까치복이 光刺戟을 받지않고 暗黑에 50분 이상 순응된 후의 수조내의 個體分布는 Table 1과 같이 구간과 晝夜에 따라 다소 차이가 있었고 양단과 중앙부에 다소 많이 모여 복섬 ***Fugu niphobles*** (Yang, 1980), 붕장어 ***Astroconger myriaster*** (Yang, 1981a) 및 두툽상어 ***Scyliorhinus torazame***(Yang, 1983a)의 경우와 비슷하였는데, 이것은 수조의 길이가 한정되어 수조의 양단이 장벽의 역할을 하였기 때문이라고 생각된다. 한편, 光刺戟을 가했을때의 각구간에서의 분포율(Table 2, 3)에 Table 1의 값들을 가감하여도 그 형태는 큰 변화가 없었다. 따라서 光刺戟을 가했을때의 분포율과 가하지 않았을 때의 분포율의 차이는 고려하지 않았다.

2. 두가지 色光에 대한 個體分布

수조의 양단에서 서로 다른 두가지 色光源으로 동시에 光刺戟을 까치복에 가했을때의 수조내의 區間別分布는, 晝間의 경우 Table 2와 같고, 夜間의 경우 Table 3과 같으며, 晝夜間의 分布曲線은 Fig. 2와 같다.

個體分布는 Fig. 2와 같이 수조의 양단에서 비추어주는 色光의 조합에 따라 다르고 晝夜간의 차이도 비교적 심했으며, 兩端區間과 中央區間에 다소 많이 모이는 경향을 보여 대체로 W자형을 이루어,

Table 1. Distribution rate(%) of *Fugu xantopterus* under dark condition

Time	Section						Total
	A1	A2	A3	B3	B2	B1	
Day	17.78	13.33	12.78	12.22	14.44	29.44	100
Night	13.33	15.53	16.11	16.11	18.89	20.00	100
Mean	15.55	14.43	14.45	14.16	16.66	24.72	100

Table 2. Distribution rate(%) of *Fugu xantopterus* under the different combinations of colored lights in the daytime

Light source	Section						Light Source
	A1	A2	A3	B3	B2	B1	
Red	14.85	9.25	12.25	11.85	12.25	39.55	Yellow
Red	13.10	9.05	10.50	13.60	14.10	39.65	Blue
Yellow	24.40	10.10	11.10	14.05	9.95	30.40	Blue
Yellow	18.45	11.20	15.80	16.15	13.05	25.35	White
Blue	32.20	11.90	13.30	10.70	8.85	23.05	White
Red	18.25	11.85	11.85	12.70	11.65	33.70	White

두툽상어(Yang, 1983a)의 경우와 같았다.

한편, Table 2, 3에서 수조의 양단인 A_1 구간과 B_1 구간의 分布差를 보면, 晝間의 赤色과 靑色光의 조합일 때가 26.55%로 최대였고, 黃色과 靑

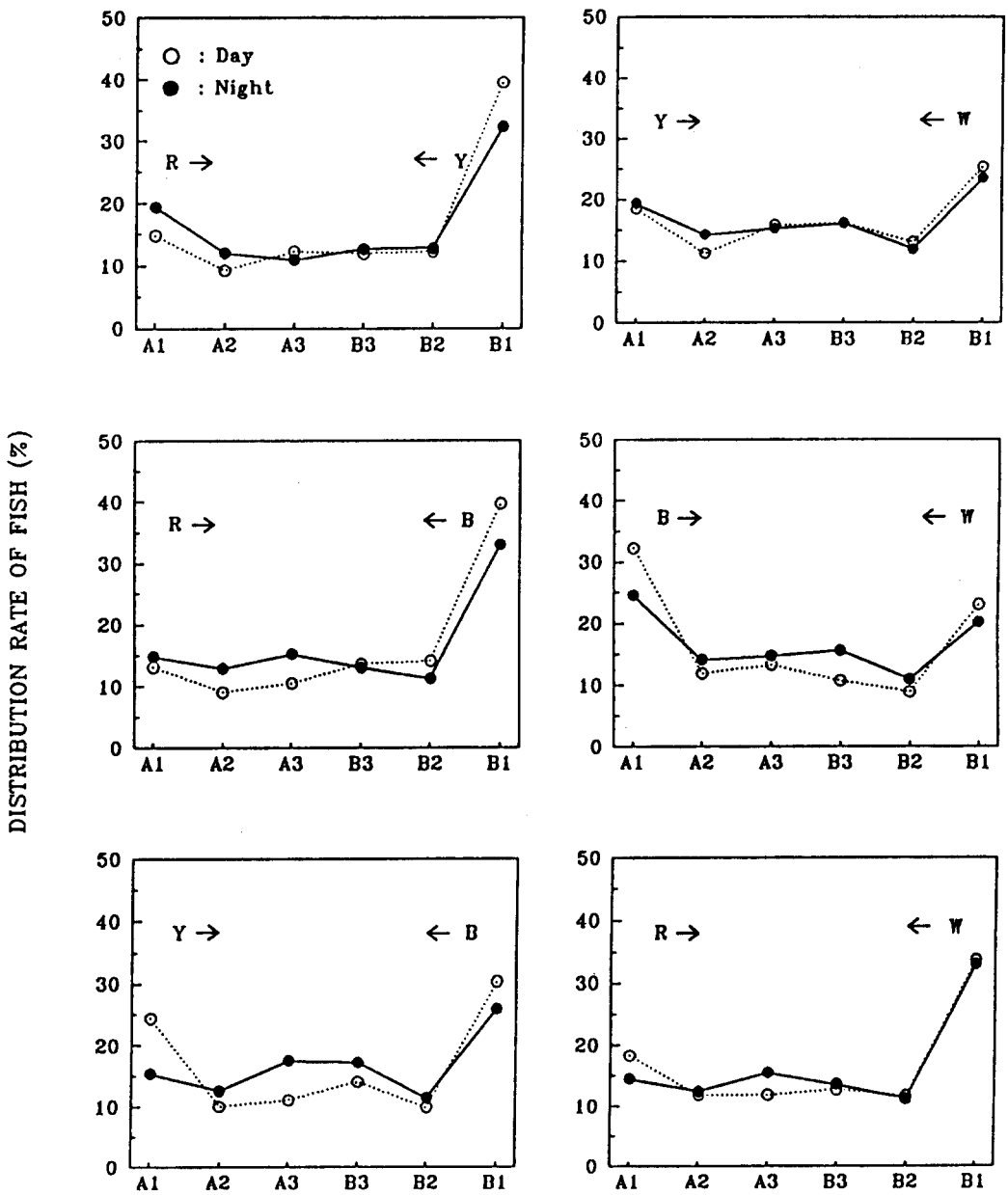

Fig. 2. Distribution rate of fish in each section of the tank exposed to the various color light source.
R : red; Y : yellow; B : blue; W : white

Table 3. Distribution rate(%) of *Fugu xantopterus* under the different combinations of colored lights at night

Light source	Section						Light Source
	A1	A2	A3	B3	B2	B1	
Red	19.40	12.00	10.90	12.65	12.75	32.30	Yellow
Red	14.80	12.85	15.20	13.00	11.25	32.90	Blue
Yellow	15.35	12.60	17.50	17.15	11.45	25.95	Blue
Yellow	19.35	14.15	15.15	16.05	11.85	23.45	White
Blue	24.55	14.10	14.75	15.55	10.90	20.15	White
Red	14.45	12.35	15.40	13.60	11.15	33.05	White

色의 조합일 때 6.00%로 최소였으며, 晝間의 평균분포차는 14.79%였다. 夜間에는 赤色과 白色光의 조합일 때 18.60%로 최대였고, 黃色과 白色의 조합일 때 4.10%로 최소였으며, 夜間의 평균분포차는 11.45%로서 晝間보다 작았다. 까치복의 兩色光쪽에서의 평균분포차는 13.12%로서 두툽상어의 10.19%(Yang, 1983a), 말쥐치 *Navodon modestus*의 10.65%(Yang, 1984a) 및 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*의 6.00%(Yang, 1984b)보다는 컸었는데, 이것은 까치복이 이들 魚種에 비해 色光에 대한 選擇反應이 좋기 때문이라고 생각된다.

까치복의 色光別 分布를 보면, 晝間에는 靑色光쪽에 가장 많이 모이고 다음에 黃色, 白色, 赤色의 순이였으며, 夜間에서는 靑色光쪽에 가장 많이 모이고 다음이 白色, 黃色, 赤色 순으로 나타났다. 晝間에 靑色光쪽에 가장 많이 모이는 현상은 복섬(Yang, 1980), 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*(Yang, 1981b), 말쥐치(Yang, 1984a) 및 조피볼락 *Sebastes schlegeli*(Yang, 1985)의 경우와 같았고, 夜間에도 靑色光쪽에 가장 많이 모이는 현상은 말쥐치 (Yang, 1984a)의 경우와 같았다.

한편, 낚시어업 및 선망어업등은 夜間에 集魚燈을 이용하는데, 까치복을 대상으로 한 集魚燈의 光은 靑色光이 효과적일 것으로 생각된다.

3. 照明時間에 따른 集魚率의 變化

수조의 양단인 A_1 구간과 B_1 구간에서 2가지씩의 色光源의 조합에 대하여 30초 간격으로 40회(20분간) 조사한 集魚率은 Fig. 3과 같다. 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화는 심했으며 계속 불안정하게 변동하여 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*(Yang, 1980), 말쥐치 (Yang, 1984a), 조피볼락(Yang, 1985)의 경우와 같은 경향을 나타냈으며, 2가지 色光에 대한 集魚率의 차는 비교적 뚜렷했는데 赤色과 黃色, 靑色과 赤色, 赤色과 白色光의 조합 일때 더욱 뚜렷했으며, 夜間보다 晝間이 더 뚜렷했다.

色光源의 조합별로 보면, 赤色과 黃色光의 조합인 경우, 晝夜間에 모두 조명시간이 경과함에 따라 赤色쪽의 集魚率이 감소하는 경향을 나타냈으나, 黃色쪽은 증가하는 경향을 보였고 黃色쪽의 集魚率이 더 높았으며, 夜間보다 晝間에 두 色光쪽에서의 集魚率의 차가 더 컸다.

赤色과 靑色光의 조합인 경우, 晝間에는 照明時間이 경과함에 따라 赤色쪽의 集魚率은 증감추세를 보이지 않고, 靑色쪽은 증가하는 경향을 나타냈으나 16분 이후에는 감소했다. 夜間에는 赤色쪽의 集魚率이 3분까지는 증가했으나 그 이후에는 감소했고, 靑色쪽은 증가하는 경향을 나타냈다. 晝夜간 모두 靑色쪽의 集魚率이 더 높았으며, 夜間보다 晝間에 두 色光쪽에서의 集魚率의 차가 더 컸다.

黃色과 靑色光의 조합인 경우, 晝間에는 두 色光쪽의 集魚率이 照明時間이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 夜間에는 靑色쪽은 증가했으나 黃色쪽은 거의 변화가 없었다. 晝夜間 모두 靑色쪽의 集魚率이 더 높았는데 晝間보다 夜間에 集

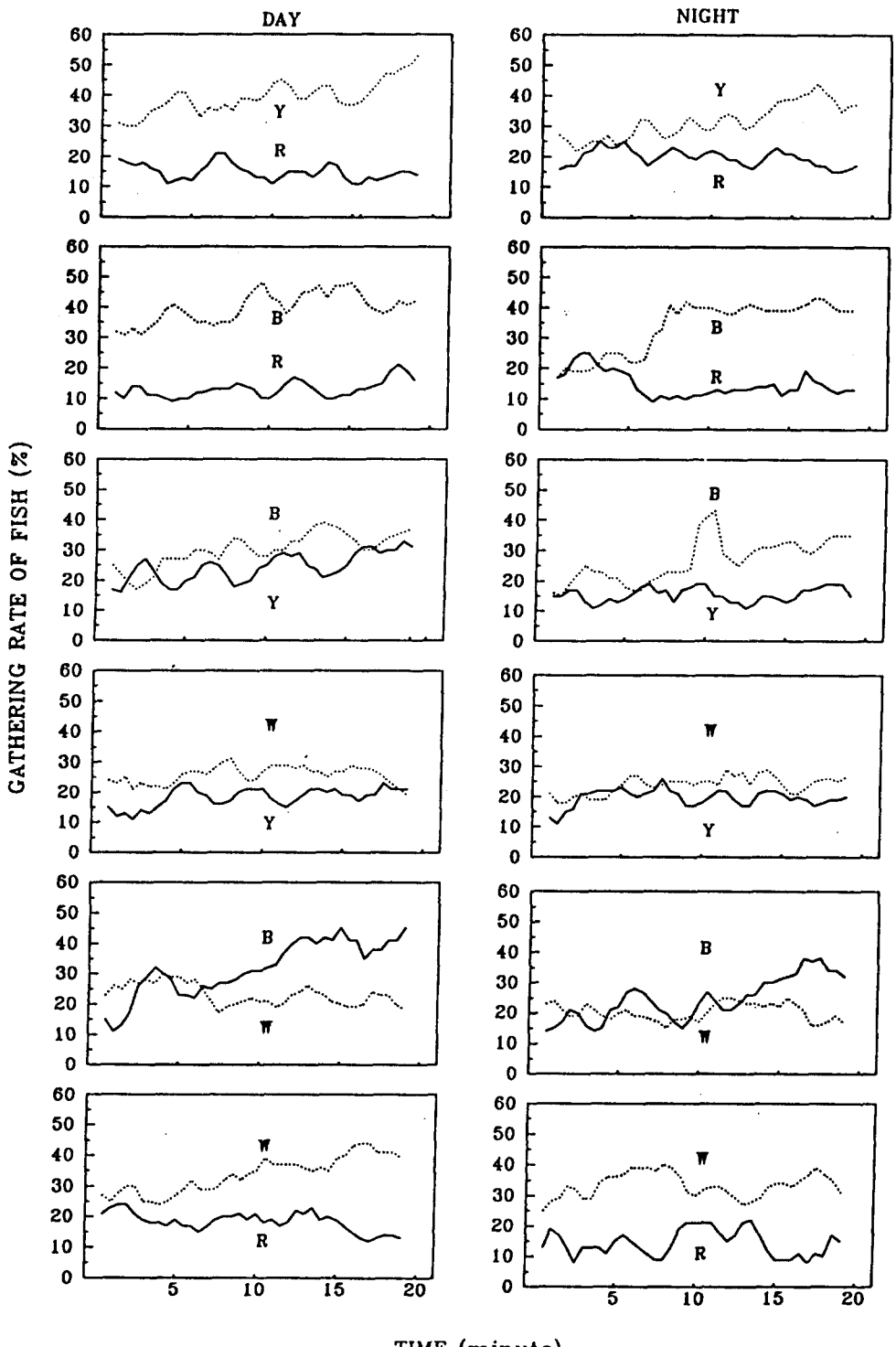

Fig. 3. Variations of gathering rate in the end sections of the tank as illuminating time elapse.
R : red; Y : yellow; B : blue; W : white

魚率의 차가 더 컸다.

黃色과 白色光의 조합인 경우, 晝夜間 모두 照明時間이 경과함에 따라 두 色光쪽의 集魚率이 증감 추세를 보이지 않았고 계속 불안정하게 변동하였으며, 두 色光쪽의 集魚率의 차가 뚜렷하지 않았고 晝夜間의 차이도 거의 없었다.

靑色과 白色光의 조합인 경우, 晝間에는 靑色光쪽의 集魚率은 증가추세를 보였으나 백색쪽은 감소하는 경향을 나타냈다. 夜間에는 靑色光쪽은 7분까지는 증가했고 7-10분 사이는 감소했으며 그 이후에는 다시 증가하는 경향을 나타냈고, 白色쪽은 10분경까지는 감소했고 그 이후에는 일정한 증감추세를 보이지 않았다. 靑色쪽의 集魚率이 대체로 더 높았으며 두 色光쪽에서의 集魚率의 차가 夜間보다 晝間에 비교적 뚜렷하였다.

赤色과 白色光의 조합인 경우, 晝間에 赤色光쪽의 集魚率이 감소했으나 白色光쪽의 集魚率이 증가했는데 照明時間이 경과함에 따라 두 色光쪽의 集魚率의 차가 가장 뚜렷하였다. 夜間에는 赤色쪽의 集魚率이 증감추세를 보이지 않았으나, 白色쪽은 9분경 까지는 증가했다가 그 이후에는 일정한 증감추세를 나타내지 않았다. 晝夜間 모두 白色쪽의 集魚率이 항상 더 높았으며, 두 色光쪽에서의 集魚率의 차가 뚜렷하였다.

본 연구에서는 色光에 대한 어류의 반응을 행동학적으로 조사하였으나, 앞으로 조직생리학적, 전기생리학적 방법에 의한 어류의 명순응과정과 색체감각에 대한 분야의 연구도 필요하다고 생각된다.

要　約

色光에 대한 까치복, ***Fugu xanthopterus*** (Temminck et Schlegel)의 행동을 조사하기 위하여, 서로 다른 色光源으로 수조의 양단에서 어류에 동시에 光刺戟을 가했을 때의 반응을 晝間과 夜間으로 구분 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 수조내에서의 까치복의 區間別分布曲線은 양단구간과 중앙구간에 많이 모여 대체로 W자형이 되었으며, 晝夜間의 차이도 다소 있었다.

2. 兩色光쪽에서의 까치복의 평균분포차는 13.12%(4.10~26.55%)였고, 晝間(14.79%) 보다 夜間(11.45%)에 더 적었다.

3. 까치복이 잘 모이는 色光은 晝間에는 靑色, 黃色, 白色, 赤色의 순이며, 夜間에는 靑色, 白色, 黃色, 赤色의 순으로 나타났다.

4. 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화는 계속 불안정하게 변동하면서, 한 色光쪽의 集魚率은 증가하고 다른 쪽은 감소하는 경향을 나타냈다.

5. 두가지 色光에 대한 集魚率의 차는 비교적 뚜렷했는데, 夜間보다 晝間이 더 뚜렷했다.

參考文獻

Imamura, Y. and S. Takeuchi (1963) : Study on the disposition of fish towards light(7). J. Tokyo Univ. Fish. 49, 33-39.

Kawamoto, N. Y. and J. Konishi (1952) : The correlation between wave length and radiant energy affecting phototaxis. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie 1, 197-208.

Kawamoto, N. Y. and J. Konishi (1955) : Diurnal rhythm in phototaxis of fish. *ibid*. 2, 7-17.

Kawamoto, N. Y., H. Ozaki and M. Takeda (1950) : Fundamental investigations of the fish gathering method(1). J. Fish. Res. Inst. 3, 153-188. (In Japanese).

Kawamoto, N. Y., H. Ozaki, H. Kobayashi, J. Konishi and K. Uno (1952) : Fundamental investigation of the fish gathering method(2). *ibid*. 4, 263-291. (In Japanese).

Kawamoto, N. Y. and M. Takeda (1950) : Studies on the phototaxis of fish. Japn. J. Inht hy. 1, 101-115. (In Japanese).

Kawamoto, N. Y. and M. Takeda (1951) : The influence of wave lengths of light on the behaviour of young fish. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie 1, 41-53.

Kawamoto, N. Y. and K. Uno (1954) : Studies on the influence of the moonlight upon efficiency of the fish lamp. ***ibid***. 1, 355-364.

Ozaki, H. (1951) : On the relation between the phototaxis and the aggregation of young marine fishes. ***ibid***. 1, 55-66.

Yang, Y. R. (1980) : Phototaxis of fish(3). Bull. Korean Fish. tech. Soc. 16, 37-42. (In Korean).

Yang, Y. R. (1981a) : Response of conger eel to the colored light. Bull. Nat. Fish. Univ. Busan 21, 1-6. (In Korean).

Yang, Y. R. (1981b) : Response of file fish to the colored lights. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 17, 7-11. (In Korean).

Yang, Y. R. (1983a) : Response of cat shark to the colored lights. ***ibid***. 19, 12-16. (In Korean).

Yang, Y. R. (1983b) : Response of gray rock cod to the colored lights. Bull. Korean Fish. Soc. 16, 330-334. (In Korean).

Yang, Y. R. (1984a) : Response of filefish to the colored lights. ***ibid***. 17, 191-196. (In Korean).

Yang, Y. R. (1984b) : Response of rock trout to the colored lights. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 20, 6-10. (In Korean).

Yang, Y. R. (1985) : Response of rockfish to the colored lights. Bull. Korean Fish. Soc. 18, 119-123. (In Korean).

Yang, Y. R. (1987) : Phototaxis of fish(7). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 23(4), 151-156. (In Korean).

Yang, Y. R. (1988) : Response of striped puffer to the white lights. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 24(4), 144-149. (In Korean).