

채낚기 어선용 수랭식 LED 집어시스템의 설계 및 성능평가

배봉성* · 안희춘¹ · 권기진² · 박성욱 · 박창두 · 이경훈
국립수산과학원 시스템공학과, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 해역산업과,
²한국화학융합시험연구원 그린엘이디팀

Design and performance estimation of fish-luring system using the water cooling typed LED lamp

Bong-Seong BAE*, **Heui-Chun AN¹**, **Ki-Jin KWON²**, **Seong-Wook PARK,**
Chang-Doo PARK and Kyoung-Hoon LEE

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

*¹Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research &
Development Institute, Gangneung 210-861, Korea*

²Green LED Lighting Team, Korea Testing & Research Institute, Seoul 150-038, Korea

A fishing lamp is fishing gear to gather fish in the night. But the cost of oil which is used to a light fishing lamp, goes significantly up to almost one hundred million won for 50 tonnage vessels and forty million won in case of vessels less than 10 tonnages. This cost has almost taken 30 – 40% of total fishing costs. 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 the problem of fishery's business difficulty. This research aims at developing a fishing lamp for squid jigging fishery and hairtail angling fishery using the LED, which has excellent efficiency and durability. One fishing lamp has about 160Watt capacity and five fishing lamps are installed one aluminium panel in which sea water flows to emit generated heat from LED to outside. Developed fishing lamp lights to an effective direction of jigging and angling operation. This fishing lamp can be controlled to light the direction of fish shoal because the aluminium panel can be controlled to up and down direction. The wave length of fishing lamp has white and blue color. White color light is to gather fish shoal of horizontal direction and blue color light is to gather fish shoal of vertical direction. After development of this fishing lamp, 60 – 110 units are established on the boat, and operated fishing. Consequently, in the case of squid jigging, spent energy was reduced to 39%, in the case of hairtail angling, 68% of spent energy was reduced. And the catch was more than another boat.

Keywords: LED fishing lamp, Squid jigging, Hairtail angling

*Corresponding author: asako@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2591, Fax: 82-51-720-2586

서 론

물고기를 잡기 위해서는 여러 가지 어구와 방법이 동원된다. 특히 우리나라에는 다양한 어구 어법이 있으며 이 중에는 야간에 집어등을 사용하여 어군을 유집하는 방법도 있다. 이러한 방법을 사용하는 어업으로는 채낚기어업, 선망어업, 봉수망어업, 초망어업 등이 있으며 우리나라에서는 채낚기어업의 어선세력이 가장 크다. 채낚기어업의 어선세력을 살펴보면, 오징어 채낚기어선이 약 3,750척(연안어선 약 3,000척, 근해어선 약 750척)이고 갈치 채낚기어선이 약 1,100척(연안어선 약 1,050척, 근해어선 약 50척)으로서 매우 중요한 어업이다. 오징어를 대상으로 하는 채낚기어업에서 집어등을 밝히기 위해 사용하는 유류비는, 50톤급 어선이 연간 약 1억 원, 10톤급 어선이 연간 약 4천만 원에 달하고, 이것은 어획고의 30-40%, 총 유류비의 65%에 해당하여 어업경영을 어렵게 하고 있다. 갈치 채낚기어업의 경우에도 마찬가지로 오징어 채낚기어업의 약 3분의 2 정도의 유류비를 지출하고 있다. 현재 집어등으로 주로 사용하는 램프는 메탈 할라이드 램프로써 한 개의 전력소모량이 1.5kW이고 집어에 불필요한 영역에 70%의 빛을 비추고 있기 때문에 에너지가 불필요하게 많이 소모되는 편이다. 따라서 집어용 유류비를 대폭 절감할 수 있는 새로운 집어시스템의 개발이 매우 필요한 실정이다.

이러한 집어시스템의 개발을 위해서는 현 집어시스템에 대한 분석과, 집어시스템의 특성과 어획량 사이의 관계를 조사하는 것이 매우 중요하다. An and Choo (1993)는 채낚기어선 집어등의 광 출력량과 어획량의 관계에 대하여 연구하였고 Inada (1988), Choi and Arakawa (2001) 그리고 Jo et al. (2006)은 오징어 채낚기어선 주변의 수중 분광방사 조도를 측정하였다. 이러한 연구로서 집어등의 수중 투과 능력과 어획과의 관계가 어느 정도 밝혀지게 되었다.

한편 수년전부터 새로운 집어시스템의 광원

으로 적합한 재료로서, 5만 시간 이상의 내구성을 가지고 필요한 색깔의 빛만 구현하도록 만들 수 있는 LED(발광다이오드)가 가장 큰 개발대상이 되고 있으며 LED 소자의 광효율은 매년 향상되고 있어 집어등으로서의 개발 가능성이 매우 높다. 현재 일본과 우리나라를 중심으로 LED 집어등을 개발하고 있으며 갈치 채낚기어업과 쾡치 봉수망어업에서는 LED 집어등의 어획능이 증명되었고 실용화 되었다. 이와 관련된 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 전력당 방사량 비교 연구 (Choi, 2008), 채낚기어선용 공랭식 LED 집어시스템의 설계 및 성능평가 (Bae et al., 2009) 등이 있다. 본 연구는 LED 집어등에서 발생하는 열을 공랭식보다 더욱 효과적으로 낮출 수 있는 수랭식 LED 집어등을 설계·제작하여 채낚기 조업선에 설치한 후 어획성능시험을 수행하고 결과를 분석한 것이다.

재료 및 방법

집어시스템의 설계 및 제작

수랭식 LED 집어등의 외관과 거치구조는 Fig. 1과 같다. 집어등 구조 설계에 고려한 점은 LED 램프의 파장(색상), LED 소자 최소단위 칩(chip)의 용량, LED 소자의 배열 방식, 팩킹(packaging) 방식, 냉각 방식, 설치 구조, 전원공급 방식, 집어등의 전체 수량, 집어등의 배열 위치 및 각도, 집어등 발광 방식 등이다 (Kim et al., 2006). 시험에 사용한 집어등은 LED 램프에서 발생하는 열을 효과적으로 배출하기 위하여 해수를 이용한 수랭식으로 제작한 것이 특징이며 LED 집어등 유닛 5개를 알루미늄으로 된 하나의 방열패널에 일렬로 부착하여 한 개의 패키지로 구성하였다. 또한 각 패널의 양끝에는 냉각용 해수가 지날 수 있는 입수공 또는 출수공이 있

다. LED에 의해 데워진 램프의 후면은 패널과 밀착되어 있고 패널 속은 해수가 통과되도록 되어 있어 열을 효과적으로 냉각시킬 수 있도록 하였다. 또한 수랭식 냉각 시스템은 방수가 되지 않을 경우, 시스템 전체에 매우 심각한 문제를 발생시키며 이러한 고장은 특히 겨울철에 패널 속의 해수가 동결될 경우에 많이 발생한다. 따라서 본 수랭식 집어등은 사용하지 않을 때에는 해수가 접합부분에 머물지 않도록 하여 동결에 의한 누수가 발생하지 않도록 하였고 접합부의 마감은 탄력성 실리콘 소재를 사용하였으며 등기구 케이스는 염해로부터 안전한 플라스틱을 사용하였다.

집어등에 사용한 LED 칩은 LumiLED (미국 Cree 社)로서 인가 전력은 2W, 인가 전류는 700mA이다. 집어등 유닛 한 개의 전기적 용량은 160W (소비전력 250W)로 설계하였고 파장은 청색과 연두색을 절반씩 혼합하여 사용함으로써 시각적으로 백색을 띠도록 하여 조도를 높였으며, 수중 투과성을 높여서 집어성능을 향상시켰다. 빛이 방사되는 외부에는 렌즈 (직경 80mm, 중심부의 높이 30mm)를 부착하여 LED 측면으로 비춰지는 광을 전방으로 집속할 수 있도록 하였다. 패널에 부착된 집어등은 선수 마스트와 선미 마스트 사이에 평행으로 나란히 연결된 두 지지선 (wire rope)에 거치되는데 이 두 지지선이 집어등 패널의 상·하를 각각 통과하는 구조로 되어 있다. 또한 두 지지선이 마스트와 연결된 부분에서는 연결각도를 조절할 수 있어 집어등이 집어에 효과적인 방향으로 빛을 방사할 수 있도록 하였다. 집어등 빛의 중심선의 각도는 현 메탈헬라이드 집어등과 선박의 현이 이루는 각도와 동일하도록 수직 방향과 약 63도를 이루도록 하였다.

시험에 사용한 집어등의 성능은 LED 집어등 성능인증기준인 NFRDI 8001의 검사 기준 및 방법에 의하여 시행하였으며, 검사 항목은 점등 특성, 전압 변동, 점멸 수명, 작동 내구성, 유효 광

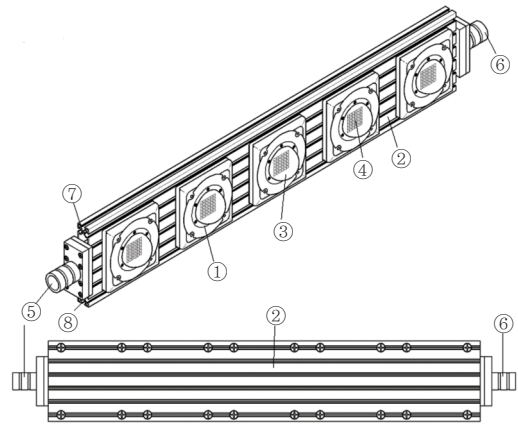


Fig. 1. Detail drawing of LED lamp set.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| ① Light emitting module | ② Aluminium body |
| ③ Convex lens | ④ LED chip |
| ⑤ Inhalent opening | ⑥ Exhalent opening |
| ⑦ Upper support line groove | ⑧ Under support line groove |

속, 유효 광효율 등이다. NFRDI 8001 규정은 조명 관련 KS 검사기준을 바탕으로 만들어진 농림수산식품부의 LED 집어등 품질관리기준이다. 유효 광속 및 유효 광효율은 조업 중 집어에 유효한 방향으로 나아가는 빛의 광속과 그 효율로서 유효 범위는 집어등 중심에서 상방 40° 하방 40° 이내이다 (Lee et al., 1985). 집어등의 성능검사를 위한 전압, 전류, 전력의 측정에는 전력 분석기 (Power Analyzer: PPA2530, Newtons4th Co.)를 사용하였고 배광 및 광속 (lm)의 측정에는 배광시험기 (Luminous Intensity Distribution: GO-DS, LMT Co.)를 사용하였다.

시험해역 및 설치 방법

우리나라 채낚기 어업은 동해안의 오징어 채낚기와 제주도의 갈치 채낚기로 대별할 수 있으므로, 동해안 삼척시 임원항과 제주도 도두항에 민간시험선을 지정하여 개발한 LED 집어등을 제작·설치하였다. 시험해역과 시험선의 규모, 집어등 사양은 Table 1과 같다.

오징어 채낚기 대상의 LED 집어등 어획성능 시험에서는 강원도 삼척시 임원항의 재은호 (29

Table 1. Fishing area and LED lamp specification by fishing boat

Fishing boat (ton)	Fishing area	Target species	Lamp specification
Jaeun-ho (29)	Coastal sea of Imwon port, Samcheok	Squid	LED 160W × 100 (110)pcs Metal 1.5kW × 40pcs
Useung-ho (6)	Coastal sea of Dodu port, Jeju	Hairtail	LED 160W × 60pcs
Ilseung-ho (4)	Coastal sea of Dodu port, Jeju	Hairtail	LED 160W × 60pcs



Fig. 2. Squid jigging boat established LED light system (Jaeun-ho).

톤)에 LED 집어등 유닛 100개를 설치하였고 (Fig. 2), 조업 중에는 기존 집어등인 메탈헬라이드 램프 40개와 혼용하였다. 따라서 LED 집어등 패널은 좌현과 우현 각각 10개를 설치하였고 10개중에서 선수쪽은 6개, 선미쪽은 4개를 설치하였다. 그리고 이러한 각 4개 구역별로 각각의 해수순환 구조를 설치하였으며, 총 2개의 해수펌프 (출력 600W)를 사용하여 해수가 패널 속을 흐르도록 시스템을 구성하였다. 또한 2009년 10월 23일 이후에는 LED 집어등 패널 2개를 선수 전방과 선미 후방을 비추도록 추가하여 총 110개의 LED 집어등을 사용하였다.

갈치 채낚기 대상의 LED 집어등 어획성능시험에서는 제주시 도두항의 우승호 (6톤)와 일승호 (4톤)에 LED 집어등 유닛 60개를 각각 설치하고 조업 중에는 선내가 매우 어두우므로 작업 등용으로 기존 집어등인 메탈헬라이드 램프 2개

를 함께 사용하였다. 따라서 LED 집어등 패널은 좌현과 우현 각각 6개를 설치하였고 6개중에서 선수쪽은 4개, 선미쪽은 2개를 설치하였다. 그리고 총 1개의 해수펌프를 사용하여 해수가 패널 속을 흐르도록 시스템을 구성하였다.

오징어 채낚기 대상 어획성능시험에서 LED 집어등과 기존 메탈헬라이드등을 혼용한 것은 선박의 안정성과 설치공간을 감안하여 최대한 설치한 LED 집어등의 집어유효 총 광량이 기존 메탈헬라이드등에 비하여 약 50%로 나타나 기존 메탈헬라이드등 수량의 절반인 40개를 혼용한 것이다.

어획성능시험 및 분석방법

어획성능시험에 있어서는 어획성능에 영향을 미칠 수 있는 요소인 대상어종 (오징어, 갈치), 주 조업시기, 선박의 조업패턴 등을 고려하였다.

Table 2. Configuration of fishing lamp and specification of fishing boat

Experimental fishing boat	Fishing lamp management of experimental fishing boat	Other boat for compare
Jaceun-ho (29ton) 12 jigging machine 6 fisherman	First half: Metal. Lamp Second half: LED Lamp	21ton 12 jigging machine 4 fisherman
Useung-ho (6ton) 4 fisherman	LED lamp 100%	6ton 4 fisherman
Ilseung-ho (4ton) 4 fisherman	LED lamp 100%	6ton 4 fisherman

Table 3. Performance list of LED fishing lamp

Test item	Test condition	Result
Lighting quality	Voltage: 92%, 106% of 220V Temperature: -10° C, 40° C	Lighting
Voltage change	Voltage: 90%, 110% of 220V	+1.6% +1.8%
On - off durability	On - off interval: 10 sec Number of time: 10,000 Temperature: -20° C	-0.5%
Operation durability	Ageing time: 2,000 hr Temperature: 25±10° C	-2.2%
Effective light velocity	Ageing time: 100 hr Frequency & voltage: 60Hz / 220V	99.9%
Effective light efficiency	Ageing time: 100 hr Frequency & voltage: 60Hz / 220V	44.6lm

또한 어획성능 (어획량)을 비교하기 위한 비교선은 시험선과 톤수, 어장, 조업패턴, 자획조획기수, 선원수 등을 종합적으로 고려하여 시험선과 가장 유사한 선박을 선정하였다. 각 시험선의 집어등 운영방법 및 비교선의 제원을 Table 2에 나타내었다. 어획성능평가는 LED 집어등을 설치한 선박과 비교선박이 같은 어장에서 조업한 일자의 일정기간동안의 어획량을 조사하여 어획성능을 비교하였다. 또한 조업일자가 동일한 경우에는 어획량에 대한 통계적 검정 (t 쌍체 검증, 양측검증)을 실시하였고 유의수준은 0.05이다.

결과 및 고찰

집어등의 성능 시험 결과

시험에 사용한 집어등의 성능 시험 결과를 Table 3에 나타내었다. 점등 특성 시험은 가혹조

건에서 일정시간 방치한 후 다시 점등 되는가를 검사하는 시험으로서, NFRDI 8001의 5.1항 기준에 의하면 -10° C 및 40° C에서 한 시간 동안 방치한 후, 정격 전압의 92%, 106%에서 점등이 되어야 한다. 시험에 사용한 집어등은 시험 결과 점등이 되는 것으로 나타났다. 전압 변동 시험은 정격 전압 (220V)의 90%, 110% 전압이 입력되었을 때, 출력의 변화정도를 검사하는 시험으로서, NFRDI 8001의 5.4항 기준에 의하면 입력 전력 표시값의 ±10% 이내이어야 한다. 시험에 사용한 LED 집어등의 입력 전력 표시값은 160W이며, 정격 전압의 90%, 110%에서 각각 162.56W (+1.6%), 162.88W (+1.8%)로 나타나 양호한 성능을 나타내었다. 점멸 수명 시험은 시험에 사용한 집어등을 -20° C에서 10초 간격으로 10,000회 점멸한 후, 광속 변화를 검사하는 시험

으로서, NFRDI 8001의 5.7.1항 기준에 의하면 광속차가 $\pm 30\%$ 이내이어야 한다. 시험 결과, 시험 전 광속은 9,590lm/W이었고 시험 후 광속은 9,544 lm/W (-0.5%)으로 나타나 매우 양호한 성능을 나타내었다.

또한 상온 ($25 \pm 10^\circ \text{C}$)에서 2,000시간 인가 후, 광속 변화를 점검하는 작동 시험에서는 시험 전 광속은 9,590lm/W이었고 시험 후 광속은 9,338 lm/W (-2.2%)으로 나타나 양호한 성능을 나타내었으며 NFRDI 8001의 5.7.2항 기준에 의하면 광속차가 $\pm 30\%$ 이내이면 양호한 것으로 되어 있다. 유효 광속 및 유효 광효율 시험은 집어에 실제로 유효한 광속의 크기와 효율을 검사하는 시험으로서, NFRDI 8001의 5.5.1항 기준에 의하면 유효 광속은 표시값 (7,100lm)의 90% 이상이어야 하고 유효 광효율은 35lm 이상이어야 한다. 시험결과, 유효 광속은 99.9%, 유효 광효율은 44.6lm으로 나타나 양호한 성능을 나타내었다.

어획성능시험 결과

오징어 채낚기 어선 재은호를 이용한 어획성능시험 기간은 오징어 채낚기어업의 주어기인 2009년 9월 23일에서 2009년 12월 30일까지이다. 이 중 2009년 9월 23일부터 2009년 10월 22일까지는 LED 집어등 100개를 운용하였고 (이하 '1차 시험') 2009년 10월 23일부터 2009년 12월 30일까지는 LED 집어등 110개를 운용하였으므로 (이하 '2차 시험') 두 기간을 분리하여 어획량을 분석하였다.

1차 시험 기간 중 LED 집어등 시험선 재은호와 비교선이 조업한 조업일수는 모두 27일이었다. 이 기간 중 시험선의 총 어획량은 23,910kg이었고 비교선의 총 어획량은 18,290kg으로 시험선의 어획량이 5,620kg (30.7%) 더 많았다. 이 기간 중 1일의 조업일자가 서로 달랐으므로 조업일자가 다른 1일씩을 제외한 26일의 일자별 선박별 어획량을 Table 4에 나타내었다. 26일간의 시험선의 총 어획량은 23,500kg이었고 비교선의 총

Table 4. Comparison of fishing efficiency for squid jigging

Experiment date	Number of catch (kg)	
	Jaeeun-ho	Other boat for compare
2009.09.23	495	245
2009.09.24	900	645
2009.09.25	225	165
2009.09.26	690	395
2009.09.27	690	180
2009.09.28	1,930	745
2009.09.29	370	85
2009.09.30	220	500
2009.10.01	795	600
2009.10.02	865	1,050
2009.10.03	695	335
2009.10.05	650	360
2009.10.06	555	155
2009.10.07	710	815
2009.10.11	965	1,280
2009.10.12	2,290	385
2009.10.13	750	635
2009.10.14	475	525
2009.10.15	565	400
2009.10.16	150	65
2009.10.17	1,180	1,265
2009.10.18	2,425	1,565
2009.10.19	2,180	1,225
2009.10.20	880	1,195
2009.10.21	1,305	1,165
2009.10.22	545	330
total	23,500	16,310

어획량은 16,310kg으로 재은호의 어획량이 7,190kg (44.1%) 더 많았다. 그러나 통계학적으로는 거의 같은 것으로 나타났다 (t 통계량 2.852, t 기각치 2.06). 두 선박은 자동조획기 수가 모두 12대로 같으며, 선원수는 시험선과 비교선이 각각 6명과 4명이다. 선원 1명과 자동조획기의 어획능력을 비교해보면 어획이 부진할 때에는 선원의 손출납기가 우세하지만 어획이 잘 될 때에는 자동조획기가 우세한 것으로 알려져 있으며, 그렇기 때문에 업계의 오랜 경험자의 의견에 의하면 통상 선원 1명은 자동조획기 1대의 어획능력과 같다고 보는 것이 타당하다고 한다. 따라서 본 연구에서 두 척의 선박의 어획량 비교에서도 이 점을 감안하면 선원 1명당 또는 자동조획기 1대당

일평균 어획량은 LED 시험선이 50.2kg, 비교선이 39.2kg으로 시험선의 어획성능이 비교선보다 28.1% 더 높은 것으로 나타났다.

2차 시험에서의 LED 집어등 시험선 재은호와 비교선의 조업일수, 어획량, 평균어획량을 Table 5에 나타내었다. 이 기간 중 시험선과 비교선의 조업일수는 각각 29일, 7일이었다. 따라서 어획량의 비교는 조업일자가 서로 다르기 때문에 통계적 검정은 할 수 없었으며 일평균 어획량으로 비교하였다. 이 기간 중 시험선의 총 어획량은 14,065.5kg, 비교선의 총 어획량은 2,952kg이었으며 일평균 어획량은 각각 484.7kg, 421.7kg으로 나타나 큰 차이가 없었다. 1차 시험 기간의 분석과 마찬가지로 선원수와 자동조획기 수를 감안하여 선원 1명당 또는 자동조획기 1대당 일평균 어획량은 LED 시험선이 26.9kg이었고 비교선이 26.4kg으로 나타나 거의 같은 어획성능을 갖는 것으로 나타났다.

1, 2차 시험 결과, 시험선과 비교선의 산술적인 어획량 비교에서는 1차 시험에서는 차이가 있는 것으로, 2차 시험에서는 차이가 없는 것으로 나타났으나 1차 시험에서도 어획량의 통계적인 검정에서는 차이가 없는 것으로 나타났으므로 두 선박의 어획성능은 같다고 판단할 수 있으며, 적어도 LED 시험선의 어획성능이 비교선의 어획성능보다 같거나 그 이상이라 분석할 수 있다. 그러나 시험선과 비교선이 각각 1척이었고

한 어기 동안의 시험이므로 여러 척의 선박을 동원한 장기간의 추가적인 어획시험이 필요할 것으로 판단된다.

갈치 채낚기 어선 우승호, 일승호를 이용한 LED 집어등의 어획성능시험에서의 시험선과 비교선의 조업일수, 어획량, 평균어획량을 Table 6에 나타내었다. 시험 기간은 갈치 채낚기어업의 주어기인 2009년 6월 1일에서 2009년 10월 16일까지이다. 이 기간 중 LED 집어등 시험선 우승호, 일승호와 비교선의 조업일수는 각각 27, 17, 36일이었다. 4톤급 시험선인 일승호의 조업일수가 상대적으로 적은 것은 조업시작일이 6월 15일로서 타 선박에 비하여 출어가 늦었기 때문이다. 본 시험의 어획량의 비교도 오징어 채낚기 2차 시험과 마찬가지로 조업일자 및 일수가 서로 다르기 때문에 통계적 검정은 할 수 없었으며 일평균 어획량으로 비교하였다. 이 기간 중 시험선 우승호, 일승호의 일평균 어획량은 각각 168.1kg, 107.8kg이었고 비교선의 일평균 어획량은 127.6kg으로 나타났다. 우승호와 일승호는 톤수가 다르지만 사용 집어등의 종류와 수량이 같고, 갈치 채낚기어선의 어획성능은 선원수와 가장 밀접한 관계가 있으므로 두 어선을 동일 조건에 두고 비교선과 비교할 수 있다. 우승호는 일평균 어획량이 비교선에 비하여 31.7% 더 많았으나 일승호는 15.5% 적은 것으로 나타나 비교선이 두 시험선의 중간정도의 어획성능을 보여

Table 5. Comparison of fishing efficiency for squid jigging

Fishing boat	Days of fishing (A)	Catch (kg) (B)	Average catch (B/A)
Jaceun - ho	29	14,065.5	484.7
Other boat for compare	7	2,952.0	421.7

Table 6. Comparison of fishing efficiency for hairtail angling

Fishing boat	Days of fishing (A)	Catch (kg) (B)	Average catch (B/A)
Useung - ho	27	4,539	168.1
Ilseung - ho	17	1,833	107.8
Other boat for compare	36	4,595	127.6

어획성능의 우열을 서로 비교하기 어려운 것으로 나타났으며, 이것은 선원의 낚시기술과 연관이 있는 것으로 판단된다. 따라서 본 시험 결과, 적어도 LED 시험선의 어획성능이 비교선의 어획성능 이하라고 볼 수는 없으며 시험에 사용한 LED 집어등은 갈치 채낚기어업의 집어등으로 사용 가능할 것으로 판단된다.

LED 집어시스템의 소비전력 산출

LED 집어등 설치 및 운영방법에 따른 시험선별 소비전력 절감률을 Table 7에 나타내었다. 조업 전반기 (약 오후 11 - 12시)까지 메탈헬라이드 집어등을 사용하고 후반기에는 LED 집어등을 사용한 오징어 채낚기 시험선 재은호는 기존에 비하여 약 39%의 소비전력을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 2차 시험기간 중에는 LED 집어등 110개를 사용하였으나 본 분석에서는 1차 시험에서 사용한 집어등 100개를 기준으로 하였다. 또한 시험에 사용한 LED 집어등은 160W급이었으나 안정기 (SMPS)의 소비전력이 250W이므로 실제로 소비되는 전력은 250W이다. 갈치 채낚기 시험선 우승호, 일승호는 기존에 비하여 각각 68.8% 64.3%의 소비전력을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 다만, 본 소비전력량 비교는 전력계에 나타난 LED 집어등 시스템의 순수 소비전력량을 이용한 것이며, 실제로 소비된 유류 사용량을 측정하는 것은 아니다. 일반적으로 소비전력에 맞는 발전기를 사용할 때는 소비전력량의 변화에 따라 유류 사용량이 결정된다. 시험선 우승호, 일승호의 경우에는 LED 집어시스템의 소비전력 크기에 적합한 소용량 발전기로 교체하였기 때문에 발전용 유류 사용량도 소비전력

의 감소에 비례하여 비슷하게 감소되었다고 판단된다. 그러나 기존 대용량 발전기를 그대로 사용한 재은호의 경우에는 소비전력은 39.6% 감소한 것으로 계산되었으나 선주의 조업경험에 의하면 실제 유류 사용량은 약 30% 이하 감소에 그친 것으로 나타났다. 향후 LED 집어시스템을 전용할 경우, 유류절감 효과를 얻기 위해서는 발전기의 용량을 집어등의 소비전력에 맞추어야 할 것으로 판단된다.

결 론

갈치 및 오징어 채낚기용 LED 집어시스템을 개발하기 위하여 집어등 모듈 및 집어등 유닛을 개발하였고 개발한 집어등을 선박에 설치하기 위한 거치구조도 개발하였다. 개발한 집어등은 LED 집어등 성능인증기준인 NFRDI 8001의 검사 기준 및 방법에 의하여 성능 검사를 시행하였으며, 그 결과, 점등 특성, 전압 변동, 점멸 수명, 작동 내구성, 유효 광속, 유효 광효율에서 모두 양호한 성능을 나타내었다. 개발한 160W급 집어등을 오징어 채낚기 어선 1척 (재은호, 29톤), 갈치 채낚기 어선 2척 (우승호, 6톤 / 일승호, 4톤)에 각각 100 - 110개와 60개를 설치하였다. 오징어 채낚기의 경우 기존 메탈헬라이드 집어등 50%를 혼용하여 시험하였다. 재은호의 2009.09.23일에서 2009.10.22일까지 기간 중 어획실적을 분석한 결과, 시험선의 총 어획량은 23,910kg이었고 비교선의 총 어획량은 18,290kg으로 시험선의 어획량이 5,620kg (30.7%) 더 많았다. 또 재은호의 2009.10.23일에서 2009.12.30일까지 기간 중 어획실적을 분석한 결과, 시험선의 총 어획량은 14,065.5kg (29일간 어획량), 비교선의 총 어획량

Table 7. Consumption of electricity by experimental fishing boat

Fishing boat	Before consumption	Present consumption	Cut down rate (%)
Jaeun - ho	120kW	LED lamp 25kW, 50% Metal lamp 120kW, 50%	39.6
Useung - ho	48kW	LED lamp 15kW	68.8
Ilseung - ho	42kW	LED lamp 15kW	64.3

은 2,952kg (7일간 어획량)이었으나 평균 어획량은 각각 484.7kg, 421.7kg로 나타났으며, 시험선의 선원수가 2명 많은 것을 감안하면 두 선박의 어획성능은 거의 같다고 판단되었다. 우승호와 일승호의 2009.06.01일에서 2009.10.16일까지 어획실적자료를 분석한 결과, 시험선 우승호, 일승호의 일평균 어획량은 각각 168.1kg, 107.8kg이었고 비교선의 일평균 어획량은 127.6kg으로 나타났다. 우승호는 일평균 어획량이 비교선에 비하여 31.7%가 더 많았으나 일승호는 15.5%가 적은 것으로 나타나 비교선이 두 시험선의 중간 정도의 어획성능을 보여 어획성능을 비교하기 어려운 것으로 나타났다. 따라서 본 시험 결과 시험에 사용한 LED 집어등은 갈치 채낚기어업의 집어등으로 사용 가능할 것으로 판단된다. 그러나 오징어 채낚기어업에서는 LED 집어등을 전용해야 에너지절감에 따른 경제성이 확보되므로 지속적인 개발연구가 필요하다고 생각된다. LED 집어시스템의 소비전력 절감률은 기존 집어등에 비해 재은호가 39.6%, 우승호가 68.8%, 일승호가 64.3%의 전력을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (저비용 고효율 집어시스템 개발, RP-2011-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.

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.

Bae, B.S., B.J. Park, E.C. Jeong, Y.S. Yang, H.H. Park, Y.Y. Chun and D.S. Chang, 2009. Design and performance evaluation of fish-luring system using the air-cooled LED lamp for jigging and angling boat. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45 (2), 85 - 95.

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. Kor. 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. Kor. 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. Kor. 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.

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. 108 - 115.

MIFAFF, 2009. Standard for quality verification of LED fishing lamp. NFRDI 8001, pp. 1 - 7.

2011년 3월 22일 접수

2011년 5월 1일 1차 수정

2011년 5월 16일 수리