

白色光에 대한 벵에돔의 反應*

梁 龍 林

釜山水產大學

(1989년 4월 30일 접수)

Response of Rudder Fish to the White Lights*

Yong-Rhim YANG

National Fisheries University of Pusan

(Received April 30, 1989)

The purpose of this study is to find the light intensity which induced maximum gathering rate and to observe the variation of the gathering rate both in daytime and at night by using Rudder fish, *Girella punctata* (Gray).

An experimental tank (360 L * 50 W * 55 H cm) was set up in a dark room. An illumination system was attached to the end of one side of the tank to control horizontal light intensity. Eight artificial light sources were prepared by combination of three light bulbs (10 W, 60 W, 100 W) and eight filters. During the experiment water depth was maintained 50 cm level in the tank. The tank was marked into six longitudinal sections each being 60 cm long to observe the distribution of fish.

The fish were acclimatized in dark condition for 50 minutes prior to the main experiment. Upon turning on the light, the number of fish in each section was counted 60 times every 30 seconds, and the gathering rate was obtained from the average number of fish in each section.

The light intensity inducing maximum gathering rate was 2.98 lux (1.90-4.40 lux) at daytime and 298.56 lux (188.44-444.96 lux) at night. The variation of the gathering rate of fish in illumination time was great and irregularly fluctuated, but did not show any definite pattern. It was somewhat difference between daytime and night.

緒 論

光에 대한 魚類의 행동은 光의 세기 및 색채, 魚種, 魚類의 성장단계 및 생활환경, 晝夜間 등에 따라 다르게 나타나고 있다.

集魚率이 최대가 되는 水中照度(適正照度)가 존재한다는 것을, 海產魚를 대상으로 Kawamoto

et al. (1950), Kawamoto and Nagata (1952), Kawamoto and Niki (1952), Imamura (1959), Imamura and Takeuchi (1960a, b), Yang (1980a, b, 1981, 1986, 1987, 1988), Yang and Kim (1982) 등이 조사한 바 있고, 淡水魚를 대상으로 Oka (1950), Imamura (1958), Yang (1979, 1980a) 등이 보고한 바 있다. 또 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화에 대하여 Kawamoto et al.

* 이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

(1952), Yang(1980a, b, 1981, 1986, 1987, 1988), Yang and Kim(1982) 등이 보고한 바 있다.

병에돔, *Girella punctata*에 대해서는 Kawamoto and Niki(1952), Kawamoto *et al.*(1950) 등이 조사한 바 있으나 이들 연구는 주로 치어에 대한 반응과 水中照度가 너무 밝은 조건하에서 조사되어 그 결과를 실제적으로 응용하기에는 다소 어려움 있다.

따라서 본고에서는 병에돔에 8 가지 白色人工光源으로 光刺戟을 가했을 때의 반응을 晝間과 夜間으로 구분, 조사하여 光에 대한 병에돔의 행동양상을 규명함과 아울러 適正照度 및 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화 등을 조사, 분석하였다.

실험 및 자료정리에 수고가 많았던 漁法物理學 研究室의 여러분들에게 감사를 드립니다.

材料 및 方法

1. 材料

본 실험에 사용한 魚類는 體長 14~16 cm, 體重 70~110 g인 병에돔 *Girella punctata* (Gray)였고, 이들을 循環式濾過飼育水槽에서 10日 이상 適應시킨 다음, 실험에 사용하였으며, 총 마리수는 200마리 이상이었다.

2. 裝置 및 方法

試驗水槽(360 L×50 W×55 Hcm)는 6개의 等區間으로 표시된 光澤이 없는 循環式濾過水槽로써, 光은 水槽의 한쪽 끝에 있는 투명 유리창을 통하여 水中으로만 투과되게 하였다. 水槽는 암실에 설치하고, 수심은 50 cm로 유지시켰으며, 실험 수온 범위는 14.7~16.5 °C 였고, 염분 범위는 32.2~33.65 ‰ 였다(Fig. 1).

光源箱子(55 L×50 W×50 Hcm)는 水槽의 유리창 밖에 설치하였는데 내부에 4 cm 간격으로 10개 홈을 파서 필터를 삽입할 수 있게 하였다. 光源은 백열등 전구 3종(10 W, 60 W, 100 W)과 판유리, acrylic 판 및 Tracing paper로 조립한 필터(고정용 3종, 이동용 5종)를 조합하며 빛의 세기가 서로 다른 8가지의 白色人工光源으로 사용하였는데, D. C. Stabilizer (Kingshill cp 84)를 연결하여 전압을 안정 시켜 빛의 세기를 일정하

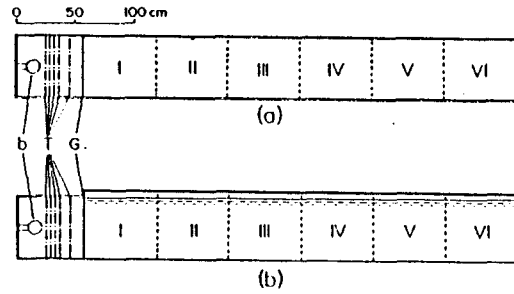


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental tank.
(a) : plan view ; (b) : side view ;
b : light bulb ; G : glass plate ; T : filters

게 하였다. 水槽내의 水中照度는 Under Water Luxmeter (T. J. crump # 550)로서 측정하였다.

水質管理는 D. O. meter (Delta # 1010)와 S. T. meter (Kahlsico # RS 5-3, Tsurumi seiki # 1D)를 사용하며 용존 산소, 염분, 수온 등을 조정하였다.

각 실험마다 飼育水槽에서 5 마리씩의 魚類를 實驗水槽에 옮기고, 50 분간 暗黑에 순응시킨 후, 光源을 점등하며 각 區間에서 발견되는 마리수를 60 회 (30 분간)에 걸쳐 30 초마다 조사한 평균마리수로써 區間別分布 및 集魚率을 산출하였는데, 晝間과 夜間으로 구분 조사하였으며, 光에 대한 순응을 피하기 위하여 실험마다 다른 개체를 사용하며 10 회 이상 조사하였다. 照明時間에 따른 集魚率의 변화는 第 I 區間에서 연속 3 회 조사한 集魚率의 평균치를 각각 그 중간시각에서의 集魚率로 나타냈는데, 평균치 사이의 시간간격은 30 초로 하였다.

3. 水中照度分布

光源으로부터의 거리에 따른 8 가지 光源에 대한 水槽내의 水中照度는 Table 1 과 같은데, 이것은 Lambert의 방정식 $Y = Y_0 \cdot \exp(-Kx)$ 를 따르므로, 최소자승법에 의하여 Y_0 와 K 의 값을 산출하였다(Fig. 2).

각 光源에 대한 6 개 區間에서의 平均水中照度는 다음식에 의하여 산출하였는데 그 결과는 Table 2 와 같다.

$$\bar{Y}_{x-x+60} = \frac{1}{60} \int_x^{x+60} Y_0 \cdot \exp(-Kx) dx.$$

Table 1. Intensities of illumination (lux) and distances from the light source

Light source	Distance (cm)										
	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
A	0.4	0.25	0.15	0.1	-	-	-	-	-	-	-
B	0.9	0.6	0.4	0.25	0.15	0.1	-	-	-	-	-
C	2.9	1.9	1.3	0.8	0.5	0.35	0.25	0.15	0.1	-	-
D	6.7	4.3	2.9	1.8	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2	0.15	-
E	23	15	10	6.5	4.3	2.7	1.8	1.2	0.8	0.5	0.3
F	59	40	25	17	11	7.5	5	3.2	2	1.4	0.9
G	145	93	62	40	26	18	11	7.5	5	3.5	2
H	288	185	124	82	52	35	21	14	9.5	6	4

Table 2. Mean intensities of illumination (lux) in each section of the tank

Light source	Section					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.41	0.16	0.06	0.03	0.01	0.004
B	0.97	0.40	0.16	0.07	0.03	0.01
C	2.98	1.28	0.05	0.24	0.10	0.05
D	6.90	2.91	1.23	0.52	0.22	0.09
E	24.13	10.25	4.35	1.85	0.78	0.33
F	61.24	26.52	11.48	4.97	2.15	0.93
G	147.26	63.46	27.35	11.78	5.08	2.19
H	298.56	126.44	53.55	22.68	9.60	4.07

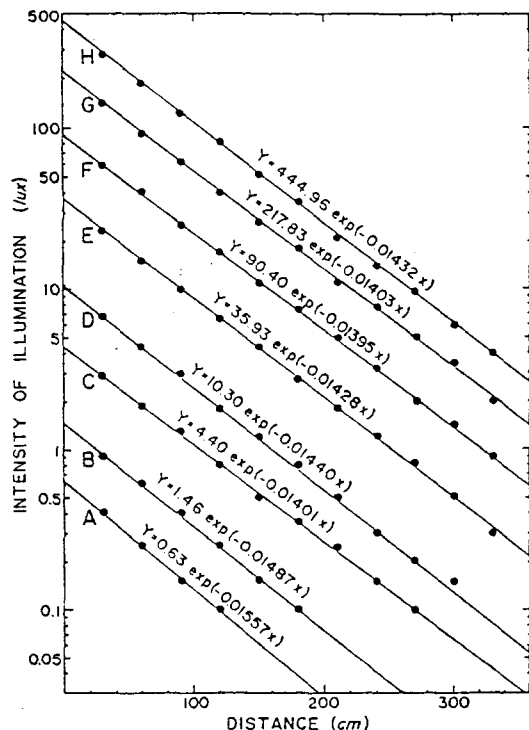


Fig. 2. Relationship between intensities of illumination and distance from the light source.

結果 및 考察

1. 初期分布

뱃어들이 光刺戟을 받지않고 暗黑에 50 분 이상 순응된 후의 水槽내의 개체분포는 Table 3 과 같이 晝夜間과 區間에 따라 다소 차이가 있었는데, 兩端이 中央區間보다 다소 많이 모였다. 이것은 뱃어들이 주로 암초 사이에 서식하는 습성 및 생태에 기인하는 것이라고 생각된다.

2. 各光源에 대한 個體分布

여덟가지 白色人工光源으로 光刺戟을 가했을 때의 뱃어들의 區間別分布는 Table 4 와 같고, 分布曲線은 Fig. 3과 같다.

個體分布는 Fig. 3 과 같이 光源의 반대쪽의 區間(VI 區間)에 많이 모여 分布曲線은 대체로 L 字型이 되었으나, 晝間의 A, B, C, E 光源 및 夜間의 G, H 光源하에서는 U 字型으로 나타났다. 光源(光의 세기)에 따라 그 형태가 다소 차이가 있었으나 晝夜間의 차이는 뚜렷하지 않았다.

Table 3. Distribution rate(%) of *Girella punctata* under dark conditon

Time	Section					
	I	II	III	IV	V	VI
Day	33.00	11.50	8.50	10.00	10.00	27.00
Night	14.50	12.00	16.00	12.00	11.00	34.50
Mean	23.75	11.75	12.25	11.00	10.50	30.75

Table 4. Distribution rate(%) of *Girella punctata*

Time	Light Source	Section					
		I	II	III	IV	V	VI
Day	A	25.47	5.20	3.60	3.87	6.00	55.87
	B	30.00	6.33	4.27	3.40	8.80	47.20
	C	38.73	5.53	3.47	2.67	5.93	43.67
	D	10.00	2.67	2.13	2.87	5.60	76.73
	E	35.60	3.53	2.67	2.87	3.53	51.80
	F	13.27	1.40	2.33	1.53	3.80	77.67
	G	16.47	4.60	2.93	3.27	3.47	69.27
	H	17.13	3.60	3.53	3.53	5.87	66.33
Night	A	8.80	2.40	4.20	3.53	11.60	69.47
	B	7.87	2.93	1.80	5.73	10.60	71.07
	C	23.93	3.60	3.00	2.93	6.93	59.60
	D	19.40	2.13	3.20	2.27	4.60	68.40
	E	9.00	2.07	2.00	2.40	5.07	79.47
	F	22.67	2.00	1.73	1.60	3.40	68.60
	G	24.53	3.40	3.67	3.60	7.40	57.40
	H	40.60	3.27	2.73	2.40	5.87	45.13

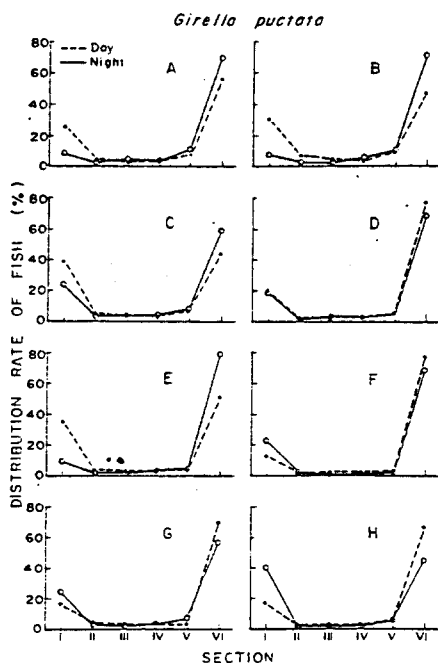


Fig. 3. Distribution rate of fishes in each section of the tank exposed to the various light source.

병에들은 모든 實驗光源하에서 第VI區間の 個體分布가 가장 높았는데 약한 光源(A, B, C, E光源)하에서는 夜間에 더 높았고 강한 光源(D, F, G, H光源)하에서는 晝間에 더 높았다. 第I區間の 分布가 다음으로 높았는데 약한 光源(A, B, C, E光源)하에서는 晝間에 더 높았고 강한 光源(D, F, G, H光源)하에서는 夜間에 더 높았다. 第II~V區間에서는 區間別差가 다소 있었으나 晝夜間 및 光源에 따른 차이는 뚜렷하지 않았다.

3. 集魚率이 最大가 되는 水中照度

각 光源에 대한 第I區間에서의 平均水中照度 (Table 2)와 集魚率(Table 4)과의 관계는 Fig. 4와 같다.

光源쪽 區間인 第I區間에서의 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)는 晝間에 2.98 lux (1.90~4.40 lux), 夜間에 298.56 lux (188.44~444.96 lux)로써 晝間보다 夜間の 適正照度가 더 높았다(Table 5). 이것은 夜間の 適正照度가 더 높은 자주복 *Fugu rubripes* (Kawamoto

白色光에 대한 뱀에돔의 反應

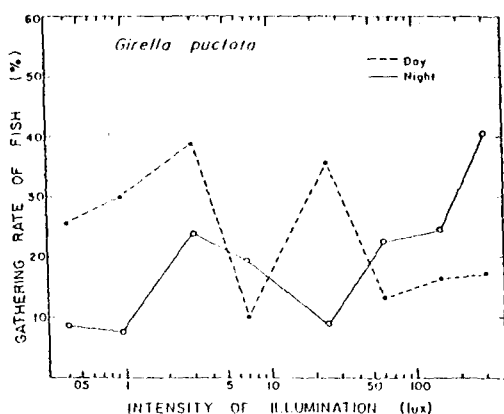


Fig. 4. Relationship between gathering rate of fishes and intensity of illumination in the first section of the tank.

and Nagata, 1952), 붕장어 *Astroconger myriaster* (Yang, 1980a), 두릅상어 *Scyliorhinus torazame* (Yang, 1981) 및 쥐노래미 *Hexagrammos otakii* (Yang, 1986)의 경우와 같았으나 이들 어종보다 晝夜間의 차이가 더 뚜렷하였다.

여덟가지 光源에 대한 第 I 區間에서의 集魚率을 비교하면, 뱀에돔은 晝間에 平均水中照도가 0.41~2.98 lux (A~C 光源) 및 61.24~298.56 lux (F~H 光源) 범위내에서 水中照도가 커짐에 따라 集魚率이 증가했는데 어두운 쪽(A~C 光源)의 集魚率이 더 높았다. 夜間에는 平均水中照도가 0.97~2.98 lux (B~C 光源) 및 24.13~298.56 lux (E~H 光源) 범위내에서 水中照도가 커짐에 따라 集魚率이 증가했는데, 2.98~24.13 lux (C~E 光源) 범위내에서는 集魚率이 감소했다.

한편, 뱀에돔과 다른 魚種의 適正照도를 비교하면, 晝間에는 뱀에돔의 適正照도(2.98 lux)가 송어 *Mugil cephalus*의 54.83 lux와 자주복의 14.11 lux (Kawamoto and Nagata, 1952), 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*의 162 lux와 복섬 *Fugu niphobles*의 16.6 lux (Yang, 1980b), 볼낙 *Sebastes inermis*의 16.6 lux (Yang, 1981), 말퀴치 *Navoden modestus*의 5.2 lux (Yang and Kim, 1982),

능성어 *Epinephelus septemfasciatus*의 24.13 lux (Yang, 1987) 및 까치복 *Fugu xanthopterus*의 298.56 lux (Yang, 1988) 보다는 낮았으며, 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer*의 0.7 lux와 붕장어의 1.9 lux (Yang, 1980a), 두릅상어의 1.9 lux (Yang, 1981) 및 쥐노래미의 0.7 lux (Yang, 1986) 보다는 높았다. 夜間에는 뱀에돔의 適正照도(298.56 lux)가 까치복의 298.56 lux (Yang, 1988)와 같았으며 자주복의 87.33 lux (Kawamoto and Nagata, 1952), 쥐치의 0.7 lux와 붕장어의 5.2 lux (Yang, 1980a), 돌돔의 162 lux와 복섬의 1.9 lux (Yang, 1980b), 볼낙의 0.7 lux와 두릅상어의 16.6 lux (Yang, 1981), 말퀴치의 0.7 lux (Yang and Kim, 1982) 및 능성어의 0.41 lux (Yang, 1987)보다 훨씬 높았는데 이것은 뱀에돔이 다른 魚種에 비해 夜間에 光의 세기가 강한 곳에 잘 모이는 성질을 갖고 있기 때문이라고 생각된다.

4. 照明時間에 따른 集魚率의 變化

여덟가지 光源에 대하여 30초 간격으로 60회 (30분간) 조사한 第 I 區間에서의 集魚率은 Fig. 5와 같은데 이것은 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화를 나타낸다.

照明時間이 경과함에 따라 集魚率은 대체로 증가하였다가 감소하는 경향과 증가한 후 감소하였다가 증가하는 경향을 보였으나 그 변화가 일정한 증감추세를 보이지 않고 계속 불안정하게 변동하여 쥐치 (Yang, 1980a), 돌돔 (Yang, 1980b), 말퀴치 (Yang and Kim, 1982) 및 까치복 (Yang, 1988)의 경우와 비슷하였으며, 晝夜間의 차이는 다소 뚜렷한 경우도 있었는데 光의 세기가 비교적 약한 A, B, C, E 光源하에서는 晝間의 集魚率이 더 높았으나 光의 세기가 강한 H 光源하에서는 夜間의 集魚率이 더 높았다.

光源별로는 A, B 光源하에서는 照明時間에 따라 集魚率이 晝間에는 증가 후 감소하였다가 증가했고 夜間에는 증가 후 감소하는 경향을 보였다. C, D, E 光源하에서는 集魚率이 증가한 후 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 나타냈으나 D

Table 5. Intensity of illumination inducing the maximum gathering rate

Fish species	Time	Body length (cm)	Illumination intensity (lux)
<i>Girella punctata</i>	Day	14-21	2.98 (1.90- 4.40)
<i>Girella punctata</i>	Night	14-21	298.56 (188.44-444.96)

梁 龍 林

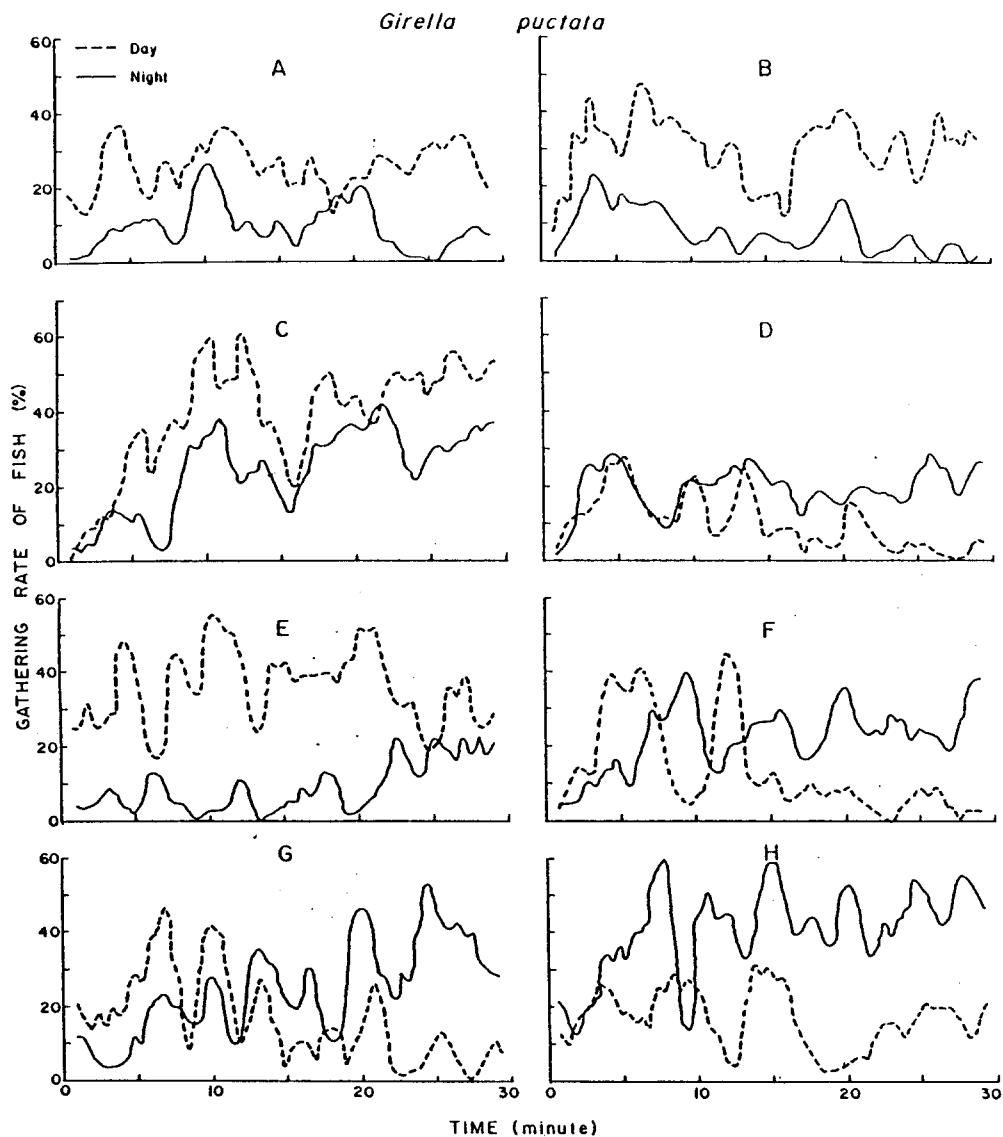


Fig. 5. Variations of gathering rate in the first section of the tank as illuminating time elapse.

光源의 경우 晝間에만 증가한 후 감소하는 경향을 나타냈다. 光의 세기가 강한 F, G, H 光源에서는 晝間에는 集魚率이 증가한 후 감소했고 夜間에는 照明時間에 따라 集魚率이 증가하는 경향을 나타냈다.

要 約

光에 대한 魚類의 行動을 조사하기 위하여, 뱀

에돔 *Girella punctata*에 光의 세기가 서로 다른 8가지 白色人工光源으로 光刺戟을 주어, 그에 대한 反應을 晝間과 夜間으로 구분 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 光刺戟에 대한 수조내의 區間別分布는 光源의 반대쪽 區間에 많이 모여 分布曲線은 L字型이 되었으나, 光의 세기에 따라 그 형태가 다소 차이가 있었으나 晝夜間이 차이는 뚜렷하지 않았다.



白色光에 대한 뱀에돔의 反應

2. 水中照도가 높아짐에 따라 光源쪽에 모이는 경향이 晝間에는 적었으나 夜間에는 더 많았다.

3. 集魚率이 최대가 되는 水中照度(適正照度)는 晝間에 2.98 lux(1.90~4.40 lux), 夜間에 298.56 lux(188.44~444.96 lux)로써 夜間이 더 높았으며, 最大集魚率은 晝間에 38.73%, 夜間에 40.60%로서 夜間에 더 높았다.

4. 照明時間이 경과함에 따라 集魚率은 증가한 후 감소하거나, 증가한 후 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였으나, 계속 불안정하게 변동했으며 晝夜間의 차이도 다소 있었다.

參考文獻

Imamura, Y. (1958) : Study on the disposition of fish towards the light (2). J. Tokyo Univ. Fish. 44, 75-89.

Imamura, Y. (1959) : Study on the disposition of fish towards the light (4). *ibid.* 45, 185-193.

Imamura, Y. and S. Takeuchi(1960a) : Study on the disposition of fish towards the light (5). *ibid.* 46, 133-148.

Imamura, Y. and S. Takeuchi(1960b) : Study on the disposition of fish towards the light (6). *ibid.* 46, 149-155.

Kawamoto, N. Y. and S. Nagata(1952) : On the relation between light gradient and fish behavior. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie 1, 151-173.

Kawamoto, N. Y. and T. Niki(1952) : An experimental study on the effect of leading fish by fish attraction lamps. *ibid.* 1, 175-196.

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

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

Oka, M. (1950) : An experimental study on attraction of fishes to light. Bull. Jap. Soc Fish. 16, 223-291.(in Japanese).

Yang, Y. R. (1979) : Phototaxis of fish(1). Bull. Korean Fish. Soc. 12, 79-86.(in Korean).

Yang, Y. R. (1980a) : Phototaxis of filefish, conger eel and crucian carp. *ibid.* 13, 1-13.(in Korean).

Yang, Y. R. (1980b) : Phototaxis of fish(2). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 16, 27-35.(in Korean).

Yang, Y. R. (1981) : Phototaxis of fish(4). Bull. Korean Fish. Soc. 14, 59-65.(in Korean).

Yang, Y. R. and K. S. Kim(1982) : Phototaxis of fish(5). Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan 14, 69-76.(in Korean).

Yang, Y. R. (1986) : Response of rock trout to the white lights. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 22, 56-60.(in Korean).

Yang, Y. R. (1987) : Phototaxis of fish(6). *ibid.* 23(3), 27-33.(in Korean).

Yang, Y. R. (1988) : Response of striped puffer to the white lights. *ibid.* 24, 144-149.(in Korean).