JFMSE, 30(3), pp. 1156~1161, 2018.
수산해양교육연구, 제30권 제3호, 통권93호, 2018.
www.ksfme.or.kr
https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.06.30.3.1156

수중 LED 집어등이 갈치 끌낚시 어획에 미치는 효과

박수현* · 김문관† · 홍성완* · 박용석* · 강형철* · 안영일** · 이동희*** · 김석종****
(*†제주특별자치도 해양수산연구원 · **강원도립대학교 · ***한국광기술원 · ****제주대학교)

Effect of Underwater LED Fishing Light on the Catch of Hairtail Trolling Line

Su-Hyeon PARK* · Mun-Kwan KIM† · Seong-Wan HONG* · Yong-Seok PARK* ·
Hyeong-Cheol KANG* · Young-Il AN** · Dong-Hee LEE*** · Suk-Jong KIM****
(*Ocean and Fisheries Researches Institute, Jeju Special · **Gangwon State University · ***Bio-Health Research Center, Korea Photonics Technology Institute · ****Jeju National University)

Abstract

An underwater LED fishing light, appropriate for attachment onto hairtail trolling fishing gear, was developed and manufactured to analyze, under experimental conditions, The central area of the LED light was equipped with a large pin to help maintain its position on the fishing line amid fluctuating current and flow conditions. The rear part of the LED light was designed to accommodate. The positional integrity of the LED light when attached to the hairtail trolling fishing gear was verified during a water tunnel experiment, which simulated actual fishing conditions, at Pukyong National University in Busan, South Korea.

Analysis of the underwater LED fishing light showed that, where the LED light was present on the line (no. 1 – 42), the catch was 6.5 times larger than that of the section of line not affected by the LED light (fishing no. 43 – 84). This difference in catch yield was statistically significant ($p < 0.01$). In addition to catch effect, the number of hairtail caught according to distance from the fish luring light was analyzed in order to obtain a more precise understanding of the catch efficiency of the underwater LED fishing light. Results showed that most fish were caught in the to the fish luring light, no.7.

Key words : LED fishing light, Hairtail, Trolling line

Ⅰ. 서 론

어업에 있어서 집어등은 횃불을 시작으로 사회 발전과 함께 개발된 광원을 사용하였는데 아세틸렌등, 백열등, 수은등, 형광등, 할로겐 등을 거쳐 현재 메탈핼라이드 등을 주로 사용하고 있다(Inada and Ogura, 1988; An et al., 2009). 최근에는 상대적으로 집어효과가 양호하다고 인정받는 LED집어등이 주목을 받고 있다(Matsushita et al., 2012; An et al., 2017).

집어등은 사용목적에 따라 수상등과 수중등으로 구분할 수 있는데, 어장이나 대상어종, 어법에 따라 두 종류를 병행하기도 한다(Arimoto and An, 1998). 수상등은 어선의 갑판상부 구조물에 설치

† Corresponding author : 064-710-8480, kmk6788@korea.kr
※ 이 논문은 한국해양과학기술진흥원 수산실용화과제(20150374)의 지원에 의해 연구되었음.

하므로 빛이 넓게 퍼지고 수중의 조명분포도 얕은 범위로 넓게 형성되기 때문에 대상어를 넓은 범위로부터 집어하는 경우가 좋다. 그러나 빛의 흡수산란에 의해 수중에 들어가는 빛의 효율이 낮기 때문에 광원의 용량을 2배 증가하여도 빛의 도달거리는 20～30% 증가할 정도에 불과하다 (Nomura, 1990). 또한 선박의 동요에 따라 집어등의 빛이 흔들려 깜박거리는 단속광에 의하여 어군이 흩여질 수도 있다. 반면에 수중등은 상대적으로 좁은범위의 어군을 집어하고 깊은 수심의 어군을 부상시키는 경우에 좋다. 또한 광원의 용량을 높이기 쉽지만 호적조도로 인하여 대상어가 광원으로부터 일정한 거리를 유지한다고 알려져 있다. 그래서 어구어법에 따라 빛에 집어 되는 어종, 어군의 수심과 해수의 투명도 등에 의해 수상등 또는 수중등을 선택하여 이용되어 지고 있다.

한편, 10톤 미만의 연안채낚기 어선은 노동집약적 조업형태가 많고 연료의존도가 매우 높다. 특히 수상집어등에 81kW의 과도한 전력을 사용하고 있어 유류비가 어획고의 30～40%에 해당하여 어업 경영을 어렵게 하고 있다(An and Jang, 2011; Bae et al., 2009). 따라서 어업인들은 연료절감형 어업기술 도입과 인력절감형 자동화 조업시스템 연구수행을 통해서 어업경영의 개선책을 요구하고 있고, 이에 적합한 어구어법으로 현재 일본의 서일본 연안에서 전통적으로 행하고 있는 갈치 끌낚시어업을 생각할 수 있다. 즉 갈치 끌낚시 어업은 1인 조업이 가능하도록 조업 자동화 시스템이 되어야 하고, 주・야간 조업이 가능하도록 끌낚시 전용 집어등을 사용해야 한다. 갈치를 주 어획 대상으로 하는 끌낚시 어업은 아직까지 우리나라에서 행하고 있지 않지만, 제주도 연안어업에 도입하기 위하여 연구 중에 있다(Kim et al., 2016; Kim et al., 2017). 갈치 채낚기 어업에서는 전통적으로 수상 메탈핼라이드 집어등을 사용해 왔으며, 최근 수상 LED집어등을 이용한 어획성능을 조사한 바 있다 (An et al., 2017). 그러나 끌낚시어구는 선박에 의해 예인되므로 수상등보다 수중등을 사용할 수밖에 없다. 최근 일본의 德島県 (Tokushima ken)에서는 갈치의 생태특성을 고려하여 수중 LED집어등을 갈치 끌낚시에 장착하여 실험한 바 있으나 (F.R.I., 2010), 수중 LED집어등은 유어용으로 시판되고 있는 것이어서 끌낚시 어구 전용 수중 LED집어등 개발이 필요한 실정에 있다.

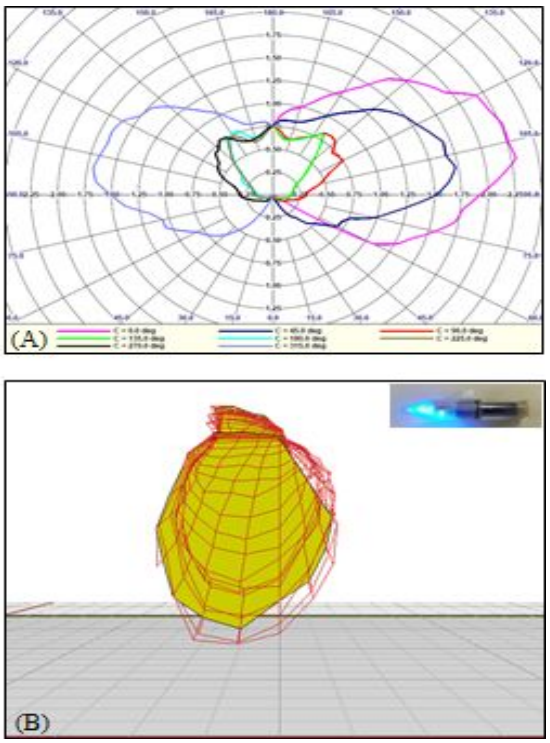
따라서 본 연구에서는 갈치 끌낚시 어구에 적합한 수중 LED집어등을 개발·제작하고, 시험조업에 의한 집어등이 어획에 미치는 효과를 파악하고자 하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

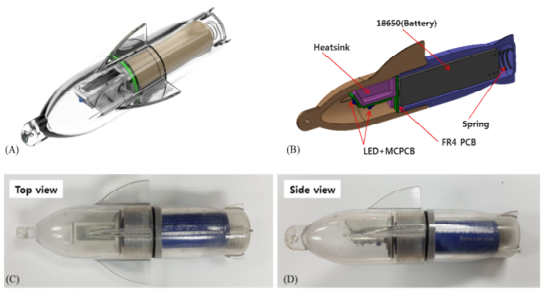
1. 수중 LED집어등 개발·제작

수중 LED집어등의 개발·제작에 있어서는 우선 갈치끌낚시 어구를 고려하여 유향·유속조건에서 정상적 유영이 가능한 수중 LED 집어등의 기본형상을 설계하였다. 갈치끌낚시의 주·야간 조업이 가능한 수중 LED 집어등을 제작하기 위한 기초적 연구로서 대형수조에서 LED 색광에 대한 갈치의 행동반응을 조사한 결과, 청색광에 갈치가 가장 우수한 반응을 보였다(Kim et al., 2016). 이러한 갈치의 청색광에 대한 반응에 기초하여 430～460nm 청색 파장대역을 적용하여 집어효율을 극대화하였을 뿐만 아니라 2W의 청색 LED 광원을 적용하였고 1일 조업 시간을 8시간으로 가정하여 1일간 연속적으로 사용가능하도록 전원부 및 회로부를 설계하였다(<Table 1>). 개발된 수중 LED 집어등의 배광특성은 [Fig. 1]에 나타낸 바와 같이 발광부 정면 기준으로 수직각이 85°, 수평각이 115°, 광속은 7.8 lm 이다. 그리고 수중에서의 배광 유지를 위한 자세 안정화를 위해 [Fig. 2]에 나타낸 바와 같이 중간 위치에 대형핀을 적용하고 후미부에 소형핀을 장착하는 형상으로 설계하였고, 실제 어업조건을 모사한 부경대학교

회류수조 실험을 통해 수중 LED 집어등의 자세 및 배광 안정성을 검증하였다.



[Fig. 1]. Light distribution of underwater LED-fishing lamp. (A) Polar luminous intensity distribution, (B) Photometric solid



[Fig. 2] Underwater LED-fishing lamp. (A) Rendering image of final design candidate, (B) Section view, (C) Top view of developed prototype, (D) Side view of developed prototype

<Table 1> Specification of underwater LED-Fishing Lamp

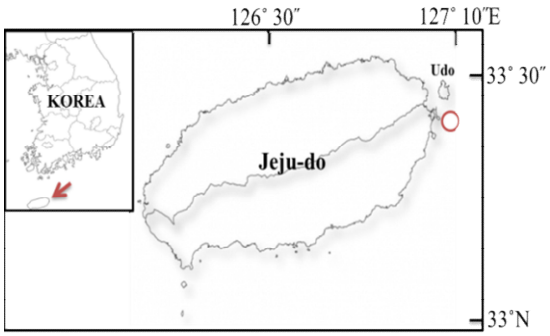
Item	Value
Power (W)	2
Battery life (hour)	8
Wavelength (nm)	430~460
Light distribution angle (Degree)	85 (Vertical) 115 (Horizontal)
Luminous flux (lm)	7.8

2. 수중 LED집어등의 어획효과

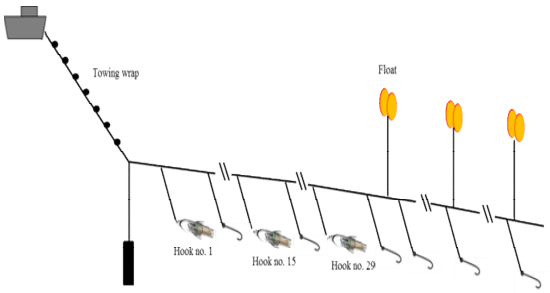
수중 LED집어등을 장착한 갈치 끌낚시 어구의 어획효과를 조사하기 위한 시험 조업은 1인 조업으로 2017년 10월~11월 중에 [Fig. 3]에 나타낸 바와 같이 제주 동부 연안에서 주간에 7회 실시하였다. 시험조업에 사용한 갈치 끌낚시 어구는 [Fig. 4]에 나타낸 바와 같이 어구는 총 84개의 낚시로 구성되어 있으며, 낚시간의 간격은 4.5미터 이고, 어구의 총 길이는 383.3미터이다. 그리고 수중 LED 집어등의 장착한 위치는 첫번째 낚시 (모릿줄 시작점에서 9.8m 지점), 15번째 낚시 (모릿줄 시작점에서 72.5m 지점), 29번째 낚시(모릿줄 시작점에서 135.5m 지점) 위치이며 낚시를 제거하여 아릿줄 끝에 고정하였고 그 이후 낚시에는 집어등이 없다. 미끼는 [Fig. 5]에 나타낸 바와 같이 일본산 인공미끼를 사용하였고, 시험 조업수심은 110~130m 이고, 시험어선은 삼정호 (FRP 3.3t)이었다. 1회 조업은 선속 1.5~2.0knot로 약 1시간동안 어구를 끌었으며, 하루에 1~4회를 끌었다.

LED집어등의 어획효과를 분석하기 위하여 집어등의 영향이 있다고 판단되는 구간과 영향이 없는 구간으로 나누었으며, 전자는 첫 번째 낚시에서 42번째까지이고, 후자는 43번째 낚시에서 84번째 낚시까지이다. 두 구간에 대한 평균 어획량의 차이를 보기 위해 t-test를 실시하였다.

CPUE (individual/hook)는 시험조업에서 집어등의 영향이 있다고 판단되는 1~42번까지의 낚시수 39개와 집어등의 영향이 없다고 판단되는 낚시 43번~82번까지 39개 낚시에 어획된 마리수로 산출하였다.



[Fig. 3] Location of fishing grounds of Jeju-do



[Fig. 4] Diagram showing the installation position of underwater LED fishing light in the hairtail trolling line

[Fig. 5] Preparation for shooting trolling line with the underwater LED fishing light

Ⅲ. 결과 및 고찰

갈치 끌낚시의 낚시번호(1~84번)를 LED집어등의 설치간격을 중심으로 여섯 구간으로 구분하였고, 첫 번째 구간을 낚시번호 1~14번, 두 번째 구간을 15~28번, 세 번째 구간을 29~42번, 네 번째 구간을 43~56번, 다섯 번째 구간을 57~70번, 여섯 번째 구간을 71~84번으로 하였다. 각 구간에서 어획된 마리수를 <Table 2>에 나타내었다. 매 조업시 어획량은 1~28마리로서 어획변동계수가 0.59로 큰 편이다. 시험조업 7회에 총 어획된 갈치 마리수가 113마리였고([Fig. 6]), 이중에서 LED 집어등과 관련되는 첫 번째 구간에서 33마리, 두 번째 구간에서 34마리, 세 번째 구간에서 31마리로 이들 세구간에서 총 98마리가 어획되었고, LED 집어등과 관련이 없는 네 번째, 다섯 번째, 여섯 번째 구간에서 각각 10, 4, 1마리로 총 15마리가 어획되었다. LED 집어등과 관련되는 구역(낚시번호 1~42번)과LED 집어등과 관련없는 구역(낚시번호 43~84번)사이에 어획량 차이는 6.5배로 어획이 집어등 부근에서 많은 경향을 나타내었고, 집어등의 효과에 따른 어획량은 유의한 차이를 보였다 ($p<0.01$).

한편, 일본 徳島수산연구소 (F.R.I., 2010)에 의하면 1회 조업당 평균 갈치어획 마리수는 LED집어등을 설치하면 16.7마리, 설치하지 않으면 12.8마리였고, LED 집어등의 영향으로 약 30% 더 많이 어획되었다고 보고한 것 보다 본 연구의 경우가 집어등의 영향이 큰 것으로 판단된다. 이는 여러 가지 원인이 있을 수 있겠지만 그 중에 하나가 본 연구에서는 갈치끌낚시 전용 LED 집어등을 개발·제작하여 사용했기 때문일 수 있다.

한편, 하나의 수중 LED 집어등이 어획에 미치는 영향을 알기 위하여 집어등과 가까운 낚시 순으로 어획된 갈치의 마리수를 [Fig. 7]에 나타내었다. 가장 많이 어획되는 낚시는 15마리로 집어등으로부터 두 번째와 세 번째 떨어진 낚시이었

다. 그 다음은 14마리로 네 번째 낚시, 다섯과 여섯 번째 낚시는 13마리이었다. 그리고 일곱 번째 낚시는 9마리 어획하였으나 그 이후 낚시에서는 0～3마리로서, 집어등이 어획에 미치는 낚시번호는 일곱 번째까지인 것으로 판단할 수 있다. 또한 일본 德島수산연구소 (F.R.I., 2010)가 LED 집어등에서 가까운 1～3번째 낚시바늘에서 대부분 어획되었다고 한 것과 유사하였다. 이것은 어획량에 집어등의 영향을 미치고 있다는 것을 다시 한번 입증하고 있다고 생각된다.

갈치끌낚시어구의 개발이 노동절약형이고 주·야간 조업이 가능하도록 하는 것이지만, 본 연구에서는 주간조업에 의한 것으로서 앞으로 야간조업에 의한 집어등의 어획효과를 조사할 필요가 있다.

또한, [Fig. 8]에 나타낸 바와 같이 집어등과 관련된 낚시와 거의 없는 낚시에 대한 CPUE의 비교에서는 집어등의 영향이 있는 낚시에서 0.36 (individual/hook)으로 집어등의 영향이 거의 없는 낚시 0.05 (individual/hook) 보다 훨씬 높았다 ($p<0.01$).

그러나, 본 연구는 우리나라에서는 거의 이용하고 있지 않는 갈치끌낚시어업을 도입하고자 한 연구였지만 대조선박과의 어획비교, 수중집어등을 끌낚시의 전반부와 후반부로 설치위치변경에 따른 어획비교, 수중집어등이 없는 끌낚시의 낚시 위치에 따른 어획성능 등을 현장 시험조업 여건으로 조사 분석하지 못하였다. 향후 연구에서는 이러한 문제점을 감안하고 실험 횟수와 시기 등 다양하게 고려하면 어획자료의 신뢰성이 더욱 높아질 것으로 생각된다.

<Table 2> Hook numbers of hairtail caught by each trolling line in the field

Fishing date	Fishing number						Catch in number
	1LED～14	15LED～28	29LED～42	43～56	57～70	71～84	
26 Oct.'17 (PM)	-	28	-	-	-	-	1
26 Oct.'17 (PM)	2, 3, 4, 12	16, 17, 18	31, 32, 33, 35, 36, 40	44, 50, 52	59, 62	-	18
26 Oct.'17 (PM)	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 28	30, 32, 33, 36, 37, 38, 41	-	67, 70	77	28
26 Oct.'17 (PM)	5, 6	17, 18, 22, 23, 24	31, 32, 33, 38	-	-	-	11
27 Oct.'17 (AM)	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	16, 18, 19, 20, 21, 22, 24	31, 35, 38, 40	-	-	-	21
27 Oct.'17 (AM)	3, 4, 7	24, 25	30, 31, 32, 36	-	-	-	9
7 Nov.'17 (PM)	5, 6, 8, 10, 11, 12	16, 17, 21, 22, 25, 27	31, 32, 33, 34, 35, 39	43,45,52,59, 60,73,77	-	-	25
Catch in number	33	34	31	10	4	1	113

Ⅳ. 결 론

갈치 끌낚시 어구에 적합한 수중 LED 집어등을 개발·제작하고, 시험조업에 의한 집어등이 어획에 미치는 효과를 조사 분석하였다. 수중 LED 집어등 제작은 갈치끌낚시 어구를 고려하여 유향·유속조건에서 배광 유지와 자세 안정화를 위해 중간 위치에 대형핀을 적용하고 후미부에 소형핀을 장착하는 형상으로 설계하였고, 실제 어업조건을 모사한 부경대학교 회류수조 실험을 통해 수중 LED 집어등의 자세 및 배광 안정성을 검증하였다.

수중 LED집어등의 어획효과를 분석한 결과, LED 집어등과 관련되는 구역(낚시번호 1～42번)과 LED 집어등과 관련없는 구역(낚시번호 43～84번)사이에 어획량 차이는 6.5배로 어획이 집어등 부근에서 많은 경향을 나타내었고, 집어등의 효과에 따른 어획량은 유의한 차이를 보였다 ($p<0.01$). 또한, 하나의 수중 LED 집어등이 어획에 미치는 영향을 알기 위하여 집어등과 가까운 낚시 순으로 어획된 갈치의 마리수를 조사 분석한 결과, 가장 많이 어획되는 낚시는 집어등으로부터 두 번째와 세 번째 떨어진 낚시이었고, 집어등이 어획에 미치는 낚시번호는 일곱 번째까지인 것으로 판단되었다.

References

An, Y. I.・Jeong, H. G. and Jung, B. M.(2009). Behaviroal reaction of common squid Todarodes pacificus to different colors of LED light. J Kor Soc Fish Technol, 45(3), 135~143.

An, Y. I.・Pingguo, H.・Arimoto, T. and Jang, U. J.(2017). Catch performance and fuel consumption of LED fishing lamps in the Korea hairtail angling fishery. Fish Sci., 83, 343–352.

An, Y. I. and Jang, U. J.(2011). Analysis of management situation for squid jigging fisheries. Journal of Gangwon Provincial college, 14, 1~11.

Arimoto, T. and An, Y. I.(1998). Marine coastal environment. Heya TY ed. Huzi・techno system Tokyo, Japan, 443~449.

F.R.I(Fisheries Research Institute).(2010). Instruction manual of underwater LED fishing light in the hairtail trolling line. Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center. 7~8.

Inada, H. and Ogura, M.(1988). Historical changes of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. The report of the Tokyo university of fisheries, 24, 189~207.

Kim, M. K.・An, Y. I.・Park, S. H.・Oh, T. C.・Kang, H. C. and Park, Y. S.(2016). Behavioral reaction of hairtail (Trichinus lepturus) to different colors of LED light. J Kor Soc Fish Technol, 52(3), 183-190.

Kim, M. K.・Park, S. H.・Kang, H. C.・Oh, T. C.・Park, Y. S.・An, Y. I. and Kim, S. J.(2017). Diel variation in vertical distribution of hairtails caught by vertical longlines. J Kor Soc Fish Technol, 53(2), 126~131.

Matsushita, Y.・Azuno, T. and Yamashita, Y.(2012). Fuel reduction in coastal squid jigging boats equipped with various combinations of conventional metal halide lamps and low-energy LED Panels. Fish Res 125~126, 14~19.

Nomura, M.(1990). General of the latest fishing technology. Seizando-Shoten, Tokyo, Japan, 103~109.

- Received : 03 May, 2018
- Revised : 30 May, 2018
- Accepted : 08 June, 2018