

발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성

배봉성* · 정의철 · 박해훈 · 장대수 · 양용수

국립수산과학원 동해수산연구소 어업자원과, ¹국립수산과학원 수산공학과

Behavioral characteristic of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* to LED light

Bong-Seong BAE*, **Eui-Cheol JEONG**, **Hae-Hoon PARK**, **Dae-Soo CHANG**
and **Yong-Su YANG**¹

Fisheries Resources Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

¹*Fisheries Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

Squid jigging fishery is very important in that there are about 1,000 jigging vessels more than 10 tonnage and about 5,000 ones less than 10 tonnage in Korea. But the cost of oil which is used to light fishing lamps, goes significantly up to almost one hundred million won for 50 tonnage vessels and forty million won in case of vessels less than 10 tonnage. This cost has almost taken 40% of total fishing costs. That is, the fishing business condition of squid jigging fishery is recently in the very difficult situation. As oil price increases, the business condition of the fishery gets worse and worse. Therefore it is very urgent to develop an economical fishing lamp, to solve this problem of fishery's business difficulty. This research aims at developing a fishing lamp for squid jigging fishery using the light emitting diode which has very excellent efficiency and durability. We made a water tank with 20 meters width which is a shape of raceway to research behavioral characteristics of Japanese flying squid to LED light, and made an experiment to investigate optimum wave of LED light to lure squid. The method is to establish LED lamps on both ends of water tank and to observe squid's behavior. Colors and wave lengths of LED lamps, used in experiment, are red(634nm), yellow(596nm), green(523nm), blue(454nm) and white(454nm+560nm). In experiment for attractive capability of LED lamp to squids, Japanese flying squid are highly attracted to blue lamp and white lamp. However, they are dispersed to red and yellow lamps. In addition, Japanese flying squid have moved and stayed in both dark ends of water tank. When compared intermittent lamp with continuous lamp,

*Corresponding author: asako@nfrdi.go.kr, Tel: 82-33-660-8523, Fax: 82-33-661-8513

Japanese flying squid are highly attracted to intermittent lamp when intermittent interval is 0.25 second.

Key words : LED, Fishing lamp, Squid jigging

서 론

우리나라 오징어 채낚기 어업은 근해어선이 약 1,000척, 연안어선이 약 5,000척 이상으로 추정되는 매우 중요한 어업이다. 그러나 집어등을 밝히기 위해 연간 사용하는 유류비가 50톤급 어선이 약 1억원, 연안 어선이 약 4천만원에 달하고, 이것은 어획고의 40%에 해당하여 어업경영을 어렵게 하고 있다. 또한 최근 국제유가의 상승으로 이러한 문제는 더욱 심화되고 있다. 따라서 고유가 지속으로 인한 어업경영 불안을 해소하기 위한 에너지 절감형 집어등의 개발이 매우 시급한 실정이다.

새로운 집어시스템을 개발하기 위해서는 기존 집어시스템의 이해와 집어등과 어획량 사이의 상호관계를 구명하는 것이 매우 중요하다. An and Choo(1993)는 채낚기 어선 집어등의 광출력량과 어획량의 관계에 대하여 연구하였고 Inada(1988), Choi and Arakawa(2001) 그리고 Jo et al.(2006)은 오징어 채낚기 어선 주변의 수중분광방사 조도를 측정하였다. 이러한 연구로서 집어등의 수중 투과 능력과 어획과의 관계가 어느 정도 밝혀지게 되었다. 한편 현재까지 집어등으로 사용한 광원은 대표적으로 백열등, 할로겐등, 메탈헬라이드등이 있다. 백열등은 1960년대 전반기까지는 많이 사용되었는데 교류발전기를 사용하였으며(Choi, 1997), 그 이후 1970년대 중반까지는 할로겐등이 주류를 이루었다. 그리고 1970년대 후반부터는 방전계 광원인 메탈헬라

이드등이 보급되어 오늘날까지 사용되고 있다 (Inada and Ogura, 1988; Choi and Arimoto, 1996).

한편 최근 에너지절감형 집어등으로 적합한 광원으로 내구성이 길고 필요한 파장만을 구현할 수 있는 LED(발광다이오드)가 각광을 받고 있다. 현재 일본과 우리나라를 중심으로 LED 집어등을 개발하고 있다. 이에 대한 연구로 Choi(2006)는 LED 집어등의 방사 및 수중투과 특성에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구는 오징어 채낚기용 LED 집어등을 개발하기 위해 수행하였으며 살오징어 유집에 적합한 파장을 찾기 위하여 파장별 LED 빛에 대한 살오징어의 행동 특성을 비교·실험하였다.

재료 및 방법

실험어

살오징어의 서식 수온은 10 - 21 °C이고(Choe et al., 2000) 어획 최적수온은 12 - 16 °C으로 알려져 있다(Lee et al., 1985). 본 실험은 냉장장치를 이용하여 10 - 21 °C를 유지시켰고, 실험어는 전날 밤 어획한 것을 실험 당일 아침에 어두운 사육수조에 넣고 순치시켰으며 해가 진후부터 실험수조로 옮겨서 약 1시간 순응시킨 후 실험을 행하였다. 오징어는 실험기간 중에 빠르게 성장하기 때문에 실험어의 크기는 실험 일자에 따라 큰 차이가 있다. 실험어의 실험 일자별 동장크기 구간과 평균을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Mantle size of Japanese flying squid by experimental date (unit:mm)

Date Size	2007. 9.10	2007.9.11	2007.9.20	2007.9.28	2007.10.5	2007.10.9	2007.10.11	2007.10.15
size variation	152 - 196	155 - 197	164 - 208	172 - 219	180 - 226	189 - 230	191 - 235	192 - 238
average	174.7	175.9	186.1	195.6	203.3	208.6	211.7	215.3

* measurement of 30 squids each day

장치 및 방법

본 실험의 수조는 빛에 따라 이동하는 살오징어의 이동과정을 쉽게 관찰할 수 있어야 하고 정량적으로 자료를 도출하기에 적합하여야 하기 때문에 높이와 폭은 좁으면서 길이는 긴 수로형 수조를 제작하는 것이 바람직하다고 판단되어 Fig. 1과 같은 수조를 제작하였다. 수조의 규격은 내경을 기준으로 길이는 20m, 폭과 높이는 0.8m이고 수심은 0.7m이다. 또한 20m 수조를 1.25m씩 16개 구간(A, B, C, ……N, O, P)으로 나누어 빛에 일정시간 유집된 살오징어의 위치를 파악할 수 있도록 하였다.

실험에 사용한 LED 광원은 Fig. 2와 같이 1W LED 소자를 7×7로 배열한 약 50W의 용량을 사용하였으며 광원의 종류는 파장에 따라 나타나는 백색, 적색, 황색, 녹색, 청색 계열의 5종이다.

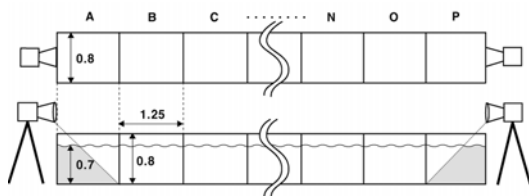


Fig. 1. Size of experimental water tank and LED lamp position.

또한, 광원 앞쪽에는 각 30°인 반사갓을 부착하였고 첫 번째 구간 바닥과 두 번째 구간 바닥의 경계에서 빛의 양음이 위치하도록 LED 광원의 각도를 맞추었다. 이렇게 한 것은 살오징어가 계속 밝은 곳에 있기를 좋아하는 것이 아니라는 것이 상식이므로 살오징어가 마치 채낚기 어선의 음영 영역에 위치하듯이(Lee 등, 1985) 첫 번째 구간(A, P 구간)에 그림자가 생기도록 한 것이다.

본 실험은 살오징어에 대한 각 광원의 집어성능을 조사한 것으로서 네 가지 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 어두운 곳에서 수조의 한쪽에 5종의 광원을 각각 차례로 위치시키고 살오징어 30마리를 수조의 한가운데로 길이 방향 1m의 폭 구간에 가둔 후, 빛을 약 30초간 비추고 그물틀을 제거하여 자유롭게 이동할 수 있도록 하였다. 그리고 비교적 이동이 거의 없는 시간인 약 5분이 경과한 다음, 5-6명이 각 구간별 살오징어의 개체수를 동시에 기록하였다. 연이어 그물틀을 이용하여 살오징어를 다시 수조 한가운데로 가둔 후 똑같은 실험을 반복적으로 행하였는데 반복적인 같은 빛의 방향이나 색상에 반응이 무너지지 않도록 매 실험마다 빛의 방향과 색상을 바꾸어 주면서 실험하였다. 1회 시험에 소요되는 시간은 오징어를 가운데로 모으는데 약



Front view



Side view

Fig. 2. Experimental LED lamp.

2분, 빛을 비추는데 약30초, 그물틀을 제거한 후 측정까지 약5분, 빛의 색상을 바꾸는 시간 약2분으로 총9분30초이다. 실험 횟수는 다섯 가지 색상에 대하여 각5회씩 실험하여 총25회이다.

두 번째 실험은 파장이 서로 다른 LED 광원 5종을 수조의 양끝에 위치시켜 서로 마주보도록 정렬시키고 첫 번째 실험과 마찬가지로 살오징어 30마리를 수조의 한가운데로 길이 방향 1m의 폭 구간에 가둔 후, 빛을 약30초간 비추고 그물틀을 제거하여 5분이 경과한 다음의 각 구간별 살오징어의 개체수를 기록하였으며 첫 번째 실험과 마찬가지로 방법으로 반복하였다. 실험 횟수는 다섯 가지 색상 중 두 가지를 선택한 10가지 경우에 대하여 각10회씩 실험하여 총100회이다.

세 번째 실험은 점멸하는 단속광원이 항상 켜있는 연속광원보다 살오징어의 관심을 더 유발시킬 수도 있다는 가정 하에 행한 실험으로서, 백색등과 청색등에 대하여 서로 같은 파장의 LED 광원을 수조의 양끝에 위치시켜 서로 마주보도록 정렬시키고 한쪽의 광원은 0.25초 간격으로 점멸하도록 하고 다른 한쪽의 광원은 계속 켜지도록 둔 상태에서 두 번째 실험과 같은 방법으로 행하여 수조의 각 구간별 개체수를 기록하였다. 점멸 간격을 0.25초로 한 것은 예비실험을 통하여 실험어의 이동차가 가장 뚜렷한 간격이었기

때문이다. 실험 횟수는 백색등과 청색등 두 가지 경우에 대하여 각10회씩 실험하여 총20회이다.

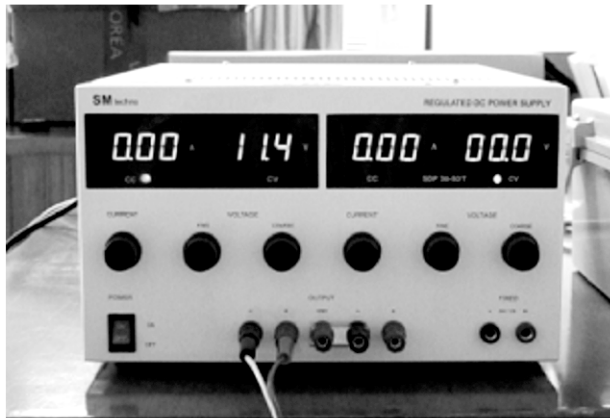
네 번째 실험의 방법도 두 번째와 같으며 앞선 실험에서 유집효과가 가장 좋게 나타난 청색광에 있어서 파장에 대한 더욱 정확한 정보를 얻기 위하여 파장 450nm와 490nm, 450nm와 460nm의 광원을 별도 제작하여 서로 비교하였다. 실험 횟수는 450nm와 490nm, 450nm와 460nm의 두 가지 경우에 대하여 각10회씩 실험하여 총20회이다.

실험 일자 는 첫 번째 실험이 9월 10일, 두 번째 실험이 9월 11, 20, 28일, 10월 5, 9일, 세 번째 실험이 10월 11일, 네 번째 실험이 10월 15일이다.

사용전력은 동일한 에너지를 공급한다는 원칙을 두고 28W의 전력을 공급하였다. LED 광원은 전류의 양에 비례하여 밝기가 달라지고 파장이 다른 광원은 저항값이 다르므로 같은 전력을 공급하더라도 그 종류에 따른 효율은 모두 다르다. 따라서 본 실험에서는 광원의 종류에 따른 적합한 전원을 공급하기 위하여 Fig. 3과 같이

Table 2. Experimental condition of electric specification for each LED lamp

Lamp color Item(unit)	White	Red	Yellow	Green	Blue
Electric current(A)	1.17	1.71	1.75	1.17	1.17
Electric pressure(V)	24	16.4	16	24	24
Electric power(W)	28	28	28	28	28



Power supplier



Power controller

Fig. 3. Experimental equipments.

전원공급장치를 사용하였고 전원의 점멸을 위하여 전원제어장치를 사용하였다. 본 실험에 사용된 LED 광원의 특성에 맞는 전류와 전압을 Table 2에 나타내었다. 광원의 사용기준은 모두 동일한 에너지를 적용한다는 초점에 맞추어 모두 28watt로 통일하였다.

실험에 사용한 LED 광원의 파장 특성을 정확히 측정하기 위해 파장별 스펙트럼 분석이 가능한 분광조도계(Spectro meter USB4000, THOR Co.)와 일반 조도계(Light meter DL - 202, TENMARS Co.)를 이용하여 각 LED 광원의 파장 및 광출력을 측정하였다. 측정 위치는 실험수조의 바닥으로부터 30cm이고 광원으로부터 5m, 10m, 15m 떨어진 곳에서 수행하였다.

한편 실험수조의 수온은 펌프로 올린 물의 온도가 21℃ 이상일 경우에는 차가운 해수를 따로 공급하였으며 실험일자에 따라 20.8℃(9.10일), 20.9℃(9.11일), 21.0℃(9.20일), 20.7℃(9.28일), 20.6℃(10.5일), 20.4℃(10.9일), 20.3℃(10.11일), 20.0℃(10.15일)이었다.

결 과

실험용 LED 광원의 특성

실험에 사용한 LED 광원의 파장별 스펙트럼 측정 결과는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. Fig. 4에서 순수 색상의 빛을 파장이 긴 순서대로 나열하면 적색광, 황색광, 녹색광, 청색광이고, 혼합광이라 할 수 있는 백색광은 청색광과 연두색광의 두 가지 스펙트럼이 혼합된 것으로 나타났다. 청색광과 녹색광의 파장 범위는 넓은 반면 황색광과 적색광은 상대적으로 좁았다. 각 광원의 파장의 피크 값은 적색광은 634nm, 황색광은 596nm, 녹색광은 523nm, 청색광은 454nm 전후로 나타났으며 백색광 속의 청색광(454nm)은 연두색(560nm)을 띠는 광 출력의 약 60% 정도였다. Fig. 5에서 파장구분 없는 광출력은 5m, 10m, 15m에서 측정된 값으로 적색광, 청색광, 백색광, 황색광, 녹색광 순서로 컸다.

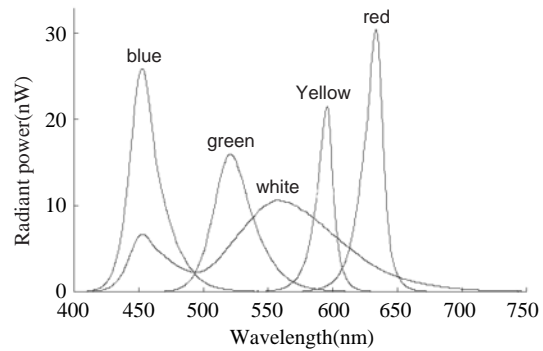


Fig. 4. Wave length of experimental lamp by LED color on 28watt.

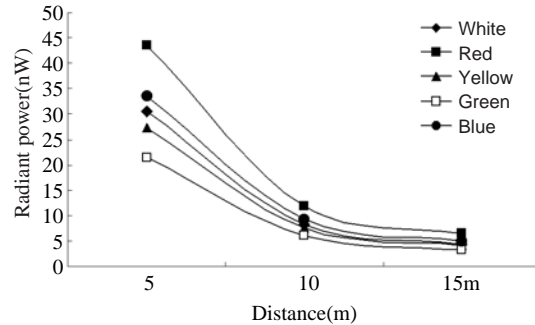


Fig. 5. Radiant power of each LED lamp on 28watt.

살오징어에 대한 LED 광원 색상별 집어성능

살오징어에 대한 LED 광원 색상별 집어성능을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 살오징어에 대한 집어성능이 가장 높은 광원은 청색등(37.4%) 이었고 그 다음으로 백색등(34.0%)과 녹색등(28.0%) 순이었으며 집어성능이 가장 낮은 광원은 적색등(4.0%) 이었고 그 다음으로 황색등(11.3%)이었다. 특이한 것은 예상과 달리, 살오징어는 적색이나 황색 파장에는 초기에 양주광성 행동보다는 음주광성 행동이 더 많은 것으로 나타났다. 또한 수조의 중심부에 위치한 살오징어는 그물물을 제거하자마자 초기에는 어느 한 쪽 방향으로 이동하였다가 나중에는 어두운 영역이 포함된 수조의 맨 양끝 구간인 A구간과 P구간에 위치하는 특성을 보였다. 그리고 5분이 경과한 후에는 A구간과 P구간 다음 구간인 가장

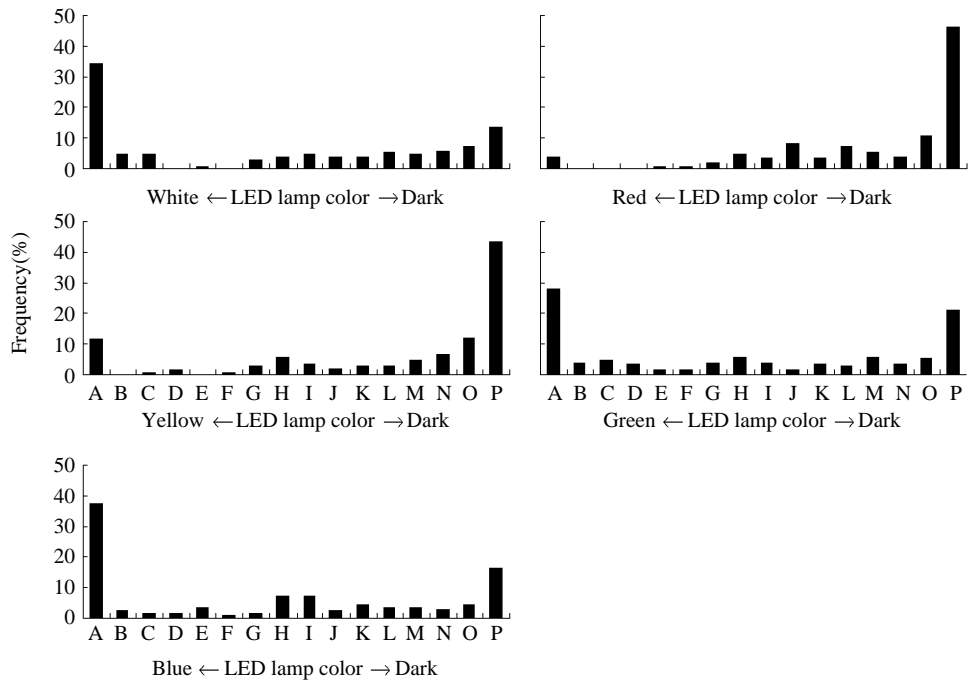


Fig. 6. Attractive capability of each LED lamp color to squid.

밝은 구간에 위치한 살오징어는 비교적 적었다. 5분의 경과시간동안 2-3마리 정도가 수조를 왕복하는 운동을 하였고 나머지는 큰 운동이 없었다. 즉 살오징어는 청색등과 백색등에 대해서는 초기에 양주광성 행동을, 적색등과 황색등에는 음주광성 행동을 보인 후, 수조 끝까지 이동하였다가 가장자리 어두운 곳에 위치하는 경우가 가장 많았다.

살오징어에 대한 LED 광원 색상 간 집어성능

살오징어에 대한 LED 광원 색상 간 집어성능 조사 결과는 Fig. 7과 같다. 살오징어에 대한 색상 간 집어성능 비교 실험에서도 청색등과 백색등이 우세하였다. 특히 청색등 또는 백색등과 적색등 또는 황색등의 비교에서는 그물틀을 제거한 초기부터 가장 큰 차이를 보였다. 청색등(31.7%)과 백색등(22.3%)의 비교에서는 청색등이 9.4% 높게 나타났다. 따라서 살오징어에 대

하여 청색등이 백색등보다 초기에 좀더 집어성능이 높은 것으로 판단된다. 한편 청색등과 적색등의 비교에서 나타난 청색등의 집어성능이 다른 비교실험에서의 청색등의 집어성능보다 비교적 낮게 나타난 것은 다른 비교실험의 결과와 비교하여 전체적으로 해석해 볼 때, 생물실험에서 나타날 수 있는 우연한 결과로 생각된다.

본 실험에서 특이한 것은 양쪽에 모두 빛을 쬐기 때문에 초기에 빛에 반응하여 수조 끝으로 이동하지 않은 살오징어는 수조 가운데 구간을 중심으로 고르게 위치한다는 것이며, 특히 적색등과 황색등의 비교에서는 수조 양끝 구간보다 가운데 구간에 더 많은 살오징어가 위치하였다. 이것은 적색등과 황색등에 대한 오징어의 도피행동으로 판단된다. 또한 백색등과 청색등에서는 수조 양끝 두 구간과 가운데 구간의 3구간으로 오징어가 분리 위치되는 현상이 가장 컸으며, 이것은 시각적 자극이 가장 큰 곳에 직접 있기를

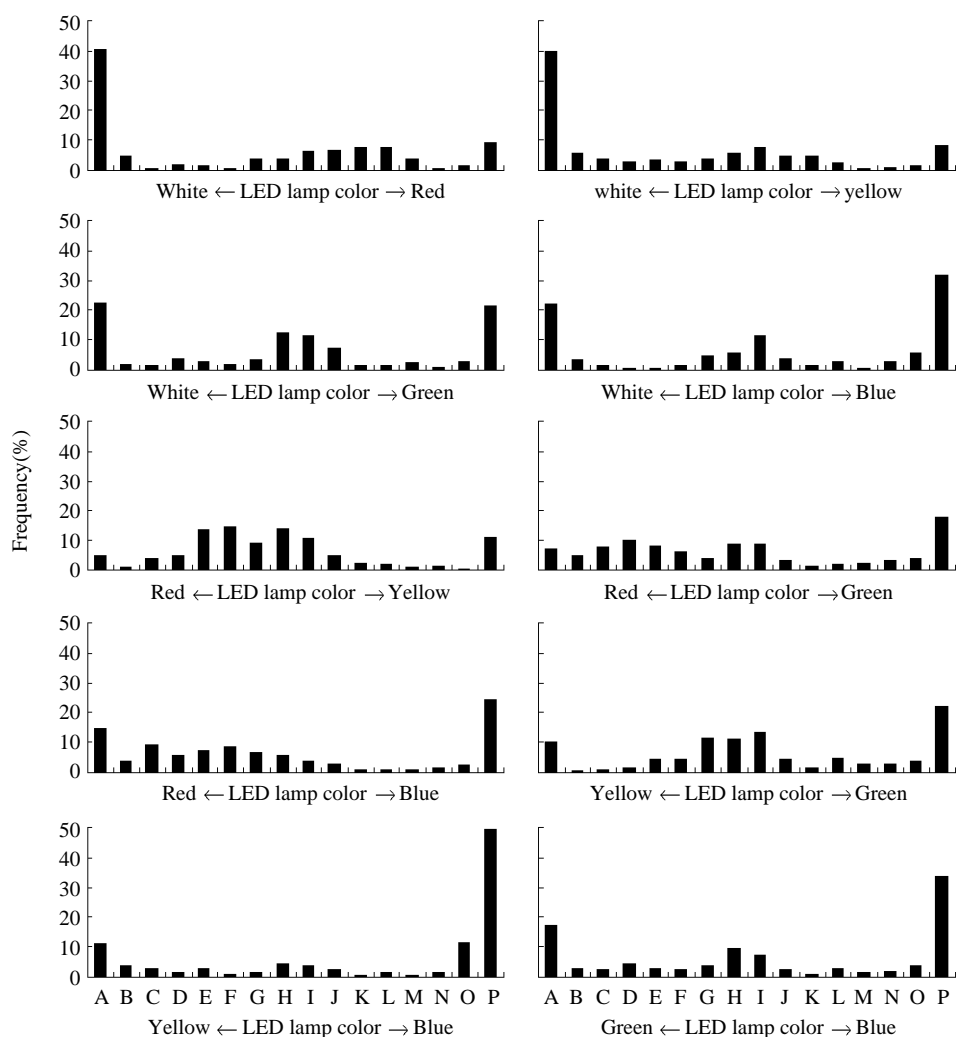


Fig. 7. Attractive capability between LED lamp color to squid.

싫어하는 살오징어가 나중에는 빛을 피해서 가운데로 위치한 것으로 판단된다. 파장별 5종의 LED 광원 중 중간파장인 녹색등은 약간의 집어 성능을 가지는 것으로 나타났다.

살오징어에 대한 LED 연속광원과 단속광원 간 집어성능

살오징어에 대한 LED 연속광원과 단속광원 간 집어성능 조사 결과는 Fig. 8과 같다. 살오징

어에 대한 연속광원과 단속광원 간 집어성능 비교 실험에서는 백색등과 청색등 모두 연속광원보다 단속광원이 우세하였다. 이동 후 수조 맨 끝 구간에 위치한 살오징어의 분포 빈도는 백색 단속광원(38%)이 연속광원(26%)보다 12.6% 높게 나타났고 청색 단속광원(34.3%)이 연속광원(23.7%)보다 10.6% 높게 나타났다. 따라서 살오징어에 대한 초기 집어성능은 단속광원이 연속광원보다 높은 것으로 판단된다. 일단 초기에 양

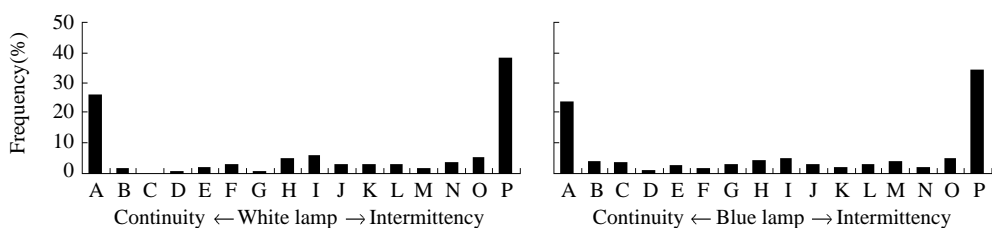


Fig. 8. Attractive capability between continuous LED lamp and intermittent one to squid.

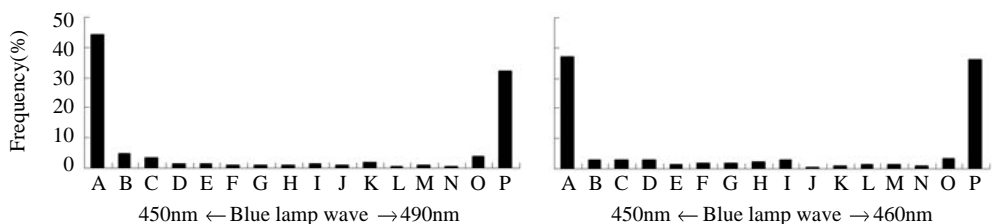


Fig. 9. Attractive capability between blue LED lamp wave to squid.

쪽으로 분리 이동한 살오징어는 수조 양끝 A 구간과 P 구간의 음영구간에 위치하면서 약간의 운동만 하는 것으로 관찰되었다.

살오징어에 대한 청색 LED 광원 간 집어성능

살오징어에 대한 청색 LED 광원 간 집어성능 비교 결과는 Fig. 9와 같다. 파장 450nm 광원과 파장 490nm 광원의 집어성능 비교 실험에서는 450nm 광원의 집어성능이 높은 것으로 나타났다. 이동 후 수조 맨 끝 구간에 위치한 살오징어의 분포 빈도는 450nm 광원(44.3%)이 490nm 광원(32%)보다 12.3% 높게 나타났다. 또 파장 450nm 광원과 파장 460nm 광원의 집어성능 비교 실험에서는 450nm 광원(37.3%)이 460nm 광원(35.8%)보다 1.5% 많은 것으로 나타났으나 유의수준 3% 미만이므로 두 광원의 집어성능은 같은 것으로 나타났다. 따라서 청색 LED 광원 중에서도 파장이 450-460nm 구간의 짧은 파장대의 광원이 살오징어에 대한 집어 효과가 높다고 판단된다.

고찰

살오징어는 주간에는 수심 100-200m, 야간

에는 수심 20-50m 수층까지 상승하는 것으로 알려져 있다. 조업현장에서는 해지기 전부터 미리 집어등을 켜두고 살오징어가 상승할 때 집어등 빛으로 호기심을 유발하여 조업선 쪽으로 유집한다. 어업인의 현장조업경험에 의하면, 보통 수심 50-100m 수층의 어군을 약 10-30m 수층으로 부상시키는 것이 일반적이다. 또한 횡방향으로는 영향권이 0.8-1마일까지라 보고 있다. 이러한 집어등 영향권에 있는 살오징어는 초기 빛 자극에 의해서 유집되어 오지만 막상 빛이 아주 밝은 곳에 이르르면 선박의 그림자 영역에 위치하여 밝은 곳을 지켜보며 위치해 있다가 낚시에 어획되는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 1985).

본 실험에서도 이러한 어획메커니즘과 동일하게도 수조의 가운데에 위치하였던 살오징어가 빛을 보고 빛에 반응하여 빛 쪽이나 그 반대 쪽으로 이동한 후, 수조 양끝의 음영부분에 많이 위치하는 것으로 나타났다. 또한 살오징어는 계속적으로 밝은 곳에 있는 것은 싫어하며 그것 때문에 초기에 이동하지 않는 살오징어는 빛으로부터 상대적으로 먼, 수조 가운데 구역에서 머무는 것으로 나타났다.

실험에 사용한 광원은 에너지 소비량을 기준

으로 하였기 때문에 광출력의 값은 조금씩 다르다. 그러나 동일한 사용 전력에서 광출력이 가장 큰 적색등과 상대적으로 낮은 황색등에서 똑같이 도피행동을 보였고 청색등과 청색 파장을 가지고 있는 백색등에서 접근행동을 보인 것으로 보아 광출력의 차이가 매우 큰 극단적인 경우를 제외하면 살오징어는 빛의 세기보다 파장 특성에 따라 이동 행동을 한 것이라 판단된다.

따라서 LED 집어등을 개발함에 있어서 집어등의 빛은 1차적으로 살오징어 어군이 형성되어 있는 곳까지 살오징어가 반응할 수 있을 정도의 빛이 도달할 수 있어야 하고 2차적으로는 그렇게 도달한 빛은 대상생물에 대하여 접근행동을 유발시킬 수 있는 특성을 가져야 한다. 본 실험에는 청색등과 백색등이 선호되는 것으로 나타났지만 각 색상의 광원이 에너지 효율이 다르고 공기 중 투과특성, 수중 투과특성이 다르기 때문에 이에 대한 연구결과를 충분히 검토하여 종합적으로 판단하여야 할 것이다. 빛의 수중투과특성은 Chancey(2005)의 연구 등에서 파장 400 - 500nm에서 투과율이 가장 좋고 매질에 대한 흡수율도 가장 낮은 것으로 알려져 있으며, LED 색상별 에너지 효율은 적색광, 청색광, 백색광, 녹색광, 황색광 순으로 좋다고 알려져 있다(Kim 등, 2006). 따라서 수중투과율과 에너지 효율 살오징어의 반응을 종합적으로 고려할 때 청색광과 백색광이 오징어 어업의 집어등으로 적합할 것이다.

한편, 본 논문 Fig. 5에 나타난 바와 같이 LED 색상별 광출력은 적색광, 청색광, 백색광, 황색광, 녹색광 순서로 컸다. 이는 빛의 절대 물리량인 광출력(radiant power, nW)으로 측정된 값이다. 이에 비해 Choi(2006)는 휘도(luminance, cd/m²)값으로 측정하였는데, 그 결과는 백색광, 옐로우색광, 적색광, 녹색광, 청색광 순으로 밝았다. 휘도란 밝기지수이기 때문에 두 측정값이 다르게 나오는 것은 당연한 결과일 것이다. 오징어 등 집어 대상생물의 시각에 어떤 파장이 밝게 보

이는가는 현재로서는 알 수 없다. 왜냐하면 생물의 시세포 반응이 큰 빛과 생물이 밝게 느끼는 빛은 다르기 때문이다. 따라서 오징어가 밝게 느끼는 빛과 또 편안하게 느끼는 빛이 어떤 빛인지 밝혀내기 전까지는 여러 가지 실험에서 빛은 절대 물리량을 기준으로 하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 또한 Choi(2006)와 Kim 등(2006)은 LED 광원은 거리 증가에 따른 조도는 급격히 감소하는 반면 휘도는 천천히 감소하므로 광원으로서 시인성이 매우 좋은 특성을 지닌다고 하였다. 따라서 LED는 집어등으로서 사용하기 적합한 광원으로 사료된다.

결 론

LED 광원의 색상별 빛에 대한 살오징어의 행동실험 결과를 종합해보면 오징어는 청색등과 백색등에서 가장 잘 유집되었으며, 적색등과 황색등에서는 오히려 기피하는 현상이 나타났다. 백색등은 녹색등과 황색등의 중간 파장과 청색등의 파장을 동시에 가지고 있는데, 녹색등과 황색등의 오징어 유집 성능이 낮은 것으로 보아 백색등에 오징어가 유집된 것은 청색등의 파장이 끼친 영향이 크다고 생각된다. 또한, 수조의 가운데에 위치하였던 살오징어가 빛을 보고 이동을 한 후에는 수조 양끝의 음영부분에 위치하는 것으로 나타났다. 따라서 살오징어는 계속적으로 밝은 곳에 있는 것은 싫어하는 것으로 판단된다.

또한 그것 때문에 초기에 이동하지 않는 살오징어는 빛으로부터 상대적으로 먼, 수조 가운데 구역에서 머무는 것으로 나타났다. 이로써 어획 메커니즘에서 유추할 수 있는 바와 같이 살오징어는 특정한 파장의 빛에 초기에 양주광성 또는 음주광성 행동을 보이지만 나중에는 어두운 곳에 머무르는 습성을 가진 것으로 판단된다. 그리고 반응을 유발하기 위하여 빛을 점멸시키는 것도 효과가 있는 것으로 나타났다. 이상의 실험에서 살오징어는 청색등인 450 - 460nm 전후 파장에서 가장 민감한 반응을 보이며, 이 때문에 이

과장의 광출력이 큰 청색등과 청색광의 특성을 가지면서 휘도가 높은 백색등에서 높은 유집 성능을 보인 것으로 생각할 수 있다. 아울러, 청색광은 에너지 효율이 양호하고 물에 대한 흡수율이 낮으며 본 실험과 같이 오징어에 대한 집어성능이 양호하므로 집어등으로 사용하기에 적합하다고 판단된다. 또, 백색광도 청색광의 특성을 일부 포함하고 있으면서 휘도가 높고 집어성능도 양호하므로 마찬가지로 집어등으로 사용하기에 적합하다고 판단된다.

사 사

이 연구는 국립수산물학원(저비용 고효율 어업기기 개발 연구, RP-2008-FE-004)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- An, H.C. and H.D. Choo, 1993. Fishing efficiency of squid jigging in relation to the variation of fishing lamp power. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 179-186.
- Chancey, M.A., 2005. Short range underwater optical communication links. Master Thesis, North Carolina States University, U.S.A., pp. 6-17, pp. 41-43.
- Choe, B.L., M.S. Park, L.G. Jeon, S.R. Park and H.T. Kim, 2000. Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. NFRDI, pp. 176-177.
- Choi, S.J. and T. Arimoto, 1996. Corroborative field research, In: Report of rationalization of the light power on smalltype squid jigging boat. National Federation of Fisheries Co-operative Associations, Tokyo, pp. 1-14.
- Choi, S.J., 1997. Rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan, pp. 1-289.
- Choi, S.J. and H. Arakawa, 2001. Relationship between the catch of squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, according to the jigging depth of hooks and underwater illuminaton in squid jigging boat. J. Korean Fish. Soc., 34(6), 624-632.
- Choi, S.J., 2002. Relationship between the boat size, light source output for fishing lamps and catch of squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, in coastal squid Jigging fishery of Japan. J. Korean Fish. Soc., 35(6), 644-653.
- Choi, S.J., 2006. Radiation and Underwater Transmission Characteristics of a high-luminance light-emitting diode as the light source for fishing lamps. J. Korean Fish. Soc., 39(6), 480-486.
- Inada, H., 1988. Measurement of the underwater spectral irradiance under the squid jigging boat. Journal of the Tokyo Univ. of Fisheries, 75, 487-498.
- Inada, H. and M. Ogura, 1988. Historical change of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. Rep. Tokyo Univ. Fish., 24, 189-207.
- Jo, H.S., T.Y. Oh, Y.S. Kim and D.Y. Moon, 2006. Transmittance properties of fishing lamp in distant-water squid jigging vessel. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42(4), 228-233.
- Kim, L.H., J.S. Lee, B.M. Jeong, W.J. Jang, S.B. Han, C.H. Hong and M.G. Hwang, 2006. High power LEDs and solid state lighting technologies. Ajin publishing company, pp. 112-131.
- Lee, B.G., S.W. Park and J.K. Kim, 1985. An introduction to coastal fishery. Taehwa publishing company, pp. 108-115.
- Lee, S.D., Y.S. Son and Y.C. Kim., 1985. A study on the vertical distribution of common squid, *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) in the eastern waters of korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 36, 23-28.
- Nakamura, S., T. Mukai and M. Senoh, 1994. Canderaclass high-brightness InGaN/AlGaIn double-heterostructure blue-light-emitting diodes. Appl. Phys., pp. 64-65.

2008년 7월 11일 접수

2008년 8월 5일 1차 수정

2008년 9월 22일 2차 수정

2008년 10월 9일 수리