

정치망어법에 있어서 집어등의 유도효과에 관한 연구

— 백열등에 대한 어류의 행동반응 —

김문관 · 박정식*

제주대학교 해양연구소 · *제주대학교 어업학과

A Study on the Leading Effect of Fish Attracting Lamps in Set-net Fishing Method

— Response of Fishes to the Incandescent Electric Light —

Mun-Kwan Kim · Jeong-Sik Park*

Marine Research Institute, Cheju National University, Cheju-do 695-810, Korea

*Department of fishery, Cheju National University, Cheju-do 690-756, Korea

The authors carried out an experiment to find out the disposition of Horse mackerel *Trachurus japonicus*, Mackerel *Scomber australasicus* and Amberjack *Seriola dumerili*(Risso) to the incandescent electric light.

The experimental crawl(16 m in length, 3 m in breadth and 1 m in depth) was set up at the semi-field in shore. The bottom of the experimental crawl was sectioned by white rope into 48 sections equal in area of one square meter. The incandescent electric light of 1Kw was used as light source. Observing the behaviour of the fish, the pattern of fish distribution in the experimental crawl was recorded by counting their individuals found in each section at intervals of three minutes for three hours.

Under illumination of 290~0.1 lux, the Horse mackerel stayed in a part of higher illumination during long times. However, under illumination of 450~1 lux, the Horse mackerel stayed in a part of middle illumination during long times.

Under illumination of 290~0.1 lux and 450~1 lux, the Mackerel stayed in a part of higher illumination during short times, then they left for a part of lower illumination. The fish stayed in a part of lower illumination during short times, then they left for a part of higher illumination. This movement of the fish was repeated more than once.

Under illumination of 290~0.1 lux and 450~1 lux, the Amberjack stayed in a part of lower illumination during long times.

Key words : Mackerel, horse mackerel, amberjack, light, fish behaviour

서 론

집어등어법은 어류의 光刺戟에 대한 定位行動을 이용한 것으로서 오래 전부터 여러가지 형태로 이용되어 왔고, 그 대상도 30여종 이상에 이르고 있다.

지금까지 光刺戟에 의한 어류의 행동에 관한 연구는 수조 및 옥외에서 행하여졌는데, 수조실험에 의해서 해산어류를 대상으로 色光에 대한 어류의

행동양식은 光의 色彩, 세기 및 어종에 따라 다르다는 것을 보고하였으며(Kawamoto and Takeda, 1951; Ozaki, 1951; Kawamoto and Konishi, 1952, 1955; Kawamoto and Uno, 1954; Yang, 1980, 1981, 1983a,b, 1984a,b, 1985, 1995), 또한 色光의 照明시간에 따라 어류의 집어율이 변한다는 것을 연구한 보고도 있다(Kawamoto et al, 1950, 1952; Kawamoto and Konishi, 1955; Imamura and Takeuchi, 1963; Yang, 1980, 1981a,b,

1983a,b, 1984a,b, 1985, 1987, 1994, 1995).

옥외에서 행한 연구로는 멸치 및 전갱이를 대상으로 燈下 어군의 집합양식에 관한 연구(宮崎, 1950; 千種 等, 1956; 黒木·中馬, 1954), 멸치, 고등어, 전갱이를 대상으로 백열등 및 형광수은등의 수중조도와 집어효과(草下, 1959), 海中의 色光 분포와 집어상태(黒木·中山, 1957) 등 각종 등화에 대한 어군의 행동에 관한 연구보고가 있다.

집어등어법에 있어서 對象魚가 光에 유집되는 이유로서 여러가지 가설이 제시되고 있는데, 條件反射說(Nikonorov, 1975), 探求反射說(Nikonorov, 1975), 眩惑說(Verheyen, 1958), 好適照度說(佐佐木, 1953; Blaxter and Prarish, 1958), 索餌群集說(前田, 1951), 成群說(井上, 1978) 등이 있다.

한편, 집어등하에 모인 어군을 어획하기 위한 어구의 운용방법에 관한 연구보고가 있다(今村, 1968; 千種 等, 1956). 그리고, 집어등을 이용한 어업으로는 채들망어업, 봉수망어업, 건착망어업, 채낚기어업등이 있으나, 정치망어업에는 아직 집어등이 이용되지 않는 실정이다.

본 연구에서는 제주도 연안 정치망어장에 다량 내유하여 어획되고 있는 전갱이 *Trachurus japonicus*, 고등어 *Scomber australasicus*, 오징어 *Todarodes pacificus*, 잭방어 *Seriola dumerili* 어군을 집어등에 의해 적극적으로 망내에 유도하기 위한 기초 연구를 목적으로 제주도 연안 정치망에서 어획된 전갱이, 고등어, 잭방어를 실험어로서 집어등의 照度差 및 光照射시간에 의한 각 어종의 분포양식과 호적조도범위 그리고 성군행동의 차이를 세미필드에서 조사분석하였으므로 이를 보고한다.

장치 및 방법

실험을 행한 가두리는 망지를 이용하여 길이 16

m, 폭 3 m, 높이 1 m의 윗면이 없는 직육면체 모양으로 만들었고(Fig. 1), 망지의 재료는 폴리아미드이며 망목의 크기는 15 mm이다. 그리고, 가두리 내에는 광원으로부터 횡으로 16등분으로 구획하고 종으로 3등분하여 흰색 로우프로 48개의 등 구획(1 m×1 m)으로 구분하였다. 실험은 복제주군 조건을 실험리 포구에 가두리를 설치하여 1995년 7월 27일부터 9월 8일 사이에 실시하였다. 실험시 평균 수심은 3 m였고, 실험시 수온은 22~25 °C였다. 광원은 수면으로부터 높이 2 m에 매달고 45°의 지향성을 갖도록 하고, 가두리의 밖에 수상등으로 설치하였다. 이 때 전구는 1 Kw인 백열등을 사용하였고, 빛의 세기는 변압기에 의해서 100 V 1 Kw 및 50 V 1 Kw로 하였으며, 광원에 대한 수조내 구획별 수중조도는 수중조도계(ANA-200型, 東京光電社製)로 측정하였다.

실험어는 정치망에서 어획하여 사육가두리(2 m×1 m×1 m)에서 3일 이상 순응시킨 후 실험에 이용하였다. 그리고 실험이 끝나고 무작위로 10마리를 계측한 결과, 전갱이는 평균체장이 13.0 cm(표준편차 1.1 cm), 평균체중이 31.8 g(표준편차 8.6 g)이었고, 고등어는 평균체장이 17.0 cm(표준편차 0.7 cm), 평균체중이 65.5 g(표준편차 8.4 g)이었다. 또한, 잭방어는 평균체장이 27.0 cm(표준편차 3.2 cm), 평균체중이 259 g(표준편차 90.9 g)이었다.

실험방법은 일몰전에 사육가두리에 있는 실험어 30마리를 광원에서 제일 먼 구획의 중간에 놓여진 작은 가두리(50 cm×30 cm×30 cm)에 옮겨 놓고, 일몰 한시간 후 점등과 동시에 작은 가두리에서 실험어를 풀어놓아 관찰을 개시하였다. 관찰은 점등시로부터 3분마다 5명의 관측자가 각 구획에 출현한 실험어를 계측하였다. 집어등의 조도차에 의한 어류의 분포양식과 행동양식은 각 구획에 출현한 마리수를 3분마다 1시간동안(20회) 계측한 총 마리수의 비율로서 조사분석하였다. 또한, 光照射 시간에 따른 어류의 분포양식과 행동양식은 각 구

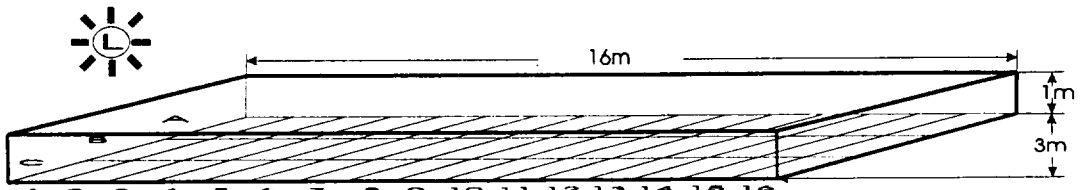


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental crawl.

L: Light

획에 출현한 마리수를 3분마다 계측한 총마리수의 비율로서 한시간 단위로 조사분석하였다.

결과 및 고찰

Table 1. Illumination in every section
(100 V 1 Kw)

Section	Lightness (Lux)		
	A	B	C
1	300	450	290
2	280	360	270
3	230	300	225
4	210	230	200
5	120	150	110
6	70	80	60
7	45	55	40
8	11	12	10
9	10	11	9.8
10	6.8	8.0	6.3
11	4.0	5.0	3.4
12	3.0	4.2	2.3
13	1.7	3.0	1.4
14	1.3	2.0	1.2
15	1.1	1.6	1.1
16	1.0	1.3	1.0

광원의 광도는 100 V 1 Kw 및 50 V 1 Kw로 하여 실험을 실시하였으며, 그 때의 조도치를 측정하여 Table 1, 2에 나타내고 있다. 즉, 첫번째 실험은 Table 1에 나타낸 바와 같이 조도범위가 450~1 lux 이고, 두번째 실험은 Table 2에 나타낸 바와 같이 조도범위가 290~0.1 lux 이다.

Table 2. Illumination in every section
(50V 1Kw)

Section	Lightness (Lux)		
	A	B	C
1	180	290	170
2	168	180	161
3	145	160	140
4	103	138	90
5	51	65	47
6	28	35	23
7	8.0	11	7.0
8	6.5	8.0	4.5
9	5.3	6.0	4.0
10	3.3	4.5	2.8
11	1.8	2.6	1.5
12	1.3	1.5	1.1
13	0.9	1.1	0.8
14	0.7	0.9	0.6
15	0.3	0.5	0.2
16	0.1	0.3	0.1

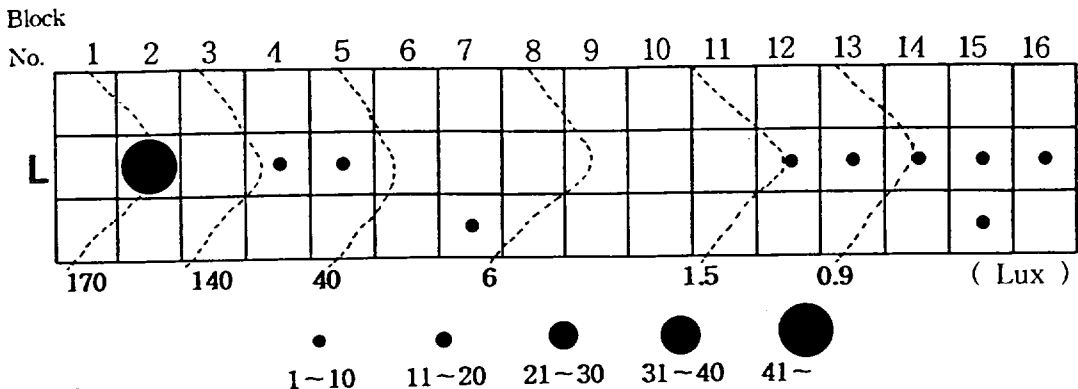


Fig. 2. Frequency distribution of Horse mackerel for one hour with 50 V 1 Kw(290~0.1 Lux).
Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section

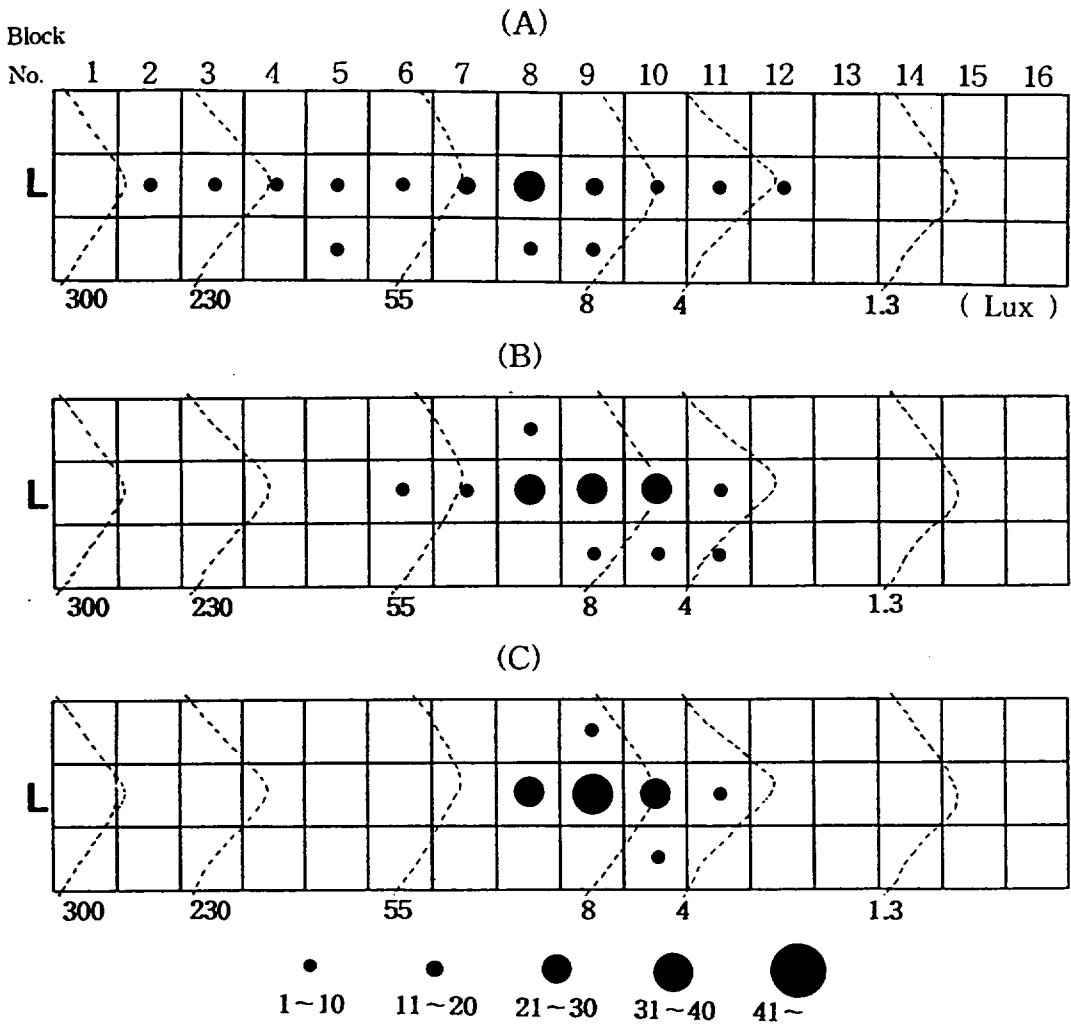


Fig. 3. Frequency distribution of Horse mackerel for three hour with 100 V 1 Kw(450~1 Lux).

Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section

A : During 1~60 minutes after lighted.

B : During 61~120 minutes after lighted.

C : During 121~180 minutes after lighted.

백열등에 대한 전갱이의 행동

조도범위가 290~0.1 lux인 경우 백열등에 대한 전갱이의 위치분포를 Fig. 2에 나타내었다. 전갱이는 점등과 동시에 대부분이 광원쪽으로 빠르게 이동하여 2-B구획에서 약 45분간 체류하였고, 나머지 일부는 어두운 구역에서 체류하는 경향을 보였으며, 전갱이는 중간구역에 해당하는 8~11구

획(8~1.5 lux)에서는 체류하는 경향은 볼 수 없었다. 또한, 이들은 성군성이 매우 좋았으며, 밝은 구역과 어두운 구역을 왕복 이동하는 경향은 한번 밖에 보이지 않았다.

한편, 조도범위가 450~1 lux인 경우에 백열등에 대한 전갱이의 위치분포를 Fig. 3(A)에 나타내었다. 전갱이는 대부분이 중간구역에 해당하는 6~10

정치망어법에 있어서 집어등의 유도효과에 관한 연구

구획(80~6.3 lux)에서 주로 체류하였고, 가끔 광원쪽의 밝은 구역으로 이동하여 체류하는 경향을 보였다. 이와 같이 전갱이는 밝은 구역과 어두운 구역을 왕복하는 이동행동과 어두운 구역에 해당하는 13~16구획에서 체류하는 것은 볼 수 없었다. 또한, 이들은 조도범위가 290~0.1 lux인 경우에 비하여 성군성에는 그다지 차이가 없었으나, 활동성에는 활발하게 움직이는 편이어서 조금 차이가 있었다.

이상과 같은 두가지 경우로 보아 가두리내 광원의 조도 최고치가 낮은 경우, 전갱이는 처음부터 광원에 모여든다. 그러나 광원의 조도가 높은 경우, 전갱이는 광원에 체류하지 않고 밝은 구역과 어두운 구역의 중간구역에 해당하는 6~10구획(80~6.3 lux)에서 주로 체류하였는데, 이것은 광원의 광도가 커짐에 따라서 광원으로부터 멀어지는 것을 나타내고 있다. 즉, 전갱이가 잘 모이는 조도는 고정적인 것이 아니고, 광원의 크기에 따라서 바뀌는 가변적인 것이라고 생각할 수 있는데, 이것은 今村(1968)의 수조실험의 결과와 일치하고 있다.

더욱이, 光照射시간에 따른 전갱이의 분포양식을 조사하여 Fig. 3(B,C)에 나타내었는데, 점등 한 시간 후(B)의 전갱이는 밝은 구역에 해당하는 1~5구획 및 어두운 구역에 해당하는 13~16구획에는 전혀 체류하지 않았고, 중간구역에 해당하는 6~12구획(80~2.3 lux)에 체류하여 활동구역 범위가 좁아진 것을 알 수 있다. 즉, 점등후에 광원쪽의 밝은 구역에 체류하던 일부 전갱이가 점등 한 시간 후에는 중간구역으로 이동한 것을 나타내고 있다. 여기에서, 점등 2시간 후(C) 전갱이의 행동을 보면

밝은 구역에 해당하는 1~7구획 및 어두운 구역에 해당하는 13~16구획에서는 전혀 체류하지 않았고, 중간구역에 해당하는 8~12구획(12~2.3 lux)에서 주로 체류하여 활동구역 범위가 매우 좁아졌다는 것을 알 수 있다. 즉, 점등 한시간 후에 6, 7, 8구획에 체류하던 일부 전갱이가 점등 두시간 후에는 어두운 구역으로 이동하였다는 것을 나타내고 있다.

이상과 같이 光照射시간에 따른 전갱이의 분포양식은 밝은 곳에서 어두운 곳으로 이동하고 있다는 것을 나타내고 있고, 이것은 장시간의 照射에 의해서 광에 대한 적응 및 피로등이 원인이라고 생각할 수 있다.

백열등에 대한 고등어의 행동

조도범위가 290~0.1 lux인 경우에 백열등에 대한 고등어의 위치분포를 Fig. 4에 나타내었다. 고등어는 점등과 동시에 대부분이 광원쪽으로 빠르게 이동하여 약 15분간 2~5구획(180~47 lux)사이를 왕복 이동하였고, 그 후 어두운 구역으로 이동하여 13~16구획(1.1~0.1 lux) 사이를 왕복 이동하다가 재차 밝은 구역으로 이동하는 경향을 보였다. 이와 같이 고등어는 밝은 구역과 어두운 구역 사이를 시간 간격을 두면서 왕복 이동하였고, 전갱이에 비하여 체류하는 구역범위가 넓은 경향을 보였다. 또한, 이들은 밝은 구역에서는 활발하게 이동하였고, 어두운 구역에서는 안정된 행동을 보였다.

한편, 조도범위가 450~1 lux인 경우에 백열등

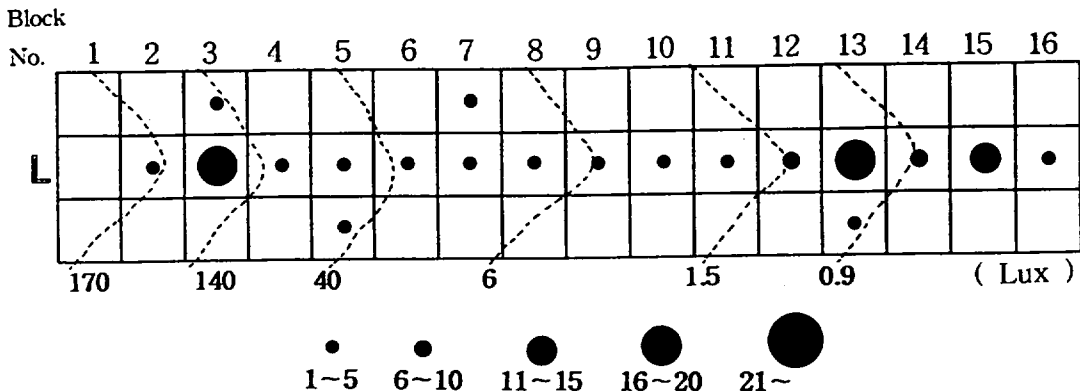


Fig. 4. Frequency distribution of Mackerel for one hour with 50 V 1 Kw(290~0.1 Lux).
Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section

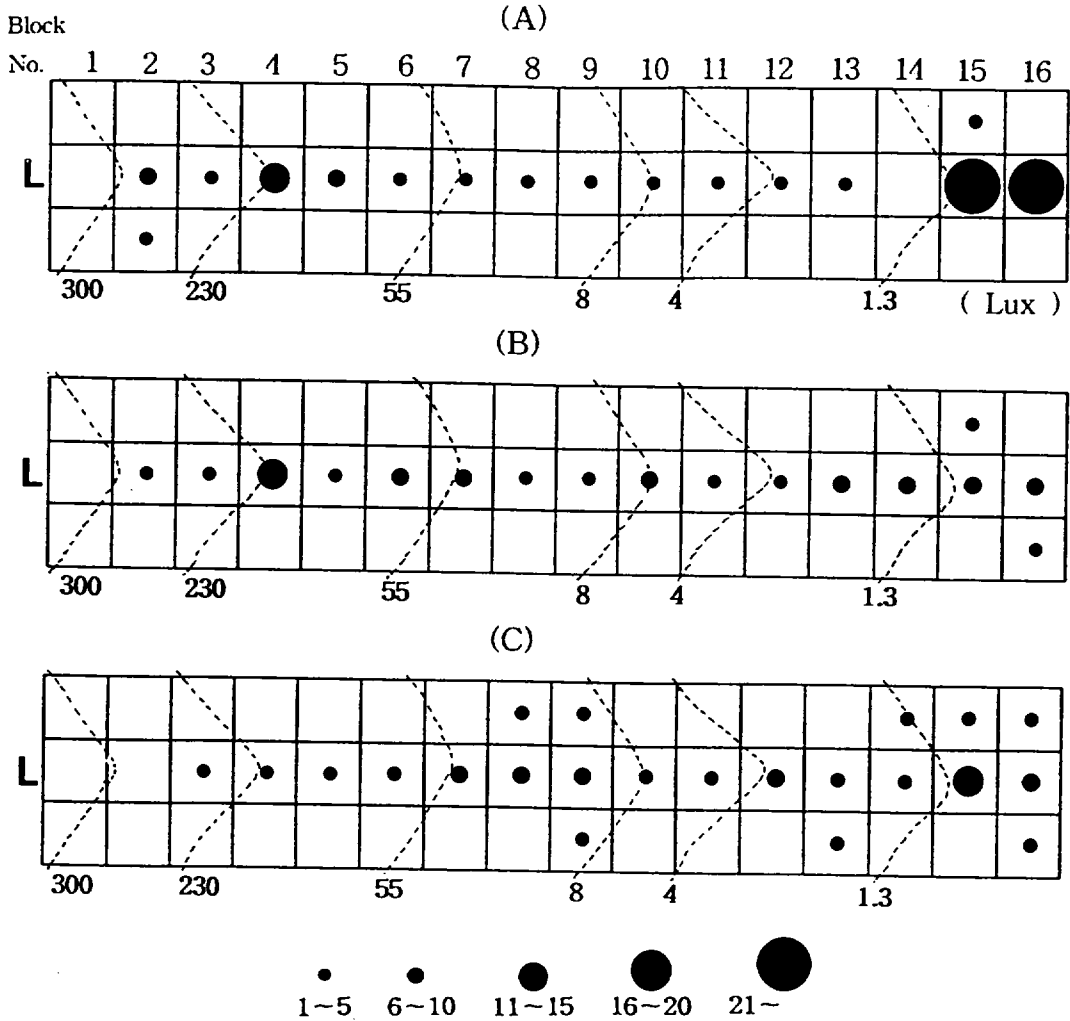


Fig. 5. Frequency distribution of Mackerel for three hour with 100 V 1 Kw(450~1 Lux).
 Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section
 A : During 1~60 minutes after lighted.
 B : During 61~120 minutes after lighted.
 C : During 121~180 minutes after lighted.

에 대한 고등어의 위치분포를 Fig. 5(A)에 나타내었다. 고등어는 점등과 동시에 대부분이 광원쪽으로 빠르게 이동하여 잠시 2~5구획(360~110 lux) 사이를 왕복 이동하였고, 그 후 어두운 구역으로 이동하여 15, 16구획(1.6~1.0 lux)에서 체류하다가 재차 밝은 구역으로 이동하는 경향을 보였다. 그러나, 밝은 구역과 어두운 구역의 왕복이동은 조도범위가 290~0.1 lux인 경우에 비해서 비교적

빠르고, 밝은 구역에서 체류하는 시간은 어두운 구역에서 보다 대체로 짧았다.

이상과 같이 고등어는 가두리내 광원의 조도가 높고 낮음에 관계없이 점등과 동시에 밝은 구역으로 모이고, 그 후 어두운 구역과 밝은 구역 사이를 왕복 이동하였다. 즉, 고등어가 잘 모이는 조도는 고정적인 것이 아니고, 광원의 크기에 따라서 바뀌는 가변적인 것이라고 생각할 수 있고, 이것은 수

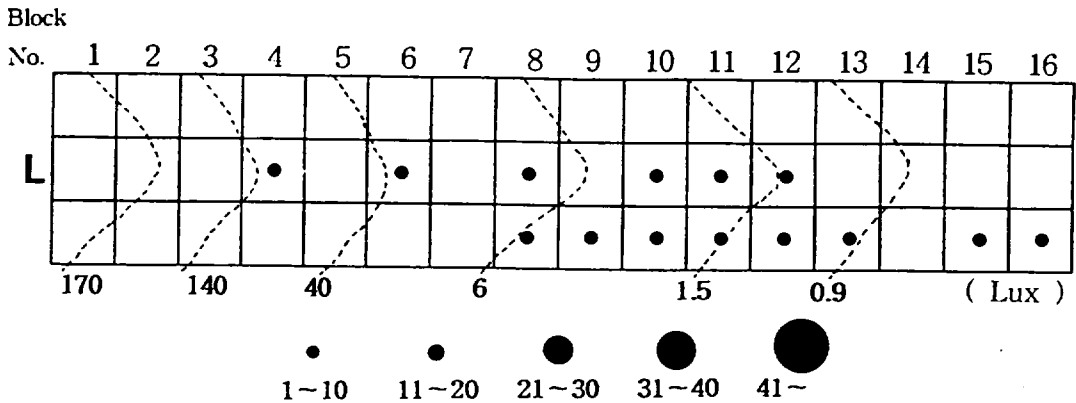


Fig. 6. Frequency distribution of Amberjack for one hour with 50V 1Kw(290~0.1 Lux).
 Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section

村(1968)의 수조실험의 결과와 일치하고 있다.

더욱이, 光照射시간에 따른 고등어의 분포양식을 조사하여 Fig. 5(B,C)에 나타내었다. 점등 한시간 및 두시간 후의 고등어는 광원쪽에서 왕복 이동하다가 그 후 어두운 구역으로 이동하여 잠시 체류하고 재차 밝은 구역으로 이동하는 경향을 보였다. 이와 같은 행동양식은 점등후와 같은 경향이 나, 밝은 구역에서 체류할 때는 시간 경과에 따라서 조금씩 밝은 곳에서 중간구역으로 이동하는 경향을 보였다.

이상과 같이 光照射시간에 따른 고등어의 분포양식은 전갱이에 비하여 강하지는 않지만 밝은 곳에서 어두운 곳으로 약간씩 이동하고 있다는 것을 나타내고 있고, 이것은 장시간의 照射에 의해서 광에 대한 적응 및 피로등이 원인이라고 생각할 수 있다.

백열등에 대한 잿방어의 행동

조도범위가 290~0.1 lux인 경우에 백열등에 대한 잿방어의 위치분포를 Fig. 6에 나타내었다. 잿방어는 점등과 동시에 전부가 광원쪽으로 빠르게 이동하다가 중간구역인 7구획에서 U턴하여 어두운 구역으로 재차 이동하였다. 이들은 주로 7~16 구획(11~0.1 lux) 사이를 왕복 이동하는 경향을 보였고, 밝은 구역에는 잠시 이동하였다가 곧 되돌아오는 경향을 보였다.

한편, 조도범위가 450~1 lux인 경우에 백열등에 대한 잿방어의 위치분포를 Fig. 7(A)에 나타내었다. 잿방어는 점등과 동시에 전부가 광원쪽으로 빠

르게 이동하다가 중간구역인 8구획에서 U턴하여 어두운 구역으로 재차 이동하였다. 이들은 주로 어두운 구역인 13~16구획(3~1 lux) 사이를 왕복 이동하는 경향을 보였고, 이밖에 중간구역까지 잠시 이동하였다가 곧 되돌아오는 경향을 보이기도 하였다.

이상과 같이 잿방어는 가두리내 광원의 조도가 높고 낮음에 관계없이 점등과 동시에 밝은 구역으로 이동하다가 중간구역에서 U턴하여 어두운 구역으로 재차 이동하였고, 주로 어두운 구역에서 체류하였다. 이것은 잿방어가 등광을 대체적으로 싫어하고 있다는 것을 나타내고 있다.

더욱이, 光照射시간에 따른 잿방어의 분포양식을 조사하여 Fig. 7(B,C)에 나타내었다. 점등 한시간 및 두시간 후의 잿방어는 점등후의 행동양식과 변함없이 어두운 구역에서 주로 체류하였고, 이밖에 중간구역까지 잠시 이동하였다가 곧 되돌아오는 행동을 보였다. 이것은 잿방어가 照射시간 경과에 관계없이 대체적으로 등광을 싫어한다는 것을 시사하고 있다.

요 약

제주도 연안 정치망에서 어획된 전갱이, 고등어, 잿방어를 실험어로서 집어등의 照度差 및 光照射시간에 의한 각 어종의 분포양식과 호적조도범위 그리고 성군행동의 차이를 세미휠드에서 조사분석하였고 이를 요약하면 다음과 같다.

1. 전갱이는 가두리내 광원의 조도 최고치가 낮

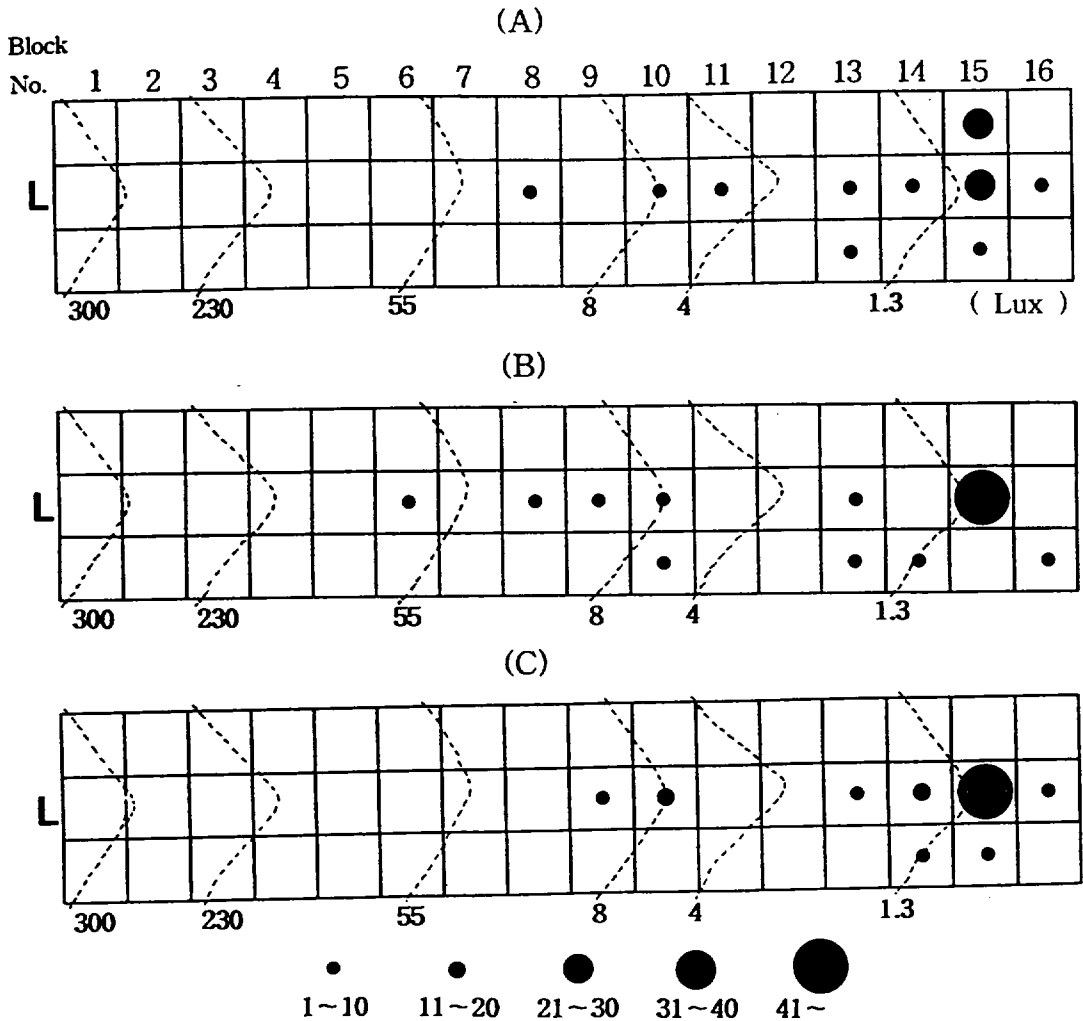


Fig. 7. Frequency distribution of Amberjack for three hour with 100 V 1 Kw(450~1 Lux).

Five sized circles mean frequency(%) of the observed fish in each section

A : During 1~60 minutes after lighted.

B : During 61~120 minutes after lighted.

C : During 121~180 minutes after lighted.

으면 처음부터 광원에 모여들고, 광원의 조도 최고치가 높으면 광원에 체류하지 않고 밝은 구역과 어두운 구역의 중간구역에서 주로 체류하였다. 그리고, 光照射시간에 따른 전갱이의 분포양식은 밝은 곳에서 어두운 곳으로 이동하였다.

2. 고등어는 가두리내 광원의 조도가 높고 낮음에 관계없이 점등과 동시에 밝은 구역으로 모이고, 그 후 어두운 구역과 밝은 구역 사이를 왕복 이동

하였다. 그리고, 光照射시간에 따른 고등어의 분포양식은 전갱이에 비하여 강하지는 않지만 밝은 곳에서 어두운 곳으로 약간씩 이동하고 있었다.

3. 잿방어는 가두리내 광원의 조도가 높고 낮음에 관계없이 점등과 동시에 밝은 구역으로 이동하다가 중간구역에서 U턴하여 어두운 구역으로 재차 이동하였고, 주로 어두운 구역에서 체류하였다. 그리고, 光照射시간에 따른 잿방어의 분포양식은

점등후의 행동양식과 변함없이 어두운 구역에서 주로 체류하였다.

사 사

이 연구를 수행함에 있어서 가두리 망의 제작 및 설치, 그리고 실험어를 정치망에서 가두리까지 수 차례 운반해 준 함덕정치망 선장 김 수철 씨와 김 병엽 씨에게 깊은 감사를 드린다. 또한, 밤을 지새며 관측을 해준 제주대학교 해양과학대학 어업학과 조교 이유철군, 그리고 학생 류창근, 서익조, 김기형, 이종훈, 방정환 군에게도 깊은 감사를 드린다.

참 고 문 헌

- Blaxter, J. H. S and B. B., Prarish, 1958. The effect of artificial lights on fish and other marine organisms at sea. *Marine Research*. 2, 1~21.
- Imamura, Y. and S. Takeuchi, 1963. Study on the disposition of fish towards light(7). *Journal Tokyo Univ. Fish.* 49, 33~39.
- Kawamoto, N. Y. and J. Konishi, 1952. The correlation between wave length and radiant energy effecting 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. and M. Takeda, 1950. Studies on the phototaxis of fish. *Jap. Jour. Inhty* 1, 101~115.
- Kawamoto, N. Y., H. Ozaki and M. Takeda, 1950. Fundamental investigations of the fish gathering method(1). *Jour. Fish. Res. Inst.* 3, 153~188.
- 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.
- 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.
- Nikonorov I. V., 1975. Interaction of fishing gear with aggregation. *Israel program for scientific translations.*
- 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 Soc. Fish. Tech.* 16, 37~42.
- Yang, Y. R., 1981(a). Response of conger eel to the colored light. *Bull. Nat. Fish. Univ. Busan* 21, 1~6.
- Yang, Y. R., 1981(b). Response of filefish to the colored lights. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech* 17, 7~11.
- Yang, Y. R., 1983(a). Response of cat shark to the colored lights. *Ibid.* 19, 12~16.
- Yang, Y. R., 1983(b). Resopnse of gray rock cod to the colored lights. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 16, 330~334.
- Yang, Y. R., 1984(a). Response of filefish to the colored lights. *Ibid.* 17, 191~196.
- Yang, Y. R., 1984(b). Response of rock trout to the colored lights. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 20, 6~10.
- Yang, Y. R., 1985. Response of rockfish to the colored lights. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 18, 119~123.
- Yang, Y. R., 1987. Phototaxis of fish(6). *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 23(3), 27~33.
- Yang, Y. R., 1994. Response of Striped puffer to the colored lights. *Ibid.* 30, 78~85.
- Yang, Y. R., 1995. Response of Black porgy to the colored lights. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 31(3), 213~219.
- Verheyen F. J., 1958. The Mechanisms of the Trapping Effect of Artificial Light Sources upon Animals. *Archs neerl. Zool.*, 131, 107.
- 宮崎千博, 1950. 燈火に集まる魚群に就いて(第1報). *日本水産學會誌*, 16, 235~238.
- 前田 弘, 1951. 集魚燈動物の群集生態學研究 1, 相互の食性と驅逐關係. *魚類學雜誌*, 1, 349~

- 360.
- 佐佐木忠義, 1953. 集魚燈. イテヤ書院, 東京, p. 44~45.
- 黒木敏郎・中馬三千雄, 1954. 燈に集まる魚群の立體的記録例について. 鹿兒島大學水産學部紀要, 6, 77~81.
- 千種正則・片岡照吉・廣瀬 誠, 1956. 集魚燈で誘致した魚群の形状と巾着網の操業について. 水産講習所研究報告. 6, 91~96.
- 黒木敏郎・中山 博, 1957. 集魚用螢光色燈の研究(第1報) 各色燈の波長分布ならびに白熱燈との比較. 鹿兒島大學水産學部紀要, 6, 95~98.
- 草下孝也, 1959. 白熱燈および螢光水銀燈の集魚効果と水中照度. 日水誌, 25, 17~21.
- 今村 豊, 1968. 漁業における火光の集魚効果とその操法の研究(I). うみ, 6, 17~43.
- 井上 實, 1978. 魚の行動と漁法. 恒星社厚生閣, 東京, p. 1~211.