

実証試験報告書

I 課題名

駿河湾周辺海域における135 t 大型まき網付属船灯船の新型LED水中集魚灯による省エネルギー一化実証試験

II 実施主体名

大師丸漁業株式会社

III 実証試験の内容

1 目的

駿河湾及びその周辺海域における新型LED灯の集魚効果と省エネルギー効果を実証する。昨年度事業にてメタハラ灯+ハロゲン灯を800w型の高輝度LED灯6本に置換した。技術導入による省エネルギー効果を実証すると共に、集魚が難しいとされる駿河湾周辺海況データ（水温、塩濃度、潮流、濁度）と、LED灯による集魚との関係を検証する。

2 導入技術の概要

(1) 導入技術

①平成20年度導入した技術は下記の通りである。

集魚灯設備

技術導入前：メタハラ灯 2kw×3 本とハロゲン灯 1kw×1 本の合計 7kw

技術導入後：800w 型の高輝度 LED 灯 6 本の合計 4.8kw

本船は海上でのブラックアウトを避けるために、技術導入前は2機の補機発電機をパラランすることにより船内電力、作業灯、集魚灯などの電力を賄っている。技術導入後は1機の発電機のみでこれらの電力を供給し、一台は万一の予備とすることで消耗部品の温存、メンテナンス費用の削減で、安全面の確保とコストダウンに繋げる。

②技術提供メーカー 日東製網株式会社、株式会社ヤマヤ

(2) 技術導入の方法

技術導入後のLED灯の仕様を表1に、写真を図1～3に示す。

図4～5は実証船の写真、図6はLED灯の配置図、図7～10は順にコンパネ、電源部、燃油消費量計、燃油流量計である。

表1 LED 灯仕様	平成18年度仕様 A タイプ	今回導入の仕様Fタイプ
本体外装	砲金・ステンレス他	砲金・ステンレス他
寸法 外径	126mmφ	110mmφ
長さ	624.5mm	513mm
本体重量	約13.0kg	約9.6kg
電源電圧	800W	800W
LED構成	パワーLED560灯	パワーLED1120灯
光色	青緑	緑
ピーク波長	505nm	525nm

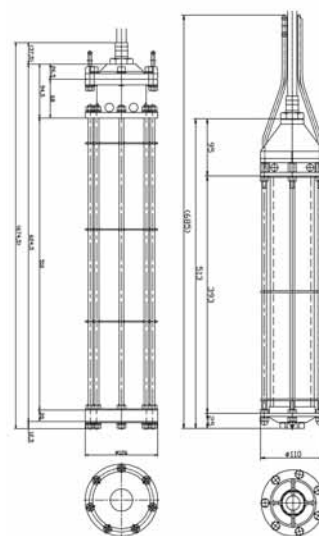


図1 LED 灯図面



図2 接岸時計測試験実施写真

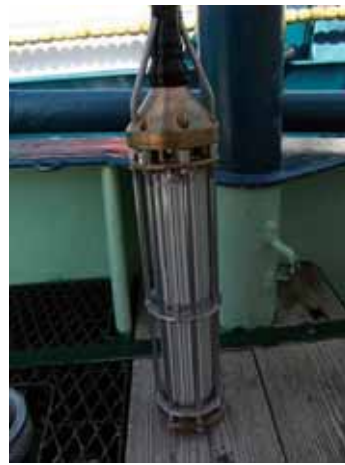


図3 本体写真



図4 実証船



図5 実証船

水中集魚灯設置位置

技術導入前は 2kw のメタハラ灯 3 本と 1kw のハロゲン灯 1 本 (合計 7kw) を使用していたが、これらを LED 灯 800w×6 本に交換した。導入前後の集魚灯の配置を図 6 に示し、コンパネと電源装置の写真を図 7、図 8 に示した。

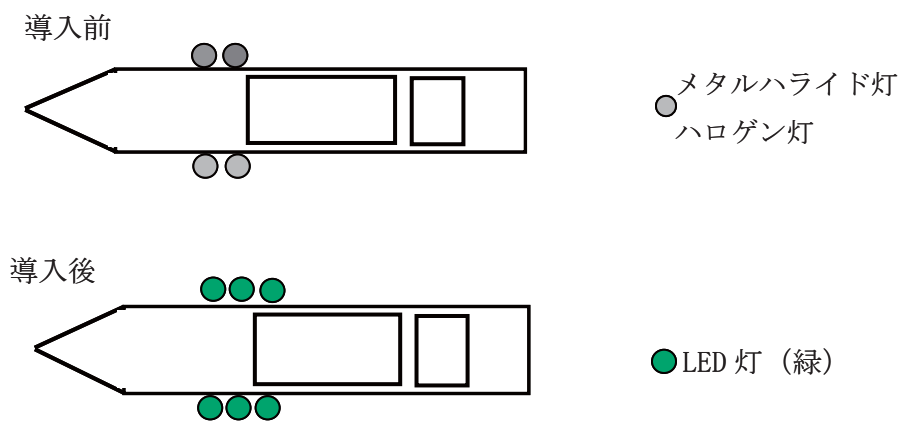


図6 水中集魚灯の配置図



図7 LED灯調光用操作パネル



図8 LED灯用電源装置



図9 燃油消費量計



図10 燃油流量計

3 実証試験の方法

(1)LED灯設備による省エネルギー効果の計測

補機2台の各燃油流入出口に流量計を設置し、技術導入前後の燃油使用量を計測する。

①技術導入前の集魚灯による燃油消費量の計測

技術導入前は2台の補機駆動発電機により電力供給を行う為、2台を運転し集魚灯を点灯した状態で一定時間の燃油流量を着岸中に計測する。同様に沖合作業中においても随時計測する。

②技術導入後の集魚灯による燃油消費量の計測

技術導入後は補機発電機1台を運転し、LED灯を点灯した状態で一定時間の燃油流量を着岸中に計測する。同様に沖合作業中においても随時計測する。

(2)漁獲量の記録

技術導入前後の漁獲量を魚種別に記録し、それぞれ比較して実績を評価する。

(3)集魚効果の検証

集魚時の海況データ（水温、塩濃度、潮流、濁度）を取り、その時の集魚状況をソナー画像で確認し、デジタルカメラで記録する

(4)実証試験スケジュール

- ①従来型でのデータ採取：平成21年2月～3月
- ②機械設備等製作期間：平成21年2月～3月
- ③実作業試験：平成22年2月～3月
- ④評価取りまとめ：平成22年3月

4 実証試験結果

(1)試験運転時燃油消費量測定結果

LED灯を導入する前後において、接岸状態で試験運転した燃油の消費率を整理した。表2-1は技術導入前後の燃油消費量測定結果で、補機2台の合計は23.01(L/h)であった。対してLED

灯を点灯した場合は補機1台を停止したため15.76(L/h)となり、集魚時に必要な燃油の消費量が31.5%減少することが明らかとなった。

表2-1 試験運転時燃油消費量

(メタルハライド灯, 2KW×3本, ハロゲン灯 1KW×1本, 作業灯・ソナー・魚探等)				(LED水中集魚灯, 800W×6本, 作業灯・ソナー・魚探等)			
開始時刻	10:10			開始時刻	13:15		
終了時刻	12:10			終了時刻	15:15		
計測時間 (h)	2			計測時間 (h)	2		
補機1	燃料消費量 (L)	23.72		補機1	燃料消費量 (L)	31.52	
	(L/h)	11.86			(L/h)	15.76	
補機2	燃料消費量 (L)	22.3		補機2	燃料消費量 (L)		
	(L/h)	11.15			(L/h)		
合計		(L/h)	23.01	合計		(L/h)	15.76

測定日 平成21年3月26日

(2) 実操業中燃油消費量測定

技術導入前の平成21年2～3月と技術導入後に集魚灯を使用した平成22年2月～3月の燃油消費量と集魚時間、漁獲量、海況を記した野帳より整理し表2-2、表2-3に示した。技術導入後の集魚時間は最大で10.53時間、最小で0.67時間、平均すると5.0時間であった、また集魚に必要な燃油消費率は16.57L/hであり、この期間の技術導入前後で29.5%の省エネとなった。この実証試験は将来へ向けて可能性を探るものである。国内の大中型船のほとんどが高出力の補機を2機装備しているが、今後更に強電・弱電の省エネ化が進めば、高出力の補機1機と万一のブラックアウト時に最低限の電力を賄えるだけの小さな補機1機で安全を確保し操業できる可能性が示唆された。また、この実証の成功により高出力の補機の購入資金を不要とし、空間の居住スペースへの有効利用、更に重量軽減による燃費削減が見えてくるので、大きな補機2機は必要なくなる。

(3) 省エネ評価

省エネ評価は、集魚時間を10時間、年間操業日数を176日間、A重油を70円/L、メタハラ灯+ハロゲン灯燃油消費率：23.51L/h、LED灯燃油消費率：16.57L/hとして計算した結果下記の通り年間855,008円のコストダウンとなった。

技術導入前：メタハラ灯+ハロゲン灯年間燃油費用

$$23.51\text{L/h} \times 10\text{h} \times 176\text{日} \times 70\text{円/L} = 2,896,432\text{円}$$

技術導入後：LED灯年間燃油費用

$$16.57\text{L/h} \times 10\text{h} \times 176\text{日} \times 70\text{円/L} = 2,041,424\text{円}$$

当事業の機械設備費には開発費・技術者派遣費用・工賃等を含んでいるので20,265,000円を必要としているが、今後の普及に伴い製造コストも大幅に抑えられると思われる。

近い将来LED灯の1セット当たりの価格が2,000,000円になるとすると6本をフル装備したとして12,000,000円となる。一方、既存の水中灯設備による電球破損や安定器の故障などのランニングコストが約200,000円と見積もり、技術導入による燃油消費削減費855,008円を合算すると、年間コスト削減費は1,055,008円となる。12,000,000円を年間コスト削減費1,055,008円で除すると11.4年となり十分に見合う設備投資と考えられる。

表 2-2 導入前の燃油消費量測定（操業時）

平成 21 年

	2/18	2/19	2/20	2/20	2/22	2/23	2/25	2/25	2/27
開始時刻	18:35	21:44	18:10	23:00	19:09	23:48	19:03	3:04	22:18
終了時刻	19:05	23:35	21:30	2:40	20:10	1:15	21:20	4:38	23:20
計測時間(h)	0.50	1.85	3.33	3.67	1.02	1.45	2.28	1.57	1.03
燃油消費量(L)	11.62	41.79	79.49	86.94	24.81	32.87	53.01	37.49	23.63
燃油消費量(L/H)	23.23	22.59	23.87	23.69	24.32	22.67	23.25	23.88	22.94
水温(°C)	16.1	16.1	16	16	17.1	16.5	16.1	15.8	15.7
濁度(mg/L)									
集魚状況	2	3	4	5	3	3	3	2	2
潮流(kt/10)	3	4	1	5	3	3	7	4	3
塩分(‰)	30.5	30.4	30.2	30.2	30.5	30.3	30.8	30.1	30.3
流向	25	150	120	300	290	320	340	45	250
水中灯の水深	20	20	15	30	30	30	15	30	30
青アジ (t)	30	3							
アジ (t)					4				5
サバ (t)			12	16		24	6		
イワシ (t)								9	
焚合有無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
焚合時間									
受け渡し									

	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/8	合計
開始時刻	18:36	19:35	21:07	18:40	21:30	19:06	18:49	
終了時刻	19:02	20:50	23:20	20:10	23:18	21:28	21:15	
計測時間(h)	0.43	1.25	2.22	1.50	1.80	2.37	2.43	28.7
燃油消費量(L)	10.27	29.54	54.88	35.88	42.73	53.40	56.40	674.8
燃油消費量(L/H)	23.88	23.63	24.72	23.92	23.74	22.53	23.21	23.51
水温(°C)	15.8	16.4	16.2	16.1	19.1	18.5	18.5	
濁度(mg/L)								
集魚状況	2	2	4	3	3	4	4	
潮流(kt/10)	8	4	3	5	7	5	3	
塩分(‰)	30.1	30.1	30.7	30.5	30.3	30.2	30.5	
流向	215	310	320	70	290	340	40	
水中灯の水深	20	50	30	20	30	15	20	
青アジ (t)	5	10	10	5				63
アジ (t)					6	11		26
サバ (t)							6	64
イワシ (t)								9
焚合有無	無	無	無	無	無	無	無	
焚合時間								
受け渡し								

平成 22 年 2 月初旬よりデータ取りを開始し、水温は徐々に上昇している。しかし濁度、塩分等に大きな変化は見られず、水揚げにはさほど影響は無いと思うが、全体的に魚が非常に見えにくいので、LED 灯と漁獲量・海況状況との関連性を見出すのは難しい。

(4) 漁獲および操業への影響

表 2-4 自船団内灯船第 6 大師丸との漁獲比較

第 2 大師丸	2/3	2/4	2/7	2/8	2/10	2/13	2/14	2/14	2/16	2/17	2/18	2/20
青アジ (t)			投網無								投網無	投網無
アジ (t)	80	100										
サバ (t)					5				10	110		
イワシ (t)				20	15	40	30	40				

第 2 大師丸	2/21	2/23	2/24	2/25	3/3	3/6	3/8	3/11	3/13	3/14	合計
青アジ (t)											0
アジ (t)											180
サバ (t)		20	15		30	10	15	30	10	30	125
イワシ (t)	10			5				15	5		145

第 6 大師丸	2/3	2/4	2/7	2/8	2/10	2/13	2/14	2/14	2/16	2/17	2/18	2/20
青アジ (t)	24	63									投網無	
アジ (t)												
サバ (t)			26	24	5		70		20	200		4
イワシ (t)			32	31	10	20	87					

第 6 大師丸	2/21	2/23	2/24	2/25	3/3	3/6	3/8	3/11	3/13	3/14	合計
青アジ (t)											87
アジ (t)											0
サバ (t)	34	80	16	1	20	50	32		12	30	349
イワシ (t)	3		7	2		4		7	4	1	180

表 2-4 は技術導入後の本船と従来灯を使用している第 6 大師丸による、平成 22 年 2 月 3 日～3 月 14 日の期間中、22 日間の操業で水揚げされた漁獲量を比較したものである。この統計によると従来灯を使用している第 6 大師丸の水揚げ量の方が多いという結果となっているが、実操業においては、探索し集魚対象とした魚群の大きさの違いや、対象魚種によって、容易にこの程度の差は生じる為、一概にこの表から優劣を判断することはできない。

船頭からの聞き取り調査によると、本船のみの単独漁場であればメタハラ灯とそれ程遜色なく集魚できると思うが、漁獲量が低迷しているうえに競合船団がいる漁場では、LED 灯は暗く感じ、発見した魚群を確実に集魚できる光力に至るには不安が残る。しかし、灯に付き難いとされるマイワシを集魚したり、青アジの誘導に成功している事例を考慮してこれからの可能性に期待したい。

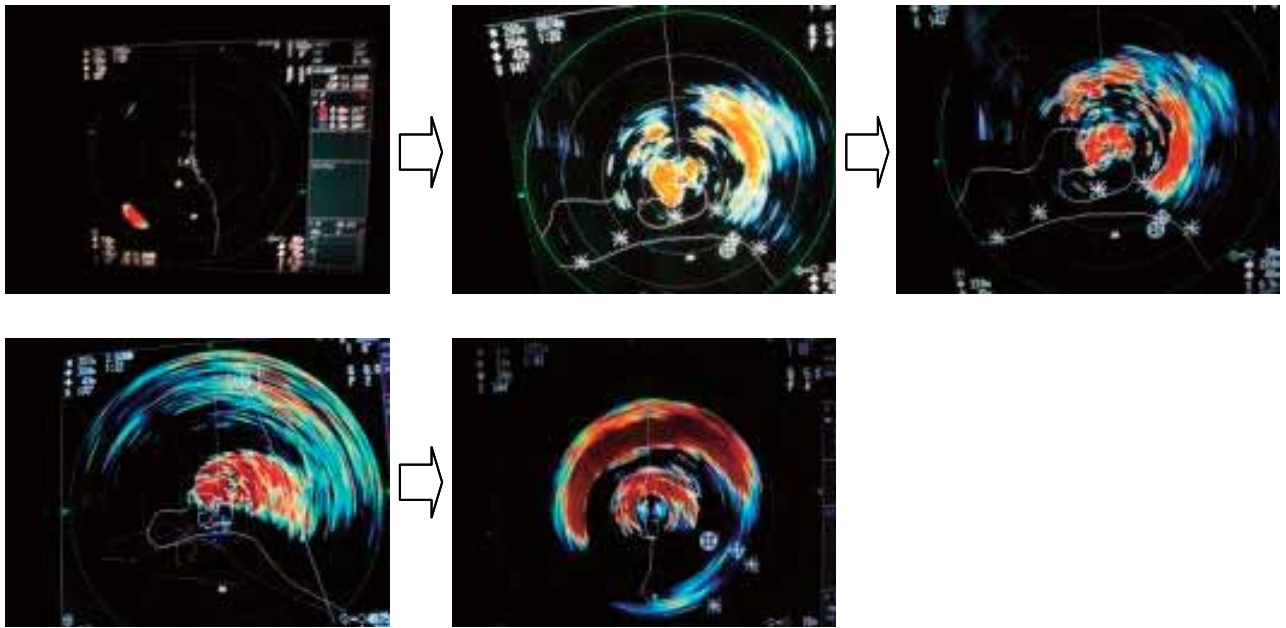
(5) LED 灯使用事例

①平成 22 年 2 月 10 日 天気 くもり、気温 12.0℃、風速 5m/s、漁獲量サバ 5t とイワシ 15t 集魚開始 20:50 集魚終了 4:20、水温 16.8℃、濁度 0.8mg/L、潮流 0.8kt

塩濃度 31.4‰、流向 320 度、集魚状況 3

出港して漁場近くまで来たところで減速し探索を始め、反応を見て一旦停船するも集魚まで至らず。20:50 頃（下記のソナー画像）上層と低層に反応を見て、100%の光力で 30m 位まで LED 灯を投下し集魚を開始したが、とても風が悪く船を一定位置に保てない。また、LED 灯もあまり深くまで入れてしまうとケーブルが絡んでしまう恐れがあるので 30m 程度が限界だが、投下している灯も動いてしまい魚群の灯付きがとても悪く、まわりの魚が付いてこない。風が悪かったが 100%のまま 7 時間程集魚し灯に付いたサバ 5t とイワシ 15t を漁獲した。風が

悪かった分競合したメタハラ船とは0.25マイル以上離れており、メタハラ船に獲り負けはしなかった。



②平成22年2月13日 天気 晴れ、気温 5.5℃、風速 3m/s、漁獲量イワシ 40ton

集魚開始 19:28 集魚終了 6:00、水温 16.9℃、濁度 4.3mg/L、潮流 1.7kt

塩濃度 33.4‰、流向 290 度、集魚状況 1

漁場到着後、探索して 19:28 頃魚群の反応を見つけ、表層近く（15m程度）のところへ LED 灯を投下する。

ソナー画像と魚探の魚群のちらばり具合、集魚の悪さなどからイワシ類と判断した。集魚開始後、魚の反応を見ながら調光で強弱を操作して魚の反応を待ったが、大きく散ったまま灯付きは非常に悪い。この日はこの魚群に狙いを定め定点保持し、明け方近くに光を少しずつ絞っていったところ、若干反応を見せ、光力を 30%→20%程度まで絞り込んだところ、魚群が上昇したので網を巻いた。

③平成22年2月21日 天気晴れ、気温 9.0℃、風速 8m/s、漁獲量イワシ 10t、集魚開始 20:28

集魚終了 5:55、水温 15.6℃、濁度 2.9mg/L、潮流 0.5kt、塩濃度 33.2‰、流向 236 度、集魚

状況 3

イワシは作業灯など上灯に付くことはあるが、水中灯にはまず付かないのでイワシの反応の場合、水中灯を入れる事は少なかった。メタハラ灯の場合は光の調光ができないし、ハロゲン灯のスライダックはある程度まで絞ってきて最後は一気に消灯してしまうのであまり使い勝手がよくないからである。この日はイワシの反応を見つけ LED 灯を 20%で水深 30m の深さに投下してジワジワとイワシが光に「なじむ」のを待った。

50%位までゆっくりと明るくして行き、水深 20m 位まで LED 灯を上昇し 30 分程そのままの状態を維持した。その後光を少し絞ったが、魚群の大きさはかわらずそのまま投網し 10t を漁獲した。

④平成22年3月3日 天気くもり、気温 12.0℃、風速 6m/s、漁獲量サバ 30t、集魚開始 21:40

集魚終了 23:22、水温 17.1℃、濁度 2.7mg/L、潮流 2.0kt、塩濃度 32.4‰、流向 70 度、集魚

状況 4

漁場探索後、21:40 頃魚群の反応を見つける。全開にした LED 灯を少し深め（45m程度）までゆっくりと降ろして行き、魚の反応を見て魚探と試し釣で魚種をサバと確認する。春先のサバは産卵時期のため、帯状に散っている場合が多く、ほとんど灯に付くことはないがこの時期でも単群でいる場合は灯に付く。

また、イワシは潜らないが、サバは潜ってしまうので、調光には十分気をつけて急激は強弱を付けずに少しずつ、少しずつ魚群に気づかれない様に LED 灯を 30m 程度のところまで上げると同時に光力を絞る。光力が 20%程度になったところで投網した。

⑤平成 22 年 2 月 4 日 天気 晴れ、気温 12℃、風速 6m/s、漁獲量青アジ 60t

1:10 に集魚終了後、本船は次の投網に向け青アジを集魚中の片船 6 号のフォローに廻った。魚群が完全に灯に付いている時は問題ないが、灯付きが不安定だと逃げ口を探して網の中を魚が泳ぎまわる。環締めが終われば逃げ口はないが、環巻中には、本船の下に三角の隙間があるため、本船は投網した網船の網の反対側に位置して、LED 灯×6 本を全光力で点滅した（0.1 秒間点灯/0.1 秒間消灯）。

片船が投網している時に、もう片船が魚群の逃避を防止することはよく有り、どの船団も今まではハロゲン灯をスライダックの強弱を付けたり、船舷をハンマーでたたいたりして魚群を誘導したが、本船は LED 灯を導入しているので点滅機能を使ってみた。全ての魚種に効果があった訳ではないが、青アジには非常に良い効果が見られこの日は魚群を網中へ戻すことに成功した。青アジが反応したこの日の点滅間隔が他魚種において適用出来るか、魚種によって適当な点滅間隔が違うのか試してみたい。

(6) 光量子束密度測定

LED 灯およびメタハラ灯の水中における集魚灯からの距離別の光量子束密度を小型メモリー式光量子計（JFE アレック電子（株）、COMPACT-LTD、AL30CMP：図 11）にて測定した。表 2-4 にて測器の仕様を記した。図 12 の様に光量子計を海面下 5m にセンサー部分が下向きになるように設置し、それぞれの水中集魚灯を横向きになるように垂下して沈めることで、水中における集魚灯からの距離別の光量子束密度を測定した。



図 1 1

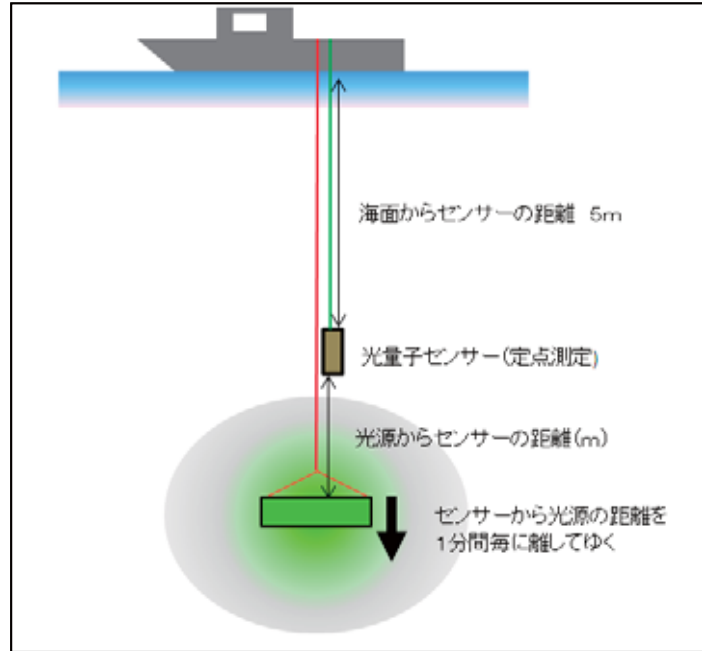


図 1 2

表 2 - 4

測定項目	光量子	深度	水温
センサタイプ	フォトダイオード	半導体	サーミスタ
測定範囲	0~5000 $\mu\text{mol/s/m}^2$	0~100m	-5~40°C
精度	直線性±1%	±0.3%FS	±0.05°C
分解能	0.1 $\mu\text{mol/s/m}^2$	0.002m	0.001°C

(7)クロロフィル測定

光量子束密度を測定する際の環境情報としてクロロフィルメーター（笠原理化学工業株式会社、CHL-5Z：図13）にて測定した。表2-5にて測器の仕様を記した。クロロフィルセンサーの第二標準として蛍光物質“ウラニン”標準液（ $\mu\text{g/L}$ ）で校正し、クロロフィルの濃度に比例して発生する蛍光強度を測定し、ウラニン換算蛍光量を記録した。

表 2 - 5

品名	クロロフィルメーター
型式	CHL-5Z
測定対象	クロロフィル
測定範囲	0.0~200 $\mu\text{g/L}$ (ウラニン換算蛍光強度)
最小分解能	0.1 $\mu\text{g/L}$ (ウラニン換算蛍光強度)
表示	LCD 3.1/2桁
測定波長	励起波長 460nm 蛍光波長 590nm



図 1 3

(8) 水温、塩分、濁度測定

光量子束密度を測定する際の環境情報として多目的水質計（東亜ディーケーケー、WQC-24：図 14）にて水温、塩分、濁度を測定した。表 2-6 に測器の仕様を記した。

表 2-6

項目	表示範囲	繰返し性 (計器本体)	測定方式	校正
塩分	0.00～ 4.00% (NaCl) / 0.0～40.0 (海水塩分)	±0.1% /±1	電気伝導率 より換算	
全溶存 固形物量	0.0～ 100.0g/L	±2g/L		
海水比重	0.0～50.0t	±0.1t		
温度	-5.00～ 55.00℃	±0.25℃	白金薄膜 抵抗体	
濁度	0.00～ 800.00NTU /0.0～ 800.0mg/L	±3%FS	90度散乱光 測定方式	ゼロ、 スパン校正



図 1 4

(9) 光量子束密度の測定結果

- ・日時 2009年12月4日 17:30～20:30
- ・場所 静岡県沼津市戸田湾 湾央
- ・環境条件 濁度 4.76mg/L、塩分 (30.8‰) 水温 19.8℃

クロロフィル0m : 20 μg/L、5m : 22.7 μg/L、センサーと光源距離 1m～25m

測定結果を解析したところ、潮流の影響などにより光量子センサー部と光源が直線状に向き合わせられず、LED灯とメタハラ灯の水中での光の伝播を比較できる結果は得られなかった。

5 導入のあり方

消費電力が同一ではないので単純には比較できないが、既存のメタハラ灯と比較して LED 灯は船上から見た光の球がかなり小さく見える。駿河湾は狭い海域に 3ヶ統が競合していて 1つの魚群を数隻がねらい、特に夕暮れ時の空が暗くなり始めた頃に競い合う数隻の灯船が一気に集魚を始める。その距離はわずか 50m にまで接近しているため、光の強いメタハラ船との競合は本導入技術の LED 灯では弱く感じられた。

LED の特性やデータの数値は理解するが、他船の光が大きいとそれだけで魚は引っ張られてしまうので、LED 灯だけで集魚するのではなく、現状はメタハラ灯と併用して大きく集めて魚群を小さくまとめる時に活用しようと思う。また、風の悪い日でも長時間集魚を続けることもあり灯具の破損も多いが、量産価格になったとしても我々漁業者がすぐに購入出来る価格ではない。調光や点滅などこれまでになかった集魚ができるので、LED 灯には非常に期待しているし、本事業で導入した技術はもう 1 隻の灯船に積み別けるなどして使い続けようと思うが、本当に普及させるには今よりも相当安価にしてほしい。