

대용량 (360W급) LED 집어등의 오징어 어획성능

안 영 일*

강원도립대학 해양경찰과

Fishing efficiency of high capacity (360W) LED fishing lamp for squid *Todarodes pacificus*

Young-II AN*

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

This study was conducted to investigate the fishing efficiency of an improved LED fishing lamp for squids. A total of 31 fishing operations were carried out with six-crew commercial fishing vessel Haengbok-Ho (24 tons) on which 43.2kW LED was installed, along with 14 automatic jigging machines, from October 6 to November 16, 2012. The 19 fishing vessels with Haengbok-Ho were compared with a control subject was 24 tons or 29 tons. A total illuminating power of metal halide (MH) fishing lamps in the control fishing vessel was either 84kW or 120kW. The number of automatic jigging machines in the control vessels was 8-18 and the number of crews engaged for fishing operation was 3-13. Average fuel consumption of LED fishing vessels during fishing operation was 505.1l which led to an average fuel consumption of 42.7l per hour. LED fishing vessel and MH fishing vessel caught on an average 1,946 squids and 2,439 squids, respectively, during the study period. Crews (hand line and hand reel) caught about 2.2 times the automatic jigging machines for LED fishing vessel and about 2.1 times for MH fishing vessel. Meanwhile, catches by the fishing vessels with LED in the combined total number per one line of automatic jigging machine and per crew were 86.6% of that of the control fishing vessel with MH. Also, fishing vessels with LED per automatic jigging machine achieved 71.8% of catches of that with MH fishing lamp. The catches of squids per the fishing vessel with 1W LED fishing lamp were higher by more than 135.5% of that in the fishing vessel with MH, which showed a good fishing performance even with only the use of a LED fishing lamp.

Keywords : Fishing efficiency, 360W LED fishing lamp, Squid, MH fishing lamps, Fuel consumption

서 론

수산업은 대표적인 에너지 과다 소비산업이라 할 수 있으며 특히 오징어 채낚기어업은 어획량 대비 유류 소비량이 많은 편이다 (Tyedmers, 2004; Tyedmers et al., 2005). 오징어 채낚기어업은 전체 집어등의 광량을 지속적으로 높여 왔고, 이로 인한 소비 전력도 증가되어 연료 소비량의 증가로 이어지고 있으며, 최근 원유 가격의

상승으로 경영에 어려움을 겪고 있다 (An and Jang, 2011). 이러한 상황에서 집어등 (LED 燈)은 고효율 에너지 등 (燈)으로서 크게 주목받았다가 관심이 점점 낮아지거나 담보 상태에 있는데, 그 이유는 기존 집어등과 비교하여 다소 어획량이 떨어지기 때문이다. 그러나 에너지 절약과 지구 온난화 추세 등을 감안하면 메탈할라이드 집어등 (MH 燈)에서 LED 등으로 대체하는 것이

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

대세일 것이다 (Bae et al., 2011; An and Jeong, 2011; Yamashita et al., 2012).

LED 등에 대한 연구는 2000년 초부터 행하여 왔는데 (Inada and Arimoto, 2007; Bae et al., 2008; An et al., 2009; Shikata T. 2010), 초기에는 LED 등의 파장에 대한 연구 (Bae et al., 2008; An et al., 2009)가 많았고, 최근에는 파장보다 광력을 중시하고 있으나 (Bae, et al., 2011; Yamashita, et al., 2012; An and Jeong, 2012; An, 2013), 어선의 복원력, 취급 및 방열의 어려움 등으로 LED 등의 광력이 MH 등의 1/4을 초과하지 못하고 있다. 또한 어선의 기존 집어등이 설치된 공간이 한정되어 있기 때문에 LED 등의 설치 숫자도 제한된다. 그럼에도 불구하고 에너지 소비, 환경, 전구의 수명 측면에서 LED 등의 우수한 특성이 있기 때문에 기존 집어등의 광력 제한보다 낮은 LED 등 광력으로도 MH 등을 대체할 필요가 있다. 일반적으로 어선의 집어등 광력이 낮으면 어획량도 감소하게 되는데 이를 보완하기 위한 연구도 행하여지고 있다 (An and Jang, 2013).

따라서, 이 연구에서는 상업어선인 행복호를 대상으로 개선된 LED 등의 어획성능을 MH 등과 비교·조사하여 실용화를 위한 자료도 제공하고자 한다.

장치 및 방법

이 연구의 조사 어선은 오징어 채낚기어선 행복호 (24톤)로서 Table 1과 같이 집어등으로 광효율 82 lm/W (MH 등 1.03 lm/W), 정격 소비 전력 360W급 LED 등 120개 (총 광력 43.2kW)를 설치하였고 자동 조획기는 14대였으며, 선원 6명이 승선하여 오징어를 어획하였다. 어획은 자동 조획기와 손낚시로 하였고 조업시기는 2012년 10월 6일에서 11월 16일 사이에 총 31회 조업하였다. 자동 조획기의 낚시는 개발한 은백색 낚시 (An and Jang, 2013)를 사용하였다. 조사 어선과 비교하기 위한 대조

어선은 조사 어선이 입항한 날짜와 동일 항구 및 날짜에 입항한 어선으로서 조사 어선과 같은 24톤 또는 29톤의 어선을 선정하였다.

MH 등을 총 광력 84kW 또는 120kW으로 조업하는 대조 어선은 Table 1과 같이 A-S의 19척 어선이고, 자동 조획기 수는 8-18대이며, 선원은 3-13명이었다.

오징어 어획시험조업 과정에서의 연료 소비량 조사는 이전 연구 (An and Jeong, 2012)에서와 같이 오벌 (oval) 유량계 (Dong Yang, DYFM-X)를 Fig. 1과 같이 기관실에 설치하여 행하였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다.

집어등의 어획성능을 비교하기 위하여 LED 등의 조사 어선과 MH 등의 대조 어선의 어획자료를 1박 2일의 일일 어획자료로 환산하여 Table 3에 나타내었다. 대조 어선의 경우 행복호의 선장이 선정한 어선의 일일 어획자료와 수산업협동조합의 위판실적 자료를 분석하였다. 어획성능의 분석은 일일 어획량, CPUE-I (자동 조획기의 낚시 1줄 및 선원 1인당 어획량) CPUE-II (자동 조획기의 1대당 어획량)로 하였다.

LED 등은 Fig. 2와 같이 사분구방사형이 되도록 흰색



Fig. 1. The Installed flowmeter in the engine room of Haengbok-ho.

Table 1. Principal particulars of the MH vessels (A-S) and LED vessel of Haengbok-ho

Items	LED vessel	MH vessel																					
	Haengbok-ho	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			
Gross tonnage	24	29	42	24	29	29	24	29	24	24	29	24	29	24	24	29	29	29	24	29			
Number of crew	6	7	6	7	7	7	13	5	6	7	7	5	6	6	6	3	6	5	7	6			
Number of automatic jigging machine	14	14	16	14	14	14	8	14	14	14	16	14	14	14	14	18	14	14	13	14			
	Type	LED (360W) ←-----→ MH (1500W) -----→																					
Fishing lamp	Number of lamp	120	←-----→														80	-----→				56	56
	Electric power (kW)	43.2	←-----→														120	-----→				84	84



Fig. 2. Photograph of LED fishing lamps at the experimental squid jigging vessel (24tons).

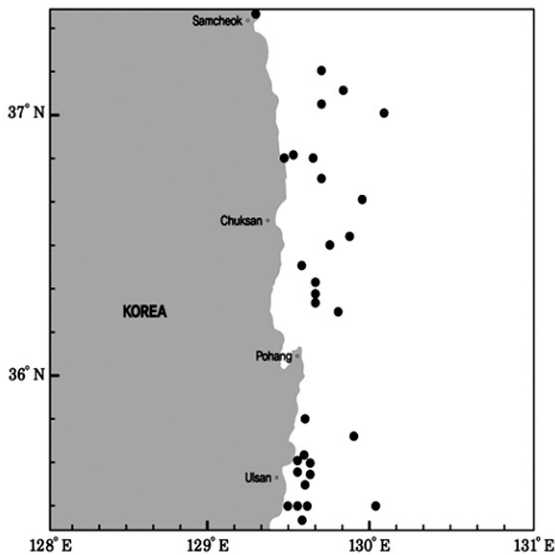


Fig. 3. Location of squid jigging operation sites for the LED vessel of Haengbok-ho off east coast of Korea in 2012.

패키지를 사용하였는데, 60W급 모듈 (module)을 빛을 비추는 방향이 다른 3면을 상하 2단으로 부착하여 방열판과 일체형으로 만들었다. 수평배광은 180°가 되도록 좌우 모듈은 60°의 기울기로 부착하고 수직배광은 90°가 되도록 하단 모듈을 20° 기울기로 부착하였다. 이와 같은 구조로 된 집어등은 어선에서 수면 방향으로 10°의 기울기로 설치하였다.

조업 위치는 Fig. 3과 같이 울산 인근해로부터 속초 연

근해까지의 동해 해역이었다. 오징어낚시의 수심은 자동 조획기로 설정한 수심이다. 한편, LED 등의 어획성능에 관한 조사결과에 대해서는 t-test를 실시하여 유의성 검증을 실시하였다.

결 과

오징어채낚기 시험조업은 Fig. 4와 같이 100-145m의 깊은 수심에서 행하였다. LED 등을 장착한 조사 어선의 어획량은 깊은 조업수심에도 불구하고 Table 3과 같이 MH 등을 장착한 대조 어선과는 큰 차이가 없었다.

LED 등을 장착한 조사 어선의 오징어 어획조업 과정에서의 연료 소비량은 Table 2에 나타내었다. 연료 소비에는 어장 이동하기 위해 항해하는 경우와 조업하는 경우로 나눌 수 있다. 조업시간이 10.0-14.2시간 (평균 11.9시간)인 상태에서 연료 소비율은 항해 37.0-72.2% : 조업 27.8-63.0%으로 약 1.1:1의 비율로서 조업에서의 평균 연료 소비량 505.1l은 항해 평균 연료 소비량 531.7l과 비슷하였다. 보통 MH 등 (120kW)의 어선이 약 500l 소비하는 것과 비슷하였다. 조업시간당 연료 소비량은 39.0-57.4l이고 평균 42.7l로서 An and Jeong (2011)의 4.2l, An and Jeong (2012)의 9.2l, An (2013)의 9.7l보다 많았다.

LED 등을 장착한 어선인 행복호와 그 부근에서 조업하는 MH 등을 장착한 어선의 오징어 어획량을 Table 3에 나타내었다. 매회 어획된 표본 오징어의 외투장은

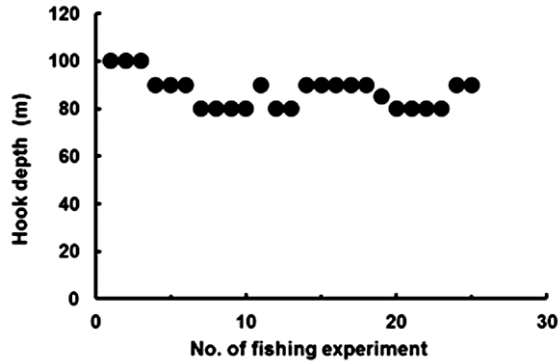


Fig. 4. Depth of squid hook during the fishing operation.

26–36cm (평균 31cm)이었다. 어획량은 손낚시와 자동 조획기에 의한 어획량으로 각각 구분하였다. LED 등 어선의 매획 어획량은 평균 1,946마리였으며, 최소 344마리에서 최대 4,060마리로 어획량 변동이 컸다. 그 중 자동 조획기로 평균 615마리, 손낚시로 평균 1,331마리를 어획하여, 손낚시로 어획한 개체수가 자동 조획기로 어획한 것보다 약 2.2배가 많았다. 19척의 대조 어선인 MH 등 어선의 경우도 평균 2,439마리였으며, 최소 560마리에서 최대 5,540마리로 어획량의 변동이 컸다. 그 중 자동 조획기로 평균 885마리, 손낚시로 평균 1,862마리를 어획하여, LED 등 어선의 경우와 같이 손낚시로 어획한 개체수가 자동 조획기로 어획한 것보다 약 2.1배 많았

Table 2. Fuel consumption level of the voyage and fishing operation with LED lighting of vessel, Haengbok-ho. The percentage of the voyage and fishing operation with LED lighting is given in brackets

Date	LED vessel		Fishing hours	Fuel consumption rate for fishing (l/h)
	Haengbok-ho			
	Fuel consumption (l)			
	Voyage	LED lighting		
2012. 10.6–10.7	600 (54.5%)	500 (45.5%)	11.2	44.6
10.7–10.8	500 (49.0%)	520 (51.0%)	12.3	42.2
10.8–10.9	400 (37.0)	680 (63.0)	14.2	48.0
10.9–10.10	550 (44.7)	680 (55.3)	12.2	55.9
10.10–10.11	650 (49.6)	660 (50.4)	11.5	57.4
10.11–10.12	300 (38.4)	481 (61.6)	12.2	39.6
10.12–10.13	400 (45.4)	481 (54.6)	12.2	39.6
10.13–10.14	400 (45.5)	480 (54.5)	11.0	43.6
10.14–10.15	700(60.9)	450 (39.1)	11.0	40.9
10.15–10.16	200 (29.4)	480 (70.6)	11.0	43.6
10.16–10.17	500 (52.1)	460 (47.9)	11.0	41.8
10.17–10.18	400 (47.1)	450 (52.9)	10.0	45.0
10.18–10.19	350 (42.2)	480 (57.8)	12.0	40.0
10.19–10.20	400 (45.5)	480 (54.5)	12.0	40.0
10.20–10.21	300 (38.5)	480 (61.5)	12.2	39.5
10.21–10.22	520 (52.0)	480 (48.0)	12.0	40.0
10.22–10.23	300 (40.0)	450 (60.0)	11.0	40.9
10.24–10.25	350 (42.2)	480 (57.8)	11.5	41.7
10.25–10.26	300 (38.5)	480 (61.5)	12.2	39.5
10.26–10.27	500 (50.0)	500 (50.0)	11.5	43.5
10.27–10.28	400 (44.4)	500 (55.6)	12.2	41.1
11.3–11.4	850 (63.0)	500 (37.0)	12.0	41.7
11.4–11.5	950 (65.5)	500 (34.5)	12.7	39.5
11.5–11.6	250 (33.3)	500 (66.7)	12.8	39.0
11.6–11.7	1030 (67.3)	500 (32.7)	12.8	39.0
11.7–11.8	700 (58.3)	500 (41.7)	12.7	39.5
11.8–11.9	300 (37.5)	500 (62.5)	12.5	40.0
11.9–11.10	750 (60.0)	500 (40.0)	11.2	44.8
11.14–11.15	800 (61.5)	500 (38.5)	10.5	47.6
11.15–11.16	1300 (72.2)	500 (27.8)	12.2	41.1
Total	15950	15152	355.4	
Average	531.7	505.1	11.9	42.7

Table 3. Number of squids caught with the automatic jigging machine and crew (handline+handreel) of two different fishing lamp vessel, LED vessel and MH vessel in 2012

Date	LED vessel									MH vessel												
	Haengbok-ho			A			B			C			D			E			F			
	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	
10.7-10.8	872	1308	2180	878	2049	2927	618	1442	2060													
10.9-10.10	1091	1939	3030	2148	5012	7160				669	1561	2230	984	2296	3280							
10.10-10.11	1260	1480	2740													1112	1668	2780				
10.12-10.13	546	1214	1760													928	1392	2320				
10.14-10.15	785	1525	2310																747	4743	2490	
10.16-10.17	553	1658	2211	1224	2856	4080																
10.17-10.18	586	1434	2020	486	1134	1620				434	1736	2170										
10.18-10.19	787	1753	2540	1662	3878	5540										1090	1090	2180				
10.19-10.20	1177	2883	4060	726	1694	2420																
10.21-10.22	455	1295	1750	824	1236	2060																
10.22-10.23	189	991	1180																			
10.24-10.25	300	1200	1500																			
10.26-10.27	629	1401	2030																			
11.4-11.5	183	457	640																			
11.6-11.7	315	525	840																			
11.9-11.10	110	234	344																			

Date	MH vessel																					
	G			H			I			J			K			L			M			
	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	
10.16-10.17	1750	3250	5000																			
10.17-10.18				500	1500	2000	453	1057	1510													
10.19-10.20										2196	5124	7320	2520	2520	5040							
10.21-10.22																356	534	890	822	1918	2740	
10.24-10.25																354	826	1180				

Date	MH vessel																				
	N			O			P			Q			R			S					
	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total			
10.21-10.22	552	1288	1840																		
10.22-10.23				432	648	1080	384	576	960												
10.26-10.27										544	816	1360	640	960	1600						
11.6-11.7																354	657	1010			
11.9-11.10																168	392	560			

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

다. 따라서 선원과 자동 조획기의 수에 따라 어획량에 미치는 영향이 있지만 LED 등의 조사 어선의 어획 평균치는 MH 등의 대조 어선의 약 79.8%에 달하였으며, 이것은 An (2013)의 78.7%와 비슷한 것으로 나타났다.

이와 같이 오징어 채낚기어선의 손낚시와 자동 조획기의 어획 결과에서 손낚시가 자동 조획기보다 약 2.1배 어획 효율이 높은 것은 사람과 기계의 어획 능력의 차이, 어획량에 대한 임금 분배 방식에 의한 의욕 등의 영향도 있을 것으로 판단된다.

한편, 1인당 손낚시와 자동 조획기의 낚시 1줄당 어획된 총마리수 (CPUE-I)에 대하여 Fig. 5와 같이 LED 등의 조사 어선과 MH 등의 대조 어선을 비교하였다. 조사

어선인 행복호가 조업한 날짜에 여러 척의 대조 어선이 조업한 경우에는 평균 어획량으로 비교하였으며, 9.77톤 어선의 어획량은 24톤의 행복호의 어획량과 근본적으로 차이가 있어서 제외하였다. LED 등 어선의 CPUE-I는 47~565마리였고 MH 등 어선의 CPUE-I는 77~635마리였다. 그림에서 대각선을 기준으로 오징어 어획량이 MH 등 어선 쪽에 약간 많이 분포한 것으로 나타났다으나, t-test를 수행한 결과 유의차는 없었다 (p>0.05). 그렇지만 LED 등 어선의 평균 어획량 278마리는 MH 등 대조 어선의 평균 321마리에 86.6%에 달했다.

또한 LED 등의 조사 어선과 MH 등의 대조 어선의 자동 조획기 1대당 어획량 (CPUE-II)의 비교를 Fig. 6과 같

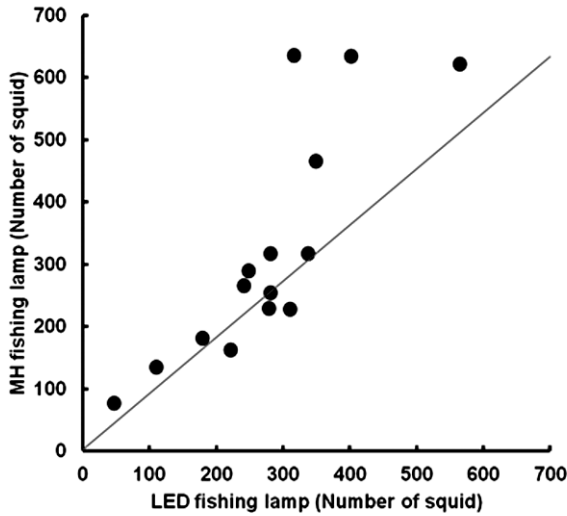


Fig. 5. Comparison of catch of squid between LED vessel and MH vessel, in comparison of the combined total number per one line of automatic jigging machine and per crew.

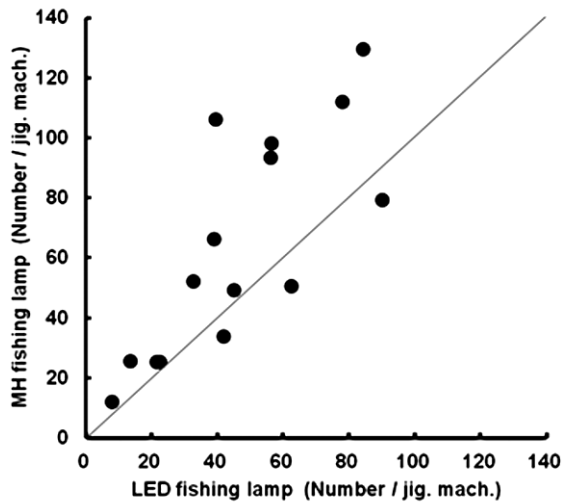


Fig. 6. Comparison of catch of squid per automatic jigging machine between LED vessel and MH vessel.

이 나타내었다. MH 등 어선이 많이 어획하여 MH 등 어선쪽에 많이 분포하였으며, t-test를 수행한 결과 유의차가 있었다 ($p < 0.05$). LED 등의 총 광력 43.2kW인 조건에서 CPUE-Ⅱ의 평균 (46마리)은 84.kW 또는 120kW의 MH 등의 조건에서 어획한 대조 어선 (64마리)의 71.8%에 달했다.

MH 등의 대조 어선에 대한 조사 어선의 어획량 비교 방법에 따라 달성도 (%)가 다르지만 CPUE-Ⅱ의 달성도가 100%정도 되어야 어업인이 만족할 것으로 판단되

로, 앞으로도 지속적으로 LED 등의 LED 등의 성능 개선이 있어야 할 것으로 생각된다.

고 찰

LED 등의 어획성능에 관한 연구로서, 이전 연구 (An, 2013)에서는 300W의 LED 등을 장착한 조사 어선의 어획비율이 MH 등 대조 어선 대비 약 1/4의 광력으로 61.1%였고, 360W의 LED 등을 장착한 조사 어선의 경우는 73.1%였다. 이번 연구에서도 360W의 LED 등을 장착한 조사 어선이 MH 등 대조 어선에 대비하여 약 1/2.8의 광력으로 86.6%로서, LED 등의 개선에 따라 어획성능이 점차 좋아지고 있다고 판단된다.

한편, LED 등이 MH 등과 비교했을 때, 가장 큰 장점은 유지 비용이 적게 들고, 반영구적인 수명과 함께 소비 전력을 절약할 수 있다는 점이라 할 수 있다. 그 외 자외선을 방출하지 않으므로 어업인의 건강에 위협적인 요소도 줄일 수 있게 된다. 그렇지만 열이 발생하지 않으므로 겨울철 조업의 추위 극복에 어려움이 있고, 집어등 조명설비의 비용이 MH 등보다 많이 든다는 단점이 있다. MH 등에 대한 조명설비에는 초기 설비비, 연간 고정비, 연간 보수비로 나눌 수 있는데, 초기 설비비는 조명기구, 집어등전구 및 안정기의 가격이고, 연간 고정비는 감가상각비이며, 연간 보수비는 연간 조명기구 교환율, 집어등 교환율, 안정기 교환율 및 이들 보수를 위한 인건비 등이다 (Choi, 2007).

연료비는 항해 연료비와 조업 연료비로 나눌 수 있는데, 항해 연료비는 어장 위치와 어획 노력량에 좌우되므로 어선별로 차이가 있다. 조업 연료비는 발전기의 용량과 조업시간에 비례한다. Jung et al. (2013)에 의하면, MH 등의 조업에 의한 일평균 유류 사용량은 1,686l (항해용 434l, 조업용 1,252l)로서 일평균 유류비는 1드람에 18만원으로 가정하면 1,517천원이며, Table 3에 의한 일평균 어획량은 2,439마리이다.

초기 설비비로서, 램프만의 가격은 1.5kW 기준 약 4.5만원이다. 20톤급 어선을 기준으로, 120kW의 소비 전력을 내려면 램프의 수명이 6개월, 램프의 개수가 80개로서 연간 720만원이 소요된다. 그리고 MH 등의 안정기 가격은 40만원으로 40개가 소요되므로 1,600만원이 소요된다. 조명 기구비는 소켓 1.5만원/개으로서 120만원, 전선비 200만원 등으로 400만원이 소요된다. 따라서 MH 등으로 집어등을 구성할 시 초기 설비비는 총 2,720

만원의 비용이 소요된다고 할 수 있다.

연간 고정비는 연간 감가상각계수에 초기 설비비를 곱한 것으로 나타낼 수 있는데, Choi (2007)은 감가상각계수를 연간 18%로 추정하였다. 연간 보수비는 연간 집어등 교환율과 안정기 교환율, 조명기구의 교환 및 보수를 위한 인건비로 구성되는데, 보통 조명기구의 교환은 선원이 행하므로 인건비는 고려하지 않았다. 집어등과 안정기의 수명이 있는데, 이 또한 어선별 집어등 사용시간에 좌우되므로 고려하지 않았다.

한편, LED 등의 설치에 따른 비용은 다음과 같이 산출할 수 있다. 이 연구에서 사용한 조사 어선인 행복호와 같이 24톤 오징어채낚기 어선의 경우에 1.5kW-MH 등을 80개 사용하지만, LED 등의 경우에는 설치 공간 등을 고려해서 120개 사용하였는데, 1개당 가격이 120만원이므로, 총 14,400만원이 된다. 그 외에도 LED 등을 제어하는 배전반 비용이 300만원이고 조명 기구비로 전선 200만원, 인건비 240만원 등으로 440만원이 소요된다. 따라서 LED 등의 초기 설비비는 15,140만원이며, MH 등의 초기 설비비보다 약 5.6배 추가비용이 발생한다.

그러나, 현재의 집어등을 LED 등으로 교체한다면 추가 발생 비용 12,420만원을 회수하는 기간은 다음과 같이 추정할 수 있다. Table 2에 의한 행복호의 일평균 유류 사용량이 1,036.8l (항해용 531.7l, 조업용 505.1l)이고 일평균 유류비는 1드럼에 18만원으로 가정하면 약 933천원 (항해용 479천원, 조업용 454천원)이며, 일평균 어획량은 Table 3에서 1,946마리로서 활어 1마리 2천원으로 가정하면 3,892천원이 된다. 연간 고정비와 보수비는 비교 대상에서 제외하였고, 유류 소비량에서 항해용은 LED 등의 설치 여부와 관계없이 동일한 조건이므로 조업용만을 고려하였다. MH 등 대비 LED 등에 의한 일평균 유류 절감량은 746.9l 이므로 1드럼에 18만원이면 67.2만원을 절약할 수 있다. 오징어 채낚기어선의 연간 조업 중 오징어를 대상으로 조업하는 일수는 180일로 추정되어 (An and Jang, 2011) 연간 조업일수를 180일로 가정한다면 연간 유류 절감액이 12,096만원이다. 일일 어획량 감소는 Table 3에서 MH 등이 2,439마리와 LED 등이 1,946마리이므로 493마리가 되며, 연간 180일 조업, 2천원/마리로 간주하면 LED 등의 교체에 의한 어획고 감소는 17,748만원이 된다. 따라서 MH 등을 LED 등으로 대체하는 데 따라 추가되는 초기 설비비 12,420만원의 회수기간은 어획량 감소와 유류비절감을 고려하

면 약 2.5년으로 추정된다. 그러나 매일 유류비와 활어 가격이 변동할 뿐만아니라 오징어자원도 변동하므로 정확하게 파악하기 어려운 실정이다.

한편, 집어등을 MH 등에서 LED 등으로 대체하였을 때의 이산화탄소 (CO₂) 절감효과에 대하여 검토하면, 집어등 용량이 120kW에서 43.2kW로 줄어든 약 76.8kW는 조업용 유류 절감량은 746.9l로서 연간 조업일수를 180일로 가정하면 연간 절감한 유류 소비량은 134,442l 이 된다. 이를 에너지기본법 제5조 제1항 (<http://law.go.kr>)과 이산화탄소 배출량 계산시에 IPCC ((UN) 기후변화에 관한 정부간 협의체)가 순발열량을 적용하도록 권고하고 있으므로, 경우 35.4MJ의 에너지 열량환치를 적용하면 (<http://www.ketep.re.kr>) 4,759,246.8 MJ이 되고, CO₂ 배출계수 0.0741kg/MJ로 환산 적용하면 연간 352,660kg의 CO₂를 절약하는 효과가 있다. 또한 이를 연간 평균 삼나무 1그루의 CO₂ 흡수량 약 14kg (Ministry of the Environment, 2002)을 적용하면 25,190그루에 해당하는 효과가 있다.

앞으로 MH 등 어선의 기관을 LED 등으로 전환하면 조업시 연료 소모량과 CO₂ 배출량을 더욱 감소시킬 수 있게 되므로 LED 등의 효과는 경제적인 측면과 환경적인 측면에서 더욱 높아질 것이다.

결 론

LED 등의 개선에 따른 오징어의 어획성능을 조사하기 위하여 상업어선인 행복호 (24톤)에 360W급 LED 등 120개 (43.2kW)를 설치하고, 자동 조획기 14대, 선원 6명으로 2012년 10월 6일에서부터 11월 16일 사이에 총 31회 조업하였다. 조사 어선과 비교하기 위한 19척의 대조어선은 조사 어선과 같은 24톤 또는 29톤이며, 총 광력 84kW 또는 120kW의 MH 등과 8-18대의 자동 조획기를 갖추고 있고, 선원은 3-13명이었다.

LED 등을 장착한 조사 어선의 조업시간당 평균 연료 소비량은 42.7l로서 연료 소비량이 높았다. 이것은 LED 등의 용량보다 큰 기관을 사용하기 때문이며, 어선의 기관을 LED 등 전용으로 전환하면 연료 소모량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

LED 등의 조사 어선과 MH 등의 대조 어선의 어획량은 손낚시가 자동 조획기보다 각각 약 2.2배와 약 2.1배 많이 어획한 것을 알 수 있는데 선원의 감소와 노령화에 대비하여 자동 조획기의 개선과 오징어낚시의 개선이

필요하다고 판단된다. 한편, 1인당 손낚시와 자동 조획기의 낚시 1줄당 어획된 총 마리수 비교에서 LED 등 조사 어선의 어획량은 MH 등 대조 어선의 86.6%에 달했고, 자동 조획기 1대당 어획량의 비교에서는 MH 등 대조 어선의 71.8%에 달하였다.

이러한 결과에서 볼 때, LED 등의 개선이 더욱 필요하다고 할 수 있으나 집어등 1W 당 어획량은 LED 등 조사 어선이 MH 등 대조 어선의 135.5%이상이므로 개선된 LED 등만으로도 어획성능이 경제적 관점에서 좋은 것으로 평가된다.

사 사

본 연구는 지시경제부 에너지자원기술개발사업중대형과제 (2010-2010-10103B)로 수행되었으며, 본 논문을 위하여 한국에너지기술연구원의 고 정봉만 박사, 참여기업 SRC(대표 박년수)에게 감사드리며, 자료 수집과 정리해 준 장웅정 연구원, 오징어 채낚기어선 행복호의 승조원에게 고마움을 표하는 바입니다. 또한 자료를 제공 해 주신 채낚기 연합회의 어업인과 수산업협동조합 등에도 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

An YI, Jeong HG and Jung BM. 2009. Behavioral reaction of common squid *Todarodes pacificus* to different colors of LED light. *J Kor Soc Fish Technol* 45, 135 – 143.

An YI and Jang UJ. 2011. Analysis of management situation for squid jigging fisheries. *Journal of Gangwon Provincial college* 14, 1-11.

An YI and Jeong HG. 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 Technol* 47, 183 – 193.

An YI and Jeong HG. 2012. Fishing efficiency of LED fishing lamp for squid *Todarodes pacificus* by training ship. *J Kor Soc Fish Technol* 48, 187 – 194.

An YI and Jang UJ. 2013. Development of the silver-white decoy

for squid automatic jigging machine and fishing performance. *J Kor Soc Fish Technol* 49, 208 – 217.

An YI. 2013. Fishing efficiency of LED fishing lamp for squid jigging vessels. *J Kor Soc Fish Technol* 49, 385 – 394.

Bae BS, Jeong EC, Park HH, Chang DS and Yang YS. 2008. Behavioral characteristic of Japanese flying squid *Todarodes pacificus* to LED light. *J Kor Soc Fish Technol* 44, 294 – 303.

Bae BS, An HC, Kwon KJ, Park SW, Park CD and Lee KH. 2011. Design and performance estimation of fish-luring system using the water cooling typed LED lamp. *J Kor Soc Fish Technol* 47, 79 – 87.

Choi SJ. 2007. Rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis, Tokyo Univ of Fisheries, Japan, p. 92 – 110.

Inada H and Arimoto T. 2007. Trends on research and development of fishing light in Japan. *J Illum Engng Inst Jpn* 91 (4), 199-209.

Jung BM, Choi WG, Lim JG and An YI. 2013. Development of the Optimal LED Fishing Lamp System. Research report, Ministry of Knowledge Economy, 70 – 77.

Ministry of the Environment 2002. Absorption source countermeasures of green for prevention of global warming, Japan.

Shikata T. 2010. Light fishing: re-innovation of technology and management. Inada H, Arimoto T, Nagashima N and Iida K, ed. *Kouseisha-kouseikaku*, Tokyo, Japan, 121 – 133.

Tyedmers P. 2004. Fisheries and energy use. *Encyclopedia of Energy*. Cleveland C, ed. Elsevier, Amsterdam, 2, 683-693.

Tyedmers PH, Watson R and Pauly D. 2005. Fueling global fishing fleets. *Ambio* 34 (8), 635 – 638.

Yamashita Y, Matsushita Y and Azuno T. 2012. Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps. *Fisheries research* 113, 182 – 189.

<http://law.go.kr/lInfoP.do?lsiSeq=75417#AJAX>

<http://www.ketep.re.kr/home/include/download.jsp?fileSID=6768>

2014. 7. 22 Received

2014. 8. 8 Revised

2014. 8. 12 Accepted