

# 集魚灯技術\*1

有元貴文\*2 (東京水産大学) 崔 浙珍\*3 (麗水大学校) 荒川久幸\*4 (東京水産大学)

宇宙から夜の日本海を見下ろすと、東京よりも明るい大都会が見えると話題になったことがある。イカ釣り漁船が集団操業を行っているときの集魚灯の明るさが作り出した幻の街の灯であり、夜空を照らすエネルギーの無駄なことは指摘するまでもない。集魚灯はイカ釣り漁業の操業技術を構成する探魚・集魚・漁獲の3段階の一つを占める重要な技術要素である。しかし、戦後の漁船の動力化以後に進んだ集魚灯技術の展開はとどまることなき光力競争というジレンマに陥り、適正光力の決定という再々にわたる過去の努力にもかかわらず、過剰な集魚灯設備に掛かる経費が問題となっていた。ここでは、イカ釣り漁業における集魚灯技術のこれまでの展開と、光力適正化に向けた調査事業<sup>1)</sup>の結果について紹介し、今後の研究課題について検討を加えることとする。

## 1. 集魚灯利用の技術展開

集魚灯光源の歴史は夜間作業灯としての松明、かがり火の時代に始まり、江戸時代以前から新潟、島根地方のイカ釣り漁業で利用されていた。大正元年に出版された日本水産捕採誌<sup>2)</sup>には、佐渡におけるイカ釣り漁業を紹介し、かがり火による操業方式とその函館地方への技術伝播を説明している。明治後半からは石油集魚灯、アセチレン集魚灯といった燃焼光源が使用されるようになり、大正9年には小型発電機を用いた電球照明が導入された。戦後もしくはバッテリーや発電機の組みあわせで数十Wの小型電球を扱う方式が主流であったが、徐々に沿岸漁船の動力化も進み、船内電源による白熱灯集魚灯の時代に移ってきた。この間の技術展開については、佐々木の著書「集魚灯<sup>3)</sup>」に詳細がまとめられている。また、大島による「イカ漁業とその振興策<sup>4)</sup>」には、昭和30年台始めの電灯照明導入時期について集魚灯利用の様子が紹介され、道南地方の2kWの規定に対して多くの漁船で実際には5~10kWが使われているとし、函館山からのイカ釣り漁場の景観を「さながら夜の銀座」と紹介している。また、光力の大きな漁船の存在が漁獲効果に影響することあけ、大型船と小型船が同一漁場に集まるときの小型船の弱い立場をどのように解決するかを考え、沖合への漁場展開に際して大型船が出漁するように提言している。この問題が現在まで引き継がれてしまっており、しかも小型船のなかでの激しい光力競争という事態が進んできたことになる。

その後も、白熱灯からハロゲン灯へ、そして放電灯(メタルハライド灯)へと光源技術の展開は目覚ましいものがあり、最先端照明技術の積極的な導入が続けられてきた。  
5-8)

イカ釣り漁業そのものが沿岸漁業から始まって、日本海大和碓での沖合漁業、そしてニュージーランド、フォークランドでの遠洋漁業へと発展してきた経緯があるが、この漁船の大型化に並行して集魚灯装備の近代化も進められ、光源出力の増大が図られてきた。1973年の第1次オイルショックの際には、燃費節減の必要性が強調され、これに応える形でこれまでの白熱灯、ハロゲン灯に替わる省エネ電球として放電灯の導入が進められた。<sup>8)</sup>放電灯の場合は導入時に電源安定器のための設備投資が必要であり、沖合や遠洋の中型、大型漁船に先ず普及し、1980年代に徐々に沿岸の小型漁船へ普及していった。本来であれば光源出力を半分以下に抑えることが省エネ電球の目的であったが、同じ出力を維持しながら放電灯に転換する方法が当然のごとく定着し、明るさだけが倍増という結果に終わってしまった。1990年以後に新造された漁船ではさらに過剰設備の傾向が顕著となり、19トンクラスの漁船でも350kWを超える高出力漁船が各地で見られるようになっていた。以上の集魚灯光源の変遷、特に戦後の光源出力の急激な増大について図1にまとめて示した。

## 2. 光力適正化に向けた動き

イカ釣り漁業の光力適正化については、これまでに多くの研究がなされてきた。光力を低減させるべきであるという論拠の主たるものは過去との操業形態との比較であっ

た。電球照明の導入された当初はせいぜい 2kW程度の低出力であり、水面近くまで浮上してきたイカをハネゴで釣り上げていたものが、現在は数百kWという高出力で海面を照らし、このために群れの表層浮上が期待できなくなっていることが早くから進言されていた。この状況は手動ローラーによる釣り上げ、そして自動イカ釣り機の導入によって技術対応がなされ、現在では水深 70~90mからの釣り上げが可能となるように、自動釣り機の高機能化、多機能化がさらに進められている。また、スルメイカが強い光のもとでは虹彩を閉じて光量絞り調節することも報告され、高出力光源の無駄が説明されてきた。<sup>9)</sup>

光源出力を低減させるべきであるというこれまでの多くの研究<sup>10)</sup>や啓蒙の努力にもかかわらず各地で光力の増大が進み、これが経営を圧迫することも広く理解され、上限規制を設定する努力が続けられた。例えば、1980年代初めには青森県から石川県までの日本海6県で、小型イカ釣り漁船の光力上限を120kWに自主規制する決定がなされたが、実効を見ないままになし崩しに過ぎて行った。また、1983年には中型イカ釣り漁船について全国沖合いかつり漁業協会が光力自主規制を決定し、特に放電灯を利用する場合の規制内容として50Gt.未満船について60kW、50~100Gt.については72kW以内とし、これまでの白熱灯についての半分に制限した。<sup>7)</sup>しかし、こういった自主規制の努力は実ることなく、1990年代に入って集魚灯設備の過剰競争はさらに激化する動きが見られた。

図2には1994年時点での各県の光力規制の状況をまとめて示した。西日本側では距岸距離や漁船トン数別により詳細な規制が定められており、ここでは各海域の沿岸での規制を示す形となっている。このように各地で異なる規制値が出されていることが光力競争の原因ともなってきた。特に、イカ釣り専門船でスルメイカの南北回遊を追って移動する漁船、そして大和堆に出漁して中型イカ釣り漁船と競合する漁船が概して高出力となっており、各県の漁船が入会操業する漁場では、これら一部の高出力漁船の存在に競争する形で光力を増大する傾向が見られ、全国統一の光力上限規制の必要性が高まってきた。また、これまで放電灯1灯は2~3kWが主体であったものを、限られた甲板長さに多数の電球が装備できるように4kW電球の導入も始まっており、早急な対応が必要であるとの認識が高まってきた。

全国漁業協同組合連合会は1988年に沿岸基幹漁業実態調査<sup>11)</sup>を実施し、30トン未満の小型イカ釣り漁船について、集魚灯に掛かる燃費節減が経営安定化への重要項目であるとの分析がなされた。1992年には全国小型イカ釣り漁業連絡協議会が結成され、全国規模でのアンケート調査を通じて光力適正化を望む声が広く寄せられたことから、協議会の最初の事業として取り上げることとなり、1993年から水産庁補助事業としての4年計画の調査が実施された。調査内容は以下の5項目にまとめられる。<sup>1)</sup>

- 1)集魚灯装備状況の実態調査と漁獲資料の収集
- 2)集魚灯利用条件別水中照度の測定
- 3)漁場海水の光学的特性の測定
- 4)漁場内での漁船間距離のレーダー測定
- 5)操業時の船体周辺の水の中観察と釣獲層の推定

調査地として、佐渡、函館、対馬、能登、境港の5つの代表的な漁港が選定され、資料収集・調査・測定実験が行われ、この他に東京水産大学研究練習船神鷹丸による調査航海も実施された。調査結果は各年度報告書として取りまとめられ、各調査地での成果発表会や漁業者との意見交換会を経て、各県代表者による検討会議が繰り返された。

### 3. 資料解析から求めた光力と漁獲量の関係

小型イカ釣り漁船の適正光力を決定することが調査事業の目的であったが、光源出力と漁獲量の関係を実証するのは困難であり、図3のように各船別の光力と漁獲量をもとに傾向を判断することとした。この図は各港の各年度の資料をまとめたもので、光源総出力が100kW程度までは漁獲量も比例して増大するが、150kW以上の高出力では漁獲量のばらつきも大きくなっていることが分かる。もちろん、海域の違いや季節的な変

化，また漁船の大きさや専業，兼業の別といった詳細について検討する必要はあるが，全体的に高出力であることが高い漁獲量の絶対的な条件とはならないことがわかる。

このような光源出力と漁獲の関係は，これまでの研究でも同様な傾向が得られており，しかも年代を追って比例関係の認められる範囲が高出力側へ移行する様子も顕著であった。例えば，兵庫県香住の中型イカ釣り漁船(50-99Gt.)について，漁獲資料と集魚灯装備状況をまとめた小倉ら<sup>10)</sup>の報告によれば，1979年当時は平均して40kWであった光力が，6年後の1984年には160kWと4倍に増加している。この6年間の各漁船の光力と漁獲性能指数の関係について，100kWまでは正の相関が見られ，それ以上の光力になると性能指数の増加は見られないとしている。また，同じ報告書で新潟県両津の小型イカ釣り漁船(10~20Gt.)についても検討し，1972年に20~60kW(平均37kW)であったものが，5年後の1977年には30~100kW(平均60kW)に倍増しており，適正光力として40kW程度と推定した。これらはいずれも放電灯導入前の時代であり，ハロゲン灯が普及し始めた段階での光力適正化への警鐘であった。

1990年代の小型イカ釣り漁船の集魚灯装備は，20年前の中型イカ釣り漁船の装備を遥かに超える状況になっていた。また，1980年初頭にニュージーランド海域へ出漁していた大型イカ釣り漁船の平均光力は200トンクラスで277kW，300~450トンでは331kWといった状況が報告<sup>8)</sup>されているが，沿岸の19トンクラスでこのレベルに達する漁船も多く見られるようになっていた。図4には函館，佐渡両津，能都町，対馬の4箇所で調査した漁船トン数と光源出力の関係をまとめたが，10~19トンの漁船でもそれぞれのトン数階層で50~300kWまでの装備状況の違いがある。このような条件のなかで光力と漁獲量の関係を調べると，平均的な光力条件までは漁獲量に比例的な関係が見られ，それを超えると漁獲量の伸びが見られなくなる傾向にあると判断している。そのため，ある年代の光力装備状況に関係して適正光力が推定されることになり，さらに光力増大が進めばより高出力側での結論に至ることも心配された。

集魚灯の適正光力を考える上では，漁獲量の問題よりも，金額としての水揚量を考えることも必要であり，集魚灯にかかる設備投資とその集魚灯点灯のための燃油にかかる経常経費が水揚高に見合ったものかを照明経済の観点から検討することも要求されている。実際には光力と漁獲の関係が十分に解明されているわけではなく，これに漁獲量と水揚金額という経済行為が含まれるために問題は一層複雑となる。一般論としての適正な集魚灯利用の説明が，個々の漁業者に受け入れられるためには，技術論に限らず経済論を議論する幅広い角度のアプローチが必要となる。

#### 4. 集魚灯光源出力と水中照度

集魚灯の効果を考える上で，水中の明るさを測定し，あるいは計算によって求める方法が行なわれてきた。ここでは，実際の漁船の操業状況について，集魚灯光源出力条件を変化させて測定する方法と測定結果について函館沖で実施した例<sup>1)</sup>を紹介する。

図5に測定方法の概念図を示した。19トン型の漁船2隻を並行して配置し，2船間の距離を保つように船体中央部の位置にロープで連結した。このロープ添いに別の作業船で移動しながら，水平方向に5~10m間隔で，鉛直方向には1~5m間隔で測定を行った。明るさの測定は水中照度計(Ishikawa IU-2B, 0~20,000lx, 最小目盛0.2lx)により，作業船から垂下した状態で深さ別に照度を読み取った。集魚灯点灯条件は放電灯100kWを最大として，船首尾方向に偏りのないように30, 75kWに減光して，3段階の光力条件の設定について比較した。

図6が測定結果より求めた水中等照度曲線であり，船体の陰になる部分は入射角40.5°を境界として示される。各光力条件を比較すると，30kWの場合で船体に最も近い水面が400lxとなり，100lx等照度曲線の最深部が10m，10lxが15mの水深に到達し，入射角境界線の船体陰影部側で急激に暗くなり，等照度曲線が密に収束する状況が認められる。また，船体から遠ざかる水平方向には長く伸びて，水面近くへ収束する形状の曲線が描かれる。75kWの光力条件ではこれが全体に明るくなり，水面で1000lxの等照度曲線が描かれ，100lxの最深部が6m水深に，10lxが15m，1lxが20m水深

に達する。そして 100kW では 75kW よりもやや深い位置に等照度曲線が描かれるが、全体的な形状は同様である。

次に、図 7 には 2 隻の漁船間の水中照度についての測定結果を示した。ここでは、極端に接近した条件を想定して、約 50m 間隔に 2 隻を並行させ、1 隻の光力 100kW に対して、他船を 30kW と 75kW に設定して測定を行った。こういった条件では、相手側の漁船からの光の影響を受け、自船だけの光力条件での水中照度よりも全体的に明るくなるのはもちろん、本来であれば船体による陰影部に相当する船底直下も他船からの光を受けて明るくなり、等照度曲線の密な収束がなくなってしまう。

再び単船での水中照度に話しを戻して、釣り機ローラー直下の明るさを実測した山陰沖での結果を図 8 に紹介する。19 トン型漁船について、180kW と 360kW の 2 条件で船首尾方向 6 点で測定を行なった。水面直下では両者にかかなりの差異があり、360kW では船体陰影部でありながら 1000lx を越える明るい状況が認められる。しかし、水深が深くなるにつれてその差はなくなり、1lx の等照度曲線は 180kW の場合に 30~35m、360kW で 35m 付近に位置し、両者の差は殆どない。水深 50m 以深についてはそれまでの実測結果を水中の透明度をもとに計算で求めたが、釣獲水深である 70~90m では光力の 2 倍の差は影響していないことが理解できる。

## 5. 集魚灯光の海面到達照度と漁船間の操業適正距離

イカ釣り漁場で操業しているときに、周囲の他船の明るさは目に付きやすく、自船よりもはるかに明るく感じられるものである。その状況で漁獲が不調であれば、集魚灯の明るさで負けたという印象が強くなり、他船よりも光力を増大したいという競争が始まることになる。このことについて、実際に集魚灯の光がどのように遠方へ到達し、海面を照らし出しているかを測定し、また計算で求めることができる。<sup>12)</sup>この海面到達照度の計算方法が水中照度を考えるための基礎ともなることから、ここで先ず検討することとする。

これまでのイカ釣り集魚灯の光についての計算は、電球の配置を無視して一つの点光源として考える方法がとられていた。<sup>3,13-14)</sup>これは集魚灯の電化が開始された時点では電球数も僅かであり、実用的であったと考えられる。しかし、現実には集魚灯数も船首尾方向に多数配置するのが当たり前となり、ある長さをもつ線光源として考える必要がある。そこで、光源の単位長さを点光源として漁船からある距離だけ離れた海面について照度計算をし、これを全長に対して積分し、さらに海面での反射を考慮して水面直下の値を求めて図 9 に示した。ここでは、集魚灯の海面からの高さを 3m として計算したが、光源直下には 100%の光が海中に入るのに対して、水平距離にして 100m では 20%、600m では 5%と暗くなっていることが分かる。

この考えを基礎にして、電球の配光曲線によってどの方向へ光が多く放射されているかを考えて、船体周辺の海面の明るさを計算で求めることができる。図 10 として放電灯を 300, 200, 100, 30kW の 4 段階に設定して、舷側中央から遠ざかる方向に 500m までの海面直下の照度を示した。これをもとに、2 隻の漁船がそれぞれの光力条件で操業しているときに、相手船による集魚灯の光が影響する距離を考えることができる。海面直下の明るさを例えば 0.01lx として、他船の集魚灯の影響が出ない距離としては、同じ 100kW の光力であれば 800m 以上離れて操業すればよいことになる。

次に、実際の漁船の操業状況について、イカ釣り漁場でのレーダ観測より船間距離を求めると、密集状態は漁場により、また季節によって変化していることがわかる。例えば、夏の津軽海峡内の漁場では最短距離で 500m、通常は 1300~1600m の距離で互いに位置を取っており、光力条件によっては各漁船の集魚灯からの光照射が影響することも考えられた。集魚灯適正光力として上限を決定する際には、他船の光の影響を互いに受けない状況を考える必要があり、特に多くの漁船が集中して操業する漁場では今後この方向での詳細な検討が課題となる。

## 6. 漁場海水の光学的特性と集魚灯光の透過特性

実際に集魚灯がイカを集め、漁獲するためにどのように機能しているかを考えるためには、水中の明るさを考える必要があることは言うまでもない。荒川ら<sup>15)</sup>は光源の種類や出力によって光がどのくらい海中に透過するかを考えることが第一として、そのためにはその漁場の海水の光学的性質によってどのように照度分布が異なるのかを白別必要があるとしている。その上で、海中の明るさとイカの分布や行動との関係について解明を進める必要があるとしている。

これまでの集魚灯光の海中照度の測定はルクス(lx)という単位を使用してきたが、これは人間の比視感度曲線を基準とした測光量の単位であって、スルメイカの目が光をどのように受けとめるかは別の問題である。また、海中の光の減衰は海水の光学的性質に支配され、光の色合、すなわち波長によって顕著に異なることが知られている。そこで、412~670nmの6波長あるいは12波長について、水中放射照度計(Biospherical Instruments社製、PRR600及びMER-2040)によってエネルギー単位( $\mu\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$ )で測定し、これから海中での光の様子を調べた結果について紹介する。<sup>15,16)</sup>

始めに、海水の光学的特性について波長別の海中分光放射照度を日本海の漁場別、季節別に比較すると、全体的な傾向としてはどの海域でも412nmから565nmの波長域での光透過は良いが、波長600nm以上では放射照度が表層で急激に低下する。Jerov<sup>17)</sup>の光学的水型分類の代表値は外洋型5種類と沿岸型5種類に限られているため、日本海のイカ釣り漁場についてのさまざまな特徴に対応させることはできないが、いずれも外洋型に分類される。また、夏と冬の漁期による違いも顕著であり、対馬沖や山陰沖では秋季に光の透過が低下することも観察された。このような海水の光学的特性の違いは集魚灯光の水中への透過特性の変化となり、水中の光環境の変化となる。このことについて、富山湾内での測定例<sup>15)</sup>を図11に示した。放電灯108kWの条件で釣り機ローラーから照度計を降ろして測定した例である。水深の増大に伴って各波長の放射照度は指数関数的に低下するが、長波長側では減衰が大きく、浅い水深で測定限界を超えてしまう。しかし、実際にはこのような海域の状況に対応して集魚灯の光源種類や配列方法を変更すると言った利用をしているわけではなく、装備した集魚灯配置をそのまま利用して漁期、漁場を移動することになり、明るすぎたり、あるいは光が不十分であることも考えられる。理想的には、海域の海水の特性や、スルメイカの遊泳層に合わせたきめこまかい対応という方向が期待されるが、そのためには遊泳層に対してどれだけの明るさが必要であるかを検討しなければならない。このときに、集魚灯配置を考えた線光源モデルによる海面照度計算を基に、水中照度についての理論計算も可能であり、海水の光学的特性と集魚灯光の波長別の透過特性をも組み込んで、イカ釣り漁船周辺の水中の光環境を明らかにするまであと一步のところまで到達している。

## 7. 水中観察によるスルメイカの集群状態

船体周辺や釣獲水深における水中の明るさについては理解が進んできているが、最も重要なスルメイカの分布や行動、そして釣獲過程については今後の研究の努力がさらに必要となる。すなわち、スルメイカがどのように光に集まり、どのように釣獲されるかを考えることであり、そのために必要な水中の光環境条件を理解し、さらに、より高い効果の条件を検討することに他ならない。

ここでは、操業時のイカ釣り漁船において、魚群探知機並びにソナーを用いた観察により釣獲層の推定を行い、集魚灯光による船底下の海中の明るさとの関連について考察した結果<sup>18)</sup>を紹介する。実験は1995年11月に沖ノ島北方100マイルの山陰沖漁場において、19Gt漁船に3kW放電灯50個を2列配置した300kW条件での操業の際に実施した。ソナーにはカラーセクタースキニングソナー(古野社製、CH-36型、周波数150KHz)を用いて、漁船中央を中心として左右舷外方向に80m、水深160mまでを探知範囲として設定した。図12にソナー画像を示すが、上図は集魚灯点灯直前、中図は1時間経過後、そして下図は2時間経過後である。点灯前には魚群映像は見られないが、1時間には船底から下に伸びる釣具の映像の周囲にやや弱い反応が見られ、2時間後には釣具を停止した状態で、かなり強い反応が船底下に広がっている様子が見られる。こ

の映像は水深 30～70m, 左右に 40mの範囲で三角形の形状をなしていた。このときに, 探知範囲を船首尾方向に変えると, 船首方向に 40m, 船尾方向に 50mまで広がっていた。

図 12 の下図に示したソナー映像に, 波長 510nmの放射照度分布を重ね合わせて図 13 を作成した。スルメイカ群の反応の上限は,  $2.0 \times 10^{-2} \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  の等照度線に添って広がり, その下側にあたる船底下の陰影部に分布することがわかる。反応の下限にあたる 70m水深の放射照度としては  $5.4 \times 10^{-4} \mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  となり, この明るさの範囲内にスルメイカが集群していることになる。

ここではスルメイカの視感度特性のピーク波長とされる 470-500nm に最も近い測定波長である 510nm についての放射照度分布を取り上げてみた。しかし, 実際の光の見え方はピーク波長だけに依存するわけではなく, 集魚灯によって作られる水中の光環境をスルメイカがどのように受けとめるかを理解するに十分な知見が得られているわけではない。水中の明るさという分野についての研究に加えて, 視覚と行動という 2 つの要因を考慮することで新しい研究展開となることは明らかである。

## 8. 集魚灯技術の今後の課題

これまでの長い研究の歴史と今回の調査事業の努力にもかかわらず, 適正な集魚灯利用の方式について全貌が明らかにされてきたわけではない。光源出力と集魚効果、漁獲効果の問題は光力適正化への鍵となるが、スルメイカの光に対する反応についてはさらに研究すべき課題が多く残されている。特に、漁場海水の光学的特性と集魚灯による船体周辺の照度環境の関係から、ソナー観察で推定された釣獲層での明るさの条件を考察してきた<sup>18)</sup>が、さまざまに変化する海洋環境とスルメイカの行動として、ほんの一断面をソナー映像として切り出したに過ぎない。この研究手法でのデータの蓄積と解析は今後の重要課題となろう。

これまで紹介してきた光力適正化に関する調査結果並びに漁業者との意見交換を通じて、最終的に小型イカ釣り漁船については上限を 180kW とする自主規制が決定された。また、中型イカ釣り漁船についても 250kW 規制が定められ、今後の操業秩序の遵守に向けた努力が進められている。

同時に、TAC対象種に指定されたスルメイカ資源の管理方策について、季節回遊に対応して「取り分ける」ための操業秩序の確立が重要であり、全国的な集魚灯光力上限の自主規制だけでなく、各海域別に資源を合理的に利用するための方法論を考える準備作業が、海洋水産資源開発センターにより進められつつある。<sup>19)</sup>その際に、日本海のスルメイカ資源を利用する国々の間での協議の場が必要であり、日本の光力規制が国際的な技術指針として対応できるかどうか問われる時代となっている。このためには、現状の国内光力規制の効果確認に加えて、各国間の協調操業に向けた国際的な共同研究の推進が重要となってくるであろう。そのなかで、集魚灯技術についても広い立場からの一層の研究展開がなされることを希望している。<sup>20)</sup>

## 文献

- 1) 全国漁業協同組合連合会：小型いかつり光力適正化検討事業実態調査・実証調査報告書（総集編），東京，1996，pp261.
- 2) 農商務省農務局：日本水産捕採誌，東京，水産社，1885，pp.
- 3) 佐々木忠義：集魚灯，イデア書院，東京，1953，pp.168
- 4) 大島幸吉：イカ漁業とその振興策，東京，いさな書房，1957，pp.227.
- 5) 小倉通男：イカ釣り漁業と火光，日水誌，38(8)，p.881-889，1992
- 6) 三次信輔：集魚灯ガイド，東海区水産研究所業績 C 集，No.7，60-93(1971).

- 7) 稲田博史・小倉通男：小型いか釣り漁業における集魚灯の変化，東水大論集，24，189-207(1988).
  - 8) 小倉通男・有元貴文・三次信輔・平山信夫：いかつり漁業用集魚灯 その有効利用について，全国沖合・大型いかつり漁業協会，東京，1982，pp.54.
  - 9) 鈴木恒由：スルメイカの光に対する生理反応と集魚灯の省エネ対策について，日本水産資源保護協会・月報，No.266，11-26 (1986).
  - 10) 小倉通男：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，1978，pp.26.
  - 11) 全漁連：沿岸基幹漁業実態調査，1988
  - 12) 荒川久幸・崔 漸珍・有元貴文・中村善彦：小型イカ釣り漁船の集魚灯光の海中放射照度分布，日水誌，62，420-427(1996).
  - 13) 田内森三郎：水産物理学，朝倉書店，東京，p.204-207, 1948.
  - 14) 今村 豊：漁業における火光の集魚効果とその操法の研究 - ，日仏海洋学会誌，6(3), p.26-44, 1968.
  - 15) 崔 渐珍・中村善彦・有元貴文：集魚灯による小型イカ釣り漁船周辺の海面照度分布，日水誌，63，160-165(1997).
  - 16) 崔 渐珍・荒川久幸・中村善彦・有元貴文：日本海のイカ釣り漁場における海水の光学的水型と集魚灯光の透過特性，日水誌，64，650-657(1998).
  - 17) N.G.Jerov : Optical classification of ocean water, in "Physical aspects of light in the sea", Univ.Hawaii Press, Honolulu, 1964, pp.45-49.
  - 18) H.Arakawa, S.Choi, T.Arimoto and Y.Nakamura: Relationship between underwater irradiance and distribution of Japanese common squid under fishing lights of a squid jigging boat, Fishereis Sci., 64, 553-557(1998).
  - 19) 広川純夫・高山 剛：資源管理型沖合漁業推進総合調査（スルメイカ）事業の概要，日本水産学会誌
  - 20) 日本水産学会漁業懇話会：国際化時代のイカ釣り漁業，漁業懇話会報，No.42, 1998，pp.48.
- 稲田博史：イカ釣り操業船下の水中分光放射照度，東京水産大学研究報告，75, p.487-497, 1988.

照明学会編：ライティングハンドブック，オーム社，東京，pp.609, 1987.