

## 일본 소형 오징어 채낚기 어선의 톤수 및 집어등 광원 출력과 어획량과의 관계

崔 浙 珍<sup>+</sup>

獨立行政法人 水産工學研究所 漁業生産工學部

### 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

Sok-Jin CHOI<sup>+</sup>

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

Sizes of coastal squid jigging boats, their light source output for fishing lamps and daily catch data were collected, for a purpose of evaluating factors on fishing boats, which affect to the squid catch, from four fishing ports (Hakodate, Sado Island, Noto and Tsushima) in Japan. The catch amount was increased as boat sizes and their light source output of fishing lamps were increased up to 100~200 kW class and 11~15 gross tonnage class. The relationship between catch per unit efforts  $y$  (box/machine/day), gross tonnage  $x_1$  (GT) and light source output for fishing lamps  $x_2$  (kW) is expressed as following formula;  $y=4.097+0.18x_1+0.0019x_2$ . Thus, 0.1819 boxes of squid catch can be expected, when light source output for fishing lamps increases for 1 kW ( $x_2 \leq 200$ ) and boat size 1 GT ( $x_1 \leq 15$ ). It is considered that the boat size which created a shadow area under the jigging boat, is important factor affecting to catch amount. Because larger shadow area created by bigger boat has a possibility to let more squid stay there.

**Key words:** Squid Jigging Boat, Catch, Fishing Lamp, Tonnage, Light Source Output, CPUE

#### 서 론

일본의 홋카이도 (北海道) 연안에서 대화퇴 (大和堆) 및 쓰시마 (對馬) 주변 해역에 이르기까지 동해 (일본해) 전역을 조업 대상 (Uda, 1960)으로 하고 있는 일본의 소형 오징어 채낚기 어업은 일본 어업법에 의한 규제는 없으나 각 현의 지사 허가어업, 해구 어업조정 위원회의 승인어업 또는 자유어업으로 규정되어 있으며, 30톤 미만의 소형 어선을 사용하도록 정해져 있다 (水産廳, 1993). 일반적으로는 20톤 미만의 소형 FRP어선이 주로 많이 사용되며, 이들 어선에서 장비하고 있는 집어등 광원 출력은 적게는 수십에서 많게는 수백 킬로와트 (kW)를 장비하여, 중형 및 대형 오징어 채낚기 어선에 못지않는 집어등 광원 출력 설비를 갖추고 있다 (Choi et al., 1996).

일본에서 전기를 이용한 집어등이 사용되기 시작한 1920년대 당시, 소형 오징어 채낚기 어선의 집어등 광원 출력은 수백 와트 미만에 불과하였으나 (Inada and Ogura, 1988), 1996년 말 현재, 이들 어선들이 사용하고 있는 집어등 광원 출력이 수십에서 수백 킬로와트로 증가하게 된 큰 원인은 오징어 채낚기 어선 집어등의 광원 출력과 어획량 및 이와 관련된 어획기구가 정확히 밝혀져 있지 않았던 점과 일본의 각 현에서 실시되고 있는 소형 오징어 채낚기 어선을 대상으로 한 집어등 광원 출력 사용에 관한 규제가 통일화되지 않고, 각 현별로 서로 다른 기준에 의해 실시되었던 점을 들 수 있다 (Choi, 1997). 이러한 상황에서 1970년대의 기름

값 폭등과 함께 연료비 절감 목적으로 도입된 고압 방전 등이 소형 오징어 채낚기 어선에서 사용되면서 각 어업자간의 집어등 광원 출력 설비 경쟁은 한층 더 고조되어 현재에 이르고 있다 (Choi et al., 1996; Choi, 1997).

우리나라의 오징어 채낚기 어업은 1950년대 이전, 연안에 국한된 소규모의 영세 어업에서 시작하여 1970년대 말부터는 원양 해역에까지 출어함으로써, 어업의 질적 및 양적인 면에서 괄목할만한 성장을 거듭하여 왔다 (Choi et al., 2002). 근래에는 어종별 어업 생산량에서 수위를 확보하고 있으며, 수산물 가공 제품의 수출 총액에서도 차지하는 비중이 매우 높은 어업으로 자리 잡고 있다. 그러나 최근 수산물 수입 자유화로 인한 어가의 하락과 함께 연료비와 인건비 등을 비롯한 출어 경비의 증가는 어업 경영 유지를 어렵게 만들고 있으며, 이러한 가운데 일반 어업자들의 집어등의 광원 출력이 높을수록 어획이 증대된다는 맹신은 오징어 채낚기 어선의 집어등 광원 출력을 높이기 위한 설비 투자로 연결되고, 집어등의 과잉 설비는 이를 운용하기 위한 어업 경비 증가라는 악순환으로 이어져 어업 경영수지를 악화시키는 주요한 요인의 하나로 지적되어져 왔다 (Choi et al., 1996).

한편, 일본에서 행해진 집어등 어법과 관련된 대표적인 연구로는 Tauchi (1948)로부터 시작하여 Sasaki (1953), Imamura (1968), Ogura (1972) 등이 집어등에 의한 수중 조도와 어군의 집어 효과에 대해서, Karibe et al. (1974), Hirayama (1982), 小倉 (1978) 등은 집어등 광원출력과 어획량과 관련된 연구를 실시하였다. 최근에는 Inada (1988), Hasegawa et al. (1991), Arakawa et al. (1996) 등이 수중의 광 환경조건과 대상 생물의 분포 및 광 생리

<sup>+</sup> Corresponding author: sokjin@yahoo.co.jp

등과 관련된 연구를 행하여 집어등 어법과 관련된 많은 결과들이 보고되었다.

집어등 어법과 관련된 우리나라의 조사 연구는 주로 오징어의 어획과 자원 분포 (Park and Hue, 1977; Kim and Lee, 1981; Park et al., 1992) 등과 관련된 연구가 최근까지 많이 진행되어 왔으며, 어구 어법 등에 대해서는 An and Choo (1993)가 이와 관련된 연구를 보고하여, 동 어업이 우리나라의 중요한 어업 중의 하나임을 감안하면, 이와 관련된 전체적인 연구의 수는 일본 측과 비교했을 때 그리 많지 않은 것이 현실이다. 특히, 우리나라의 오징어 채낚기 어선들과 어장을 공유하고 있는 일본의 소형 오징어 채낚기 어업과 관련된 이들 어선들의 집어등 광원 출력 설비, 톤수 및 어획량 등에 관한 정보 또한 우리나라의 관련된 연구자 및 일반 어업자들에게는 아직도 잘 알려져 있지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 한일 양국의 어업상 중요한 위치를 차지하고 있는 오징어 채낚기 어업과 관련된 과제중의 하나인 어선의 설비 및 집어등 광원 출력과 어획량이 어떠한 관계를 갖고 있는가에 대해서 조사하고, 또한 일본의 오징어 채낚기 어업에 관한 일련의 정보를 제공하기 위한 목적으로 일본의 각 지역에서 조사 수집된, 소형 오징어 채낚기 어선의 어선별 어획량 및 집어등 광원 출력등과 관련된 항내 조사 자료를 바탕으로, 소형 오징어 채낚기 어선의 집어등 광원 출력과 어획량의 관계에 대해서 검토하였다.

### 자료 및 방법

일본 연안을 중심으로 조업하고 있는 일본의 소형 오징어 채낚기 어선 (이하 '어선'으로 표시)의 집어등 광원 출력과 각 어선의 일별 연간 어획량에 관한 자료 조사 및 수집은 1993년 7월부터 1995년 11월에 걸쳐, 일본 북부 지역을 대상으로 홋카이도 하코다테 (北海道 函館; 이하 'A 지역'으로 표시)에서, 일본 중부 지역을 대상으로 니이가타현 사도 (新潟縣 佐渡; 이하 'B 지역'으로 표시)와 이시카와현 노토마치 (石川縣 能都町; 이하 'C 지역'으로 표시)에서, 일본 남부 지역을 대상으로 하여 나가사키현 쓰시마 (長崎縣 對馬; 이하 'D 지역'으로 표시)의 어항 및 소형 오징어 채낚기 어업 협동조합에서 실시하였다 (Fig. 1).

#### 1. 어선의 집어등 광원 출력 장비 조사

어선의 집어등 광원 출력 장비 조사는 각 조사 지역의 어항을 중심으로 연근해의 어장에서 조업을 마치고 귀항하여 어획물을 양육하기 위해 정박하고 있는 어선을 대상으로 실시하였다. 조사 항목은 어선의 선명, 어선 등록 번호, 톤수, 집어등의 전등 수, 전등 1개당 출력 (kW), 집어등의 배치구조 및 어선 톤수에 관한 자료를 조사, 수집하였다.

#### 2. 어선의 일별 연간 어획량 조사 및 해석

집어등 광원 출력 장비 조사 대상이 된 각 지역 어선의 일별 연간 어획량에 관한 자료는 어선이 소속하고 있는 각 지역의 소형 오징어 채낚기 어업 협동조합으로부터 1992년부터 1994년도 분의 각 어선별 일별 연간 어획량 자료를 제공받았다. 각 지역에서 수

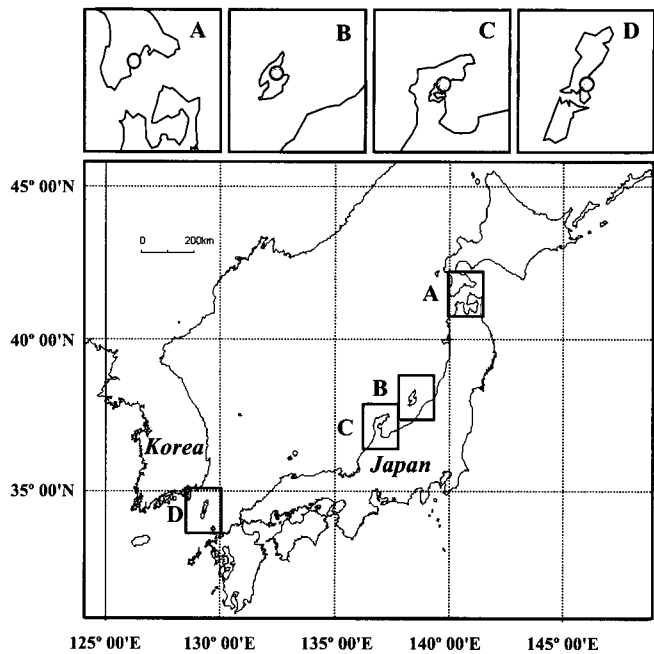


Fig. 1. Location of four fishing port where catch data and fishing lamps light source output of costal squid jigging boat were collected in Japan. A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture.

집된 어선의 일별 연간 어획량 자료에 기재된 어선의 선명, 어선 등록 번호와 항내 조사에 의해 수집된 어선의 선명, 어선 등록 번호 및 톤수 등의 자료를 토대로 어선별 어획량과 집어등 광원 출력을 비교, 확인하였다.

각 항목이 확인된 어선의 자료는 동일 어구에 동일 어장에서 조업한 어선의 출어 일수와 일별 연간 총 어획량으로부터 1일 평균 어획량을 구하고, 각 어선이 장비하고 있는 자동 조획기의 설비대 수로부터 조획기 1대당 1일 평균 어획량 (이하 '단위 노력당 어획량'으로 표시)을 구하였다. 또한, 동일 톤급 및 광원 출력 계급별 어획량 변화에 대해서도 검토함과 동시에 어선의 톤수 및 집어등 광원 출력이 어선의 어획량에 미치는 영향에 대해서 다중회귀 방정식을 이용하여 검토하였다. 즉, 조사된 어선의 톤수 (GT) 및 집어등 광원 출력 (kW)과 단위 노력당 어획량 (box/machine/day)을 각각  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $y$ 라고 하면 이들의 독립 변수인 어선의 톤수  $x_1$ 와 집어등 광원 출력  $x_2$  및 어획량  $y$ 과의 관계는 다음과 같은 형태의 선형 식으로 표현할 수 있다 (Kim et al., 1993).

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (1)$$

여기에서  $y$ 는 예측해야 할 변수이고,  $x_1$ ,  $x_2$ 는 예측값을 구하는데 기초가 되는 각 지역에서 조사된 알려진 변수이며,  $b_0$ ,  $b_1$  및  $b_2$ 는 이상의 자료로부터 결정되어야 할 상수이다. 따라서 어선의 톤수  $x_1$ 과 집어등 광원 출력  $x_2$ 라는 두개의 독립변수를 만족하는 상수  $b_0$ ,  $b_1$  및  $b_2$ 는 다음과 같은 정규 방정식으로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Sigma y &= n \cdot b_0 + b_1(\Sigma X_1) + b_2(\Sigma X_2) \\ \Sigma X_1 y &= b_0(\Sigma X_1) + b_1(\Sigma X_1^2) + b_2(\Sigma X_1 X_2) \\ \Sigma X_2 y &= b_0(\Sigma X_2) + b_1(\Sigma X_1 X_2) + b_2(\Sigma X_2^2) \end{aligned} \quad (2)$$

단, 여기에서 n은 자료 수를 나타낸다.

### 결 과

#### 1. 어선의 톤수별 집어등 광원 출력 및 설치구조

일본의 각 지역에서 조사된 어선의 톤수와 집어등 광원 출력과의 관계를 정리하여 Fig. 2에 나타내었다. 동 그림에 의하면 어선의 톤수와 집어등 광원 출력과의 사이에는 어선의 톤수가 증가함에 따라 어선이 장비하고 있는 집어등의 광원 출력도 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특히 어선의 톤수별로 장비하고 있는 집어등 광원 출력은 5톤급 어선에서 25~75 kW 범위의 집어등 광원 출력을 장비하였고, 10톤급 어선에서는 50~250 kW의 범위, 19톤급 어선에서는 110~310 kW의 범위 폭을 갖고 있는 것으로 나타나, 어선의 톤수가 증가함에 따라 각 어선이 장비하고 있는 집어등의 광원 출력과 그 출력의 폭은 점차로 넓어지고 있는 경향을 보였다.

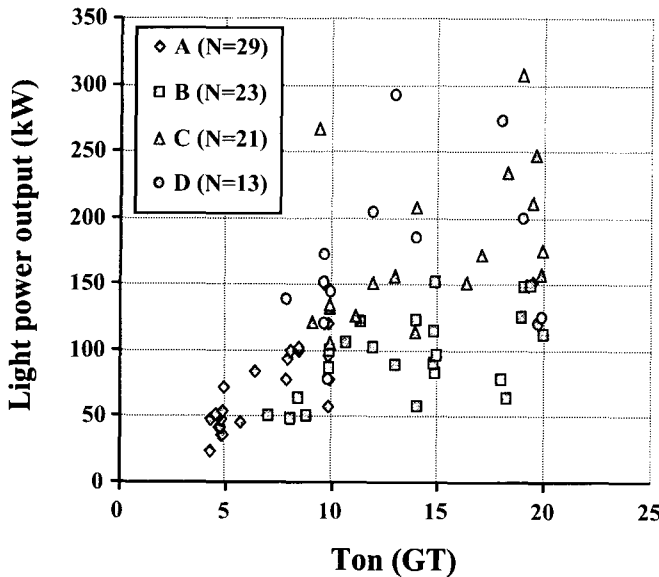


Fig. 2. Relationship between gross tonnage and fishing lamps light source output of costal squid jigging boat in each fishing port of Japan. A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture.

각 지역별로는 A 지역 어선의 경우, 10톤 미만의 어선이 주류를 이루었으며, 이들 어선이 장비하고 있는 집어등 광원 출력은 30~100 kW의 범위를 장비하고 있어, 조사 대상이 된 4개 지역 중에서 가장 낮은 집어등 광원 출력을 장비하고 있는 것으로 나타났다. B 지역과 C 지역 어선의 경우는 5톤 이상, 특히 10~19톤급 어선이 많이 분포하였으며, 이들 어선의 집어등 광원 출력은 B 지역에서

50~150 kW, C 지역에서 100~250 kW의 범위에 분포하고 있는 것으로 나타났다. D 지역의 경우는 10톤 전후 및 19톤 전후의 어선이 주를 이루었으며, 집어등 광원 출력은 75~300 kW의 범위에 분포하는 것으로 나타났다.

한편, 각 지역의 어항에 정박된 어선의 집어등 배열 상태를 광원 출력별로 정리한 결과에 의하면, 대부분의 어선은 선수미 중앙부를 중심으로 한 1열 혹은 2열의 배치 구조로 집어등을 설치하고 있었으며, 광원 출력 60 kW, 집어등의 전등 수 약 30개를 전후로 하여 집어등의 배치가 1열 구조에서 2열 구조로 바뀌는 분기점이 되었다 (Fig. 3). 특히, 선수미를 중심으로 한 평행 2열 구조와 함께 중간 부분에 1열을 추가한 3열 구조의 집어등 배치가 150 kW 이상의 광원 출력을 장비한 수척의 어선에서 조사되었으며, 1열과 2열을 각각 선수부와 선미부에 혼합하여 배치한 복합 형태의 집어등 배열구조를 갖고 있는 어선도 집어등 광원 출력 60 kW 이상의 어선에서 조사되었다. 1열의 집어등 배열구조를 갖는 어선의 경우, 집어등의 1개당 출력은 대체로 2 kW가 주를 이루었고, 2열 이상의 집어등 배열구조를 갖는 어선에서는 주로 2 kW를 사용하고 중간 중간에 3 kW와 4 kW를 혼용하여 설비하고 있었다.

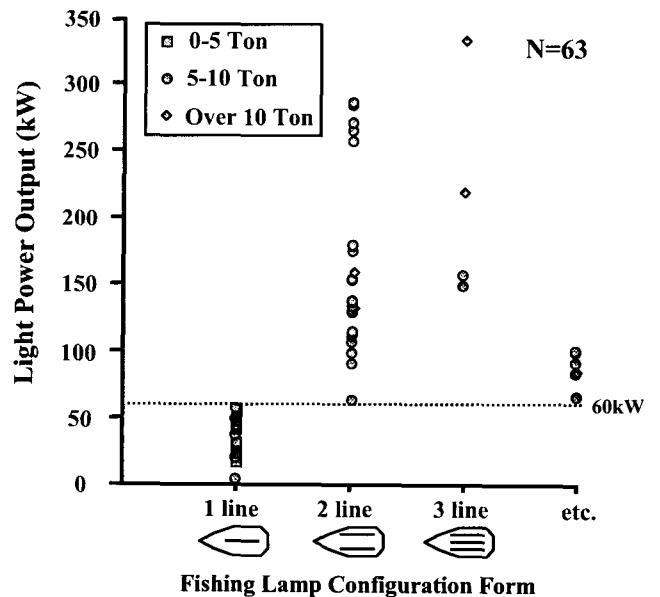


Fig. 3. Fishing lamps configuration form according to the each fishing lamps light source output of costal squid jigging boat.

#### 2. 각 지역의 어선별 1일 어획량 표본 분포

각 지역에서 조사대상이 된 어선의 일별 연간 어획량 자료를 종합하여 각 어선의 어획량 확률 분포로 정리하여 Fig. 4에 나타내었고, 각 지역별 어획량 확률 분포의 평균값 ( $\mu$ )과 표준편차 ( $\sigma$ ) 값 등을 Table 1에 정리하였다. 이 결과에 의하면 A 지역의 경우, 1일 50상자 (1상자=약 6kg) 미만의 어획량은 각 어선별로 최소 20%에서 최대 100%의 범위를 가지고 분포하였으며, 1일 어획량

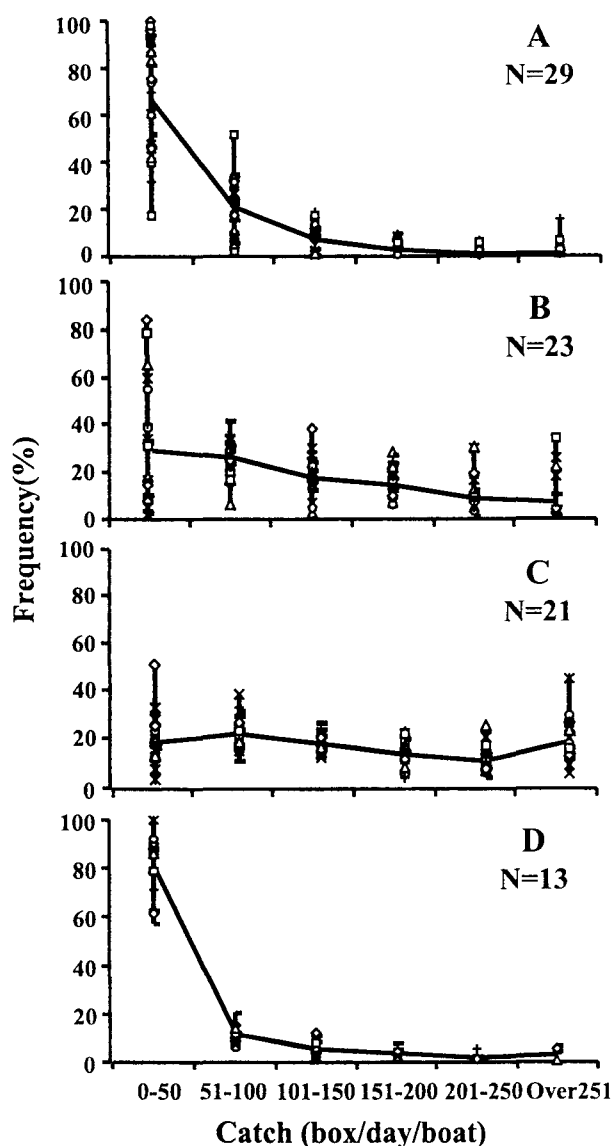


Fig. 4. Frequency distribution of daily squid catches of costal squid jigging boat in each fishing port where catch data were collected in Japan. A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture.

0~50상자, 51~100상자의 각 계급별 평균 어획률은 각각 66.8%, 20.9%로 집계되었다. 즉, A 지역에서는 1년 조업일수를 100일로 가정하였을 때, 약 67일은 평균 50상자 미만의 어획량, 약 21일은 51~100상자 미만을 어획하고 있는 것으로 나타났다. B 지역의 경우는 1일 50상자 미만의 어획률은 평균 28.5%, 어선별로는 0~85%의 범위를 가지고 분포하여 동일 계급의 A 지역에 비해 급격히 감소하는 대신에 1일 200상자 이상을 어획하는 확률 빈도가 평균 15%로 증가하는 경향을 보였다. C 지역의 경우, 전체적인 경향은 B 지역과 유사하였으나 100상자 미만의 어획률이 평균 40%로 4개 지역의 평균값 중 가장 낮은 값을 보인 반면, 200상자 이상의 대량 어획 확률이 평균 28%로 4개 지역 중 가장 높은 값을 나타내는 특징을 보였다. D 지역의 경우는 50상자 미만의 어획률 평균값이 약 80.2%의 높은 값을 보였고, 51~100상자의 평균 어획률이 10.5%를 보여 약 90.7%의 소형 어선이 1일 100상자 미만을 어획하고 있는 것으로 나타나, 4개 지역의 어선 중에서 어획 효율이 가장 낮은 것으로 확인되었다.

### 3. 어선의 톤수 계급별 어획량 빈도 분포

어선의 일별 연간 어획량 자료를 톤수 계급별 어획량 빈도 분포로 정리하여 Fig. 5에 나타내었다. 이 그림에 의하면 A 지역의 경우, 5톤 미만 어선에서 1일 50상자 미만의 어획 빈도는 87.9%로 높은 값을 보였으나, 6~10톤 어선에서는 53.1%로 감소하는 반면, 51~100상자 미만의 어획 빈도는 10.3%에서 27.6%로 증가하였다. 특히, 5톤 미만 어선에서는 볼 수 없었던 1일 200상자 이상의 어획 빈도 또한 증가하여 약 6.4%의 값을 보였다. 이러한 경향은 동 지역의 16~20톤급 어선에서도 유사한 결과를 보였다. B 지역의 경우는 1일 50상자 미만의 어획량 빈도는 6~10톤 어선에서 60.2%를 보였으나, 11~15톤선에서는 18.3%로 급격히 감소하였으며, 16~20톤 어선에서는 15.6%로 감소하였다. 한편, 톤수 계급이 증가함에 따라 6~10톤급 어선에서 2.8%에 불과 하였던 200상자 이상의 어획 빈도가 11~15톤 미만 선에서 28.7%, 16~20톤 미만 선에서 29.8%로 증가하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 C 지역의 어선에서도 수치상의 차이는 있으나, 톤수 계급의 증가에 따라 소량의 어획 빈도가 감소하고 대량의 어획 빈도가 증가하는 유사한 경향을 보였다. 그러나 C 지역은 다른 지역과는 달리, 어획 계급별 어획량 빈도 변화가 각 톤급별로 큰 차이가 없었던 점과 다른 지역에 비해 250상자 이상의 어획량 빈도가 톤급의 증가에 따라 현저히

Table 1. Mean and standard deviation of the 4 dominant daily catch of costal squid jigging boat, collected each fishing port of Japan

Catch (box/day)	A, Hakodate (N=29)		B, Sado (N=23)		C, Noto (N=21)		D, Tsushima (N=13)	
	Mean ( $\mu$ )	S.D. ( $\sigma$ )	Mean ( $\mu$ )	S.D. ( $\sigma$ )	Mean ( $\mu$ )	S.D. ( $\sigma$ )	Mean ( $\mu$ )	S.D. ( $\sigma$ )
0~50	66.8	23.3	28.5	25.2	18.5	10.5	80.2	13.2
51~100	20.9	12.2	25.8	7.9	22.1	6.7	10.5	4.0
101~150	7.0	5.1	16.9	8.3	17.6	3.8	4.5	3.9
151~200	2.9	2.9	13.8	6.6	13.4	5.0	2.4	2.4
201~250	1.0	1.9	8.4	8.6	10.3	5.2	0.9	1.7
Over 251	1.4	4.2	6.6	11.2	18.1	9.4	1.5	2.2
Total	100.0	49.6	100.0	67.8	100.0	40.6	100.0	27.3

S.D., Standard Deviation.

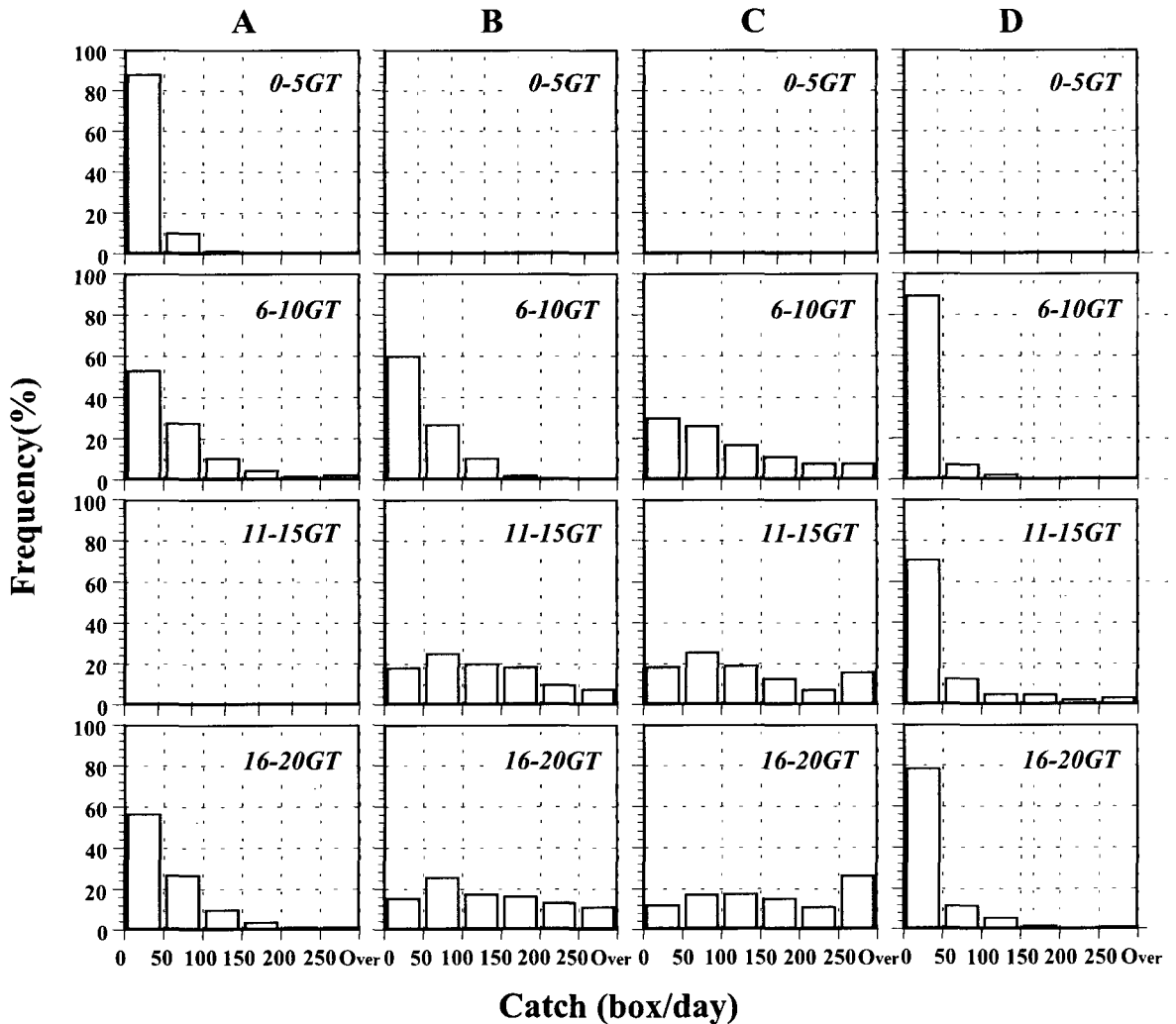


Fig. 5. Squid catch frequency of the 4 dominant gross tonnages of costal squid jigging boat, collected A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture in Japan.

증가하는 특징을 보였다. D 지역의 어획량 빈도 분포 변화는 1일 어획량 50상자 미만의 계급의 경우, 5~10톤급 및 11~15톤급에서 각각 90%, 70%로 감소하였으나, 16~20톤급 어선에서는 80%로 증가하여, 각 톤급별 1일 평균 어획량은 100상자 미만을 어획하고 있는 것으로 나타났으며 전체적인 어획 효율은 15~20톤급 어선보다 10~15톤급 어선에서 좋은 결과를 보였다.

#### 4. 어선의 집어등 광원 출력 계급별 어획량 빈도 분포

각 지역 소속 어선의 일별 연간 어획량 자료를 집어등 광원 출력 계급별 어획량 빈도 분포로 정리하여 Fig. 6에 나타내었다. 동 결과에 의하면 A 지역의 경우, 50 kW 미만선의 1일 어획량은 50상자 미만의 빈도율이 87.8%로 높은 값을 보였으나, 51~100 kW에서는 63.3%, 101~150 kW에서는 42.2%로 감소하는 반면, 50상자 이상의 대량 어획 계급의 빈도는 집어등 광원 출력 계급과 함께 증가하는 경향을 보였다. B 지역의 경우 1일 50상자 미만의 어획률은 50 kW 미만 선에서 81.3%를 보였으나, 51~100 kW에서는 30.7%

로 감소하였으며, 101~150 kW에서는 15.5%로 감소하였다. 또한, 집어등 광원 출력 계급이 증가함에 따라 50 kW 미만의 어선에서는 전혀 볼 수 없었던 100상자 이상의 어획 빈도가 51~100 kW의 어선에서 40.6%, 101~150 kW의 어선에서는 59.9%로 현저하게 증가하였다. 이러한 경향은 C 지역의 어선에서도 유사하게 나타났다. 즉, 1일 어획량 50상자 미만의 빈도율은 101~150 kW, 151~200 kW, 201~250 kW 및 251 kW 이상의 어선에서 각각, 24.2%, 18.2%, 10.2% 및 10.7%로 감소하는 대신에 1일 200상자 이상의 어획빈도는 21.2%, 27.4%, 39.0% 및 42.6%로 현저하게 증가하였다. D 지역 또한, 집어등 광원 출력이 증가함에 따라 1일 소량의 어획 빈도가 감소하는 반면, 대량의 어획 빈도가 증가하는 다른 3개 지역과 유사한 결과를 보였다. 특히, 1일 50상자 미만의 빈도율이 101~150 kW, 151~200 kW 및 201~250 kW에서 각각 88.5%, 77.6%, 71% 및 59.3%로 비교적 높은 값을 보인 점에 대해서는 A 지역과 유사한 특징이라고 할 수 있다.

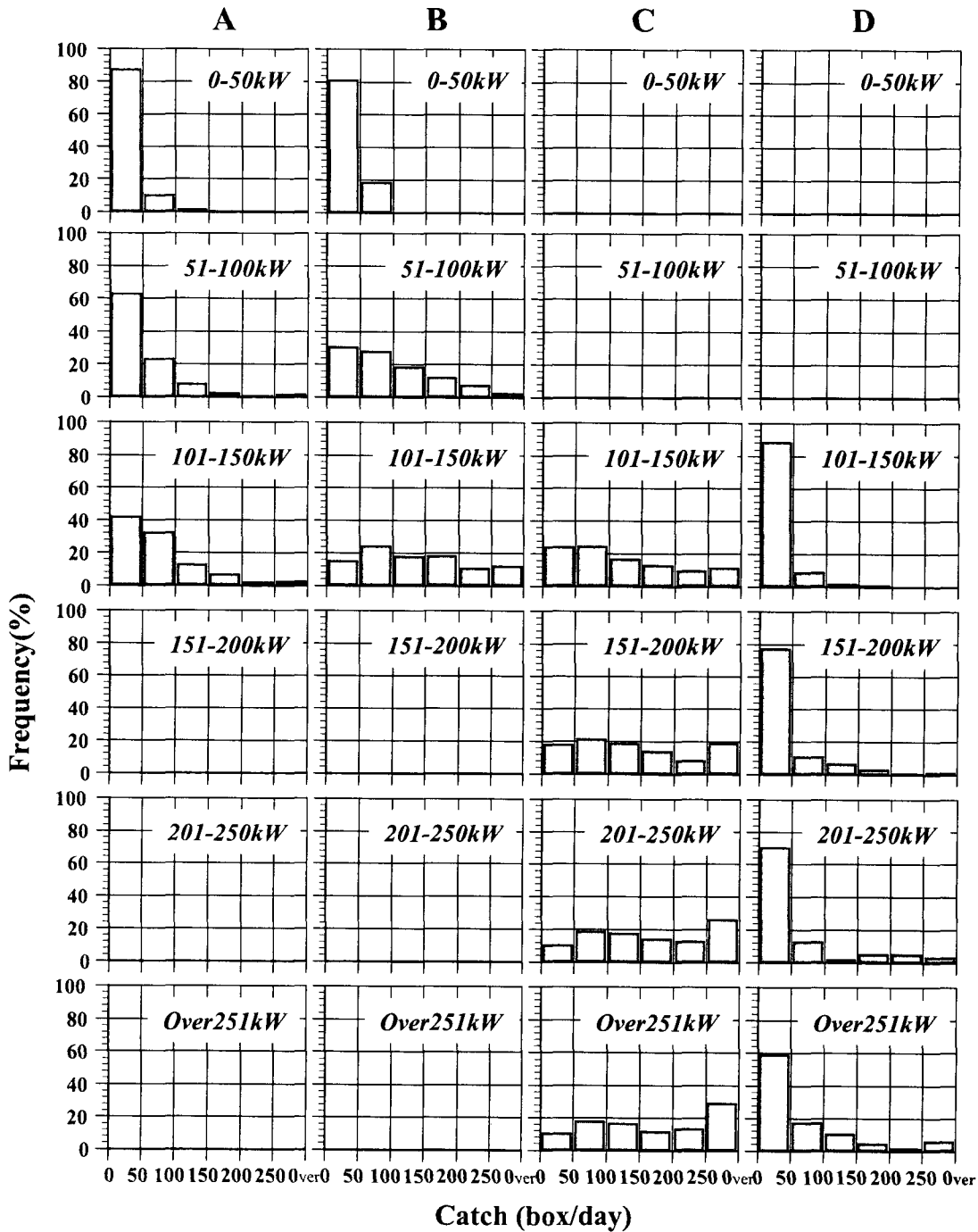


Fig. 6. Squid catch frequency of the 4 dominant fishing lamps light source output of costal squid jigging boat, collected A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture in Japan.

5. 어선의 톤수와 집어등 광원 출력 및 어획량과의 관계

각 지역에서 조사된 어선의 톤수계급 및 집어등 광원 출력 계급별 어획량 분포변화로부터 집어등 광원 출력과 단위 노력당 어획량 및 어선의 톤수와 단위 노력당 어획량과의 관계를 A 지역, B 지역, C 지역 및 D 지역으로 나누어 정리한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 그림 중에 표시된 곡선은 각 지역에서의 단위 노력당

어획량과 톤수 및 집어등 광원 출력과의 회귀 곡선 및 상관계수를 나타낸다. 조사 대상이 된 각 지역에서의 집어등 광원 출력과 단위 노력당 어획량과의 상관관계는 A 지역의 경우 집어등 광원 출력 15~150 kW의 범위에서, D 지역의 경우는 집어등 광원 출력 18~292 kW의 범위에서 단위 노력당 어획량의 대소 차이는 있으나, 비교적 높은 상관관계를 보였다. B 지역과 C 지역의 경우, 집어등

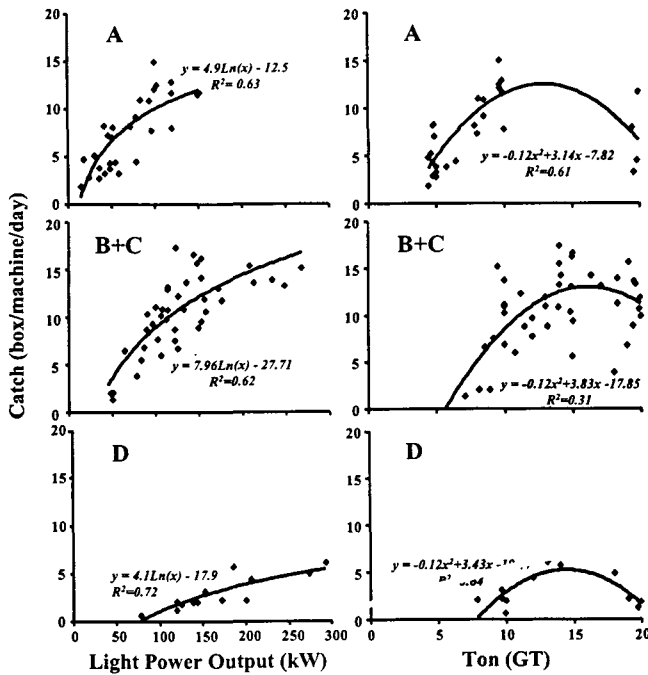


Fig. 7. Relationship between squid catch (box/day) and fishing lamps light source output (kW) and squid catch (box/day) and gross tonnage (GT) of costal squid jigging boat in each fishing port of Japan. A, Hakodate in Hokkaido; B, Sado Island in Niigata Prefecture; C, Noto town in Ishikawa Prefecture; D, Tsushima in Nagasaki Prefecture.

광원 출력 50~150 kW의 범위에서 집어등 광원 출력에 따른 단위 노력당 어획량의 증가를 확인할 수 있었다. 그러나, 집어등 광원 출력 150 kW 이상의 범위에서는 동일 광원 출력에 따른 어획량 값이 분산되어 전체적인 상관계수는 A 지역과 D 지역에서의 결과에 비해 비교적 낮은 값을 보였다. 특히 집어등 광원 출력이 125 kW에서 280 kW로 두 배 이상이 증가하더라도 이에 따른 단위 노력당 어획량은 이 지역의 상한값 17상자를 넘지 못하고 10~15상자 전후에서 머물러, 집어등 광원 출력 증가에 따른 산술적인 단위 노력당 어획량의 증가는 확인할 수 없었다.

한편, 어선의 톤수와 단위 노력당 어획량과의 관계는 A 지역의 경우, 어선의 톤수 13톤, B 지역과 C 지역에서는 어선의 톤수 14톤, D 지역에서는 어선의 톤수 14톤까지 증가하는 경우에 단위 노력당 어획량이 증가하는 경향을 보였고, 그 이상의 어선 톤수에서는 자료의 값이 회귀곡선을 중심으로 크게 분산되었으며, 단위 노력당 어획량은 오히려 전체적으로 감소하는 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다.

이상의 각 지역 소속 어선의 톤수와 집어등 광원 출력 자료 및 일별 연간 어획량 자료를 종합하여 어선의 톤수와 집어등 광원 출력 조건이 어선의 단위 노력당 어획량에 미치는 관계를 정리하여 Fig. 8에 나타냈다. 동 그림중에 표시된 회색의 농도 차로 칠해진 부분은 어선의 톤수와 집어등 광원 출력과의 관계 (Fig. 2)를 갖는 점 상에서, 어선의 단위 노력당 어획량을 표시한다. 이 결

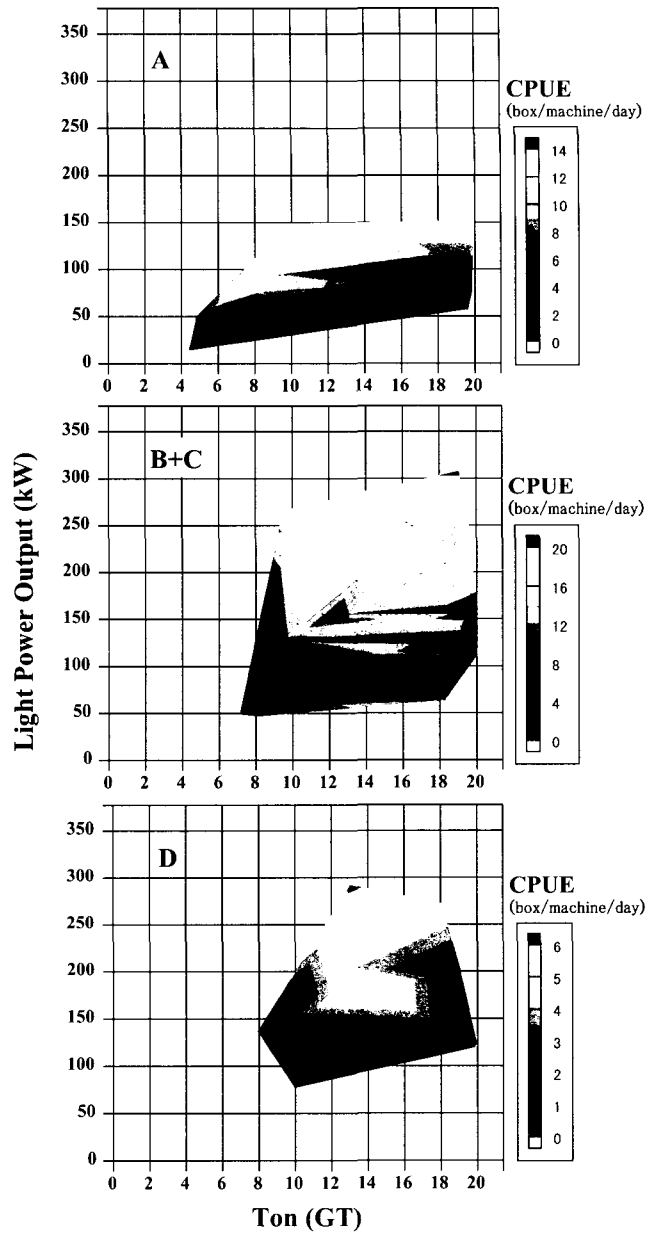


Fig. 8. Relationship between fishing light source output (kW) and gross tonnage (GT) and squid catch (box/machine/day) of costal squid jigging boat in Japan.

과에 의하면 단위 노력당 어획량은 어선의 톤수와 집어등 광원 출력의 증가에 따라 점차로 증가하는 경향을 보이고 있으며, A 지역의 경우, 어선의 톤수 11톤, 집어등 광원 출력 100~150 kW의 범위를 기준으로 하여 단위 노력당 어획량이 최대 정점에 도달하였다. 또한, B 지역과 C 지역은 어선의 톤수 14톤, 집어등 광원 출력 100~150 kW의 범위, D 지역은 어선의 톤수 14톤, 집어등 광원 출력 150~200 kW의 범위를 중심으로 단위 노력당 어획량이 최대 정점에 도달하였다. 즉, 어선의 일별 연간 어획량 자료를 토대로 어선의 톤수 및 집어등 광원 출력 조건과의 관계를 종합한 결과, 어선의 전체적인 어획 효율은 11~15톤급 어선이 100~200 kW

의 범위, 특히 100~150 kW의 집어등 광원 출력 조건을 갖는 경우가 가장 좋은 결과를 보였다. 이것은 소형 오징어 채낚기 어선의 경우 집어등 광원 출력을 100~200 kW, 어선의 톤수를 11~15톤까지 증가시키는 범위 내에서 단위 노력당 어획효율의 증가를 기대할 수 있다는 것을 의미한다.

이상의 각 지역에서 조사된 자료를 바탕으로 어선의 톤수  $x_1$ 와 집어등 광원 출력  $x_2$ 이 어획량  $y$ 에 미치는 관계를 다중 회귀 정규 방정식을 이용하여 표현하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} b_0 &= 8.493 - 12.167b_1 - 116.547b_2 \\ b_1 &= 0.644 - 0.071b_0 - 9.238b_2 \\ b_2 &= 0.064 - 0.007b_0 - 0.091b_1 \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)의 연립방정식을 풀면  $b_0=4.097$ ,  $b_1=0.18$  및  $b_2=0.002$ 로 구할 수 있으며, 이것을 식 (1)에 대입하면 어선의 톤수  $x_1$ 와 집어등 광원 출력  $x_2$ 이 단위 노력당 어획량  $y$ 에 미치는 영향은 다음과 같은 관계식으로 정리된다.

$$\hat{y} = 4.097 + 0.18x_1 + 0.002x_2 \quad (4)$$

즉, 어선의 톤수  $x_1$ 가 1톤 ( $x_1 \leq 15$ ), 집어등 광원 출력  $x_2$ 이 1 kW ( $x_2 \leq 200$ ) 증가함에 따라 0.182상자의 단위 노력당 어획량  $y$ 이 증가하는 것으로 나타났으며, 집어등 광원 출력뿐만 아니라 톤수의 증가 또한 소형 오징어 채낚기 어선의 단위 노력당 어획량에 영향을 미치고 있는 것으로 확인되었다.

## 고찰

일본 각 지역의 어선별 연간 어획량 자료와 항내 조사를 통한 집어등 광원 출력 설비 자료를 수집하여 검토한 결과, 어선의 톤수 분포와 집어등 광원 출력 및 어획량은 각 지역별로 서로 다른 특징을 보이고 있는 것으로 나타났다. 즉, 홋카이도 하코다테 (北海道函館)의 경우는 7~8월경에 대량으로 복상한 오징어 (Uda, 1960)에 의해, 쓰가루 (津經) 해협 내의 비교적 가까운 어장에서 형성되는 어군을 대상으로 조업이 이루어짐에 따라 10톤 미만의 어선이 많이 분포하고 있으며, 이들 어선들은 주 어장이 비교적 가까운 거리에 위치하고 있음에 따라 높은 출력의 기관 엔진이 필요하지 않은 관계로 100 kW 미만의 광원 출력을 설비한 어선의 비율이 다른 현 보다 높은 것으로 사료된다 (Choi et al., 1996). 또한, 홋카이도 하코다테 (北海道函館)의 주 조업 어장인 쓰가루 (津經) 해협은 어장이 지형적으로 제한됨에 따라 복상해 온 오징어의 분포 밀도가 높아 집어등 광원 출력에 따른 어획량이 다른 지역에 비해 많고 비교적 높은 상관관계를 보이는 것으로 판단된다. 쓰시마 (對馬) 해협을 주 어장으로 하고 있는 나가사키현 쓰시마 (長崎縣對馬)의 경우는 쓰가루 (津經) 해협과는 달리 11~1월을 중심으로 오징어 군이 남하하여 분포하는 시기를 중심으로 조업이 이루어지고 있으며 (Uda, 1960; Nasu et al., 1991), 지형적으로는 쓰시마 (對馬)와 이키 (壹岐)를 사이에 두고 어장이 넓게 형성됨에 따라 어항에서 어장까지의 거리가 멀어 10톤 이상의 어선 비율이 높고, 또한 어장의 오징어 분포 밀도도 낮을 뿐만

아니라, 이 지역 어선의 어획 대상은 살 오징어 *Todarodes pacificus* 보다 가격 면에서 비싼 창 오징어 *Loligo edulis*의 어획에 치중하고 있기 때문에 단위 노력당 어획량은 다른 지역에 비해 적은 것으로 판단된다 (Choi et al., 1996).

한편, 니이가타현 사도 (新潟縣佐渡)와 이시카와현 노토마치 (石川縣能都町)는 일본 중부 연안 지역에 위치하여 두 지역이 거리상으로 가깝고, 주로 5~8월의 오징어가 복상하는 시기에 대화퇴 및 일본 연안 전역의 주요 어장에 출어하여 조업하고 있는 특성상 (Choi, 1997), 양 지역 소속 어선의 전체적인 어획 분포가 유사한 경향을 보이고 있는 것으로 판단된다 (Fig. 5 및 Fig. 6). 또한, 이들 지역의 어선들은 료츠만 (兩津灣)과 토야마만 (富山灣)의 연안 어장뿐만 아니라 대화퇴 등의 근해 어장으로도 출어함에 따라 이 경우, 어장까지의 거리가 비교적 멀기 때문에 어선의 톤수는 10톤 이상의 오징어 채낚기를 專業으로 하는 어선의 비율이 높고, 동일 톤급의 어선별 집어등 광원 출력은 각 어선별 주기판의 출력에 따라 서로 다른 집어등 광원 출력을 장비하고 있는 것으로 사료된다 (Choi et al., 1996). 또한, 니이가타현 사도 (新潟縣佐渡)의 경우 151 kW 이상, 이시카와현 노토마치 (石川縣能都町)의 경우 100 kW 미만의 집어등 광원 출력 계급별 어획량 변화는 자료가 없어 정확한 결과를 제시할 수는 없었으나, 양 지역의 공통된 집어등 광원 출력 101~150 kW의 어선에서, 어획변화가 유사한 점과 두 지역이 동일 어장을 공유하고 있고 지역상 거리가 가까운 점으로 미루어, 니이가타현 사도 (新潟縣佐渡) 지역의 150 kW 이하의 집어등 광원 출력 계급별 어획량 결과와 이시카와현 노토마치 (石川縣能都町) 지역에서의 151 kW 이상의 집어등 광원 출력 계급별 어획량 결과로서 양 지역의 부족한 자료의 변화를 추정할 수 있다고 판단된다. 이상을 종합하면, 각 지역 소속 어선이 조업하는 조업시기와 주요 어장 및 조업 대상 오징어 종에 의해 지역별로 서로 다른 특징을 갖는 어획량 변화를 보이고 있는 것으로 나타났다.

오징어 채낚기 어업을 대상으로, 1970년대 전반 그 당시의 집어등 종류였던 총 정격 소비 전력을 지표로 한 집어등 광원 출력과 어획 효율에 대해서 Karibe et al. (1974), 小倉 (1978), Hirayama (1982) 등이 조사하여, 어획 효율은 집어등 광원 출력이 작은 범위에서는 효과가 있으나 일차 함수적으로 증가하는 것이 아니라 어느 정도의 이상의 광원 출력 증대는 어획량 증가에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 특히, 小倉 (1978) 및 Karibe et al. (1974)은 1970년대 당시의 오징어 채낚기 어선의 어획 자료를 토대로 집어등 광원 출력과 어획량 변화에 대해서 검토하여 어획 효율의 증가를 기대할 수 없을 때의 집어등 허용 용량을 계산한 결과, 40~60 kW 정도로 어선 길이 1 m당 2~3 kW 정도인 것으로 보고하였다. 이러한 과거의 연구자들이 제시한 결과 값을 본 연구에서 얻어진 결과 (Fig. 7 및 Fig. 8)와 비교하면 약 40~50% 정도의 수준으로서, 집어등 광원 출력과 어획량의 상관관계 곡선의 중간 선상에 위치하고 있는 것으로 나타났다. 즉, 소형 오징어 채낚기 어선에서 사용 가능한 집어등 광원 출력 10~300 kW를 설비하여 조업 한 각 지역 어선의 어획량 자료를 토대로 검토한 결과, 집어등 광원 출력과 단위 노력당 어획량의 관계는 집어등



광원 출력을 150 kW까지 증가시키는 경우, 어획 효율의 증가를 기대할 수 있는 것으로 정리할 수 있다. 그러나, 과거의 결과 값이 본 연구 결과에 비해 낮은 것은 1970년대가 집어등 설비 증가의 과도기에 위치하고 있었고 (Inada and Ogura, 1988; Choi et al., 1996), 당시의 소형 오징어 채낚기 어선에서 일반적으로 사용된 집어등 광원 출력은 평균 50~70 kW로 현재의 약 40~50% 정도 였다는 점을 고려하면, 이 결과는 집어등 광원 출력이 낮은 범위에서 어획 효율의 효과를 기대할 수 있다고 보고한 Karibe et al. (1974), 小倉 (1978), Hirayama (1982)의 주장을 현재의 결과로서 대변하고 있는 것이라고 할 수 있으며, 본 연구 결과와도 전체적으로 잘 일치하고 있다.

한편, 어선의 어획량에 영향을 미치는 주요한 요인으로서 어선의 집어등의 광원 출력뿐만 아니라 어선 톤수 변화에 따른 어획 변화에 대해서 검토를 실시한 결과, 어선의 톤수와 어획량과의 관계는 어선 톤수가 11~15톤까지는 증가하는 경우 단위 노력당 어획량이 증가하는 결과를 보였으나 그 이상의 부분에서는 어선의 톤수와 어획량과의 관계가 회귀 곡선을 중심으로 크게 분산된 경향을 보였다. 이것은 집어등 어법에서 어획 대상이 되는 꽁치나 고등어 등의 어종의 경우, 집어등으로부터 방사된 빛이 직접 도달하는 수중의 밝은 부분에 모이는 것과는 달리, 오징어는 집어등 빛이 직접 도달하지 않는 어선의 수평단면을 중심으로 한 하루 심도 60~80 m의 약  $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{lx}$ 의 광 환경 부분에 모이는 것 (Choi and Arakawa, 2001; Arakawa et al., 1998)을 고려하면, 어선의 톤수에 따른 수평 단면적의 증가가 선저 하부의 오징어 체제량 및 어선의 어획에 직접적인 영향을 주고 있는 것으로 사료된다.

또한, 일본의 소형 어선의 경우 어선의 주요 재질로는 FRP가 사용되고 있으며, 10~15톤 이상의 오징어 채낚기 어업을 전업으로 하는 어선의 경우, 조업 및 선상 작업 환경 등을 고려하여 어업자별로 다양한 선장과 선폭 및 흘수를 갖는 어선으로 설계 제작됨에 따라 (Funakoshi et al., 1980), 음영대를 만들 수 있는 어선의 수평 단면적 또한 어선에 따라 차이가 있어, 15톤 이상의 어선에서 톤수별로 분산된 어획량 변화를 보이는 것으로 판단된다. 그러나 오징어 채낚기 어선의 톤수, 즉 수평 단면적의 증가가 어획량에 미치는 영향에 대해서는 금후 이와 관련된 자세한 검토 작업 및 부속 실험이 필요하다고 사료되며, 어획 효율의 효과를 기대할 수 있는 집어등 광원 출력과 관련하여 집어등 설비를 운용하는데 필요한 어업 경비와 어획에 따른 수입과의 관계에 대해서도 검토하여 어업 경영상 이윤을 극대화시킬 수 있는 소형 어선에서의 적정 광원 출력에 대해 금후 조사 연구해야 할 필요가 있다.

이상을 종합 검토하면 소형 오징어 채낚기 어선에서의 단위 노력당 어획량은 종래부터 중요한 변수로서 사용되어져 왔던 집어등의 광원 출력 뿐만 아니라 어선의 톤수 또한 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 확인되었다. 집어등 광원 출력 규제와 관련하여 일본의 경우, 1997년부터 30톤 미만의 소형 오징어 채낚기 어선에서 사용할 수 있는 집어등 광원 출력은 상한치 180 kW를 넘지 못하도록 정하여, 전국적으로 실시하기에 이르렀으며, 우리나라의 경우 1998년부터 50톤 미만의 어선의 집어등 광원 출력 상한치를 180 kW로 규제하여 실시하기에 이르렀다 (Choi et al., 2002). 한일 양국에서

정해진 소형 오징어 채낚기 어선을 대상으로 한 집어등 광원 출력 규제 값을 본 연구에서 얻어진 결과와 비교 검토하면 오징어 채낚기 어선에서 어획 효율의 증가를 기대하기에 충분한 출력 값이라고 판단되며, 이러한 규제의 실시가 양국의 어업자들 사이에 형성된 광원 출력 설비 증가 경쟁 등의 불필요한 노력을 종식시키고 어업 경영에 도움 줄 수 있는 기회가 될 수 있다는 점에서도 큰 의미가 있다고 할 수 있다.

## 요 약

일본 홋카이도 하코다테 (北海道 函館), 니이가타현 사도 (新潟縣 佐渡), 이시카와현 노토마치 (石川縣 能都町) 및 나가사키현 쓰시마 (長崎縣 對馬) 지역에서 소형 오징어 채낚기 어선의 톤수와 집어등 광원 출력 및 각 어선의 일별 연간 어획량 자료를 수집하여, 어선의 톤수와 집어등 광원 출력이 단위 노력당 어획량에 미치는 영향에 대해서 검토하였다.

어선이 설비하고 있는 집어등 광원 출력은 어선의 톤수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 어선의 집어등 광원 출력 계급별 어획량 및 어선의 톤수 계급별 어획량은 집어등 광원 출력과 어선의 톤수계급이 증가함에 따라 단위 노력당 어획량도 증가하였으며, 어선의 어획 효율은 11~15톤급 어선이 100~200 kW의 집어등 광원 출력 조건을 갖는 경우가 좋은 결과를 나타내었다. 이것은 소형 오징어 채낚기 어선의 경우, 집어등 광원 출력을 200 kW, 어선의 톤수를 15톤까지 증가시키는 범위 내에서 어획 효율의 증가를 기대할 수 있다는 것을 의미한다.

이상의 소형 오징어 채낚기 어선의 톤수 (GT)  $x_1$ 와 집어등 광원 출력 (kW)  $x_2$ 이 단위 노력당 어획량 (box/machine/day)  $y$ 에 미치는 관계를 다중 회귀 정규 방정식을 이용하여 표현하면 다음과 같은 관계식으로 정리할 수 있다.

$$\hat{y} = 4.097 + 0.18x_1 + 0.002x_2$$

즉, 어선의 톤수  $x_1$ 가 1톤 ( $x_1 \leq 15$ ), 광원 출력  $x_2$ 이 1 kW ( $x_2 \leq 200$ ) 증가함에 따라 0.182상자의 단위 노력당 어획량  $y$ 이 증가하며, 집어등 광원 출력뿐만 아니라 톤수의 증가 또한 소형 오징어 채낚기 어선의 단위 노력당 어획량 증가에 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구의 조사 및 자료 수집에 많은 도움을 주신 日本 小型イカ釣り協議會 관계자 여러분과 全國 漁業 協同組合 連合會 中村 孝祐 氏께 깊은 감사를 드린다. 또한 본 논문에 대해 좋은 의견을 주신 日本 水産工學研究所 松下吉樹 博士 및 편집위원 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'l. 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. Fish. Sci., 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 Co-operative Associations, Tokyo, 1~60 (in Japanese).
- Choi, S.J. 1997. A study on the rationalization of the light power output on small-size squid jigging boat. Ph.D. Thesis. Tokyo Univ. of Fisheries, 289pp. (in Japanese).
- Choi, S.J. 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. Kor. Fish. Soc., 34, 624~631 (in Korean).
- Choi, S.J., D.A. Kim and D.S. Kim. 2002. Present state and future prospect of Korean squid jigging fishery. Technical Report of National Research Institute of Fisheries Engineering, 24, 1~13 (in Japanese).
- Funakosi, T., K. Kasai and Y. Kanayama. 1980. Quick Understanding of FRP Fishing Boat. Seizandou, Tokyo, 270pp. (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, 425~731 (in Japanese).
- Hirayama, N. 1982. About optimum light output of fishing lamp. In *Fishing Lamp for Squid Jigging Fishery, its Effective Utilization*. National Squid Angling Association, 43~54 (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. and M. Ogura. 1988. Historical change of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. Report of Tokyo Univ. of Fisheries, 24, 189~207 (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).
- Karibe, S., Y. Ishikawa and K. Honma. 1974. On present state of the small size jigging boat in Niigata Prefecture. Bull. of Niigata Prefectural Fisheries Experiment Station, 3, 29~43 (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'l. Fish. Res. Dev. Agency, 27, 41~57 (in Korean).
- Kim, S.K., U.R. Lee, S.J. Jang and J.K. Jung. 1993. New Elementary Statistics. Sangzisa, Seoul, 370pp. (in Korean).
- Nasu, K., T. Okutani and M. Ogura. 1991. Squid - From the Organism to the Consumption-. Seizando, Tokyo, 330pp. (in Japanese).
- Ogura, M. 1972. Squid fishing with light. Nippon Suisan Gakkaishi, 38, 881~889 (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'l. 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).
- Sasaki, T. 1953. Fishing Lamp. Ideasyoin, Tokyo, 154pp. (in Japanese).
- Tauchi, M. 1948. Fish school which gathers in the fishing lamp. In *Fisheries Physics*, Asakurasyoten, Tokyo, 204~207 (in Japanese).
- Uda, M. 1960. Squid jigging fisheries and fishing ground. In *Fisheries Oceanography*, Kouseisya, Tokyo, 271~278 (in Japanese).
- 水産廳. 1993. イカ釣り漁業等資料集. 水産廳振興部沖合課まき網班, 東京, 221pp.
- 小倉通男. 1978. イカ釣り漁業における集魚燈の適正光力と漁獲効率に関する研究. 昭和52, 53年度科學研究費補助金研究成果報告書, 26 pp.

---

2002년 9월 16일 접수

2002년 11월 20일 수리