

スルメイカ集魚灯の笠による光の有効利用について*

鈴木恒由**・稲田博史**
飯田浩二**・赤羽光秋***

Utilization Efficiency of Shades Used with
Attraction Lamps for Squid Fisheries

Tsuneyoshi SUZUKI**, Hiroshi INADA**, Kohji IIDA**
and Mitsuaki AKABANE***

Abstract

Light intensity of attraction lamps used on squid fishing boats has greatly increased since the introduce from of the automatic squid jigging machine in about 1972. Oil price rises after the first and second oil shocks have put increased economic pressures on fisherman.

In order to test the efficiency of shades used with the attraction lamp lights, four types of shades were used for test; "Flat shade", "Double shade", "Double and one-side reflection shade" and "Spot type".

Only the flat shade is being used commercially. The other three were made for test purposes at this time.

1) Calculated utilization rates of light on time for attraction of each shades are as follow: 23.0% for flat shade, 37.2% for double shade, 53.4% for double and one-side reflection shade and 86.6% for spot type.

2) Measured submarine illumination at near side of lamp and account of area upper 1.0 lux underwater illumination zone.

To calculate the volume with consumption electrical power 1.0 KW.

Results are as follows: "Flat shade" shows 4332 m³, "Double shade" shows 4053 m³, "Double and one-side reflection shade" shows 5331 m³ and "Spot type" shows 175563 m³. These results indicate against rate of utilization for the "Flat shade" to another shades is 1 : 1.07 : 1.23 : 4.05.

3) The spot type shade shows the highest efficiency rate for light utilization.

緒 言

イカ釣り船に自動イカ釣り機が導入された昭和42~43年頃から、集魚灯の光力は急速に増大した。その結果第1次、第2次オイルショック以後燃油の高騰もあり、燃費にかかる経費は漁家経済を大きく圧迫している。最近では光効率のよい放電灯も利用されているが、設備に多大の経費

* 昭和59年度日本水産学会秋期大会で発表

** 北海道大学水産学部漁業測器学講座
(Laboratory of Instrument Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

*** 青森県水産試験場
(Aomori Fisheries experimental station)

を必要とする。筆者らは、現在使用されているハロゲン灯について、笠を利用して光の有効利用をはかり省エネ効果をあげることを目的として、数種の笠を試作し実験をおこなった。

材料及び方法

従来ハロゲン灯に使用されている笠のほかに3種類の笠を試作し、これを一灯ずつ青森県水産試験場試験船東奥丸(134.47トン)に装備し(水面上6m, 舷側内側2m), 昭和56年7月25日~28日および昭和57年10月7日, 8日に青森県鯉ヶ沢港沖合の水深60mのところと同船を固定し, 第1図のような3線をもうけ, 船からの距離5, 10, 20, 30, 40, 50mの各点における表面, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50mの各深度における水中照度と点灯時の消費電力を測定した。測定船は旭光丸(6.49トン)を用いた。水中照度計は東京光学kk製SPI-9W型水中照度計を用いた。第2図は一般商業船で用いられている笠で以後「平板笠」と呼ぶ。第3図は上部反射板を二重にしたほか, 船首尾方向に向かう光を舷側方向にむける反射板を取付けたもので, 以後「二重

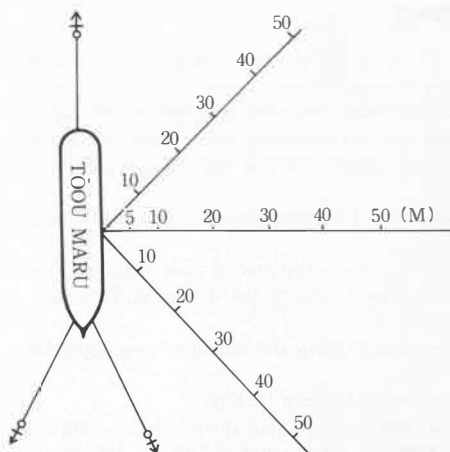


Fig. 1. Point of measurement on surface illumination and vertical underwater illumination around the ship.



Fig. 2. Photograph of "Flat shade". Only this type used commercially.

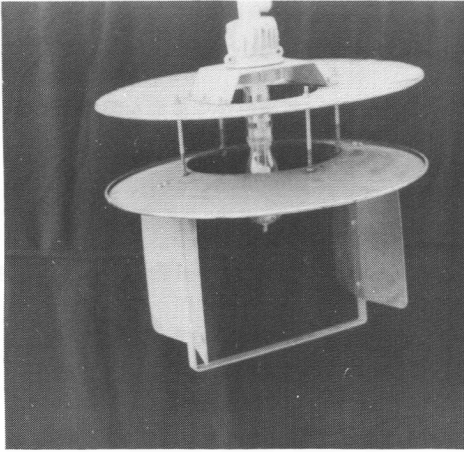


Fig. 3. Photograph of "Double shade" made for test purposes.

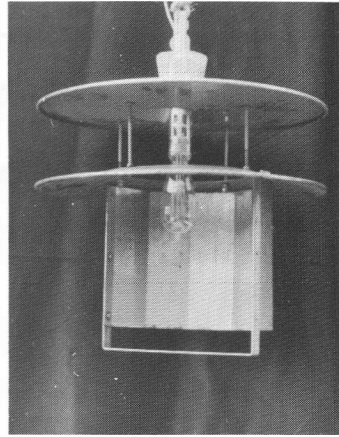


Fig. 4. Photograph of "Double and one-side reflection shade" made for test purposes.

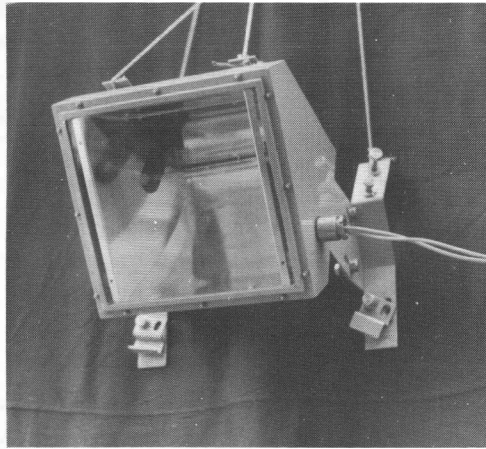


Fig. 5. Photograph of "Spot type" made for test purposes.

笠」と呼ぶ。第4図は上部二重反射板は同じであるが、近い舷側の方向のみに、光を反射させる反射板をとりつけたもので、以後「二重反射笠」と呼ぶ。第5図は光源を器の中に入れ、その背面に凹型の反射板をつけて光の有効利用をはかるとともに、光束の向きを器の角度で調節するもので、以後「スポット式」と呼ぶ。光源のハロゲンランプは、スポット式は220 V, 1.5 KWであるが、他はすべて220 V, 3 KWである。笠の材料は平板笠はアルミニウム、それ以外の反射板はステンレススティールである。

笠による海面への照射光量と水中照度について

小倉¹⁾は、空中から水中に入射する光の臨界角を 48° とし、集魚灯が甲板面を照らす部分を差引いて海面のみを照らす照射幅 λ を

$$\lambda = (h + h') \left(1.11 - \frac{B}{h} \right) \tag{1}$$

で示している。但し 2B: 船幅, h' : 舷高, h : 集魚灯の甲板面よりの高さ
一方水面に照射された光がどれだけ水中に入射するかについては, Fresnel の式により反射される光の量 I_r は

$$I_r = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{n_2 \cos \theta - n_1 \cos \varphi}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos \varphi} \right)^2 + \left(\frac{n_1 \cos \theta - n_2 \cos \varphi}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos \varphi} \right)^2 \right] \cdot I_0 \tag{2}$$

で与えられる。但し I_0 : 平滑な水面に照射された光の強さ, θ : 入射角, φ : 屈折角, n_1, n_2 : 空気および水の屈折率

従って屈折して水中に入る光の量 I_b は

$$I_b = I_0 - I_r \tag{3}$$

で与えられる。(2) 式から入射角が増加すると反射率が増大し, 入射角が 70° 以上になると透過率は急激に減少する。水中に入った光はさらに減衰するが, 水面上 h の高さの点光源が, 入射角 θ に対する屈折角 φ , 屈折光線の入射光線の強さに対する比を $k\varphi$, 水の屈折率を n , 吸収係数を 1 m について m , 光源の θ 方向の光度を I_0 とすると, φ 方向の屈折光線に沿って r だけ進んだ点における光の強さ I は,

$$I = \frac{I_0}{h^2} \cdot \frac{k\varphi}{\left[\frac{\cos \varphi}{\cos^2 \theta} + \frac{r}{hn} \cdot \frac{\cos \theta}{\cos \varphi} \right] \left[\frac{1}{\cos \theta} - \frac{r}{hn} \right]} \cdot e^{-mr} \tag{4}$$

で与えられる²⁾。

筆者らは, 実験船に配置された船上で, 笠の反射角を考慮して実際何%の光が海面上を照射しているかを求めた。第 6 図は笠のない場合であるが, 点光源として水平面下 8° 以下 164° 内の光が下方に向うとした。8° としたのは, 今回水面上 6 m の高さで点灯し水面上の照度を測定したところ, 船からの距離が 35 m 以上になると 1.0 lux 以下に減衰した。この距離は計算上, 水平面下 8°

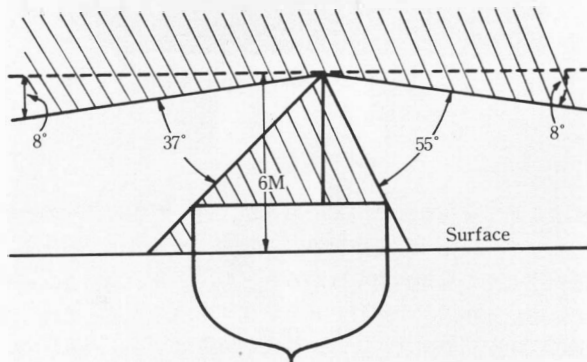


Fig. 6. Utilization efficiency for light with no shade.

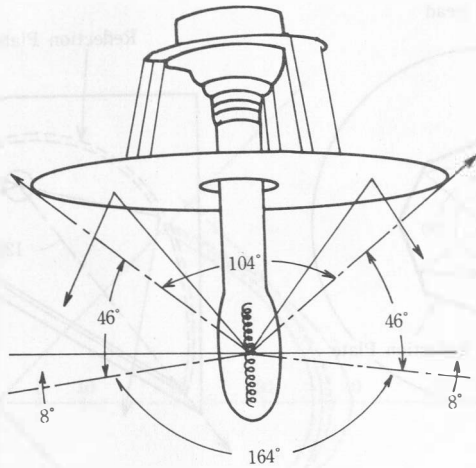


Fig. 7. Utilization efficiency for light using "Flat shade".

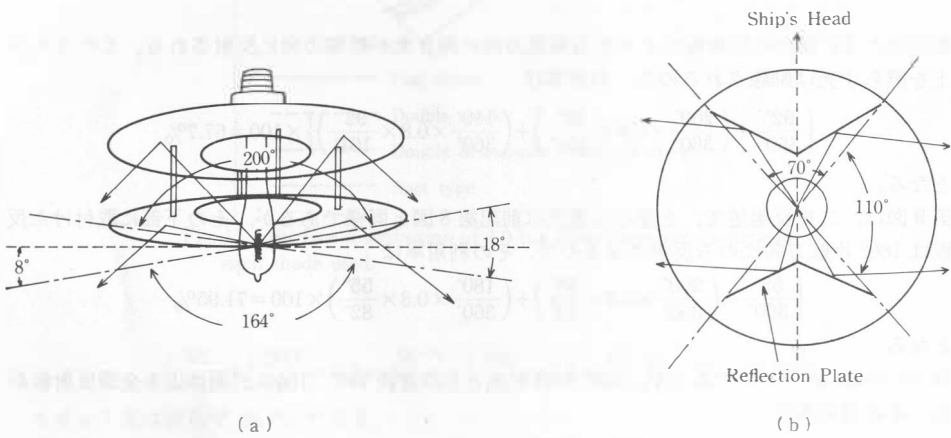


Fig. 8. Utilization efficiency for light using "Double shade".

に相当する。さらに甲板上を照らす光は集魚に有効ではないので、これを除くと、第6図のようにランプに近い舷側 55° 、遠い舷側 37° 、計 92° となり利用率は

$$\frac{92^\circ}{360^\circ} \times 100 = 25.6\%$$

となる。

第7図は平板笠であるが、実測の結果上方 104° 方向の光が笠に反射される。笠の反射率を一応0.8とし、さらに反射光のうち甲板上を照射する部分を削除すると利用率は

$$\left\{ \frac{92^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{104^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{92^\circ}{164^\circ} \right) \right\} \times 100 = 38.6\%$$

となる。

第8図は、二重笠で、上部の二重の笠で上方 200° 方向の光が下方に反射されるほか、その下部

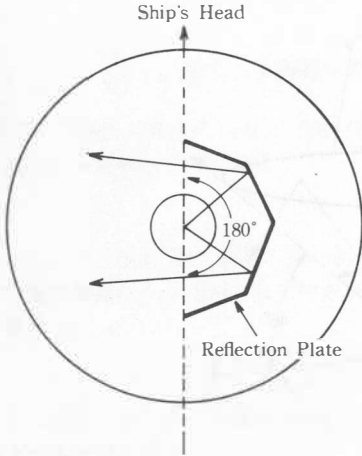


Fig. 9. Utilization efficiency for light using "Double and one-side reflection shade".

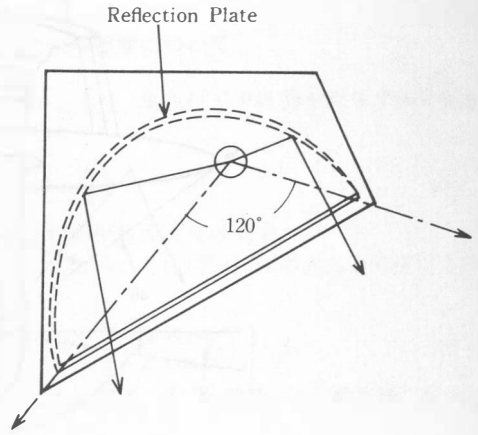


Fig. 10. Utilization efficiency for light using "Spot type".

に取付けた 70° 開口の反射板により船首尾線方向に向う光が舷側方向に反射される。このうち甲板上を照らす光は削除されるので、利用率は

$$\left\{ \frac{92^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{200^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{92^\circ}{164^\circ} \right) + \left(\frac{140^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{92^\circ}{164^\circ} \right) \right\} \times 100 = 67.7\%$$

となる。

第9図は、二重反射笠で、上部の二重笠は前記第8図と同様であるが、その下部に取付けた反射板は 180° 片舷方向にのみ反射させるので、その利用率は

$$\left\{ \frac{55^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{200^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{82^\circ} \right) + \left(\frac{180^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{82^\circ} \right) \right\} \times 100 = 71.95\%$$

となる。

第10図はスポット式であるが、120°の直射光とその背後 240°方向は凹面による全面反射板がある。その利用率は

$$\left\{ \frac{120^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{240^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \right) \right\} \times 100 = 86.6\%$$

となり、平板笠 38.6% に比べて 2 倍強の利用率といえる。

水中照度計により水中照度を測定したのはランプに近い舷側のみであるので、この方向のみの利用率を求めると、

笠のない場合

$$\frac{55^\circ}{360^\circ} \times 100 = 15.3\%$$

平板笠の場合

$$\left\{ \frac{55^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{104^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{164^\circ} \right) \right\} \times 100 = 23.0\%$$

二重笠の場合

$$\left\{ \frac{55^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{200^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{164^\circ} \right) + \left(\frac{70^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{82^\circ} \right) \right\} \times 100 = 40.54\%$$

二重反射笠の場合

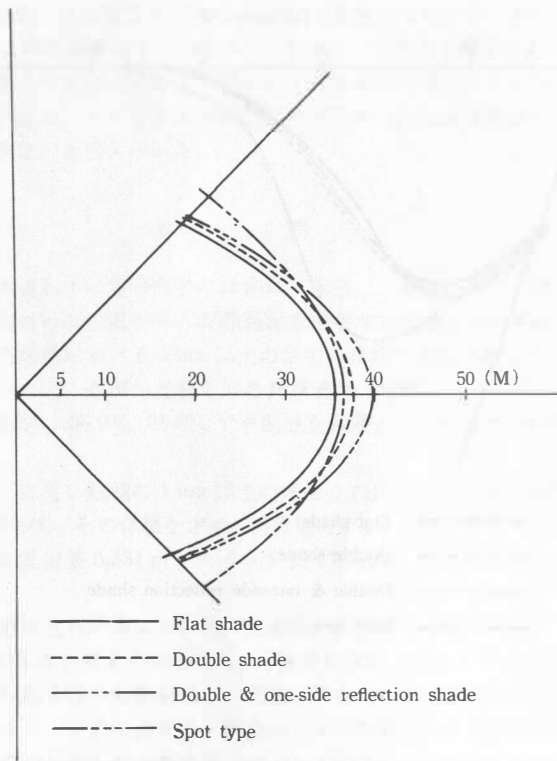


Fig. 11. Surface distribution of 1.0 lux illuminate line on time for each shade used.

$$\left\{ \frac{55^\circ}{360^\circ} + \left(\frac{200^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{164^\circ} \right) + \left(\frac{180^\circ}{360^\circ} \times 0.8 \times \frac{55^\circ}{82^\circ} \right) \right\} \times 100 = 56.94\%$$

スポット式は変わらず 86.6% である。

水中照度の実測結果について

白熱灯，ハロゲン灯および水銀灯点灯時の水中照度測定結果の報告はあるが^{1),3-5)}，ハロゲン灯について笠の効率を測定したものはない。第 11 図，第 12 図は水中照度計で測定した各試作笠使用時における水面上と，船の正横垂直面の 1 lux 等照度線を示す。水面上の広がり各笠ともそれ程の差はないが，垂直面ではスポット式の透過光域が一番深部にまでおよんでいる。第 1 表は各笠の使用時における水平面および垂直面の 1 lux 以上の照度域の面積と，さらにスポット式のみはランプの容量が小さく消費電力も少ないので，これを比較するため各笠使用時における 1 lux 以上の体積を求めたうえ消費電力 1 kw 当りの体積に換算したものである。

考 察

平板笠，二重笠，二重反射笠およびスポット式の光利用率は，計算によると 38.6%，67.7%，

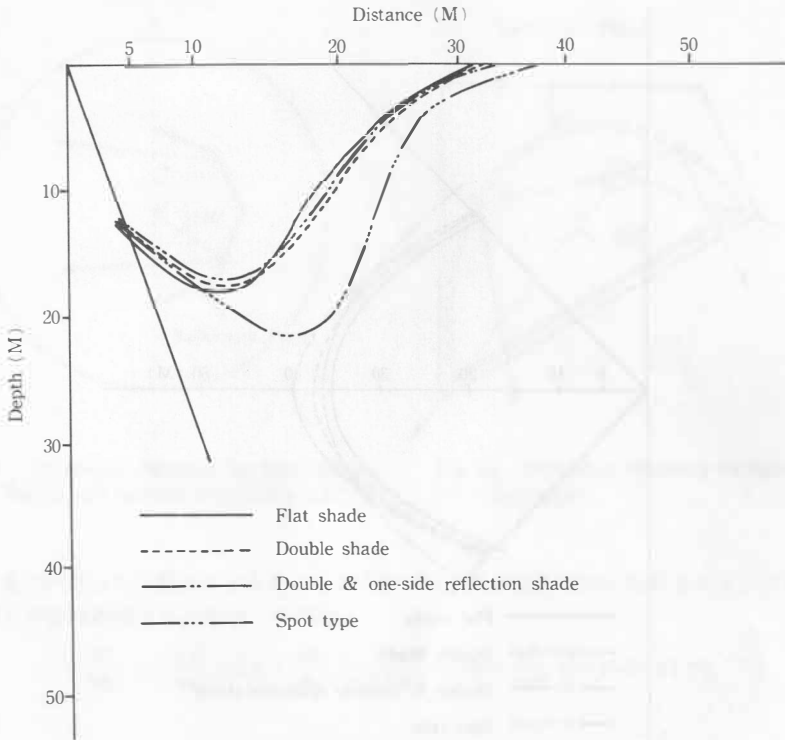


Fig. 12. Vertical distribution of 1.0 lux is illuminate line on time for each shade used.

Table 1. Comparison of horizontal area, area of vertical section and volume of upper 1.0 lux underwater illumination per 1.0 KW using four kinds of shades.

Luminous source	Standard (V) (KW)	Consumption power (KW)	Type of shade	Area of vertical section (m ²)	Area of surface (m ²)	volume of per KW (m ³)	Ratio to Flat shade
Halogen	200 3	2.5	Flat	297	1325	4332	1.00
Halogen	200 3	2.5	Double	297	1454	4653	1.07
Halogen	200 3	2.5	Double & one-side	300	1604	5331	1.23
Halogen	220 1.5	1.2	Spot	399	1583	17556	4.05

72.0%, 86.6% となり, 片舷方向のみの光利用率は同じく 23.0%, 40.5%, 56.9%, 86.6% である。片舷方向について平板笠の利用率为 1 とすると 1.00 : 1.76 : 2.47 : 3.77 となる。これに対し水中照度の実測値から, 第 1 表の如く 1.00 : 1.07 : 1.23 : 4.05 で, 二重笠, 二重反射笠については, 計算値よりも実測値の方が低い。これについては, 仮定した反射板の反射率とか, 反射板間の多重反射による効率低下などが考えられるので, 反射板の材質などさらに検討する必要がある。これに対しスポッ

ト式は、完全遮蔽型であるため光の散乱が少なく、また方向性ももたせているので、平板笠に比べ消費電力1kw 当り、約4倍の効率をもつことが、計算上も、実測上も確認された。したがって、従来の平板笠の1/4の電力で平板笠使用時と同等の照度域を確保出来ることになり、省エネ効果をあげるものと考えられる。なお、スポット式は密閉型であるので、しぶきなどによる球の破損も露出型の従来のものより少ないと考えられる。

要 約

一般のイカ釣り船で使用されている平板笠のほかに二重笠、二重反射笠、スポット式の三種類の笠を試作し、実験船に取付けた位置から、実際海面を照射する光量を光利用率として計算で求めたものと、各笠使用の点灯時における1 lux 以上の水中の体積を求め比較した。

1) 各笠についてランプに近い舷側の光利用率の計算値は、平板笠、二重笠、二重反射笠、スポット式の順に23.0%、40.5%、56.9%、86.6%で平板笠を基準とし、1:1.76:2.47:3.77の比率となる。

2) 各笠使用時のランプに近い舷側の1 lux 以上の水面上の広がり、船の正横方向の垂直面の水中1 lux 以上の広がりから、その体積を求め、消費電力1kw 当りに換算すると、平板笠4,332 m³、二重笠4,653 m³、二重反射笠5,331 m³、スポット式17,556 m³で、平板笠を基準に1:1.07:1.23:4.05となる。

3) 二重笠、二重反射笠の光利用率について、実測値が計算値より低いのは、仮定した反射率とか、多重反射にも問題があると考えられるので、今後更に検討する。スポット式については、計算値、実測値とも平板笠の約4倍の効率を示し、光利用率の高いことが判明した。

4) 上記の結果から、スポット式は従来の平板笠の1/4の消費電力で同等の照度域を確保出来るので省エネ効果を充分果しうるものと考えられる。

謝 辞

水中照度測定に協力いただいた青森県水産試験場試験船東奥丸高井秀和船長以下乗組員および本学漁業測器学講座学生坂井伸司、長崎秀人、背尾文俊、小野高秀、畑中敏和、関川 智君に感謝いたします。なおこの研究は青森県が昭和57、58年度に実施した「いかつり用省エネルギー集魚灯実用化促進事業」の一部として行ったものである。

文 献

- 1) 小倉通男 (1980). イカ釣り漁業における集魚灯の適正光力と漁獲効率に関する研究. 昭和52・53年度科学研究費補助金研究成果報告書. 26 p.
- 2) 佐々木忠義 (1953). 集魚灯. 168 p. イデア書院, 東京
- 3) 小倉通男・柳川三郎・名角辰郎 (1973). 各種集魚灯の水中照度分布, 昭和48年度日本水産学会秋期大会講演要旨集, 5.
- 4) 柳川三郎 (1973). 集魚灯の特性に関する研究 I. 東水大研究報告, 60, 1-7.
- 5) 草下孝也 (1959). 白熱灯及蛍光水銀灯の集魚効果と水中照度, 日水誌, 25, 17-21.