

## 공랭식 LED 집어시스템 개발에 관한 연구

배봉성 · 정의철 · 양용수\* · 박병재\*\* · 박해훈 · 전영열 · 장대수\*\*\*  
국립수산과학원 동해수산연구소 어업자원과, \*국립수산과학원 연구기획과,  
\*\*(주)싸이릭스, \*\*\*국립수산과학원 자원연구과

### 서론

우리나라 채낚기 어업의 어선세력을 살펴보면, 오징어 채낚기 어선이 약 5,750척(연안어선 약 5,000척, 근해어선 약 750척)이고 갈치 채낚기 어선이 약 1,100척(연안어선 약 1,050척, 근해어선 약 50척)으로서 매우 중요한 어업이다. 이들 어업은 집어를 위하여 집어등을 사용하고 있는데, 집어등을 밝히기 위해 연간 사용하는 유류비가 50톤급 어선이 약 1억원, 10톤급 어선이 약 4천만 원에 달하고, 이것은 어획고의 30-40%에 해당하여 어업경영을 어렵게 하고 있다. 현재 집어등으로 주로 사용하는 램프는 메탈할라이드 램프로써 한 개의 전력소모량이 1.5kW나 되고 집어에 불필요한 영역까지 빛을 비추고 있기 때문에 에너지 소모가 매우 많다. 따라서 에너지를 대폭 절감할 수 있는 새로운 집어시스템의 개발이 매우 필요한 실정이다. 한편 최근 에너지절감 집어등의 적합한 광원으로 내구성이 길고 필요한 파장만을 구현할 수 있는 LED(발광다이오드)가 각광을 받고 있다. 현재 일본과 우리나라를 중심으로 LED 집어등을 개발하고 있으며 이에 대한 연구로 LED 집어등의 방사 및 수중투과 특성에 대한 연구(Choi, 2006), 발광다이오드 빛에 대한 살오징어의 행동 특성 연구(Bae et al., 2008), 고휘도 발광다이오드와 집어등 광원의 방사특성 및 단위 전력당 방사량 비교 연구(Choi, 2008)가 있다. 본 연구는 새로운 집어등 광원으로 관심을 받고 있는 LED를 이용하여 채낚기용 집어등을 설계 제작하고 조업선에 설치한 후 어획성능시험을 수행하고 결과를 분석한 것이다.

### 재료 및 방법

오징어, 갈치 채낚기 어업의 집어등 사용 및 어획메커니즘 조사, LED 램프 제작기술 현황 조사, 오징어의 빛 자극에 대한 생리학적 특성 조사(Bae et al., 2008) 등에서 수집한 자

료를 종합적으로 분석하여 채낚기 어선에 적합한 집어시스템의 구조를 도출하였다. 집어 등 구조 설계에 고려한 점은 집어등의 전기적 용량, LED 램프의 파장, LED 소자의 배열 방식, 패키징(packaging) 방식, 냉각 방식, 선박 거치구조, 전원공급 방식, 집어시스템의 집어등 수량, 집어등의 배열 위치 및 각도 등이다. 요소별 설계를 완료하고 집어등을 제작하였으며 집어시스템을 구성하여 선박에 설치하였다. 집어등 유닛 한 개의 전기적 용량은 80W로 설계하였으며 집어등에 사용한 LED 소자의 파장은 수중투과성능이 뛰어난 청색 파장과 청색보다 휘도가 높아 밝게 보이는 백색 파장을 혼합하여 사용하였다.

LED 집어시스템의 어획성능평가를 위하여 2척의 조업선에 집어등 100개씩을 설치한 후 어획시험을 실시하였다. 시험에 사용한 선박은 경상북도 축산항의 오징어 채낚기 어선 1척(해양호, 9.77톤)과 제주도 성산항의 갈치 채낚기 어선 1척(남강호, 9.77톤)이며 실상 상업 조업에 투입하였다. LED 집어시스템을 시설한 시험조업선과 어획성능을 비교할 비교선박은 과거어획실적이 비슷하고 어선톤수가 동일하며 같은 조업해역에서 조업하는 선박을 선정하여 시험기간 중 같은 어장에서 조업하게 하였다. 또한 갈치 채낚기의 경우 어선원의 수도 동일하게 하였다. 어획성능비교 시험기간은 갈치 채낚기 어선의 경우 2008년 10월 2일부터 11월 12일까지이고 오징어 채낚기 어선의 경우 2008년 9월 16일부터 11월 10일까지이다. 어획성능비교는 시험선박과 비교선박에서 어획한 어획량과 어획고를 서로 비교하였다.

## 결과 및 고찰

집어등의 발광 내구성을 측정하기 위하여 실내에서 17개월 켜둔 집어등의 조도변화 비율은 다음과 같다. 초기 조도를 100%로 표시하였을 때 처음 6개월간은 실내 온도가 낮아짐에 따라 초기 조도보다 최대 8.5% 세어졌으며 이후부터 실내 온도가 높아짐에 따라 차츰 약해져 실내 온도가 실험 시작 때와 거의 같은 11℃인 마지막에서는 5.7%로 떨어졌다. 17개월간 5.7%의 효율감소는 조명기준에서 보면 매우 안정된 설계로 인정받는 범위로서 집어등 유닛의 발열성능과 발광 내구성은 뛰어난 것으로 평가되었다. 본 집어등은 외부 온도에 따라 발광 효율이 다소 영향은 받았지만 과열이 발생되어 효율이 현저히 저하되는 경우는 발견되지 않았으며 실제 우리나라 야간의 해상기온은 본 실험 최대 실내온도인 30℃를 상회하는 경우가 거의 없으므로 집어등으로 장기간 사용하여도 무방할 것으로 판단된다.

집어등 유닛 1개의 수평 수직방향의 각도별 사광범위를 측정한 결과는 다음과 같다. LED 소자는 별도의 반사장치 없이도 한 방향으로 지향성을 갖는 것이 특징이다. 따라서 집어등의 수평방향 사광범위는 최대 150° 정도이고 원거리까지 영향을 미치는 사광범위는

약 56° 정도인 것으로 나타났다. 또한 집어등의 수직방향 사광범위는 최대 60° 정도이고 원거리까지 영향을 미치는 사광범위는 약 20° 정도인 것으로 나타났다. 본 집어등은 상하 2단 구조로 설치되므로 수직방향 원거리 사광범위는 총 40°로 생각할 수 있다.

집어등 유닛 1개의 거리별 배광 조도와 집어시스템(선박에 설치된 집어등 100개)의 거리별 조도와 광력은 다음과 같다. 배광범위는 중심부 최대 조도의 50%까지로 표시하였다. 집어등 1개의 조도는 중심부의 최댓값으로서 1m에서 2070 lux, 5m에서 83 lux, 10m에서 21 lux이었으며 집어시스템의 조도는 1m에서 2580 lux, 5m에서 810 lux, 10m에서 400 lux 이었다. 거리가 가까울 때는 1개의 집어등 빛에 영향을 많이 받으므로 1m 거리에서는 집어등 1개와 집어시스템의 조도는 큰 차이가 없었다. 그러나 10m 거리에서는 약 20배의 차이가 생기는 것으로 나타났다. 광력의 변화는 조도의 변화와 매우 유사하게 나타났다.

갈치 및 오징어 채낚기 어업에 대하여 LED 집어시스템을 설치한 시험선박과 메탈헬라이드 램프를 설치한 비교선박의 어획결과는 다음과 같다. 갈치 채낚기의 경우, 시험선 남강호의 평균 어획상자수는 26.61상자, 평균 어획고는 1,726,187원이었고 비교선박의 평균 어획상자수는 21.38상자, 평균 어획고는 1,651,181원으로서 시험선이 비교선박보다 어획상자수는 24.46%, 어획고는 4.54% 더 높았다. 어획상자수의 차이는 많이 나는 반면 어획고의 차이가 근소한 것은 시험선이 어가가 낮은 작은 갈치를 많이 어획하였기 때문으로 판단된다. 결론적으로 시험선이 비교선박과 비슷한 어획고를 올렸으므로 개발한 LED 집어시스템의 어획성능은 매우 양호하다고 판단된다. 오징어 채낚기의 경우, 시험선 해양호의 평균 어획상자수는 223상자, 평균 어획고는 2,637,571원이었고 비교선박의 평균 어획상자수는 162상자, 평균 어획고는 1,808,564원으로서 시험선이 비교선박보다 어획상자수는 37.7%, 어획고는 45.84% 더 높았다. 이렇게 어획량 차이가 나는 것은 시험선이 가까운 곳에 타 선박이 없을 경우에는 LED 집어등으로만 조업을 하였지만 가까운 곳에 타 선박이 있을 경우에는 어획량 저조를 우려하여 LED 집어등외에 기존에 시설된 메탈헬라이드 집어등 중 절반을 추가 점등하여 사용하였기 때문이라고 판단된다. 완전히 LED 집어등으로만 조업한 비교결과는 아니지만 항상 메탈헬라이드 집어등을 50% 켜더라도 약 40%의 에너지절감 효과가 발생하므로 결론적으로 개발한 LED 집어시스템을 사용할 경우 어획성능은 매우 양호하다고 판단된다.

9.77톤 갈치 및 오징어 채낚기 어선에서 메탈헬라이드 집어등을 사용할 경우와 LED 집어등을 사용할 경우의 소비 에너지를 비교한 결과는 다음과 같다. 갈치 채낚기 어선의 경우 LED 집어등의 소비전력은 메탈헬라이드 집어등의 13.3%로서 매우 큰 차이가 나타났다. 선박용 경유 1리터의 가격이 천원일 경우 월 340만원의 유류비가 절감되는 것으로 나타났다. 오징어 채낚기 어선의 경우 LED 집어등과 메탈헬라이드 집어등을 혼용하였을 때의 소비전력은 메탈헬라이드 집어등의 59.9%로서 월 210만원의 유류비가 절감되는 것으로

나타났다. 그러나 시험선의 실제 유류소비량은 이 보다 약 20% 더 많았는데, 이것은 소비 전력에 적합한 발전기를 사용하지 않고 기존 선박에 비치되어 있는, 상대적으로 용량이 매우 큰 발전기를 사용했기 때문이며 발전기의 용량을 줄이면 문제는 해결될 것으로 생각된다.

어획시험결과에서 오징어 채낚기의 경우는 LED 집어등 선박이 근소한 차이로 비교선박보다 어체가 큰 것을 많이 어획하였는데 반하여, 갈치 채낚기의 경우는 LED 집어등 선박이 비교선박보다 어획상자수는 24.46% 많았지만 어획고는 4.54% 더 높은 것에 불과해 어체가 작은 갈치를 많이 어획한 것으로 나타났다. 이러한 결과로서 우선 개발 집어등 빛이 작은 갈치를 집어하기에 더 좋은 특성을 가졌다고 생각할 수 있는데 이는 큰 갈치와 작은 갈치가 좋아하는 빛의 특성이 다르다는 전제에서 그리 생각할 수 있다. 또 다른 가설은 큰 갈치와 작은 갈치가 별도의 군을 이루고 큰 갈치가 작은 갈치보다 상대적으로 수심 깊은 곳에 분포할 경우, LED 집어등이 메탈헬라이드 집어등보다 광력이 약해서 큰 갈치를 집어하지 못했을 수 있다는 것이다. LED 집어등에서 작은 갈치가 많이 어획된 것은 분명 바람직하지 못한 현상이므로 차후 LED 집어등의 개발을 위해서는 추가적인 시험연구를 통하여 그 원인을 밝혀내어야 할 것이다. 본 어획시험으로써 개발한 LED 집어등은 두 어업 모두에서 양호한 어획성능과 에너지 절감효과를 나타내었다고 판단된다. LED는 날로 그 효율이 향상되고 있으며 이에 따라 가격도 하락될 것이므로 머지않은 미래에는 메탈헬라이드 집어등보다 유효집어영역에서 더 높은 광출력을 가진 LED 집어등이 개발될 것이라 전망된다.

## 참고문헌

- 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(4), 294-303.
- Chancey, M.A., 2005. Short range underwater optical communication links. Master Thesis, North Carolina States University, U.S.A., pp. 6-17, pp. 41-43.
- 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(6), 480-486.
- Choi, S.J., 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(6), 511-517.