

발광다이오드의 파장별 수중투과 특성 분석

최성국* · 박대원* · 김성연** · 장지호+ · 길경석++ · 김 원***

* 한국해양대학교 대학원, ** 한국해양대학교 부설 산업기술연구소 전임연구원

+한국해양대학교 나노반도체학과 교수

++ 한국해양대학교 전기전자공학부 교수

*** (주)유펄스

Analysis of Seawater-Penetration Characteristics by Wavelength of Light Emitting Diode

Sung-Kuk Choi* · Dae-Won Park* · Seong-Yeon Kim** · Ji-Ho Chang+

Gyung-Suk Kil++ · Won Kim***

+Department of Nano Semiconductor Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

*/+**Division of Electrical and Electronics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Research Institute of Industrial Technology, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

*** U-PULSE Co., 284-28 Eunhaeng-dong, Siheung-si, Gyeonggi-do, Korea

요 약 : 본 논문에서는 발광다이오드(LED)를 이용하여 오징어 집어등을 개발할 목적으로 광(光) 파장별 해수 투과특성을 실험적으로 분석하였다. 오징어는 색상을 구분하지 못하고 밝기에 의해서만 반응하므로, LED 집어등의 핵심요소는 해수를 가장 잘 침투하는 광파장이다. 본 논문에서는 정격 30W의 백색 및 청색 LED 모듈의 광을 공기와 해수에 방사시켜 투과특성을 비교·분석하였다. 공기중에서 광파장별 거리에 따른 광세기의 감소는 거의 동일하였으나, 수중에서는 청색광의 감소율이 가장 작게 나타남으로써, 집어등용으로는 청색광이 적합함을 알 수 있었다.

핵심용어 : 오징어, 발광다이오드, 광파장, 광세기, 해수투과

ABSTRACT : In this paper, we experimentally analysed water-penetration characteristic of light wavelength to develop a squid-attracting lamp using light emitting diode (LED). The squid can not discriminate light color but well responses to only light intensity. Therefore, the key parameter is the light wavelength which well penetrate into seawater. 30W blue and white LED-module were used as a light source. Light intensity by wavelength was analyzed according to the distance between the LED and the light sensor in air and seawater.

KEY WORDS : Squid-Attracting lamp, Light Emitting Diode (LED), Light wavelength, Light intensity, Seawater-penetration

1. 서 론

오징어, 전갱이, 고등어, 정어리 및 도미 등 대부분의 어류는 빛으로 향하는 추광성(趨光性)을 나타내는데, 집어등은 이러한 어류의 광반응 특성을 이용하여 조업효율을 향상시키는 기능을 한다. 초기에 집어등은 화롯불, 석유, 아세틸렌과 각종 발

화성 인화제를 이용하여 사용하기 시작하였고 그 후 축전지, 발전기 등에 의해 발생하는 전기를 이용한 백열등, 할로겐등이 적용되어 왔다. 그 후 메탈할라이드등과 같은 고휘도 방전(HID, high Intensity Discharge)등이 기존의 백열등과 할로겐등을 대체하여 왔다. 그러나 오징어 및 갈치 채낚기 어선용 집어등으로 사용되고 있는 메탈할라이드등은 정격이 1.5~3kW로 어선 1척

* selus21@gmail.com

* kilgs@hhu.ac.kr

** hanawon@hanmail.net 031)318-5761

당 집어등 전체의 소비전력은 수 백 kW정도이다. 따라서 발전기의 용량이 증대하여 어선 1척당 유류비가 전체의 60~65%를 차지하고 있어 고유가는 물론 에너지문제를 고려하지 않을 수 없다. 또한 램프로부터의 강한 열과 함께 인체에 유해한 자외선을 방출함으로써 어업 종사자의 피부 손상 등을 유발할 수 있어 안전성 요구와 함께 고효율, 장수명, 저소비전력 및 환경친화성 등의 요구가 발생하고 있다. 따라서 유류비 절감효과가 크고 쾌적한 작업환경을 제공해주는 LED(Light Emitting Diode) 집어등에 대한 연구가 일본을 중심으로 시작되어 국내에서도 정부 차원에서 적극 추진되고 있다.

LED 집어등은 원하는 파장대의 광원을 선택적으로 조사할 수 있어 자외선과 같은 인체 유해한 빛을 근원적으로 차단할 수 있다. 또한 기존의 10분의 1의 전력으로도 우수한 집어효과를 얻을 수 있어 LED 집어등 시장 전망은 매우 긍정적이다.

기존 메탈할라이드 램프의 안정기는 개당 25~30 kg인데 비해 LED 모듈용 전원장치는 2kg 정도에 불과하여 안정기 무게로 인한 에너지 손실을 줄일 수 있다. 이에 따라 새로운 발광소자인 LED를 사용한 집어등의 대체 개발이 활발히 진행 중이며 [1]~[3], 7,150여척에 달하는 국내 채낀기 어선의 집어등을 LED로 교체하면 연간 약 5억 리터의 유류와 약 108만톤의 이산화탄소 배출을 저감할 수 있을 것으로 예상하고 있다[3][4].

현재 집어광원으로 사용되고 있는 메탈할라이드 집어등은 비지향성 광원으로서 선상에서 수면을 향해 빛을 조사시키는 방법이 주로 사용되고 있으나 지향성 광원인 LED 집어등의 경우에는 광 조사 방법과 해수 투과 특성에 대한 연구가 필요하다. 특히, 선상에서 조사시키는 경우에 대기와 수중에서의 광 투과도 및 조도변화 특성 분석이 반드시 필요하며 이를 통해 더욱 효율적인 조업이 가능할 것으로 전망된다.

이에 본 연구에서는 저전력·고효율 집어광원으로 주목받고 있는 LED의 스펙트럼과 강도 등 제특성을 관측하고, LED 광원의 해수 투과 특성을 분석함으로써 집어광원으로서의 LED 광 응용의 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 실험

1) LED 광원의 공기 중 조도변화를 관찰하기 위해 청/백색 LED 모듈과 TES1332 조도계로 측정하였다. 실험 방법은 각각의 LED 모듈에 24V의 전압을 인가한 후 0.1m부터 1m 까지 조도계를 0.1m 씩 이동하여 조도 변화를 관찰하였다.

2) LED 광원의 발광 특성과 투과 특성을 관찰하기 위하여 청/백색 LED 모듈과 RPS900-W 스펙트로미터를 사용하였다. 광 프로브를 LED 모듈로부터 각 1.5m, 2m, 2.5m, 3m, 3.5m 의 거리에 위치시켜 도달된 광의 상대 감도와 파장 특성을 측정하였다.

3) LED 광원의 해수투과 실험은 청/백색 LED 모듈과 RPS900-W 스펙트로미터를 사용하였으며, 한국해양대학교 인

근 해안에서 실시 하였다.

Fig. 1. 에 해수투과 특성을 관측하기 위한 실험방법을 개략적으로 나타내었다. LED와 광 프로브가 일직선상에 마주보도록 장치하고 LED는 수면으로부터 1미터 위치에 배치 후 LED 광을 수면에 직접 조사 하였으며 광 프로브를 수중 0.5m, 1m, 2m, 2.5m 의 거리로 이동시켜 도달된 광의 상대 감도와 파장 특성을 측정하였다.

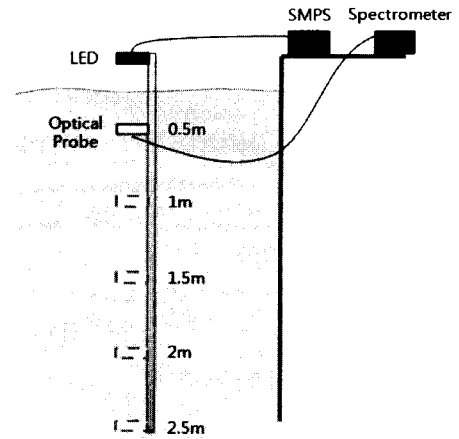


Fig. 1 Configuration of the experimental system

Table 1 에 사용된 LED 모듈의 정격 전압과 전류를 나타내었다. 백/청색 LED는 동일한 전압, 전류 특성을 지니고 있다.

Table 1 Specification of the LED module

Parameter	White/Blue LED
Operating Voltage (V)	24 V _{DC}
DC Forward Current (A)	2.5 A
Power Consumption (W)	30 W

3. 결과 및 고찰

LED에서 방출된 빛이 공기중과 수중에 조사될 때의 파장특성 측정을 통해 광투과도 변화를 관찰하였다.

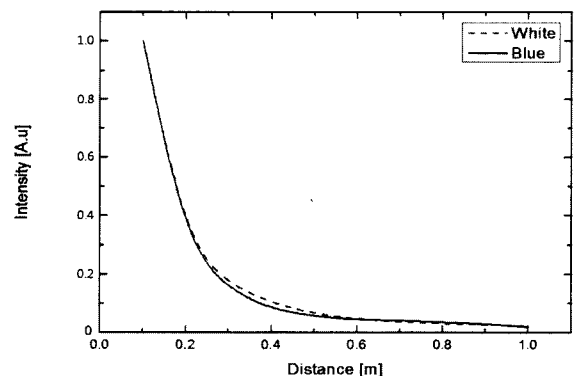


Fig. 2 Variation of light intensity in air with distance

Fig. 2는 실험에 사용된 백색과 청색 LED 모듈의 공기 중에서의 거리별 조도 변화를 측정된 것이다. 0.1m 떨어진 곳에서 측정된 청색 LED 모듈의 조도값은 63,200 lx, 백색 LED 모듈은 61,700 lx 로 청색 LED의 조도값이 더 높게 나타났다.

빛의 진행방향에 수직인 면상의 조도 즉, 수직면조도(E_v)는 식 1과 같이 거리의 제곱(d^2)에 반비례하므로 광원으로부터의 거리가 멀어질수록 조도는 급격하게 낮아지는데, 1미터 거리에서 측정된 조도값은 청색 LED 1330 lx, 백색 LED 1130 lx 로 각각 나타나 0.1m 거리에서 측정된 값과 비교하여 약 2% 정도로 급격히 감소된 것을 볼 수 있다.

$$(E_v = I_v / d^2) \quad (1)$$

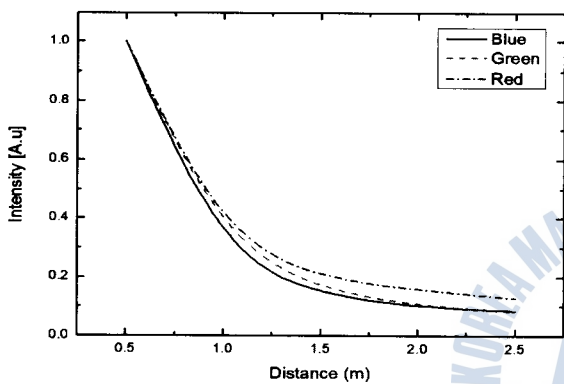


Fig. 3 Variation of light intensity in air with distance

Fig. 3은 공기 중에서 백색 LED 모듈의 스펙트럼 중 적, 녹, 청색의 intensity 변화를 측정된 것이다. 감소되는 값을 비교하기 위해 측정 최대치인 1.5m 거리에서 측정된 값을 1로 정규화 하면 청색광은 3.5m에서 0.084, 녹색광은 0.081, 적색광은 0.127로 청/녹색광의 감소율이 적색광보다 약간 크게 나타났으나 대체적으로 비슷한 결과를 볼 수 있다. 이 결과로 공기중에서는 적색광이 비교적 먼 곳까지 도달할 수 있다는 것을 알 수 있다.

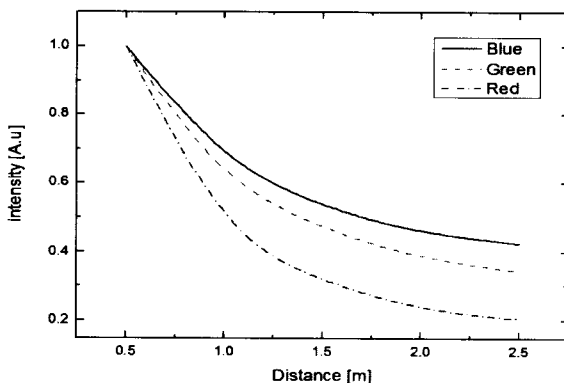
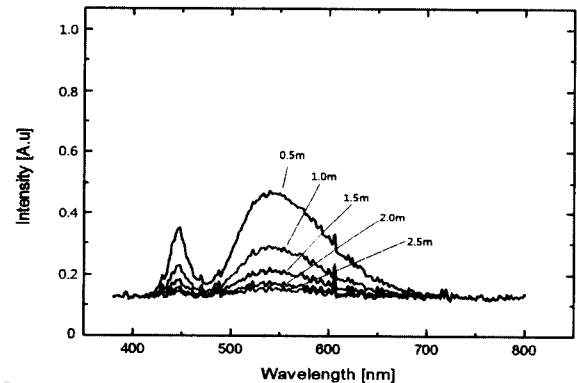
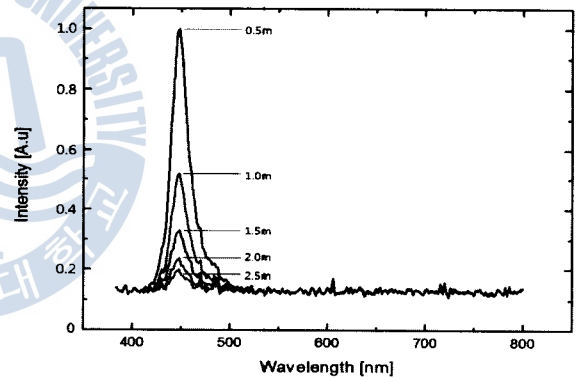


Fig. 4 Variation of light intensity in seawater with distance

Fig. 4는 백색 LED의 각 최대피크 파장의 거리별 intensity를 정규화 시킨 값을 그래프로 나타내고 있다. LED 모듈로부터 수면 1m 위에서 조사하고 광프로브를 수중 0.5m에 배치하여 측정된 값이 1 이라고 가정 했을때 청색광은 2.5m에서 0.426, 녹색광은 0.343, 적색광은 0.205로 나타났다. 실험결과로 수중에서 적색광의 손실이 가장 큰 것을 볼 수 있으며 공기 중에서의 실험과의 대조되는 결과이다.



(a) White LED



(b) Blue LED

Fig. 5 Variation of light intensity in seawater

Fig. 5(a)는 백색 LED모듈에서 조사된 파장 스펙트럼을 나타내며 Fig 4(b)는 청색 LED 모듈의 파장에서 조사된 파장을 스펙트로미터로 측정된 것이다. 위에서부터 각각 수중 0.5m, 1m, 1.5m, 2m, 2.5m 에서 측정된 파장 그래프이다. 실험은 가시광선 영역(380~800nm)의 스펙트럼을 측정 하였으며 각 파장의 스펙트럼 intensity 값은 상대 측정값으로 나타내었다. 백색 LED 모듈의 스펙트럼은 청색(440nm), 녹색(550nm) 적/주황색(650~700nm)을 주 파장으로 이루어진 것을 확인할 수 있다. 수중 2.5m 에서 청색광의 최대 피크 값은 청색 LED 모듈이 6,539, 백색 LED 모듈이 4,806으로 청색 LED 모듈을 사용했을 때 더 높은 수치를 얻을 수 있었다. 이 실험을 통해 청색 LED 모듈을 이용 하였을 때 백색 LED 모듈보다 더욱 높은 광효율을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 공기/수중에서 LED 광원의 특성을 관찰하였다. 공기에서는 적색광의 투과율이 청/녹색광의 투과율보다 높게 나타났으며, 수중에서의 청색광과 녹색광의 투과율이 적색광보다 높게 나타났다. 이는 공기보다 수중에서 미립자의 밀도가 높아 이들 미립자에 의해 장파장의 빛이 빨리 흡수되기 때문인 것으로 판단된다.

본 실험 결과, 수중에서 투과율이 좋은 청/녹색의 LED를 집어등으로 사용할 시 광원이 수중생물에 도달할 확률이 더욱 높을 것으로 예상된다. 관련 연구[5],[6]에서도 집어등에 의해 주로 어획되는 해상생물들의 시물질이 청/녹색 파장대에서 최대 흡수값을 나타낸다고 보고하고 있어, 깊은 영역까지 도달하는 청/녹색의 파장이 수중생물에 주 반응요소로써 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한 선상에서 집어등을 조사하는 경우 수중에서 투과율이 높은 청/녹색광을 선택하였을 때 가장 큰 효율을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] K. Okamoto, 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.
- [2] 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.
- [3] 오카모토 켄쇼. 카가와대학. 일본. 어선집어등의 개발과 해상조업실험, 電氣技術. 43권 3호 통권498호 (2006. 3), pp.52-57
- [4] 지식경제부 성장동력실 정보통신산업정책관. 정보전자산업과. (2008)
- [5] Hasegawa, E. (1998). Study on measurement of spectral sensitive under scotopic conditions using optometer reaction in fishes. Nippon Suisan Gakkaishi, 64, 626-630
- [6] Hara, T. (1968). Photosensitive pigments in the cephalopod retina. Zool. Mag. 77, 99-108

원고접수일 : 2009년 01월 09일

원고채택일 : 2009년 02월 11일