

## 채낚기 어선용 공랭식 LED 집어시스템의 설계 및 성능평가

배봉성\* · 박병재 · 정의철 · 양용수<sup>2</sup> · 박해훈 · 전영열 · 장대수<sup>3</sup>  
국립수산과학원 동해수산연구소 어업자원과, <sup>1</sup>(주)싸이릭스 대표이사,  
<sup>2</sup>국립수산과학원 연구기획과, <sup>3</sup>국립수산과학원 자원연구과

### **Design and performance evaluation of fish-luring system using the air-cooled LED lamp for jigging and angling boat**

**Bong-Seong BAE\***, **Byoung-Jae PARK<sup>1</sup>**, **Eui-Cheol JEONG**, **Yong-Su YANG<sup>2</sup>**, **Hae-Hoon PARK**,  
**Young-Yull CHUN and Dae-Soo CHANG<sup>3</sup>**

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

*<sup>1</sup>Sailux Semiconductor Lighting, Inc., Gwangju 500-706, Korea*

*<sup>2</sup>Research and Development Planning Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

*<sup>3</sup>Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

The fishing lamp is a fishing gear that gathers fish at night. But the cost of oil, which is used to light fishing lamp, has been risen significantly up to 30-40% of total fishing costs. Therefore it is very urgent to develop an energy economical fishing lamp in order to solve the business difficulties of fisheries. Under this background, this research aims at developing a fishing lamp for squid jigging and hairtail angling fishery using the LED, which has excellent energy efficiency and durability. The LED fishing lamp developed can be controlled to fix a fit direction of fish shoal deep because a fishing lamp can be adjustable up and down directions. One unit of fishing lamp has about an 80Watt capacity and the frame of fishing lamp is made of aluminium to emit generated heat of LED to outside. The LED lamp developed was highly durable, only 5.7% of emitting efficiency decreased for 18 months. The illuminance of a unit LED lamp was 2,070lux at 1m and 21lux at 10 m distance, and the intensity of LED lamp system emitted 2,580lux and 400lux at the respective distances. After development of this fishing lamp, 100 units are installed on operating fishing vessels. Experimental results show that energy consumption of squid jigging and hairtail angling was

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

reduced by 40% and 87%, respectively. In conclusion, our methods showed elevated fishing power, compared with traditional fishing method: 37.7% for squid jigging and 24.5% for hairtail angling.

Key words : LED, Fishing lamp, Squid jigging, Hairtail angling

## 서 론

우리나라 채낚기 어업의 어선세력을 살펴보면, 오징어 채낚기 어선이 약 5,750척(연안어선 약 5,000척, 근해어선 약 750척)이고 갈치 채낚기 어선이 약 1,100척(연안어선 약 1,050척, 근해어선 약 50척)으로서 매우 중요한 어업이다. 이들 어업은 집어를 위하여 집어등을 사용하고 있는데, 집어등을 밝히기 위해 연간 사용하는 유티비가 50톤급 어선이 약 1억원, 10톤급 어선이 약 4천만 원에 달하고, 이것은 어획고의 30-40%에 해당하여 어업경영을 어렵게 하고 있다. 현재 집어등으로 주로 사용하는 램프는 메탈헬라이드 램프로서 한 개의 전력소모량이 1.5kW나 되고 집어에 불필요한 영역까지 빛을 비추고 있기 때문에 에너지 소모가 매우 많다. 따라서 에너지를 대폭 절감할 수 있는 새로운 집어시스템의 개발이 매우 필요한 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 연구를 통하여 집어등의 수중 투과 능력과 어획과의 관계가 밝혀지게 되었다.

현재까지 집어등으로 사용한 광원은 대표적으로 백열등, 할로겐등, 메탈헬라이드등이 있다. 백열등은 1960년대 전반기까지는 많이 사용되었는데 교류발전기를 사용하였으며(Choi, 1997), 그 이후 1970년대 중반까지는 할로겐등

이 주류를 이루었다. 그리고 1970년대 후반부터는 방전계 광원인 메탈헬라이드등이 보급되어 오늘날까지 사용되고 있다(Inada and Ogura, 1988; Choi and Arimoto, 1996).

한편 최근 에너지절감 집어등의 적합한 광원으로 내구성이 길고 필요한 파장만을 구현할 수 있는 LED(발광다이오드)가 각광을 받고 있다. 현재 일본과 우리나라를 중심으로 LED 집어등을 개발하고 있으며, 이에 대한 연구로 LED 집어등의 방사 및 수중투과 특성에 대한 연구(Choi, 2006), 발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성 연구(Bae et al., 2008), 고휘도 발광다이오드와 집어등 광원의 방사특성 및 단위 전력당방사량 비교연구(Choi, 2008)가 있다.

본 연구에서는 새로운 집어등 광원으로 관심을 받고 있는 LED를 이용하여 채낚기용 집어등을 설계 제작하고 조업선에 설치한 후 어획성능 시험을 수행하고 결과를 분석하였다.

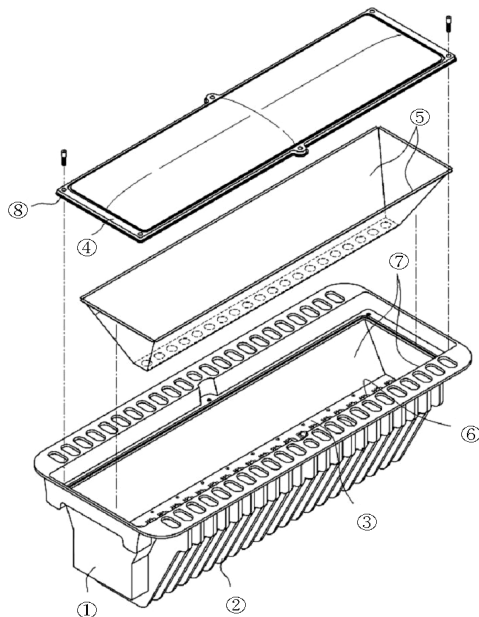
## 재료 및 방법

### 집어시스템 제작설치

채낚기 어선용 LED 집어시스템은 오징어, 갈치 채낚기 어업의 집어등 사용 및 어획메커니즘 조사, LED 램프 제작기술 현황 조사, 오징어의 빛 자극에 대한 생리학적 특성 조사(Bae et al., 2008) 등에서 수집한 자료를 종합적으로 분석하여 채낚기 조업에 적합한 구조로 설계하였다. 집어등 구조설계에 고려한 점은 집어등의 전기적 용량 LED 램프의 파장, LED 소자의 배열 방식, 패키징(packaging) 방식, 냉각 방식, 선박 거치구조, 전원공급 방식, 집어시스템의 집어등 수량, 집어등의 배열 위치 및 각도 등이다(Kim et al.,

2006). 요소별 설계를 완료하고 집어등을 제작하였으며 집어시스템을 구성하여 선박에 설치하였다.

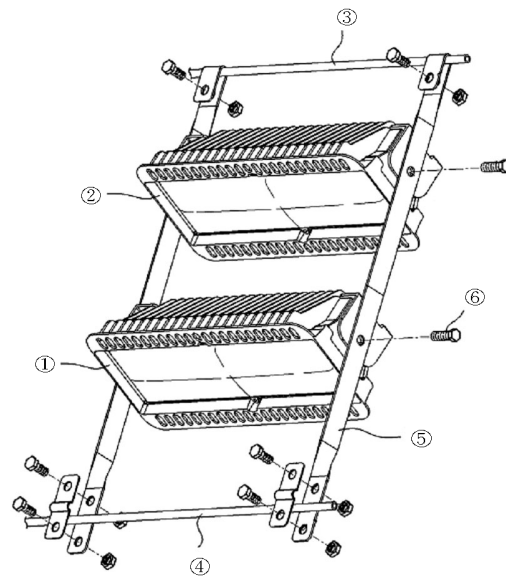
집어등은 Fig. 1과 같이 몸체, 발열핀, 발광모듈 및 캡으로 구성하였다. 집어등 한 개의 전기적 용량은 80W로 설계하였고 집어등에 사용한 LED 소자의 파장은 수중투과성능이 뛰어난 청색 파장과 청색보다 휘도가 높아 밝게 보이는 백색 파장을 혼합하여 사용하였다. 그리고 집어등 몸체는 해상에서의 부식을 방지하기 위해 방열효율이 높은 알루미늄을 적용하였고 반사경은 회로기판 상부에 접합하였으며 발광다이오드로부터 측면으로 비춰지는 광을 전방으로 집속할 수 있도록 하였다. 투명 캡은 반사경의 개구를 밀폐되게 폐쇄하면서 광을 투과시킬 수 있도록 반사경의 상단에 형성된 안착 홈을 통해 결합되어 있는데, 확산 또는 집광을 유도하기 위한 프레넬렌즈(fresnel lens) 구조로 되어 있고 실리콘



**Fig. 1. Detail drawing of LED lamp.**  
 ① Body ② Heat emitting fin ③ Light emitting module  
 ④ Cap ⑤ Reflector ⑥ LED ⑦ Printed circuit board  
 ⑧ Fixing hole

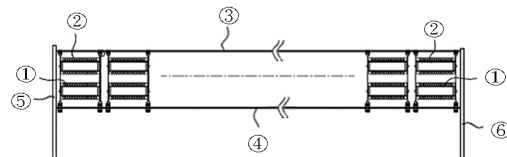
으로 마감하였다. 집어등에서 방사되는 빛은 집어에 필요한 영역에만 비추어지면 되므로 선박의 동요를 감안하여 수평방향보다 10° 상향부터 배의 현측까지 비추기 쉽도록 집어등 내부의 반사판 각도를 60°로 설계하였다.

개별 집어등은 Fig. 2와 Fig. 3과 같이 선박의 지지 장치에 장착되며 상관색온도가 9,000-15,000°K인 광을 출사하는 발광모듈이 장착된 제1 집어등과 상관색온도가 5,000-8,000°K인 광을 출사하는 발광모듈이 장착된 제2 집어등으로 구성하였다. 지지 장치는 선수선미 방향으로서



**Fig. 2. Detail drawing of LED lamp set in the support bar.**

- ① First lamp ② Second lamp ③ First support line  
 ④ Second support line ⑤ Support bar ⑥ Rotation screw



**Fig. 3. Arrangement of LED lamp on the ship.**  
 ① First lamp ② Second lamp ③ First support line  
 ④ Second support line ⑤ Bow mast ⑥ Stern mast

로 떨어져 설치된 선수 마스트와 선미 마스트 사이에 평행으로 연결된 제1 지지선(wire rope), 제2 지지선(wire rope)과 두 지지선을 세로 방향으로 가로지르게 연결된 지지대로 구성하였다. 지지대에 연결된 집어등은 회전나사로 연결되며 빛을 비추는 높이를 조절할 수 있도록 조정이 가능한 구조로 설계하였다.

또한, 집어등은 Fig. 4와 같이 광 파장의 특성을 고려하여 설치하였는데, 제1 집어등은 수중 투과성이 좋은 청색 파장계열이므로 수면을 향해 광을 비출수 있도록 수평방향과 광 중심축과의 사이 각이 35-45°가 되게 설치하였고, 제2 집어등은 공기 중 원거리 시인성이 좋다고 판단되는 백색 집어등이므로 횡 방향을 비출수 있도록 수평방향과 광 중심축과의 사이 각이 10-20°가 되게 설치하였다(Lee et al., 1985). 즉, 집어등 종류와 설치 위치에 있어서는 수중 투과특성이 좋은 청색 파장계열 집어등은 아래 방향으로 비추도록하고 공기 중 원거리 시인성이 좋다고 판단되는 백색 집어등은 횡 방향으로 비추도록 배열하였다.

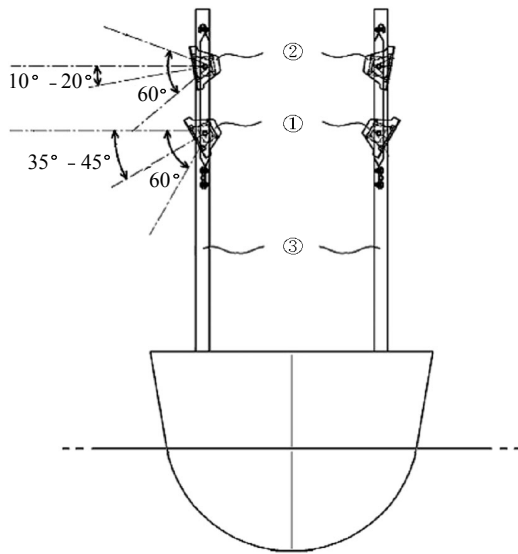


Fig. 4. Arrangement of LED lamp and lighting direction.  
① First lamp ② Second lamp ③ Bow mast

집어등 200개를 제작하고 제주 성산항 갈치 채낚기와 경북 축산항 오징어 채낚기 어선 각각에 100개씩을 설치하였는데 선수 쪽 좌우현에 26개씩, 선미 쪽 좌우현에 24개씩을 설치하였다. 집어등 설치 후에는 조사각도를 조정하였으며 약 16시간동안 집어등을 켜놓고 온도, 조도 등 집어등의 안정성을 점검하였다.

#### 집어시스템의 특성조사

LED 소자의 내구성은 최소 5만 시간에서 최대 10만 시간의 내구성을 갖지만 모듈로 제작했을 때는 발열 기능이 좋지 못해 발생하는 과열이나 안정기 성능이 좋지 못해 발생하는 전기적 과부하로 수명이 줄어들며 빛의 강도가 저하되는 현상이 나타난다. 이에 따라, 제작한 집어등의 내구성을 알아보기 위하여 2007년 11월부터 2009년 3월까지 약 18개월간 실내 상온에서 집어등의 점등시간에 따른 조도변화를 관찰하였다. 측정방법은 집어등을 연속적으로 켜 놓고 실내 온도와 집어등 조도의 변화를 측정(Light meter DL-202, Tenmars Electronics Co.)하였다. 또한 집어등의 수평 수직방향의 각도별 사광범위는 고니오미터(Goniometer: CHL-6D, Invent Fine Co.)를 이용하여 측정하였으며 수직 수평 거리별 조도는 조도계(Light meter DL-202, Tenmars Electronics Co.)를 이용하여 측정하였다. 그리고 집어등 100개를 선박에 설치한 후, 집어시스템 전체의 조도도 측정하였는데 선박의 가운데 정 횡 방향으로 선박현의 높이 위치에서 거리별로 동일 조도계를 이용하여 측정하였다.

#### 어획성능시험

LED 집어시스템의 어획성능평가를 위하여 경상북도 축산항의 오징어 채낚기 어선 1척(9.77톤)과 제주도 성산항의 갈치 채낚기 어선 1척(9.77톤)에 각각 100개(선수 쪽 좌우현에 26개씩, 선미 쪽 좌우현에 24개씩 설치)의 집어등을 설치하여 어획시험을 실시하였다. 그리고 LED

집어시스템을 시설한 시험조업선과 어획성능을 비교할 비교선박은 과거어획실적이 비슷하고 어선톤수가 동일하며 같은 조업해역에서 조업하는 선박을 선정하여 시험기간 중 같은 어장에서 조업하게 하였다. 또한 갈치 채낚기의 경우 어선원의 수도 동일하게 하였다. 어획성능비교 시험기간은 갈치 채낚기 어선의 경우 2008년 10월 2일부터 11월 12일까지이고 오징어 채낚기 어선의 경우 2008년 9월 16일부터 11월 10일까지이다. 어획성능비교는 시험선박과 비교선박에서 어획한 어획량과 어획고를 서로 비교하였으며, 일반적으로 어획물은 약 20kg이 되도록 상자에 담아서 위판하고 있으므로 어획량은 어획상자수를 세어서 분석하였다.

## 결 과

### 집어시스템의 특성 조사

LED 집어시스템 설치 후 약 16시간 정도가동한 결과, 집어등과 안정기의 과열 및 조도의 변화는 거의 없었으며 누전 현상도 발견할 수 없었다. Fig. 5는 LED 집어시스템이 설치된 오징어 채낚기 어선의 사진이며 갈치 채낚기 어선에 설치된 집어시스템도 이와 유사하다.

집어등의 발광 내구성을 측정하기 위하여 실내에서 18개월 켜둔 집어등의 조도변화 비율을

Fig. 6에 나타내었다. 조도는 초기 조도를 100%로 표시하였을 때 처음 6개월간은 실내 온도가 낮아짐에 따라 최대 108.5%로 높게 측정되었으며 이후부터 실내 온도가 높아짐에 따라 차츰 낮아져 실내 온도가 실험 시작 때와 거의 같은 11℃인 마지막에서는 94.3%로 떨어졌다. 18개월간 5.7%의 효율감소는 조명기준에서 보면 매우 안정된 설계로 인정받는 범위로서 집어등의 발열성능과 발광 내구성은 뛰어난 것으로 평가되었다. 본 집어등은 외부 온도에 따라 발광 효율이 다소 영향은 받았지만 과열이 발생되어 효율이 현저히 저하되는 경우는 발견되지 않았으며 실제 우리나라 야간의 해상기온은 본 실험 최대 실내온도인 30℃를 상회하는 경우가 거의 없으므로 집어등으로 장기간 사용하여도 무방할 것

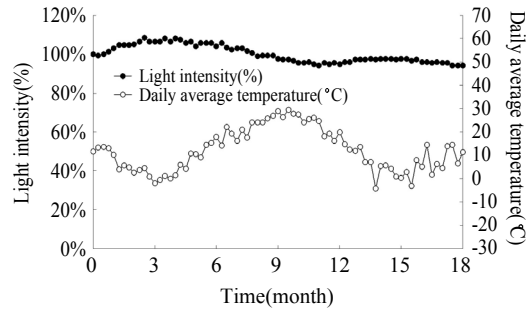


Fig. 6. Continuous operating life at room temperature.



Fig. 5. Squid jigging boat established LED light system.



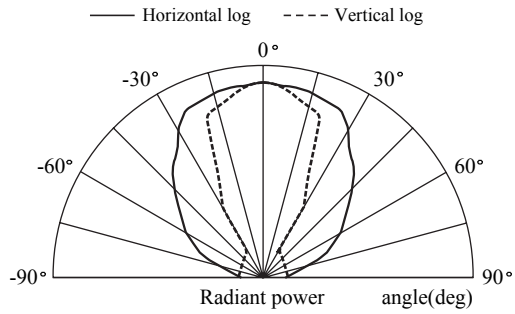


Fig. 7. Angular light distribution of LED lamp.

으로 판단된다.

Fig. 7은 집어등 1개의 수평 수직방향의 각도별 사광범위를 측정된 결과를 나타낸 것이며, 분석은 광력(radiant power) 측정값을 사용하였고 표시는 광력의 상대적 세기를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 LED 소자는 별도의 반사장치 없이도 한 방향으로 지향성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 각도별 광력의 분포에서 광력 10% 이상의 구간을 최대 사광범위로, 90% 이상의 구간을 원거리 사광범위로 규정할 때, 집어등의 수평방향 사광범위는 최대 150° 정도이고 원거리까지 영향을 미치는 사광범위는 약 56° 정도인 것으로 나타났다. 또한 집어등의 수직방향 사광범위는 최대 60° 정도이고 원거리까지 영향을 미치는 사광범위는 약 20° 정도인 것으로 나타났다. 본 집어등은 상하 2단 구조로 설치되므로 수직방향 원거리 사광범위는 총 40°로 생각할 수 있다.

Fig. 8은 집어등 1개의 거리별 배광 조도를 나타낸 것이며 Fig. 9는 집어시스템(선박에 설치된 집어등 100개)의 거리별 조도와 광력을 나타낸 것이다. 배광범위는 중심부 최대 조도의 50%까지로 표시하였다. 집어등 1개의 조도는 중심부의 최댓값으로서 1m에서 2070lux, 5m에서 83lux, 10m에서 21lux이었으며 집어시스템의 조도는 1m에서 2580lux, 5m에서 810lux, 10m에서 400lux이었다. 거리가 가까울 때는 1개의 집어등 빛에 영향을 많이 받으므로 1m 거리에서는 집어

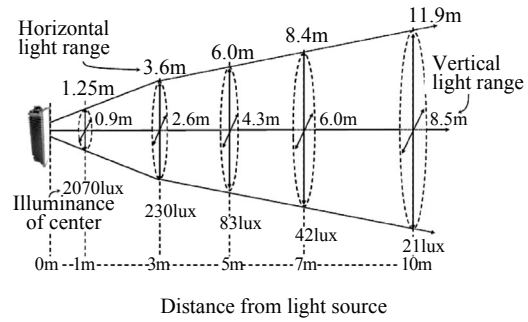


Fig. 8. Light distribution of LED lamp.

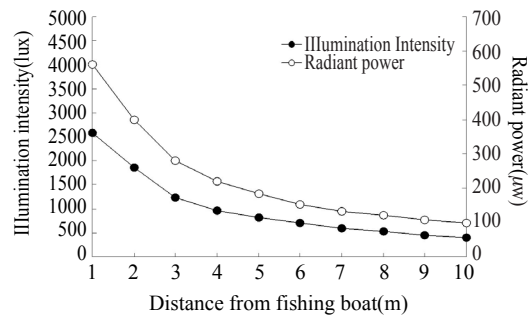


Fig. 9. Illuminance and radiant power by distance from fishing boat.

등 1개와 집어시스템의 조도는 큰 차이가 없었다. 그러나 10m 거리에서는 약 20배의 차이가 생기는 것으로 나타났다. 광력의 변화는 조도의 변화와 매우 유사하게 나타났다.

### 어획성능시험

갈치 및 오징어 채낚기 어업에 대하여 LED 집어시스템을 설치한 시험선박과 메탈할라이드 램프를 설치한 비교선박의 어획결과를 Table 1 과 Table 2에 나타냈다.

갈치 채낚기의 경우, 시험선박의 평균 어획상자수는 26.61 상자, 평균 어획고는 1,726,187원이었고 비교선박의 평균 어획상자수는 21.38 상자, 평균 어획고는 1,651,181 원이므로 시험선이 비교선박보다 어획상자수는 24.46%, 어획고는 4.54% 더 높았다. 어획상자수의 차이는 많이 나는 반면 어획고의 차이가 근소한 것은 시험선이

어가가 낮은 작은 갈치를 많이 어획하였기 때문으로 판단된다. 결론적으로 시험선이 비교선박과 비슷한 어획고를 올렸으므로 개발한 LED 집어시스템의 어획성능은 매우 양호하다고 판단된다.

오징어 채낚기의 경우, 시험선박의 평균 어획상자수는 223 상자, 평균 어획고는 2,637,571 원이었고 비교선박의 평균 어획상자수는 162 상자, 평균 어획고는 1,808,564 원으로서 시험선이 비교선박보다 어획상자수는 37.7%, 어획고는 45.84% 더 높았다. 이렇게 어획량 차이가 나는

것은 시험선이 가까운 곳에 타 선박이 없을 경우에는 LED 집어등으로만 조업을 하였지만 가까운 곳에 타 선박이 있을 경우에는 어획량 저조를 우려하여 LED 집어등 외에 기존에 시설된 메탈 할라이드 집어등 중 절반을 추가 점등하여 사용하였기 때문이라고 판단된다. 완전히 LED 집어등으로만 조업한 비교결과는 아니지만 항상 메탈 할라이드 집어등을 50% 켜더라도 약 40%의 에너지절감 효과가 발생하므로 결론적으로 개발한 LED 집어시스템을 사용할 경우 어획성능은 매우 양호하다고 판단된다.

**Table 1. Comparison of catches between two experimental boats for hairtail angling**

Date	LED boat(9.77ton)			Metal halide boat(9.77ton)		
	Number of box	Unit price(won)	Price(won)	Number of box	Unit price(won)	Price(won)
2008.10.02				30.9	93,423	2,886,780
2008.10.03	15.8	48,399	764,700	8.80	87,975	774,180
2008.10.04				30.8	64,456	1,985,260
2008.10.05				27.2	68,063	1,851,300
2008.10.06	32.4	44,928	1,455,660	11.5	81,301	934,960
2008.10.07	20.8	72,271	1,503,230			
2008.10.08	65.9	42,907	2,827,570	27.8	69,545	1,933,350
2008.10.09	29.6	40,784	1,207,210	10.1	58,743	593,300
2008.10.10	28.8	65,363	1,882,440	20.1	70,518	1,417,410
2008.10.11	30.0	61,238	1,837,150	24.8	55,188	1,368,660
2008.10.12	42.1	58,112	2,446,520	26.1	103,080	2,690,400
2008.10.13	14.9	76,256	1,136,210	11.8	88,119	1,039,800
2008.10.18	40.4	54,563	2,204,330	30.6	79,665	2,437,740
2008.10.19	26.8	65,834	1,764,360	20.9	75,221	1,572,110
2008.10.20	26.3	90,171	2,371,490			
2008.10.21	22.9	99,948	2,288,800	16.7	99,389	1,659,800
2008.10.22	35.5	80,576	2,860,450	11.6	75,284	873,300
2008.10.26	25.5	73,461	1,873,250	22.7	98,922	2,245,540
2008.10.27	10.3	58,447	602,000	22.2	87,284	1,937,700
2008.10.28				27.6	66,114	1,824,740
2008.10.29	25.8	54,821	1,414,380	11.1	81,737	907,280
2008.10.30	29.6	50,622	1,498,410	19.0	76,811	1,459,400
2008.10.31				47.2	73,926	3,489,320
2008.11.01	24.7	60,530	1,495,100	14.1	66,184	933,200
2008.11.02	11.8	43,985	519,020	33.1	66,423	2,198,590
2008.11.03	17.3	64,227	1,111,120	21.7	48,387	1,050,000
2008.11.04	46.9	63,771	2,990,860			
2008.11.05	30.6	62,537	1,913,640	20.0	56,230	1,124,590
2008.11.06	6.8	66,150	449,820			
2008.11.07	32.4	88,112	2,854,830			
2008.11.08	20.5	95,105	1,949,660	11.8	97,447	1,149,870
2008.11.11	17.0	87,414	1,486,040	26.6	97,022	2,580,790
2008.11.12	13.7	118,612	1,624,990	11.9	110,394	1,313,690
Average	26.61	67,469	1,726,187	21.38	78,459	1,651,181

**Table 2. Comparison of catches between two experimental boats for squid jigging**

Date	LED boat(9.77ton)			Metal halide boat(9.77ton)		
	Number of box	Weight(kg)	Price(won)	Number of box	Weight(kg)	Price(won)
2008.09.16				43	215	498,800
2008.09.17	184	920	2,225,000			
2008.09.18				33	330	603,900
2008.09.19	60	600	744,000			
2008.09.29				110	660	1,397,000
2008.09.30				236	2,344	3,210,000
2008.10.01				77	462	913,220
2008.10.02				85	510	935,000
2008.10.06	416	2,496	4,735,200	684	4,104	7,364,500
2008.10.07	222	1,332	2,619,600			
2008.10.08	184	1,104	2,143,600	245	1,470	2,659,300
2008.10.09	10	60	125,000			
2008.10.10	335	2,010	4,040,100	460	2,160	3,912,000
2008.10.13	742	4,452	8,906,400	193	1,158	2,245,200
2008.10.14	181	1,267	2,110,460	16	112	184,960
2008.10.15	43	258	490,200	134	804	1,562,440
2008.10.16	144	864	1,699,200			
2008.10.17	177	1,062	2,223,120			
2008.10.20	533	3,198	6,101,290			
2008.10.21	169	1,014	2,004,340			
2008.10.22	242	1,452	2,879,800	216	1,296	2,592,000
2008.10.31				50	300	605,000
2008.11.03	346	2,076	4,095,720	202	1,212	2,364,200
2008.11.04	28	168	324,800	33	198	382,800
2008.11.05				86	516	1,014,800
2008.11.07	167	1,002	1,913,820	128	768	1,402,800
2008.11.10	59	354	732,190	44	264	514,800
Average	223	1,352	2,637,571	162	994	1,808,564

**LED 집어등의 소비 에너지**

9.77톤 갈치 및 오징어 채낚기 어선에서 메탈 헬라이드 집어등을 사용할 경우와 LED 집어등을 사용할 경우의 소비 에너지를 비교하여 Table 3과 Table 4에 각각 나타내었다.

갈치 채낚기 어선의 경우 LED 집어등의 소비 전력은 메탈헬라이드 집어등의 13.3%로서 매우 큰 차이가 나타났다. 선박용 경우 1리터의 가격이 천원일 경우 월 340만원의 유류비가 절감되는 것으로 나타났다. 오징어 채낚기 어선의 경우 LED 집어등과 메탈헬라이드 집어등을 혼용하였을 때의 소비전력은 메탈헬라이드 집어등의 59.9%로서 월 210만원의 유류비가 절감되는 것으로 나타났다. 그러나 시험선의 실제 유류소비는 이보다 약 20% 더 많았는데, 이것은 소비

**Table 3. Comparison of consumption energy between two experimental boats for hairtail angling**

Item	Metal halide system	LED system
Consumption power per unit	1,500W	80W
Number of unit	40pcs	100pcs
Total consumption power	60kW	8kW
Consumption oil a day	200L	30L

**Table 4. Comparison of consumption energy between two experimental boats for squid jigging**

Item	Metal halide system	LED+Metal halide system
Consumption power per unit	1,500W	80W/1,500W
Number of unit	54pcs	100pcs/27pcs
Total consumption power	81kW	48.5kW
Consumption oil a day	270L	165L

전력에 적합한 발전기를 사용하지 않고 기존 선박에 비치되어 있는 상대적으로 용량이 매우 큰



발전기를 사용했기 때문이며 발전기의 용량을 줄이면 문제는 해결될 것으로 생각된다.

## 고 찰

LED 집어등을 개발함에 있어서 첫 단계는 LED의 파장을 우선 선택하여야 한다. 파장에 따른 빛의 특성이 다르므로 어군의 분포 형태나 어종에 따라 적절한 파장을 사용하여 집어등을 개발하여야 한다. 이전의 연구(Bae et al., 2008)에서 살오징어는 청색등과 백색등에서 잘 유집되었고 빛의 파장별 수중 투과 특성(Chancey, 2005)을 고려할 때 어획대상생물이 얇은 수심에서 광범위하게 분포할 경우에는 백색등이, 깊은 수심에서 좁은 영역에 분포하는 경우에는 청색등이 유리한 것으로 나타났다. 즉 집어등 종류와 설치 위치에 있어서, 빛의 파장별 수중 투과 특성과 계절별 어군 형성의 패턴을 종합해 볼 때, 수중 투과특성이 좋은 청색 파장계열 집어등을 아래 방향으로 비추도록 하여 수심 깊은 곳에 있는 어군을 집어할 수 있도록 하고, 공기 중 원거리 시인성이 좋다고 판단되는 백색 집어등을 횡방향으로 비추도록 하여 수심 얇은 곳에 광범위하게 있는 어군을 집어할 수 있도록 하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. LED 집어등을 설계함에 있어서 대상생물은 계절별로 서식수심이 달라지므로 백색과 청색을 유효적절하게 사용할 수 있도록 설계해야 하고 사광각도 조절이 용이해야 한다. 개발한 LED 집어등은 이러한 점을 고려하여 서로 다른 파장의 집어등을 2단 구조로 배치하고 적합한 위치로 빛을 비출 수 있도록 구조를 설계하였다. 그 결과, 집어등의 수평방향 원거리 사광범위는 약 56° 정도이고 수직방향 원거리 사광범위는 약 20° 정도인 것으로 나타났다. 본 집어등은 상하 2단 구조로 설치되므로 수직방향 원거리 사광범위는 총 40°로 생각할 수 있는데, 이것은 집어에 유효한 수직각도 70° 범위에 미치지 못하지만 메탈헬라이드 램프보다 매우 적은 에너지를 사용함에 따라 부족한 광

량을 집중하여 어군이 수중 깊숙이 있을 때에도 조업이 가능하도록 하는 방편으로 판단된다.

개발한 LED 집어등 1개의 조도는 중심부의 최댓값으로서 1m에서 2070lux, 10m에서 211lux이었으며 집어시스템의 조도는 1m에서 2580lux, 10m에서 400lux이었다. 현용 메탈헬라이드 집어시스템의 조도가 150m에서 400lux인 것과 비교하면 매우 큰 차이가 있다. 그러나 조도는 밝기를 나타내는 지수이므로 분명 큰 차이가 나겠지만 단순히 조도만으로 비교하는 것은 맞지 않다. 왜냐하면 LED 집어등은 수중 깊이 투과할 수 있는 550nm 이하의 파장을 많이 사용하지만, 메탈헬라이드 집어등은 수심 약 20m를 투과하지 못하는 600nm 이상의 파장 에너지를 약 50% 방출하고 있기 때문이다. 수심 깊은 곳에 있는 어군을 집어하기 위해서는 빛을 모아서 수심 깊이 멀리 투과할 수 있도록 하는 것이 더욱 유리할 것이다.

어획시험결과에서 오징어 채낚기의 경우는 LED 집어등 선박이 근소한 차이로 비교선박보다 어체가 큰 것을 많이 어획하였는데 반하여, 갈치 채낚기의 경우는 LED 집어등 선박이 비교선박보다 어획상자수는 24.46% 많았지만 어획고는 4.54% 더 높은 것에 불과해 어체가 작은 갈치를 많이 어획한 것으로 나타났다. 이러한 결과로서 우선 개발 집어등 빛이 작은 갈치를 집어하기에 더 좋은 특성을 가졌다고 생각할 수 있는데 이는 큰 갈치와 작은 갈치가 좋아하는 빛의 특성이 다르다는 전제에서 생각할 수 있는 가설이다. 또 다른 가설은 큰 갈치와 작은 갈치가 별도의 군을 이루고 큰 갈치가 작은 갈치보다 상대적으로 수심 깊은 곳에 분포할 경우, LED 집어등이 메탈헬라이드 집어등보다 광력이 약해서 큰 갈치를 집어하지 못했을 수 있다는 것이다. LED 집어등에서 작은 갈치가 많이 어획된 것은 분명 바람직하지 못한 현상이므로 차후 LED 집어등의 개발을 위해서는 추가적인 시험연구를 통하여 그 원인을 밝혀내어야 할 것이다. 본 어획시

힘으로써 개발한 LED 집어등은 두 어업 모두에서 양호한 어획성능과 에너지 절감효과를 나타내었다고 판단된다. LED는 날로 그 효율이 향상되고 있으며 이에 따라 가격도 하락될 것이므로 머지않은 미래에는 메탈헬라이드 집어등보다 유효집어영역에서 더 높은 광출력을 가진 LED 집어등이 개발될 것이라 전망된다.

## 결 론

갈치 및 오징어 채낚기용 집어시스템을 개발하기 위하여 집어등 모듈 및 집어등을 개발하였고 개발한 집어등을 선박에 설치하기 위한 거치구조도 개발하였다. 개발한 모듈을 이용하여 80W급 집어등을 제작하고 9.77톤 어선 2척(갈치, 오징어 채낚기 각각 1척)에 각각 100개씩을 설치하였다. 설치에 있어서는 2개의 집어등을 각각 상하로 거치대에 장착하고 위쪽과 아래쪽 집어등의 사광범위를 달리하여 설치하였다. 그리고 약 한 달간의 어획성능시험을 수행하였다.

개발한 LED 집어등은 18개월간의 발광 내구성 시험에서 외부 온도변화에 따라 5.7%의 효율만 감소되어 집어등의 발열성능과 발광 내구성은 뛰어난 것으로 평가되었다. LED 집어등의 수평방향 사광범위는 최대 150° 정도이고 수직방향 사광범위는 최대 60° 정도인 것으로 나타났다. LED 집어등 1개의 조도는 중심부의 최댓값으로서 1m에서 2070lux, 10m에서 21lux이었으며 집어시스템의 조도는 1m에서 2580lux, 10m에서 400lux이었다. 어획성능시험 결과, 갈치 채낚기의 경우 LED 집어등 선박이 비교선박보다 어획상자수는 24.46%, 어획고는 4.54% 더 많았으며, 오징어 채낚기의 경우, 어획상자수는 37.7%, 어획고는 45.84% 더 많은 것으로 나타나 개발한 LED 집어시스템을 사용할 경우 어획성능은 매우 양호하다고 판단되었다. LED 집어등의 소비전력은 갈치 채낚기 어선의 경우 메탈헬라이드 집어등의 13.3%, 오징어 채낚기 어선의 경우 59.9%로서 매우 큰 에너지절감 효과를 기대할 수 있다.

## 사 사

이 연구는 국립수산물학원(저비용 고효율 어업기기 개발연구, RP-2009-FE-002)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.
- Bae, B.S., E.C. Jeong, H.H. Park, D.S. Chang and Y.S. Yang, 2008. Behavioral characteristic of Japanese flying squid, *Todarodes pacificus* to LED light. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 44(4), 294 - 303.
- 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.
- Choi, S.J. and T. Arimoto, 1996. Corroborative field research, In: Report of rationalization of the light power on small type 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 illumination in squid jigging boat. J. Korean Fish. Soc., 34(6), 624 - 632.
- 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.
- Choi, S.J., 2008. Comparison of radiation characteristics and radiant quantities per unit electrical power between high luminance light emitting diode and fishing lamp light source. J. Korean Fish. Soc., 41(6), 511 - 517.
- 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 - 114, pp. 121 - 131.
- Lee, B.G., S.W. Park and J.K. Kim, 1985. An introduction to coastal fishery. Taehwa publishing company, pp. 112 - 115.
- 
- 2009년 4월 13일 접수  
2009년 5월 9일 1차 수정  
2009년 5월 11일 수리