

## 240W급 고출력 LED 집어등의 광학적 특성

배재현\*† · 안희춘\*\* · 김상우\*\*\*

\*, \*\* 국립수산물품질관리원 동해수산연구소 해역산업과, \*\*\* 동해수산연구소 자원환경과

## The Optical Characteristics of 240 W High Power LED Fish Luring Lamp

Jae-Hyun Bae\*† · Heui-Chun An\*\* · Sang-Woo Kim\*\*\*

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

\*\*\* Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangneung 210-861, Korea

**요 약** : 본 연구에서는 240 W급 고출력 LED 집어등의 특성을 기존 메탈 집어등과 비교하여 배광 패턴의 특성 및 광효율을 분석하고, 파장 대역의 특성을 해양 투과 특성 및 시감도를 고려하여 집어등 광원으로써 적정성을 분석하였다. 색온도 6500 K, white LED 패키지를 적용한 240 W LED 집어등의 특성을 보면 배광각은  $\pm 45^\circ$ , 조도 변화율이 0.8로 개선되었으며, 광효율은 98.8 lm/W로 향상되었다. LED 집어등의 해수의 투과율과 인간의 암순응시 시감도를 1,500 W 메탈등 1개와 4개의 240 W LED 집어등에 적용하여 비교한 결과, 방사출력이 수심 50 m에 이르면 거의 동등하였으며, 암순응시 시감도만을 적용한 경우에도 LED 집어등이 약 5% 정도 높은 광속을 나타내었으며, 수심 50 m의 방사출력에 암순응시 시감도를 적용한 경우 LED 집어등의 광속이 14% 높게 나타나 메탈등의 대체 가능성을 확인할 수 있었다.

**핵심용어** : 집어등, 발광다이오드, 메탈헬라이드, 광속, 비시감도

**Abstract** : This study analyzed characteristics of 240 W high power LED lamps by comparing with those of traditional metal halide lamps. In addition, it analyzed the propriety of LED lamps as a source of light, considering seawater transmission characteristics. When Applying white LED package with the color temperature color temperature of 6500K, a 240W-LED fishing lamp has a characteristics of the luminous angle to be expanded to  $\pm 45^\circ$ , the illumination change was improved to 0.8, as well as the luminance efficiency was improved to 98.8lm/W. As results of comparison between one 1,500W-metal halide lamp and four 240W-LED lamp with considering a seawater transmission and a luminous efficiency of scotopic vision, the radiant flux of two lamps were almost equal level at 50m depth and the luminous flux was 5% higher LED lamp than metal-halide lamp even if only applying the luminous efficiency of scotopic vision. As the luminous flux of LED lmap was 14% higher than that of metal-halide lamp with applying the luminous efficiency of scotopic vision to radiant flux at 50m depth, so LED fishing lamp was verified to alternative possibility of metal-halide lamp.

**Key Words** : Fish luring lamp, LED, Metal halide, Luminous flux, Luminous efficiency

## 1. 서 론

집어등은 빛을 이용하여 어업 대상생물을 유집하는 등으로, 우리나라에서는 오징어 및 갈치 채낚기 어업, 선망, 들망, 봉수망 등에서 주로 사용되고 있다. 연근해 어업에서는 갈치 및 오징어 채낚기 어업에서 가장 많은 집어등을 사용하고 있으며, 주로 사용되고 있는 집어등의 광원은 소비전력 1.5 kW의 메탈헬라이드등(이하 “메탈등”이라 함)이 이용되고 있다. 메탈등은 방전등의 일종으로 광효율은 높으나, 수명이 짧고, 외부 충격에 약해 수시로 교체해야 할 뿐만 아니라, 발광 파

장 대역이 넓고, 불필요한 영역까지 광이 조사되기 때문에 에너지 소모가 많으며, 자외선을 방출하여 피부손상 및 시력 저하 등 인체에 나쁜 영향을 주고, 어획물의 선도에도 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Inada and Arimoto, 2007; Peter, 2009). 최근 이러한 이유로 고유가 및 친환경 저탄소 생산기술 개발을 위한 에너지 절감형 집어등의 필요성에 따라 LED(Light Emitting Diode) 등에 관한 관심이 높아지고 있다.

LED 집어등에 관한 연구로는 발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성 연구(Bae et al., 2008), 오징어 채낚시의 수중조도와 어획 수심에 관한 연구(Choi et al., 2001), 공랭식 LED 집어등의 특성 및 채낚기어선에서 어획 성능에 대한 연구(Bae et al., 2009), LED와 메탈헬라이드 집어등을 겸용한

† Corresponding Author : jhbae01@korea.kr, 033-660-8555

갈치채낚기 어선의 조업 성능(An et al., 2012), 메탈등과 LED 집어등의 다양한 조합에 따른 연안 오징어 채낚기 어선의 유류 절감(Yamashit et al, 2012) 등, 대상 어종의 행동 반응과 조업시스템에 관한 연구가 있었으며, 집어등의 수중 투과 특성과 운용에 관련하여 집어등 광원으로서 고휘도 발광 다이오드의 방사 및 수중 투과 특성(Choi, 2006), 이중 광원 조합에 의한 복수 광원의 분광 방사 특성과 광달거리 및 집어등 운용 방법(Choi 2009a), 복수 조합에 의한 고휘도 발광 다이오드의 분광 분포와 수중 투과 특성(Choi 2009b) 등 LED 등을 집어등으로써 적용하기 위한 많은 연구가 있었다.

본 연구는 최근 개발된 240 W급 고효율 고휘도 LED 집어등의 광학적 특성을 중심으로 배광 패턴 및 조업 상황에 따른 균제도를 조사하고, 발광 파장에 따른 해수투과 및 생물의 시감도에 따른 방사출력 및 광속을 분석하여 집어등 광원으로써 적정성을 검토하여 집어등 개발의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 LED 집어등

최근 일반 조명용 광원으로 개발된 고휘도 LED 패키지는 1W에서 3W 패키지로 용도에 맞춰 일반 가정용 조명부터 가로등, 투광등 등 고휘도 LED등으로 제작되고 있다.

Table 1. Specification of LED lamp used at the experiment

Item	Specification
Power consumption (W)	240 W
Luminous energy (lm)	22800
Luminance efficiency (lm/W)	95
Colour of LED lamp	White
Color temperature (K)	6,500 K
Emission peak	450 nm
LED package	LUXEON R LXA7-PW65,144EA

Table 1은 240 W 고휘도 LED 집어등의 제원이며, Fig. 1은 제작된 집어등이다. 광원으로는 3 W, 140 lm/W, LED 패키지 144개를 사용하여 구성하였으며, 배광 특성과 광효율을 개선하기 위하여 실린드럴 렌즈를 커버 일체형으로 적용하여 설계 제작하였다. 배광 특성은 배광각과 균제도 개선을 위하여 기존 메탈등과 같이 360° 확산형으로 할 수도 있으나, 불필요한 광의 소모를 줄이고, LED 집어등의 현재 출력을 고려할 때 좌우현에 각 상하 2열 배열을 기준으로 하여, 상하방향으로 90°를 설계 목표각으로 하고, 수평 방향으로는 LED 패키지의 기본 투영각이 나올 수 있도록 설계하였다. 본체는 알루미늄을 압출 후 가공하여 제작하였으며, 렌즈 및 커버는 고투

과성 폴리카보네이트 사출품으로 투과율은 92%로 나타났다. 전원공급장치는 240 W SMPS (SWP300PF-24)를 사용하여 24 V로 구동할 수 있도록 설계 제작하였다.

집어등의 방열 구조는 LED 패키지의 열적 특성 자료에 따라 방열시뮬레이션을 하고, 방열판의 면적에 따른 실험을 용이하게 하기 위하여 방열판이 수직으로 나열되어 있는 표준형 방열판을 집어등의 배면에 부착하여 사용하였다.

LED 집어등 및 메탈등의 광효율 및 방사출력은 배광시험기(GoniLED-150S, J&Ctech)를 사용하였으며, 방사과장대역은 2 m 적분구(LMS-120, J&Ctech)를 이용하여 측정하였다.

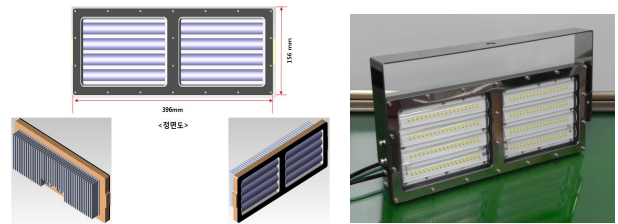


Fig. 1. 240W fish luring Lamp.

### 2.2 시감도와 해수투과 특성

일반적으로 등기구의 광학적 성능을 분석하기 위해서는 발광 파장 대역과 광출력, 발광 패턴을 측정하여 조명의 용도에 맞춰 분석 평가하게 된다. 광은 일반적으로 사람이 볼 수 있는 가시광 영역을 말하고, 대기 중의 조사되는 환경 조건이라고 할 수 있으나, 집어등의 사용 환경은 수중에서 조사되며 대상생물이 어류라는 것이 기본적으로 다른 조건이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 LED 집어등의 수중 투과 특성과 대상 생물에 미치는 영향을 분석하기 위하여 발광 파장 대역을 분석하고, 해수의 투과율 및 어류의 광수용체의 흡광도를 고려하여 시감도를 적용하여 분석하였다.

광의 밝기를 나타내는 단위로 일반적으로 lumen(lm)을 사용하는데, 이 단위는 인간의 시감도가 반영된 단위이다. 광원에서 방출되는 전자기파 에너지를 복사 출력(radiant flux)이라고 하고, 단위 시간당 사람의 눈이 느끼는 가시광의 에너지는 발광 출력 또는 광속(luminous flux)이라고 하며, 이때 파장에 따른 사람의 눈이 느끼는 상대적인 밝기를 비시감도(luminous efficiency)라고 한다.

눈의 비시감도는 밝은 환경과 어두운 환경에서 다르게 나타나는데, 본 연구에서는 1951년 CIE(국제조명위원회)의 시감도 곡선 자료를 참고하였다(CIE Proceedings, 1951).

$$\phi_v(\text{photopic lm}) = 683 \int_{380}^{780} V_p(\lambda) Q(\lambda) d\lambda$$

$$\phi_v(\text{scotopic lm}) = 1700 \int_{380}^{780} V_s(\lambda) Q(\lambda) d\lambda$$

여기서  $\phi_v(\text{photopic lm})$ 는 명순응시(photopic vision) 광속,  $\phi_v(\text{scotopic lm})$ 는 암순응시(scotopic vision) 광속,  $V_p(\lambda)$ 는 파장에 따른 명순응시의 비시감도,  $V_s(\lambda)$ 는 파장에 따른 암순응시의 비시감도,  $Q(\lambda)$ 는 광원의 파장에 따른 분광 분포,  $\lambda$ 는 파장이다. 즉, 일반적으로 광원의 광속은 가시영역에서 명시감도를 기준으로 하며 파장 555 nm에서 1 W의 방사에너지를 683 lm으로 정의하며, 암순응시에는 507 nm에서 1 W를 1700 lm으로 한다. Fig. 2는 사람의 명순응시와 암순응시의 시감도를 나타낸 것으로 암순응에 높은 시감도가 나타나는 것을 알 수 있다.

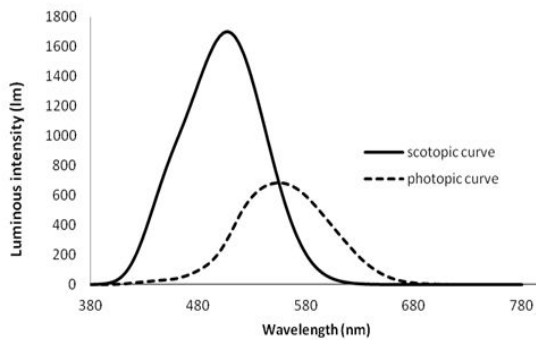


Fig. 2. Visibility curve human.

집어등을 사용하는 어업의 주요 대상 어류의 망막 구성은 원추세포와 간상세포로 구성된 인간의 그것과 유사하며, 주로 명암을 구분하는 간상세포에 의해 광에 반응한다. 간상세포의 광수용체(photoreceptor)인 로돕신(rhodopsins)의 흡광도는 490-513 nm의 범위에서 흡수 극대값을 갖는다고 보고하고 있다(Choi, 2006). 인간의 암순응시 반응하는 간상세포 내의 광수용체 또한 로돕신이며, 암순응시의 시감도와 유사하므로 광원의 발광 파장 분포에 적용하여 분석하였다.

Table 2. Irradiance transmittance for surface water of different water types (Jerlov, 1968)

	310	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
I	86	94	96.3	97.2	97.8	98.1	98.2	97.2	96.1	94.2	92	85	74	70	66	59
IA	83	92.5	95.1	96.3	97.1	97.4	97.5	96.6	95.5	93.6	91	84	73.5	69.5	65.5	58.5
IB	80	90.5	94	95.5	96.4	96.7	96.8	96	95	93	90.5	83	73	69	65	58
II	69	84	89	92	93.5	94	94	93.5	92.5	90.5	87.5	80	71	67.5	63.5	56
III	50	71	79	84	87	88.5	89	89	88.5	86.5	82.5	75	68	65	61	54
1	16	32	54	69	79	84	87.5	88.8	88.5	86.5	82.5	75	68	65	61	54
3	9	19	34	53	66	75	80	82	82	81	78	71	65	62	57	51
5	3	10	21	36	50	60	67	71	73	72	70	67	62	58	52	45
7	0	5	12	22	32	42	50	56	61	63	63	62	58	53	46	40
9	0	1.5	4.7	9	15	21	29	37	46	53	56	55	52	47	40	33

해수의 투과 특성은 해수를 통과하는 빛의 감쇠율과 그 파장에 따라 달라지며, Jerlov(1964)는 해양의 수형에 따른 투과율을 Table 2과 같이 제시한 바 있다. LED 광원의 해수 투과 특성에 따른 감쇠특성을 분석하기 위하여 Jerlov의 광학적 수형의 파장별 투과율 값을 소산계수  $k(\lambda)$ 로 하고, 동해의 수형을 Type-II으로 하여 감쇠율을 계산하였다.

$$I(\lambda) = I_o \exp(-k(\lambda) \times z)$$

$$k(\lambda) = z^{-1} \times \ln\left(\frac{I_o(\lambda)}{I(\lambda)}\right)$$

여기서  $I(\lambda)$ 는 파장  $\lambda$ 의 하층의 분광방사조도,  $I_o(\lambda)$ 는 파장  $\lambda$ 의 상층의 분광 방사 조도,  $z$ 는  $I(\lambda)$ 와  $I_o(\lambda)$ 의 수심차이(m) 및  $k(\lambda)$ 는 광학적 수형에서 파장  $\lambda$ 의 소산계수를 나타내며, 이에 따른 수심에 따른 감쇠율 곡선은 Fig. 3과 같다.

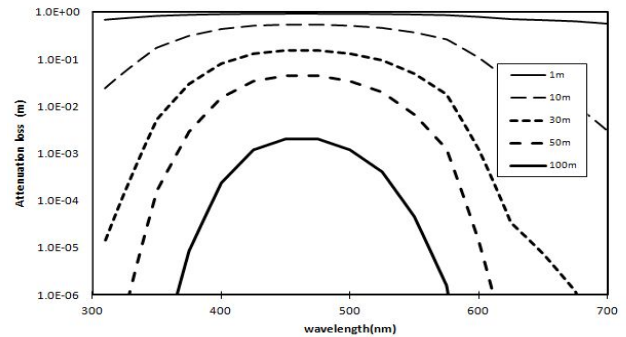


Fig. 3. Optical dissipation rate of Jerlov's water types II.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 LED 집어등

240 W LED 집어등의 시제품의 성능 시험 결과를 Table 3에 나타내었다. 시제품 제작시 광효율을 높이기 위해 렌즈와 커버가 일체화된 실린더컬 렌즈를 개발하여 적용함으로써 기존에 개별 LED에 적용하였던 렌즈와 커버에 의한 투과율 감쇠는 6% 이상 개선되었으며, 렌즈를 별도 조립하지 않고, 고정하는 기구가 삭제되어 제작공정과 디자인이 단순화되었다. 광효율은 98.8 lm/W이며, 역률은 0.97로 일반적인 LED 등기구의 고효율 제품기준인 90 lm/W에 비하여도 매우 높게 나타났다.

메탈 집어등의 배광 패턴은 기본적으로 광원을 중심으로 구형으로 방사되어 선박의 동요에도 해수면의 조도 변화가 상대적으로 적다고 할 수 있다. 이에 반하여 기존의 LED 집어등은 투영 영역의 조도를 높이기 위해 배광각이 캔들형의

좁고 긴 형태의 배광을 가지고 있기 때문에 투영 면적 중 일부 지점만 조도가 높고 상대적으로 균제도가 낮으며, 선박의 항요에 의한 Flicker 현상이 발생할 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 집어등을 여러 단으로 설치해서 전체적인 배광 패턴을 개선하곤 하였다.

Table 3. Test Result of LED lamp used at the experiment

Test item	Results
Power consumption	237 W
Luminous energy	23,432 lm
Luminance efficiency	98.8 lm/W
Color of LED lamp	White
Color temperature	6,497 K
Power factor	0.97
Input voltage	AC 219 V
Input current	1.113 A
Input watt	237.8

240 W LED 집어등은 이러한 문제를 개선하기 위하여 부채꼴형으로 배광 패턴을 개선하였으며, Fig. 4에서 상하 배광각을 최대조도값의 50%가 되는 각을 기준으로 보면, 약  $\pm 45^\circ$ 로 나타났으며, 최대 조도값은 배광각 약  $\pm 30^\circ$ 에서, 좌우각은 LED 패키지의 수평 배광각 그대로  $\pm 60^\circ$ 로 나타났다. Fig. 5에서 항요에 의한 조도 변화를 측정하기 위하여 각을 변경하며 직하 조도 변화를 측정하였으며, 9 m에서 직하조도가 320 lx에서  $\pm 45^\circ$ 를 상하로 변경하였을 때, 각각 259 lx, 257 lx로 나타나 변화율이 0.8로 개선되었다.

알루미늄 압출된 방열판(380 mm(L)×150 mm(W)×40 mm(H))을 절삭 가공하여 LED 집어등 뒷면에 방열 그리스를 사용하여 부착하여 고정하였다. Fig. 6와 같이 열화상카메라(fluke, Ti29, US)를 이용하여 방열특성을 조사하였으며, 2시간 예열 후 배면의 최고온도는  $81^\circ\text{C}$ 였으며, LED 패키지의 배면과 온도차를  $20^\circ\text{C}$ 로 보면  $105^\circ\text{C}$  미만으로 LED의 열특성으로 인한 광효율은 약 15% 감소되어 설계 예측치와 큰 차이가 없었다.

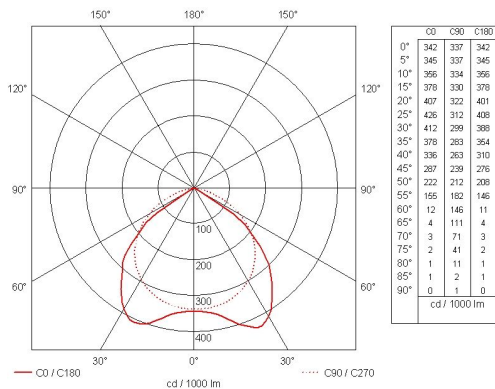


Fig. 4. Light distribution of the fishing lamp.

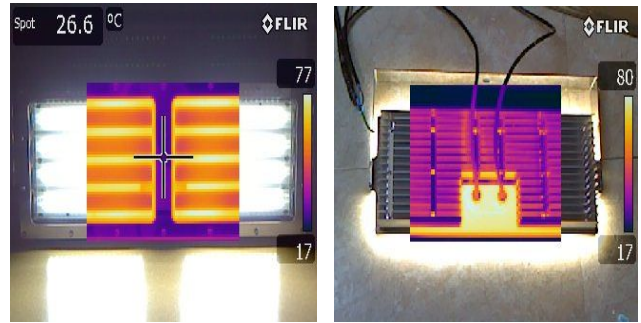


Fig. 6. Thermography of 240W LED fishing lamp.

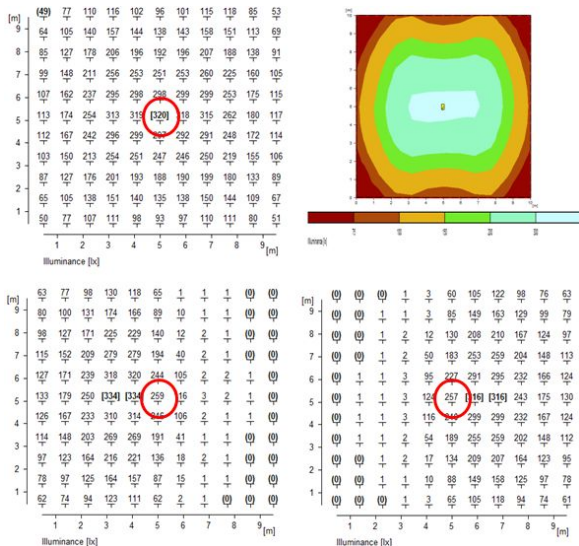


Fig. 5. Vertical illuminance distribution of LED luminaires.

고효율 LED패키지 적용 및 등기구 커버와 렌즈 일체형 설계로 광효율은 기존 180 W LED 집어등(An et al., 2012)의 광효율 85 lm/W에서 98.8 lm/W로 등기구효율은 27% 개선되었으며, 총광속은 13,000 lm에서 23,432 lm으로 향상되었다.

### 3.2 수중 투과 특성

LED 집어등과 메탈 집어등의 광학적 특성을 비교 분석하기 위하여 1,500 W 메탈 집어등과 240 W LED 집어등 4대 총 960 W의 집어등 설치를 기준으로 비교하여 보았다.

메탈등의 입력 전력에서 방사되는 가시광의 방사 효율은 48.7 W/W로 나타났으며, 이를 기준으로 메탈등의 350~850 nm 파장 영역에서 발광 출력을 계산하였으며, 등기구의 형태 및 운용 환경을 고려하여 총 발광 출력의 50%인 448 W가 수면에 조사된다고 가정하였다. LED 집어등의 방사 효율은 0.25 W/W로 발광 출력 240 W가 모두 수면에 조사된다고 가정하였다.

## 240W급 고효율 LED 집어등의 광학적 특성

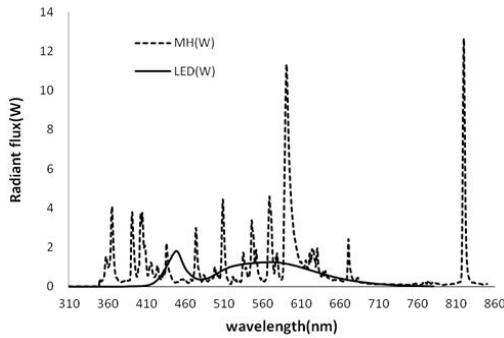


Fig. 7. Wavelength distribution of MH and LED lamps.

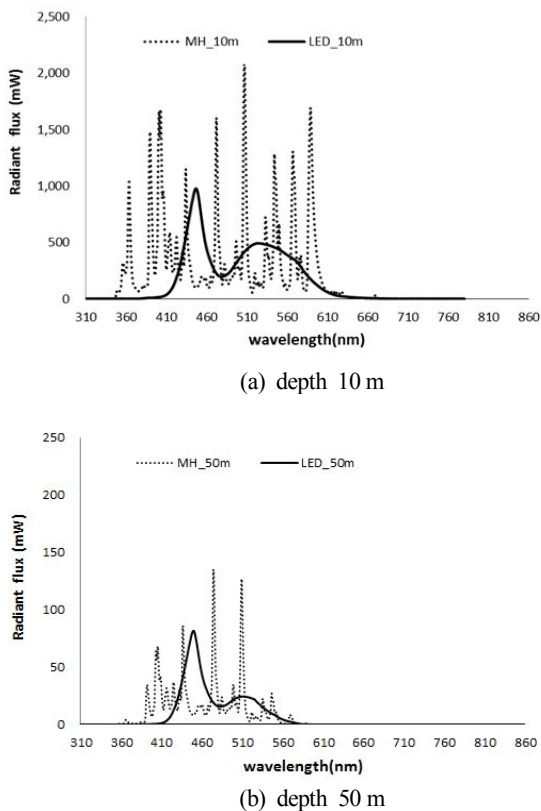


Fig. 8. Radiant flux due to changes in seawater depth.

LED 집어등과 메탈등의 발광 파장 분포를 측정된 결과는 Fig. 7과 같다. LED 패키지의 LED Chip은 450 nm를 최대 발광 파장을 가지며, 550 nm에서 최대 방사 파장을 가지는 형광체에 의해 발광되는 특성이 잘 나타났으며, 메탈등은 600 nm에서 가장 높은 값을 나타내지만, 810 nm 이상의 적외선 영역에서도 높은 값이 나타나 전체적으로 전 조사 파장 대역에서 발광이 되는 것을 알 수 있었다.

집어등에서 투과된 광이 대상 생물에 미칠 수 있는 영향은 어류가 주로 서식하는 수심에서 파장별 해수의 투과율

과 대상생물의 시감도를 적용하여 계산한 결과를 시감도의 파장분포 영역에서 적분한 것과 같다고 할 수 있다.

광원별 발광 파장 분포 결과를 Jerlov(1964) 수형에 따른 투과율을 수심별로 적용하여 수심별 방사 출력을 정량적으로 분석한 결과는 Fig. 8과 같다.

Fig. 8에서 10 m 수심에서 LED의 방사 출력은 74,703 mW, 메탈등 104,900 mW로 나타났으며, 수심 50 m에서는 LED 등 3,802 mW, 메탈등 3,831 mW로 LED 등의 방사 출력이 메탈등의 99%로 거의 동일한 광량이 도달하게 됨을 알 수 있었다.

Fig. 9은 암순응시 시감도를 적용하여 대상생물이 느끼는 빛의 강도를 비교하여 보았다. 507 nm에서 1 W의 시감도를 1700 lm으로 한 암순응시 시감도에 광원별 방사 출력을 적용하여 보면, LED 등의 암순응시 광속은 146,650 lm, 메탈등은 139,526 lm으로 LED 광속이 오히려 5% 정도 높게 나타났다.

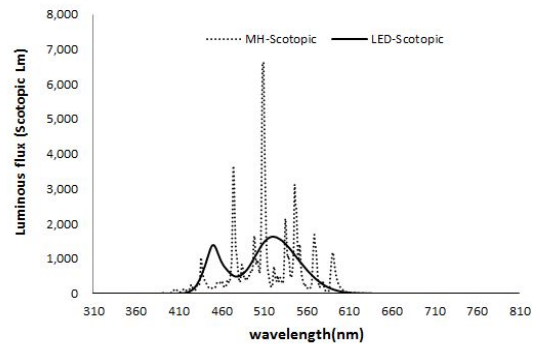


Fig. 9. Luminous flux by the scotopic luminous efficiency.

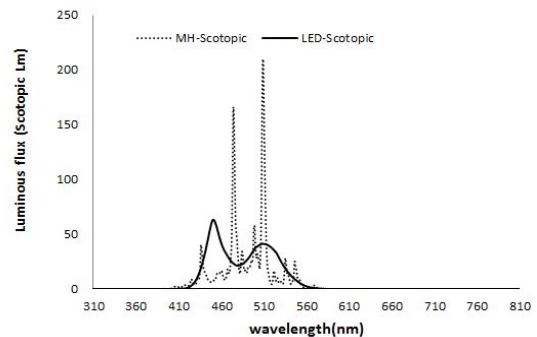


Fig. 10. Luminous flux by the scotopic luminous efficiency and optical dissipation rate.

Fig. 10은 수심 50 m에서 방사 출력을 기준으로 암순응시 시감도를 적용한 해석 결과이다. LED 등의 암순응시 광속은 3,810 lm, 메탈등은 3,338 lm으로 LED 광속이 14% 높게 나타났다.

이상의 분석 결과를 보면, LED 집어등과 기존 메탈등의 파장에 따른 방사 특성을 비교하여 보면, 총광속과 방사 효율은 메탈등이 우수하지만, 등기구의 형태, 운용 환경 및 발광 파장 분포에 따른 해수 투과 특성 및 대상 생물의 시감도를 고려할 때, 백색광 LED 광원이 집어등으로써 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 240 W 고효율 LED 집어등의 특성을 기존 메탈 집어등과 비교하여 배광 패턴의 특성 및 광효율을 분석하고, 발광 파장 대역을 해양 투과 특성 및 시감도를 고려하여 집어등 광원으로써 적정성을 분석하였다.

색온도 6500 K white LED 패키지를 적용한 240 W LED 집어등의 기구적 특성을 보면 배광각을  $\pm 45^\circ$ 로 확대하고, 선박의 횡요에도 가장 밝은 곳과 어두운 지점의 조도 변화율이 0.8로 개선되었으며, 광효율은 98.8 lm/W로 향상되었다. LED 집어등의 수중 투과 특성 및 광원 특성을 해수의 투과율과 어류의 로돕신의 흡광도와 유사한 인간의 암순응시 시감도를 1,500 W 메탈등 1개와 4개의 240 W LED 집어등에 적용하여 비교한 결과, 방사출력이 수심 50 m에 이르면 거의 동등하였으며, 암순응시 시감도만을 적용한 경우에도 5% 정도 LED 집어등이 높은 광속을 나타내었다. 특히 수심 50 m의 방사출력에 암순응시 시감도를 적용할 경우 LED 집어등의 광속이 14% 높게 나타나 방사출력 면에서는 메탈등의 대체 가능성을 확인할 수 있었다.

최근 집어등의 평가를 위한 앞선 연구사례를 보면 주로 인간의 명순응시 시감도가 적용된 조도(lux)를 측정하거나, 어장의 해면 및 수중 조도를 직접 조사하거나, 해수 감쇠율을 광량에 적용하여 평가하였다. 또한 Choi(2006; 2009b)는 집어등으로써 LED 광원의 평가에서 해수 투과 특성과 분광 방사 특성과 광달 거리를 고려하여 평가한 바 있다. 다만, 당시 비교 대상인 LED 집어등의 방사 효율 및 출력이 매우 낮았으며, 어류의 광수용체인 로돕신의 흡광도 등 어류의 시감도 및 선호파장 및 반응행동에 대해서는 조사되었으나, 이를 적용한 파장별 분석에는 적용하지 않았다.

본 연구에서와 같이 광원의 수심에 따른 방사 출력 및 대상 생물의 시감도에 따른 광속의 분석만으로 집어등으로써 적정성을 대표할 수는 없다. 광에 의한 집어와 어획과정은 많은 변수가 존재하고, 동일한 광원이라고 하더라도 배광 패턴에 따라 광 분포 변화와 해면의 산란, 해수의 특성에 따른 변화 등, 조업 수심에서 조도가 달라질 수 있는 많은 변수가 있으며, 몇몇 어종이 감지할 수 있는 최저 조도 및 파장에 따른 시감도는 보고된 바 있으나, 집어와 어획 과정의

다양한 변수에 따른 적정 광량에 대한 정량적 자료는 아직 보고된 바 없다. 다만, 본 연구의 분석 결과는 기존 메탈 집어등의 발광 파장 분포에 따른 광량을 기준으로 LED의 대체 가능성을 평가하는데는 유효할 수 있을 것이다.

최근 LED 패키지의 방사 효율(W/W) 및 발광 효율(lm/W)은 매우 빠른 속도로 발전하고 있으며, 열적 특성 및 안정성도 개선되고 있다. 또한, 발광 파장 대역의 제어도 LED 소재 및 형광체를 이용하여 어느 정도 가능하므로 사용 환경과 목적에 따라 다양한 적용이 가능한 발전가능성이 매우 높은 소자이다. 따라서 대상생물의 시감도와 조업 수심 및 해역에 따른 투과 특성과 함께 조업 특성에 맞는 배광 패턴에 관한 연구가 수반되어야 하며, 이러한 특성을 적용한 LED 집어등 개발이 이뤄져야 할 것으로 판단되었으며, 해양생물의 시감도와 해수 투과율과의 관계를 고려할 경우, 이를 발광 파장 대역으로 가지는 LED 패키지를 적용할 수 있다면, 더욱 에너지 절감율을 높이고, 효과적인 집어가 가능한 LED 집어등 개발이 가능할 것으로 판단되었다.

#### 사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업(RP-2013-FE-041)의 지원에 의해 수행되었습니다.

#### References

- [1] An, H. C., B. S. Bae, K. H. Lee, S. W. Park and J. H. Bae (2012), Operating performance of hair-tail angling vessel using the LED and Metal halide fishing lamp combination, J Kor Soc Fish Tech, 48, pp. 337-345
- [2] 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, pp. 294-303.
- [3] 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, pp. 85-95.
- [4] Choi, S. J.(2009a), Characteristics of spectral irradiance based on the distance from the light source and operating method for fishing lamps with a combined light source, Kor J Fish Aquat Sci, 42, pp. 711-720.
- [5] Choi, S. J.(2009b), Spectral irradiance and underwater transmission characteristics of a combined high-luminance

- light emitting diode as the light source for fishing lamps, Kor J Fish Aquat Sci, 42, pp. 703-710.
- [6] Choi, S. J.(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, pp. 480-486.
- [7] 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 Korean Fish Soc, 34, pp. 624-632.
- [8] Inada, H. and T. Arimoto(2007), Trends on research and development of fishing light in Japan, J Illum Engng Inst Jpn, 91, p. 205.
- [9] Jerlov, N. G.(1964), Optical classification of ocean water, In: Physical aspects of light in the sea, Hawaii University Press, Honolulu, pp. 45-49.
- [10] Peter, R. B.(2009), The impact of light in buildings on human health. SHB2009-2nd International Conference on Sustainable Healthy Buildings, Seoul, Korea, pp. 4-5.
- [11] 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, pp. 182-189.
- [12] CIE Proceedings(1951), Bureau Central de la CIE, Paris, Vol. 1, Sec 4; Vol 3, p. 37.

---

원고접수일 : 2013년 11월 05일

원고수정일 : 2013년 12월 20일

게재확정일 : 2013년 12월 26일