

소형 오징어 채낚기 어선의 낚시 깊이별 釣獲量과 수중 조도

崔浙珍⁺ · 荒川久幸^{*}

水産工學研究所 漁業生産工學部, *東京水産大學 海洋環境學科

Relationship between the Catch of Squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, According to the Jigging Depth of Hooks and Underwater Illumination in Squid Jigging Boat

Sok-Jin CHOI⁺ and Hisayuki ARAKAWA^{*}

Fishing Technology Division, National Research Institute of Fisheries Engineering,
Hasaki, Ibaraki, 314-0421 Japan

*Department of Ocean Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Konan,
Minato, Tokyo 108-8477, Japan

The relationship between the catch of squid, *Todarodes pacificus*, according to the jigging depth and underwater illumination by fishing lamps was investigated during nighttime operations off-Tusima Islands in November 1994 and off-Oki Islands in November 1995. We used echo sounder to observe the distribution of squid. Echo images on the echo sounder showed the distribution of squid at the water layer of 50 meter depth at the beginning of jigging operation. After the time elapsed, a continuous dense image had moved to the layer of 60~80 meters jigging depth. A larger number of squid were caught by jigging machines set at a lowest depth of 90 meters, when it compared with machines set at a 60 meters. However, Catch increased around 60 meters jigging depth, when fishing lamps output were switched to 24 kW halogen lights. The underwater illumination, under the each light power of fishing lamps of squid jigging boat was continuously measured with an underwater illuminometer. Values of the underwater illumination, when schools were distributed from 60 to 80 meters, ranged from 3.0×10^{-2} lx to 3.4×10^{-3} lx in average at 80~360 kW fishing lamps output of squid jigging boat.

Key words: Squid Jigging, Echo Image, Fishing Lamp, Catch, Underwater Illumination, Jigging Depth

서 론

살오징어 (*Todarodes pacificus*)를 어획 대상으로 하고 있는 오징어 채낚기 어업은 우리 나라 동해안의 중요한 어업중의 하나로써, 이 어업의 풍흉이 일반 어민에게 미치는 영향은 매우 크기 때문에 이 어업을 발전시키기 위한 노력이 계속되어 왔고 이와 관련된 조사 연구 또한 다양한 방면에서 수행되어 왔다. 예를 들어, Park and Hue (1977)는 오징어의 분포 · 회유에 대해서, Kim and Lee (1981) 및 Park et al. (1992)은 해황 특징 및 오징어 어획 예측에 대해서 보고하였으며, Lee et al. (1985)은 동해안 어장에서 오징어의 연직 분포와 수온과의 관계를 중심으로 연구하였다. 오징어 채낚기 어업과 직접적으로 관련된 연구로서 An and Choo (1993)는 채낚기 어선 집어등의 광원 출력 변화에 따른 어획 효과에 대한 연구를 실시하였으며, 특히 오징어 채낚기 어장에서의 수중의 광 환경에 관해서 Inada (1988)가 오징어 채낚기 어선 주변의 연직 방향에 대한 수중 분광 방사 조도를 측정하였고, Nakamura (1994)는 빨강오징어에 초음파 송신기를 달아 그 발신음을 추적함으로써 해중의 광 환경의 변동과 관련된 빨강오징어의 일주 행동에 대해 조사하였다.

한편, 소형 오징어 채낚기 어업에서는 종래부터 집어등의 광원 출력이 높을수록 어획이 증대된다고 믿어져 집어등 광원 출력을 높이려는 경쟁이 오래 전부터 계속되어 왔다 (Choi et al., 1996). 이에 따라 著者들은 소형 오징어 채낚기 어선의 광원 출력 적정화를 도모하기 위한 과학적 근거를 제시할 목적으로, 오징어 채낚기 어선 주변에서 집어등 광에 의한 수중 조도 분포 (Choi et al., 1997) 및 어장의 광학적 수형 (Choi et al., 1998)과 수중 방사 조도 (Arakawa et al., 1996)와의 관계에 대해 보고하였다. 이러한 연구가 진행되는 과정에서 오징어 채낚기 어선의 집어등에 의해서 만들어지는 선저 부분의 광 환경이 오징어 군의 분포 및 행동을 포함한 어획 과정에 미치는 영향에 대해서 밝혀야 할 필요성이 제기되었다.

따라서 본 연구에서는 오징어 채낚기 어선의 집어등을 점등한 상태에서 오징어 군을 어군탐지기로 관찰하는 한편, 어선 양현의 조획기의 낚시 깊이를 각각 달리하여 광원 출력 조건별로 釣獲試驗을 실시하여 어군이 밀집하여 분포하고 있는 심도를 추정하였다. 동시에 어획 수심별 수중 조도를 측정함으로써 어군이 밀집하여 분포하고 있는 釣獲 深度에서의 광 환경과 관련된 검토를 행하였다.

⁺Corresponding author: sokjin@yahoo.co.jp

科學技術特別研究員 (Domestic Research fellow of Japan Science and Technology Coporation)

실험 방법

본 연구는 1994년 10월 29일부터 11월 4일까지 日本國 長崎縣 對馬島 해역 및 1995년 11월 12일부터 11월 19일에 걸쳐 島根縣 隱岐 열도 북방 50~100마일 해역에서 각각 소형 오징어 채낚기 어선 2척씩을 용선하여, 각 해역별로 4일간, 합계 16회의 광원 출력별 釣獲 시험 및 수중 조도 측정을 실시하였다 (Fig. 1). 釣獲 시험 및 수중 조도 측정에 사용한 소형 오징어 채낚기 어선 (이하 '실험선'이라 칭함)의 제원을 Table 1에 나타내었다. 이 실험선에 장비된 집어등은 1개 용량이 3kW 및 4kW의 메탈 할라이드 등으로서 집어등의 배치는 선수미 방향으로, 실험을 위해 설정된 광원 출력별로 좌우 열이 각각 동일한 출력이 되도록 점등하였다.

1. 집어등 점등시의 어군 탐지기 관찰

어군 탐지기에 의한 어군의 분포 심도 및 화상 관찰은 실험선의 船橋에 설치된 컬러 어군 탐지기 (Furuno, FCV-7821)를 이용하였다. 어군 탐지기의 송수파기는 어선 중앙부 선저 부분에 설치하였고, 탐지 범위는 연직 방향으로 수심 150m까지로 하여 모니터에 표시된 영상을 8mm 비디오 카메라 (Sony; CCD-TR55)로 녹화 기록하였다.

2. 낚시 깊이별 釣獲 시험

어군 탐지기에 의해서 추정된 어군의 분포 심도는 釣獲 시험을

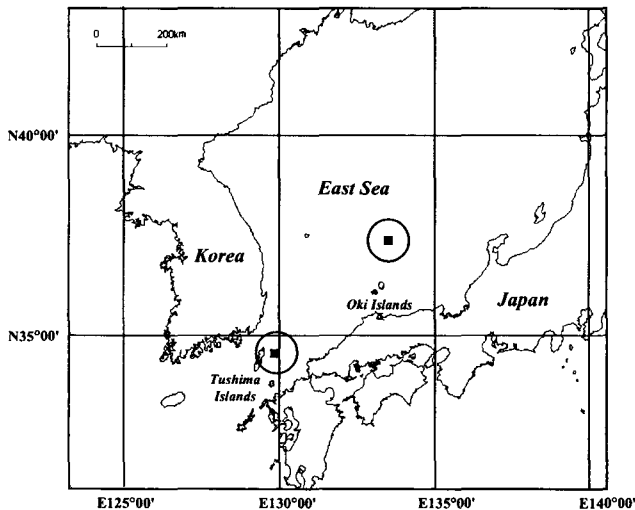


Fig. 1. The echo sounder observation and underwater illumination measurement area during squid jigging operations.

통해서 확인하였다. 釣獲 시험은 집어등의 광원 출력 조건을 對馬島 해역에서는 240 kW, 140 kW 및 80 kW의 3단계로, 隱岐 열도 북부 해역에서는 360 kW 및 180 kW의 2단계로 설정하고, 실험선에 장비된 자동 조획기 (Hamade, Type-III)를 이용하여 각 광원 출력 조건별로 실시하였다. 특히, 對馬島 해역에서는 통상 조업이 끝나고 해 뜰 무렵에 광원 출력 조건을 할로겐 등 24 kW로 전환하여 조업했을 때의 수심별 釣獲량 변화에 대해서도 계측하였다.

釣獲 시험에 사용된 실험선의 자동 조획기 수는 좌우현 각각 5대씩으로 고정하고, 각 조획기에 달린 낚시 수는 어선별로 25~30개로 고정하였다. 각 낚시의 간격은 0.9~1.0 m로 고정하여, 낚시 최하단부의 도달 심도를 좌현 60m, 우현 90m로 설정하여 집어등 광원 출력 조건별로 어선의 양현에서 동시 조업을 행하였다. 각 현에서 釣獲된 오징어는 매 30분 간격으로 마리 수를 계측하였다.

3. 수심별 수중 조도 측정

집어등 점등 상태의 수심별 수중 조도는 수중 조도계 (Ishikawa, IU-2B)를 사용하여 측정하였다. 측정에 이용된 실험선의 집어등 광원 출력은 각 해역에서 조획 실험에 이용된 광원 출력 360 kW, 240 kW, 180 kW, 140 kW 및 80 kW의 5단계로서, 각 광원 출력별 자동 조획기의 롤러 직하와 선저 직하 방향에서의 수중 조도를 측정하였다.

자동 조획기 롤러 직하의 수중 조도 측정은 어선의 중앙부와 선수 및 선미 부분에 설치된 오징어 자동 조획기의 롤러를 이용하여 수중 조도계를 연직 방향으로 강하시켜 수심 50m까지의 수중 조도를 연속적으로 측정하였다. 선저 직하 방향의 수중 조도는 어선 중앙부의 선저 부분에 활차를 로프로 고정하고, 고정된 활차로부터 수중 조도계를 연직 하방으로 강하시켜 각 심도별 수중 조도를 측정하였다.

4. 오징어 釣獲 深度의 수중 조도 계산

수심 50m 이深的 수중 조도는 釣獲 시험 및 수중 조도 측정 실험을 행한 해역에서, 주간의 수심별 수중 조도를 측정하고, 측정된 수중 조도값의 변화로부터 광 소산계수 (μ)를 구한 뒤, 다음 식들에 의하여 각 수심별 수중 조도 값을 산출하였다.

$$\mu = -\gamma^{-1} \cdot \ln(I/I_0) \tag{1}$$

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x} \tag{2}$$

여기에서 I 및 I_0 는 측정 수층의 하단 및 상단의 수중 조도 (I_x)를 나타내고, μ 는 측정 해역에서의 광 소산계수를, γ 는 수중 조도 측정 수층의 하층과 상층간의 거리차 (m)를 나타낸다.

Table 1. Principal items of squid jigging boat and fishing lamps used by squid jigging operations

Ship's Name	Harbor	Crew	Tonnage (Gt.)	Length (m)	Width (m)	Freeboard (m)	Hight of light (m)	Light power (kW)	Number of jigging machine
Houshinmaru	Toyotamako	2	16.0	20.5	4.5	1.0	3.5	244	10
Koukimaru	Toyotamako	1	10.0	14.6	3.8	0.7	3.5	144	10
No. 1 Mihomaru	Sakaiminato	3	19.0	24.5	5.5	1.5	3.8	360	12
Koushyoumaru	Sakaiminato	2	19.0	25.9	5.0	1.7	3.9	312	14

결 과

1. 집어등 점등시의 어군탐지기의 화상

Fig. 2에는 日本國 島根縣 隱岐 열도 북방 50~100마일의 해역에서 집어등을 360 kW로 점등하여 조업하는 과정 중에 실험선에 설치된 어군 탐지기 (FCV-7821)에 의하여 탐지·기록된 어군 형상을 매 30분 간격으로 표시하였다.

동 해역 어장으로 이동하여 온 실험선은 20시에 집어등을 점등하고 조업을 시작하였다. 이때, 어군 탐지기의 각 화상에 기록된 수면에서 연직 방향으로 연장된 반응은 오징어 채낚기 어구를 나타내며, 어군은 어구 주위를 중심으로 수심 50m까지의 얇은 곳을 중심으로 높은 밀도의 반응을 보였다. 시간이 경과함에 따라 어군 층은 50 m 以深으로 침하하는 경향을 보였으며, 22시 30분부터 1시까지 어획이 진행됨에 따라 고밀도의 어군 반응은 수심 60~80 m 사이에서 안정되었고, 수심간의 커다란 이동은 보이지 않았다. 그 후 어군, 층은 50 m를 중심으로 이동하였다.

높은 밀도의 어군 반응을 나타냈던 이날의 釣獲 상황은 대량 어획으로 인해 자동 조획기를 때때로 정지시켜야 할만큼 극히 양호하였으며, 이 날의 총 어획량은 실험선에서의 과거 최고 1일 어획량인 600상자 (20~25마리/상자)를 기록하였다.

2. 낚시 깊이별 조획량

집어등 점등시, 오징어 군으로 추정되는 강한 반응이 어군 탐지기에 의해서 관찰되었다. 이 반응을 확인하기 위하여, 어군의 밀도가 높다고 추정되는 심도를 중심으로 오징어 조획기 낚시의 최 선단 도달 심도를 좌·우현별로 각각 90m와 60m로 설정하여 對馬島 및 隱岐 열도 북부 해역에서 집어등 광원 출력 조건별 釣獲 시험을 실시하였다. 각 해역에서의 낚시 도달 심도별 釣獲된 마리수의 변화를 조획기 1대 1시간당의 釣獲 마리수로 정리하여 Fig. 3에 나타냈다. 이것에 의하면 對馬島 해역에서의 釣獲量 변화는 집어등 광원 출력 조건에 따라 약간의 시간차를 가지고 있으나, 전체적으로 23시 이전의 前半夜를 중심으로 시간당 釣獲 마리수가 많았던 경

향을 보였다. 즉, 240 kW의 광원 출력 조건에서는 조업 개시 후 2시간이 지난 후에, 140 kW에서는 조업 개시 직후에, 80 kW의 조건에서는 조업 개시 1시간이 지난 후에 시간당 釣獲量이 최대치를 보였다.

한편, 낚시어구 선단의 도달 심도별 釣獲 마리수는 낚시어구 선단의 도달 심도를 90 m로 설정한 현이 도달 심도를 60 m로 설정한 현보다 많았으나, 釣獲이 적어진 해 뜰 무렵에 광원 출력을 할로겐 등 24 kW로 전환하여 조업한 후에는 도달 심도를 60 m로 설정한 현에서 釣獲이 증가하는 경향을 보였다.

隱岐 열도 북부 해역의 경우 광원 출력 180 kW를 점등한 때의 오징어 조획기 1대당 시간별 釣獲 마리수의 변화는 조업을 시작하여 2시간이 지난 후에 낚시 도달 심도를 90 m로 설정한 현에서 시간당 30마리의 높은 釣獲量을 보인 후 급격히 감소하여 20시에 양현 모두 4마리의 저조한 釣獲量을 보였다. 그 후 시간의 경과에 따라 釣獲 마리수는 점차적으로 증가하여, 새벽 2시경에 60 m로 설정한 현에서 15마리, 90 m로 설정한 현에서는 조획기 1대당 30마리의 높은 釣獲量을 보였다. 360 kW로 점등하여 조업한 경우는 1시간이 경과한 19시경에 도달 심도를 60 m로 설정한 현에서 6마리, 90 m로 설정한 현에서 8마리를 기록하였고, 3시간이 지난 21시에는 60 m 심도층에서 시간당 24마리, 90 m로 설정한 현에서 28마리의 높은 釣獲量을 보여, 각 광원 출력에 따른 낚시 도달 심도별 釣獲量은 전반적으로 對馬島 해역에서와 같이 90 m 층에서의 釣獲量이 60 m 층에서 보다 우위를 점하였다.

3. 해역별 광 소산계수

釣獲 시험을 실시했던 해역에서 주간에 측정된 연직 수심별 수중 조도 변화 분포를 Fig. 4에 나타내었다. 對馬島 해역의 경우 투명도는 17m로 측정되었으며, 주간의 연직 수심별 수중 조도는 수심 5m에서 6,000 lx, 45m에서 90 lx를 보여 매우 밝은 광 환경 상태를 나타냈다. 이 변화로부터 對馬島 해역에서의 광의 소산계수 (μ)는 0.1049로 산출되었다.

한편, 隱岐 열도 북부 해역의 경우 투명도는 12.5 m를 나타냈고,

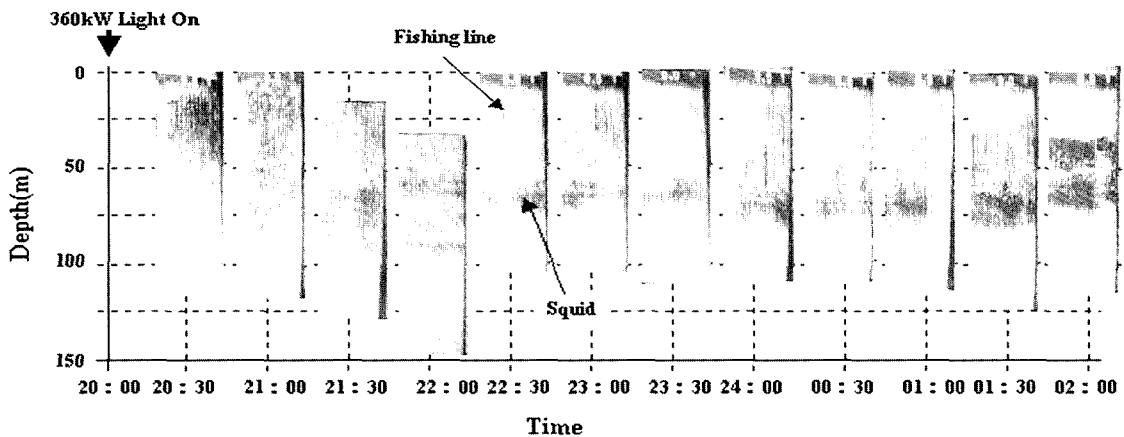


Fig. 2. Variation of echo sounder images by time of night under the 360 kW fishing light output of squid jigging boat.

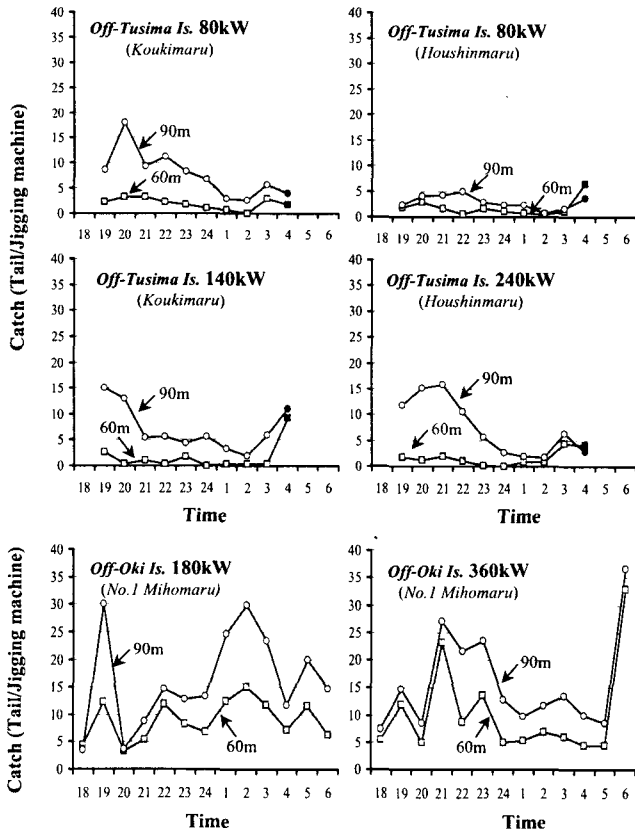


Fig. 3. Variation of catch per jigging machine according to the jigging depth of each light power. ●■: Catch used by hologen 24 kW total light output.

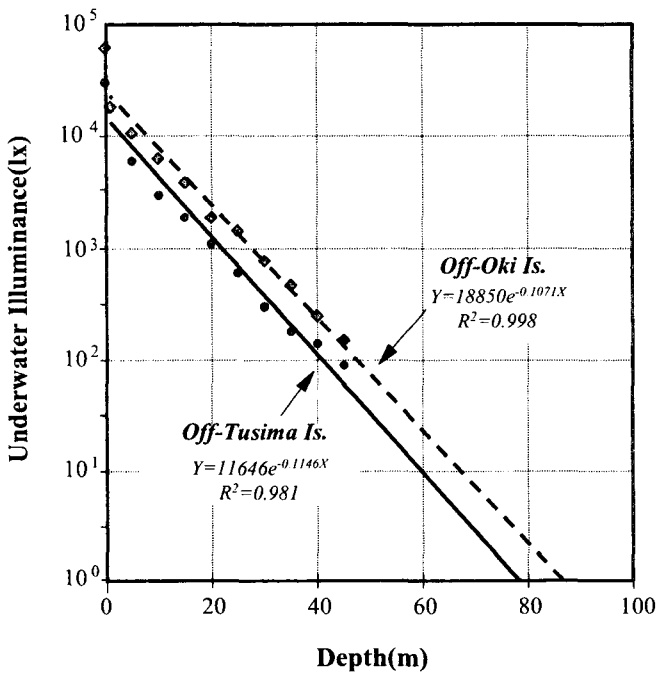


Fig. 4. The vertical distribution of daylight underwater illumination in the fishing ground.

주간 연직 수심별 수중 조도는 수심 1m에서 18,000 lx, 5m에서 10,600 lx를 기록하였으며 수심 45m에서는 150 lx를 기록하였다. 이 변화를 토대로 隠岐 열도 북부 해역에서의 광의 소산계수 (μ) 는 0.1064로 구해졌다.

4. 집어등 광원 출력별 釣獲 심도의 수중 조도

日本國 對馬島 해역에서 집어등 점등시, 각 광원 출력 조건별 선저 직하 및 선측 방향의 수중 조도 분포를 측정하여 정리한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 이 그림의 50m 以深의 조도값은 50m까지 측정된 수중 조도 실측치와 현장에서 측정된 광의 소산 계수 값을 토대로 산출된 계산치를 나타낸다.

집어등 광원 출력 조건별 선저 직하 방향에서의 수중 조도는 집어등 광원 출력의 감소에 따라 전체적으로 낮아지는 경향을 보여, 수중 조도 1lx 값이 측정된 심도를 집어등 광원 출력 조건별로 보면 240 kW의 경우 30 m, 140 kW에서는 21 m, 80 kW에서는 17 m 부근에서 분포하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 선저 직하 방향과 선측 롤러 직하 방향에서의 수심별 수중 조도 차는 수심 증가에 따라 그 변화 폭이 현저하게 감소하고 있는 것으로 확인되었다. 즉, 광원 출력 240 kW 조건에서의 10 lx 등조도 곡선은 선저 직하 방향에서 2 m, 선측 롤러 직하 방향에서 8 m의 수심대에 분포하여 6 m의 수심차를 갖고 있으나, 1 lx의 등조도 곡선의 경우는 선저 및 선측 롤러 직하 방향에서 30 m를 중심으로 분포함으로써, 선체에 의한 그림자의 부분 내에서의 현저한 조도 차는 수심 30 m 이내의 얇은 곳에 한해서 구분할 수 있었다. 한편, 광원 출력 조건별 각 釣獲 심도에서의 수중 조도는 240 kW의 경우 수심 60m의 선저 및 선측 부분에서 각각 4.1×10^{-2} lx 및 5.4×10^{-2} lx, 수심 80 m 층에서는 $5.6 \times 10^{-3} \sim 7.3 \times 10^{-3}$ lx의 범위에서 분포하였으며, 80 kW에서는 수심 60 m의 경우 선저 및 선측 부분에서 각각 1.5×10^{-2} lx 및 1.6×10^{-2} lx, 수심 80 m 층에서는 $2.0 \times 10^{-3} \sim 2.2 \times 10^{-3}$ lx의 조도값을 갖고 분포하였다.

隠岐 열도 북부 해역에서 집어등 광원 출력을 180 kW 및 360 kW 로 설정하여 선수미 방향으로 설치된 자동 조획기의 롤러 직하 방향으로 수중 조도계를 강하시켜 심도별로 측정된 수중 조도 결과 (Fig. 6)에 의하면, 각 위치별 자동 조획기의 롤러 아래 부분에서의 수중 조도는 전체적으로 1,000 lx를 넘는 밝은 조도 값을 보였으며, 광원 출력에 따라 선수측 1번 조획기와 선미측 6번 조획기 아래에서 상대적으로 낮은 조도 값이 측정되었다. 또한, 수면 직하에서의 광원 출력별 수중 조도값은 광원 출력 180 lx의 경우 3번 조획기 아래에서 1,200 lx로 최대 값을 보였고, 수심 30 m 전후에서 등조도 곡선 1 lx의 값이 분포하고 있는 것으로 확인되었으며, 360 lx의 경우는 5번 조획기 아래의 수면 직하에서 최대값 2,500 lx를 나타냈고, 조획기의 연직하 수심 35 m 전후에서 1 lx의 등조도 곡선이 분포함으로써 조획기가 설치된 위치에 따라 등조도 분포는 광원 출력별로 약간의 심도 차이를 보였다.

조획기 롤러 직하 釣獲 심도에서의 수중 조도를 계산한 결과에 의하면, 광원 출력 360 kW의 경우 각 조획기 위치별 평균 조도는 수심 60 m 부근에서 5.0×10^{-2} lx, 80 m에서는 2.3×10^{-3} lx를 나타냈으며, 광원 출력을 절반으로 줄인 180 kW에서는 60 m의 경우

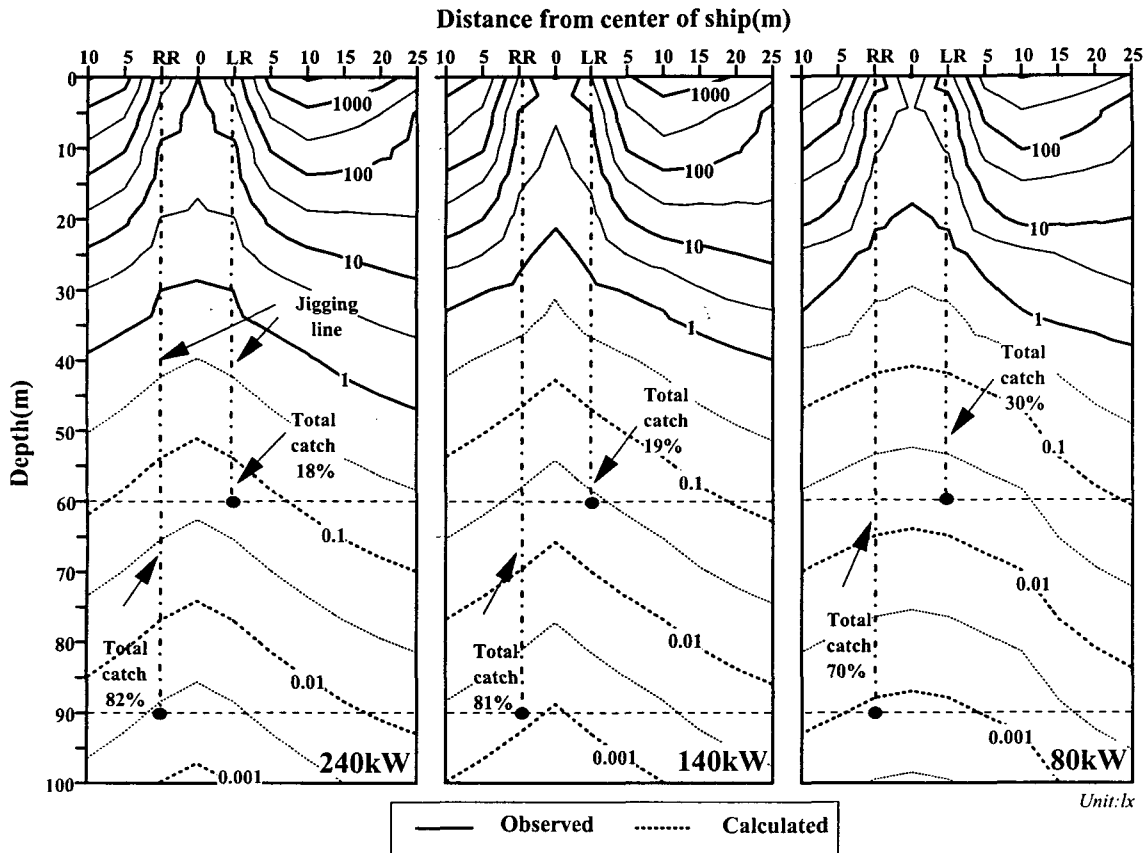


Fig. 5. Cross-sectional distribution of underwater illumination by each light output of squid jigging boat.

평균 4.2×10^{-2} lx, 80 m에서는 평균 1.7×10^{-3} lx의 조도값이 분포하는 것으로 계산되어, 對馬島 해역에서 산출된 선측 물러 직하 방향의 釣獲 심도 60~80 m에서의 조도값과 큰 차이를 보이지 않았다.

이상의 어군이 밀집하여 분포하고 있는 조획 심도에서의 수중 조도값을 정리하면 (Fig. 7), 80~360 kW의 각 광원 출력별 집어등 점등 조건 하에서의 오징어는 선저 연직하 방향에 형성된 각 광원 출력별 평균 수중 조도 $3.0 \times 10^{-2} \sim 3.4 \times 10^{-3}$ lx의 범위에서 분포하고 있으며, 이러한 광 환경은 오징어 채낚기 어선의 집어등과 선체의 조합 및 광 소산계수 변화에 의해 수심 약 60~80 m에서 인공적으로 만들어져, 이 부분이 오징어 채낚기 어선의 집어등 점등시 어군의 분포 및 중요한 釣獲層으로 이용되고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

고 찰

어군 탐지기를 이용한 오징어군의 분포에 대해서는 Nazumi and Uota (1971)가 대화퇴 부근에서의 어군 탐지기 기록을 해석하여 오징어 군의 상한 분포는 표층 산란층 하부에 분포하는 특징을 갖고 있다고 보고하였으며, Suzuki et al. (1974)은 북해도 해역에서 항해 중에 관측된 어군 탐지기 기록을 분석하여 오징어는 주로 70~75 m 부근의 상부 산란층과 하부 산란층 사이에서

분포하고, 이 분포 층에서의 수온은 3.5°C 라고 보고하였다. 이러한 결과는 집어등을 광원 출력 360 kW 조건으로 점등하여 조업했을 당시, 대량의 오징어 釣獲량을 기록했던 때의 어군 탐지기에 나타난 어군 분포를 기록 분석하여 얻어진 본 연구의 결과와도 일치하였다. 그러나 일반적으로 어군 탐지기에 의한 오징어군의 관찰은 오징어의 초음파 반사 강도가 미약하여 매우 어려운 것으로 인식되어져 왔기 때문에, 어군의 밀도가 높은 것으로 확인된 수심 60~80 m에서의 어군 반응이 오징어 군인가에 대해서 확인할 필요가 있었다. 이를 위하여 본 연구에서는 실험선에 설치된 자동 조획기의 낚시 도달 심도를 각 현별로 60~90 m로 설정하여 釣獲 시험을 실시하였다. 그 결과, 오징어 釣獲량의 시간대별 변화는 전반적으로 낚시가 수심 90 m까지 도달한 현측이 60 m까지 도달한 현측에서보다 우위를 갖는 경향을 보였으며 (Fig. 3), 어획된 오징어 내장 및 위의 내용물을 조사한 결과 공복 상태에 있던 것으로 나타났다. 즉, 어군 탐지기 영상과 釣獲 시험 결과를 종합하면, 집어등을 점등하여 조업할 경우 오징어 군은 대체로 60~80 m 층에 분포하고 있는 것으로 확인되었다.

어군이 수중의 특정한 심도에 분포하는 것은 수온, 염분, 먹이 생물의 분포, 해저 지형 등의 어장 환경에 의해서 변하는 것으로 알려지고 있으며 (Uda, 1960), 특히 본 연구에서와 같이 균등한 수온, 염분 및 해저 지형 분포를 갖고 있다고 여겨지는 동일 어장 내에서 오징어 채낚기 어선이 집어등을 점등하여 조업하는 경우는

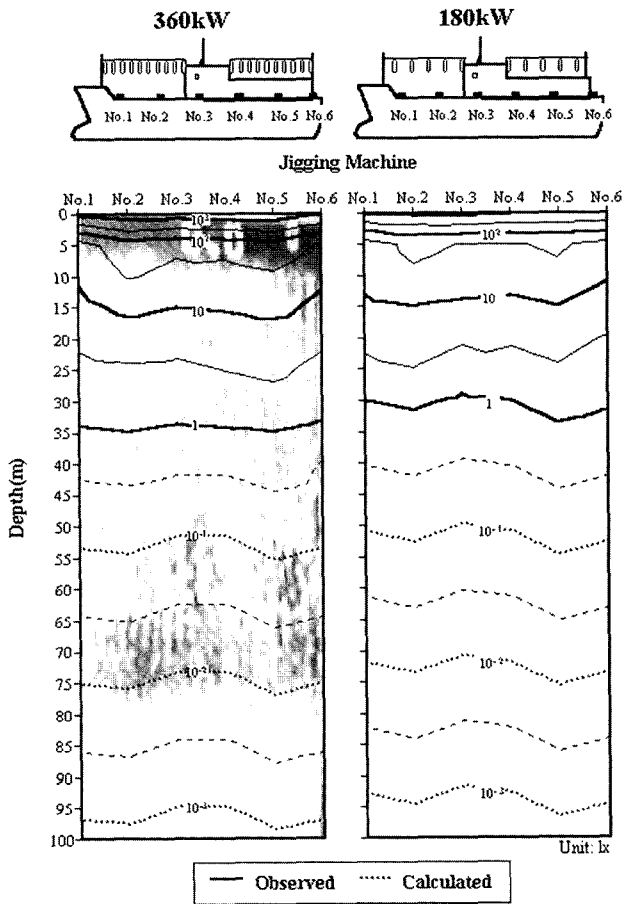


Fig. 6. Change of underwater illumination directly below the each jigging machine.

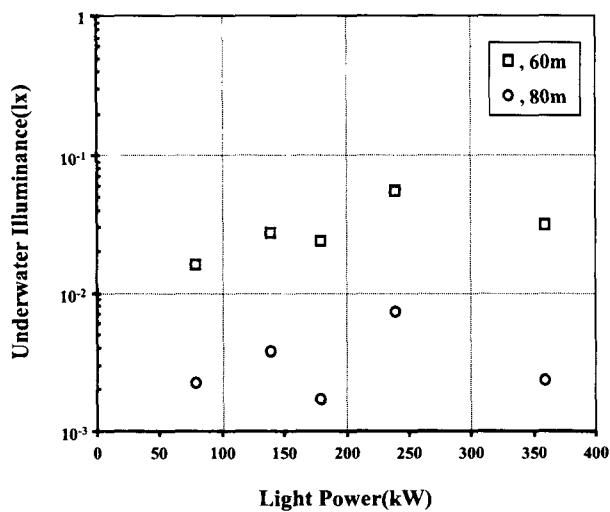


Fig. 7. Change of underwater illumination of jigging depth by each light power output.

주로 선상에 설치된 집어등에 의해 수중에 인공적으로 만들어진 광 환경에 의해 그 분포가 큰 영향을 받는 것으로 생각된다. 대표적인

사례로서, 對馬島 해역에서 새벽녘에 집어등 광원 출력을 24 kW로 절환한 경우, 釣獲 심도를 수심 60m로 설정한 현에서의 釣獲量 증가를 확인할 수 있었다 (Fig. 3). 이것은 인위적으로 집어등 광원 출력을 감소시킴에 따라 수중의 각 층에 도달하는 전체적인 광량이 감소하여, 오징어가 가장 관심을 나타낸 조도층 (Ishikawa and Takahasi, 1974; Shibata and Flores, 1972)의 분포 수심이 얕은 곳으로 상승함에 따라 오징어 군 또한 그 조도 층을 쫓아서 부상함으로써 낚시 도달 심도 60m 층에서의 釣獲量 증가로 연결되었다고 판단된다. 즉, 수중 조도의 연직 분포로 검토하면, 집어등 광원 출력 24 kW 조건에서의 조획기 롤러 직하 방향의 60m 층은 집어등 광원 출력 80 kW 점등시의 80m 층의 광 환경과 같은 밝기 수준에 있다 (Choi et al., 1996)는 것이 이러한 사실을 뒷받침한다.

오징어 군이 밀집하여 분포하고 중요한 釣獲層이 되는 것으로 확인된 심도 60~80m에서의 수중 조도는 각 광원 출력에 따라 차이는 있었으나 평균 $3.0 \times 10^{-2} \sim 3.4 \times 10^{-3} \text{ lx}$ 의 범위에서 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 이것은 오징어가 釣獲되는 유영 층의 조도가 상당히 낮은 상태일 것이라는 Ishikawa and Takahasi (1974)의 보고와 Shibata and Flores (1972)가 對馬島 주변의 살 오징어의 어장에 걸친 어군 탐지기 반응과 수중 조도의 측정 결과에서 살오징어는 $1.0 \times 10^{-2} \text{ lx}$ 정도의 밝기를 감지하고 있을 것이라고 보고한 것에 대해서 이를 정량적으로 확인한 결과였으며, 또한 어류의 釣獲 심도에서의 광 환경을 釣獲 시험에 의해 추정된 결과, 고등어는 수중 조도 약 $1.0 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ lx}$ 의 수중에서 주로 어획되는 것으로 보고한 Hasegawa et al. (1991)의 결과와도 거의 일치하였다. 특히, 어획의 중심이 되는 수중 조도값 $1.0 \times 10^{-2} \text{ lx}$ 는 운동 시각과 명암이 작용하는 桿體 視覺에서 시각과 형태 시각이 감지되는 錐體 視覺로서의 이동 상태를 나타내는 조도 값으로서 (Hasegawa et al., 1991), 집어등의 효과를 고려할 때에 중요한 단서가 되는 조도대라고 할 수 있다.

한편, 각 해역별 선상의 집어등 광원 출력이 2~3배로 증가하여도 선저 직하 및 조획기 롤러 직하 방향의 釣獲 심도 층에서의 수중 조도의 차는 큰 변화를 보이지 않았는데, 이것은 수심별 자동 조획기 직하 부분이 집어등에서 방사된 광의 최소 입사 각 내측에 위치함으로써 집어등 광의 영향이 직접적으로 미치지 않는 선체에 의한 그림자 영역으로 들어간 때문으로 (Choi, 1997), 이 부분에서 수심의 증가에 따른 현저한 조도 변화는 수심 30m 이내의 얕은 곳에 한해서 확인할 수 있었으며, 이것으로부터 산술적인 선상의 광원 출력 증가가 선저 및 조획기 직하 방향의 釣獲 심도 층에서의 수중 조도 변화에 큰 영향을 미칠 수 없었다고 판단된다. 특히, 隱岐 열도 북부 해역의 경우 대마도 해역에서보다 높은 광원 출력을 사용했음에도 불구하고 釣獲 심도 층에서의 수중 조도 값은 오히려 對馬島 해역에서 보다 낮은 값을 보였는데, 이것은 隱岐 열도 북부 해역의 투명도 값이 낮아 광 소산계수가 對馬島 해역에서보다 높았던 것에 기인한 것으로 사료된다 (Fig. 4). 따라서 오징어 채낚기 어선에서 집어등을 효과적으로 사용하기 위해서는 산술적인 광원 출력 증가보다는 어선의 선형에 따른 집어등의 설정 위치 및 조업 해역의 광 환경 특성 등을 고려할 필요가 있다는 것을 다시 한번 확인하고 있다.

마지막으로 선체에 의해 만들어진 그림자 영역에서의 오징어 군의 행동에 대해서 조업선 상에서 육안으로 관찰한 결과, 오징어는 빛이 직사하는 밝은 수역을 피하고 이 밝은 수역에 근접하여 나타나는 선체에 의한 음영 대부분에 비교적 잘 모이기 때문에, 오징어 채낚기 어구 낚시가 수면의 명암 경계부, 즉 선체 그림자 영역 안으로 강하되도록 한 경우의 어획이 양호한 것으로 오래 전부터 보고 되었으며 (Imamura, 1968), Yang (1995)은 수조에서 유도등에 의한 오징어의 반응을 실험한 결과, 평균적으로 유도등이 점등된 부분에서 약 55%, 등이 소등된 부분에서 약 45%의 오징어가 분포하는 것으로 보고하였다. 또한, 집어등 점등 조건에서 오징어 군은 빛의 영향이 직접적으로 미치는 부분에서는 거의 분포하지 않고, 선저를 중심으로 좌우 35° 이내의 선체에 의해서 만들어진 그림자 영역 아래에 분포하고 있다는 것을 Arakawa et al. (1998)가 소나 관찰을 행함으로써 시각적으로 확인하였다.

이러한 연구 결과들은 오징어 채낚기 어선에서의 집어등의 역할이 어장에 분포하는 어군을 집어하는 효과와 오징어를 적정 조도대에 체제시키게 하는 두 가지의 상반된 역할을 하고 있다는 것을 시사하고 있으며, 과거부터 인식되어져 왔던 오징어가 주광성에 의해 어선 주변으로 誘集되는 것이 아니라, 어장에 밀집된 어선의 집어등에 의해서 만들어진 밝은 조도대역의 광 환경 (Choi et al., 1997)을 피해서 어선 선체를 중심으로 만들어지는 연직 방향의 그림자 내측부분으로 驅集되는 반 주광성을 갖고 있다는 것을 시사하는 중요한 의미를 갖는 것으로서, 이 문제에 대해서는 금후 더욱 연구해야 할 필요가 있다고 사료된다.

요 약

오징어 채낚기 어선의 집어등을 점등한 상태에서의 오징어 군을 어군 탐지기에 의해 관찰하고, 어선 양현의 조획기에 설치된 낚시의 도달 심도를 달리하여 광원 출력 조건별로 釣獲 시험을 실시하여 어군의 분포 심도를 추정하는 한편 수심별 수중 조도를 측정함으로써 어군이 밀집하여 분포하고 있는 釣獲 심도에서의 광 환경에 대해서 검토하였다.

집어등 점등시 어군 탐지기에 나타난 어군은 낚시 어구 주위를 중심으로 수심 50m까지의 얇은 곳에서 높은 밀도의 반응을 보였으나, 시간이 경과함에 따라 어군 층은 침하하여 수심 60~80m 사이에서 안정되었다. 어선의 각 현별 낚시 최선단의 도달 심도를 변화시킨 경우의 釣獲량은 심도를 90m로 설정한 현층이 60m로 설정한 현보다 많았으나, 釣獲이 적어진 해를 무렵에 광원 출력을 할로겐등 24kW로 절환하여 조업한 후에는 60m 층에서 釣獲 증가 경향이 현저하게 나타났다.

어군 탐지기와 釣獲 시험에서 추정된 오징어의 중요한 釣獲층으로 사료되는 수심 60~80m에서의 수중 조도는 각 광원 출력별 평균 $3.0 \times 10^{-2} \sim 3.4 \times 10^{-2} \text{lx}$ 의 범위에서 분포하였다.

사 사

본 연구의 승선 조사에 많은 도움을 주신 日本國 長崎縣 및 島

根縣 小型イカ釣り協議會 관계자 여러분과 全國漁業協同組合連合會 中村孝哲 氏께 깊은 감사를 드린다. 또한 본 논문에 대해 좋은 의견과 교정을 보아주신 여수대학교 수산공학과 김대안 교수님 및 편집 위원 여러분께 심심한 사의를 표한다.

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.J. 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).
- Arakawa, H., S.J. Choi, T. Arimoto and Y. Nakamura. 1998. Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid jigging boat. Fisheries Science, 64, 553~557.
- Choi, S.J., T. Arimoto and Y. Nakamura. 1996. Corroborative field research, In Report of rationalization of the light power on small-type squid jigging boat. National federation of fisheries cooperative associations, Tokyo, 70~90 (in Japanese).
- Choi, S.J., 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, 160~165 (in Japanese).
- 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 (in Japanese).
- Choi, S.J. 1997. Rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis. Tokyo Univ. of Fisheries, 289pp (in Japanese).
- Hasegawa, E., H. Kobayashi and H. Niwa. 1991. Comparison of retinal adaptation in chub mackerel and sardine attracted to a fishing lamp previous and subsequent to midnight. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 425~431 (in Japanese).
- Imamura, Y. 1968. Etude de l'effet du feu dans la peche et de son operation (I). La mer, 6, 17~43 (in Japanese).
- Inada, H. 1988. Measurement of the underwater spectral irradiance under the squid jigging boat. Journal of the Tokyo Univ. of Fisheries, 75, 487~498 (in Japanese).
- Ishikawa, Y. and O. Takahasi. 1974. On fishing lamp utilization in a squid jigging fishery. Bull. of Niigata Prefectural Fisheries Experiment Station, 3, 19~28 (in Japanese).
- Kim, B.K. and C.K. Lee. 1981. A characteristic of conditions of oceanographic and catch of the squid (*Todarodes pacificus* STEENSTRUP), Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 27, 41~57 (in Korean).
- 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).
- Nakamura, Y. 1994. Daily movement and school characteristic of *Ommastrephes bertramii*. Nippon Suisan Gakkaishi, 60, 531~532 (in Japanese).

- Nazumi, T. and S. Uota. 1971. Study on japanese common squid, *Todarodes pacificus* in Japan sea. Bull. of Hyogo Prefectural Fisheries Experiment Station, 10, 15~17 (in Japanese).
- Park, B.H. and J.B. Hue. 1977. Distribution, migration and fluctuation of the catch conditions of the squid (*Todarodes pacificus* STEENSTRUP). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 18, 85~100 (in Korean).
- Park, J.H., K.H. Choi and J.H. Lee. 1992. A study on the prediction of fishing condition of common squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP in the Eastern Korea Sea. Bull. Korean Fish. Tech. Soc. 28, 327~336 (in Korean).
- Shibata, K. and C. Flores. 1972. Echo-traces typical of squids in waters surrounding Japan. FAO Fisheries Circular, 142, 7~13.
- Suzuki, T., M. Tashiro and Y. Yamagishi, 1974. Studies on the swimming layer of squid *Todarodes pacificus* Steenstrup as observed by a fish finder in the offshore region of the northern part of the Japan Sea. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 25, 238~246 (in Japanese).
- Uda, M. 1960. Squid jigging fisheries and fishing ground. In *Fisheries Oceanography*, Kouseisya, Tokyo, 271~278 (in Japanese).
- Yang, Y.L. 1995. Study on the reaction of the squid *Todarodes pacificus* STEENSTRUP for the guide light. Fisheries Research, 9, 25~30 (in Korean).

2001년 9월 13일 접수

2001년 11월 15일 수리