실습선에 의한 LED 집어등의 오징어 어획성능

안영일* · 정학근¹

강원도립대학 해양경찰과, ¹한국에너지기술연구원

Fishing efficiency of LED fishing lamp for squid *Todarodes pacificus* by training ship

Young-Il AN* and Hak-Geun JEONG¹

Department of marine police and Technology, Gangwon Provincial College, Gangneung, 210-804, Korea

¹Korea Institute of Energy Research 305-343, Korea

This study surveyed the fishing efficiency for Japanese common squid based on improvements made to LED fishing lamps by utilizing the training ship of Gangwon Provincial College. The training ship, Haesong-ho (24 tons), was equipped with seventy-two 150W electric power LED fishing lamps (10.8kW), and their fishing efficiency and fuel consumption level were surveyed for a total of ten times during the period between June 15, 2009 and July 27, 2009. In addition, the training ship was equipped with seventy-one 300W electric power LED fishing lamps (21.3kW) and their fishing efficiency and fuel consumption level were surveyed for a total of five times during the period between January 17, 2010 and August 4, 2010. In order to compare the fishing efficiency of LED fishing lamps, the catch of another fishing vessel equipped with Metal Halide (MH) fishing lamps of 120kW for the same period and at the same fishing grounds. The fuel consumption levels during the fishing operation of Haesong-ho was about 1,047.7 liters which was approximately 19.9% of the total fuel consumption level of 5,262.6 liters, and the fuel consumption level per operation hour was on average 9.2 liters. The number of Japanese common squid caught by the LED fishing lamp-equipped fishing vessel ranged from 12 to 1,640 squid for each fishing trial and the average quantity was 652. The number of Japanese common squid caught by the MH fishing lamp-equipped 10 fishing vessels ranged from 40 to 4,800 squid and the average quantity was 2,055. The fishing of Japanese common squid was done by the use of hand lines and an automatic jigging machine. The number of Japanese common squid caught per hand line and a single roller of the automatic jigging machine was in the proportion of 50.8% to 49.2% with respect to the LED fishing lamp-equipped fishing vessel. However, the number of Japanese common squid caught per hand line and a single roller of the automatic jigging machine

*Corresponding author: yian@gw.ac.kr, Tel: 82-33-660-8201, Fax: 82-33-660-8205

was in the proportion of 86.4% to 13.6% with respect to the MH fishing lamp-equipped fishing vessel where most of the catch was made by hand lines. On the other hand, in comparing the number of Japanese common squid caught per automatic jigging machine, the number of squid caught by the LED fishing lamp-equipped fishing vessel was about the same or greater than the number of squid caught by the MH fishing lamp-equipped fishing vessel.

Keywords: Fishing efficiency, LED fishing lamp, Fuel consumption level, Squid

서 론

LED 집어등(LED燈)은 차세대 집어등으로서 지난 10년간 국내·외에서 실험실과 현장에서 연구를 행하여 왔다(Okamoto, 2006; Inada and Arimoto, 2007; An et al., 2009; An and Jeong, 2011; Bae et al., 2008). 현재까지 LED燈은 모양, 광력, 냉각방식인 수랭식과 공랭식, 메탈헬라이드 집어등(MH燈)과의 겸용 또는 단독 등으로 다양하게 제작되고 오징어, 꽁치, 갈치, 고등어 등을 대상으로 시험하였다.

LED燈이 기존 집어등보다 광력, 수중배광분포, 어획량, 편리성 및 가격 등에서 여러 가지 문제점을 가지고 있기 때문에 아직 어업현장에서 실용화가 늦어지고 있다. 실용화가 안 되는 근본적인 문제점은 상대적으로 LED燈에 의한 어획량 감소이다. 이를 해결하기 위한 방법으로 일본과 국내연구에서 LED燈과 MH燈을 겸용하여 어획량을 확보하고자 하였다(Bae et al., 2011; Yamashita et al., 2012). 이와 같은 방법은 집어등의 변천과정에서 하나의 수단이 될 수 있지만 LED燈의 장점을 충분히 살리지 못한다. LED燈의 어획량에 대한 어업인의 신뢰성을 확보하기 위해서는 MH燈과의 겸용이 아닌 단독사용으로 어획성능향상을 위한 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 강원도립대학 실습선을 이용하여 LED燈의 광력과 구조개선에 따른 살오징

어의 어획성능을 MH燈을 이용한 어선과 비교 조사하였다.

장치 및 방법

LED燈을 이용한 시험조업은 강원도립대학 실습선 해송호(24톤)를 이용하여 2009년 6월15일~7월 27일의 10회와 2010년 1월17일~8월 4일의 5회로 총 15회 행하였다. 이 때 LED燈에 의한 어획성능을 비교하기 위하여 대조어선의 어획량도 조사하였다. 2009년에는 LED燈은 좌우 배광이 180°가 되도록 육면체의 1/2모양으로 하였으며, 각 면에 50W급 LED 모듈로 되어 있고 무게는 약 3.5kg이다. 정격 소비전력 150W, 색온도 6,000K와 3,000K의 LED燈을 2:1의 비율로, 시험선의 선·수미와 좌·우현에 총 72개 LED燈(광력 10.8kW)을 설치하였다. 한편, 2010년에는 LED燈의 수평과 수심에 따른 수중조도분포를 고려하여 Fig. 1과 같이 좌우 및 상하배광이 될 수 있는 2중 구조로 2009년에 비해 개선하였으며, 또한 정격 소비전력 150W에서 300W로 향상시켜 LED燈 71개(광력 21.3kW)를 시험선에 설치하였다.

해송호의 자동조끼기 수는 6~8대, 승조원은 3명이었다(Table 1). 해송호는 주로 오후에 출항하여 일몰 경에 집어등을 점등하여 조업을 개시하고 새벽에 조업을 완료해서 귀항하는 1박 2일로 조업하였다. 어획량, 어획된 표본오징어의 크

기 및 유류소비량은 연구원이 직접 선박에 승선하여 조사하였으며, 같은 날 조업한 대조 어선(12~79톤)과 어획량을 비교하였다. Table 1과 같이 MH燈으로 조업하는 A~J의 대조어선 10척은 광력이 대부분 120kW이거나 102kW, 141kW이며, 해송호로부터 몇 마일 떨어진 동일 어장에서 조업하는 선박으로써 자동조획기 수는 10~18대이며 승조원은 2~7명이었다. 오징어어획 시험조업은 Fig. 2와 같이 동해중부해역의 수심 158~1,500m의 강원도 연근해에서 행하였다.

연료소비량을 조사하기 위하여 유량계는 Fig. 3과 같이 정밀도가 우수한 것으로 알려진 용적식 유량계인 오벌 (Oval) 유량계 (Dong Yang, DYFM-X)를 사용하였으며, 기관실의 주기와 보기 1대에 각각 1개씩 2개를 설치하였다. 연료

Fig. 2. Location of operation sites for the Haesong-ho squid jigging experiments of 2009–2010 off Gangwon-do.

Fig. 1. LED fishing lamp of 150W (left) and 300W (right) installed on the training ship of Gangwon Provincial College.

Table 1. Principal particulars of the MH vessels (A~J) and LED vessel of Haesong-ho

Items	LED vessel				MH vessel						
	Haesong-ho	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Gross tonnage	24	29	29	29	45	12	79	29	29	24	24
Number of crew	3	7	5	5	6	2	5	5	5	6	6
Number of automatic jigging machine	7	14	14	14	16	10	18	18	14	14	14
Type	LED (150w/300w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)	MH (1,500w)
Fishing lamp											
Number of lamp	72/71	80	80	80	80	68	94	80	80	80	80
Electric power (kW)	10.8/21.3	120	120	120	120	102	141	120	120	120	120

Fig. 3. Flowmeter for investigation on fuel consumption installed in the engine room of Haesong-ho.

소비량은 2009년 6월 24일 이후부터 2010년 8월 4일까지 조사하였다.

결 과

LED燈을 설치한 해송호의 오징어 어획시험 조업 과정에서의 연료소비량을 Table 2에 나타내었다. 연료를 소비하는 시간 유형은 어장으로 이동하는 항해시간과 조업하는 시간으로 크게 나눌 수 있다. 조업시간이 3.9~14.7시간인 상태

에서 연료소비 비율은 항해 57.2~94.2% : 조업 5.8~42.8%, 약 5:1의 비율로 항해에서 대부분 연료를 소비하였다. 조업시간당 연료소비량은 4.9~14.6ℓ 로 평균 9.2ℓ 이었다. 보통 MH燈 (120kW)의 선박이 약 500ℓ 소비하는 것과 비교하면 매우 적은 양을 소비하는 것으로 나타났다.

LED燈 선박인 해송호와 그 부근에서 조업하는 MH燈 선박의 오징어 어획량을 Table 3에 나타내었다. 어획량에는 손납시와 자동조획기의 어획량으로 구분하였다. LED燈 선박의 매회 어획량은 최소 12마리에서 최대 1,640마리로 어획량 변동이 컸으며, 평균 652마리였다. 그 중에 자동조획기로 평균 547마리, 손납시로 평균 105마리를 어획하여, 자동조획기로 어획한 마릿수가 손으로 어획한 것보다 약 5.2배 많았다. 10척의 대조선박인 MH燈 어선의 경우도 최소 40마리에서 최대 4,800마리로 어획량의 변동이 컸으며, 평균 2,055마리였다. 그 중에 자동조획기로 평균 946마리, 손납시로 평균 1,108마리를 어획하여, 실습선의 경우와 달리 손으로 어획한 마릿수가 자동조획기로 어획된 것보다 약 1.2배 많았다. 따라서 LED燈 총광력 10.8kW 또는 21.3kW로

Table 2. Fuel consumption level of the voyage and LED lighting of vessel, Haesong-ho. The rate of the voyage and LED lighting is given in brackets

Date	LED vessel			
	Haesong-ho			
	Fuel consumption (ℓ)		Fishing hours	Fuel consumption rate (ℓ/h)
	Voyage	LED lighting		
2009. 6.24-6.25	101.6 (57.7%)	74.4 (42.3%)	9.7	7.7
6.25-6.26	127 (57.2%)	95 (42.8%)	9.7	9.8
6.27-6.28	159 (67.3%)	77.2 (32.7%)	8.9	8.7
7.13-7.14	248 (65.1%)	133.1 (34.9%)	10.4	12.8
7.15-7.16	178.2 (72.6%)	67.1 (27.4%)	9.7	6.9
7.16-7.17	247.8 (62.9%)	145.9 (37.1%)	10.0	14.6
7.26-7.27	728 (93.8%)	48 (6.2%)	9.8	4.9
2010. 1.17-1.18	520 (84.0%)	99 (16.0%)	14.7	6.7
7.26-7.27	426 (80.5%)	103 (19.5%)	10.7	9.6
7.27-7.28	589 (94.2%)	36 (5.8%)	3.9	9.2
7.29-7.30	919 (91.6%)	84 (8.4%)	8.5	9.9
8.3-8.4	1,019 (92.3%)	85 (7.7%)	8.7	9.8
Total	5,262.6	1,047.7	114.7	
Average				9.2

Table 3. Number of squid caught on the automatic jigging machine and hand line fishing of two different fishing lamp vessel, LED vessel and MH vessel in 2009~2010

LED vessel												MH vessel																						
Haesong-ho				A			B			C			D			E			F			G			H			I			J			
Date	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	
2009.																																		
6.15-6.16	390	50											372	868	1240																			
6.18-6.19	594	20	614													460	0	460																
6.22-6.23	1220	400	1620							1460	1460	2920																						
6.24-6.25	776	250	1026				1544	2316	3860	600	1300	1900																						
6.25-6.26	660	140	800																1570	1570	3140													
6.27-6.28	428	140	568																															
7.13-7.14	706	20	726																															
7.15-7.16	174	240	414				760	760	1520																									
7.16-7.17	134	0	134																			420	980	1400										
7.26-7.27	272	38	310				400	600	1000																									
2010.																																		
1.17-1.18	1,640	0	1,640	3,360	1,440	4,800	180	260	440																									
7.26-7.27	140	0	140																															
7.27-7.28	12	0	12																										40	0	40			
7.29-7.30	460	140	600	1360	2040	3400																												
8.3-8.4	600	140	740																													1020	2380	3400

AJM: Automatic Jigging Machine, HF: Handline Fishing, MH: Metal Halide

Fig. 4. Comparison of squid quantity between hand line and one line of automatic jigging machine for the LED vessel and MH vessel.

Fig. 5. Comparison of squid quantity per automatic jigging machine between LED fishing lamp and MH fishing lamp.

어획한 실습선의 평균어획량은 약 120kW의 MH燈으로 어획한 대조어선의 약 31.7%로 저조하였다. 어획된 표본 오징어의 외투장 범위는 14~26cm (평균 21.8cm)이었다.

한편, 자동조획기와 손낚시의 어획량에 대하여 Table 3에서는 단순히 비교하였지만 Fig. 4와 같이 자동조획기의 2개 물러 중 1개 물러의 낚싯줄에 어획된 마릿수와 1인당 손낚시 마릿수를

비교하였다. LED燈 선박의 어획량은 손낚시와 자동조획기에서 133마리 이하지만 MH 어선의 어획량은 손낚시로 463마리, 자동조획기로 120마리까지 어획하였다. LED燈 선박에서 손낚시와 자동조획기의 어획비율은 50.8% : 49.2%이었으나 MH燈 어선의 경우는 86.4% : 13.6%로 특히 MH燈 어선은 손낚시의 어획비율이 높기 때문에 사람이 기계보다 어획능력이 높다고 할 수 있다.

또한 LED燈 선박과 MH燈 어선의 자동조획기 1대당 어획량의 비교를 Fig. 5와 같이 나타내었다. 15회 조업에서 자동조획기에 의한 어획량은 LED燈 선박이 MH燈 선박보다 4회 조업을 제외한 나머지 조업에서 비슷하거나 많이 어획하였다.

고 찰

오징어채낚기어선의 연료소비는 선박 또는 기관의 크기, 운항일수, 입항지와 어장간의 거리 등에 따라 항해 연료비의 차이가 클 것이고, 조업하는데 사용되는 연료비는 조업시간 즉 여름철과 겨울철 낮과 밤의 길이, 어장상태 등에 따라 달라질 것이다. An and Jang (2011)에 따르면 오징어채낚기어선의 어업비용 중 연료비가 차지하는 비율이 어획금액에서 29.0~43.8%, 총경비에서 32.8~47.3%, 직접경비에서 53.4~70.4%인 것으로 보고하고 있다. 또한, Yamashita et al. (2011)는 MH 50燈 (160kW)과 LED燈 (159kW)을 사용하여 출항에서 귀항까지 소비한 연료소비의 평균치가 966.8ℓ 이고 그 가운데 조업 중의 연료소비량이 597.6ℓ 로 약 60%라고 보고하였다. LED燈만을 점등한 경우에는 MH 50燈과 LED燈을 병용 사용한 경우보다 1시간당 63%를 절약할 수 있었다고 하였다. 본 연구에서도 출항에서 귀항까지 소비한 총 연료소비량이 5,262.6ℓ 이고 그 가운데 조업 중의 연료소비량이 1,047.7ℓ 로 약 19.9%이고 조업시간당 연료소비량은 평균 9.2ℓ 로써 LED燈에 의한 연료소비량은 분명히 절약되지만 구체적으로 얼마나 절약

되는지에 대해서는 앞으로 MH燈과의 비교실험이 더욱 필요하다.

LED燈만에 의한 총 어획량은 타 연구에서의 MH燈보다 적었다 (Bae et al., 2009; An and Jeong, 2011; Yamashita et al., 2011). 본 연구에서도 Table 3과 같이 LED燈에 의한 어획량이 MH燈의 31.7%밖에 어획하지 못하였는데, 이는 실습선과 어선의 차이로서 Fig. 3과 같이 아마추어와 프로와 같은 선원의 손낚시에 의한 차이와 LED燈에 의한 광력이 미치는 영역이 MH燈에 의한 광영역보다 작기 때문이라고 생각된다. 집어등의 변천과정을 보면 집어등의 어획능력은 광력변화라고 할 수 있는데, LED燈의 어획능력도 어느 정도 광력이 필요하다. 집어등의 광력 증가는 어획대상어종을 집어할 수 있는 광영역을 확대하는 것이라고 판단된다. 따라서 LED燈의 어획능력을 향상시키기 위해서는 LED燈의 광영역을 크게 하는 것이 중요한데, 이를 위하여 초기 LED燈은 오징어 눈의 감도가 우수하고 깊은 수심까지 투과성이 높은 청색 LED를 주로 사용하였다. 그러나 아직까지 청색 LED燈의 집어능력이 우수하다고 할 수 없으며, 집어등기구의 방열능력과 LED 반도체소자도 발전과정에 있기 때문에 LED燈의 광력을 갑자기 높일 수 없는 실정이다. 본 연구에서 2010년 시험조업에서 2009년보다 10.5kW 광력을 증가시켰지만 어획량이 변화하였다고 볼 수 없었다. 그 이유는 매년 오징어 자원량의 변동, 광력 조건, 어장선택 등 어획에 미치는 요소가 다양하므로 단기간에 파악하기 어렵기 때문이며, 향후 LED燈의 광력에 따른 어획효과에 대한 추가적인 규명과 수중 조도분포 조사도 필요하다.

오징어채낚기 선박의 어획은 손낚시와 자동조획기로 하는데 Table 3과 Fig. 4와 같이 실습선 해송호의 경우는 오징어 채낚기전용선박도 아니고 승조원도 경험이 부족하기 때문에 주로 자동조획기로 어획하였다. 그 반면에 MH燈 선박은 손낚시로 많이 어획하였으며 자동조획기로

많이 어획한 경우에는 특히, 어획수심이 110~120m로 깊은 겨울철이었다 (An and Jeong, 2011). 보통 6~9월경에는 오징어어군이 표층까지 넓게 분포하며 주간에도 어획하기도 하는 등, 이 시기는 손낚시가 유리한 것으로 판단된다. 그렇지만 선진국과 같이 앞으로 어업인 부족으로 자동조획기에 더욱 의존할 것으로 판단되며 이를 위해서는 자동조획기가 손낚시보다 어획능력이 높아지도록 개선되어야 할 것으로 생각된다. 오징어 총 어획량은 MH燈 선박이 많았지만 Fig. 5와 같이 자동조획기 1대당 어획마리수는 LED燈 선박이 많은 것으로 나타났는데 이는 LED燈의 어획가능성을 보여주며 또한 자동조획기 숫자의 영향이 컸기 때문이라고 생각된다.

이상과 같이 LED燈의 어획성능은 아직까지 MH燈보다 낮기 때문에 어업인이 만족할 수 없다고 판단되며, 앞으로 오징어채낚기어선에서 LED燈의 집어능력을 높이기 위한 성능개선이 필요하며 또한 집어된 오징어를 선상으로 많이 어획할 수 있도록 LED 집어등에 적합한 낚시에 대한 개선도 필요하다고 판단된다.

결 론

강원도립대학 실습선을 이용하여 LED燈의 개선에 따른 오징어의 어획성능을 조사하였다. 실습선인 해송호 (24톤)는 정격 소비전력 150W의 LED燈 72개 (10.8kW)을 설치하고 2009년 6월 15일~7월 27일 사이에 어획성능과 연료소비량 조사를 10회 수행하였고, 300W의 LED燈 71개 (21.3kW)를 설치하여 2010년 1월 17일~8월 4일 사이에 5회 조사를 수행하였다. 이 때 LED燈에 의한 어획성능을 비교하기 위하여 동일 시기와 어장에서 조업하는 대부분 120kW의 MH燈으로 조업하는 대조어선의 어획량을 조사하였다. 해송호의 조업 중의 연료소비량은 총 연료소비량 5,262.6ℓ 중 약 19.9%인 1,047.7ℓ 이고 조업시간당 연료소비량은 평균 9.2ℓ 이었다. LED燈 선박의 매 회 어획량은 12~1,640마리로 평균

652마리였고, 10척의 대조선박인 MH燈 어선은 40~4,800마리를 어획하여 평균 2,055마리였다. 오징어 어획은 손낚시와 자동조획기로 하는데, 1인당 손낚시와 자동조획기 1개 물러의 낚싯줄에 어획된 마리수는 LED燈 선박에서 손낚시와 자동조획기의 어획비율 50.8% : 49.2%이었으나 MH燈 어선의 경우 86.4% : 13.6%로 특히 MH燈 어선은 주로 손낚시로 어획하였다. 한편, 자동조획기 1대당 어획량의 비교에서는 LED燈 선박이 MH燈 선박과 비슷하거나 많이 어획하였다. 따라서 LED燈에 의한 어획가능성은 보여주었지만 총 어획량에서 MH燈보다 낮기 때문에 앞으로 더욱 LED燈의 집어능력을 높이기 위한 성능개선이 필요하다고 판단된다.

사 사

본 연구는 지식경제부 에너지자원기술개발사업 중대형과제 (2007-E-CM11-P-13-0-000)로 수행되었으며, 본 논문을 위하여 자료 수집과 정리에 도움을 준 장웅정 연구원과 강원도립대학 해송호 승조원에게 고마움을 표하는 바입니다. 또한 자료를 제공 해 주신 채낚기 연합회의 어업인과 수산업협동조합 등에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- An, Y.I., H.G. Jeong and B.M. Jung, 2009. Behavioral reaction of common squid *Todarodes pacificus* to different colors of LED light. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45 (3), 135-143.
- An, Y.I. and U.J. Jang, 2011. Analysis of management situation for squid jigging fisheries. Journal of Gangwon Provincial college, 14, 1-11.
- An, Y.I. and H.G. Jeong, 2011. Catching efficiency of LED fishing lamp and behavioral reaction of common squid *Todarodes pacificus* to the shadow section of color LED light. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 47 (3), 183-193.
- 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 ED lamp for jigging and angling boat. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45 (2), 85–95.
 - Bae, B.S., H.C. An, K.J. Kwon, S.W. Park, C.D. Park, and K.H. Lee, 2011. Design and performance estimation of fish-luring system using the water cooling typed LED lamp. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 47 (2), 79–87.
 - Inada, H. and T. Arimoto, 2007. Trends on reseach and development of fishing light in Japan. J. Illum. Engng. Inst. Jpn., 91 (4), 199–209.
 - Okamoto, K., 2006. Novel application of high-power LED panels in fishery, medicine and optical communication, International LED Expo 2006, Kintex, Korea LED & Semiconductor Lighting Seminar, p. 80.
 - Yamashita, Y., Y. Matsushit and T. Azuno, 2011. Catch and energy-saving performances of LED and metal halide lamps equipped small squid jigging boats. Report of the 2010 annual meeting on squid resources, pp. 22–26.
 - Yamashita, Y., Y. Matsushita and T. Azuno, 2012. Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps. Fisheries Res., 113, 182–189.
-
- 2012년 7월 5일 접수
2012년 8월 6일 1차 수정
2012년 8월 13일 1차 수정
2012년 8월 16일 수리