

집어등 광원으로서 고휘도 발광 다이오드의 방사 및 수중투과 특성

최 석 진*

특허청 화학생명공학심사국

Radiation and Underwater Transmission Characteristics of a High-luminance Light-emitting Diode as the Light Source for Fishing Lamps

Sok Jin CHOI*

Chemistry and Biotechnology Examination Bureau, Korean Intellectual Property Office,
Daejeon 302-701, Korea

The radiation characteristics of a high-luminance light-emitting diode (LED) light source were studied to evaluate its potential as an energy-saving light source for fishing lamps. The angle of the LED light source with 50% illuminance was 8-15°, and it had strong directional characteristics. The wavelengths at which the radiance and irradiance were maxima were 709, 613, 473, 501, 525, and 465 nm for red, orange, blue, peacock blue, green, and white light, respectively. The underwater transmission characteristics of the LED light source were superior in the order blue, white, peacock blue, and green in optical water type I; blue, peacock blue, white, and green in optical water type II; and blue, peacock blue, green, and white in optical water type III. Setting the underwater transmission characteristics of the LED light source in optical water type I at 100%, the transmission of water types II and III decreased to 67 and 17%, respectively. Based on the underwater transmission characteristics calculated in optical water types I-III, the blue and peacock blue LED light sources can be used as an energy-saving light source for fishing lamps.

Key words: LED, Optical water type, Fishing lamp, Luminance, Illuminance

서 론

주광성 어류를 잡어하기 위한 어업용 집어등은 석유, 아세틸렌을 이용한 빛을 시작으로, 1920년대 말부터는 축전기, 직류 발전기 등의 전기를 이용한 집어등이 등장하기 시작하여, 1930년대 후반에 들어 실용 단계로 접어들었다 (Imamura, 1968; Inada and Ogura, 1988). 특히, 제2차 세계대전 이후에 연안 어선의 동력화가 진행되면서 집어등 광원은 본격적으로 전기를 사용하게 되었으며, 이전까지 배터리를 사용한 소형 전구는 선내 발전기에 의한 교류 전원을 이용한 방식으로 바뀌게 되었다 (Choi and Arimoto, 1996; Choi, 1997). 이러한 교류 전원을 이용한 광원은 변압기를 사용하여, 입력전압을 조절함에 따라 집어등 광원출력이 간단하게 조절될 수 있다는 점으로부터, 1960년대 전반까지는 교류발전기에 의한 백열등 광원이 어업용 집어등의 주류를 이루게 되었다 (Choi, 1997).

그 후, 백열등 광원과 동일한 변전체계를 갖는 할로겐등이 사용되었고, 1970년대 후반에는 당시까지의 주류를 이루었던 백열등 광원에서 방전계 광원인 메탈할라이드등이 보급되었다 (Inada and Ogura, 1988; Choi and Arimoto, 1996). 이로 인해 어업용 집어등은 광질 변화는 물론 발광효율 면에서도 큰

폭으로 향상되었다 (Choi et al., 2002). 그러나, 에너지 절약의 목적으로 도입된 방전계 광원은 어업경비 절감에 도움이 될 것으로 기대되었으나, 실제로는 광원 출력을 증대시키는데 한층 더 박차를 가하는 결과를 낳게 만들었다 (Inada and Ogura, 1988; Choi, 1997). 집어등 광원의 출력 증대는 어선의 연료 경비를 증대시켰으며, 장기간에 걸친 어가 하락과 함께, 어업 경영을 압박하는 원인이 되었다 (Choi and Arimoto, 1996). 이를 극복하기 위해, 오징어 채낚기 어업계에서는 광력적정화 사업을 진행하여 오징어 채낚기 어선에서 필요한 적정광력을 설정하기 위한 연구가 진행되었고, 이러한 결과를 토대로 소형 오징어 채낚기 어선에서 필요한 적정 집어등 광력을 구하고 어업현장에서 광력사용규제를 실시하기에 이르렀다 (Choi et al., 2002). 그러나, 이러한 노력에도 불구하고 최근 수년간 급격하게 상승한 원유가는 어업경비를 한층 더 증가시켜 어업 경영을 압박하는 주요한 요인으로 자리잡게 되었으며, 급기야 집어등 어업에서는 연료비 절감을 위해, 기존의 광원발전체계와는 다른 새로운 광원을 어업용 집어등으로 도입하기 위한 연구를 시작하기에 이르렀다 (Okamoto et al., 2001; Inada et al., 2006; Inoue et al., 2006; Miyagi et al., 2006).

따라서 본 연구는 최근 고휘도 청색 발광 다이오드의 개발 (Nakamura et al., 1994)과 함께 차세대의 에너지 절약 광원으로

*Corresponding author: sokjin_kr@yahoo.co.kr

주목받고 있는 반도체계 광원인 고휘도 발광 다이오드 (High-Luminance Light-Emitting Diode: 이하 'LED'라 한다)를 새로운 집어등 광원으로 도입하기 위한 기초적 연구로서, LED 광원의 발광특성을 측정하여 기초 데이터를 수집하는 한편, LED 광원이 어업현장에서 집어등 광원으로 사용될 경우를 가정하여, LED 광원의 수중투과특성을 시뮬레이션 계산하였다. 이를 토대로 차세대의 집어등 광원으로서의 도입 가능성 및 그 실용성에 대해 평가하였다.

재료 및 방법

LED 광원의 조도, 분광방사조도 및 분광방사휘도를 포함한 발광측정은 2001년 6월 25일부터 6월 28일에 걸쳐, 일본 수산공학 연구소의 실험동 암실에서 야간에 실시하였다. 측정에 사용된 광원은 백색, 적색, 녹색, 청색, 청록색 및 오렌지색의 LED 광원을 사용하였으며, 측정에 사용된 LED 광원의 정격 전압과 전류를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Voltage and electrical current of the high-luminance light-emitting diode light source

Color of high-luminance light-emitting diode light source	Voltage (V)	Electrical current (mA)
Red	2.0	20
Green	3.6	20
Blue	3.6	20
White	3.6	20
Orange	3.3	10
Peacock blue	2.0	20

LED 광원의 조도측정

LED 광원의 조도는 조도계 (T-1, Minolta)를 사용하여 측정하였다. LED 광원의 각도별 조도 측정은 각각의 LED 광원에 3 V의 전압을 인가하여 점등시킨 상태에서 조도계를 30 cm 거리에 설치하고, LED 광원의 발광축 수직하방을 0°, 수직상방을 180°로 정하여 5°간격으로 각각의 LED 광원에 대한 각도

별 법선조도를 측정하였다. 또한, 입력전압 변화에 따른 LED 광원의 조도 변화를 측정하기 위해, LED 광원의 발광축 수직하방과 조도계의 수광부를 1 m 간격으로 설정하고, 1.4 V에서 4.2 V의 전압을 0.2 V 간격으로 인가하여 각각의 입력전압에 따른 LED 광원의 조도 변화를 측정하였다. LED 광원의 거리별 조도 측정은 LED 광원의 발광축 수직하방과 조도계의 수광부를 마주보도록 설치하여, 5 m 거리까지 1 m 간격으로 측정하였다 (Fig. 1).

LED 광원의 분광방사휘도 측정

LED 광원의 분광방사휘도 측정에는 분광방사휘도계 (Topcon SR-1, 동경광학기계)를 사용하였다. 각각의 LED 광원은 발광축 수직하방이 분광방사휘도계의 수광부 대물렌즈와 마주보도록 1 m, 2 m, 5 m, 10 m 및 20 m의 거리에 각각 설치하였다. 각각의 LED 광원에는 3 V의 전압을 인가하고 동일 전압에 의해 출력된 광원의 발광부를 분광방사휘도계의 대물렌즈와 0°±1° 범위에서 마주보도록 고정하고, 분광방사휘도계의 시각을 0.2°로 설정하여, 파장 380-760 nm 범위에서 5 nm 간격으로 측정하였다.

LED 광원의 분광방사조도 측정

LED 광원의 분광방사조도측정에는 분광방사조도계 (LI-1800C, LI-COR Inc.)를 사용하였다. 각각의 LED 광원은 광원의 발광축 수직하방이 분광방사조도계의 수광부와 1 m의 거리를 두고 마주보도록 설치하였다. 각각의 LED 광원에는 3 V의 전압을 인가하여 동일 전압에 의해 출력된 LED 광원으로부터 방사된 빛은 분광방사조도계의 수광부에 0°±1°의 범위에서 입사하도록 고정하고, 파장 380-760 nm 범위에서 1 nm 간격으로 3회씩 측정하여, 그 평균치를 사용하였다.

LED 광원의 수중투과특성 계산

LED 광원이 어업현장에서 집어등으로 사용될 경우를 가정하여 LED 광원의 수중투과 특성을 광학적 수형별로 계산하였

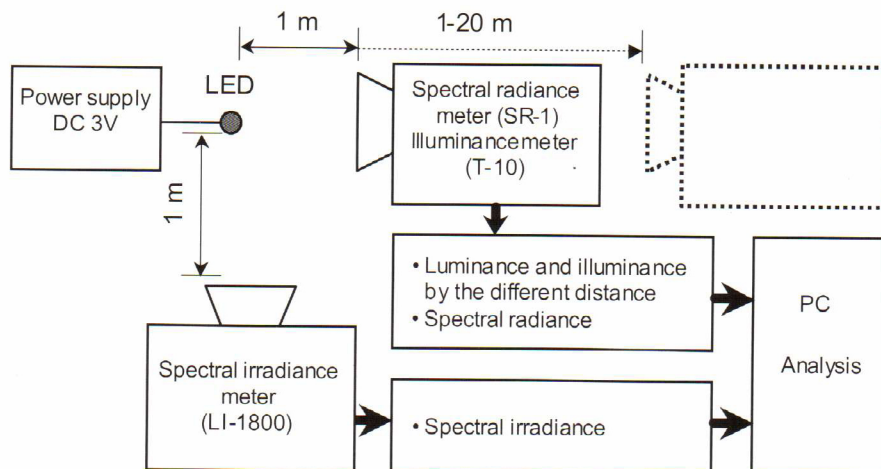


Fig. 1. The diagram showing the measurement concept of radiation characteristics using radiometer with high-luminance light-emitting diode light source.

다. LED 광원의 파장별 수증투과특성 계산에는 Jerlov가 정한 광학적 수형 (Jerlov, 1964; Kuroki, 1989)의 파장별 투과율 값을 소산계수 $k_{(\lambda)}$ 로 하고, LED 광원과 분광방사조도계의 수광부와와의 거리를 1 m로 고정하여 측정된 분광방사조도 값을 수면상의 분광방사조도 값으로 하여, 수심 15 m까지 투과한 분광방사조도 값을 다음 식에 따라 파장별로 계산하였다.

$$I_{(\lambda)} = I_{0(\lambda)} \exp(-k_{(\lambda)} \times z) \dots\dots\dots (1)$$

$$k_{(\lambda)} = z^{-1} \times \ln(I_{0(\lambda)} / I_{(\lambda)}) \dots\dots\dots (2)$$

단, $I_{(\lambda)}$ 는 파장 λ 의 하층의 분광방사조도, $I_{0(\lambda)}$ 는 파장 λ 의 상층의 분광방사조도, z 는 $I_{(\lambda)}$ 와 $I_{0(\lambda)}$ 의 수심차이 (m) 및 $k_{(\lambda)}$ 는 광학적 수형에서 파장 λ 의 소산계수를 나타낸다

결 과

LED 광원의 각도별 조도분포와 입력 전압별 출력 변화

각 LED 광원의 발광면 수직하방을 0°, 수직상방을 180°로 정하여 각도별로 측정된 법선조도 값 중 수직하방 0°에서 측정된 법선조도 값을 100%로 하여 각도별 조도 값을 상대값으로 정리한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에 의하면, LED 광원의 각도별 조도분포는 빛을 직접 발광하는 수직하방 0° 방향이 가장 밝았고, 각도가 증가함에 따라 조도 값은 급격히 감소하여 30° 이상의 각도에서는 빛이 거의 도달하지 않는 것으로 나타났다. 특히, 법선조도 값이 반감하는 반감각은 약 8-15°로서, LED 광원은 지향성이 매우 강한 특성을 갖는 것으로 나타났다.

LED 광원의 점등에 필요한 입력전압을 1.4 V에서 0.2 V 간격으로 4.2 V까지 인가시킨 경우에 출력되는 LED 광원의 조도 값을 측정된 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 각 LED 광원에 정격전압을 인가한 경우의 조도 값을 100%로 하였을 때, 입력 전압이 증감하면 LED 광원의 조도 값도 증감하는 경향을

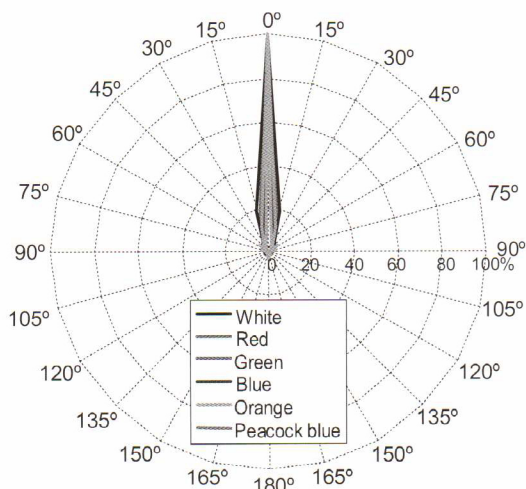


Fig. 2. Distribution curve of relative illuminance by high-luminance light-emitting diode light source.

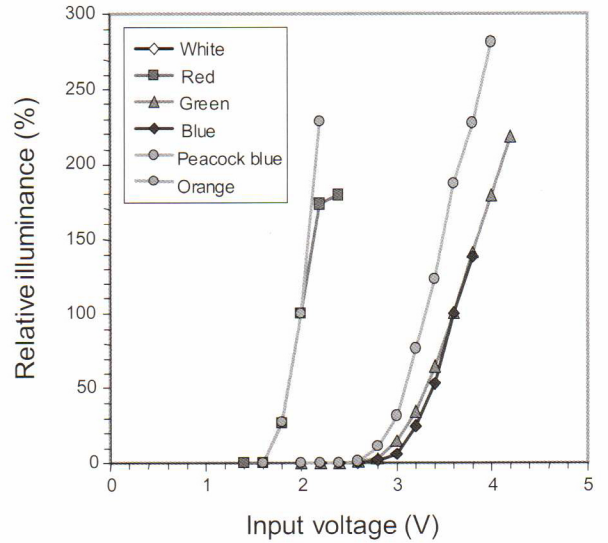


Fig. 3 Change of relative illuminance of high-luminance light-emitting diode light source according to the input voltage.

보였다. 즉, 정격입력 전압 3.6 V를 갖는 녹색과 청색LED의 경우, 입력전압을 3.8 V로 0.2 V 높였을 때, 조도 값은 140%로 증가하였고, 3.6 V에서 3.4 V로 0.2 V 낮춘 경우에는 약 50-60%로 감소하여, 0.2 V의 미약전압의 변화에 대해서도 각 LED 광원의 출력 조도 값은 매우 민감하게 반응하였다.

LED 광원의 거리별 방사 휘도 및 조도 변화

LED 광원의 휘도를 거리별로 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. LED 광원의 거리별 휘도는 휘도계 수광부로부터의 거리가 1 m 떨어진 곳에서 백색이 $1.4 \times 10^5 \text{ cd/m}^2$ 로 가장 밝았고, 다음으로 녹색, 오렌지색, 적색의 순으로 나타났으며, 청색

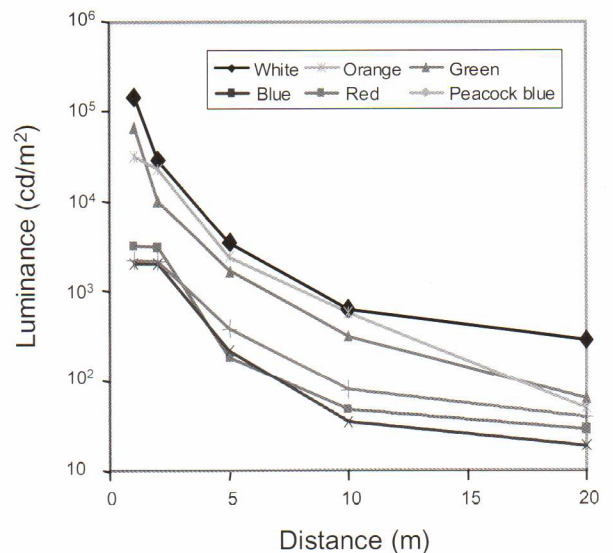


Fig. 4 Decrease of luminance according to the distance from the high-luminance light-emitting diode light source.

이 $2.0 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$ 로 가장 낮은 값을 보였다. 거리가 멀어짐에 따라 LED 광원으로부터 도달되는 휘도값도 감소하여, 휘도계 수광부로부터의 거리가 20 m 떨어진 지점에서의 휘도값은 백색이 $2.9 \times 10^2 \text{ cd/m}^2$ 로 가장 높았고, 나머지 LED 광원은 $6.2 \times 10 - 1.9 \times 10 \text{ cd/m}^2$ 의 범위에서 분포하였다.

한편, LED 광원의 조도를 거리별로 측정된 결과를 정리한 Fig. 5에 의하면, LED 광원의 발광부와 조도계 수광부와의 거리가 1 m 떨어진 지점에서의 조도는 녹색이 4 lx로 가장 밝았고, 그 다음으로 청록색, 오렌지색, 백색의 순서로 나타났으며, 청색이 0.8 lx로 가장 낮은 조도 값을 보였다. 또한, LED 광원과 조도계의 수광부와의 거리가 증가함에 따라 각 지점에 도달하는 LED 광원의 조도 값은 감소하여 4 m 지점에서는 $4 \times 10^{-2} - 2.5 \times 10^{-1} \text{ lx}$ 범위에서 분포하였다. 이를 종합하면 LED 광원은 거리 증가에 따라 조도가 미치는 영향은 매우 작은 반면, 휘도값은 매우 높아, 광원으로서 시인성이 매우 좋은 특성을 갖는 것으로 나타났다.

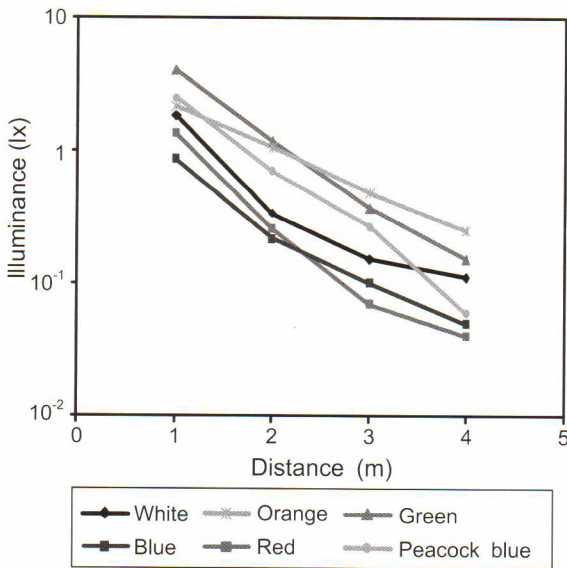


Fig. 5. Decrease of illuminance according to the distance from the high-luminance light-emitting diode light source.

LED 광원의 파장별 방사휘도 및 방사조도 변화

LED 광원과 분광방사휘도계의 대물렌즈 및 분광방사조도계의 수광부를 1 m 거리에 설치하여, LED 광원의 방사휘도 및 방사조도를 파장별로 측정된 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 각 파장별로 측정된 방사조도 및 방사휘도 분포는 백색이 420-720 nm에 걸쳐 넓게 분포하고 있는 것을 제외하면, 청색을 포함한 각 LED 광원은 최대값을 갖는 파장을 중심으로 한 포물선형태의 정규분포 형상을 보였다. 각 LED 광원을 구성하는 유효파장범위에서의 분광방사조도 값 및 분광방사휘도 값이 최대를 갖는 파장역은 백색이 465 nm, 청색이 473 nm, 청록색이 501 nm, 녹색이 525 nm 오렌지색이 613 nm 및 적색이 709 nm로 나타났다.

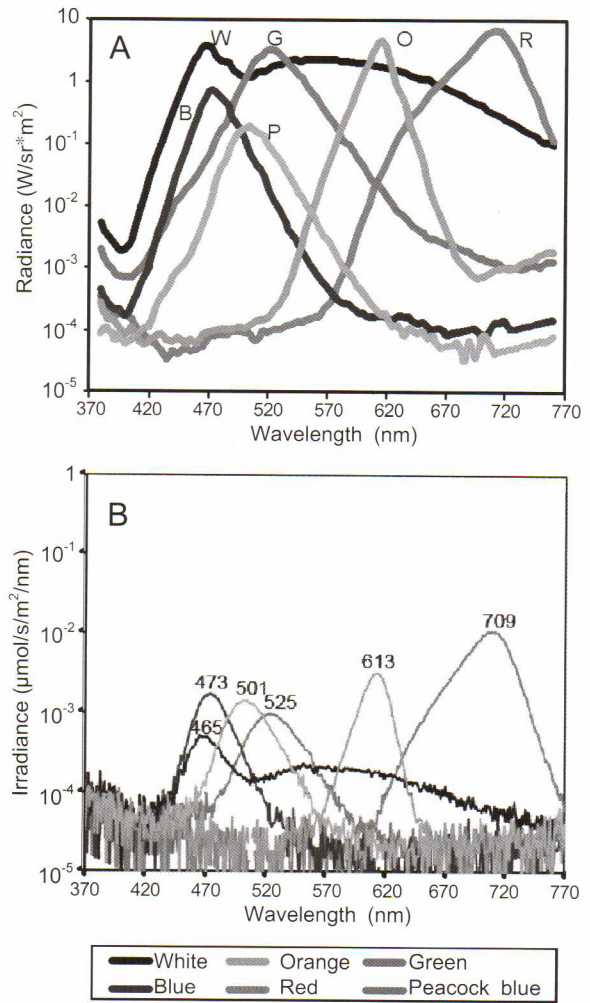


Fig. 6. Change of spectral radiance (A) and spectral irradiance (B) according to the high-luminance light-emitting diode light source.

각 LED 광원의 분광방사휘도 값이 최대를 갖는 파장역의 방사휘도 값을 비교하면, 백색이 $4.5 \times 10^2 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$ 로 최대값을 보였고, 다음으로 적색이 $2.92 \times 10^2 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$, 녹색이 $1.38 \times 10^2 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$, 오렌지색이 $9.56 \times 10 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$ 및 청색이 $2.08 \times 10 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$ 를 보였으며, 청록색이 $6.98 \text{ W/sr} \cdot \text{m}^2$ 로 최소값을 보였다 (Fig. 6-A).

또한, 각 LED 광원의 분광방사조도 값이 최대를 갖는 파장역의 방사조도 값을 비교하면, 적색이 $1.1 \times 10^{-2} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$ 로 가장 높고, 다음으로 오렌지색이 $3.2 \times 10^{-3} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$, 청색이 $1.73 \times 10^{-3} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$, 청록색이 $1.42 \times 10^{-3} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$, 녹색이 $9.68 \times 10^{-4} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$ 를 보였으며, 백색이 $5.1 \times 10^{-4} \mu\text{mol/s/m}^2/\text{nm}$ 로 최소값을 나타내었다 (Fig. 6-B).

이상의 분광방사휘도와 분광방사조도의 측정값이 최대를 갖는 파장역에서의 방사에너지 값을 높은 순서로 배열하면, 분광방사휘도 값은 백색, 적색, 녹색, 오렌지색, 청색 및 청록색의 순이었고, 분광방사조도 값은 적색, 오렌지색, 청색, 청록

색, 녹색, 백색의 순이 되어, 적색은 분광방사휘도와 분광방사조도 양면에서 높은 값을 보였으나, 백색의 경우, 분광방사휘도 값은 다른 LED 광원에 비해 높는데 반해, 분광방사조도 값은 다른 LED와 비교하여 매우 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.

LED 광원의 수중투과 특성

LED 광원이 어업 현장에서 집어등으로 사용될 경우를 가정하여 각 LED 광원의 수중투과 특성을 광학적 수형별로 계산하여 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7은 분광방사조도계의 수광부와 LED 광원의 발광부와의 거리를 1 m로 두고 측정된 분광방사조도 값을 수면 상에 위치한 광원의 분광방사조도 값으로 하여, Jerlov의 광학적 수형에서 제시된 과장별 투과율을 소산계수로 사용하여 수심 15 m까지 도달한 과장별 방사조도 값을 계산한 결과를 나타낸다.

각 LED 광원으로부터 방사된 빛이 수중을 통과하여 수심 15 m에 도달하는 동안, 과장 450-550 nm를 제외한 다른 과장대의 빛은 수중에 흡수되어 계산 값으로서의 의미를 잃었으며, 수형 I의 수심 15 m에 도달하는 조도 값을 100%로 한 경우, 수형별 분광방사 조도값의 감쇄율은 수형 II에서 67%, 수형 III에서는 17%까지 감소한 것으로 나타났다. 또한, 수형별로 수중투과 특성이 우수한 LED 광원을 살펴보면, 수형 I에서는 청색이 최대값을 보여 수중투과 특성이 우수하였고, 다음으로 백색, 청록색 및 녹색의 순서를 보였으며, 수형 II에서는 청색, 청록색, 백색 및 녹색의 순서로 나타났고, 수형 III에서는 청색, 청록색, 녹색 및 백색의 순서를 나타내어, 수형 I, II, III에서의 LED 광원의 수중투과 특성은 청색과 청록색이 우수한 것으로 나타났다.

고 찰

반도체계 광원으로서 LED 광원이 개발되어 전기전자부품을 포함한 일반 산업에서 활용되기까지의 역사는 매우 짧다고 할 수 있다. 특히, 수산업계에서의 LED 광원의 이용은 아직 시작단계로서, 오징어 채낚기 어업 및 콩치붕수망 어업용 집어등으로 도입하기 위한 실험, 연구 등이 진행되고 있다 (Okamoto et al., 2001; Inada et al., 2006; Inoue et al., 2006; Miyagi et al., 2006). 따라서, LED 광원이 일반 산업용기기 등의 부속품으로 사용되기 위한 LED 광원의 일반특성에 관해서는 관련연구기관 또는 각 제조사에서 발행되는 시험성적표 등을 통하여 기본적인 자료를 입수할 수 있으나 (Chung, 2000a Yamaguchi, 1987), LED 광원을 집어등으로 사용하기 위한 특성 및 그 이용방법과 관련한 검토는 매우 부족한 것이 현실이다.

집어등으로 널리 사용되고 있는 백열계 집어등의 배광 특성은 수직상방을 제외한 전방향으로 넓게 방사되고, 방전계 집어등은 수직하방 0-25°, 수직상방 160-180°를 제외한 전방향으로 넓게 방사되는데 반해, LED 광원의 방사각은 0-30° 범위

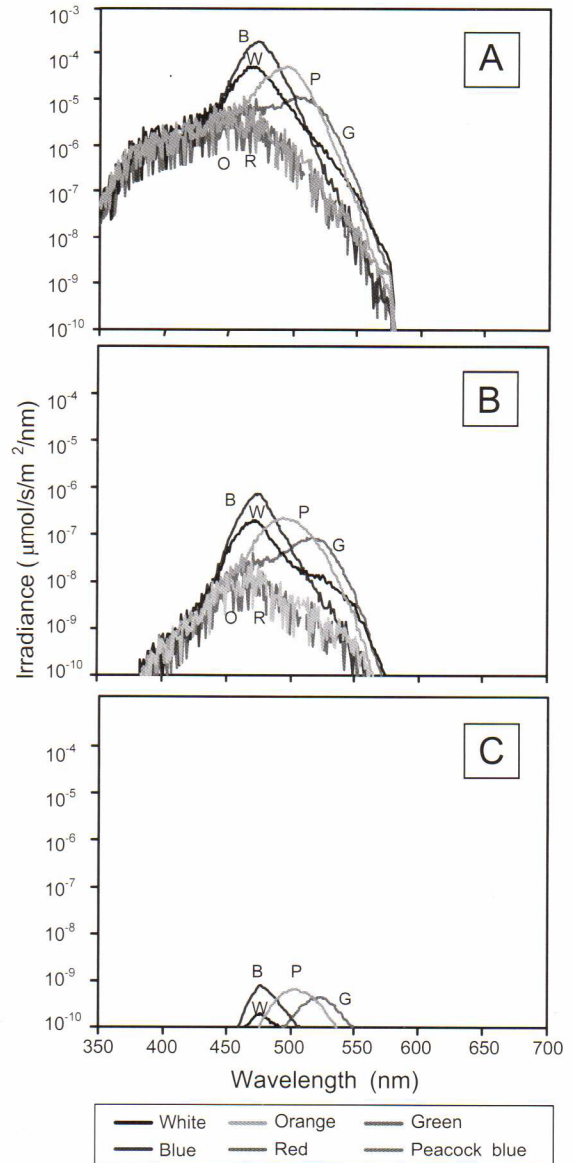


Fig. 7. Change of underwater transmission characteristic according to the high-luminance light-emitting diode light source. A, Optical water type I; B, Optical water type II; C, Optical water type III.

에 한정되어 있고, 광원의 반감각이 약 8-15°로서 (Fig. 2), 종래의 백열등이나 메탈할라이드등에 비해 극히 한정된 방향에서의 지향성이 매우 강한 것으로 나타났다 (Yamaguchi, 1987 Chung, 2000a). 이와 함께 LED 광원의 거리별 휘도와 조도 변화를 살펴보면, 4 m에서의 조도 값은 평균 0.1 lx로, 조사면에 미치는 조도의 영향은 약한 반면, 20 m 거리에서의 휘도는 100 cd 전후의 값을 유지하고 있어, 광원으로서 식별할 수 있는 시인성 측면에서 탁월한 성능을 발휘하고 있는 것으로 나타났다 (Fig. 4). 특히, 100 cd 전후의 휘도 값은 야간에 망막이 암응된 상태에서 물체로서 인지 가능한 값으로 (Osaka, 1998), 이러한 특성을 활용하면, 야간에 낮은 조도를 갖는 대

신, 높은 휘도를 필요로 하는 선박의 항해등, 항로의 부표 및 소형등대의 광원으로 이용이 가능할 것으로 사료된다. 특히, 선박의 항해등에 관한 표준 규격에 의하면, 광원의 수평광도는 13 cd 이상으로 정하고 있으며 (Chung, 2000b), 이는 본 연구에서 측정된 LED 광원 1개의 휘도 값보다 낮은 값에 해당한다.

LED 광원을 면광원 형태로 배치함으로써 조도특성을 보완하고 반사기구 등을 적절하게 부가함으로써 지향성과 시인성을 강조하여 사용할 경우, 현재 백열등을 선광원 형태로 배치하여 조업하는 쫄치붕수망 어선의 집어등으로서도 활용이 가능할 것으로 사료된다. 즉, LED 광원은 종래의 백열등이 갖는 장점인 전기신호를 빛으로 바꾸는 점등속도가 매우 빠르고 (Yamaguchi, 1987 Osaka, 1998), 입력 전압을 미묘하게 바꾸었을 경우에 대한 출력 변화 또한 크다는 점이 본 연구 결과에서도 확인되었는바, 종래의 백열등 집어등 광원을 대체할 새로운 광원으로서 충분한 특성을 갖고 있는 것으로 사료된다. 다만, 쫄치붕수망의 집어등은 백열전구 10-20개를 각각 선광원 형태로 배치하고, 장방형의 갓을 씌워 사용함으로 (Nomura, 1985), 백열등 광원으로부터 방사된 빛은 집어등 갓에 의해 수면으로 전반사되나, LED 광원은 일부 한정된 각도의 방사 출력만이 이용된다는 점을 고려하면, 백열등으로부터 방사된 빛의 효율은 LED 광원에 비해 높을 것으로 사료됨에 따라, 금후, LED 광원을 집어등으로 도입하기 위해서는 기존의 집어등 광원과 LED 광원의 가시광선 사용효율 등을 측정하여 동일 출력의 가시광선을 방사하는데 필요한 전력소비량 등을 포함한 경제적 효율측면에 대해서도 비교 검토해야 할 필요가 있다.

백색을 제외한 LED 광원의 분광방사조도 및 분광방사휘도는 특정의 파장범위를 중심으로 한 포물선 형태의 정규분포 형상을 갖고 있는데 반해, 종래의 집어등 광원은 파장 380-760 nm 범위 전역에 걸쳐 가시광선이 방사되는 특성을 갖고 있다. 한편, 집어등 어업의 주요 어획 대상이 되는 어업생물은 490-513 nm의 범위에서 시물질 로돕신의 흡수 극대 값을 갖는다고 보고하고 있고 (Hara, 1968; Hasegawa, 1998), Imamura (1968b)는 어류의 행동을 등색별로 실험한 결과, 어류는 대체로 500 nm의 파장에 대해서 비교적 잘 유집된다고 한 보고들을 종합 판단하면, 집어등에서 출력된 가시광선이 수중을 통과하여 대상 생물에 전달되는 파장의 범위는 실질적으로 극히 한정된 부분에 국한되어 어업생물의 자극원으로 사용된다고 볼 수 있다. 따라서 490-513 nm부근에서 최대 출력 값을 갖는 청색, 청록색, 녹색 및 백색 LED 광원이 집어등으로서 사용가능성이 높고, 수중을 통과하면서 대부분이 흡수되는 적색의 경우는 그 파장분포 특성으로부터 쫄치붕수망 어업에서 집어등 아래의 수면하부에 유집된 쫄치어군을 수면부근으로 부상시키기 위한 역할을 담당하는 적색 집어등으로서 사용될 수 있을 것이다.

집어등으로서 사용가능성이 높은 것으로 인정된 청색, 청록

색, 녹색 및 백색 LED 광원은 각각 Jerlov가 정한 광학적 수형 (Jerlov, 1964; Kuroki, 1989)에서의 수중투과 특성 측면에서도 좋은 결과를 보였다 (Fig. 7). 한편, 오징어 채낚기 어업이 활발한 동해의 광학적 수형은 어장에 따라 차이는 있으나, 대략 수형 IB-II형으로 분류되고 있고 (Choi et al., 1998), 쫄치 붕수망어업이 활발한 북태평양의 어장은 수형 IB형으로 분류되는 것으로 보고하고 있다 (Jerlov, 1964; Kuroki, 1989). 따라서 이러한 광학적 수형을 갖는 어장에서는 본 연구에서 검토된 LED 광원의 수중투과 특성 결과로부터 유추할 수 있는 바와 같이 청색, 청록색, 백색, 녹색 LED 광원을 사용할 경우 좋은 투과효율을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 광학적 수형 III형을 갖는 연근해 오징어 채낚기 어장에서는 청색보다는 청록색을, 수형 IB형을 갖는 북태평양의 쫄치 붕수망 어장에서는 청색을 집어등 광원으로 사용하는 것이 실용성 측면에서도 매우 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 결과는 어류를 유집하는 효과가 높은 등색을 나열했을 때 그 순서가 청색 > 청 흰색 > 주황색 > 녹색의 순서가 된다고 보고한 Imamura (1968b)의 연구결과와도 그 맥을 같이 한다.

사 사

본 연구에 많은 도움을 주신 日本 水産工學研究所 渡部俊廣 博士를 비롯한 漁法研究室 여러분 및 논문 작성에 좋은 의견을 주신 특허청 화학생명공학 심사국 남기창 박사님께 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Arimoto T., S.J. Choi and H. Arakawa. 1999. Fishing lamps in squid jigging fisheries. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 65, 123-124.
- Choi, S.J. 1997. Rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan, 1-289.
- Choi, S.J. and T. Arimoto. 1996. Corroborative field research, In: Report of rationalization of the light power on small-type squid jigging boat. National Federation of Fisheries Co-operative Associations, Tokyo, 1-14.
- Choi, S.J., D.A. Kim and D.S. Kim. 2002. Present state and future prospect of Korean squid jigging fishery. Tech. Rep. Natl. Res. Inst. Fisheries Engineering, 24, 1-13.
- Choi, S.J., H. Arakawa, Y. Nakamura and T. Arimoto. 1998. Transmittance characteristics of fishing light according to the optical water type in the squid jigging ground of the Sea of Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 64, 650-657.
- Chung, M.K. 2000a. KS C7210, In: KS Handbook Illumination (I). The Korean Standards Association, Seoul, 613-632.

- Chung, M.K. 2000b. KS V8417, In: KS Handbook Illumination (II). The Korean Standards Association, Seoul, 1307-1316.
- Hara, T. 1968. Photosensitive pigments in the cephalopod retina. *Zool. Mag.*, 77, 99-108.
- Hasegawa, E. 1998. Study on measurement of spectral sensitive under scotopic conditions using optometer reaction in fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 64, 626-630.
- Imamura, Y. 1968a. Etude de l'effet du feu dans la pêche et de son opération (I). *La Mer*, 6(1), 17-43.
- Imamura, Y. 1968b. Etude de l'effet du feu dans la pêche et de son opération (II). *La Mer*, 6(2), 32-44.
- Inada, H. and M. Ogura. 1988. Historical change of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. *Rep. Tokyo Univ. Fish.*, 24, 189-207.
- Inada H., D. Inoue, M. Sato, Y. Miyagi, S. Inoue, T. Watanabe, E. Sano, M. Noda, S. Hamade and S. Fuzihara. 2006. A study on the fishing technology using light source in stick held dip net I. Abstract No. 120, *Ann. Meet. Jap. Soc. Fish.*, 1-7.
- Inoue D., H. Inada, Y. Miyagi, S. Inoue, T. Watanabe, E. Sano, M. Noda, T. Yamamoto and S. Hamade. 2006. A study on the fishing technology using light source in stick held dip net II, Abstract No. 121, *Ann. Meet. Jap. Soc. Fish.*, 1-8.
- Jerlov, N. G. 1964. Optical classification of ocean water, In: *Physical Aspects of Light in the Sea*. Hawaii University Press, Honolulu, 45-49.
- Kuroki, T. 1989. *Measurement of Ocean Environment*, Kouseisya, Tokyo, 18-70.
- Miyagi Y., H. Inada, H. Lee, M. Sato, M. Tsukada, D. Inoue, H. Sato, M. Noda, E. Sano, S. Hirata, Y. Sakurai. 2006. A study on the fishing technology using light source in squid jigging fisheries II, Abstract No. 125, *Ann. Meet. Jap. Soc. Fish.*, 1-9.
- Nakamura, S., T. Mukai and M. Senoh. 1994. Candela-class high-brightness InGaN/AlGaIn double-heterostructure blue-light-emitting diodes. *Appl. Phys.*, 64, 1687.
- Nomura, M. 1985. *General Fisheries Technology*. Seizando, Tokyo, 280-287.
- Okamoto, K., D. Kato, K. Morimoro, T. Yanagi and T. Ochi 2001. Development of fishing lamp using bluish-colorlight emitting diode, 2001 National Convention Record I.E.E. Japan, 373.
- Osaka, N. 1998. *Handbook of Color Science*. The Color Science Association of Japan, University of Tokyo Press, Tokyo, 1-85.
- Yamaguchi, S. 1987. *Lighting Handbook*. The Illuminating Engineering Institute of Japan, Ohmsha, Tokyo, 1-609.

2006년 10월 4일 접수
2006년 12월 26일 수리