

## 꽂치붕수망 집어등 불빛의 수중 투과 특성

조현수<sup>†</sup> · 김두남 · 조영복\* · 이주희\* · 김형석\* · 양원석 · 안희춘 · 한진석\*\*

국립수산과학원 · \*부경대학교 · \*\*한국해양수산연수원

## Transmittance Properties of Fishing Lamp in Stick-held Dip Net Fishing Vessel for Pacific Saury

Hyun-Su JO<sup>†</sup>, Doo-Nam KIM, Young-Bok CHO, Ju-Hee LEE\*,  
Hyung-seok KIM\*, Won-Seok YANG, Heui-Chun AN and Jin-Seok HAN\*\*

National Fisheries Research and Development Institute,

\*Pukyong National University,

\*\*Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology

### Abstract

The transmittance properties of fishing lamp in stick-held dip net fishing vessel for Pacific saury was investigated during nighttime operations in the North Pacific on May 19 and 24, 2003.

The incandescent lamps of red color (750W×100) and halogen lamps (750W×521) were used as a fishing lamp for gathering Pacific saury. The relative irradiance of red incandescent lamp and halogen lamp in the air showed peak in 1,052nm of wave length. However, the irradiance of halogen lamp below 600nm of wave length was higher than that of incandescent lamp.

The relationship between underwater illuminance (Y) and water depth (X) of sunlight in the observation areas A (37° 11'N, 178° 46'W) and B (31° 11'N, 178° 01'E) is represented as follows;

$$Y = 2572.2 \cdot e^{-0.0721X}, R^2 = 0.9915$$

$$Y = 3312.4 \cdot e^{-0.0619X}, R^2 = 0.9837$$

The distribution of underwater illuminance of observation areas A and B showed low value of 0.3lx and 0.6lx in 50m depth, respectively. In the fishing grounds of Pacific saury, the light intensity of distribution depth was above 0.5lx.

Key words : fishing lamp(꽂어등), illuminance(조도), irradiance(방사조도), stick-held dip net(꽂수망), Pacific saury(꽂치)

<sup>†</sup> Corresponding author : hsjo@nfrdi.re.kr

## 서론

집어등은 주광성이 강한 멸치, 오징어 및 꽁치 등을 대상으로 하는 어업에서 주로 사용되고 있으며, 집어등을 수중에 방사하면 분산되어 있는 주광성 어류가 일정한 장소에 농밀하게 유집되므로 효율적으로 어획할 수 있게 된다.

우리나라 수산업법에는 꽁치붕수망어선의 집어등 사용에 관한 법적 규제 조항은 없으나, 일본 EEZ에 입어 조업시에는 한·일 어업협정상에 사용할 수 있는 집어등(탐조등 포함)의 총 광력을 400kW로 제한하고 있다. 현재 북태평양 공해상이나 러시아 EEZ 수역에서 조업하는 우리나라 꽁치붕수망어선의 집어등 광력은 400~600kW로서 일본 EEZ에 입어 조업시에는 집어등 일부를 제거한 후 입어하고 있는 실정이다.

어족의 주광성을 이용한 집어등 효과와 어획량과의 관계에 관한 연구는 주로 살오징어를 대상으로 하는 오징어채낚기어업에서 많이 연구되어 있으며 (An and Choo, 1993; Choi *et al.*, 1997; Choi and Arakawa, 2001; Choi, 2002; Choi *et al.*, 2003), 본 연구의 대상종인 꽁치에 관하여는 Ogura 등(1988)의 광 수용 행동과 관련한 어군의 생태적 특성 및 어획률에 관한 연구와 東京水産大學(1984~1985)의 꽁치붕수망어업의 조업 효율화에 관한 연구 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 꽁치붕수망 조업시 어선의 집어등에 의한 수중 환경의 변화를 밝혀 광 환경이 꽁치의 어획에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초 단계로 수중 조도를 측정하여 꽁치가 분포하는 어획 수층의 광 환경을 분석하고자 하였다.

## 재료 및 방법

우리나라 꽁치붕수망어선의 규모는 280~480 G/T로 다양하며, 등화장비는 탐조등(Search light)과 집어등이 있으며, 집어등 불대수는 대부분 25개 이상으로서 과거에 비하여 규모가 대폭 증가하였다. 과거에는 등화장비를 탐조등(수색등), 집어등 및 유도등으로 분류하였으나(고, 1975; Lee *et al.*, 1985) 본 연구에서는 어법상 집어등과 유도등을 구분할 필요성이 없다고 판단되어 별도로 구분하지 않고 유도등을 집어등에 포함시켜 탐조등과 집어등의 2종류로 분류하였다. 탐조등은 선수에 1개, 그리고 조타실 위에 2개, 총 3개를 설치하여 조업선으

로부터 가까운 거리의 해수면을 자유롭게 투사하여 어군을 찾는데 사용하거나 투·양망시 구집 효과를 이용하여 어군을 원하는 방향으로 이동시키는데 사용한다.

해상에서의 집어등 조도 측정은 해양수산연수원 소속 꽁치붕수망어선 갈매기호(426G/T, 1,200Hp)를 이용하여 북태평양 공해 꽁치붕수망 어장에서 실시하였으며, 갈매기호의 등화 장비 현황은 Table 1과 같다.

Table 1. Main specification of fishing lamp of research vessel, *Galmaegiho*

Fishing lamp	Power
Search light	4.0kW×2, 6.0kW×1
Gathering lamp (Halogen lamp)	750W×521
Gathering lamp (Incandescent lamp of red color)	750W×100
Poles of gathering lamp	26
Total fishing lamp power	479.75kW

집어등으로 사용된 홍색 백열등, 할로젠등 및 태양광의 공기중 파장별 방사조도는 수중 광도계(LICOR사, LI-1800UW)를 사용하여 실험실 및 현장에서 측정하였다. 실험실 측정은 암실에서 집어등 1m 아래에 광도계 센서를 설치하여 300~1,100nm 파장에 대해 2nm 간격으로 측정하였다.

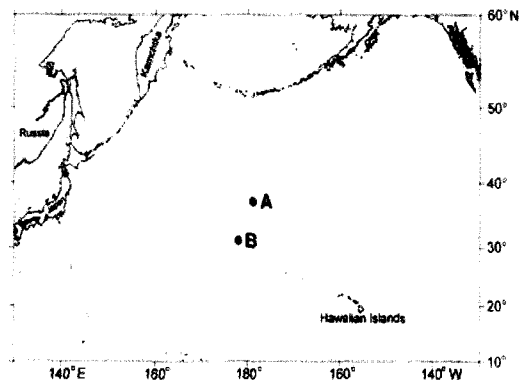


Fig. 1. Underwater illuminance observation areas A and B for fishing lamp of stick-held dip net fishing vessel, *Galmaegiho*.

어장에서의 집어등 조도 측정은 Fig. 1과 같이 A (37° 11'N, 178° 46'W)와 B (31° 11'N, 178° 01'E) 해역에서 수중 광도계(LICOR사, LI-250)를 사용하여 2003년 5월 19일과 24일에 각각 실시하였다. 측정시 먼저 물뿔(Sea-anchor)을 투묘하여 선체의 움직임을 최소화한 후 불대를 45°로 고정하고 집어등을 모두 켜 후 Fig. 2와 같이 선수 1개 지점, 좌·우현 각각 3개 지점 등 총 7개 지점에서 수면 1m 위 공기중에서부터 심도 24m까지 조도를 측정하였다. 이때 심도 10m까지는 1m 간격으로 측정하였고, 10~24m에서는 3m 간격으로 측정하였다. 그리고 24m보다 깊은 수층의 수중조도는 A, B 해역의 광 소산계수를 구한 후 佐々木(1953)에 의한 아래의 실험식을 이용하여 추정하였다.

$$I = I_0 \cdot e^{-kx}$$

여기서  $I_0$ 는 수면조도,  $I$ 는  $x$ 미터 떨어진 심도에서의 수중조도( $I(x)$ ),  $k$ 는 광 소산계수,  $x$ 는 심도(m)이다.

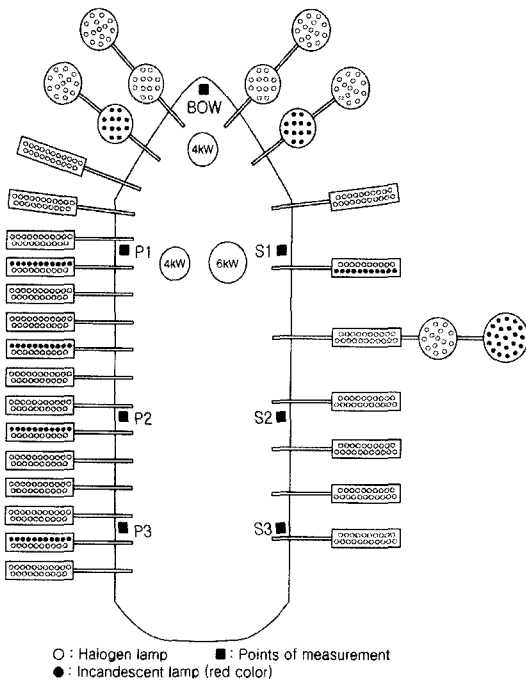


Fig. 2. Diagram of fishing lamp and points of measurement on the underwater spectral irradiance of Galmaegiho.

## 결과 및 고찰

### 1. 집어등의 방사 특성

꽂치붕수망어선에서 집어등으로 사용되고 있는 홍색 백열등과 할로겐등의 방사 특성을 알기 위하여 공기중에서 홍색 백열등과 할로겐등 및 태양광의 파장별 상대 방사조도 비율을 조사하였다(Fig. 3).

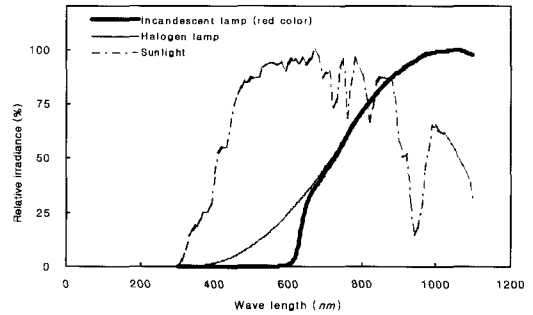


Fig. 3. The relative irradiance of red incandescent lamp, halogen lamp and sun light by wave length in the air.

공기중에서 태양광의 파장별 방사조도는 파장 640nm에서 최대치를 보였으며 640nm 이상의 파장에서는 증·감을 반복하면서 감소하는 추세를 보이다가 940nm의 장파장에서 최소치를 보였다. Arakawa 등(1996)은 태양광의 파장을 412, 443, 490, 510, 555 및 665nm로 구분하여 수면에 방사된 조도를 100%라 보고, 이 조도가 수중에서 1%로 감소되었을 때의 파장별 심도를 측정한 결과 665nm의 파장은 심도 10m 부근까지, 그 외의 파장은 심도 40m 이심까지 투과되었다고 보고한 바 있다.

홍색 백열등과 할로겐등의 방사조도는 둘 다 파장 1,052nm에서 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 600nm 이하의 파장에서 할로겐등이 홍색 백열등에 비하여 방사조도가 약간 높게 나타났다.

따라서, 꽂치붕수망어선의 집어등에 사용되는 백열등과 할로겐등은 오징어채낚기어선의 메탈할라이트등(Arakawa et al., 1996; An and Choo, 1993)과 방사조도를 비교하면, 꽂치붕수망어선에 사용되는 백열등과 할로겐등이 메탈할라이트등보다 장파장의 방사특성을 갖고 있는 것으로 나타났다.

이와 같이 풍치붕수망어선의 집어등으로 메탈할라이트등보다 백열등이나 할로젠등을 사용하는 이유는, 조업시 풍치의 분포 수층이 0~30m로서 오징어의 분포 수층인 60~80m(Choi and Arakawa, 2001) 보다 훨씬 얇기 때문에 깊은 수층까지 빛이 투과되는 단파장의 방사특성을 가진 메탈할라이트등보다는 얇은 수층에서 빛이 많이 흡수되는 장파장의 백열등과 할로젠등이 풍치를 집어하기에 더 효과적이기 때문인 것으로 생각된다.

## 2. 공기중 조도 분포

해상에서 풍치붕수망어선 갈매기호 집어등의 공기중 조도 분포를 알기 위하여 Fig. 1과 같이 7개 정점의 수면 1m 위에서 방사 조도를 측정된 결과, 공기중 방사 조도는 선수인 Bow에서 76.7lx이었고, P1에서 188.6lx, P2에서 199.5lx, P3에서 228.4lx, S1에서 76.8lx, S2에서 116.2lx 그리고 S3에서 176.4lx로 관측되어 좌현 선미인 P3에서 가장 높게 나타났고, 선수에서 가장 낮게 나타났다(Table 2).

Table 2. Light Table intensity of fishing lamp measured at each points of *Galmaegiho* unit : lx

Points of measurement	P3	P2	P1	Bow	S1	S2	S3
Light intensity	228.4	199.5	188.6	76.7	76.8	116.2	176.4

이와 같이 좌현의 공기중 방사 조도가 우현의 공기중 방사 조도에 비하여 매우 높게 나타난 이유는, 좌현 불대 갯수가 19개로서 우현 불대 9개에 비하여 월등히 많았기 때문인 것으로 보인다.

우리나라 풍치붕수망어선에서 사용하는 집어등 불대 길이는 양망시 주로 사용하는 우현 선수에서 5번째 불대만 13m이고, 나머지는 전부 6m 길이의 불대를 사용하는 것으로 조사되었다. 보통 조업시에는 불대를 45°로 고정하여 사용하지만, 집어등 불빛에 대한 풍치 어군의 반응 정도에 따라서 불대 설치 각도를 조절하기도 한다. 즉, 풍치 어군이 불빛에 잘 따르지 않을 경우에는 불대를 수면으로 더 기울여 집어등 불빛의 방사 면적을 좁혀서 풍치 어군을 집어하기도 하는 등 어군의 특성을 파악하여 집어등 불대 각도를 조절한다.

## 3. 집어등 불빛의 수중 투과 특성

투명도가 각각 16m와 27m인 A, B 해역에서 태양광의 소산계수를 구한 결과, A 해역의 심도별 수중조도는 2m에서 2,028.2lx, 25m에서 420.7lx로 관측되어 광 소산계수는 0.0721로 계산되었으며, B 해역의 수중조도는 심도 1m에서 3,267.0lx, 19m에서 1,078.7lx로 나타나 광 소산계수는 0.0619로 계산되었다(Fig. 4).

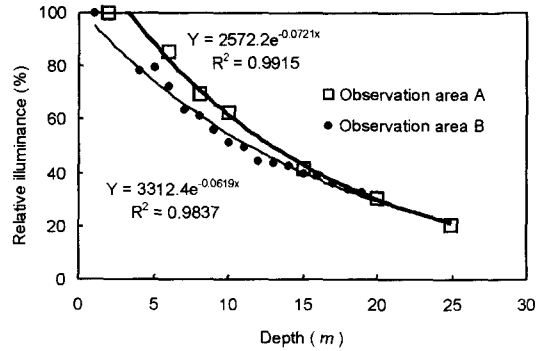


Fig. 4. The distribution of underwater illuminance of sun light by depth in the observation areas A and B.

야간에 집어등 불빛의 수중조도를 측정된 결과, A 해역의 경우 심도 3m에서의 조도는 P3에서 53.4lx로서 가장 높았고 S1에서 10.0lx로 가장 낮게 나타났다. 심도 24m에서는 P3에서 1.5lx로 가장 높았고 S2에서 0.7lx로 가장 낮게 나타났다. 그리고 B 해역의 경우에는 심도 3m에서는 P2에서 60.2lx로서 가장 높았고 S1에서 18.7lx로 가장 낮게 나타났다. 심도 24m에서는 P2에서 2.7lx로 가장 높았고 S3에서 1.7lx로 가장 낮게 나타났다. 광 소산계수를 적용하여 실험적으로 추정된 심도 25~50m의 조도도 실측치와 같은 경향으로 감소하여 심도 50m의 조도는 A 해역에서는 0.3lx 이하, B 해역에서는 0.6lx 이하로 나타났다(Fig. 5).

이와 같이 투명도가 다른 두 해역의 심도별 조도는 5m 이전에서는 비슷한 경향을 나타내었으나, 심도가 증가함에 따라 조도차도 증가하여 심도 50m에서는 B 해역이 A 해역보다 약 2배 밝았으며, 심도 20~30m까지는 양현 모두 심도 증가에 따라 수중조도가 현저하게 감소하고 있는 것으로 나타났다. 일반적인 풍치붕수망 어장의 투명도가 15m 내외임

을 고려하여 A 해역을 참고로 하면, 표층에 있는 꽁치 어군 집어서 Fig. 6과 같이 보통 선저 30m 이 천에 모이므로, 등조도 분포는 광원 출력별로 집어등이 설치된 위치에 따라 약간의 심도 차이를 보이지만 평균 수중조도 0.5lx 이상의 범위에서 꽁치 어군이 분포하고 있는 것으로 보인다. Choi 등(1997)이 보고한 오징어채낚기어선 집어등의 수중조도에 의하면, 선상의 집어등 광원 출력을 2~3배로 증가시켜도 선저 직하 및 조획기 롤러 직하 방향에서의 수중조도의 차이는 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타나 산술적인 선상의 광력 증가가 선저 및 어획층의 수중조도 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌다. 따라서, 집어등을 사용하여 조업하는 어법의 경우, 집어등을 효과적으로 사용하기 위해서는 광원 출력 증가보다는 집어등의 위치 및 조업해역의 광 환경 특성을 고려한 조업이 더욱 유리할 것으로 보인다.

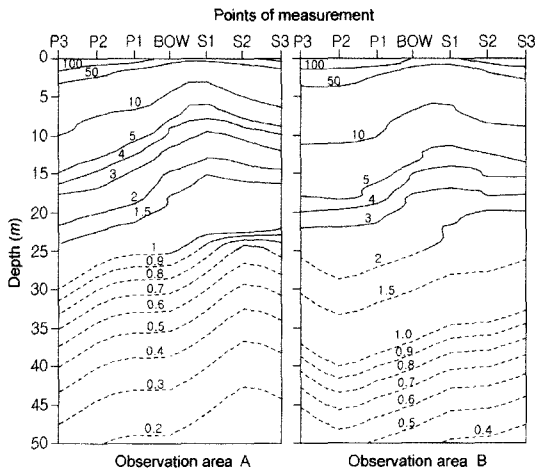


Fig. 5. Illuminance curve by depth and points of measurement of *Galmaegiho* in the observation areas A and B. The solid lines represent observed data and dotted lines, calculated data (unit : lx).

### 요 약

꽁치붕수망 조업시 어선의 집어등에 의한 수중 환경의 변화를 밝혀 광 환경이 꽁치의 어획에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초 단계로 수중 조도를 측정하여 꽁치가 분포하는 어획 수층의 광 환경을

분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

공기중에서 홍색 백열등과 할로겐등의 방사조도는 둘 다 1,052nm의 파장에서 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었고, 600nm이하의 파장에서는 할로겐등이 홍색 백열등에 비해 방사조도가 약간 높게 나타났다.

공기중 조도는 좌현 선미에서 가장 높았고 선수에서 가장 낮게 나타났다. 조사해역에서의 집어등 불빛의 수중투과 특성은 50m 수층에서 각각 0.3lx, 0.6lx 이하로 나타났으며 일반적인 꽁치어장의 특성을 가진 어장에서 볼 때, 꽁치가 집어되는 수층의 조도는 0.5lx 이상인 것으로 보인다.

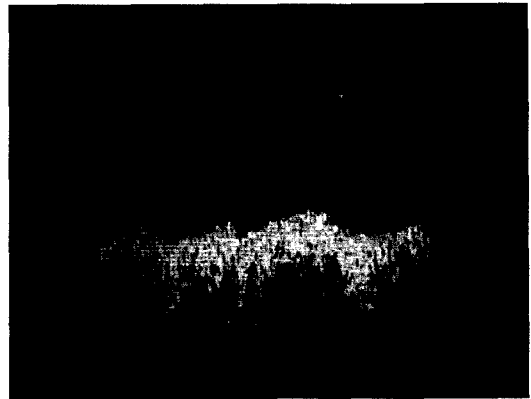


Fig. 6. School of Pacific saury recorded by the fish finder in the North Pacific Ocean. Unit of depth is fathom.

### 참 고 문 헌

- An, H. C. and H. D. Choo (1993) : Fishing efficiency of squid jigging in relation to the variation of fishing lamp power. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 48, 179~186 (in Korean).
- Arakawa, H., S. Choi, T. Arimoto and Y. Nakamura (1996) : Underwater irradiance distribution of fishing lights used by small-type squid jigging boat. Nippon Suisan Gakkaishi, 62, 420~427 (in Japanese).
- Choi, S. (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(6), 644~653 (in Korean).
- Choi, S. 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(6), 624~631 (in Korean).
- Choi, S., H. Arakawa, T. Arimoto and Y. Nakamura (2003) : Underwater illuminance of line light source model for fishing lamps of coastal squid jigging boats. Nippon Suisan Gakkaishi, 69(1), 44~51 (in Japanese).
- Choi, S., 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 (in Japanese).
- Choi, S., Y. Nakamura and T. Arimoto (1997) : Horizontal illuminance of line source model for fishing lamps around the coastal squid jigging boats. Nippon Suisan Gakkaishi, 63(2), 160~165 (in Japanese).
- Lee, S. D., Y. S. Son and Y. C. Kim (1985) : A study on the vertical distribution of common squid, *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) in the eastern waters of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 36, 23~28 (in Korean).
- Ogura, M., S. Takeuchi, M. Nemoto and L. X. Bo (1988) : Ecological properties of Pacific saury school in relation to the photo-behaviour and the catchability. J. Tokyo Univ. Fish., 75(2), 457~468 (in Japanese).
- 고관서 (1975) : 어구어법학. 고려출판사, 389pp.
- 東京水産大學 (1984~1985) : サソマ棒受網漁業における操業形態の効率化に關する基礎的研究. 農林水産業特別試験研究費補助金による研究報告書, 90pp.
- 佐々木忠義(1953) : 集魚燈. イデア書院, 81~93.

---

2003년 10월 30일 접수

2003년 11월 19일 수리