

# 実証試験報告書

## I 課題名

電磁誘導型省エネランプを用いたイカ釣漁業に関する実証試験

## II 実施主体名

特定非営利活動法人グローバル・コロキウム

## III 実証試験の内容

### 1 目的

従来のメタルハライドランプに比べて大幅な消費電力となる電磁誘導型省エネランプ（無電極放電ランプ）を、19トン型イカ釣操業船に装備して省エネ効果および集魚効果について実証実験を行った。実証試験では佐渡市姫津漁港所属の実証船に、従来のメタハラランプと電磁誘導型省エネランプを装備して、両者の効果を比較することによって行うこととした。

### 2 導入技術の概要

#### (1) 導入技術

電磁誘導灯（Induction Lamp、無電極ランプ、LVD などとも呼称される）は、白熱灯、発光ダイオード（LED）のいずれとも異なる光源で、高周波フェライトコイルを蛍光灯管に取り付けて、ガスを外部から電磁的に励起して発光させるものである。本技術は世界各国で量産と商業利用が始まっているが、集魚灯への応用は初めてである。イカ釣漁業については LED 集魚灯の実験が行われているが、高出力の LED 製品は導入費用がメタルハライド灯の 6 倍程度割高になる。これに対して電磁誘導灯は、消費電力は LED よりも大きいものの、導入単価はメタルハライド灯に比べて 50%割高程度であり、メタハラ灯に比べて低発熱、長寿命、点灯・消灯の即時性に優れた汎用技術としての特徴を持っている。本実験では、新型灯および筐体の開発・生産を行う企業が現地漁協と協力して集魚灯の利用支援を行うほか、名古屋大学大学院生命農学研究科と協力してプランクトン、被捕食魚、イカなどに関する生物行動の観点からも調査研究を行った。

電磁誘導灯：200W型

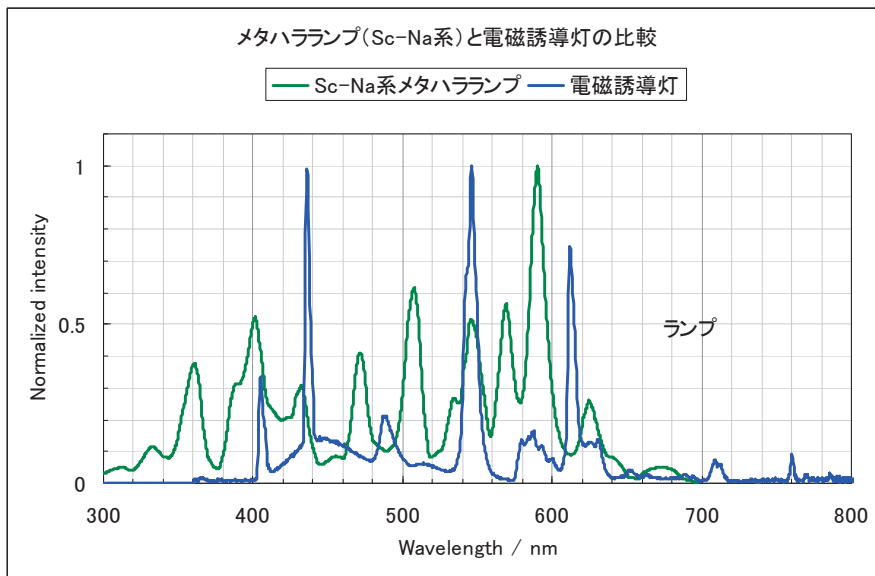
※ オーシャンエナジーテック株式会社 熊本県熊本市南熊本3丁目14-138  
くまもと大学連携インキュベータ109号

※ 天草池田電機株式会社 熊本県上天草市松島町合津 2101 番地

※ 実証実験船：第二佐光丸 登録番号：NG2-1999 新潟県佐渡市姫津漁協所属  
総トン数：19.29 t 船体：16.45m×3.75m×1.37m 新 190 馬力



電磁誘導灯の外観



メタハラ灯と電磁誘導灯のスペクトル比較

(2) 技術導入の方法 (手法)





### 3 実証試験の方法

#### A. 試験内容

試験内容を平成 21 年 3 月 23 日に提出した実施計画書のとおり以下のように設定した。実証実験の開始が遅れスケジュール通りの漁獲データの収集ができなかった。

(1) 夏イカのシーズンに実操業でデータを収集する。メタハラ灯と電磁誘導灯の操業を1週間ずつ交互に2回行って漁獲データを収集する。

(2) 収集したデータの解析を行う。

(3) 電磁誘導灯の照灯に対する(ア)イカおよび(イ)イカが捕食する小魚や大型プランクトン(アミ類)などの行動を観察する。実証実験に際しては、まず魚群探知機によって、イカが捕食の対象とする生物群の存在を記録し、次に操業の最中に船上からプランクトンネットを用いて生物群を採集する。またイカの胃内容物を調査して捕食行動を確認する。これによって集魚灯による集魚効果の前提となる食物連鎖を推測する。

(4) 電磁誘導灯と従来灯の集魚効果(餌生物、イカなどの集魚状況)、漁獲効果の関係を検討する。

## B. 試験項目と実施方法（実施計画書による）

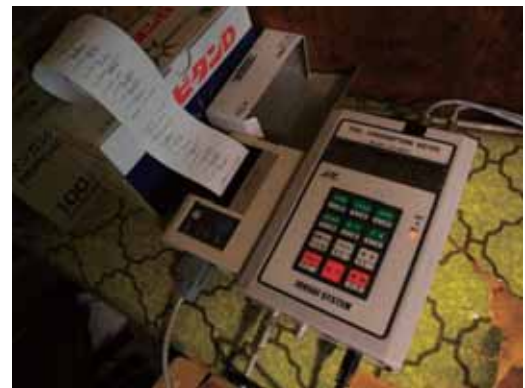
### （1）消費電力の計測

右写真のように実証実験船には船内の総電力を表示する電力計を設置しているため、消費電力の測定はこの船内電力計で計測した。



### （2）燃料消費量の計測

発電用補機と燃料タンクの間には燃料消費計を設置して計測した。燃料消費計は株式会社城西システム電子式燃料消費計「ネンピくん」FC-9521を利用した。



### （3）メタハラ灯と電磁誘導灯の照度の比較

今回の実証実験では、メタハラ灯と新型灯との照度の対照が課題になっているため、照度の測定に際しては、メタハラ灯（180Kw）との比較によって行うこととした。

具体的には平成21年3月23日に提出した実施計画書にしたがって以下の通りおこなった。

①メタハラ灯と新型灯の発光面から1.5mの場所で照度計によるLux数を計測した。計測は複数のランプについて平均を取った。

②同様に海面高での照度を比較計測する。計測に際しては舷側から棒状器具に取り付けた手持ち照度計を海面高に降ろし、船の全周を計測して記録を取ることにした。



③水中照度計を棒状器具から懸吊して各水深での照度を比較計測した。照度計はKonica Minolta T-10M（ミニ受光部防水仕様）を用いた。

### 【基本的な考え方】

集魚灯を利用したイカ釣り漁船は船体の中央線に沿ってメタハラ灯を多数懸吊する。メタハラ灯は大光量の投射に適している（1灯あたりの全光束が大きい）が、全方向に一定の光度を持つ光源なので、そのまま利用すると本来照射する必要のない方向に多くの光束を無駄に向けることになってしまう。省エネの観点からは反射板等をつけて一定の方向の光度を上げることによって無駄を減らすことができる。ところが大容量のメタハラ灯はきわめて高温になるため反射板付きの筐体に入れるなどの利用が難しい。自然冷却を前提としたメタハラ灯の利用についてはガラス管に封印して剥き出しで懸吊する現在の方法はきわめて現実的な選

択肢である。しかしこの利用方法は甲板や空を照らすなど必要のない方向に多くの光束を向けることになり、実体的な効果を上げるためには大容量化（1灯あたりのKw数と搭載灯数の増加）に向かうしかない。これは省エネの方向に反する。本実証実験で利用する電磁誘導灯（以下では新型灯とも記述）は高出力の蛍光灯であって、1灯あたりの全光束（光源がすべての方向に放出する光の量）はメタハラ灯に劣るが、発熱量が少ないため反射板付きの筐体に収めて特定方向の光度（投射先の単位面積を考えれば照度）を上げることができる。漁業者の方々の新技術に対するご希望を集約すれば「電力量や灯数など規制の枠内でより明るい経営的に導入可能な集魚灯」との点に尽きるであろう。この点を捨象して新技術の普及を図ることは難しい。他方で集魚灯がイカ釣り漁業においてどのような機序で漁果に結び付くのかについては広く普及した水産学的な定説がない。漁業者の方々は経験と勘で対処しているのが現状である。このため本実証実験では次のような基本的な考え方を採った。

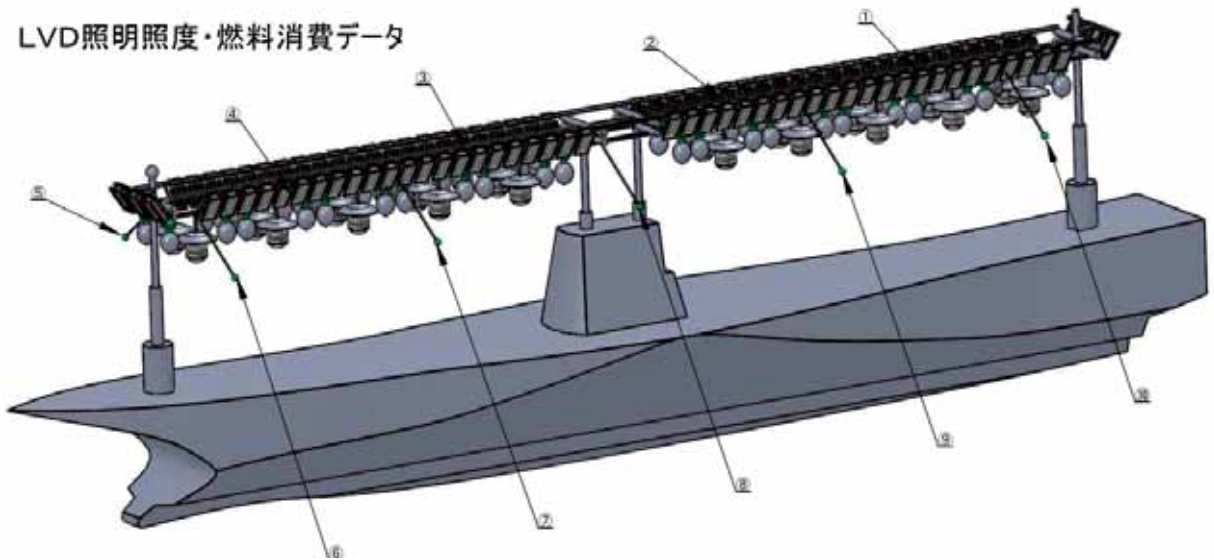
（ア）メタハラと電磁誘導灯の照度の比較については、実証実験船を1個の光源と見て船の周囲の海面に仮想的な光の円（実際には船の形に合わせた楕円）を作るとの尺度を採用する。この尺度に基づき、従来搭載数のメタハラ灯と船全体として同一照度（海面の光円で積分した光束）になる新型灯の個数を実験船に搭載して、燃料消費量の削減割合と漁獲データを収集する。

（イ）集魚灯の利用について漁業者の方々の経験と方法論をできるだけヒアリングして、これに即した漁果の機序についての仮説を立てて艤装に活かすとともに可能な範囲で水産学的な検証を行う。

#### 【照度の計測結果と換算】

上記（ア）の基本的考え方にに基づき、また平成21年3月23日に提出した実施計画書にしたがって、メタハラ灯と新型灯の発光面から1.5mの場所で直径2cmの受光窓乳白色ドームを付けた手持ちの照度計によるLux数を計測した。メタハラ灯と新型灯のスペクトルは大きく乖離していないので空中伝播の減衰について考慮しないとすれば、この計測により船の周囲の海面の仮想的な光円の照度を同一にすることができると仮定した。照度の比較計測は複数のランプについて平均を取った。今回の実証実験船はメタハラ灯3Kwを60灯搭載している。支柱を高くしてメタハラ灯の上に新型灯を艤装し、メタハラ灯と新型灯を併設して相互に光線が干渉しないように工夫した。メタハラ灯と新型灯を交互に照灯して船体の周囲10箇所で照度を計測した。計測のポイントを「図1」、計測の結果を「表1」で示した。この結果、平均照度の比較は9,865lux対33,160luxとなり、発光面から1.5mの場所で直径2cmの受光窓乳白色ドームを付けた手持ちの照度計による照度の計測では、200W新型灯は3Kwメタハラ灯の約1/3であった。今回の実証実験船はメタハラ灯3Kwを60灯搭載しているため、従来搭載数のメタハラ灯と船全体として同一照度（海面の光円で積分した光束数）にするためには3倍の灯数の新型灯を搭載すれば良いと計算した。これは200W新型灯180管になる。本実証実験では186管を取り付けた。

LVD照明照度・燃料消費データ



「図 1」

平行型照明から1.5m照度 単位=Lux

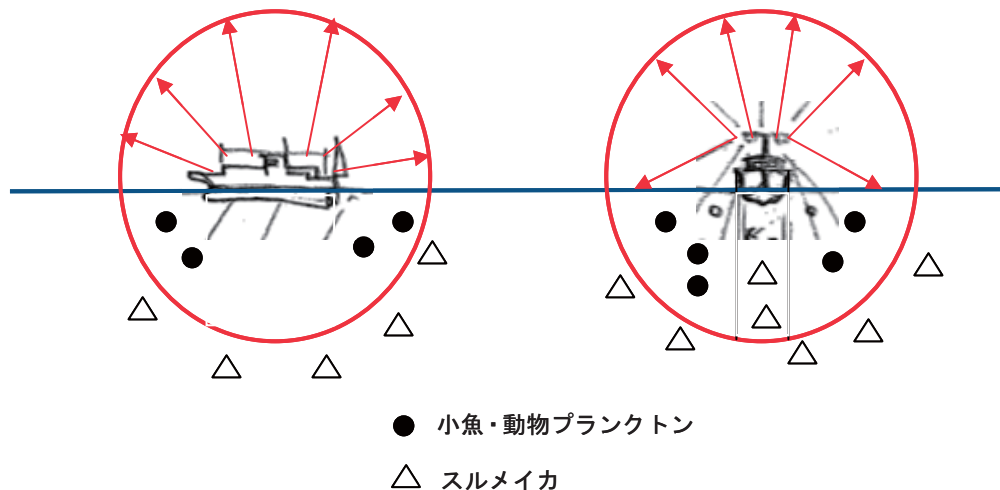
測定ポイント	新型平行	メタハラ
①	9,560	19,000
②	9,640	50,300
③	9,570	32,400
④	10,350	15,800
⑤	7,240	34,500
⑥	10,880	25,600
⑦	9,190	41,100
⑧	10,120	44,700
⑨	11,360	36,000
⑩	10,740	32,200
平均	9,865	33,160

「表 1」

【集魚灯の機序についての仮説】

(イ) については文献調査とヒアリングの結果、イカに対する集魚灯の機序については三つの仮説が可能であることがわかった。一つの仮説は集魚灯がイカの網膜に直接達してこれを誘因するというもので、イカは正の走光性を持つことになる。二つ目の仮説は、集魚灯は小魚や動物性プランクトンなどを誘因し、イカは食物連鎖の関係からこれに誘因されるというものである。三つ目の仮説は複合的なものであって、イカは食物連鎖の関係から誘因されるが負の走光性を持つため船底の影の中や光球の外側に集まる、というものである。漁業者の方々は「イカは船の影に付く」と表現する。集魚灯の明かりは小魚などを誘引し同時にイカを影部に隔離する役割を果たすことになる。イカは影の部分から光球の中に集まる食餌の対象を狙って捕食行動を行う。終漁時に集魚灯を消灯するとヤリイカが水面まで一斉に浮上して小魚を補食する様子が観察できる。イカ釣機の疑似餌は船底の影と光球の境界で上下して

おり、イカは船底の影もしくは光球の外側の境界から入って捕食行動を行う際、針に掛かることになる。このモデルを「図 2」に示した。この仮説は海面に光円（水中に光球）を作るという集魚灯の利用方法の根拠になるものである。



「図 2」

### 【その他の照度の測定】

平成21年3月23日に提出した実施計画書にしたがって海面高および水中での照度を比較計測した。計測に際しては舷側から棒状器具に取り付けた白色乳ドーム付き受光窓を海面および水中に降ろし記録を取ることにした。(Konica Minolta T-10Mでは乳白色ドーム付防水受光窓が延長コードで本体から分離する。) 計測では乳白色ドームが水平に上を向くように注意した。計測は5回行って平均を取った。

#### (ア) 新型灯186管点灯時 (25Kw)

計測の場所： 艫から 5m の左側舷側 (単位 : lux)

① 水平方向に舷側から 1.5m	1885
② 水面 0cm	806
③ 水面下 10cm	613
④ 水面下 100cm	255

#### (イ) メタハラ灯 60 灯 (180Kw)

計測の場所： 艫から 5m の左側舷側 (単位 : lux)

① 水平方向に舷側から 1.5m	9970
② 水面 0cm	2418
③ 水面下 10cm	1355
④ 水面下 100cm	287

(4) 新型灯の集魚効果に関する水産学的な調査

操業中に標準的なプランクトンネットを使って水中微生物の採取を行い種類を同定した。

分類群		個体数
ウミタル類		100
ヤムシ類		130
浮遊性甲殻類	橈脚類（カイアシ類）	2820
	枝角類（ミジンコ類）	250
	シャコ類（幼生）	1
	エビ類（幼生）	5
貝類（幼生）		9
イワシ類（仔魚）		3



橈脚類（カイアシ類）

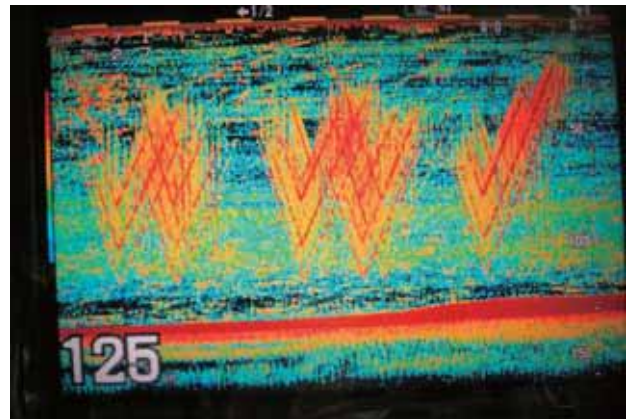


枝角類（ミジンコ類）

漁獲物の胃内容を検査したところ橈脚類の破片が充満していた。文献調査では次の記述があった。『飼料動物の種類：魚類—沿岸水域ではカタクチイワシ、サヨリ、サンマ（中略）甲殻類—沿岸・沖合両水域とも端脚類のパラテミストが圧倒的に多かった。この種は広い海域に出現しており、とくに大和堆周辺海域において豊富であることがうかがわれた。そのほかの甲殻類としてはオキアミが見られた。』山川文男「日本海沖合水域におけるスルメイカの胃内



容物調査からみた食性」水産庁日本海区水産研究所編集『日本海スルメイカ共同調査報告』昭和52年、261頁。



#### 4 実証試験結果

##### (1) 技術導入前後の燃油消費量比較

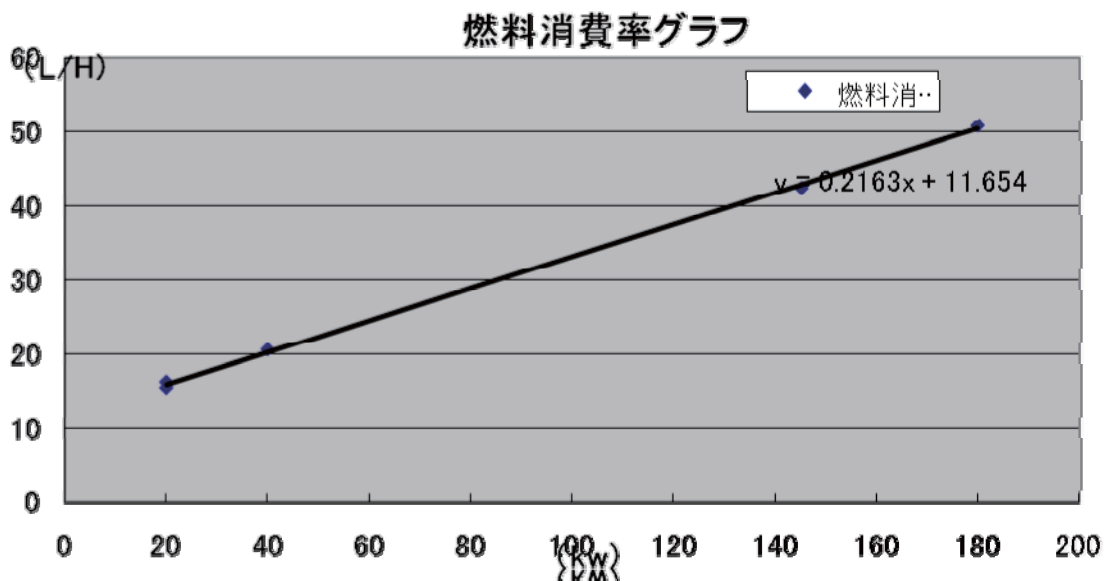
実証試験結果について、技術導入後の燃油消費量を比較して実測データを「図3」と「表2」に示した。本実証実験ではこれまで利用しているメタハラ灯と新型灯を併置しているので、これを組み合わせて「表2」の燃料消費データを採取した。

燃料消費量データ

状態	照明の種類	総電力	燃料消費量
		k w	L/H
操業中	新型灯 (186 管)	40	20.63
	新型灯 (パラレル型 90 管)	20	16.27
	メタハラ灯 (48 灯)	145	42.52
	新型灯+メタハラ灯	180	50.94
航行中	漁場向け往復		72.86

「表2」

この数字を直線回帰すると「表 2」になる。適合率が良いので実証実験船の燃料消費の特徴を把握していると判断した。



「図 3」

これによると新型灯（186 管）とメタハラ灯（60 灯）は同一照度で 40.5%（20.63/50.94）の燃料消費量になる。

## （2）省エネ評価

これにより漁船全体で 5%の燃油消費量削減が達成できたと判断した。本技術導入の費用対効果（費用については技術導入費ベース）については次のようなケースが考えられる。

### 【新造船への導入】

#### （1）メタハラ灯と電磁誘導灯の単価の比較

- ①3kw メタハラ灯（1 灯）＋安定器： 10 万円（管 3 万円、安定器 7 万円）
- ②電磁誘導灯（600w（200w×3 管／3 連 1 灯））＋安定器： 15 万円／60000 時間保証

現在の実験船ではメタハラ 60 灯を搭載している。

- メタハラ灯搭載時：3kW を 60 灯＝10 万円×60＝600 万円
- 同一照度電磁誘導灯：電磁誘導灯を 3 連 60 灯＝900 万円

となる。1 操業時の消費燃油量は 375 リットル（注：下記参照）なので、

- メタハラ灯： 70 円×375 リットル／1 漁日＝26,250 円
- 電磁誘導灯は、メタハラに比べて約 1/2 の消費電力と計算すれば 1 漁日あたりの燃油代の節約は約 13000 円となる。

燃油使用量の差による回収日数は、(電磁誘導灯 180 灯の価格－3kW メタハラ灯 60 灯価格) ÷ (メタハラ灯の 1 漁日の燃油代－電磁誘導灯の 1 漁日の燃油代) = 300 万円 ÷ 13,000 円 = 約 230 日となる。

1 操業当たりの燃油使用量の根拠は以下の通りである。

## 第2 佐光丸の平成 19 年燃油使用量

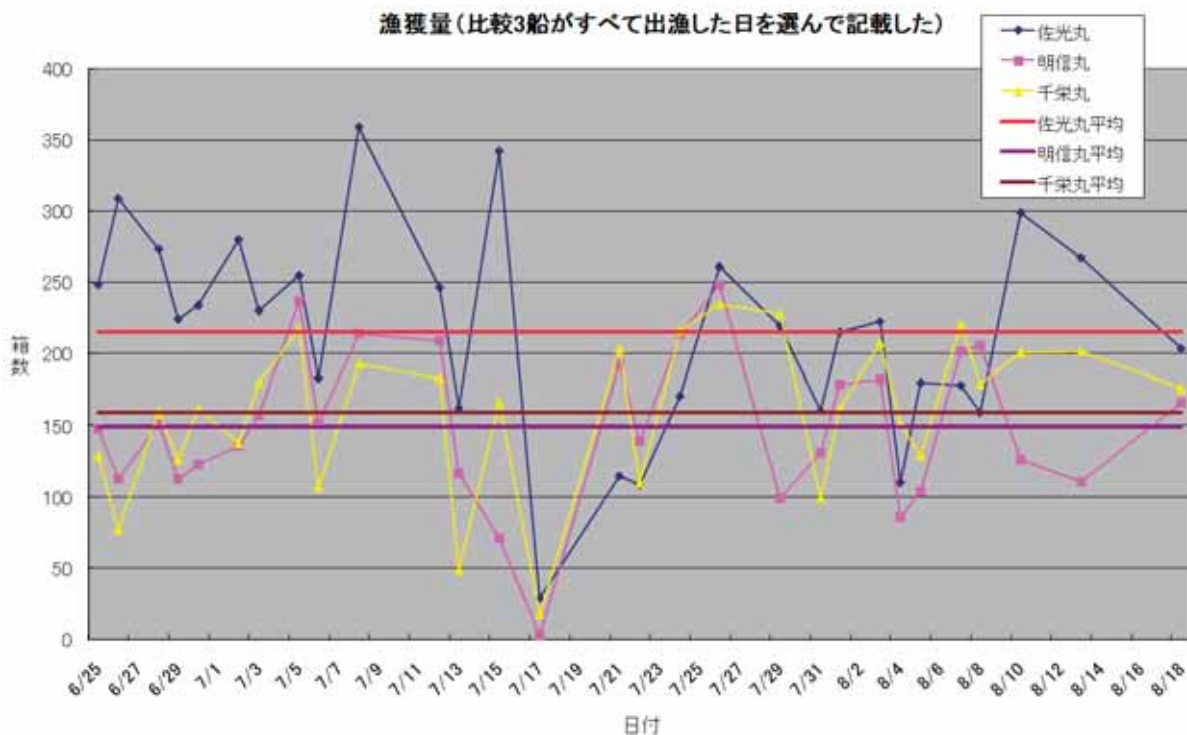
5 月 : 10,855L (12 日)    6 月 : 16,222L (20 日)

7 月 : 16,700L (21 日)    8 月 : 3,133L (9 日)

これらの平均は、757L/日なので、750L/日とした。漁業者によれば、この燃油使用量の約半分は漁場までの燃料費で残りの半分が漁場での操業に使用する燃油使用である、とのことだったので 1 操業当たりの集魚灯点灯に要する燃油使用量を 375 リットルとした。なお集魚灯の点灯時間は 1 操業あたり平均 8 時間である。

### (3) 漁獲および操業への影響

当該技術の導入により、漁獲および操業への影響については以下の通りである。



実証実験船 (佐光丸) については平均漁獲高に優位が認められるが、これは 150kw の電力制

限の範囲でメタハラ灯と新型灯を併用したからである。実際の操業では最初にメタハラ灯を利用してイカを誘引し、新型灯に切り替えて操業するなど使い分けていた。このため9月4日と5日に追加の対照実験を行った。

(1) 9月4日の追加実験の結果は新型灯186管(船内電力計32kw)を点灯し、1830時から0100時まで操業を行って12箱(20杯箱×6箱+25杯×5箱+バラ×1箱)の水揚げを得た。漁場は姫津漁協沖の斜面(水深200m~100mの海底崖)に沿った漁場である。9月に入って夜イカのシーズンは終わっており、瓢箪瀬に出た他船は昼イカ中心で9時には終漁していたため他船との比較はできなかった。

(2) 翌5日の対照実験では、同光量での比較実験のためメタハラ13灯(船内電力計50kw)で操業したところ、1830時~2100時までの釣果が1箱だったため、メタハラ26灯(船内電力計100kw)に増量し、0100時まで操業を行ったところ、結果は合計4箱(20杯箱×3+25杯×1箱)であった。漁場は昨日の航跡に沿った若干東側をとった。魚探で観察したプランクトンの量など昨日と変わりなかった。

## 5 導入のあり方

本実証試験では新型灯とメタハラ灯について所期の対照実験できなかった。新型灯の艤装についてはメタハラ灯との着脱交換が容易でないことから両者を併置する配置をとった。このため実証実験船はトップヘビーの状態になり、船倉にバラストを入れて安定性を確保した。電磁誘導灯は1灯当たりの全光束がメタハラ灯に及ばないため灯数を増やす必要がある。今後は舷側の低い位置にフレームを組んで置く艤装方法や、光力よりも効率を重視する4.9トン型の小型船での試験など商業化に先立って実証実験が必要である。電磁誘導灯自体は大手メーカーも生産を行っており技術的には成熟している。インバータを筐体の背部から外して船倉の収納箱にまとめて収めるなどの技術改良が進んでおり商業化の可能性はある程度見込めるものと考えられる。