



Title	集魚灯に関する研究：第1報 二三の知見
Author(s)	三浦, 鐵雄; MIURA, Tetsuo
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 1(3-4), 142-150
Issue Date	1951-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22692
Type	departmental bulletin paper
File Information	1(3_4)_P142-150.pdf



集魚灯に関する研究

第 1 報 二三の知見

三 浦 鐵 雄 (漁業第二教室)

STUDIES ON THE FISH ALLURING-LIGHTS.

1. SOME NOTES ON THE PRESENT STUDIES.

Tetsuo MIURA

(Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

Fishing using fish alluring-lights has been much in operation in various fishing grounds of southern Japan, but it is not so much the case in Hokkaido. It was only since the end of the World War II that the skipper fishing by lift-net supported by poles using the above mentioned lights was introduced to the fishing in Hokkaido by the fishermen of Sanriku district, and there are very few studies concerning this method in Hokkaido, though there are several investigations about this in Honshu. In view of the fact that the conditions of the sea, habits of fish and methods of fishing in Hokkaido are generally different from those in Honshu, it is desirable carrying on the research in the field of Hokkaido, so as to make it more effective. The present writer has accomplished, to a certain extent, the research in this line, and come to some different conclusions from those hitherto published by the researchers whose fields of experiments had been exclusively limited to Honshu.

The first problem in the study of light fishing is to consider, which is more effective, the lamp above the water or one under the water. For this purpose, the illumination range of each type was examined by measuring visible depth to the Secchi disk in the water lit by each light, and also investigated the reaction of some species of fish for each type. From the result thus obtained, some remarks were made taking full advantage of the characteristics of the each type in the fishing that utilizes one of these.

The second problem must consider the advantages and disadvantages which depend on the various lighting mechanisms. For this purpose the visual sensitivity of fish was supposed and the writer calculated the transmission coefficients of lights of various wave-lengths at various depths in sea water, quoting Sawyer's measurements of absorption coefficients at 1m. depth. The conclusion was that such light source should be employed that might emit most effectively the light of the range of wave-length thus determined. It was pointed out that, among various types of lights now in use, mercury lamps and fluorescent lamps are more efficient for the purpose than tungsten lamps.

The third step to be made is to decide on whether to devise such a way of using fish alluring-light as is most adapted for the fishing method now existing or to invent such a new

method of fishing as is mostly adapted for the employment of fish alluring-light. Some remarks were made on this point.

1 緒 言

集魚灯漁法は本州各地で盛んに行われているが、北海道は色々の原因から普及が遅れていた。ところが終戦後集魚灯利用サンマ棒受網漁法が本州より移入され、指導当局の奨励もあつて、集魚灯を本道の各種漁法に利用せんとする積極的試みが行われるようになってきた。しかし従来集魚灯に関する試験研究は本州の漁場におけるものばかりで本道の漁場におけるものは殆んどなかつた。それで本州の報告を其儘信用して單に模倣する場合が多かつたので、大部分が期待に反する結果に終つている。本州の海洋條件、魚族の習性、漁法と、本道の夫とは一般に異なるので、本道には本道の漁場でなされた試験研究が必要である。従来本道で集魚灯漁法が普及しなかつた原因として、第1に本道の海は一般に水温差が激しく魚族適水温帯が狭いので魚群密度が大であり、殊更灯を用いて集魚する必要がないとか、第2に比較的水温が低く透明度も小さいので余程の大燭光を用いない限り集魚時間が延び集まる魚も少なく効果がなないとか、第3に本道では季節的洄游魚の漁獲を主とするが、海洋條件の相違もあつて魚脚が一般に速過ぎ灯に対する滯留時間が短くて操業が困難であるとか、色々のことがいわれていた。しかし根本原因は特に終戦前まで本州よりも比較的資源に恵まれた漁場をもち、又主として沿岸漁業に依存していた本道漁業者の保守性と研究の立遅れにあつたことは、本州漁業者の進出を契機とする現在の集魚灯利用サンマ棒受網漁業の普及がこれを立證している。これは又集魚灯不振の原因としてあげられる上述諸條件に對應する積極的研究の如何によつては必ずしも集魚灯が本道に不適であるとは断定出来ない證據でもある。筆者は本道の漁場において二、三の魚類を對象に集魚灯の研究を續けてきたが、得られた結論が本州の漁場でなされた研究の報告と若干異なる場合もあり、又集魚灯に関する基礎的一般的事項についても二、三の知見を得たので、これらを報告し、今後の本道における集魚灯研究者の參考に供する。

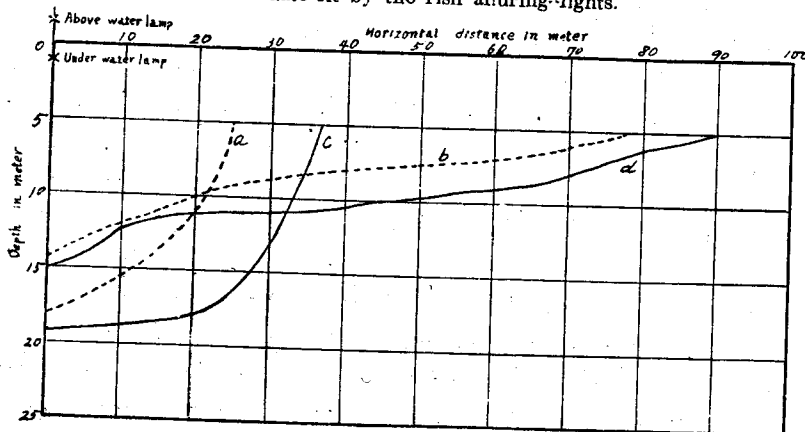
集魚灯の研究でよく問題になるのは、水上灯と水中灯との利害得失、光源の發光機構の種類による利害得失、集魚灯と漁法との組合せの問題等である。實際問題としてはその他設備費、耐久力、取扱いの難易等實用化のための問題もあるが、若し集魚成績良好のものがあればこれらについては追々と工夫改善して行くべきであろう。次に以上のような問題について本道漁場の魚類を對象とした實例によつて考察する。

2 水上灯と水中灯との利害得失

今日集魚灯といへば普通に水中式のものを指しているが、その何れが有利であるかは對象とする魚類の習性、漁法、及び海況によるのであつて一概に決められない。水中灯を推す人々⁽¹⁾は、灯が水上であれば光の一部が海面で反射されるが水中であれば光の全部が一應水中で利用されるから能率がよゝと述べているが、L. F. Richardson によれば實際の海面における Albedo は 0.06 程度であり、この値から推定しても、他の利害得失と併せ考えれば左程水上灯が劣る理由にはならない。水中灯の場合、一般に魚は光源を遠捲きにして游泳し、時たま光源近くに来るものがあつても瞬間反轉逸脱する。水中灯を推す人々は、これを魚は自身の好む照明のところに集まるとか、明暗の境に集まるとか説明するが、これは次の實驗の結果と矛盾する。サンマ棒受網漁業船の網側集魚灯（筆者が利用したの

は100V, 500W, 電球10個を一組にして大きな反対笠の中に納めた水上灯, 第4, 5, 6, 圖)で海面
 上方約2mの位置より照射すると、サンマは光源直下の海面下約2mのところを中心にして密集し、
 相當長時間照射しても所謂魚落しない。然るに水中灯の場合には100V, 60W, 電球1個でも光源を
 遠捲きにして游泳し、灯具のちよつたとし揺れにも敏感で散り易く短時間で魚落する。兩者について
 サンマ游泳圏の照度を比較すれば前者の方がはるかに大きく、結局サンマに適度の照明は、水中灯に
 よるその游泳圏の照度より大きい。純理的に考えれば生物の光に対する感覚は光化學反應の結果であ
 るから、全刺戟値をCとし、光の單位時間の刺戟値をI、刺戟時間をtとすれば、Bunsen-Roscoe
 の法則、 $C=It$ 。又は之を一般にした Shwarzchild の法則、 $C=I^p t$ (p: 生物によつて決まつた常數)
 が成立する。水中灯に對するサンマの游泳圏は、サンマに對するCが最適なる區域であると説明出來
 る。ところが上述の比較實驗における水上灯の場合は水中灯の時よりもIもtも大きいからCの値が
 増しこれをサンマ自身の最適値にするために水中灯の時の游泳圏より大きな徑の游泳圏を理論上つく
 らねばならぬ筈である。然るに事實は全く逆である。即ち刺戟光源がサンマの棲息する水中にあるか
 外にあるかによつてサンマに對する最適刺戟値が異なることになる。又サンマは灯が水面の上にある
 か下にあるかに関係なく、等しいI, tの値に對しても、群密度の小なる時は散り易く大なる時は散り
 難い。即ち群密度の如何によつても最適刺戟値が異なる。即ちサンマに對する最適刺戟値Cはサンマ
 自身の置かれた環境によつて異なつてくる。一般に他の生物の場合にも、その生物に對する最適刺戟
 値Cは生物の種類とそれが置かれた環境とによつて定まり、生物に對するCの値を一義的にI, tの
 測定から出して(2)凡ての場合に適用出來ぬと考えられる。若しCの値の變化によつて一般に魚類の
 游泳圏の大きさを説明するのであれば、各魚類の置かれた環境に屬し、しかも彼等が感知するI, t以
 外の凡ゆる刺戟源の刺戟値の代數和たるCの値をとるか、さもなければ環境の説明がなされなければ
 ならぬ。サンマ棒受網漁法には上述のような灯に對するサンマの反應から考へて本道では水上灯の方
 が優れている。又本道イカ釣漁船に水中灯を使用すると、イカは深層に誘集されトンボ釣は良好にな
 る。時々光源近くに浮上してくるものがあるが瞬間光源のために目つぶしても喰つたように墨を吹

Fig. 1. Visible depth to the Secchi disk in sea water off Moheji near Hakodate lit by the fish alluring-lights.



- a). Tungsten lamp (100V, 500W.) 1m. under water.
- b). " " " " 1.5m. above water.
- c). Mercury lamp (100V, 500W.) 1m. under water.
- d). " " " " 1.5m. above water.

いて逸脱する。前記法
 則の最適刺戟値がイ
 カについては非常に
 小さいわけであるが、
 深層に集まつた頃合
 をみて光の強さを減
 じて暗くすれば浮上
 して來そうであるが
 明暗の變化に非常に
 敏感で直ぐ四散して
 しまう。結局本道のイ
 カ釣漁業において漁
 獲の大勢を決すると
 されるハネグ釣が不
 能となり、現行漁法を
 變革せね限り水中灯
 は不適である。次に集

魚灯の要件として照明範囲の広いものが望ましい。従来発光機構の異なる光源の水上及び水中における照明状態を比較したものはあるが、⁽³⁾⁽⁴⁾ 同じ光源の水上及び水中におけるそれを比較したものはないようである。筆者が同一光源を水上及び水中にして透明度板の可視距離を測つて比較したところ、(第1圖)、水面方向には水上灯がはるかに広く、水深方向には水中灯の方がやゝ大きかつた。しかし可視距離の測定には2割程度の誤差があるとされているので結局水深方向には兩者の間に大きな差はないと見てよい。水中の全照明空間を考えれば水上灯の方が広くて有利である。しかし勿論水上、水中何れの灯を選ぶべきかは魚種、漁法も併せ考えて決定すべきである。例えば沿岸定置網に多数集魚灯を組み合わせて漁獲する方法⁽⁵⁾でイカを漁獲するような場合はイカを浮上させる必要がなく又施設が他船航行の邪魔にならないようにするためにも水中灯でなければならぬことになる。

集魚灯による透明度板の可視距離測定は昭和24年12月24日、茂邊地沖合で行つた。調査船には日水所屬イカ釣漁船汐丸を借用し、測定方法は舷側より水中集魚灯を水面下1mに吊した時及水面の上方1.5mに吊した時の各々の場合について、共に曳航して來た傳馬船上より灯具の直下に透明度板を下し、函眼鏡によりその可視距離を測り、水平方向には傳馬船を移動し距離綱によつて5m毎に測定した。光源として100V、500W、の白熱灯及び水銀灯の2種を使つた。目下海中照度計を製作中であるから精密な比較は追つて發表する。

3 光源の發光機構の種類による利害得失

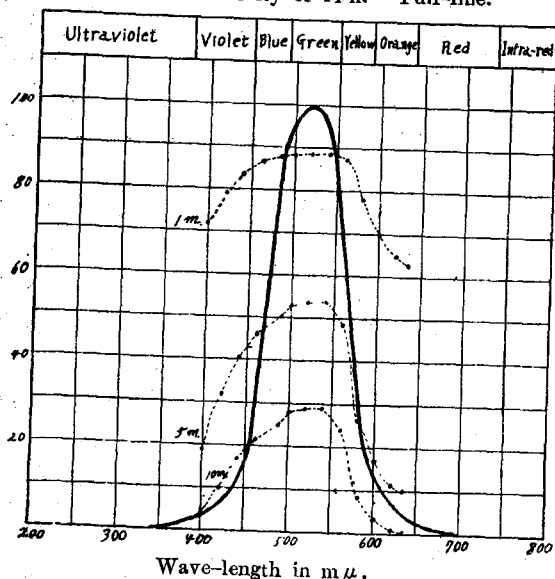
光源の發光機構の種類による測光特性とか、或は水面及び水中での性質とか、純光學的問題については研究し盡されているが、實際に集魚灯として使用する立場からこれらの光源を比較検討した報告はあまりない。又或種魚類の視覚に関しては色々の角度から研究はされているが⁽⁷⁾、しかし例えば色覚の研究に魚類の視感度を考慮に入れた研究はあまりない。實際に集魚灯の光源として使用する立場から、必要なデータを諸文献より引用し筆者の測定値も使つて現在得られる二、三光源の利害得失を調べ、又一、二實際漁場で経験した本道魚類の光反應に対する見解を述べる。

一般に魚に色覚がある以上感じ易い色を出す光源が集魚灯光源として有利であろう。ところでサンマ棒受網漁業において、サンマは赤色電球の下では行動が緩慢となり漁獲に最適の状態となるから、網側集魚灯は赤色電球にするか、又は白色電球と赤色電球とを混用すればよいとの意見があり⁽⁸⁾、又實際赤色電球を用いて火事場のような照明下で揚網している業者がある。いかにもサンマは赤色灯を好むように見える。しかし筆者の實驗によれば網側集魚灯も白色電球で一向差支えなく、サンマが網側集魚灯に移つてから點滅装置(第4圖)により減灯して暗くしきへすれば赤色灯下の状態と全く同様になる。結局サンマは明るければ行動が敏感に、暗ければ緩慢になるのであつて、この場合サンマの行動を色彩の刺戟による反應と考えるよりも明暗の刺戟による反應と考えた方が妥當のように思われる。減灯の際サンマは一瞬騒ぐが、一旦灯についたサンマは直ぐ馴れて殘灯直下に密集するから、電力節約の見地からいつても點滅装置を設備しておき揚網の時に減灯した方がよい。

元來色彩の刺戟と明暗の刺戟は混同され易く、魚の好む色を調べるには、その魚に對する各波長の光の同一視感エネルギーについて比較しなければならぬ。しかし夫々の魚類について視感度を知ることが不可能であり大體を推定して比較するより仕様がない。假令輻射エネルギーが等しくても、その波長の如何によつては明暗の刺戟が異なり、人類の場合には555m μ の光を最も明るく感じ、波長がそれから離れるに従つて減ずる。ところで一般に魚類の可視範囲は人類のそれと大差なく波長の短い部分はむしろ人類以上に感ずることが知られている。(人類：397—723m μ 。魚類：340—700m μ 。)

これから推察して魚類の極大視感度を大體 $520\text{m}\mu$. としても大した的外れにはならないであろう。魚の好む色を調べるのは困難にしても、明るく感ずる光即ち $520\text{m}\mu$. 附近の光を能率よく出す光源が集魚灯に有利であろう。次に各波長の光の海中の透過の問題がある。集魚灯の要件として、水中を出るだけ遠方に到達するような波長の光を能率よく出す光源が有利であろう。一般に海水は波長の短い光をよく透過し波長の長い光を多く吸収する。海水による各波長の光の吸収率は、世界各地において實驗室に、現場に種々測定されているが⁽⁹⁾、現場における観測は主として太陽の種々なる高度における鉛直方向の光の弱まる割合を水の厚い層に亘つて平均した消滅係數 (Extinction coefficient) であり、これらの値から生物學的に便利な、沿直に透入する或波長の光が水中の各層において何%位に弱まるかを知る透入率 (Transmission coefficient) を算出することは難しい。その點、實驗室の測定は水層 1m の吸収率 (Absorption coefficient) であるが、比較的悉しく各波長毎に測定されており、透入率の算出が容易である。勿論水中の光の強さは海表面の状態、水中浮游物の影響があり、實驗室の結果をその儘現場の海水に當嵌める譯にはいかない。ところで未だ日本周海の水に対しては、上述のような現場の測定はあるが、實驗室の測定はあまり知られていない。筆者も本道海水の測定準備を始めたばかりで未だ發表の段階でない。それで今海水中における光の透入状態の大體の傾向を知るために、Sawyer が Canad. Head Harbour 沖の Fundy Bay の海水を實驗室に持込んで測つた 1m 水層の吸収率から透入率を算出し第2圖に示した。

Fig. 2. Showing the transmission coefficients of light at various depths in sea water. — Dotted-lines. Supposed visual sensitivity of fi-h. — Full-line.



示して見た。上述の各測定値の最大透入率と魚類の推定極大視感度を併せ考えて大體 $520-570\text{m}\mu$. の光を能率よく出す光源が集魚灯に有利なように考えられる。次に二三光源の $500-600\text{m}\mu$. 間の發起能率を示した。(蛍光ランプ、電球の計算値は文献⁽¹²⁾による)。

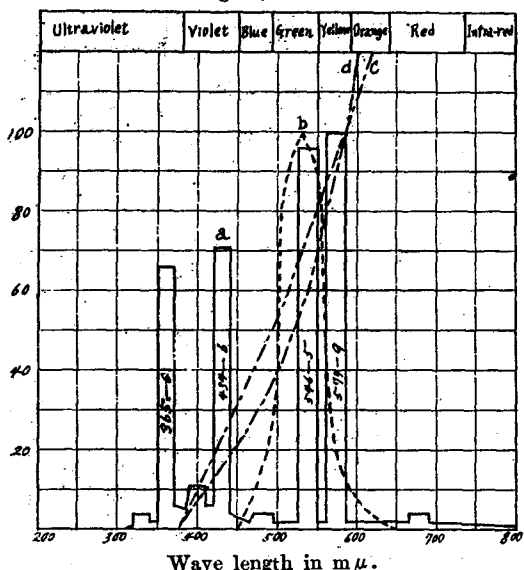
第2行の數字は電灯の消費電力(附屬器具の損失は含まず)のうちの何%が $500-600\text{m}\mu$. 間の光になるかを示している。この表から水銀灯、螢光灯が白熱電灯よりも集魚灯光源として有利であろうと

$5,10\text{m}$ の曲線は Lambert の法則より 1m の曲線を $5,10$ 乗して求めたものに過ぎないが各波長の光の弱まる状態の大體の様子を見るために示した。この圖では $540\text{m}\mu$. の光の透入率が最も大きい。Clarke⁽¹¹⁾ と James の Vineyard Sound, Whistle Bay, Buzzards Bay 等の海水の實驗室の測定値によると $570\text{m}\mu$. 附近の光の透入率が一番大きい。現場の海水においては一度散亂されて外に出た光が又散亂により逆戻りすることもあり、一般に實驗室の測定値から求めた透入率は現場の透入率より小さいのが普通であり、第2圖の透入率も現場海水で測ればまだ大きいかも知れぬが、各波長の光の透入率の相對位置は左程變らぬと考えてよい。圖は勿論本道海水の光の透入状態を示すものではないが、世界各地の實測値のうち中庸的な例なので或程度参考にしてもよい。同圖に魚類の推定視感度曲線も

Table 1. Reduced luminous efficiency emitted by various lights at 500-600 μ . wave-lengths.

Kinds of lamps.	Percentage of in-put.
100W. Mercury vapour lamp.	8.5
500W. " " "	8.8
15W. Greenish Fluorescent lamp.	9.8
" . Day-light coloured Fluorescent lamp.	4.4
100V.- 100W. Tungsten lamp.	2.2
" .- 500W. " "	2.2
" .-1000W. " "	3.1

Fig. 3. Showing the spectral energy curves of several light sources.



Wave length in $m\mu$.

- a: Mercury lamp (ca. 45 Lm/W)
- b: Fluorescent lamp (ca. 50 Lm/W)
- c: Gas-filled tungsten lamp (22 Lm/W)
- d: Evacuated tungsten lamp (7.9 Lm/W)

熱、光の動搖等の問題もあり、更に實用化の問題(取扱の難易、價格、壽命)もあるが、これらの問題に對しては白熱燈がその大部分を比較的有利に充てており、今直ぐ放電燈式集魚燈時代が來るとは思えぬが研究の進展により漸次放電燈式のものに切替えられるのではないかと考えられる。

4 その他の事項

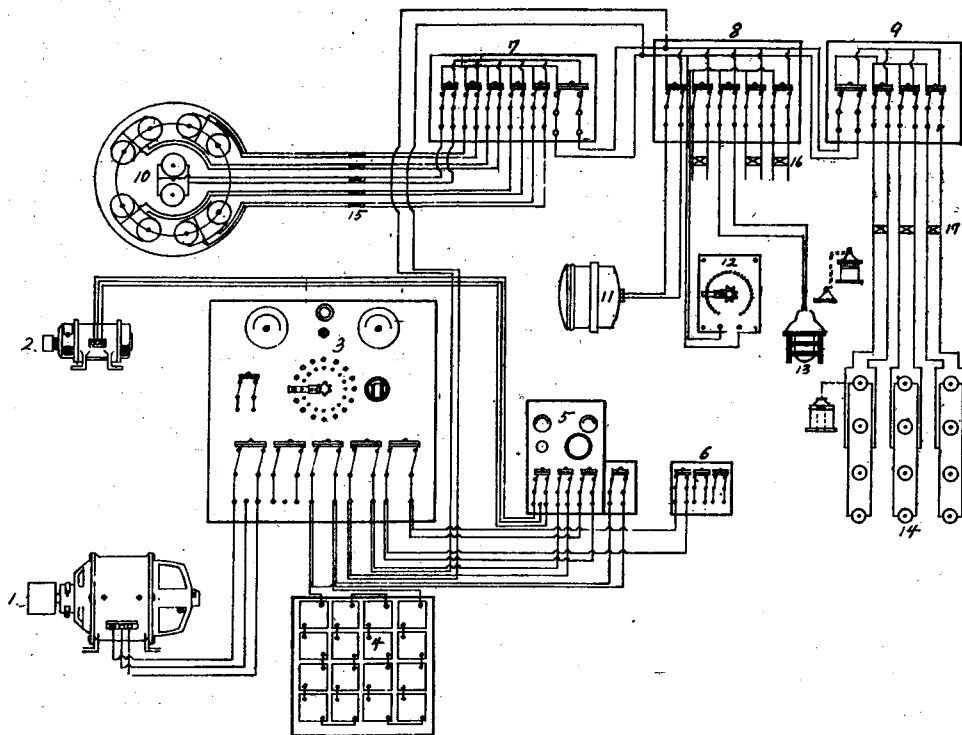
集魚燈と漁法との組み合わせの問題とは、現行の漁法をよりよく活かすような集魚燈の利用法を考えるか、逆に集魚燈の特性を活かした新漁法を發案するかということであるが、一二の經驗を述べる。現行イカ釣漁法を活かす限りは水上燈がよく、又サンマ棒受網漁業にも矢張り水上燈がよいことは前述した。ところでよく棒受網でイカが漁獲出來ぬものかと聞かれることがあるがその可能性はある。筆者はサンマ棒受網船に便乗し次のような經驗をした。先ず投網しておいてから、反網側集魚燈を點

考えられる。但し放電燈式のものには附屬器具の損失があるから上の數字から幾分割引しなければならぬが、それにしても白熱燈のエネルギー極大値は赤外部にあり、集魚燈に有利な光が海中で僅小である。第3圖にこれら光源の分光エネルギー分布を示した。(白熱燈は文献¹³⁾ 螢光燈は¹²⁾)

第2, 3圖を併せ考えると水銀燈、螢光燈が白熱燈より有利であろうことが一層よくわかる。尚水銀燈の場合には350-450 μ .のところにも大きなエネルギー分布があるが魚は波長の短い部分にもよく感ずるので上層では吸収されずに魚に感ずる。魚が光に感ずるのは光化學反應の結果である以上、化學作用の著しい紫外線を含むこの部分が魚にどんな作用を及ぼすかは今後の基礎的研究にまたねばならぬ。本研究第2報に水銀燈に對するスルメイカの反應を述べるが少く共イカに對してはこの部分が有害とは考えられず、むしろ集魚に有利のように觀察された。次に集魚燈光源としては一般には輝度の大きなものが有利であろうと考えられる。白熱燈の場合には真空で100-300 sb. ガス入250-3,000 sb. であるが、G. S. 製500W. 高壓水銀燈(第2報に詳述する)は20,000 sb. で非常に大きい。螢光燈は輝度の點では甚しく劣るから輝度の刺戟に負の反應を示す魚種によい。集魚燈光源としては上述以外にも全光束、配光、發

灯するとイカは網側の船の蔭で暗くなつてゐるところに誘集される。この時網の所在を覺らせないよ
うに撒餌をするなり、山手を引くなりして水面近く出来るだけ浮上させるようにして、機を見て迅速

Fig. 4. Showing the electric equipment of the N. S. K. fishing boat the Take-maru using lift net and fish alluring lamps.



- 1: Dinamo used for the fish alluring lamps. — 7.5 K. W.
- 2: Dinamo used for the lamps at workrooms. — 2.5 K. W.
- 3: Main switchboard — 10 K. W., used for dinamo (1).
- 4: Storage battery set. — AW 7-6; 16.
- 5: Main switchboard. — 3 K. W., used for dinamo (2).
- 6: Sub-switchboard used for the lamps at workrooms, equipped in the engine-room.
- 7: Sub-switchboard used for the net-side lamps above waer, equipped in the steering room.
- 8: Sub-switchboard used for the lamps under water, equipped in the steering room.
- 9: Sub-switchboard used for the lamps above water, equipped in the steering room.
- 10: Net-side lamps above water. One set is constituted of ten 100V.—500W. tungsten lamps. Each two lamps are able to be switched on and off at the same time.
- 11: Search light. — 1 K. W. lamp used for searching for fish, equipped on the roof of steering room.
- 12: Resistance-box: adjusting light-intensity of underwater lamps.
- 13: Lamps under water; 4
- 14: Anti-net-side lamps above water. Each four lamps are able to be switched on and off at the same time.
- 15, 16, 17: Control for vessel.

Fig. 5. Showing the arms supporting lamps equipped on the Take-maru. — 40 tn. H. B.
Measured by Shaku. 1 Shaku \doteq 0.30 m

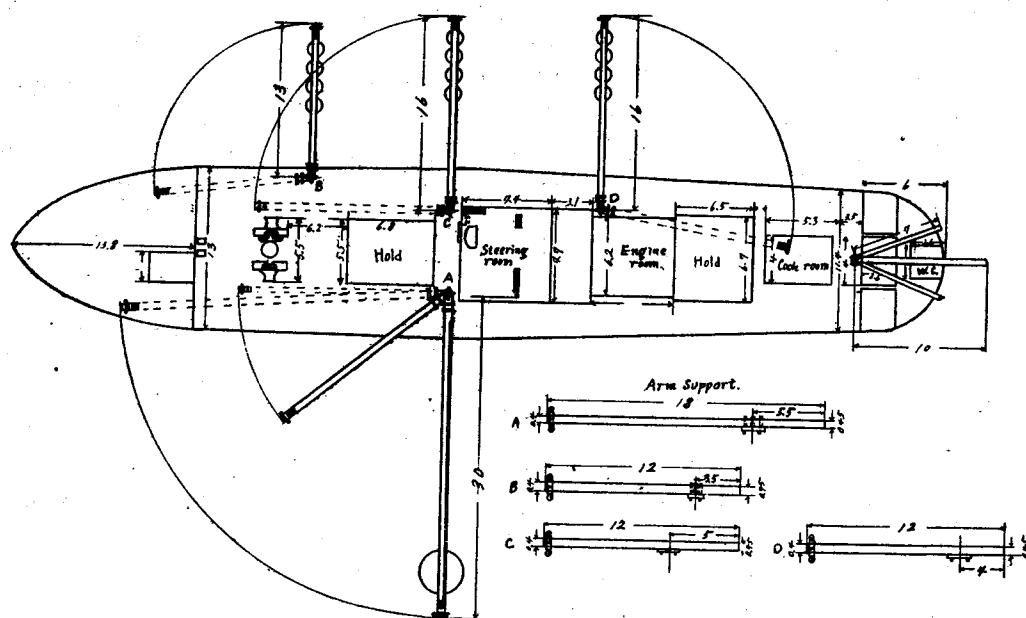
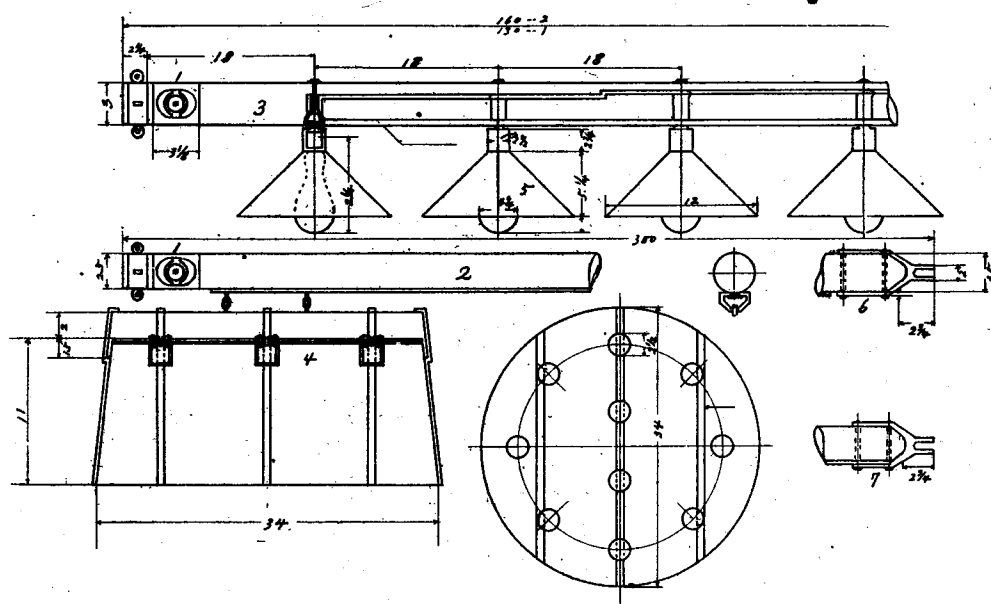


Fig. 6. Showing the detailed measure of lamp apparatus equipped on the Take-maru.
Measured by Sun. 1 Sun \doteq 0.03 m



- | | |
|---|---|
| 1: Roller which suspend the underwater lamps. | 2: Net-side lamp arm, made of cedar log |
| 3: Anti-net-side lamp arm, made of cedar log. | 4: Shade of net-side lamp. |
| 5: Shade of anti-net-side lamp. | 6: Goose-neck attached to arm. |
| 7: Goose-neck attached to arm support. | |

に沈子曳網を引き上げると漁獲出来る。イカは敏感で前進後退が自由であるから網には側網を設け機械力で迅速に揚網出来るようにすれば尚よい。第4, 5, 6 圖に試験研究のため特に便利に設計された日本水産所屬竹丸の電機設備を示し参考に供する。

發電機を二つにしたのは在庫の一つを利用して計 10 K. W. にしたままで特別な理由はない。水上灯の配置もこの方式が特によいという譯ではなく、最も効果ある配置を決める研究は今後の問題である。圖のような設備では船底はなるべく浅い船がよい。船底が 3 m 位になると、サンマは網側に移るのが困難のようで船腹に衝突するものがある。以上スルメイカとサンマの例を主にして述べたが、その他筆者の経験した本道産魚類で灯につくものをあげると、玉筋魚、片口鱈、鱒(30cm. 内外)、河豚等があるがこゝでは略する。

5 結 言

本道漁場における魚類の反應を例にとつて若干の知見を述べたが、本文中に指摘した研究未完のものは今後逐次解決したいと考えている。終りに臨み本研究を後援された函館市役所、現場試験に多大の便宜を與えられ熱心に支援された日本水産函館支社長原口安雄氏、同次長伊藤威雄氏、同事業課長岡田氏始め同課員の諸氏、特に直接協力された森田、村、浅野の諸氏、及び集魚灯用水銀灯の製作に當られて協力援助された日本電池の関係諸氏に深謝する。

6 文 献

- (1) 鹽崎 稜吉 (1933) : 漁撈電化の實際、厚生閣
- (2) 岡 正雄 (1950) : 魚群の光に對する行動に就いて、日水誌, 16 卷, 6 號, 223—224 頁
- (3) 田 内・林 (1926) : 灯火に集まる魚群について、水講報告, 21 卷, 4 號.
- (4) 田 内 森三郎 (1929) : 集魚灯に就いて、照明學會誌, 13 卷, 9 號.
- (5) 佐々木 忠 義 (1949) : 水中光源に關する研究、日本海洋學誌, 5 卷, 2 號.
- (6) Tadayoshi SASAKI (1950) : Fishing Apparatus equipped with a Fish Attraction Lamp-System. 日本誌, 16 卷, 7 號, pp. 281—294.
- (7) 大橋 祐之助 (1916) : 魚類の色彩感覺、水産學會報, 1 卷, 4 號.
- (8) 福原・内 藤 (1950) : 昭和24年度道東海區秋刀魚湯業指導概況、北水試月報, 7 卷, 1 號, 1—8 頁
- (9) 竹 内 能 忠 (1939) : 水中の明るさ、日水誌, 8 卷, 4 號, 194—211 頁.
- (10) Sawyer, W. R. (1931) : The spectral absorption of light by pure water and Bay of Fundy water. Contr. Canad. Biol. Fish., N. S. 7(8), D. I, pp. 75
- (11) Clarke, G. L. and H. R. James : (1939) : Laboratory analysis of the selective absorption of light by sea water. J. O. S. A., 29(2), pp. 43
- (12) 原田 熊 雄 (1947) : 漁撈用燈光ランプについて、科學朝日, 12 月號
- (13) 電氣學會編 (1943) : 電氣工學ポケットブック、丸 善.

(水産科學研究所業績 第 61 號)