LED와 메탈헬라이드 집어등을 겸용한 갈치채낚기 어선의 조업 성능

안희춘* · 배봉성¹ · 이경훈¹ · 박성욱¹ · 배재현

국립수산물과학원 동해수산연구소 해역산업과 · ¹국립수산물과학원 시스템공학과

Operating Performance of hair-tail angling vessel using the LED and metal halide fishing lamp combination

Heui-Chun AN*, Bong-Seong BAE¹, Kyoung-Hoon LEE¹,

Seong-Wook PARK¹ and Jae-Hyun BAE

Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-861, Korea

*¹Fisheries System Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea*

One of representative Korean fisheries, jigging and angling has 5,700 vessels for squid and hairtail. Hairtail angling is the most typical fishery in Jeju and has an enormous impact on regional economy. However, the price hike in oil and labor costs triggered the necessity of developing a high efficient and energy saving fish luring lamp in recent times. For that reason, this study aimed to analyze the fishing performance of the air-cooled LED lamp targeting hairtail angling fishery. The experiment was conducted from September through October in 2009–2011 for a 9.77 ton of fishing vessel setting up 100 lamps. The fishing performance was tested compared with 6 vessels using metal halide lamps in the same waters. As the LED lamp's performance goes up, different lamps were used in 2008 for 80W, 2009 for 120W and 2011 for 180W respectively. The catch and CPUE of the experimental vessel have gradually increased respectively taking the 4th and 6th place in 2009, the 4th and 2nd place in 2010, the 1st and 1st place in 2011 among the 7 vessels. In summary, the LED fishing lamp showed higher fishing performance than comparison groups. It saved 33% of oil consumption and cut down on operating expenses and greenhouse gases emission.

Keywords: LED fishing lamp, Hairtail angling, Metal halide lamp

*Corresponding author: anhc1@korea.kr, Tel: 82-33-660-8550, Fax: 82-33-661-8514

서 론

우리나라 연근해의 대표적인 어업 중 하나인 채낚기 어업의 어선 세력은 2002년에 약 5,700여 척으로 오징어와 갈치를 주 어획대상으로 하고 있다 (MMAF, 2003). 이 중 갈치채낚기 어업은 제주지역의 대표적인 어업으로 2008년에 약 1,100여척이 조업을 하였다. 최근에는 유가와 인건비의 상승으로 채낚기어업 경영이 매우 어려운 실정에 있다. 특히, 유가는 채낚기 어업의 조업 경비와 매우 밀접한 관련이 있는데, 10톤 미만인 연안 갈치채낚기어선이 60kW에 달하는 과도한 집어등 전력을 사용하여 유류비가 어획고의 10~20%를 차지할 정도로 유류 소비량이 증가하였기 때문이다 (Bae et al., 2009). 그리고 상업어선에서 화석연료의 소비가 온실가스의 발생과 지구 온난화에 영향을 미치며 (Driscoll and Tyedmers, 2010), 기존의 메탈헬라이드등이 인체에 나쁜 영향을 주고 있으므로 (Inada and Arimoto, 2007; Peter, 2009) 고효율이면서 에너지 절감형이고 인체에 안전한 집어등의 개발이 필요한 실정이다.

새로운 집어시스템을 개발하기 위해서는 기존 집어시스템에 대한 이해와 집어등과 어획량 사이의 상호관계를 구명하는 것이 매우 중요하다 (Bae et al., 2009). 이와 관련하여 집어등에 따른 어류의 반응 연구로는 Imamura (1961)의 백열등 밝기와 쾅치의 반응, Hasegawa et al. (1990)의 메탈헬라이드 수중집어등에 대한 고등어의 시각반응, An and Arimoto (1994)의 스트로보광에 대한 전갱이의 반응에 대한 것이 있으며, 집어등의 수중 투과 특성과 관련된 연구로는 Arakawa et al. (1998)의 메탈헬라이드등 (이하 “메탈등” 이하 함)의 파장에 따른 방사조도 분포 특성과 오징어 어군의 분포수심, Choi and Arakawa (2001)의 집어등 점등에 따른 오징어 어군의 이동 등이 있다. 또한, 집어등의 광력과 어획과의 관계에 대한 연구는 An and Choo (1993)의 오징어채낚기에서 집어등 광력과 어획의 관계, Inada et al. (1995)의 수

중 집어등에 대한 빨강오징어의 어획 반응에 대한 연구가 있고, Choi (2002)와 Yamashita et al. (2012)는 살오징어는 집어등 용량이 증가하면 어획량이 증가한다고 보고한 바 있다.

최근 새로운 집어등의 광원으로 LED 램프가 각광을 받고 있으며, 이에 대한 연구로 LED 집어등의 파장별 방사 및 수중투과 특성에 대한 연구 (Choi, 2006), 발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성 연구 (Bae et al., 2008), LED의 파장에 따른 오징어의 행동 반응 (An et al., 2009), 고휘도 발광다이오드와 집어등 광원의 방사특성 및 단위 전력당 방사량 비교 연구 (Choi, 2008), 공랭식 LED 집어등의 특성 및 채낚기어선에서 어획 성능에 대한 연구 (Bae et al., 2009)가 있다. 또한 국립수산물과학원에서는 2009년부터 LED 집어등을 이용한 시험 연구가 이루어졌으며, 그 결과 집어등 운용 시 선박 통신장비에 서 발생하는 잡음과 집어등의 경량화 및 내구성 개선이 요구되었으며, 선박의 횡동요에 따른 수면의 조도 변화에 대한 개선이 필요하였다 (Bae et al., 2009).

따라서, 본 연구는 Bae et al. (2009)이 채낚기어선용 공랭식 LED 집어시스템의 설계 및 성능평가에서 제시한 LED 집어등의 성능을 개선한 집어시스템에 대해 물리적 특성과 상업어선을 이용한 어획성능 시험 결과를 분석하였다.

재료 및 방법

집어시스템의 구성

갈치채낚기 어선에 설치한 LED 집어시스템의 구성은 Bae et al. (2009)이 제작한 집어시스템과 동일한 구조이고, LED 집어등의 용량과 광량을 향상시킨 것이다 (Table 1).

LED 집어등에 사용된 광원의 특성은 2009년에는 수중 투과성능과 시감도를 고려하여 최대 발광파장이 450nm인 LED 칩을 베이스로 하고, 황색형광체가 도포된 LED 패키지를 광원으로 한 색온도 6,000K와 12,000K인 2종의 LED 집어

Table 1. Specification of LED lamp used at the experiment

Item	Year		
	2009	2010	2011
Power consumption (W)	120W	150W	180W
Luminous energy (lm)	5,000	5,000	13,000
Luminance efficiency (lm/W)	50	40	75
Colour of LED lamp	White	White + Cyan	White
Color temperature(K)	6,000K 12,000K	12,000K Cyan	6,000K
water repellent fail rate	2%	1%	1%

Fig. 1. Spectrum curve of LED lamp according to the colour.

등을 상, 하로 구분하여 설치하였다. 2010년에는 색온도 12,000K인 LED 집어등과 Cyan LED 집어등을 사용하였고, 2011년에는 색온도가 6,000K인 LED 집어등을 사용하였으며, 집어등 전체의 밝기와 휘도의 중요성을 고려하였다. 시험에 사용된 LED의 파장별 스펙트럼을 Fig. 1에 나타내었다.

LED 집어등의 배광분포는 선박의 횡동요에 의한 수면의 조도 변화를 개선하기 위하여 부채꼴 형태의 배광 패턴이 나올 수 있도록 반사판 구조를 변경하였다. 배광분포 측정 결과 배광각은 $\pm 30^\circ$ 에서 $\pm 45^\circ$ 로 확대되었으며, 직하조도

Fig. 2. Light distribution of the fishing lamp (unit : angle, $\times 1,000\text{cd}$).

Fig. 3. Photo of LED fishing lamp at the hair-tail angling vessel.

Fig. 4. Diagram of DC converter and array of LED lamp for angling fishery.

는 14,515cd에서 6,932cd로 떨어졌다 (Fig. 2). 상부에 설치된 집어등은 배광의 중심축이 수면과 수평방향에서 하단으로 각도가 $10\sim 20^\circ$, 하부에 설치된 집어등은 $30\sim 45^\circ$ 되게 설치하였다 (Fig. 3).

LED 집어등의 몸체와 방열판은 일체형으로 마그네슘 합금을 사출 가공하였으며 부식 방지를 위해 테프론 코팅 처리하여 방열 성능과 방열 특성을 향상시켰다.

또한, 2008년에 사용한 전원공급장치는 SMPS (switched mode power supply) 타입으로 외부에 설치할 경우 구동시 발생하는 전자파가 선박에서 사용하는 통신장비의 주파수 대역과 유사하여 LED 집어등을 점등하고 무선통신을 사용할 경우에 잡음이 발생하는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위하여 10kW급 고용량 DC Converter 2대를 제작하여 기관실 옆의 실내에 설치하여 선박의 안전성을 향상시켰다 (Fig. 4). DC Converter로부터 공급되는 전원은 집어등 2대를 한조로 배

열하여 병렬로 연결하고 후방에 위치한 집어등에 공급되는 전압이 강해지지 않도록 기술적으로 보완하였다.

시험에 사용된 집어등의 총용량은 LED 집어등과 메탈등을 겸용하여 2009년에는 21kW, 2010년에는 24kW, 2011년에는 27kW였다 (Table 2). LED 집어등은 Bae et al. (2009)과 같은 방법으로 2열로 설치하였으며, 메탈등은 한 개의 용량이 15kW이고 선수, 중앙, 선미에 각각 2개씩 총 6개를 선박 가운데에 1열로 배열하여 선원 작업공간의 조명과 LED 집어등의 유집 기능을 보완할 수 있도록 사용하였다.

어획성능 시험

제주도 선적의 상업용 갈치채낚기 어선 남강호 (9.77톤)를 시험선으로 지정하여 LED 집어등과 메탈등을 겸용하여 제주도 인근 해역에서 어획성능 시험을 실시하였으며, 시험선과 톤급, 조

Table 2. Specification of fishing lamp established at the experimental hairtail angling vessel in the coastal sea of Jeju during 2009 and 2011

Vessel (tonnage)	LED + MH vessel (9.77)			Comparison vessel (9.77)
Year	2009	2010	2011	2009 ~ 2011
LED lamp	120W × 100ea	150W × 100ea	180W × 100 ea	—
Metal halide lamp (MH)	1.5kW × 6ea	1.5kW × 6ea	1.5kW × 6ea	1.5kW × 40ea
Total power	21kW	24kW	27kW	60kW

업해역, 기항지 등이 유사한 선박 6척을 비교선박으로 선정하였다. 비교선박은 집어등으로 1.5kW 메탈등을 40개 사용하여 총 용량은 60kW 였다 (Table 2).

갈치채낚기어업의 주어기인 9~10월에 제주 지역 수협이 위판 실적 자료로부터 선박별 총 어획량과 CPUE (일일평균어획량)를 분석하였다. 또한 상대적인 어획효율을 산정하기 위하여 어획성능지수 변화를 Bae et al. (2009)가 같은 시기 및 해역에서 조업한 어선별 어획성능을 비교한 방법으로 분석하였다.

어선 j 의 어획성능지수 a_j 는 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^p (y_{ji} \sum_{j=1}^n \frac{y_{ji}}{n})}{\sum_{i=1}^p x_i^2}$$

단, p 는 조업일수, n 은 어선수, y_{ji} 는 제 i 일에 조업한 어선 j 의 어획량, x_i 는 어획성능 1을 갖는 가상의 표준어선 X 의 제 i 일 어획량이다.

LED와 메탈 집어등을 겸용한 어선의 유류 절감량을 분석하기 위하여 선박별 유류 공급량 자료를 수협에서 조사하였으며, 시험선의 총 유류 소비량과 일별 유류 소비량을 비교하여 유류 절감량을 산출하였다.

결과 및 고찰

어획성능 시험

LED와 메탈 집어등을 겸용하여 설치한 시험선과 기존 메탈 집어등을 시설한 갈치 채낚기 어선 6척의 어획성능 비교 시험은 2009년부터 2011년까지 3개년에 걸쳐 주어기인 9월과 10월에 이루어졌으며, 그 결과를 Table 3과 Fig. 5에 나타내었다. 주어기의 평균조업횟수는 비교어선의 경

Table 3. Catch of hairtail angling vessel according to the kind of LED and metal halide lamp during September and October 2009~2011

Vessel	Year					
	2009		2010		2011	
	Number of fishing days	Total catch (kg)	Number of fishing days	Total catch (kg)	Number of fishing days	Total catch (kg)
LED+MH*	43	8,765	34	10,397	42	10,826
MH1**	27	4,996	33	7,248	36	7,788
MH2**	44	10,241	39	11,365	38	8,826
MH3**	43	14,255	36	10,368	42	9,246
MH4**	35	8,665	35	7,562	40	10,029
MH5**	33	8,357	30	11,666	40	9,159
MH6**	44	9,558	38	10,544	39	9,497
Mean	38.4	9,262	35.0	9,878	39.6	9,338
Mean of MH	37.7	9,345	35.2	9,792	39.2	9,090

*LED + MH: vessel with the combination of 100 LED lamps and 6 MH lamps

**MH : vessel with 40 MH lamps

우 2010년이 35.2회로 가장 적었고, 다음은 2009년에 37.7회, 2011년은 39.2회로 가장 많았다.

2009년에는 120W LED 집어등과 메탈등을 겸용한 시험선의 조업횟수가 43회로 비교선박의 평균 조업횟수에 비해 약 5회 많았으며, 어획량은 8,765kg으로 총 7척중 4위를 차지하였다. CPUE는 203.8kg으로 6위로 나타나 메탈등 시설 선박의 평균 CPUE 244.6kg에 비해 약간 낮은 어

획실적을 나타내었다. 그러나 150W LED 집어등과 메탈등을 겸용한 2010년은 조업횟수가 34회로 비교선박의 평균 조업횟수와 거의 비슷하였으며, 어획량은 10,397kg로 4위, CPUE는 305.8kg으로 2위를 나타내었고, 메탈등 시설 선박의 평균 CPUE 280.2kg보다 25.6kg 높게 나타나 2009년에 비해 LED 집어등의 어획성능이 향상된 것으로 나타났다. 또한 180W LED 집어등과 메탈등을 겸용한 2011년에는 조업횟수 42회로 비교선박의 평균 조업횟수보다 약 3회 더 조업하였으며, 어획량이 10,826kg, CPUE가 257.8kg으로 어획량과 CPUE에서 모두 1위를 차지하여 180W LED 집어등과 메탈등 6개를 혼용하였을 때 어획 효과가 메탈등만을 사용하는 경우에 비해 우수한 것으로 나타났다.

2011년도의 어획자료에서 LED 집어등과 메탈등을 겸용한 시험선과 비교선박의 CPUE와 어획성능지수를 비교한 것은 Table 4와 같다. 어획성능지수는 LED 집어등과 메탈등을 겸용한 시험선이 1.24로 1위였으며, 메탈등을 시설한 선박으로는 MH4가 1.10으로 2위를 차지하였고, MH1이 0.79로 가장 낮게 나타났다. 선박별 어획성능지수의 순위는 CPUE의 그것과 유사한 것으로 나타났다. 다만, MH3의 경우 CPUE는 6위인데 비해 어획성능지수는 3위를 차지하였는데 이는 동 선박의 일일어획실적에서 어획량이 타 선박에 비해 월등히 높은 경우가 있었기 때문인 것으로 생각된다.

집어시스템의 유류 소비량

2011년 9~10월의 어선별 유류 공급량과 이를 조업횟수로 나누어 구한 일일평균 유류사용량

Fig. 5. Comparison of CPUE of hairtail angling vessel during September and October 2009~2011 (Gray: LED+MH vessel, White: Metal Halide Lamp vessel).

Table 4. CPUE and fishing power index (FPI) of hairtail angling vessel during September and October 2011

Type	LED+MH	MH1	MH2	MH3	MH4	MH5	MH6	Mean
CPUE	257.8	216.3	232.3	220.1	250.7	229.0	243.5	235.7
Rank	1	7	4	6	2	5	3	
FPI	1.24	0.79	0.95	1.07	1.10	0.93	0.96	1
Rank	1	7	5	3	2	6	4	

Table 5. Fuel consumption of hairtail angling vessel according to the kind of lamp during September and October 2011

Vessel	Number of fuel supply	Total fuel supply (ℓ)	Rank	Number of fishing operation
LED + MH	6	10,200	7	42
MH1	7	16,400	3	36
MH2	8	18,000	2	38
MH3	10	19,000	1	42
MH4	10	13,400	4	40
MH5	5	10,800	6	40
MH6	5	12,800	5	39
Mean	7.3	14,371.4		39.6
Mean of MH	7.5	15,066.7		39.2

은 Table 5 및 Fig. 6과 같다. 금번 조사에서 각 선박의 항해에 사용된 유류량과 집어등을 점등하여 조업에 소요된 유류량을 구분하여 산출하기 어려워 이를 합한 것으로 산정하였다. LED 집어등과 메탈등을 겸용한 시험선은 이 기간에 42회 조업하여 메탈등 설치어선의 평균 조업횟수 39.2회보다 약 3회 많이 조업하였음에도 불구하고 유류 사용량이 10,200ℓ로 메탈등 조업선의 평균인 15,066ℓ에 비해 약 1/3의 유류를 적게 사용한 것으로 나타났으며, 일일유류사용량은 242.9ℓ로 메탈등의 평균 385.8ℓ에 비해 33%의 유류절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 각 선박의 집어등의 전력량에서 산출한 LED집어등의 에너지 절감률은 2011년의 경우 55%로 나타났으나 실제 유류 사용량에서는 이보다 적게 나타난 것은 선박별 특성과 어장까지 항해한 거리 등 여러 가지 요인에 의해 영향을 받은 것으로 생각되며 집어에만 사용된 유류를 정확하게 비교하기 위해서는 선박의 주기 및 보기와 연결되는 연료 배관에 유량계를 각각 설치하여 계측할 필요가 있을 것으로 생각된다.

새로운 집어등을 개발하기 위해서는 집어등 빛의 배광분포와 수중 투과 특성과 같은 물리적 관점 뿐 아니라 대상생물의 반응도 정확하게 분석하여야 한다. 집어등 빛의 수중 투과와 관련하여 Choi (2006)는 LED 집어등 중 473nm의 Blue, 501nm peacock blue의 투과특성이 우수하다고

Fig. 6. Mean daily oil consumption of hairtail angling vessel during September and October 2011 (Gray-LED + MH vessel, White-Metal Halide Lamp vessel).

하였으며, Bae et al. (2008)은 빛의 파장별 수중 특성을 고려할 때 어획대상생물이 얇은 수심에서 광범위하게 분포할 경우에는 백색등이, 깊은 수심에서 좁은 영역에 분포하는 경우에는 청색등이 유리하다고 하였다. 본 연구에서는 조업 수심이 깊지 않은 갈치 채낚기 어업에서 LED 집어등의 물리적 특성과 어획시험 결과를 종합적으로 고려하여 2011년에는 450nm에 최대발광파장을 가진 LED칩을 베이스로 황색형광체를 사용한 색온도가 6,000K인 LED 패키지로 구성된 집어등을 사용하였으며 갈치 어획량이 비교선에 비해 가장 우수하게 나타나 그 효과가 입증되었다. 그리고 연안채낚기 어선에 LED 집어등을 사용할 경우 안정기에서 발생하는 전자파로 인하여 무선통신시 잡음 발생이 큰 문제였으나 전원

공급 방식을 변경하여 이를 해소하였고 선박의 안전성을 향상시킨 것은 큰 성과라 할 수 있다. 한편, LED 집어등을 사용하여 갈치채낚기 어선의 유류 사용량의 약 1/3을 절감한 것은 채낚기 어업의 어업경비 절감과 온실가스 배출량 저감 측면에서 대단한 성과로 생각하며 앞으로 어선에 전력량과 유류량을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시스템을 설치한다면 어업인이 연료 절감효과를 더 실감 있게 인식하고 LED 집어등의 보급 확대에도 도움이 될 것으로 사료된다. LED 집어등의 광력은 Bae et al. (2009)이 80W를 사용하였는데 2011년에는 180W까지 증가된 것은 공랭식 램프의 냉각 기술의 발전과 고효율의 소재가 계속 개발된 성과이며, 동급의 소비전력에서도 연차적으로 효율이 더 우수한 소재를 사용하게 됨으로써 LED 집어등의 성능이 향상되었다. 그러나 광원의 파장에 대한 대상 어종의 시각도와 수중 투과 특성을 고려한 집어등용 LED 패키지의 개발과 LED 집어등과 메탈등의 특성을 고려한 적절한 혼용비와 이에 따른 에너지 절감을 위한 운용방안을 함께 고려한 효과적인 현장 적용 방법에 대한 연구에 관심을 기울일 필요가 있을 것으로 생각한다.

결 론

우리나라 연근해의 대표적인 어업 중 하나인 채낚기 어업용 집어시스템을 개발하기 위하여 채낚기 어선용 공랭식 LED 집어시스템의 성능을 연차적으로 향상시킨 집어시스템을 개발하였다. 개발한 LED 집어등 100개를 메탈등 6개와 함께 9.77톤급 어선 1척에 시설하여 2009년부터 2011년까지 갈치채낚기 어업의 주 조업시기인 9~10월에 어획성능 시험을 수행하였다. 시험에 사용된 LED 집어등은 2009년에는 색온도가 6,000K와 12,000K인 2종의 LED 집어등이었으며, 2010년에는 색온도가 12,000K인 LED 집어등과 Cyan LED 집어등을, 2011년에는 색온도가 6,000K인 LED 집어등을 사용하였다. 공랭식

LED 집어등의 불리한 점인 발열 문제를 냉각구조를 개선하여 집어등의 광 출력을 2008년의 80W에서 2009년에 120W로, 2011년에는 180W로 높일 수 있었다. 2011년에는 LED 집어등과 통신장비를 동시에 사용할 때 통신장비에서 잡음이 발생하고, 선체 상부에 LED 집어등의 전원 공급장치를 외부에 설치하는데 따른 선박의 안정성 문제를 해결하기 위하여 LED 집어등의 전원 공급 시스템을 DC Converter로 개선하여 선체 기관실에 설치하여 안정성을 높이고, 전체 시스템에서 전압 강하가 일어나지 않도록 기술적으로 해결하였다. LED와 메탈 집어등을 겸용하여 설치한 시험선과 기존 메탈 집어등을 시설한 갈치 채낚기 어선 6척의 어획성능 비교 시험에서 시험선의 어획성능은 연차적으로 향상되어 2011년에는 어획량과 CPUE에서 모두 1위를 차지하여 LED 집어등을 설치한 어선의 어획성능이 우수한 것으로 나타났다. 시험선은 비교선에 비해 유류 사용량의 약 1/3을 절감하여 채낚기 어업의 어업경비 절감과 온실가스 배출량 저감 측면에서 큰 성과를 거두었다.

사 사

이 연구는 국립수산물연구원 (채낚기용 고효율 집어시스템 기술 개발, RP-2012-FE-020)의 지원에 의해 수행되었습니다. 갈치채낚기 LED 집어등의 성능시험에 적극 협조하여 주신 남강호의 윤차현 선주님과 선원들께 감사드립니다.

참고문헌

- 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 Arimoto T. 1994. Avoidance Response of Jack Mackerel to Strobe Light Barrier. Nippon Suisan Gakkaishi 60, 713-718.
- 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 Tech 45, 135–143.
- 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, 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 Tech 44, 294–303.
- Bae BS, Park BJ, Jeong EC, Yang YS, Park HH, Chun YY and Chang DS. 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, 85–95.
- Bae BS, Park HH, Jeong EC, An HC, Yang YS and Chun YY. 2009. An analysis on catch fishing power of trammel nets by fishing ground. J Kor Soc Fish Tech 45, 96–105.
- 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 Korean Fish Soc 35, 644–653.
- Choi SJ. 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, 480–486.
- Choi SJ. 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, 511–517.
- 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 Korean Fish Soc 34, 624–632.
- Driscoll J and Tyedmers P. 2010. Fuel use and greenhouse gas emission implications of fisheries management: the case of the new england atlantic herring fishery. Marine Policy 34 (2010), 353–359.
- Hasegawa E, Kobayashi H and Niwa H. 1990. Retinomotor reaction of the fish concentrated around an underwater lamp. Nippon Suisan Gakkaishi 56, 367.
- Imamura Y. 1961. Studies on the fisheries with lureing lights – II. Study on the pole and line fishery for mackerel. Nippon Suisan Gakkaishi 27, 430–436.
- Inada H, Hirokawa S, Miyazaki K and Kimura M, 1995. Capturing characteristics on Daytime Jigging Operation for Large-size Neon Flying Squid *Ommastrephes bartrami* with Underwater Fishing Light. Nippon Suisan Gakkaishi 61, 732–737.
- Inada H and Arimoto T, 2007. Trends on research and development of fishing light in Japan. J Illum Engng Inst Jpn 91, 205.
- Ministry of Maritime Affairs & Fisheries. 2003. Statistical yearbook of Maritime Affairs & Fisheries, 218–220.
- Peter RB. 2009. The impact of light in buildings on human health. SHB2009-2nd International Conference on Sustainable Healthy Buildings. Seoul, Korea, 4–5.
- 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.

2012년 10월 4일 접수
 2012년 11월 1일 1차 수정
 2012년 11월 16일 2차 수정
 2012년 11월 17일 수리