

魚類의 走光性에 關한 研究

6. 白色光에 대한 능성어의 反應*

梁 龍 林

釜山水産大學
(접수 1987년 8월 5일)

Phototaxis of Fish

6. Response of Sea-bass to the White Lights*

Yong-Rhim YANG

National Fisheries University of Pusan
(Received August 5, 1987)

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 at daytime and night by using Sea-bass, *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg).

An experimental tank (360 L x 50 W x 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 white 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 before 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 24.13 lux (15.25~35.93 lux) at daytime and 0.41 lux (0.25~0.63 lux) at night. The variation of the gathering rate of fish in illumination time was great and did not show any definite pattern but fluctuated irregularly. Its different between daytime and night is remarkable.

緒 論

光이 魚類에 미치는 영향이 대단히 커서 고대로부터 漁業分野 뿐만 아니라 飼育管理分野에도 널리 이용되고 있다. 光에 대한 魚類의 行動은 光의 세기 및 色彩, 魚種, 魚類의 成長段階 및 生活環境 등에 따라 다르게 나타나고 있는데, 魚類의 適正照度(集魚率이 최대가 되는 水中照度)에 대한 보고는 海産

魚를 대상으로 한 연구^{1)~11)}와 淡水魚를 대상으로 한 연구^{6), 12)~14)} 등이 보고된 바 있으나, 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 변화에 대한 연구^{2), 6)~11), 14), 15)}도 많이 보고되고 있으나, 한국산 능성어, *Epinephelus septemfasciatus* 에 대한 보고는 없다. 따라서 본고에서는 능성어에 8가지 白色人工光源으로 光劑戟을 가했을 때의 反應을 晝間과 夜間으로 구분조사 하여 光에 대한 행동의 양상을 규명함과 아울러, 適正照

* 본 研究는 韓國科學財團의 研究費에 의하여 研究되었음.

度 및 照明時間에 따른 集魚率의 변화등을 조사 분석 하였다.

材料 및 方法

1. 材料

본 실험에 사용한 魚類는 體長 9~15 cm, 體重 150~400 g인 능성어 *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg)였고, 이들을 循環式濾過飼育水槽에서 10日 이상 適應시킨 다음 실험에 사용하였으며, 총마리수는 150마리 이상이었다.

2. 裝置 및 方法

實驗水槽 (360 L×50 W×55 H cm)는 木材로 만든 循環式濾過水槽이며, 內面은 水澤이 없는 灰色 페인트칠을 했다. 빛은 水槽의 한쪽 끝에 있는 투명 유리창을 통하여 水中으로만 투과되게 하였으며, 水槽의 內部에는 가드다란 白色線을 그어 6개의 等區間으로 나누고, 光源쪽으로부터 第 I, II, III, IV, V, VI 區間이라 정하였으며, 각 區間의 길이는 60 cm 되게 했다

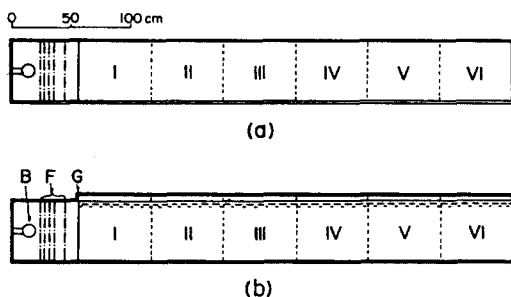


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental tank.

(a): plan view; (b) side view;
B: light bulb; F: filters; G: glass plate

(Fig. 1). 實驗水槽는 暗室內에 설치하고, 수심은 50 cm로 유지시켰으며, 실험 수온 범위는 24~28°C였다.

光源箱子 (55 L×50 W×50 H cm)는 實驗水槽의 한쪽 끝 유리창 밖에 설치하였는데, 그 內面에 白色칠을 하였으며 4 cm 간격으로 10개의 홈을 파서 필터를 삽입할 수 있게 만들었다.

光源은 10 W, 60 W 및 100 W (100 V 용)인 3종의 백열등과 판유리, acrylic 판 및 tracing paper로 조립한 필터 (고정용 3종, 이동용 5종)를 광원상자속에 조합하여 빛의 세기가 서로 다른 8가지의 白色人工光源으로 사용하였는데, D.C. Stabilizer (Kingshill # cp 84)를 연결하여 전압을 안정(100 V) 시켜 빛의 세기가 각각 일정하게 하였다. 水槽內의 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 # RS5-3, Tsurumi seiki # 1D)를 사용하여 용존 산소, 염분, 수온 등을 조정하였다.

각 실험마다 飼育水槽에서 10 마리씩의 魚類를 實驗水槽에 옮기고, 50 분간 暗黑에 順應시킨 후, 光源을 점등하여 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 빛에 대한 順應을 피하기 위해 실험마다 다른 個體를 사용하여 10회 이상 조사하였다.

照明時間에 따른 集魚率의 변화는 第 I 區間에서 연속 3회 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 각 光源別 水槽內의 水中照度는 Table 1 과 같은데, 이것은 Lambert의

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	0.55	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

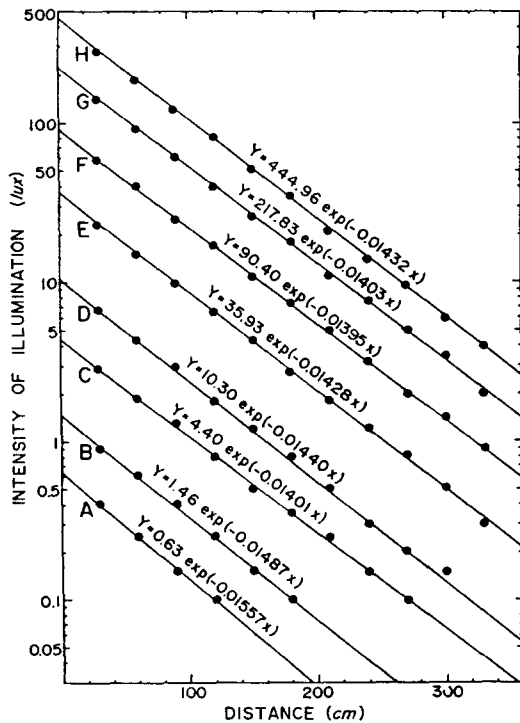


Fig. 2. Relationship between intensities of illumination and distance from the light source.

방정식 $Y = Y_0 \exp(-Kx)$ 에 따르고, 최소자승법에 의하여 Y_0 와 K 의 값을 산출하였다 (Fig. 2).

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

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

結果 및 考察

1. 初期分布

능성어가 光刺激을 받지않고 暗黑에 50분 이상 順

應된 후의 水槽内の 個體分布는 Table 3 과 같이 區間에 따라 다소 차이가 있었는데 兩端과 中央區間에 다소 많이 모였다. 이것은 능성어가 다소 심해성어로 암조 지대에 서식하는 습성이 있기 때문이라고 생각된다.

Table 3. Distribution rate of *Epinephelus septemfasciatus* under dark condition

Section	I	II	III	IV	V	VI
Rate (%)	25.00	11.25	16.25	15.00	10.00	22.50

2. 各光源에 대한 個體分布

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

個體分布는 Fig. 3 과 같이 光源에 따라 分布曲線의 형태가 상이하였으며 晝夜間의 차이도 대단히 심력, 쥐치⁷⁾ *Stephanolepis cirrhifer*, 붕장어⁸⁾ *Astroconger myriaster*, 붕어⁹⁾ *Carassius carassius*, 돌돔¹⁰⁾ *Oplegnathus fasciatus*, 복섬¹¹⁾ *Fugu niphobles*, 볼락¹²⁾ *Sebastes inermis*, 두릅상어¹³⁾ *Scyliorhinus torazame* 및 말리치¹⁴⁾ *Navodon modestus*의 경우와는 전혀 다른 경향을 나타냈다.

능성어는 晝間에 E, F, G 光源 하에서 第II區間에 가장 많이 모였고 光源에서 멀어짐에 따라 적게 모였으나, 그의 光源하에서는 光源에서 멀어짐에 따라 많이 모이는 경향을 나타냈다. 夜間에는 A, B, C 光源 하에서 第I區間에 가장 많이 모였고 光源에서 멀어짐에 따라 적게 모였으나, D~H 光源 하에서는 第VI區間에 가장 많이 모였고, 光源에서 멀어짐에 따라 많이 모이는 경향을 나타냈다.

Table 4. Distribution rate (%) of *Epinephelus septemfasciatus*

Time	Light Source	Section					
		I	II	III	IV	V	VI
Day	A	4.00	6.83	13.50	17.00	21.97	36.70
	B	5.33	16.50	19.13	19.00	17.30	22.73
	C	1.27	6.17	19.83	25.60	25.27	21.87
	D	1.90	3.17	8.53	23.23	31.97	31.20
	E	20.23	27.27	20.90	14.53	9.20	7.87
	F	18.33	30.23	20.70	12.40	10.03	8.30
	G	13.73	26.00	22.50	15.97	12.43	9.37
	H	8.93	13.27	15.23	21.47	23.33	17.77
Night	A	47.30	18.77	7.43	5.70	5.40	15.40
	B	45.50	18.07	8.70	5.37	5.63	16.73
	C	42.00	25.70	11.57	7.50	5.47	7.77
	D	8.53	13.70	9.77	13.17	16.47	38.37
	E	2.43	7.37	13.83	14.90	19.27	42.20
	F	1.70	5.43	10.53	14.03	22.40	45.90
	G	0.67	0.87	4.50	12.00	25.50	56.47
	H	1.43	4.30	8.80	7.10	17.80	60.57

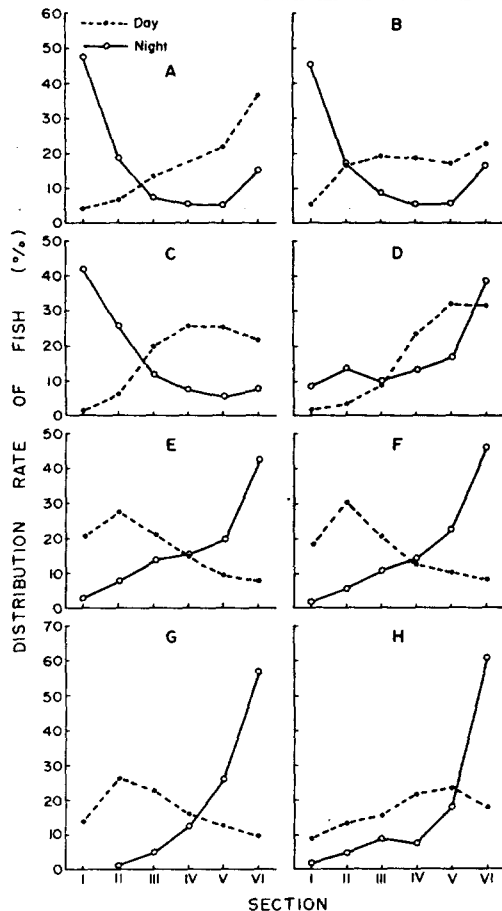


Fig. 3. Distribution rate of fishes in each section of the tank exposed to the various light source.

3. 集魚率의 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 關係는 Fig. 4 와 같다.

第 I 區間에서의 集魚率이 最大가 되는 平均水中照度 (適正照度)는 晝間에 24.13 lux (15.25~35.93 lux) 였고 夜間에는 0.41 lux (0.25~0.63 lux)로서 夜間보다 晝間の 適正照度가 더 높았으며, 第 I 區間에서의 最大集魚率은 晝間에 20.23% 였고 夜間에는 47.30% 로서 晝間보다 夜間에 더 높았다 (Table 5). 이것은 晝間の 適正照度가 더 높은 복섬⁸⁾, 불낙⁹⁾, 말뚝치¹⁰⁾ 및 문치가지미¹¹⁾ *Limand yokohamae* 의 경우와 같은 경향을 보였고, 夜間の 適正照度가 더 높은 자주복²⁾ *Fugu rubripes*, 붕장어⁷⁾, 두릅상어⁹⁾ 및 취노래미¹²⁾ *Hexagrammos otakii* 와는 상반된 경향을 나타냈다.

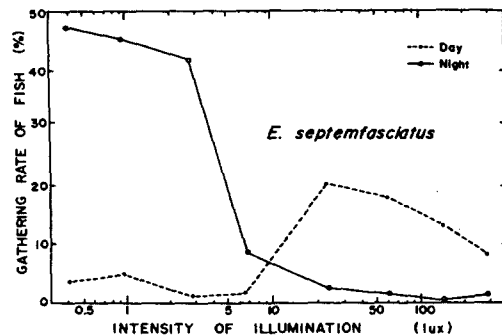


Fig. 4. Relationship between gathering rate of fishes and intensity of illumination in the first section of the tank.

魚類의 走光性에 關한 研究

Table 5. Intensity of illumination inducing the maximum gathering rate.

Fish species	Time	Body length (cm)	Illumination intensity (lux)
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	Day	9-15	24.13 (15.25-35.93)
<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	Night	9-15	0.41 (0.25-0.63)

여덟가지 光源에 대한 第I區間에서의 集魚率을 비교하면, 능성어는 晝間에 平均水中照도가 낮은 0.41~6.90 lux (A~D 光源) 범위내에서는 集魚率이 거의 변화가 없었고, 24.13~298.56 lux (E~H 光源) 범위내에서는 水中照도가 커짐에 따라 集魚率이 감소하였는데, 밝은 쪽 (E~H 光源)의 集魚率이 더 높았다. 夜間에는 平均水中照도가 커짐에 따라 集魚率이 감소하였는데, 어두운 쪽 (A~C 光源)의 集魚率이 더 높았다.

한편, 능성어와 다른 魚種의 適正照度を 비교하면, 晝間에는 능성어의 適正照度 (24.13 lux)가 송어²⁾

Mugil cephalus, 및 돌돔⁸⁾ 보다는 낮았으나, 자주복²⁾, 쥐치⁷⁾, 붕강어⁷⁾, 복섬⁹⁾, 불낙⁹⁾, 두릅상어⁹⁾, 말퀴치¹⁰⁾, 문치가자미¹¹⁾ 및 취노래미¹²⁾ 보다는 높았다. 夜間에는 능성어의 適正照度 (0.41 lux)가 상기 魚種들 보다 낮게 나타났다.

4. 照明時間에 따른 集魚率의 變化

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

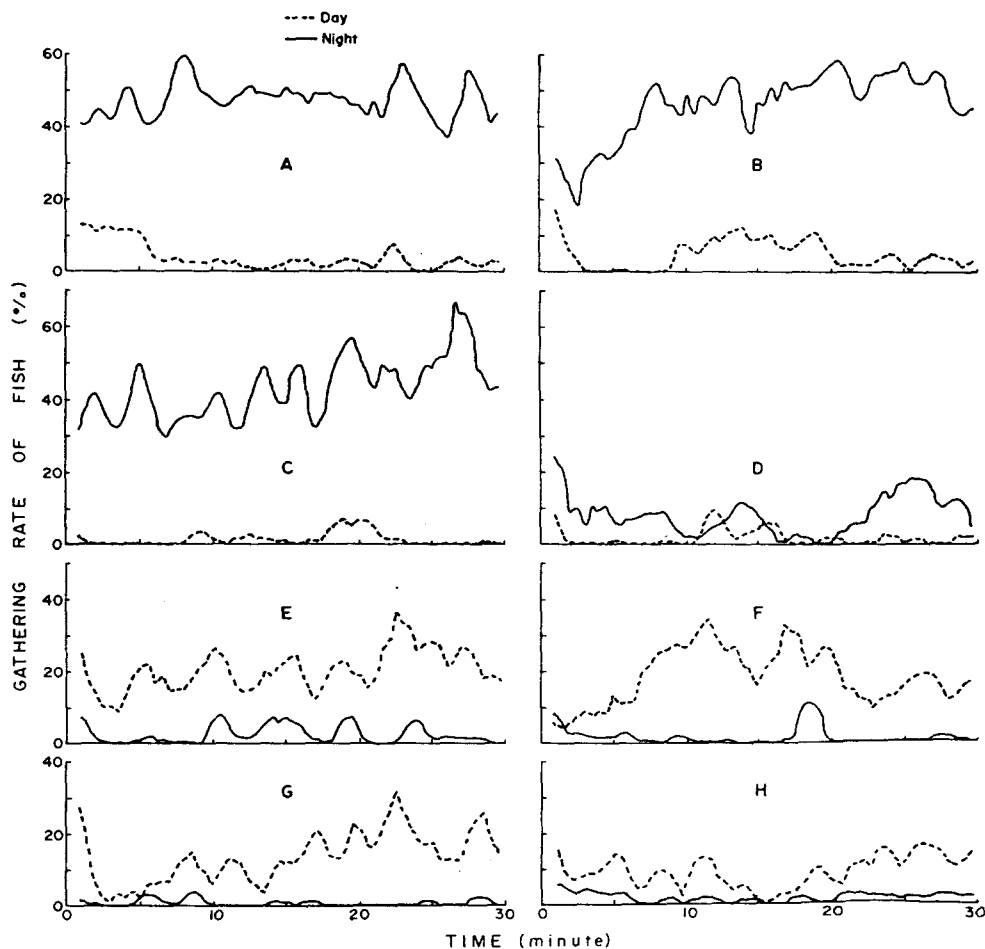


Fig. 5. Variations of gathering rate in the first section of the tank as illuminating time elapse.

照明時間이 경과함에 따라 集魚率은 대체로 증가하였다가 감소하는 경향과 감소한 후 증가하는 경향을 보였으나, 그 변화가 일정한 增減추세를 보이지 않고 지속 불안정하게 변동하여 쥐치⁷⁾, 돌돔⁸⁾ 및 말쥐치¹⁰⁾의 경우와 비슷하였으며, 晝夜間의 차이는 비교적 뚜렷하였는데 빛의 세기가 약한 光源(A~D 光源)하에서는 夜間의 集魚率이 더 높았으나 빛의 세기가 강한 光源(E~H 光源)하에서는 晝間의 集魚率이 더 높았다.

光源別로는 A, B 光源의 경우 照明時間에 따라 集魚率이 晝間에는 감소, 夜間에는 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. C, D 光源의 경우 晝間의 集魚率이 거의 변화가 없었고, 夜間에는 C 光源에서는 증가, D 光源에서는 20 분까지 감소, 20~26 분 사이에 증가, 그 이후에 다시 감소하는 경향을 보였는데, D 光源의 경우가 晝夜間의 차이가 가장 뚜렷하지 않았다. E, F 光源의 경우 晝間의 集魚率이 증가한 후 감소하는 경향을 보였고 夜間의 集魚率은 거의 변화가 없었다. G, H 光源의 경우 晝間의 集魚率은 G 光源에서는 증가했고 H 光源에서는 15 분까지는 감소, 그 이후에는 증가했는데 夜間의 集魚率은 거의 변화가 없었다.

要 約

빛에 대한 魚類의 行動을 조사하기 위하여, 능성어 *Epinephelus septemfasciatus*에 빛의 세기가 서로 다른 8 가지 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 水槽內의 區間別分布는 光源에 따른 分布曲線의 형태가 서로 상이하였으며 晝夜間의 차이도 대단히 심했다.

2. 능성어는 光源에서 멀리 떨어진 곳에 많이 모이는 경향을 보였으나, 夜間에 빛의 세기가 약한 光源(A, B, C 光源)하에서는 光源쪽에 많이 모였다.

3. 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)는 晝間에 24.13 lux (15.25~35.93 lux), 夜間에 0.41 lux (0.25~0.63 lux)로서 晝間에 더 높았으며, 最大集魚率은 晝間에 20.23%, 夜間에 47.30%로서 夜間에 더 높았다.

4. 照明時間이 경과함에 따라 集魚率은 증가한 후 감소하는 경향과 감소한 후 증가하는 경향을 보였으나, 계속 불안정하게 변동하였으며, 晝夜間의 차이

는 뚜렷했는데 빛의 세기가 약한 光源(A~D 光源)하에서는 夜間의 集魚率이, 빛의 세기가 강한 光源(E~H 光源)하에서는 晝間의 集魚率이 각각 더 높았다.

文 獻

1. Kawamote, 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).
2. 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.
3. Kawamoto, N. Y. and T. Niki (1952) An experimental study on the effect of leading fish by fish attraction lamps. *ibid.* 1, 175-196.
4. Imamura, Y. (1959) Study on the disposition of fish towards the light (4). J. Tokyo Univ. Fish. 45, 185-193.
5. Imamura, Y. and S. Takeuchi (1960) Study on the disposition of fish towards light (5). *ibid.* 46, 133-148.
6. Imamura, Y. and S. Takeuchi (1960) Study on the disposition of fish towards light (6). *ibid.* 46, 149-155.
7. Yang, Y. R. (1980) Phototaxis of filefish, conger eel and crucian carp. Bull. Korean Fish. Soc. 13, 1-13 (in Korean).
8. Yang, Y. R. (1980) Phototaxis of fish (2). Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 16, 27-35 (in Korean).
9. Yang, Y. R. (1981) Phototaxis of fish (4). Bull. Korean Fish. Soc. 14, 59-65 (in Korean).
10. 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).
11. Yang, Y. R. (1986) Response of marbled sole to the white lights. Bull. Korean Fish. Soc. 19, 558-562 (in Korean).
12. Yang, Y. R. (1986) Response of rock trout to the white lights. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 22, 56-60 (in Korean).
13. Oka, M. (1950) An experimental study on

魚類의 走光性에 關한 研究

- attraction of fishes to light. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 16, 223-291 (in Japanese).
14. Imamura, Y. (1958) Study on the disposition of fish towards the light (2). J. Tokyo Univ. Fish. 44, 75-89.
15. Yang, Y. R. (1979) Pototaxis of Fish (1). Bull. Korean Fish. Soc. 12, 79-86 (in Korean).
16. Kawamoto, N. Y., H. Ozaki, H. Kobayashi, J. Konishi and K. Uno (1952) Fundamental investigations of the fish gathering method (2). J. Fish. Res. Inst. 4, 263-291 (in Japanese).