

원양 오징어채낚기 집어등 불빛의 수중 투과 특성

조현수* · 오택윤¹ · 김영승 · 문대연

국립수산과학원 해외자원팀, ¹국립수산과학원 남해수산연구소 자원관리조성팀

Transmittance properties of fishing lamp in distant-water squid jigging vessel

Hyun-Su Jo*, Taeg-Yun OH¹, Yeong-Seung KIM and Dae-Yeon MOON

Distant-water Fisheries Resources Team, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹Fisheries Resources Management and Enhancement Team, South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeonnam 550-749, Korea

The transmittance properties of fishing lamp of the squid jigging vessel was investigated during nighttime operations in the Northwest Pacific on 21 and 29 September 2005. The metal halide lamps of white color(2.0kW × 168) in the air and metal halide lamp of white color(10.0kW × 1) in the underwater were used as a fishing lamp for gathering squids. The relative irradiance of metal halide lamp in the air showed peak in 850nm of wave length. The relationship between underwater illuminance(Y) and water depth(X) of metal halide lamp light in the observation areas is represented, $Y = 84.137e^{-0.1105X}$, $R^2 = 0.9974$. The distribution of underwater illuminance of measure points St. 1-5 showed low value of 0.1lx in 80m depth.

Key words : Fishing lamp, Illuminance, Irradiance, Jigging, Squid

서론

집어등은 분산되어 있는 물고기를 일정한 장소에 모으기 위해 쓰이는 어업기기로서 주광성이 강한 오징어, 멸치 및 꽂치 등을 대상으로 하는 어업에서 주로 사용되고 있다. 집어등을 수중에 방사하면 주광성 어류는 일정한 장소에 농밀하게 유집되므로 효율적으로 조업할 수 있게 된다.

우리나라 수산업법에는 연근해 오징어채낚기 어선의 집어등 광력기준에 관한 법적 규제 조항

을 1998년도에 해양수산부령으로 신설하여, 10톤 미만은 100kW 이하, 70톤(구톤수 100톤) 이상은 210kW 이하로 사용토록 제한하고 있다. 그러나 우리나라 원양어업 어장인 포클랜드, 뉴질랜드 및 페루 수역 등에서는 특별한 규정이 없기 때문에 각 조업선의 발전기 용량에 맞게 집어등을 설치하여 조업하고 있는 실정이다.

어류의 주광성을 이용한 집어등 효과와 어획량과의 관계에 관한 연구는 주로 살오징어를 대

*Corresponding author: hsjoo@nfrdi.re.kr Tel: 82-51-720-2331 Fax: 82-51-720-2337

상으로 하는 오징어채낚기어업에서 많이 연구되어 있으며(An and Choo, 1993; Choi et al., 1997; Choi and Arakawa, 2001; Choi, 2002; Choi et al., 2003), 이중 Choi and Arakawa(2001)는 총톤수 19톤 이하의 소형 오징어채낚기어선의 수중조도 분포에 대하여 보고하였다, 그리고 꽁치 집어등에 대한 연구로는 Jo et al.(2004)이 북태평양 꽁치붕수망 집어등 불빛의 수중 투과 특성에 관하여 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 원양 오징어채낚기 조업시 어선의 집어등에 의한 수중 환경의 변화를 밝혀 광 환경이 오징어의 어획에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초 단계로, 수중조도를 측정하여 오징어가 분포하는 어획 수층의 광 환경을 분석하였다.

재료 및 방법

해양수산부 주관으로 국립수산물과학원에서는 주로 2005년도에 북태평양에 서식하고 있는 빨강오징어를 어획하기 위한 어구어업 개발 및 채낚기어선의 오징어 탈락률 감소를 위한 어획시험 조사를 실시하였다. 동 어획시험 조사기간 중, 원양 오징어채낚기어선의 집어등 조도 분포를 알아보기 위하여 수중 광도계(LI-1800UW, LICOR Co.)를 사용하여 투명도가 14m인 Fig. 1의 해역 A(44° 03' N, 154° 36' E)와 B(42° 48' N, 152° 36' E)에서 달빛이 없었던 2005년 9월 21일과 29일에 각각 공기중 조도 및 수중 조도를 측정하였다.

조사선으로 사용한 상업선은 537톤급의 원양 오징어채낚기어선으로서, 어선에 탑재된 발전기 용량은 400kW 2대, 280kW 1대, 총 1,080kW

이었다. 집어등은 2.0kW 메탈할라이트등(백색)을 사용하였으며, 선수에서부터 선미까지 양현에 같은 조건으로 각각 84개씩 총 168개가 설치되어 총 336kW이었다. 그리고 수중등은 조타실 양현에 10.0kW 메탈할라이트등 및 할로겐등이 각각 1개씩 설치되어 있다(Table 1).

집어등으로 사용된 메탈할라이트등(백색) 및 태양광의 공기중 파장별 방사조도는 수중 광도계(LI-1800UW, LICOR Co.)를 사용하여 현장에서 측정하였다. 집어등의 방사조도 측정은 선상의 암실에서 집어등 1m 아래에 광도계 센서를 설치하여 300-1,100nm 파장에 대해 2nm 간격으로 측정하였다.

어장에서의 집어등 조도 측정의 경우, 해역 A에서는 먼저 물돛(Sea-anchor)을 투묘하여 선체의 움직임을 최소화한 후, 집어등을 모두 권상 상태에서 실제 조업 환경과 동일한 조건을 만들기 위하여 좌현 조타실 옆에 설치되어 있는 10.0kW 할로겐 수중등 1개를 심도 80m에서 점등한 후, Fig. 2와 같이 우현 선수에서부터 2번

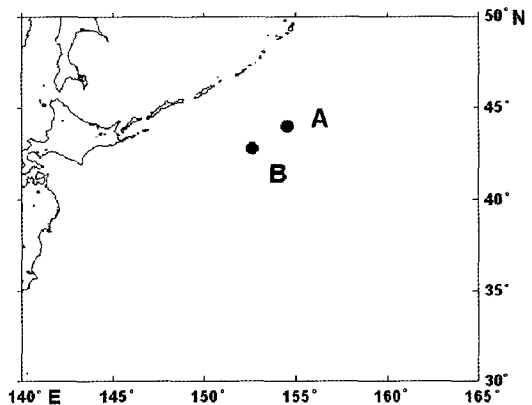


Fig. 1. Illuminance observation areas A and B for fishing lamp of the research vessel.

Table 1. Main specification of generator and fishing lamp of the squid jigging vessel

	Items	Light power
	Generator	400kW × 2, 280kW × 1
Fishing lamp	Metal halide lamp(white) in the air	2.0kW × 168
	Metal halide lamp(white) in the underwater	10.0kW × 2
	Halogen lamp in the underwater	10.0kW × 2

조획기(St. 1, 선수에서 6.4m), 6번 조획기(St. 2, 선수에서 15.8m), 12번 조획기(St. 3, 선수에서 30.3m), 18번 조획기(St. 4, 선수에서 43.5m) 및 24번 조획기(St. 5, 선수에서 58.8m)의 싱글유대 끝지점(현측으로부터 4.5m)인 5개 지점에서 수면 1m 위 공기중에서부터 심도 40m까지 조도를 측정하였다. 그리고 해역 B에서는 물돛(Sea-anchor)을 투묘하지 않은 상태에서 우현을 풍상 방향으로 향하게 한 후, 고무보트를 이용하여 조사선 중앙부 우현 전횡방향으로 현측으로부터 10m 떨어진 St. 6과 20m 떨어진 St. 7 그리고 30m 떨어진 St. 8에서 같은 방법으로 조도를 측정하였다. 이 때 심도 10m까지는 2m 간격, 10-30m에서는 5m 간격, 30-40m에서는 10m 간격으로 각각 측정하였다. 그리고 심도 40m보다 깊은 수층의 수중조도는 조사해역의 광 소산계수를 구

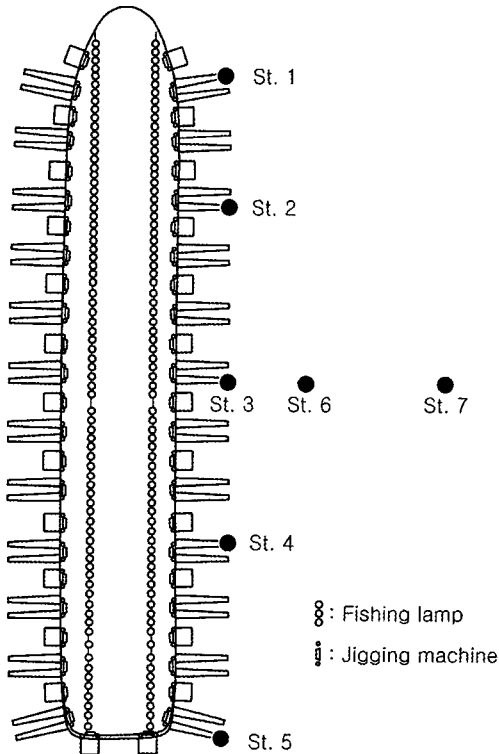


Fig. 2. Diagram of fishing lamp and measure points in the air and underwater spectral irradiance of the research vessel.

한 후 Sasaki(1953)에 의한 다음의 실험식을 이용하여 추정하였다.

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

여기서 I_0 는 수면조도, I 는 z 미터 떨어진 심도에서의 수중조도(I_x), m 은 광 소산계수, z 는 심도(m)이다.

결과 및 고찰

집어등의 방사 특성

오징어채낚기 집어등의 방사 특성을 알기 위하여 공기중에서 메탈할라이트등 및 태양광의 파장별 상대 방사조도 비율을 조사하였다. 공기중에서 메탈할라이트등의 방사조도는 파장 400-600nm 및 850-900nm 에서 높게 나타났으며, 850nm 부근에서 최대치를 나타내었다. 그리고 태양광의 파장별 방사조도는 파장 640nm에서 최대치를 보였으며, 640nm 이상의 파장에서는 증·감을 반복하며 감소하는 추세를 보이다가 940nm의 장파장에서 최소치를 보였다(Fig. 3).

Arakawa et al.(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 측정할 결과, 665nm의 파장은 심도 10m 부근까지, 그 외의 파장은 심도 40m 이심까지 투과되었다고 보고한 바 있다. Jo et al.(2004)은 콩치붕수망어선에서 사

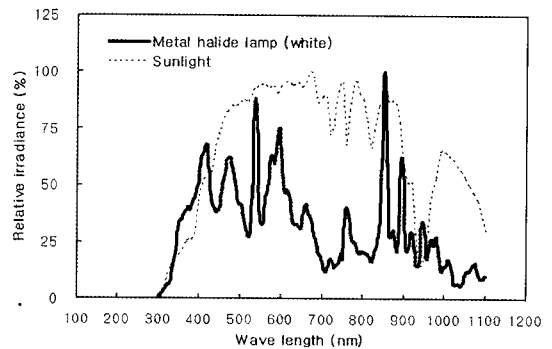


Fig. 3. Spectral distribution of irradiance of metal halide fishing lamp and sun light by wave length in the air.

용하는 홍색 백열등과 할로겐등의 방사조도는 둘 다 파장 1,052nm에서 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 나타내었으나, 600nm 이하의 파장에서 할로겐등이 홍색 백열등에 비하여 방사조도가 약간 높게 나타난다고 보고하였다. 따라서 이상의 결과를 종합하면, 오징어채낚기어선의 메탈할라이트등(An and Choo, 1993)과 콩치붕수망어선의 집어등에 사용되는 홍색 백열등과 할로겐등의 방사조도를 비교하였을 때, 오징어채낚기어선에 사용되는 메탈할라이트등이 콩치붕수망어선에서 사용하는 홍색 백열등과 할로겐등보다 단파장의 방사특성을 갖고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 오징어채낚기어선의 집어등으로 홍색 백열등이나 할로겐등보다 메탈할라이트등을 사용하는 이유는, 조업시 우리나라 동해 오징어의 분포 수층은 60 - 80m(Choi and Arakawa, 2001)로서 콩치의 어획 수층인 0 - 30m보다 훨씬 깊기 때문에 얕은 수층에서 빛이 많이 흡수되는 장파장의 홍색 백열등과 할로겐등보다는 깊은 수층까지 빛이 많이 도달하는 단파장의 특성을 가진 메탈할라이트등이 오징어를 집어하기에 더 효과적이기 때문인 것으로 생각된다.

공기중 조도 분포

해상에서 조사선에 설치된 집어등의 공기중 조도 분포를 알기 위하여 Fig. 2와 같이 5개 지점의 수면 1m 위에서 조도를 측정 한 결과, 공기중 조도는 선수쪽인 St. 1에서 492lx이었고, St. 2에서 809lx, St. 3에서 1,014lx, St. 4에서 1,203lx 그리고 St. 5에서 434lx로 관측되어 St. 4에서 가장 높게 나타났으며, 선미인 St. 5에서 가장 낮게 나타났다(Table 2).

이와 같이 St. 3, 4에서 공기중 조도가 높게 나

Table 2. Light intensity of fishing lamp measured at one meter above the water surface of the each points of the research vessel

Measure Points	St.1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
Light intensity	492	809	1,014	1,203	434

unit: lx

타난 이유는 인접한 집어등의 상호작용과 건현의 높이 차로 인해 선박의 중간 부분에서 조도가 높게 나타났고, 반대로 선수 및 선미에서 조도가 낮게 나타난 것으로 사료된다.

메탈할라이트등 소산계수

투명도가 14m인 조도 관측 해역에서 메탈할라이트등의 소산계수를 구한 결과, 공기중에서 636.0lx, 4m에서 306.7lx, 10m에서 169.2lx, 20m에서 58.5lx, 40m에서 6.5lx로 관측되어 광 소산계수는 0.1095로 계산되었다(Fig. 4).

집어등 불빛의 수중 투과 특성

해역 A에서 야간에 집어등 불빛의 수중조도를 선상에서 측정 한 결과, 심도 6m에서의 조도는 St. 3과 4에서 423.1lx 및 274.4lx로서 높게 나타났고, St. 1에서 7.5lx로 가장 낮게 나타났다. 심도 40m에서는 St. 3에서 2.8lx로 가장 높았고 St. 1과 5에서 0.2lx 및 0.3lx로 낮게 나타났다. 그리고 광 소산계수를 적용하여 실험식으로 추정 한 심도 40 - 80m의 수중조도도 실측치와 같은 경향으로 감소하여 심도 70m 이심의 수중조도는 0.1lx 이하로 추정되었다(Fig. 5). 위와 같이 전체적으로 선체의 중앙부에서 조도가 높게 나타난 것은 공기중 조도가 선체 중앙부에서 높았기 때문에 수중조도도 같은

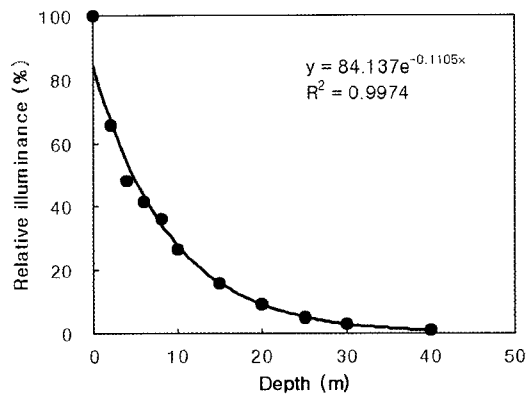


Fig. 4. Relationship between depth and underwater illuminance of metal halide lamp light by depth in the observation areas.

경향을 나타낸 것으로 생각되어진다. 그러나 심도 6m에서의 수중조도의 경우, 공기중 조도 분포와는 반대로 St. 4보다 St. 3에서 높게 나타난 이유와 20m 이심의 심도에서 중앙부의 조도가 선수 및 선미 측에 비하여 특히 높게 나타난 이유는 좌현 중앙 80m 심도에 점등하여 놓은 수중등의 영향을 받았기 때문으로 사료된다.

해역 B에서 고무보트를 이용하여 우현측으로부터 정횡방향으로 10m, 20m, 30m 떨어진 해상에 있는 St. 6, St. 7, St. 8의 접어등 불빛의 수중조도를 측정된 결과, 심도 6m에서의 조도는 St. 6에서 265.7lx로서 가장 높았고 St. 8에서 61.2lx로 가장 낮게 나타났다. 심도 40m에서도 St. 6에서 6.5lx로 가장 높았고 St. 8에서 2.3lx로 가장 낮게 나타났다. 광 소산계수를 적용하여 실험식으로 추정된 심도 40-80m의 수중조도도 실측치와 같은 경향으로 감소하여 심도 80m의 수중조도는 0.1lx 이하로 나타났다(Fig. 6). 이와 같이 선측

으로 떨어진 해상의 동일한 심도의 수중조도는 선측으로부터 멀어질수록 수중조도도 약해지는 경향을 나타내었다. 그리고 Fig. 5의 우현 12번 조획기(선수에서 30.3m)의 싱글유대 끝지점(현측으로부터 4.5m)으로서 오징어낚시가 내려가는 지점인 St. 3의 수중조도는 표층에서는 St. 3의 수중조도가 St. 6-8보다 높게 나타났지만, 심도가 깊어질수록 반대로 St. 3의 수중조도가 St. 6-8보다 낮아지는 경향을 나타내어 St. 6에서는 심도 6m에서, St. 7에서는 8m에서, St. 8에서는 15m에서 반대 경향이 나타났다. 이와 같은 현상이 나

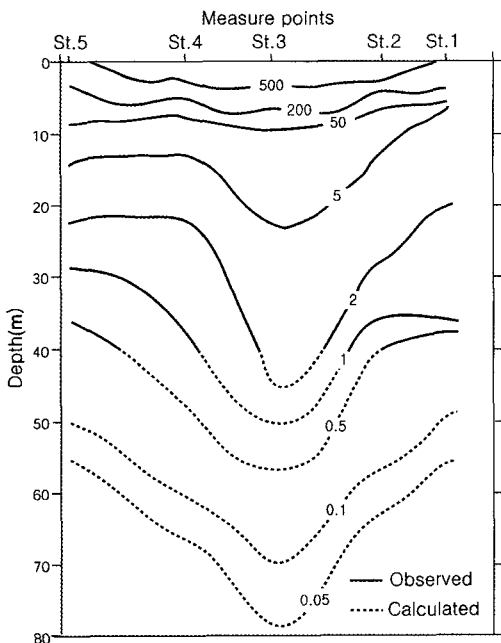


Fig. 5. Underwater illuminance curves by depth and measure points of the research vessel in the observation area A(unit: lx). Station number increases toward the stern from the bow.

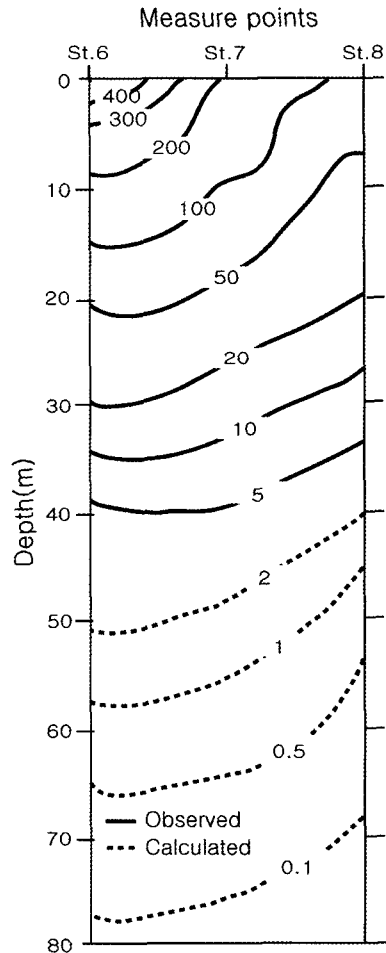


Fig. 6. Underwater illuminance curves by depth and measure points of the research vessel in the observation area B(unit: lx). Station number increases with distance from the vessel.

타난 이유는 선상에 설치되어 있는 집어등이 현측으로부터 1.1m 안쪽, 갑판에서 3.4m 위쪽에 설치되어 있기 때문에 선저에는 선체에 의한 그늘이 생성되었기 때문인 것으로 추측된다.

Choi et al.(1997) 및 Choi and Arakawa(2001)가 보고한 오징어채낚기어선 집어등의 수중조도에 의한, 선상의 집어등 광력을 2-3배로 증가시키도 선저 직하 및 조획기 둘러 직하 방향의 어획수심에서의 수중조도의 차이는 큰 변화를 보이지 않았다고 보고하였다. 동 연구에서 오징어 어획수심인 70-100m 수층의 수중조도는 0.1lx로 이하로서 Choi et al.(1997) 및 Choi and Arakawa(2001)의 보고를 참고해 보면, 산술적인 선상의 광력 증가가 선저 및 어획수층의 수중조도 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 추정된다. 따라서 집어등을 사용하여 조업하는 어법의 경우, 집어등을 효과적으로 사용하기 위해서는 광력 증가보다는 집어등의 위치 및 조업해역의 광 환경 특성을 고려한 조업이 더욱 유리할 것으로 사료된다.

결 론

오징어채낚기 조업시 어선의 집어등에 의한 수중 환경의 변화를 밝혀 광 환경이 오징어의 어획에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초 단계로 수중조도를 측정하여 오징어가 분포하는 어획수층의 광 환경을 분석하였다. 공기중에서 메탈 할라이트등의 방사특성은 파장 400-600nm 및 850-900nm 에서 높게 나타났으며, 850nm 부근에서 최대치를 나타내었다. 우현측 5개 지점의 수면 1m 위에서 방사 조도를 측정한 결과, 공기중 방사 조도는 선수쪽인 St. 1에서 492lx이었고, St. 2에서 809lx, St. 3에서 1,014lx, St. 4에서 1,203lx 그리고 St. 5에서 434lx로 관측되어 St. 4에서 가장 높게 나타났으며, 선미인 St. 5에서 가장 낮게 나타났다. 광 소산계수를 적용하여 실험식으로 추정된 결과, 일반적으로 오징어가 잡어되는 어획수심인 심도 80m의 수중조도는 0.1lx 이하로 추정되었다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(해외어장 개발 및 이용 연구, RP-2006-FR-014)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 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.
- 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.
- 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 Soc. Fish. Tech., 35(6), 644-653.
- 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 Soc. Fish. Tech., 34(6), 624-631.
- 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.
- 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.
- Jo, H.S., D.N. Kim, Y.B. Cho, J.H. Lee, H.S. Kim, W.S. Yang, H.C. An and J.S. Han, 2004. Transmittance properties of fishing lamp in stick-held dip net fishing vessel for Pacific saury. J. Korean Soc. Fish. Tech., 40(1), 23-28.
- Sasaki, T., 1953. A fishing lamp. Idea publishing, Tokyo, 81-93.

2006년 10월 10일 접수

2006년 11월 3일 수리