

魚類의 走光性에 關한 研究(1)

—양 어—

梁 龍 林*

PHOTOTAXIS OF FISH (1)

—CYPRINUS CARPIO—

Yong-Rhim YANG*

The phototaxis of common carp *Cyprinus carpio* was studied under laboratory conditions to find out distributional pattern of the fish under light gradient and to find the light intensity which causes the maximum gathering rate.

The optimum light intensities were determined. The fish tended to escape from the light source when the light intensity was stronger or weaker than a certain optimum value.

The mean illumination intensity which caused the maximum gathering rate was 3.813 lux (2.99—4.76 lux) in the daytime and 6.292 lux (5.0—7.89 lux) at night.

The gathering rate of the fish could be divided into two types: reflex gathering rate and equilibrium gathering rate. The reflex gathering rate appeared quickly soon after lighting and gradually changed as time elapsed, while the equilibrium gathering rate was almost always constant.

緒 論

人工光源이 魚類의 走光性에 미치는 영향에 대한 生物學的 研究가 최근 여러 方向에서 연구되고 있으며, 이들 실험적 연구 결과를 보다 효율적인 漁法에 이용하려는 시도가 날로 높아가고 있다.

魚類의 행동은 빛의 세기에 따라 차이가 있으며, 魚種에 따라 適正照度가 존재한다는 것이 Woodhead and Woodhead(1955)를 비롯하여 Blaxter and Parrish(1958), Inoue and Ogura(1958), Arimoto and Inoue(1978) 등이 보고한 바 있고, Imamura and Koike(1959), Imamura(1959), Imamura and Takeuchi(1960 a, 1960 b) 등은 海産魚類를 대상으로 人工光源에 대한 魚類의 행동을 조사보고한 바 있다.

잉어, *Cyprinus carpio*에 대해서는 明暗에 대한 반응(山村, 1957)과 適正照度(Imamura, 1958) 등에 대하여 발표된 바 있으나, 낮과 밤의 適正照度에 대

한 조사 연구 결과는 찾아 볼 수 없으며, 또한 조사된 適正照度 역시 그 범위가 광범위하여 人工光源을 실제 漁法에 이용하는 기초자료로서는 보다 많은 자료가 보완되어야 할 것으로 생각되었다.

따라서 본 연구는 빛에 대한 잉어의 행동을 낮과 밤으로 각각 구분 조사 분석하여 빛에 대한 행동을 규명하고 아울러 그들의 생활환경과 適正照度를 조사 고찰하므로써 集魚燈理論의 기초를 확립하는 데 기여하고자 한다.

材料 및 方法

본 실험에 사용한 재료는 본대학 양어장에서 飼育된 잉어(體長 10~13 cm)로 10일 이상 循環式濾過飼育水槽에서 適應시킨 다음 실험에 사용하였다.

實驗水槽(180L×36W×45H cm)는 光澤이 없는 灰色循環式濾過水槽로서 水槽 한쪽 側面에 光源箱子를

*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

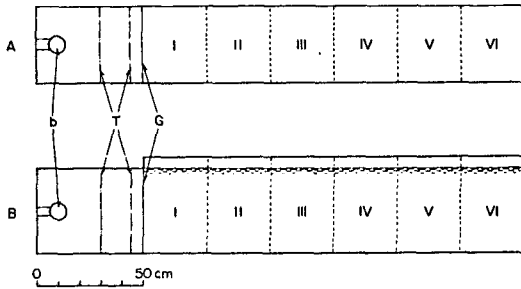


Fig. 1. Schematic diagrams of the experimental tank.

A: plan view, B: side view, b: electric bulb
T: filter(tracing paper) G: glass plate

설치하여 光源箱子에서 나오는 빛이 水槽의 侧面 유리창을 통하여 水中으로만 투과하게 만든 水槽를 6개의 等區間으로 나누어 光源쪽으로 부터 I, II, III, IV, V, VI 區間이라하고, 수심은 40 cm로 유지시켰다 (Fig. 1).

光源은 100V용 150W, 100W, 30W, 10W, 5W와 2.4V용 1.5W 등 6개의 白熱燈을 사용하였으며, 水中照度分配를 균일하게 유지시키기 위하여 光源과 유리창 사이에 tracing paper로 만든 filter(田村,

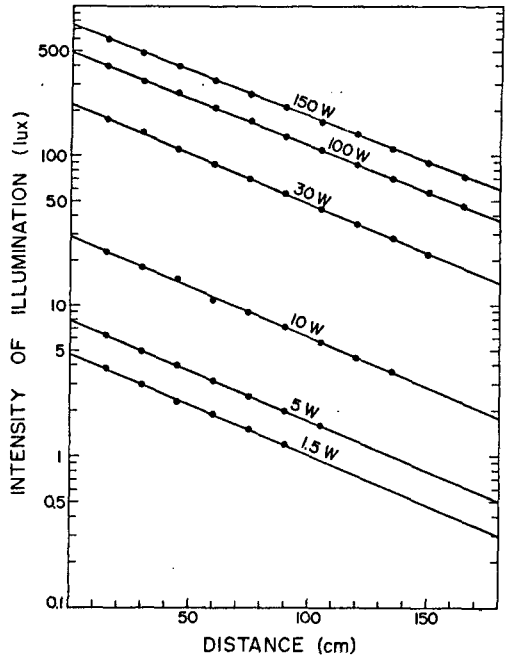


Fig. 2. Relationship between illumination intensities and distances from the light source.

Table 1. Illumination intensities and distances from the light source* (unit: lux)

| Light bulb | Distance(cm) | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 | 150 | 165 |
| 150 W | 600 | 490 | 400 | 320 | 260 | 210 | 170 | 140 | 110 | 90 | 72 |
| 100 W | 400 | 320 | 260 | 210 | 170 | 135 | 110 | 88 | 70 | 57 | 46 |
| 30 W | 175 | 140 | 110 | 88 | 70 | 56 | 44 | 35 | 28 | 22 | |
| 10 W | 23 | 18 | 15 | 11 | 9 | 7.2 | 5.7 | 4.5 | 3.6 | | |
| 5 W | 6.3 | 5 | 4 | 3.2 | 2.5 | 2 | 1.6 | | | | |
| 1.5 W | 3.8 | 3 | .2 | 3 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | | | | |

* Intensity of the reflex illumination from the other end of the tank was regarded negligible.

1957)를 挿入하였다.

각 실험마다 10마리의 魚類를 暗室 속에서 30분 이상 暗順應시킨 다음, 각 光源을 点燈(ON)하고 각 區間에서 발견되는 魚類의 數를 15分間에 걸쳐 每30秒마다 조사하여 魚類의 集魚率(gathering rate of fish)을 평균마리수로써 산출하였다. 集魚率에 차이가 있는가를 알아 보기 위하여 낮과 밤에 각각 실험했다.

魚類들의 빛에 대한 적응을 피하기 위하여 실험마다 새로운 다른 個体를 사용하여 10회 이상 조사하였으며, 수온범위는 27.5~30°C를 유지하였다.

水槽内の 水中照度는 水中照度計(Toshiba #D)를

光源쪽으로 向해 측정하였다.

빛에 대한 魚類의 행동을 조사하기 위한 기초적인 환경조건의 하나인 水槽内の 水中照度分布를 조사하

Table 2. The values of I_0 and κ calculated from the experimental data

| Light bulb | $I = I_0 e^{-\kappa x}$ |
|------------|--------------------------|
| 150 W | $I = 747.7 e^{-0.0141x}$ |
| 100 W | $I = 492.1 e^{-0.0144x}$ |
| 30 W | $I = 220.3 e^{-0.0158x}$ |
| 10 W | $I = 29.0 e^{-0.0165x}$ |
| 5 W | $I = 7.89 e^{-0.0152x}$ |
| 1.5 W | $I = 4.76 e^{-0.0154x}$ |

기 위하여 각 光源 별로 측정된 光源으로부터의 거리와 水中照度와의 관계는 Table 1 및 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 水槽内の 水中을 통과한 水中照度分布는 Lambert의 方程式 $I_x = I_0 e^{-\kappa x}$ 로 표시되고, 이 方程式으로부터 측정치의 最小自乘法에 의하여 각 光源에 대한 I_0 와 κ 의 값을 산출하였다(Table 2).

각 光源에 대한 각 區間에서의 平均水中照度는 Table 2의 값을 이용하여

$$\bar{I}_{x \sim x+30} = \frac{1}{30} \int_x^{x+30} I_0 e^{-\kappa x} dx$$

式으로부터 산출하였으며, 平均水中照度는 Table 3과 같다.

Table 3. Mean illumination intensities of the light bulbs in each section of the tank (unit: lux)

| Light bulb | Section | | | | | |
|------------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI |
| 150 W | 609.69 | 399.39 | 261.63 | 170.78 | 112.27 | 73.55 |
| 100 W | 399.59 | 259.42 | 168.42 | 109.34 | 70.98 | 46.08 |
| 30 W | 176.59 | 111.49 | 70.39 | 44.44 | 28.06 | 17.71 |
| 10 W | 23.19 | 14.57 | 9.15 | 5.747 | 3.61 | 2.267 |
| 5 W | 6.292 | 3.988 | 2.538 | 1.602 | 1.015 | 0.643 |
| 1.5 W | 3.813 | 2.402 | 1.513 | 0.953 | 0.60 | 0.378 |

結果 및 考察

빛이 魚類의 행동에 미치는 영향을 조사하기 위하여 잉어에 대한 낮과 밤의 실험에서 조사분석된 集魚率(Table 4)과 실험에서 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 각 光源에 대한 魚類分布

여섯 가지 光源을 사용하여 낮과 밤에 각각 실시한 실험에서 조사된 水槽内の 각 區間에서의 魚類分布는 Fig. 3과 같다.

같은 光源을 사용한 낮과 밤의 실험에서 魚類分布를 비교하면, 빛의 세기가 강하거나 가장 약한 光源(150W, 100W, 1.5W)을 사용하였을 때는 낮과 밤 실험

사이에서 魚類分布는 거의 一致하나, 중간 光源(30W, 10W, 5W)을 사용한 낮과 밤 실험 사이에는 分布의 차이가 뚜렷했으며, 밤의 경우가 낮의 경우보다 I 區間の 分布가 많았다. 반대로 VI 區間の 分布가 적었는데, 이것은 잉어에 있어서 適正照度가 존재하고, 이 適正照度는 낮과 밤의 경우가 각각 다르기 때문이라고 생각된다.

한편 여러가지 水中照度에 대한 魚類의 分布를 보면 走光性 行動(I, II 區間에 魚類가 증가하고, V, VI 區間에 魚類가 감소할 때), 反走光性 行動(V, VI 區間에 魚類가 증가하고, I, II 區間에 魚類가 감소할 때), 無走光性 行動(水槽의 중앙부인 III, IV 區間에 魚類가 증가하고, 양쪽 끝인 I, II, V, VI 區間에 魚類가 감소할 때)의 3가지 형태(Kawamoto and Na-

Table 4. Gathering rate of fish in the day and at night (unit: %)

| Time | Light bulb | Section | | | | | |
|-------|------------|---------|------|------|------|-------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| Day | 150 W | 13.21 | 3.21 | 4.16 | 4.32 | 8.85 | 66.25 |
| | 100 W | 18.75 | 4.07 | 3.06 | 3.74 | 7.95 | 62.42 |
| | 30 W | 23.68 | 4.72 | 4.28 | 4.75 | 9.30 | 53.28 |
| | 10 W | 27.45 | 6.57 | 4.55 | 4.65 | 12.43 | 44.36 |
| | 5 W | 22.90 | 4.80 | 7.35 | 9.77 | 15.28 | 39.91 |
| | 1.5 W | 40.39 | 5.59 | 6.27 | 7.29 | 7.43 | 33.04 |
| Night | 150 W | 12.60 | 3.24 | 3.14 | 3.92 | 9.16 | 67.94 |
| | 100 W | 19.97 | 3.05 | 3.05 | 3.25 | 7.56 | 63.12 |
| | 30 W | 35.07 | 9.66 | 6.01 | 4.32 | 5.98 | 38.95 |
| | 10 W | 35.82 | 6.59 | 6.62 | 6.08 | 8.01 | 36.87 |
| | 5 W | 48.65 | 5.61 | 5.51 | 5.44 | 6.70 | 28.11 |
| | 1.5 W | 37.07 | 5.51 | 7.55 | 7.89 | 8.37 | 33.61 |

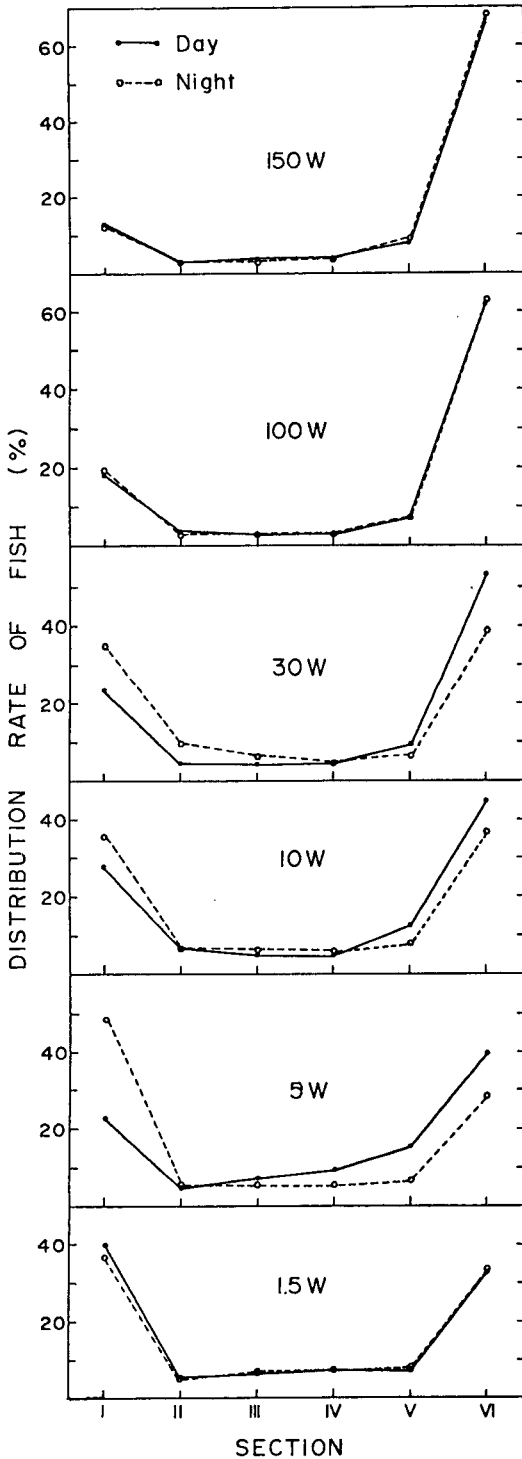


Fig. 3. Distribution rate of common carp in each section of the tank exposed to the illumination of various intensities.

Table 5. Comparative gathering rate of common carp in each section of the tank for the light bulbs of different wattage

| Time | Light bulb | Section | Behavior pattern |
|-------------|-----------------------|--------------------------|------------------|
| Day | 5W...1.5W | ⊖ I, II, III, IV, V, VI, | Negative |
| | | ⊕ I, II, VI, | |
| | 10W... 5W | ⊕ I, II, VI, | Positive |
| | | ⊖ III, IV, V, | |
| | 30W... 10W | ⊖ I, II, III, V, | Negative |
| | | ⊕ IV, VI, | |
| 100W... 30W | ⊖ I, II, III, IV, V, | Negative | |
| | ⊕ VI, | | |
| 150W...100W | ⊖ I, II, | Negative | |
| | ⊕ III, IV, V, VI, | | |
| Night | 5W...1.5W | ⊕ I, II, | Positive |
| | | ⊖ III, IV, V, VI, | |
| | 10W... 5W | ⊖ I, | Negative |
| | | ⊕ II, III, IV, V, VI, | |
| | 30W... 10W | ⊖ I, III, IV, V, | Negative |
| | | ⊕ II, VI, | |
| 100W... 30W | ⊖ I, II, III, IV, | Negative | |
| | ⊕ V, VI, | | |
| 150W...100W | ⊖ I, | Negative | |
| | ⊕ II, III, IV, V, VI, | | |

⊕ Increase ⊖ Decrease

gata, 1952)로 나타내는 分布曲線으로 분류할 수 있는데, 각 區間에 分布된 魚類의 數를 1.5W의 光源에 대한 分布率을 표준으로 하여 比較할때 魚類의 행동은 Table 5와 같이 나타낼 수 있다.

Table 5에 표시된 바와같이 適正照度보다 크거나 작은 水中照度下에서는 잉어의 分布率이 光源으로부터의 거리에 비례하여 反走光性이라는 것이 나타났기 때문에 水槽가 아주 길면 빛의 세기를 증가할수록 빛에 대하여 더욱 反走光性行動을 나타내는데는 것을 쉽게 추정할 수 있다.

2. 水中照도와 最大集魚率

여섯 가지 光源에 대한 水槽内の I 區間에서의 平均水中照도와 集魚率과의 관계는 Fig. 4와 같다.

잉어의 最大集魚率은 48.65%로 밤 실험에서 나타났으며, 最大集魚率을 나타낸 I 區間の 平均水中照度는 낮 실험에서는 3.813 lux(1.5W 光源)였고, 밤의 경우는 6.292 lux(5W 光源)로서 밤이 낮 보다 더 큰 水中照度를 나타냈고 水中照度가 어떤 適正照度보다 크거나 작아질 때에는 集魚率이 감소하였는데, 集魚率의 감소원인은 너무 강한 빛의 세기, 또는 刺戟에 기인된다고 생각되며, 最大集魚率은 水中照度가

Table 6. Illumination intensity which caused the maximum gathering rates by previous workers and the author

| Fish species | Intensity of illumination(lux) | Authors |
|--|--------------------------------|------------------------|
| <i>Aplocheilichthys latipes</i> | 24.5~44.5 | Oka(1950) |
| <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> | 44.5~60.5 | Oka(1950) |
| <i>Carassius auratus</i> | 30.0~60.5 | Oka(1950) |
| <i>Mugil cephalus</i> (in day) | 54.83 | Kawamoto et al. (1952) |
| <i>Mugil cephalus</i> (at night) | 54.83 | Kawamoto et al. (1952) |
| <i>Sphaeroides rubripes</i> (in day) | 14.11 | Kawamoto et al. (1952) |
| <i>Sphaeroides rubripes</i> (at night) | 87.33 | Kawamoto et al. (1952) |
| <i>Cyprinus carpio</i> | 0.2~20 | Imamura(1958) |
| <i>Cyprinus carpio</i> (in day) | 3.813(2.99~4.76) | Author |
| <i>Cyprinus carpio</i> (at night) | 6.292(5.0~7.89) | Author |

魚類에 最適인 燈 照度를 算出할 수 있다고 생각된다.

Oka(1950), Kawamoto and Nagata(1952) 및 Imamura(1958), 등이 발표한 最大集魚率을 나타낸 水中照度에 대한 結果와 본 연구結果를 比較하면(Table 6) 잉어는 乍者, *Sphaeroides subripes* (Kawamoto and Nagata, 1952)의 경우와 같이 最大集魚率을 나타낸 水中照度가 낮과 밤이 各々 달랐으며 밤의 경우가 더 큰 水中照度를 나타내고 있다.

Imamura(1958)는 잉어의 適正照度가 0.2~20 lux라고 발표하였는데, 본 研究結果(낮이 2.99~4.76 lux, 밤이 5.0~7.89 lux)는 Imamura의 실험結果 범위내에 속했으며, Imamura가 발표한 잉어의 適正照度 범위가 광범위하였는데, 이것은 基조환경조건인 人工光源에 대한 水槽内の 水中照度分布勾配를 광범위하게 부여한 結果라고 생각된다.

3. 集魚率의 時間的 變化

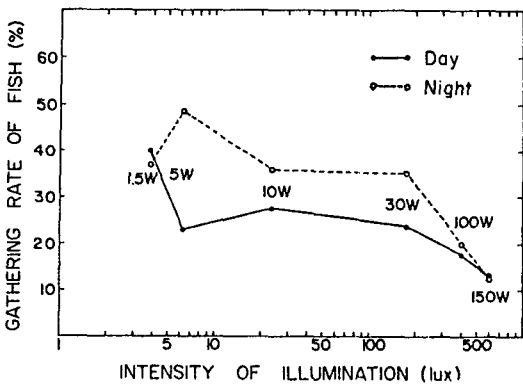


Fig. 4. Relationship between gathering rate of common carp and illumination intensities in the 1st section from the light source of the tank.

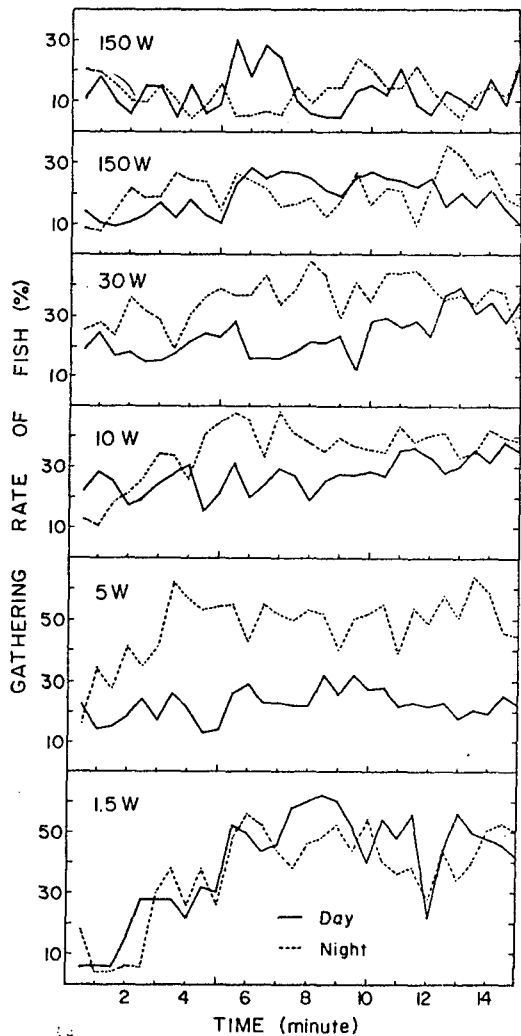


Fig. 5. Changes of gathering rate of common carp in the 1st section of the tank,

水槽内の I 區間에서 每 30秒마다 15分間 조사된 集魚率의 變化는 Fig. 5와 같다.

Kawamoto *et al.* (1952)은 同種의 魚類일지라도 照度에 따라서 集魚率이 變한다고 기술한 바 있는데, 본 실험에서는 適正照度 보다 크거나 작은 150W, 100W, 1.5W의 光源을 사용하였을 때는 時間에 따른 集魚率의 變化는 낮과 밤이 거의 均일하였으며, 適正照度에 가까운 30W, 10W, 5W의 光源을 사용한 경우에는 集魚率의 變化가 낮과 밤에 따라 뚜렷한 차이를 나타냈고, 밤에 더 많은 集魚率을 나타냈다.

光源을 點燈한 직후의 2~3分間은 集魚率에 많은 變化를 보였는데, 이것은 初期反射作用에 기인되는 것이라고 생각되며, 3~5分이 경과한 후에는 平衡集魚率을 나타내었고 그 集魚率은 光源에 따라 거의 均일하게 되었는데, 이것은 魚類가 適正水中照度를 선택하여 행동한 때문이라고 생각된다.

Kawamoto and Nagata(1952)는 자주복과 송어, *Mugil cephalus*의 실험에서 시간이 경과함에 따라 集魚率이 감소하는 경향을 보였는데, 본 실험에서는 시간이 경과함에 따라 集魚率이 증가한 후 거의 均일하게 나타났는데, 이것은 실험에 사용한 魚種의 차이에 기인한 것이라고 생각된다.

4. 水中照度分布와 集魚率과의 關係

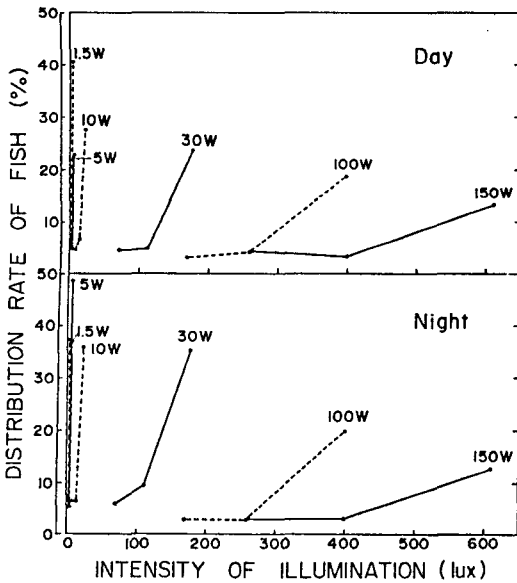


Fig. 6. Relationship between distribution rate of common carp and intensities of illumination.

光源에 대한 水槽内の I, II, III 區間에서의 水中照度和 集魚率과의 關係는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6의 曲線들은 I, II, III 區間에서 거의 직선적이므로 集魚率을 指數函數로 표시하면 거리에 따라 감소한다고 말할 수 있다. 이 曲線의 기울기는 몇개의 비정상적인 경우를 제외하고 水中照도가 클 수록 더 작아진다. 이 기울기는 낮과 밤의 실험에서 거의 동일하고 集魚率의 수학적 고찰에 관계된다.

5. 數學的考察

본 실험에서 水槽内の 各 區間(I~VI)에서의 魚類分布曲線(Fig. 3)은 Kawamoto and Nagata(1952)의 실험결과와 같이 U字型으로 나타났고, 平均魚類分布曲線은 Fig. 7과 같은데, 이 曲線들은 水槽内の 魚類分布를 두가지 형태로 나타내어 분석할 수 있다. 하나는 走光性集魚率(positive gathering rate)을, 다른 하나는 反走光性集魚率(negative gathering rate)을 나타낸다. 走光性反應은 魚類가 光源에 가까운 I 區間에 모이는 것을 의미하고(Fig. 7, G), 反走光性反應은 魚類가 光源의 반대쪽인 VI 區間에 모이는 것을 의미한다(Fig. 7, F).

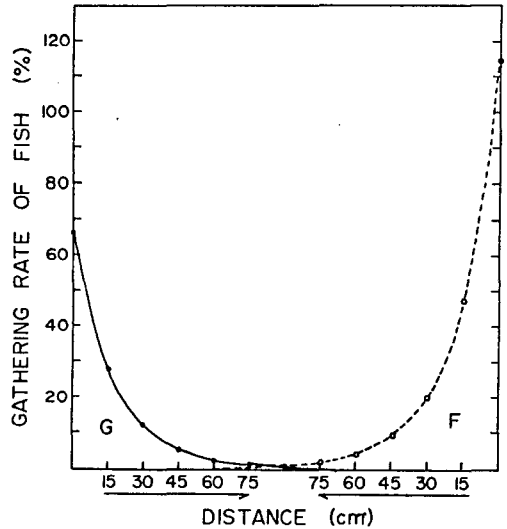


Fig. 7. Graphs depicting the positive and negative gathering rates of common carp in the tank.

G: mean positive reaction to the light
F: mean negative reaction to the light

만일 水槽의 長이 무한히 긴다면 魚類의 反走光性分布는 光源으로부터 멀리 연장될 것이다,

水中照度分布와 集魚率과의 관계는 Fig. 6과 같이 集魚率은 光源으로부터의 거리에 비례하여 指數函數의 形式으로 감소함을 나타내고 있는데, 이러한 관계로부터 走光性集魚率(Fig. 7, G)은 다음 式으로 표시할 수 있다.

$$G = G_0 e^{-\alpha x}$$

여기서 G는 光源에서 거리 x만큼 떨어진 點에서의 集魚率이고, G₀는 x=0에서의 集魚率, α는 走光性減少係數이다. 같은 方法으로 反走光性集魚率(Fig. 7, F)은 다음 式으로 표시할 수 있다.

$$F = F_0 e^{-\beta x}$$

이때 F는 光源의 반대쪽(V 區間)끝에서 光源쪽으로 거리 x만큼 떨어진 點에서의 集魚率이고, F₀는 x=0일 때의 集魚率, β는 反走光性減少係數이다. I, II 區間에서는 F의 영향이 없고, V, VI 區間에서는 G의 영향이 없으므로 그 係數를 Table 7과 같이 最少自乘法에 의하여 산출할 수 있다.

빛에 대한 走光性 反應을 보인 魚類의 數는 G를 0에서 ∞까지 다음과 같은 식에서 적분하여 얻을 수 있다.

$$\int_0^{\infty} G dx = \int_0^{\infty} G_0 e^{-\alpha x} dx = \frac{G_0}{\alpha}$$

또 反走光性 反應을 보인 魚類의 數는

$$\int_0^{\infty} F dx = \int_0^{\infty} F_0 e^{-\beta x} dx = \frac{F_0}{\beta}$$

와 같고, 水槽內的 魚類의 總數는 다음과 같은 식으로 산출할 수 있다.

$$\int_0^{\infty} G dx + \int_0^{\infty} F dx$$

그러므로 魚類의 走光性集魚率은 다음식과 같다.

$$\text{集魚率} = \frac{\int G dx}{\int G dx + \int F dx}$$

자 光源에 대한 자료(Table 7)를 위의 세 방정식에 대입하여 Table 8을 얻었다.

Table 8의 集魚率과 자 光源에 대한 水槽內的 I 區間에서의 平均水中照度와의 관계는 Fig. 8에 나타난 바와 같다.

Table 7. The value α and β calculated from the data

| Time | Light bulb | $G = G_0 e^{-\alpha x}$ | $F = F_0 e^{-\beta x}$ |
|-------|------------|---------------------------|---------------------------|
| Day | 150 W | $G = 26.81 e^{-0.0472x}$ | $F = 181.33 e^{-0.0671x}$ |
| | 100 W | $G = 40.26 e^{-0.0500x}$ | $F = 174.97 e^{-0.0387x}$ |
| | 30 W | $G = 53.06 e^{-0.0538x}$ | $F = 127.57 e^{-0.0582x}$ |
| | 10 W | $G = 56.12 e^{-0.0477x}$ | $F = 83.82 e^{-0.0124x}$ |
| | 5 W | $G = 50.03 e^{-0.0521x}$ | $F = 64.51 e^{-0.0320x}$ |
| | 1.5 W | $G = 108.61 e^{-0.0659x}$ | $F = 69.69 e^{-0.0497x}$ |
| Night | 150 W | $G = 24.85 e^{-0.0453x}$ | $F = 185.10 e^{-0.0668x}$ |
| | 100 W | $G = 51.12 e^{-0.0626x}$ | $F = 182.45 e^{-0.0706x}$ |
| | 30 W | $G = 66.84 e^{-0.0429x}$ | $F = 99.44 e^{-0.0327x}$ |
| | 10 W | $G = 83.54 e^{-0.0564x}$ | $F = 79.34 e^{-0.0510x}$ |
| | 5 W | $G = 143.32 e^{-0.0720x}$ | $F = 57.59 e^{-0.0473x}$ |
| | 1.5 W | $G = 96.18 e^{-0.0636x}$ | $F = 67.37 e^{-0.0463x}$ |

Table 8. Behavioural patterns and gathering rates computed by the mathematical model

| Time | Item | Light bulb | | | | | |
|-------|---|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 150W | 100W | 30W | 10W | 5W | 1.5W |
| Day | G_0/α | 568.01 | 790.96 | 986.25 | 1176.52 | 960.27 | 1648.10 |
| | F_0/β | 2702.38 | 2564.87 | 2191.92 | 1976.89 | 2015.94 | 1402.21 |
| | $\frac{G_0/\alpha}{G_0/\alpha + F_0/\beta}$ | 0.1737 | 0.2370 | 0.3103 | 0.3731 | 0.3227 | 0.5403 |
| Night | G_0/α | 548.57 | 816.61 | 1558.04 | 1481.21 | 1990.56 | 1512.26 |
| | F_0/β | 2770.96 | 2576.98 | 1591.04 | 1555.69 | 1204.81 | 1455.08 |
| | $\frac{G_0/\alpha}{G_0/\alpha + F_0/\beta}$ | 0.1653 | 0.2406 | 0.4948 | 0.4877 | 0.6230 | 0.5096 |

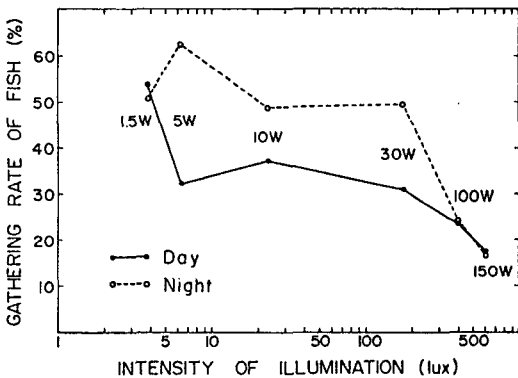


Fig. 8. Gathering rate of common carp calculated by the equation, $\frac{\int G dx}{\int G dx + \int F dx}$.

따라서 數學的分析으로 고찰된 model (Fig. 8)은 실험에서 얻은 결과(Fig. 4)와 거의 일치함을 볼 수 있어서, 본 실험의 data치리에 있어서 정확성을 기했다고 생각된다.

이 연구에 사용한 魚類를 제공해 주시고 濾過裝置 제작에 조언해 주신 金仁培 박사님께 감사의 뜻을 표하며, 실험을 도와준 어업학과 재학생들에게 감사한다.

要 約

빛이 魚類의 行動에 미치는 영향을 조사하기 위하여 잉어, *Cyprinus carpio*에 光刺激을 加한 실험을 낮과 밤에 각각 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 잉어의 分布率은 본 실험에 사용한 제한된 水槽 내에서 U字型과 거의 같은 區間分布傾向을 보였다.
2. 빛의 세기가 어떤 適正値보다 더 強하거나 弱할때 魚類가 光源으로부터 멀리 떨어진 곳에 모였기 때문에 잉어의 適正水中照度가 발견되었다.
3. 水中照度에 대한 集魚率曲線의 最大値로부터 잉어의 集魚率이 낮과 밤에 차이가 있었다.
4. 잉어의 集魚率이 最大인 平均水中照度는 낮에 3.813 lux(2.99~4.761 lux)였고, 밤에는 6.292 lux(5.0~7.89 lux)였다.
5. 잉어의 集魚率은 反射集魚率과 平衡集魚率의 두가지 형태로 나타났다.
6. 反射集魚率은 光源을 点燈한 직후에 나타났으며, 時間에 따라 變化를 보였고, 平衡集魚率은 거의 均一하였다.

Arimoto, T. and K. Inoue(1978): Study concerning phototaxis and mesh selection for *Euphausia pacifica*. Trans. Tokyo Univ. Fish. 2, 45-51.

Blaxter, J. H. S. and B. B. Parrish(1958): Some preliminary observations on the avoidance of obstacles by herring(*Clupea harengus* L.) Symp. Pap. I. P. F. C., 7, pp. 5.

Imamura, Y. (1958): Study on the disposition of fish towards the light No.2. J. Tokyo Univ. Fish. 44(1-2), 75-89.

Imamura, Y. and A. Koike(1959): Study on the disposition of fish towards light No. 3. *ibid.* 45(2), 179-183.

Imamura, Y. (1959): Study on the disposition of fish towards light No. 4. *ibid.* 45(2), 185-193.

Imamura, Y. and S. Takeuchi(1960 a): Study on the disposition of fish towards light No. 5. *ibid.* 46(1-2), 133-148.

_____ (1960 b): Study on the disposition of fish towards light No. 6. *ibid.* 46(1-2), 149-155.

Inoue, M. and M. Ogura(1958): The swimming-water-depth for anchovy shoals in Tokyo Bay. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 24, 311-316.

Kawamoto, N. Y., H. Ozaki, H. Kobayashi, J. Kowishi and U. Uno(1952): Fundamental investigations of the fish gathering methods 2. J. Fish. Res. Inst. 4, 263-291.

Kawamoto, N. Y. and S. Nagata(1952): On the relation between light gradient and fish behavior. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie. 1(2), 151-173.

Oka, M. (1950): An experimental study on attraction of fishes. Bull. Japan Soc. Sci. Fish. 16(6), 223-234.

田村 保(1957): 魚類網膜の明暗順應の狀態と照度との關係. 日水誌 22(12), 742-746.

Woodhead, P. M. and A. D. Woodhead(1955): Reactions of herring larvae to light: a mechanism of vertical migration. Nature, London, 176(4477), 349-350.