

魚類의 走光性에 關한 研究

4. 白色光에 대한 불낙과 두릅상어의 反應

梁 龍 林

釜山水産大學 漁業學科

Phototaxis of Fish

4. Response of Gray Rock Cod and Cat Shark to the White Lights

Yong-Rhim YANG

Department of Fishing Technology, National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601-01 Korea

The purpose of the present study is to find the light intensity which induces maximum gathering rate and to observe the variation of the gathering rate both in daytime and at night by using two species of commercial fishes: gray rock cod, *Sebastes inermis* (Cuvier et Valenciennes) and cat shark, *Scyliorhinus torazame* (Tanaka).

An experimental tank (360L × 50W × 55H cm) was set up in a dark room. An illumination system was attached to one end of the tank to control horizontal light intensity. Six artificial light sources were prepared by combination of two light bulbs (5W, 150W) and seven 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 40 minutes prior to the main experiment. Upon turning on the light, the number of fish in each section was counted 40 times every 30 seconds, and the gathering rates were obtain from the average number of fish in each section.

The light intensity inducing maximum gathering rate is as follows: gray rock cod: 16.6 lux (10.6-24.5 lux) (day), 0.7 lux (0.5-1.1 lux) (night). cat shark: 1.9 lux (1.2-2.9 lux) (day), 16.6 lux (10.6-24.5lux) (night).

Trend of the gathering rate in illumination time revealed different results in two fish species. Gathering rate of gray rock cod did not show any definite pattern but fluctuated irregularly. The gathering rate was some fluctuating at night. However, that of cat shark was almost constant and did not show any distinctive difference between day and night.

緒 論

光과 生物은 밀접한 관계가 있어, 人工光源이 魚類에 미치는 영향에 대한 生物學的 研究가 최근 이

러 方向에서 연구되고 있으며, 이들 연구 결과를 빛을 이용하는 漁業分野 뿐만 아니라 飼育管理分野에도 보다 효율적으로 이용하려는 시도가 날로 높아지고 있다.

빛에 대한 魚類의 行動은 빛의 세기 및 色, 晝夜에 따라 다르며, 또 魚類의 成長段階나 기타 生活環境에 따라서도 달라진다.

魚類의 行動은 빛의 세기에 따라 차이가 있으며, 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)가 魚種에 따라 다르다는 것을 Oka(1950), Imamura(1958), Yang(1979) 등은 淡水魚를 대상으로 보고한 바 있고, Kawamoto *et al.* (1950), Kawamoto and Nagata (1952), Kawamoto and Niki(1952), Imamura (1959), Imamura and Takeuchi(1960 a, b, 1963), Yang(1980 a, b) 등은 海産魚를 대상으로 보고한 바 있다.

또, 照明時間이 경과함에 따라 集魚率이 변한다는 것을 Kawamoto and Nagata(1952), Kawamoto *et al.* (1952), Yang(1979, 1980 a, b) 등이 조사한 바 있다.

본 研究는 생태적으로 다른 두 魚種, 불낙 *Sebastes inermis*과 두툽상어 *Scyliorhinus torazame*의 白色人工光源에 대한 反應을 晝間과 夜間으로 구분 조사하여, 빛에 대한 行動의 양상을 규명함과 아울러, 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)와 照明時間에 따른 集魚率의 변화를 조사 분석하였다.

材料 및 方法

본 실험에 사용한 재료는 부산 근해에서 어획한 불낙 *Sebastes inermis* [Cuvier et Valenciennes]과 두툽상어 *Scyliorhinus torazame* [Tanaka]이며, 이들을 循環式濾過飼育水槽에서 10日 이상 適應시킨 다음 실험에 사용하였다(Table 1).

實驗裝置(實驗水槽, 光源)와 方法은 Yang(1980 a)이 이용한 것과 동일하며, 水溫範圍는 Table 1과 같다.

實驗水槽內的 水中照度分布調査는 Yang (1980 a)의 方法과 같으며, 각 光源에 대한 區間別 平均水中照度는 Table 2와 같다.

Table 1. Fishes used in the experiment

Fish species	Body length (cm)	Water temp. (°C)
<i>Sebastes inermis</i>	10—15	24—30
<i>Scyliorhinus torazame</i>	33—39	19.5—24

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

Light source	Section					
	I	II	III	IV	V	VI
A	0.72	0.31	0.13	0.06	0.02	0.01
B	1.92	0.80	0.33	0.14	0.06	0.02
C	5.16	2.17	0.91	0.38	0.16	0.07
D	16.62	7.21	3.13	1.36	0.59	0.26
E	45.36	19.34	8.24	3.51	1.49	0.64
F	162.00	70.98	31.08	13.61	5.96	2.61

結果 및 考察

1. 각 光源에 대한 個體分布

여섯가지 白色人工光源으로 불낙과 두툽상어의 두 魚種에 光刺戟을 가했을 때의 불낙의 區間分布는 Table 3과 같고, 두툽상어는 Table 4와 같으며, 分布曲線은 Fig. 1과 같았다.

個體分布는 Fig. 1과 같이 兩端의 區間에 많이 모여, 分布曲線은 대체로 U字型이 되었으나, 魚種에

Table 3. Distribution rate of *Sebastes inermis*

Time	Light source	Section					
		I	II	III	IV	V	VI
Day	A	14.64	4.96	3.11	7.32	8.93	61.04
	B	25.46	9.04	2.14	3.50	4.32	55.54
	C	23.00	6.21	2.25	3.89	5.79	58.86
	D	32.25	4.11	3.57	3.39	3.61	53.07
	E	28.00	2.68	4.61	1.79	6.82	56.11
	F	22.25	2.18	3.07	1.07	7.29	64.14
Night	A	26.07	5.71	4.36	6.64	7.50	49.71
	B	11.89	3.29	3.43	5.68	5.11	70.61
	C	17.63	4.46	4.25	5.11	5.82	62.68
	D	10.46	3.82	5.00	3.61	3.11	74.00
	E	12.43	2.36	2.64	3.14	5.07	74.36
	F	10.11	2.86	2.54	5.79	7.54	71.18

Table 4. Distribution rate of *Scyliorhinus torazame*

(Unit: %)

Time	Light Source	Section					
		I	II	III	IV	V	VI
Day	A	19.55	14.68	8.08	11.63	11.08	35.00
	B	32.03	13.70	5.93	10.60	9.35	28.40
	C	19.33	10.10	10.03	7.35	10.73	42.48
	D	27.23	16.25	10.25	9.85	10.40	26.03
	E	24.70	13.25	17.55	10.75	5.90	27.85
	F	17.63	11.68	14.08	12.20	18.40	26.03
Night	A	24.25	10.06	14.69	8.36	12.50	30.14
	B	24.42	14.03	14.22	6.22	9.67	31.44
	C	22.44	16.75	8.89	13.28	12.83	25.81
	D	26.48	13.85	9.03	7.45	11.23	31.98
	E	17.47	14.78	12.58	12.56	16.17	26.44
	F	15.61	11.17	10.64	10.53	19.14	32.92

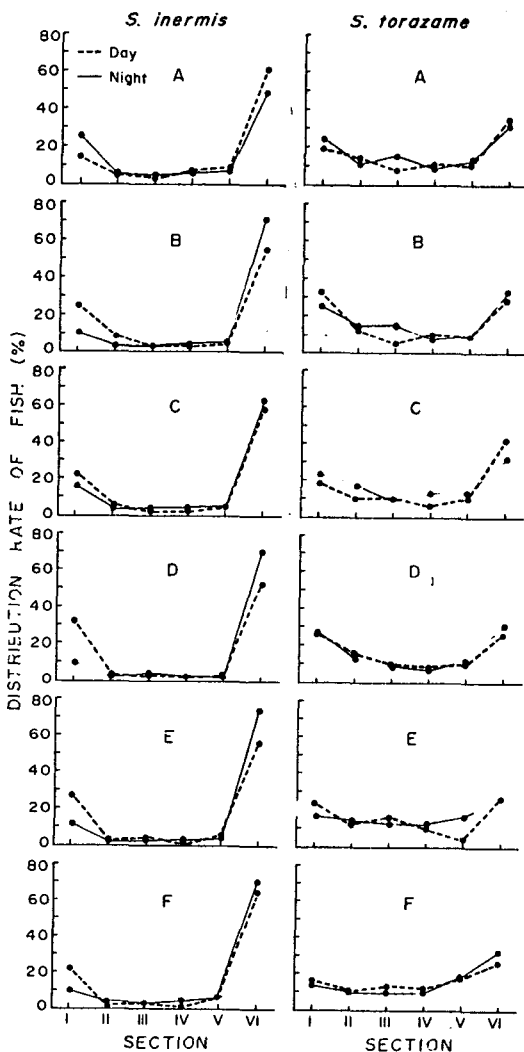


Fig. 1. Distribution rate of fishes in each section of the tank exposed to the various light source.

따라 그 형태의 차이가 심했다.

魚種別로는, 불낙은 어느 實驗光源 하에서도 第VI 區間的 個體分布가 가장 높았는데 A光源의 경우를 제외하고는 夜間에 더 높았다. 第I 區間的 分布는 다음으로 높았는데 A光源 하에서만 夜間에 더 높았다. 第II~V 區間에서는 分布差가 거의 없었으며, 晝夜間의 차이도 거의 없었다.

두툽상어는 6개의 實驗光源 하에서 兩端區間에 다소 많이 모였으나 區間別分布差는 비교적 적었다. 第VI 區間的 分布는 晝間의 B와 D光源의 경우를 제외하고는 항상 가장 높았으며, B, C, E光源 하에서만 夜間에 더 높았다. 第I 區間的 分布는 다음으로 높았는데 A와 C光源 하에서만 夜間에 더 높았으며, 晝夜間에 관계없이 D~F光源 하에서는 빛의 세기가 강할 수록 分布가 낮게 나타났다. 第II~V 區間에서는 光源에 따라 個體分布가 晝夜間에 다소의 차이가 있었으나, D와 F光源 하에서는 晝夜間의 차가 거의 없었다.

2. 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 魚種別 集魚率 (Table 3, 4)과의 관계는 Fig. 2와 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 불낙이 晝間에 16.6 lux (10.6~24.5 lux), 夜間에 0.7 lux (0.5~1.1 lux)로서 晝間에 더 높았고, 두툽상어는 晝間에 1.9 lux (1.2~2.9 lux), 夜間에 16.6 lux (10.6~24.5 lux)로서 夜間에 더 높았다.

여섯가지 白色人工光源에 대한 第I 區間에서의 集魚率을 비교하면, 불낙은 晝間에 平均水中照도가 16.6 lux 보다 크거나 작아짐에 따라 集魚率이 낮아

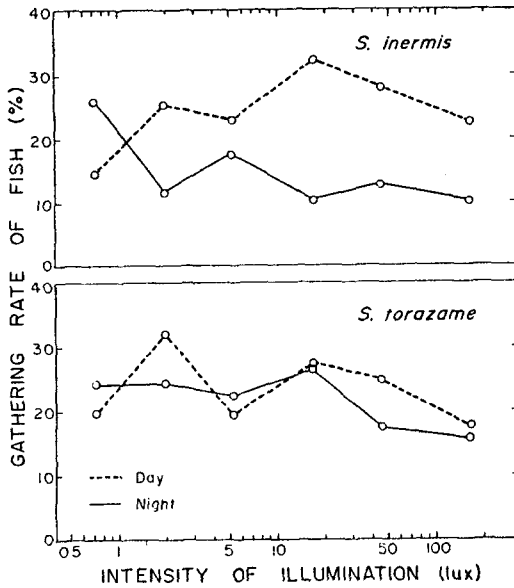


Fig. 2. Relationship between gathering rate of fishes and intensity of illumination in the first section of the tank.

졌고, 夜間에는 水中照도가 커짐에 따라 集魚率이가 낮아지는 경향을 보였으나, 照도에 따른 集魚率의 변화는 뚜렷하지 않았다.

두툽상어는 晝間에 水中照도가 0.7~16.6 lux 범위 내에서는 集魚率의 변화가 심했으나, 16.6 lux 이상에서는 水中照도가 커짐에 따라 集魚率이 감소했고, 夜間에는 16.6 lux 보다 크거나 작아짐에 따라 集魚率이 낮아지는 경향을 보였으나, 0.7~16.6 lux 범위 내에서는 集魚率의 변화가 뚜렷하지 않았다.

이 결과(Table 5)와 다른 魚種을 비교하면, 불낙은 복섬 *Fugu niphobles*(Yang, 1980 b)의 경우와 같이 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)가 晝間에 더 높았으며 16.6 lux로서 같았다. 두툽상어는 자주복 *Fugu rubripes*(Kawamoto and Nagata, 1952), 잉어 *Cyprinus carpio*(Yang, 1979), 붕장어 *Astrocon-*

ger myraster 및 붕어 *Carassius carassius*(Yang, 1980 a)의 경우와 같이 晝間보다 夜間에 더 높았다.

3. 照明時間에 따른 集魚率의 變化

여섯가지 光源에 대하여 30秒 간격으로 40回(20分間) 조사한 第 I 區間에서의 集魚率은 Fig. 3과 같은데, 이것은 照明時間의 경과에 따른 集魚率의 變化를 나타낸다.

Fig. 3에서 불낙은 照明時間이 경과함에 따라 集魚率의 變化가 대체로 일정한 추세를 보이지 않고 불안정하게 변동하여 붕어(Yang, 1980 a)와 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*(Yang, 1980 b)의 경우와 비슷했고, 晝間보다 夜間에 그 변화가 심했다. 晝夜間의 차이는 비교적 뚜렷했으며 A光源의 경우에만 晝間보다 夜間의 集魚率이 더 높았다. 晝間에는 어느 實驗光源에 대해서도 照明時間이 경과함에 따라 集魚率이 대체로 감소하는 경향을 보였으나, C光源의 경우 1~10分, E光源의 경우 4~12分 사이에서는 증가추세를 나타냈다. 夜間에는 모든 光源에 대해서 集魚率이 대체로 증가 또는 일정한 추세를 보였으나, 밝은 光源(D, E, F)의 경우 1~10分 사이에서는 감소하는 경향을 나타냈다.

두툽상어는 照明時間에 따른 集魚率의 변화가 저어 붕장어(Yang, 1980 a)와 복섬(Yang, 1980 b)의 경우와 비슷했다. 晝夜間의 차이는 대체로 뚜렷하지 않았으며 B, E, F 光源의 경우에 夜間보다 晝間의 集魚率이 더 높았다. 晝間에는 약한 光源(A, B, C, D)의 경우에 集魚率이 거의 일정한 추세를 나타냈고, 강한 光源(E, F)의 경우에는 集魚率이 감소하는 경향을 나타냈다. 夜間에는 약한 光源(A, B)의 경우에 다소 증가추세를 보였고, 강한 光源(C, D, E, F)의 경우에는 감소하는 경향을 나타냈다.

이와같은 현상을 나타내는 것은 光刺激에 대하여 불낙은 민감하게 반응하는 魚種이고, 두툽상어는 민감성이 적은 魚種이기 때문이라고 생각된다.

4. 數學的考察

본 실험에 사용한 두 魚種의 區間別分布曲線(Fig. 1)은 대체적으로 U字型인데, 이 중 불낙에 대한 區間別平均分布率은 I, II, III 區間과 IV, V, VI 區間的 것으로 나누어, Fig. 4와 같이 두개의 曲線으로서 水槽內的 分布狀態를 나타내면, P는 走光性反應을, N은 反走光性反應을 나타낸다고 볼 수 있다. 이 중 走光性反應은 魚類가 光源에 가까운 第 I 區間 쪽으

Table 5. Intensity of illumination inducing the maximum gathering rates

Fish species	Time	Body length (cm)	Intensity of illumination (lux)
<i>Sebastes inermis</i>	day	10-15	16.6(10.6-24.5)
<i>Sebastes inermis</i>	night	10-15	0.7(0.5-1.1)
<i>Scyliorhinus torazame</i>	day	33-39	1.9(1.2-2.9)
<i>Scyliorhinus torazame</i>	night	33-39	16.6(10.6-24.5)

魚類의 走光性에 關한 研究

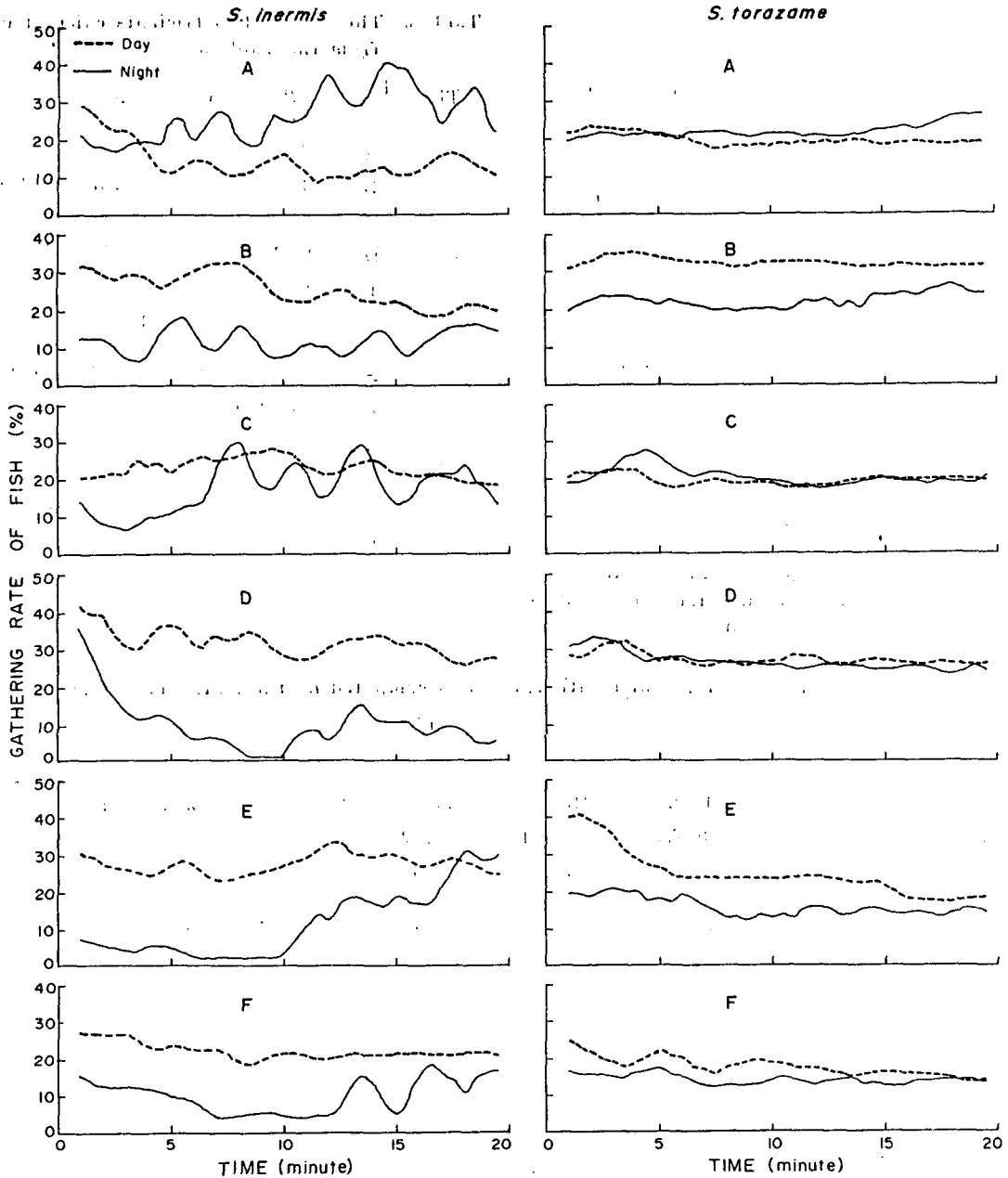


Fig. 3. Variations of gathering rate in the first section of the tank as illuminating time elapse.

로 보이는 것을 의미하고, 反走光性反應은 魚類가 光源의 반대쪽인 第Ⅵ區間 쪽으로 모이는 것을 의미한다.

여기서 P 와 N 는 거리에 따라 指數函數적으로 감소하므로 $P = P_0 e^{-\alpha x}$, $N = N_0 e^{-\beta x}$ 로 model化 할 수 있어서, P_0 , α , N_0 , β 및 集魚率(ρ)을 Yang(1980 a)의 방법으로 산출한것이 Table 6 및 7과 같다.

Fig.5는 각 光源에 대한 水槽内の 第Ⅰ區間에서의 平均水中照도와 第Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ區間에 모인것을 합한 集魚率과의 관계를 나타낸다. 그런데 model에서 산출한 集魚率(Table 7)과 실험에서 얻은 集魚率이 거의 일치하므로 集魚率이 指數函數적으로 변한다고 가정한 數學的 model이 실제와 거의 일치한다고 볼 수 있다.

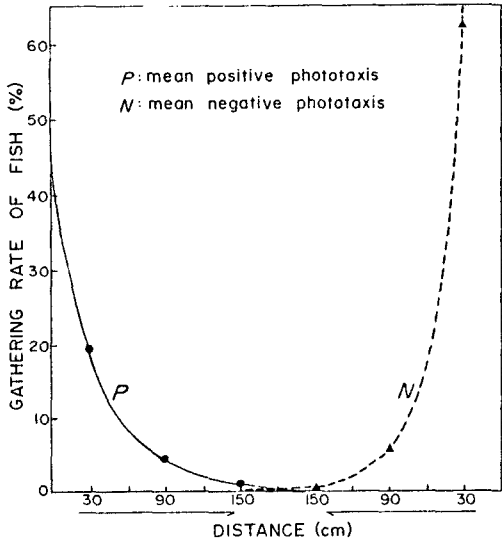


Fig. 4. Graphs depicting the positive and negative gathering rates of *Sebastes inermis* in the tank.

Table 6. The values of coefficients calculated from the Table 3

Time	Light source	P_0	α	N_0	β
Day	A	25.09	0.0180	159.25	0.0320
	B	42.84	0.0173	199.57	0.0426
	C	44.21	0.0218	188.23	0.0387
	D	90.15	0.0343	203.50	0.0448
	E	90.47	0.0391	160.71	0.0351
	F	71.01	0.0387	189.77	0.0362
Night	A	55.67	0.0253	127.81	0.0315
	B	22.59	0.0214	263.01	0.0438
	C	35.30	0.0230	205.55	0.0396
	D	17.32	0.0168	360.45	0.0528
	E	28.54	0.0277	285.49	0.0448
	F	19.07	0.0211	218.49	0.0374

Table 7. Behavioral patterns and gathering rates computed by the mathematical model

Time	Item	Light source					
		A	B	C	D	E	F
Day	P_0/α	1393.89	2476.30	2027.98	2628.28	2313.81	1834.88
	N_0/β	4976.56	4684.74	4863.82	4542.41	4578.63	5242.27
	p	0.2188	0.3458	0.2943	0.3665	0.3357	0.2593
Night	P_0/α	2200.40	1055.61	1534.78	1030.95	1030.33	903.79
	N_0/β	4057.46	6004.80	5190.66	6826.71	6372.55	5842.00
	p	0.3516	0.1495	0.2282	0.1312	0.1392	0.1340

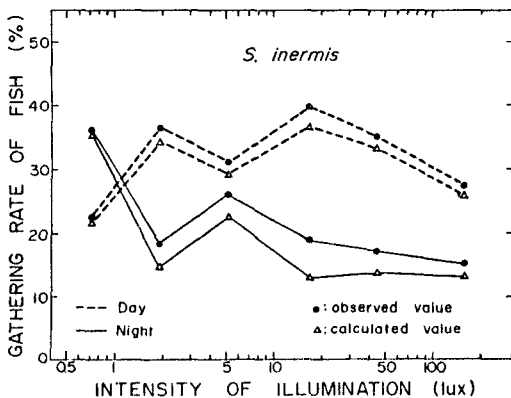


Fig. 5. Gathering rate of *Sebastes inermis*.

要 約

빛에 대한 魚類의 行動을 조사하기 위하여, 불낙 *Sebastes inermis*과 두툽상어 *Scyliorhinus torazame*에 빛의 세기가 서로 다른 여섯가지 白色人工光源으로 光刺激을 주어, 그에 대한 反應을 日間과 夜間으로 구분 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 光刺激에 대한 水槽內的 區間別分布는 두 魚種이 모두 兩端區間에 많이 모여 分布曲線은 대체로 U字型이 되었으나, 魚種에 따라 그 형태의 차이가 심했다.

2. 불낙은 어떤 水中照度 하에서도 光源으로부터 멀리 떨어진 곳에 많이 모이는 경향을 나타냈으며,

晝夜間에 비슷하였다.

두릅상어는 光源으로부터 멀리 떨어진 곳에 다소 많이 모였으나 區間別分布差가 적었으며 晝夜間에 다소의 차가 있었다.

3. 集魚率이 最大가 되는 水中照度(適正照度)는 불낙이 晝間에 16.6 lux (10.6~24.5 lux), 夜間에 0.7 lux (0.5~1.1 lux)로서 晝間에 더 높았다.

두릅상어는 晝間에 1.9 lux (1.2~2.9 lux), 夜間에 16.6 lux (10.6~24.5 lux)로서 夜間에 더 높았다.

4. 照明時間에 따른 集魚率은 불낙의 경우 照明時間 中 集魚率이 일정한 增減추세를 보이지 않고 不安定하게 변동했으며, 晝間보다 夜間에 그 변화가 컸다.

두릅상어는 照明時間 中 集魚率이 거의 일정하였으며, 晝夜間의 차이가 뚜렷하지 않았다.

謝 辭

본 研究는 1980年度 産學協同財團의 補助로 이룩된 것이다. 이에 産學協同財團에 깊은 감사의 뜻을 표한다.

實驗을 도와 준 安熙孫, 安永一, 辛榮太, 君들의 노력이 있었읍니다.

文 獻

- Imamura, Y. 1958. Study on the disposition of fish towards the light (2). The strength of illumination preferred by fish. J. Tokyo Univ. Fish. 44, 75—89.
- Imamura, Y. 1959. Study on the disposition of fish towards the light (4). The strength of illumination comfortable to *Mackerel* and *Trachurus japonicus*. *ibid.* 45, 185—193.
- Imamura, Y. and S. Takeuchi. 1960 a. Study on the disposition of fish towards light (5). The strength of illumination comfortable to *Engraulis japonicus*. *ibid.* 46, 133—148.
- Imamura, Y. and S. Takeuchi. 1960 b. Study on the disposition of fish towards light (6). Compare with the disposition of *Engraulis japonicus*, *Decapterus muroadsi*, *Trachurus japonicus* and *Scomber japonicus*. *ibid.* 46, 149—155.
- Imamura, Y. and S. Takeuchi. 1963. Study on the disposition of fish towards light(7). Compare with the efficacy of fish gathering for colored lamp. *ibid.* 49, 33—39.
- 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. Sci. Fish. 16, 223—291.
- Yang, Y. R. 1979. Phototaxis of fish (1). *Cyprinus carpio*. Bull. Korean Fish. Soc. 12, 79—86.
- Yang, Y. R. 1980 a. Phototaxis of filefish, conger eel and crucian carp. *ibid.* 13, 1—13.
- Yang, Y. R. 1980 b. Phototaxis of fish(2). Response of rock bream and grass puffer to the whith lights. Bull. Korean Fish. Tech. 16, 27—35.