

大型サンマ棒受網漁船(171トン)におけるLED漁灯導入実証試験(平成21年度)

－ 【実施主体：株式会社ヤマツ谷地商店】 －

株式会社東和電機製作所 機械設計開発部
課長 佐野 栄作

1. 目的

サンマ棒受網漁業におけるLED漁灯導入はこれまで数隻の事例があり、省エネ効果と採算性に関する成果も報告されてはいるが、未だ普及していない。2012年度末の白熱電球全廃を間近に控え、代替漁灯光源として有力なLED漁灯の普及気運は、個々の漁業者の意識だけでは盛り上がりず、信頼性の高い実証例を増やすことが必要である。また、当漁業における白熱光源代替策の具体化も急務であることから、当実証試験では、第2源榮丸(171トン)の漁

灯全てを新開発のLED漁灯に換装し、漁期を通して省エネ効果並びに採算性を明確にする操業を続け、普及に繋ぐことを目的とした。

2. 導入技術の概要

2-1 導入技術

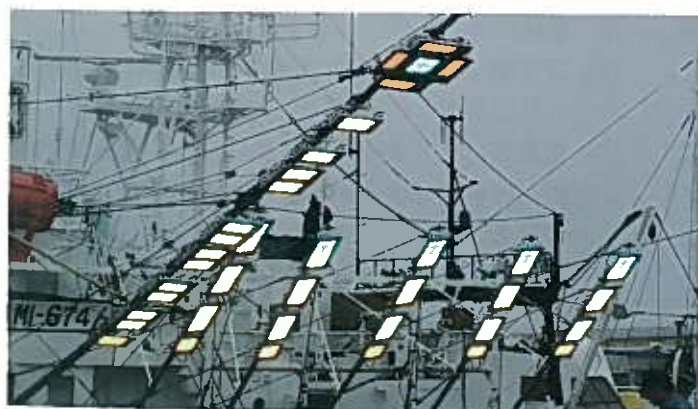
実証試験に導入したLED漁灯とその周辺機器を図1及び2に、LED漁灯システムの系統概略を図3に示した。



LED漁灯を搭載した灯竿



点灯したLED漁灯(船首側)



左舷側LED漁灯の点灯状態



LED漁灯の点灯(右舷側)



図1 LED漁灯の種類



図2 LED漁灯の周辺機器

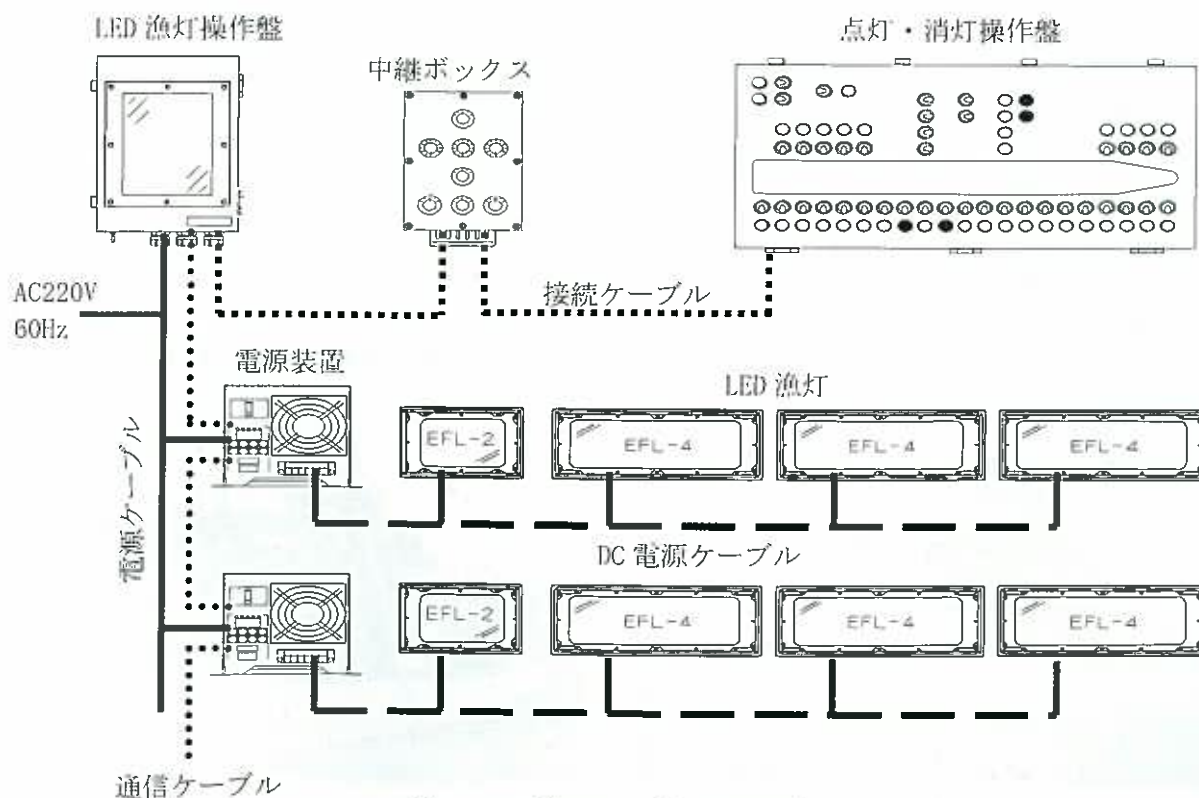


図3 LED漁灯システム系統略図

2-2 技術導入の方法（手法）

試験船第2源榮丸は、既存漁灯（白熱灯と放電灯）562 [kW] をLED漁灯+LED作業灯47.1

[kW] に換装し、灯竿全てをLED化した。以下に試験船の概要とLED漁灯導入前後の漁灯装備について解説した。

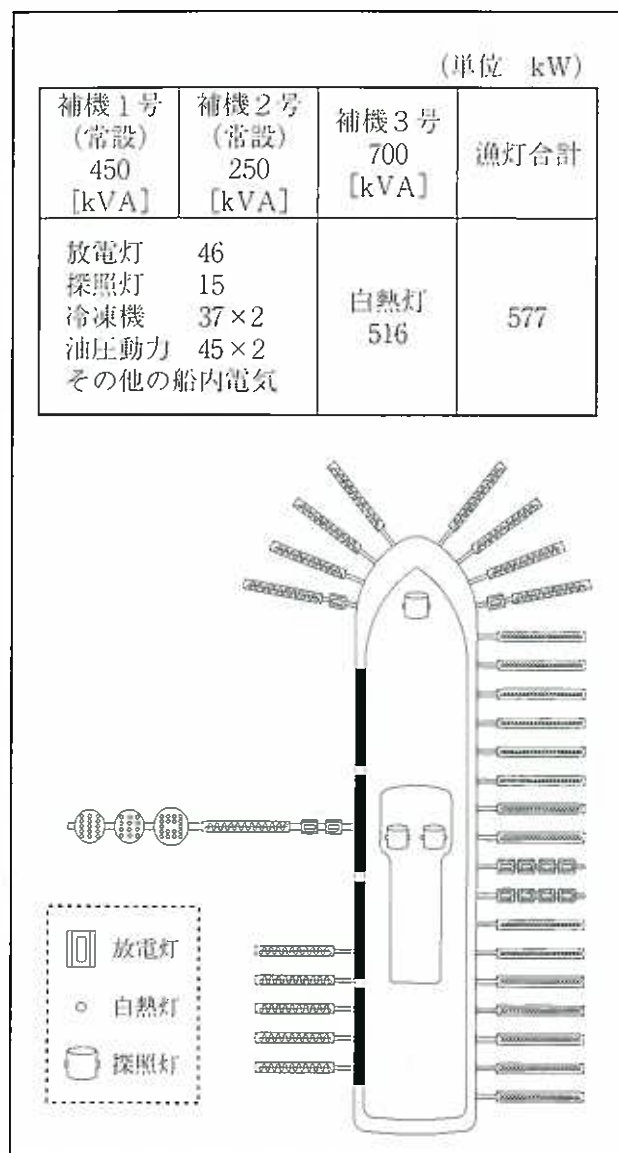


図4 既存漁灯装備配置図

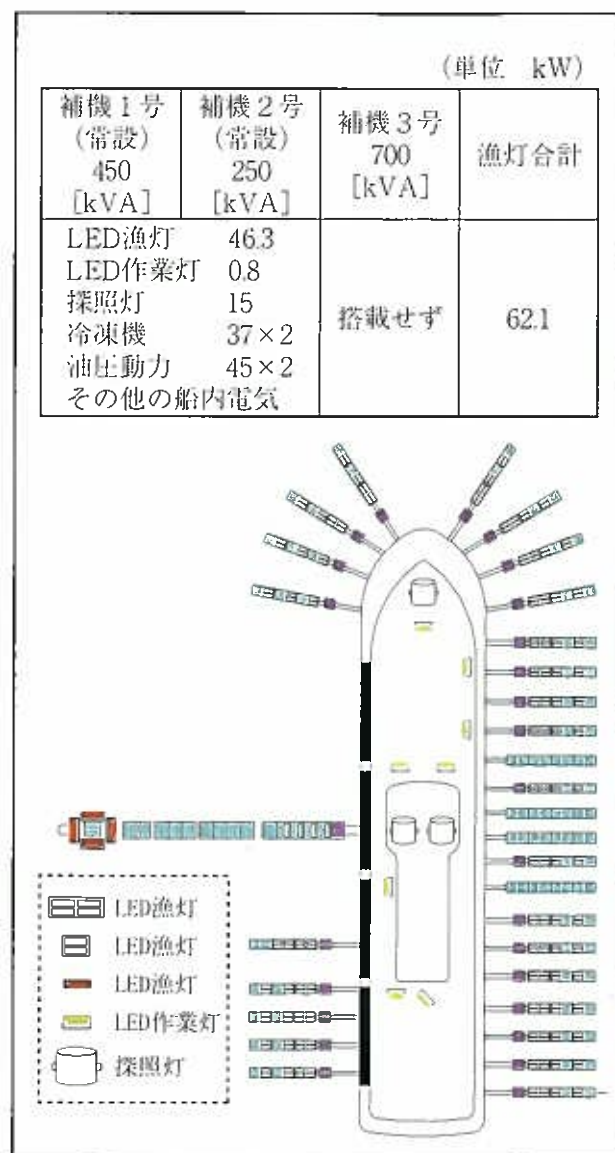


図5 実証試験におけるLED漁灯配置図



既存漁灯装備の第2源榮丸



LED漁灯装備の第2源榮丸

1) 試験船の概要

第2源榮丸の要目

漁船名	第2源榮丸
登録番号	AM1-674
所有者	株式会社ヤマツ谷地商店
漁業種類	サンマ棒受網漁業、 さけ・ます流し網漁業
根拠地	青森県八戸市
船齢	23年
寸法	長32.00m×幅6.80m×深2.85m
総トン数	171トン
船質	鋼
推進機関	ディーゼル 915 [PS] / 650 [rpm]
補機関 1 (常設)	ディーゼル 600 [PS] / 1200 [rpm] 発電機450 [kVA]
補機関 2 (常設)	ディーゼル 300 [PS] / 1200 [rpm] 発電機250 [kVA]
補機関 3 (サンマ 漁期のみ)	ディーゼル 1050 [PS] / 1800 [rpm] 発電機 [700kVA]

2) 既存操業における漁灯装備

図4に既存操業における第2源榮丸の漁灯装備を図解した。

補機1号および2号は出力系統に対し並列に接続され、既存漁灯操業では通常、補機2号を使用し、故障対応等の緊急時に補機2号を停止して補機1号に切替えていた。

本船は、サンマ棒受網漁とさけ・ます流し網漁を兼業しており、表1の補機3号(700kVA)は、サンマ漁期だけに搭載していた。

3) 実証試験における漁灯装備

本船は、当実証試験に向けて全灯竿をLED化した。図5に実証試験におけるLED漁灯装備を図解した。

3. 実証試験の方法

実証形態における操業試験は、平成21年8月の大型漁船の出漁と同時に開始し、既存漁灯を装備した同業他船と同じくサンマの回遊と共に漁場を移動し

ながら、LED漁灯の特性を活用して漁期終了まで実施した。試験操業の過程では、下記の試験項目の検証を目的として「操業野帳」を記録した。

- ① LED漁灯を既存漁灯と同様に操作した場合の各操業過程(探魚、集魚、投網、誘導、集約および漁獲)。
- ② LED漁灯をサンマの対光行動に応じて操作した場合の各操業過程。
- ③ LED漁灯の調光・点滅等の特性を活用した操法における各操業過程。
- ④ 漁期、漁場、魚群性状等の操業状況に対応した操法。

前記の①～④は、LED漁灯出力46.3 [kW] を上限として光量調節しつつ、既存漁灯操業と同等またはそれ以上の漁獲(操業時間の短縮、投揚網回数の削減等)を目標として実施した。

漁期中、協力機関である東京海洋大学の調査員が乗船操業調査を3回実施した。

燃油消費量は、補機1、2号および船全体の消費量を(社)海洋水産システム協会の指導書「燃油消費量計測の為の指針」に基づいて計測・記録した。

4. 実証試験の結果

実証試験は、平成21年の大型サンマ棒受網漁業の解禁と同時に開始し、漁期を通して完了した。

図6に主な漁場と漁期を示した。



図6 実証試験の主な漁場と漁期

4-1 技術導入前後の燃油消費量比較

実証試験では、漁場での操業で補機1号を使用し、操業以外の時は補機2号に切替えた。図7に実証試験における本船の補機使用サイクルを示した。

表1に実証試験における発電機毎の燃油消費量と比率を示した。



図7 補機使用サイクル図

表1 発電機別の燃油消費量と比率

	補機1号 450kVA	補機2号 250kVA	漁船全体	主機 ^{※1}
燃油消費量 [L]	25,522	54,359	395,320	315,439
比率 [%]	6	14	100	80

^{※1} 漁船全体から補機1、2号を引いた計算値。

事前測定した補機1号機の燃油消費特性をもとに操業時の平均電力を推算し、漁灯の消費量を試算した。表2に漁期間中の補機1号の燃油消費内訳を示した。

表2 補機1号（450kVA）の燃油消費内訳

燃油消費量 [L]	稼働時間 [h]	単位時間当りの 燃油消費量 [L/h]	平均電力 [kW]
25,522	464	55 (28.2) ^{※2}	103 漁灯 31 ^{※3} その他 72

^{※2} 表中（ ）数値は漁灯31[kW]の推算値。

^{※3} 漁灯62.1[kW]の稼働率50%とした値。

次に、平成20年以前の既存漁灯操業における漁灯の燃油消費量とその内訳を漁灯の稼働率を実証試験と同様の50%として推算した。表3にその結果を示した。

表3 既存漁灯の定格電力における燃油消費量推算値

発電機	定格電力 [kW]	燃油消費量 [L/h] ^{※4}
補機3号 700kVA	白熱灯 516×0.5=258	84.2
補機2号 250kVA	放電灯 46×0.5=23 探照灯 15×0.5=7.5	19.6

^{※4} 「漁船用環境高度対応機関型式認定基準」に基づく推定値。

表2、3の値をもとに、実証試験（LED漁灯+探照灯）と既存漁灯の燃油消費量を比較し、表4に示した。

表4 実証試験と既存漁灯の燃油消費の比較

漁灯形態	定格電力 [kW]	燃油消費量		燃油 削減量 [L]
		[L/h]	[L] ^{※5}	
実証試験	62	28.2	13,085	35,078
既存漁灯	577	103.8	48,163	

^{※5} 今期の補機1号の稼働時間464[h]で推算。

実証試験のLED漁灯操業により、サンマ漁期間の漁灯の燃油削減量は73%と推定され、目標を達成できたと評価した。

表5に漁期年別の給油量と金額を示した。平成18～20年は既存漁灯操業で平成21年はLED漁灯操業の値である。

表5 漁期年別給油量

漁期 (平成年)	航海数	給油量・額 ^{※6}		
		[kL]	[万円]	[円/L]
18	40	314	1,999	63.7
19	36	341	2,200	64.5
20	40	354	3,455	97.5
21	46	384 ^{※7}	2,200	57.3

^{※6} 税抜き金額。

^{※7} 給油量であり、消費量測定値とは異なる。

実証試験で漁灯の燃油は73%の削減と推定したが、漁期年別給油量は過去4年で最も多かった。第2源榮丸の渡辺敏夫漁撈長によると平成21年の操業はサンマの群が疎らで、漁場移動、魚群探索等で例年より多くの時間を航行に費やした。表3の主機が全体の80%を占めていることから今漁期の燃油の大部分が航走用として主機で消費されたことがわかる。

4-2 省エネ評価

漁灯に係る一漁期の運転経費をLEDと既存漁灯と比較するとLED漁灯の場合は、総額で約1,050[万円]の経費を削減できるものと推察された。その内訳を次に解説した。

燃油経費の節減 (A重油単価70円/L)
 $35,078 \text{ [L]} \times 70 \text{ [円/L]} \approx 250 \text{ [万円]}$

電球交換が不要

白熱電球費+放電灯費 $\approx 500 \text{ [万円]}$

船尾に搭載する発電機が不要

発電機整備費 $\approx 300 \text{ [万円]}$

既存漁灯で操業する漁船が、LED漁灯を導入した場合の初期投資の回収期間を(A)式で試算した。

回収期間 = LED漁灯導入費 ÷ 節減経費 - (A)

・LED漁灯導入費 : 51,720,000 [円]
 (内訳) LED漁灯システム 48,420,000
 設置工事費 3,300,000
 ・節減経費 : 10,500,000 [円]

回収期間 = $51,720,000 \div 10,500,000 \approx 4.9 \text{ [年]}$

初期投資回収期間の4.9年は、一漁期の最低限見込まれる節減経費で償却した場合であり、燃油経費がこれ以上節減できた場合や燃油費の高騰、一漁期の利益の一部を償却に運用した場合には、更に短期間で回収が期待できる。

次に新規にサンマ棒受網漁の漁灯機器を導入する場合の経費を既存漁灯とLED漁灯で比較した。但し、両者に共通する装備経費は含めずに試算した。

既存漁灯装備 (562kW)

灯笠	525万円
電球・ソケット	400
シャッター付放電灯	720
電磁開閉器	780
700kVA発電機設備	2,620
配線材	270
作業灯	12
合 計	5,327万円

LED漁灯装備 (47.1kW)

LED漁灯システム	4,842万円
電磁開閉器	40
配線材	90
合 計	4,972万円

このように新船建造時の導入コストは、LED漁灯の方が、サンマ漁期に搭載する大型発電機が不要で省電力により配線材や開閉器が小型化できることから安価である。

4-3 漁獲および操業への影響

今漁期の操業は、例年と比較してサンマの群が疎らて採魚・集約に全ての船が苦勞した。しかしながら、当船は渡辺敏夫漁撈長が探究心をもって工夫を重ね操業した結果、例年とほぼ同量の水揚げを確保できた。表6に実証船の年別水揚げ量をまとめた。

表6 水揚げ量の年別比較

操業年	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年
航海数 [回]	40	36	40	46
総水揚げ量 [トン]	2,570	3,287	3,860	3,833
平均単価 [円/kg]	67.2	76.9	64.1	64.5
総水揚げ金額 [万円]	17,262	25,280	24,730	24,722

次に、同業他船との比較を図8に示した。図8は、平成21年12月17日現在の大型漁船全国58隻の水揚げ量と順位グラフである。第2源榮丸は、12月17日までに44航海を終了し、その後2回水揚げしているが、同業他船の水揚げ資料として全船漁切上げ後の集計情報の入手が困難であったことから12月17時点の水揚げ量で比較した。

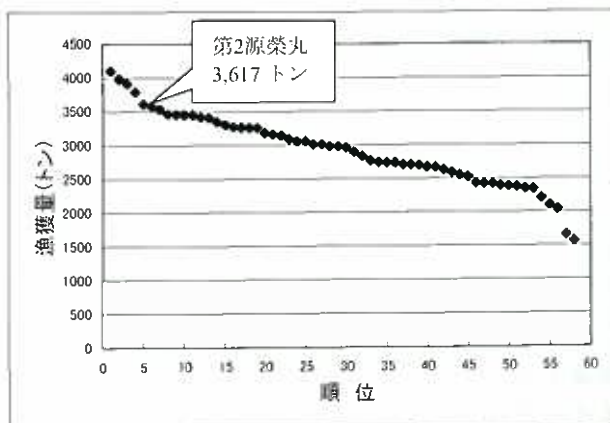


図8 平成21年 大型サンマ棒受網漁船 (58隻) の水揚げ量と順位

第2源榮丸は、全国の大型サンマ棒受網漁船中、一漁期間の水揚量は例年ほぼ上位5隻に入っており、本実証試験でも今漁期のサンマ群が疎らで、漁場形成が不十分であったにもかかわらず、本船より漁獲物積載量の大きい船ばかりの上位集団で5位を確保している。

表7に実証試験における漁獲に係るデータをまとめた。サンマ一漁期（8月下旬～12月中旬）の大型船の平均的な操業回数は、漁船毎の差はあるが、航海40回、操業50回程度である。今漁期は航海・操業ともに例年より回数が多く漁況は良いとは言い難い中で、全灯をLED化して例年並の結果を得たことから、LED漁灯の導入は既存漁灯操業と同等以上の成果をもたらしたものと考えられる。

表7 実証試験の漁獲に係る集計

航海数 【回】	操業数 【回】	投揚 網数 【回】	操業 時間 【h】	水揚量 【トン】	1操業 平均時間 【h】
46	59	633	464	3,833 (65.0) 【6.1】	7.9

（ ）内の数値は一操業当り、【 】内の数値は一投揚網当りの数値。

LED漁灯を既存漁灯と同様に操作した場合の探魚、集魚、誘導、集約、漁獲の各操業過程においては、白熱灯・放電灯使用時と同レベルの感覚で使えることが確認された。また、サンマの対光行動に応じて操作した場合の各操業過程について、LED漁灯は海面照射の配光のエッジが白熱灯より際立っているためか、灯竿を順次消灯することに伴うサンマ群の光域追従が円滑であった。LED漁灯の調光・点滅特性の活用例ではあるが、点灯竿数を減じてソナー反応のサンマ群に近づき、点灯竿数を増やして群の分散を防ぐ操法では、LED漁灯は発電機の急激な負荷変動を気にせずに調光自在なことから既存漁灯よりも迅速な対応が可能で、LED漁灯の発光特性に慣れてくれば表層サンマ群の目視によるモニタリングも容易になった。既存操業では、灯竿を順次消灯する過程において点灯スイッチのON/OFFを小刻みに繰り返して点滅させると、サンマ群の誘導が円滑である場合がある。LED漁灯システムでは、事前に設定したパター

ンで自動点滅できることから操作が容易であった。しかしながら、点滅光の有効性に関しては更に研究が必要である。

漁期、漁場、魚群性状等の操業状況に対応した操法調査の結果、今漁期は既存漁灯と同じ感覚で使えたとの報告が漁撈長よりあった。但し、LED漁灯に慣れる前には、日没前後、暮れ方の30分程度、海面付近の群を見難く感じる事例も報告された。

その他、主なLED漁灯導入の効果を以下列挙した。

- ① 操業前後の竿のセット・収納作業が簡便になった。
- ② 装備の軽量化（船尾の補機不要 約8トン、電線軽量化 約1.4トン）で航海と操業の安全性が向上した。
- ③ 操業中の電球交換作業が不要で労働の安全性が向上した。
- ④ 補機の負荷とメンテナンスが軽減された。
- ⑤ 兼業種からの艀装替え作業が簡略化された。
- ⑥ 船尾の補機が不要で常設補機の負荷も小さいため、船内騒音が軽減された。

5. 総合評価

同業船における全漁灯LED化の事例は、平成19～20年の第1太喜丸（133トン）の実証試験報告があり、実証年以降もLED漁灯で採算性ある操業を継続している。第2源榮丸の今漁期の実証試験では、既存漁灯と同レベルもしくはそれ以上の漁獲効果が裏付けられ、信頼性の高いLED漁灯操業の実証例が確認できた。第1太喜丸の前例を含め、3ヵ年の実績持続からも白熱電球全廃を間近に控え、代替漁灯光源としてLED漁灯が有効であり実用性が高いことは確認された。

6. 今後の課題

今後の課題は、主に①LED漁灯導入費の更なるコストダウンと改良の継続、②普及に向けて当技術と導入のメリットを漁業者向けに配信する活動、③当実証試験の成果をはじめ信頼性の高い運営・操業状況の情報開示、④技術導入に対しての支援体制の整備である。

既存漁灯による操業の歴史と実績に対してLED漁灯はサンマ棒受網漁で導入間もない新技術ではあ

るが、第1太喜丸の事例と今回の第2源榮丸の実証試験により、今後の普及展開に勢いがつくと共に当漁業が新技術の導入で持続的に発展することを切に願っている。

この実証試験において、操業現場に対応した工夫

と協力で先導を続けられた渡辺敏夫漁撈長はじめ第2源榮丸乗組みの皆様、開発・調査を共同で推進下さった東京海洋大学の稲田博史博士はじめ「チーム漁灯」の皆様に感謝致します。

