

오징어 채낚기어선용 LED 집어등의 어획성능

안 영 일*

강원도립대학 해양경찰과

Fishing efficiency of LED fishing lamp for squid jigging vessels

Young-II AN*

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

This study has conducted a comparative analysis on the fishing efficiency of LED fishing lamps by squid jigging vessels, the Yeongrak-ho (16 tons) and Somang-ho (9.77 tons), which operated during September and October 2010 and during October 2011, comparing with MH (Metal Halide) fishing lamp-equipped fishing vessels. This study has also examined vessel's fuel consumption level. The light powers of LED fishing lamps of the Yeongrak-ho and Somang-ho were 25.8kW and 32kW, respectively. Those of the MH fishing vessels, that is, the MH fishing lamp-equipped fishing vessels, were 105kW and 81kW, respectively. The average squid catch in number of an LED vessel, Yeongrak-ho, was 39.2% of the MH fishing lamp-equipped fishing vessels; however, that of the Somang-ho improved to 78.7% of the MH fishing lamp-equipped vessels. Average catch in number by Yeongrak-ho crew was 2.6 times more than catch in number by automatic jigging machines. Average catch in number by MH fishing vessel crew was 1.8 times more than that by automatic jigging machines. An LED vessel, Yeongrak-ho's fishing rate was 17.5%~152.2% of the MH fishing vessels, that is, 61.1% on average, in comparison of combined catch in number per automatic jigging machine and per crewmember. Somang-ho's fishing rate was 6.7%~127.6% of the MH fishing vessels, that is, 73.1% on average. The average fuel consumption level of the Somang-ho, throughout its departure from to arrival at the port, was 475.7l, and that during fishing hours was 109.6l, or 23.0% of the total fuel consumption level. Somang-ho's fuel consumption level per fishing hour was 9.7l on average.

Keywords: Fishing efficiency, LED fishing lamp, Fuel consumption, Squid jigging vessel

서 론
집어등은 빛으로 어획 대상생물을 유집시키

는데 중요한 역할을 하기 때문에 (An and Choo, 1993) 집어등의 광력이 인근 어선보다 강할수록

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

많이 집어하고 집어 된 어군을 빼앗기지 않고 어획할 것이라고, 어업인들은 경쟁적으로 광력을 증가시키는 경향이 있었다. 그렇지만 집어등의 광력이 증가하면 설비비뿐 만아니라 소모품비, 특히 유류비가 증가하여 어업경영에 큰 부담을 준다. 또한 집어등의 광력이 증가하면 오징어 채낚기어선 주위에 형성되는 호적조도 분포곡선은 선박으로부터 더 멀리 형성될 것이고 오징어 낚시어구의 어획수심도 더욱 깊어진다 (Arakawa et al., 1998; Choi and Arakawa, 2001).

집어등에 대한 오징어의 어획효과가 광력 또는 어선톤수에 따라 다르다는 것을 Ogura (1972)를 비롯하여 Oh et al. (1994), Choi (2002), Yamashita, et al. (2012) 등이 보고한 바 있다. LED 집어등의 어획효과 조사에서 기존 집어등인 메탈할라이드 집어등 (이하 MH 집어등)과 병용하는 것은 LED 집어등의 광력이 부족하기 때문일 것이다 (Bae, et al., 2011; Yamashita, et al., 2012). LED 집어등의 한 개당 광력이 1.5kW 또는 3.0kW의 기존 집어등에 비하여 현저하게 낮은 약 360W이하로, 집어효과를 높이기 위해서

는 광력을 우선적으로 고려할 필요가 있다.

따라서 LED 집어등에 대하여 이전 연구 (An and Jeong, 2012)에서는 실습선에 의한 오징어의 어획성능과 연료소비량을 조사하였으며, 본 연구에서는 상업 오징어 채낚기어선을 이용하여 어획성능과 연료소비량에 대한 조사 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 조사선박으로서 오징어 채낚기어선 영락호 (16톤)는 Table 1과 같이 집어등으로 정격 소비전력 300W급 LED 집어등 86개 (총광력 25.8kW)를 설치하였고 자동 조획기는 11대이며 선원 4~5명이 승선하여 오징어를 어획하였다. 어획은 자동 조획기와 손낚시로 하였고 조업시기는 2010년 9월 9일~10월 10일이며 총 16회 조업하였다. 대조어선 (16~20톤)은 동일한 날짜와 동일한 어장에서 MH집어등 (105kW)으로 조업하는 4척의 어선이었다.

한편, 소망호 (9.77톤)는 Table 2와 같이 정격 소비전력 360W급 LED 집어등 89개 (총광력

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

Vessel Items	LED vessel	MH vessel				
	Yeongrak-ho	A	B	C	D	
Gross tonnage	16	16	18	20	16	
Number of crew	4-5	5	5	5	5	
Number of automatic jigging machine	11	6	6	8	6	
Fishing lamp	Type	LED	MH	MH	MH	MH
	Number of lamp	86	70	70	70	70
	Lighting power (kW)	25.8	105	105	105	105

MH : Metal Halide

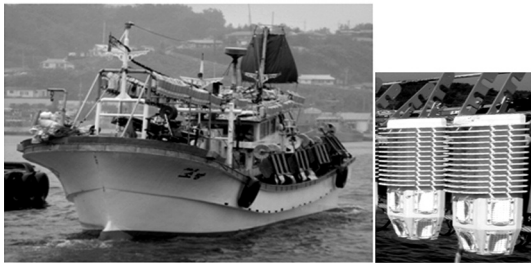
Table 2. Principal particulars of the MH vessels (A-G) and LED vessel of Somang-ho

Vessel Items	LED Vessel	MH vessel						
	Somang-ho	A	B	C	D	E	F	G
Gross tonnage	9.77	9.77	9.77	9.77	9.77	7.93	9.77	9.77
Number of crew	6	5	5	5	5	5	4	3
Number of automatic jigging machine	8	10	10	10	8	8	10	10
Fishing lamp	Type	LED	MH	MH	MH	MH	MH	MH
	Number of lamp	89	54	54	54	52	54	54
	Lighting power (kW)	32	81	81	81	81	78	81

32kW)와 자동 조획기 8대를 설치하였고 선원 6 명이 승선하여 오징어를 어획하였다. 조업시기는 2011년 10월3일~10월11일이며 총 8회 조업하였다. 대조어선은 소망호와 유사한 7.93톤 또는 9.77톤 오징어 채낚기어선이며, 78~81kW의 MH 집어등으로 동일한 날짜와 동일한 어장에



(a) Yeongrak-ho



(b) Somang-ho

Fig. 1. Photograph of LED fishing lamps at the experimental squid jigging vessel.

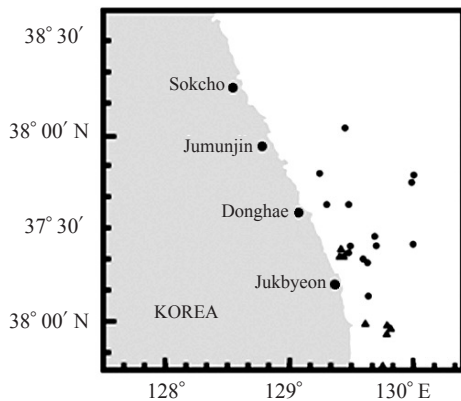


Fig. 2. Chart showing the location where the squid jigging experiment of LED vessel of Yeongrak-ho (●) and Somang-ho (▲) were conducted.

서조업하는 7척의 어선이었다.

집어등의 어획성능은 LED 집어등의 경우 일일어획자료이고, 대조어선의 경우 영락호 또는 소망호의 선장에 의해 선정된 어선의 일일어획 자료를 수산업협동조합의 위판실적 자료와 대조하여 이용하였다. 어획성능분석에는 일일어획량과 CPUE (자동조획기 1대 어획량, 선원 1인당 어획량)을 비교하였다.

LED 집어등은 Fig. 1과 같이 사분구방사형이 되도록 흰색 패키지를 사용하여 영락호에 50W급, 소망호에 60W급 모듈 (module)을 좌우 3조, 상하 2조 합계 6조 부착하는데, 수평배광이 180° 되게 좌우 모듈은 60° 기울기로 부착하고 수직배광이 90° 되게 하단 모듈은 20° 기울기로 부착하였다. 이와 같은 구조로 된 집어등은 선박에서 수면방향으로 10° 기울기로 설치하였다. 영락호에 사용한 LED 집어등은 광효율이 49 lm/W였고 소망호의 경우는 방열판과 일체형으로 만들었으며, 광효율이 89 lm/W로 향상되었다.

조업위치는 Fig. 2과 같이 영락호와 소망호는 동해 중부해역에서 조업하였다. 어획된 표본 오징어의 외투장은 영락호에서 17.5~28.0cm (평균 22.5cm)이었고 소망호에서 23.1~31.0cm (평균 28.1cm)이었다. 오징어 어획시험조업 과정에서의 연료소비량 조사는 이전 연구 (An and Jeong, 2012)와 같이 오벌 (oval) 유량계 (Dong Yang, DYFM-X)를 기관실에 설치하여 행하였다. 한편, LED 집어등의 어획성능에 관한 조사 결과에 대해서는 t-test를 실시하여 유의성 검증을 하였다.

결 과

오징어 어획시험 조업과정에서의 연료소비량은 소망호에 대하여 Table 3에 나타내었다. 연료 소비에는 어장으로 이동하는 항해하는 경우와 조업하는 경우로 나눌 수 있다. 조업시간이 7.33~12.5시간인 상태에서 연료소비 비율은 항해 62.7~86.8% : 조업 13.2~37.3%로 평균 3.1:1의 비율로 항해에서 연료를 대부분 소비하는 형태

로서, 어장이 Fig. 2와 같이 연근해이고 소형 활어 어선이므로 매일 입항하였다는 것을 알 수 있다. 조업시간당 연료소비량은 9.5~9.9로 평균 9.7이었다.

영락호의 일일 오징어 어획량은 Table 4와 같이 220~1,940마리로 평균 804마리였으며, 그 중 자동 조획기로 평균 236마리, 손낚시 (선원)로 평균 568마리를 어획하였다. 선원에 의해 어획

된 어획량은 자동 조획기의 것보다 2.4배 많았다. 한편, 4척의 대조어선들은 630~7,000마리를 어획하여 평균 2,053마리였으며, 그 중 자동 조획기로 평균 725마리, 손낚시로 평균 1,328마리를 어획하였다. 대조어선의 선원에 의해 어획된 어획량은 자동 조획기의 것보다 1.8배 많았다.

소망호의 일일 오징어 어획량은 Table 5와 같이 100~1,800마리로 평균 1,078마리였으며, 그

Table 3. Fuel consumption of the voyage and LED lighting of vessel, Somang-ho. The percentage of the voyage and LED lighting is given in brackets

Date	LED vessel			
	Somang-ho			
	Fuel consumption (l)		Fishing operation hours	Fuel consumption rate (l/h)
Voyage	LED lighting			
10.3~10.4	200 (62.7)	119 (37.3)	12.17	9.8
10.4~10.5	206 (64.6)	113 (35.4)	11.67	9.7
10.6~10.7	466 (86.8)	71 (13.2)	7.33	9.7
10.7~10.8	419 (79.1)	111 (20.9)	11.17	9.9
10.8~10.9	460 (78.8)	124 (21.2)	12.50	9.9
10.9~10.10	468 (79.5)	121 (20.5)	12.50	9.7
10.10~10.11	344 (76.1)	108 (23.9)	11.33	9.5
Average	366.1 (75.4)	109.6 (24.6)	11.24	9.7

Table 4. Number of squid caught by the automatic jigging machine and hand line fishing of two different fishing lamp vessels, LED vessel (Yeongrak-ho) and MH vessel (A-D), based on catch data from squid jigging simultaneously at the same fishing ground of the East sea, 2010

Date	LED vessel			MH vessel												
	Yeongrak-ho			A			B			C			D			
	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	
2010.																
9.9~9.10	170	200	370	300	1,200	1,500										
9.10~9.11	40	360	400				190	440	630							
9.11~9.12	40	180	220				360	830	1,190							
9.13~9.14	100	440	540	140	560	700										
9.17~9.18	120	1,040	1,160							480	1,120	1,600				
9.18~9.20	100	950	1,050							480	1,120	1,600				
9.30~10.1	140	560	700	640	1,480	2,120										
10.1~10.2	480	1,060	1,540										560	1,280	1,840	
10.2~10.3	160	620	780							400	1,600	2,000				
10.3~10.4	1,080	860	1,940							560	800	1,360				
10.4~10.5	360	640	1,000										440	620	1,060	
10.5~10.6	140	280	420	740	1,100	1,840										
10.6~10.7	60	240	300	2,800	4,200	7,000										
10.7~10.8	440	1,000	1,440											2,400	3,600	6,000
10.8~10.9	180	360	540	350	520	870										
10.9~10.10	160	300	460							760	780	1,540				

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

중 자동 조획기로 평균 283마리, 손낚시로 평균 795마리를 어획하였다. 선원에 의해 어획된 양은 자동 조획기의 것보다 2.8배 많았다. 한편, 7척의 대조어선들은 560~2,120마리를 어획하여 평균 1,370마리였으며, 그 중 자동 조획기로 평균 482마리, 손낚시로 평균 888마리를 어획하였다. 대조어선의 선원에 의해 어획된 어획량은 자동 조획기의 것보다 1.8배 많았다. 따라서 영락호의 평균 어획량은 대조어선의 39.2%였으나

소망호의 경우는 대조어선의 78.7%로 향상되었다 (p<0.05). 또한 LED 선박의 선원에 의해 어획된 오징어 어획량은 자동 조획기의 것보다 평균 2.6배가 많았다. MH 선박의 선원에 의해 어획된 오징어 어획량은 자동 조획기의 것보다 평균 1.8배가 많았다.

한편, 오징어채낚기 어선의 어획량은 자동 조획기의 수량과 선원의 수에도 관계하기 때문에 (An and Jeong, 2012; Nowara and Walker, 1998)

Table 5. Number of squid caught by the automatic jigging machine and hand line fishing of two different fishing lamp vessels, LED vessel (Somang-ho) and MH vessel (A-G), based on catch data from squid jigging simultaneously at the same fishing ground of the East sea, 2011

Date	LED Vessel						MH Vessel											
	Somang-ho			A	B	C	D	E	F	G								
	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total	AJM	HF	Total
2011																		
10.3~10.4	540	940	1480		720	1060	1780											
10.4~10.5	200	920	1120				400	960	1360									
10.5~10.6	40	60	100													380	560	940
10.6~10.7	120	460	580					220	340	560								
10.7~10.8	280	720	1000										640	1480	2120			
10.8~10.9	180	760	940				440	1020	1460							440	640	1080
10.9~10.10	500	1,300	1800		600	900	1500	500	1180	1680								
10.10~10.11	400	1200	1600	480	740	1220												

Table 6. Comparison of MH vessel' s catch (number of squid) with those of LED vessel (Yeongrak-ho)

Date	LED vessel (Yeongrak-ho)			MH vessel			(C) / (F) %
	Catch per AJM (A)	Catch per HF (B)	(A) + (B) (C)	Catch per AJM (D)	Catch per HF (E)	(D) + (E) (F)	
2010.							
9.9~9.10	15.5	40.0	55.5	50.0	240.0	290.0	19.1
9.10~9.11	3.6	72.0	75.6	31.7	88.0	119.7	63.2
9.11~9.12	3.6	36.0	39.6	60.0	166.0	226.0	17.5
9.13~9.14	9.1	88.0	97.1	23.3	112.0	135.3	71.7
9.17~9.18	13.3	208.0	221.3	60.0	224.0	284.0	77.9
9.18~9.20	12.5	237.5	250.0	60.0	224.0	284.0	88.0
9.30~10.1	17.5	140.0	157.5	106.7	296.0	402.7	39.1
10.1~10.2	60.0	265.0	325.0	93.3	256.0	349.3	93.0
10.2~10.3	20.0	155.0	175.0	50.0	320.0	370.0	47.3
10.3~10.4	135.0	215.0	350.0	70.0	160.0	230.0	152.2
10.4~10.5	45.0	160.0	205.0	73.3	124.0	197.3	103.9
10.5~10.6	70.0	70.0	140.0	123.3	220.0	343.3	40.8
10.6~10.7	40.0	60.0	100.0	140.0	256.0	396.0	25.3
10.7~10.8	50.0	225.0	275.0	306.7	552.0	858.7	32.0
10.8~10.9	22.5	90.0	112.5	58.3	104.0	162.3	69.3
10.9~10.11	20.0	75.0	95.0	95.0	156.0	251.0	37.8
Average							61.1

Table 7. Comparison of MH vessel's catch (number of squid) with those of LED vessel (Somang-ho)

Date	LED vessel (Yeongrak-ho)			MH vessel			(C) / (F) %
	Catch per AJM (A)	Catch per HF (B)	(A) + (B) (C)	Catch per AJM (D)	Catch per HF (E)	(D) + (E) (F)	
2011.							
10.3~10.4	67.5	156.7	224.2	72.0	212.0	284.0	78.9
10.4~10.5	25.0	153.3	178.3	40.0	192.0	232.0	76.9
10.5~10.6	5.0	10.0	15.0	38.0	186.7	224.7	6.7
10.6~10.7	15.0	76.7	91.7	27.5	68.0	95.5	96.0
10.7~10.8	35.0	120.0	155.0	80.0	296.0	376.0	41.2
10.8~10.9	22.5	126.7	149.2	49.5	182.0	231.5	64.4
10.9~10.10	62.5	216.7	279.2	61.3	237.5	298.8	93.4
10.10~10.11	50.0	200.0	250.0	48.0	148.0	196.0	127.6
Average							73.1

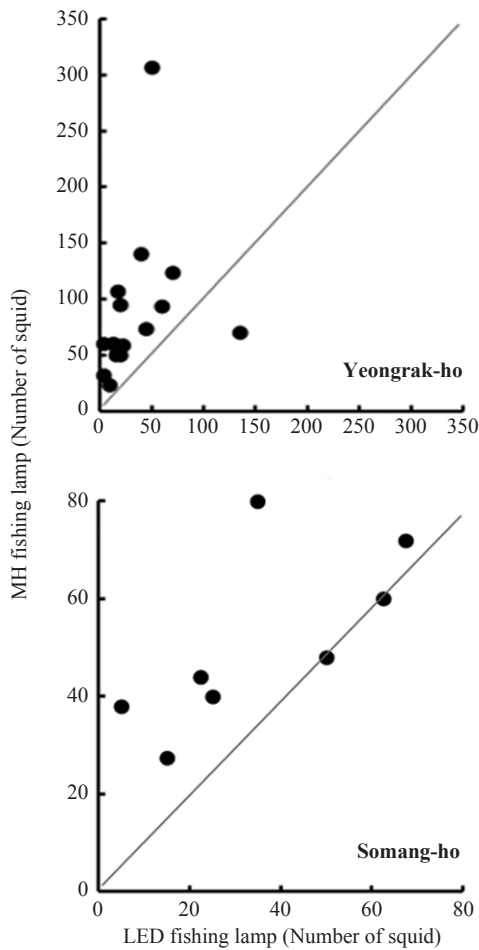


Fig. 3. Comparison of catch in number per automatic jigging machine between LED fishing lamp and MH fishing lamp.

자동 조획기 1대당 어획량 및 1인당 어획량으로 LED 선박과 MH 선박의 어획량을 Table 6, 7과 같이 비교하였다. LED 선박인 영락호의 자동 조획기 1대당 어획 마리수는 3.6~135마리이며 선원 1인당 어획 마리수는 36~265마리이고, 두 경우를 합한 것이 39.6~350마리였다. 한편, MH 선박의 경우는 자동 조획기 1대당 어획 마리수는 23.3~306.7마리이며 선원 1인당 어획 마리수는 88~552마리이고, 두 경우를 합한 것이 119.7~858.7마리였다. 따라서 MH 선박에 대한 영락호의 어획비율은 17.5~152.2%로서 평균 61.1%였다.

LED 선박인 소망호의 경우는 자동 조획기 1대당 어획 마리수 5~67.5마리이며 선원 1인당 어획 마리수는 10~216.7마리이고, 두 경우를 합한 것이 15~279.2마리였다. 한편, MH 선박의 경우는 자동 조획기 1대당 어획 마리수는 27.5~80마리이며 선원 1인당 어획 마리수는 68~296마리이고, 두 경우를 합한 것이 95.5~376마리였다. 따라서 MH 선박에 대한 소망호의 어획비율은 6.7~127.6%로서 평균 73.1%였다. 그러나 MH 선박에 대한 영락호와 소망호의 어획비율의 차이는 없는 것으로 분석되었다.

LED 선박과 MH 선박과의 어획성능 비교로서 Fig. 3에서는 자동 조획기 1대당 어획량을 나타내었으며, Fig. 4에서는 선박별 어획량을 고려할

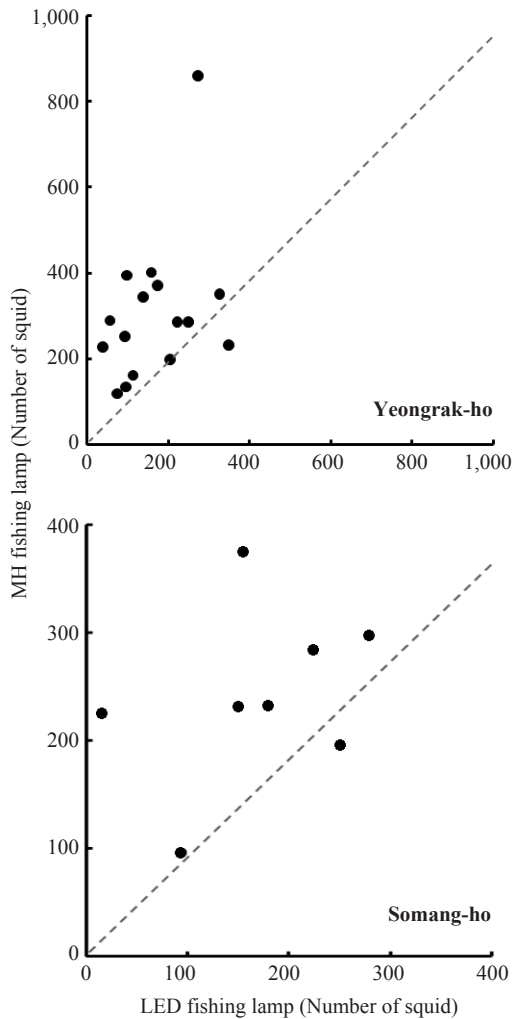


Fig. 4. Comparison of catch in number between MH fishing lamp (comparative vessel) and LED fishing lamp (Yeongrak-ho, Somang-ho). The number of squid was the combined number of squid caught per crew and per automatic jigging machine.

경우 선원에 의한 어획량이 중요한 요소가 되므로 자동 조획기 1대당 및 선원 1인당 어획량을 합하여 나타내었다. Fig. 3에서 영락호는 대조어선보다 어획량이 많은 경우가 1회뿐이고 소망호에서는 비슷한 경우가 2회뿐이었다. Fig. 4에서 LED 선박인 영락호와 소망호의 어획량이 대조어선의 어획량보다 많은 경우가 각각 1회뿐으로

LED 집어등의 어획성능이 여전히 낮았다. 또한 Fig. 3의 경우보다 선원의 어획량 증가로 어선의 총 어획량은 2배 이상 증가한 것으로 나타났다.

고 찰

집어등의 성능 조사는 어군량의 영향이 없어야 하므로 동일 어장에서 동일 어기에 조업한 다양한 규모와 성능을 가진 어선의 어획자료를 각 어기별로 비교하는 것이 적절할 것이다 (Choi, 2002, An and Jeong, 2012). 그러나 본 연구에서도 LED 어선과 대조어선인 MH 어선과의 어획 비교는 같은 어장과 같은 날짜에 조업한 경우이지만 Shikata (2010)의 경우와 같이 LED 어선인 영락호와 소망호간의 어획비교는 각각 개발단계에서의 집어등을 사용한 관계로 상기와 같은 동일 조건에서 할 수 없었다. 그리고 Table 4, 5에서와 같이 영락호와 소망호의 평균 어획량이 대조어선과의 비교에서 차이가 많았던 것은 영락호의 경우 자동 조획기의 문제, 어장형성, 조업 조건 등에 기인하였다.

오징어 채낚기어업은 어업 수익에 대한 연료비의 비율이 타 어업에 비하여 높고, 유류비 변동은 어업 경영을 압박하는 가운데 LED 집어등에 대한 어업인의 기대가 크다고 할 수 있다 (Shikata, 2010). Yamashita et al., 2011에 의하면 LED 어선의 연료 소비량은 LED 집어등 (159kW)과 MH 50개 집어등 (160kW)을 병용한 경우, 평균 연료 소비량이 966.8l이고 그 가운데 조업 중의 연료 소비량은 약 60%라고 한다. Inoue et al. (2010)에 의하면 콩치 봉수망의 경우, 백열등과 메탈헬라이드 등을 병용한 608kW를 43.8kW의 LED 집어등으로 변환시킨 경우, 연료 소비량은 3,696k/ 삭감되어 70.5% 감소되었다고 한다. LED 선박 해송호 (An and Jeong 2012)의 총 연료 소비량은 5,262.6l이고 그 가운데 조업 중의 연료 소비량이 1,047.7l로 약 19.9%였으며, 조업시간당 연료 소비량은 평균 9.2l이었다. 본 연구에서 소망호의 출항에서 입항까지 소비한

평균 연료 소비량은 475.7l이고 그 가운데 조업 중의 평균 연료 소비량이 109.6l로 23.0%였으며, 조업시간당 연료소비량은 평균 9.7l로 78개 MH 집어등 (234kW)의 경우 81l (Shikata, 2010)보다 약 1/8이다. 따라서 LED 집어등의 도입은 조업 시 연료 소비량이 대폭 절감될 수 있을 것이라고 생각된다. 또한, LED 집어등 전용 어선으로 건조할 경우 보조발전기 용량을 줄일 수 있으므로 조업시 연료 소비량은 더욱 절약될 것이라고 판단된다. 위와 같이 LED 집어등에 의한 연료 소비량은 분명히 절약되지만 이전 연구 (An and Jeong, 2012)와 Table 3과 같이 총 연료 소비량에서 항해부분이 차지하는 비율이 높기 때문에 총 연료 소비량에 대한 절약효과는 반감될 것이다. 그래서 LED 집어등에 대한 어업인의 관심은 연료 소비량 절감 효과보다는 어획성능에 있다. 어획성능을 높이기 위한 방안으로 광력을 어느 정도까지 증가시킬 것인가, 어획보완으로 오징어 낚시 개선 (An and Jang, 2013)에 대한 연구도 앞으로 필요할 것이다.

일반적으로 집어등의 광력을 증가시키는 것은 “모아서 잡는다”의 조업방식 (Inada, 2010)과 같이 조업어선에 군집된 어군의 체적이 클수록 어장의 이동 없이 한 곳에서 계속 어획할 수 있는 장점도 있기 때문이다. 그리고 광력이 클수록 어획량이 많아지는 이유로서 어선을 중심으로 수평방향의 빛의 확산이 살오징어의 유집에 관계할 것이라고 한다 (Shikata, 2010). 야간에 집어등이 없는 자연환경에서 살오징어는 표층에 분포하고 있다는 것을 고려하면 수평 방향으로의 빛의 확산이 유집효과를 좌우할 가능성이 높다고 한다 (Shikata, 2010). 또한, 오징어 채낚기 조업에서 초기 단계에 집어등의 빛이 오징어에 시인되는 것이 중요하며 고휘도 집어등일수록 유집에 유리하게 될 가능성이 높다고 한다. 조업현장에서 일몰 전부터 집어등을 점등하는 것도 위와 같은 이유라고 생각된다. MH등에 의한 조업에서 선체 주위의 수평 조도 분포는 선체 부근

수면 하에 고조도역이, 선저 하에 저조도역이 형성되고 (Choi and Arakawa, 2001; Shikata, 2010), 살오징어는 주로 선저 하와 선체 주위의 호적 조도역에 유집되어 어획된 개체의 눈의 망막상태는 거의 암순응 상태 (Inada, 1996; Jeong et al., 2013)라고 알려져 있다. 따라서 지향성이 강한 LED 집어등을 선체 가까운 해면으로 향하면 고조도역이 깊게 형성되므로 오징어가 선저 하로 접근하는데 위협요소가 되고 결국 어획부진으로 이어질 수 있다고 판단된다 (Shikata, 2010). 또한 LED 집어등의 구조가 구형이 아닌 경우 조업어선의 피칭 (pitching) 또는 롤링 (rolling)으로 인하여 LED 집어등의 등조도 분포곡선 변화가 기존 집어등보다 클 것이고, 시력이 우수한 오징어가 등조도 분포곡선 변화에 민감하게 반응하여 선체 주위에 유집하는데 어려움이 있을 수 있다.

집어등 광력과 오징어 어획량과 관련된 연구에 대해서 Ogura (1972)의 보고에 의하면 5kW 이상의 광력차이가 있으면 어획차이가 있다고 하는 경우와 자동 조획기에서의 조도와 어획량의 관계에서 조도가 증가한 만큼 어획량이 증가하지 않는 경우가 있다. An and Jeong (2012)은 10.8kW LED 집어등과 120kW MH 집어등과 비교에서 기존 집어등이 우수하다고 하였다. Shikata (2010)에 의하면, 오징어 채낚기어선의 청색 LED집어등 102등 (7kW)의 어획성능시험에서 CPUE (자동 조획기 1대당 1시간당 어획 마리수)는 MH 집어등 (234kW)의 41%에 머물렀지만 청색 LED 집어등 102등과 백색 LED 30등을 MH 집어등 24등 (72kW)과 병용하여 조업한 결과 CPUE는 MH 집어등의 76%까지 향상되었고 청색 LED 216등 (15kW)을 MH 24등과 병용한 결과 91~93%까지 더욱 향상되었다고 하였다. 이런 점에서 LED 집어등의 광력이 증가하면 어획효과도 증가한다고 판단된다. 그러나 이전 연구에서 (An and Jeong, 2012)는 LED 집어등의 광력을 10.5kW를 증가시켰지만 어획량의 변화가 없었다. 본 연구에서도 두척의 LED 집어등의 광

력 차이가 6.2kW이었고 Table 6, 7에서 MH 어선에 대한 영락호와 소망호의 어획비율 차이가 12%이었지만 유의성 검증에서 어획성능 차이는 없는 것으로 분석되었다. 이는 매년 어업자원량, 어장조건이 다르고 조획기 수, 선원의 어획능력차이도 있지만 아직도 LED 집어등의 광력이 부족하기 때문이라고 판단된다.

집어등이 어업인에게 좋다고 인식되기 위해서는 오징어가 집어등에 잘 모이고 사용시간이 길고 내구성이 우수할 뿐만 아니라 취급이 간단해야 한다. 또한 연비가 높고 무엇보다 가격이 저렴해야 한다. 그렇지만 현재까지 LED 집어등의 효율성 문제와 가격이 비싸기 때문에 어업인에게 외면당하고 있는 실정이다. 한편, LED 소자가 계속 개발 중에 있으므로 LED 집어등의 효율성은 계속 증가할 것이며 가격은 상대적으로 하락할 것이다. 집어효과는 Choi (2002)에 의하면 11~15톤급 소형어선인 경우, MH 집어등 약 100~150kW에서 가장 좋았다고 한다. 앞으로 LED 집어등에 대한 어선톤수별 적정광력도 파악할 필요가 있다.

결 론

LED 집어등의 어획성능은 2010년 9~10월과 2011년 10월에 조업한 영락호 (16톤)와 소망호 (9.77톤)의 오징어 채낚기어선을 이용하여 대조어선과 비교·분석하였고 연료소비량도 조사하였다. LED 집어등의 광력은 영락호의 경우 25.8kW, 소망호 32kW이었고 MH 선박인 대조어선은 각각 105kW와 81kW이었다. LED 선박인 영락호의 평균 오징어 어획량은 대조어선의 39.2%였으나 소망호의 경우는 대조어선의 78.7%로 향상되었다 ($p < 0.05$). 영락호 선원에 의한 어획량은 자동 조획기의 것보다 평균 2.6배가 많았다. MH 선박의 선원에 의한 어획량은 자동 조획기의 것보다 평균 1.8배가 많았다. 이는 자동 조획기와 선원이 사용하는 오징어낚시의 종류가 다르지만 자동 조획기의 개선도 필요함을

알 수 있다. 자동 조획기 1대당과 선원 1인당 어획량의 합한 비교에서는 LED 선박인 영락호의 어획비율은 MH 선박의 17.5~152.2%로서 평균 61.1%였다. 소망호의 경우는 MH 선박의 6.7~127.6%로서 평균 73.1%였으나 LED 집어등의 광력 차이에 의한 영락호와 소망호의 어획량 차이는 없는 것으로 나타났으며, 앞으로 LED 집어등의 광력 증가와 어선 톤수별 적정광력도 파악할 필요가 있었다. 소망호의 연료 소비량은 출항에서 입항까지 평균 475.7l이고 그 가운데 조업중의 평균 연료 소비량이 109.6l로 23.0%였으며, 조업시간당 연료소비량은 평균 9.7l로서 LED 집어등의 도입은 조업시 연료 소비량을 대폭 절감되게 할 것이다.

사 사

본 연구는 지시경제부 에너지자원 기술개발 사업 중대형과제 (2007-E-CM11-P-13-0-000, 2010201010103B-22-1-0000)로 수행되었으며, 본 논문을 위하여 한국에너지기술연구원의 정봉만 박사와 정학근 박사에게 감사드리며, 자료 수집과 정리해 준 장웅정 연구원, 오징어 채낚기어선 영락호와 소망호의 승조원에게 고마움을 표하는 바입니다. 또한 자료를 제공 해 주신 채낚기 연합회의 어업인과 수산업협동조합 등에도 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- An HC and Choo HD. 1993. Fishing efficiency of squid jigging in relation to the variation of fishing lamp power. Bull Nat Fish Res Dev Agency 48, 179-186.
- An YI and Jeong HG. 2012. Fishing efficiency of LED fishing lamp for squid *Todarodes pacificus* by training ship. J Kor Soc Fish Tech 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 Tech 49, 208-217.

- Arakawa H, Choi SJ, Arimoto T and Nakamura Y. 1998. Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid jigging boat. *Fish Sci* 64, 553 – 557.
- 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 Tech* 47, 79 – 87.
- Choi SJ and Arakawa H. 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, 624 – 631.
- Choi SJ. 2002. Relationship between the boat sizes, light source output for fishing lamps and the catch of squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, in coastal squid jigging fishery of Japan. *J Kor Fish Soc* 35, 644 – 653.
- Inada H. 1996. Retinomotor response and retinal adaptation of Japanese common squid *Todarodes pacificus* at capture with jigs. *Fish Sci* 62, 663 – 669.
- Inada H. 2010. Light fishing: re-innovation of technology and management. Inada H, Arimoto T, Nagashima N and Iida K ed. Kouseisha-kouseikaku, Tokyo, Japan, 9 – 25.
- Inoue T, Inoue M and Inoue Y. 2010. Light fishing: re-innovation of technology and management. Inada H, Arimoto T, Nagashima N and Iida K ed. Kouseisha-kouseikaku, Tokyo, Japan, 107 – 120.
- Jeong HG, Yoo SH, Lee JH and An YI. 2013. The retinular responses of common squid *Todarodes pacificus* for energy efficient fishing lamp using LED. *Renewable Energy* 54, 101 – 104.
- Nowara GB and Walker TI. 1998. Effects of time of solar day, jigging method and jigging depth on catch rates and size of Gould' s squid, *Nototodarus gouldi* (McCoy), in southeastern Australian waters. *Fish Res* 34, 279 – 288.
- Ogura, M. 1972. Squid fishing with light. *Bull Jap Soc Sci Fish* 38, 881 – 889.
- Oh HK, Jeong EC, Park SW and Yang YS. 1994. A study on the fishing efficiency of the jigging gear for Neon flying squid, *Ommastrephes bartrami* in the north pacific, *J Kor Soc Fish Tech* 30, 150 – 160.
- 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.
- Yamashita, Y, Matsushita Y and Azuno T. 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, 22 – 26.
- Yamashita Y, Matsushita Y and Azuno T. 2012. Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps. *Fish Res* 113, 182 – 189.

2013년 10월 10일 접수
 2013년 11월 6일 1차 수정
 2013년 11월 13일 2차 수정
 2013년 11월 13일 수리