

実証試験報告書

I 課題名

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

II 実施主体名

株式会社 ヤマツ谷地商店

III 実証試験の内容

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せず、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

(1) 導入技術

実証試験に導入した LED 漁灯設備の仕様を図 1～8 に、LED 漁灯システムの系統概略を図 9 に示した。なお導入機器は、漁労省力機器メーカー 株式会社 東和電機製作所が作製した。


	仕 様 定格電力： 400 [W] 材 質： アルミニウム、ポリカーボネート、ステンレス、EPDM など 寸 法： W792×D320×H96 重 量： 約 8.9 [kg]
---	--

図 1 LED 漁灯（型式：EFL-4）


	仕 様 定格電力： 200 [W] 材 質： アルミニウム、ポリカーボネート、ステンレス、EPDM など 寸 法： W465×D320×H96 重 量： 約 4.6 [kg]
---	--

図 2 LED 漁灯（型式：EFL-2）


	<p>仕様</p> <p>定格電力： 70 [W] 材質： アルミニウム、ポリカーボネート、 ステンレス、EPDM など 寸法： W512×D233×H96 重量： 約 3.8 [kg]</p>
---	--

図 3 LED 漁灯 (型式：EFL-R)


	<p>仕様</p> <p>入力： 単相 220[V]、60[Hz] 制御出力： 専用 LED 用電源 40 台 液晶パネル： 8.4 インチ タッチパネル 主な機能： 点消灯、調光、運転管理 動作エラー検出 寸法： W210×D300×H111 重量： 約 5.5 [kg]</p>
---	--

図 4 LED 漁灯操作盤 (型式：FLC-1)

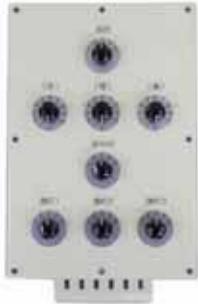
	<p>仕様</p> <p>主な機能： 操作盤の中継 調光操作 寸法： W180×D297×H113 重量： 約 2 [kg] 材質： ステンレスなど</p>
---	---

図 5 中継ボックス (型式：RT-1)

	<p>仕様</p> <p>主な機能： 点消灯の操作 寸法： W570×D285×H113 重量： 約 7 [kg] 材質： ステンレスなど</p>
---	---

図 6 点灯・消灯操作盤



図7 LED電源装置 (型式: LPW-1)

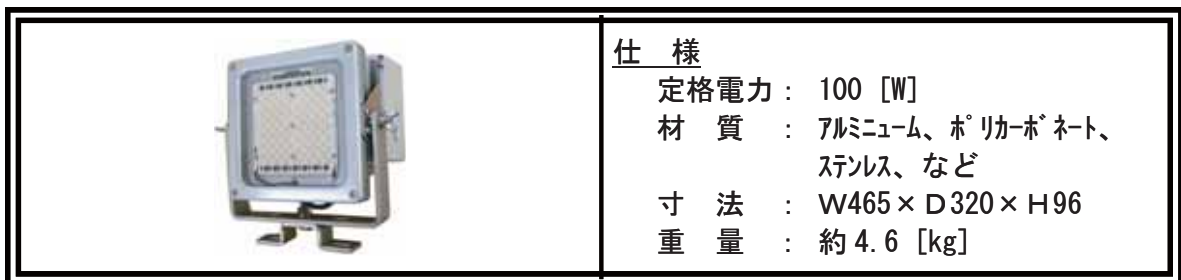


図8 LED作業灯 (型式: NT-100)

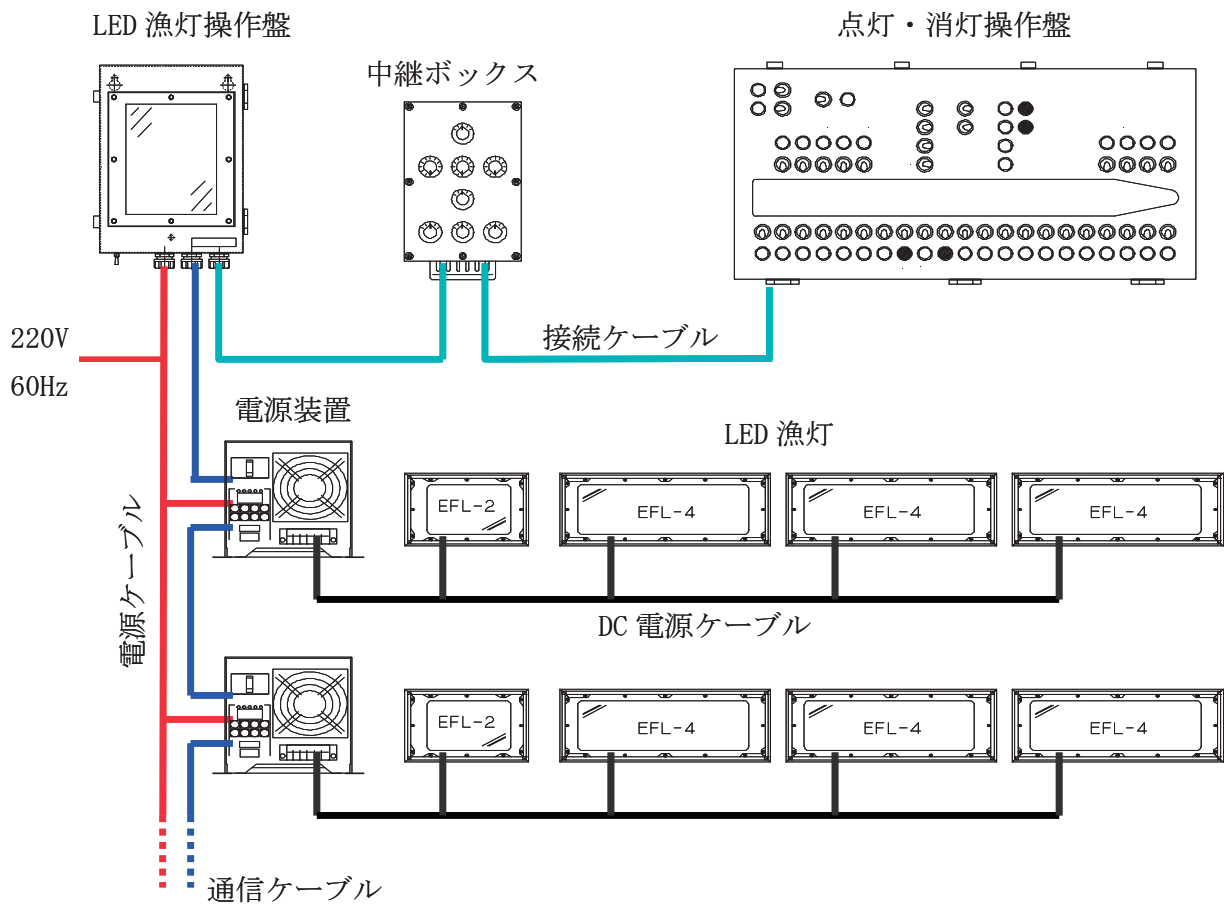


図9 LED漁灯システム系統略図

(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）562kWをLED漁灯+LED作業灯47.1kW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。

ア 試験船の概要および既存操業における漁灯装備

表1に第2源榮丸の要目を、表2に既存操業における発電機出力の内訳を示した。

表1 試験船の要目

項目		内容
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
船体	寸法	長さ 32.00m×幅 6.80m×深さ 2.85m
	船質	鋼
	総トン数	171トン
推進機関	型式	(株)新潟鉄工所 6MG25CXE
	種類	ディーゼル
	計画出力	915 [PS] / 650 [rpm]
補機関1 (常設)	型式	ヤンマーディーゼル (株) S165L-ET
	種類	ディーゼル
	馬力数	600 [PS] / 1200 [rpm]
	発電機容量	450 [kVA]
補機関2 (常設)	型式	昭和精機工業 (株) 6LAAL-DTN
	種類	ディーゼル
	馬力数	300 [PS] / 1200 [rpm]
	発電機容量	250 [kVA]
補機関3 (サンマ 漁期のみ)	型式	昭和精機工業 (株) 12LAAL-UTN
	種類	ディーゼル
	馬力数	1050 [PS] / 1800 [rpm]
	発電機容量	700 [kVA]



写真1 第2源榮丸の既存漁灯装備

表2 既存漁灯操業における発電機の定格出力内訳

単位:[kW]

補機1号 [450 kVA] (常設)	補機2号 [250 kVA] (常設)	補機3号 [700 kVA] (サンマ漁期のみ搭載)	漁灯の合計
放電灯 46 探照灯 15 冷凍機 37×2 油圧動力 45×2 その他の船内電気		白熱灯 516	577

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2の補機3号[700kVA]は、サンマ漁期だけに搭載していた。図10に既存操業における第2源榮丸の漁灯装備を図解した。

漁灯名	定格電力 [W]
白熱灯	516
放電灯	46
探照灯	15
合計	577

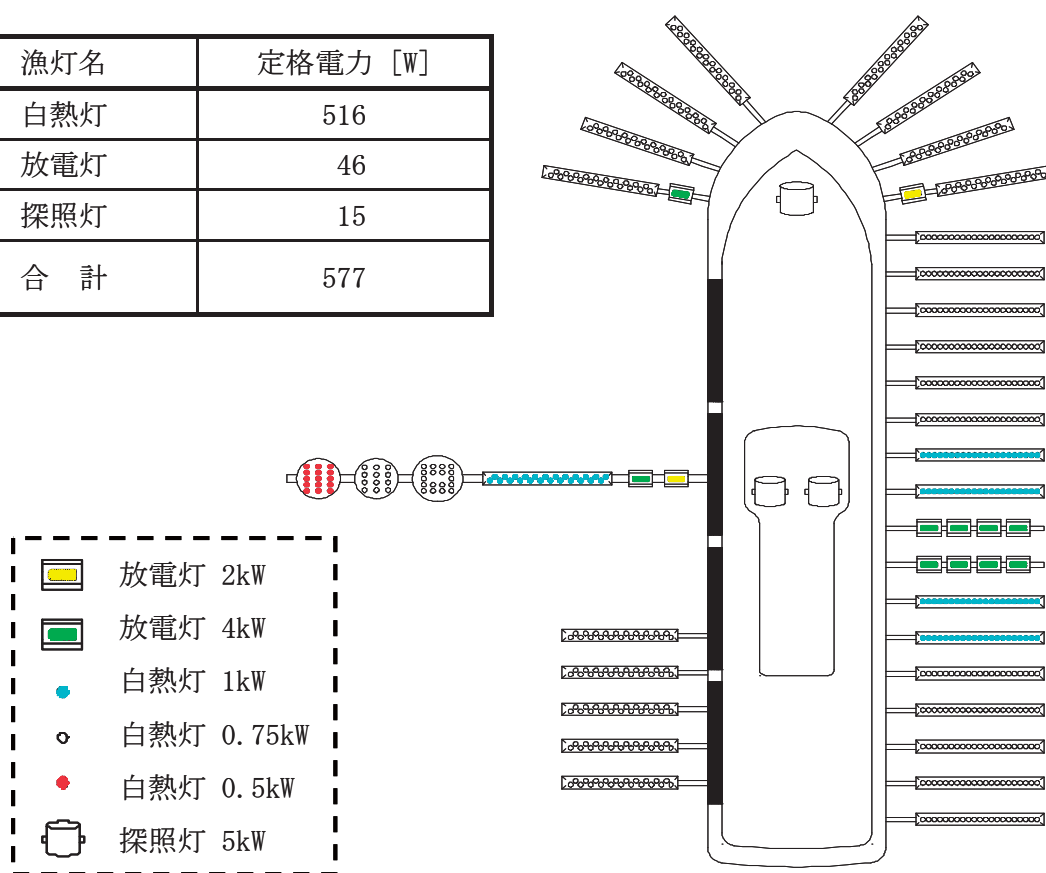


図 10 既存漁灯装備配置図

イ 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。表 3 に漁灯と発電機出力の対応内訳を示した。

表 3 実証試験における漁灯とその電力

単位：[kW]

補機 1 号 [450 kVA] (常設)	補機 2 号 [250 kVA] (常設)	補機 3 号 [700 kVA] (サンマ漁期のみ搭載)	漁灯の合計
LED 漁灯 46.3 LED 作業灯 0.8 探照灯 15 冷凍機 37×2 油圧動力 45×2 その他の船内電気		(搭載せず)	62.1

実証試験の計画段階では漁灯の最大出力は 60.5kW であったが、試験中に漁撈長が親竿の構成を工夫して 62.1kW とした。実証試験では、既存漁灯操業の定格電力約 577[kW] と比較して、89%の出力を節減して操業した。

図 11 に実証試験における LED 漁灯装備配置図を示した。

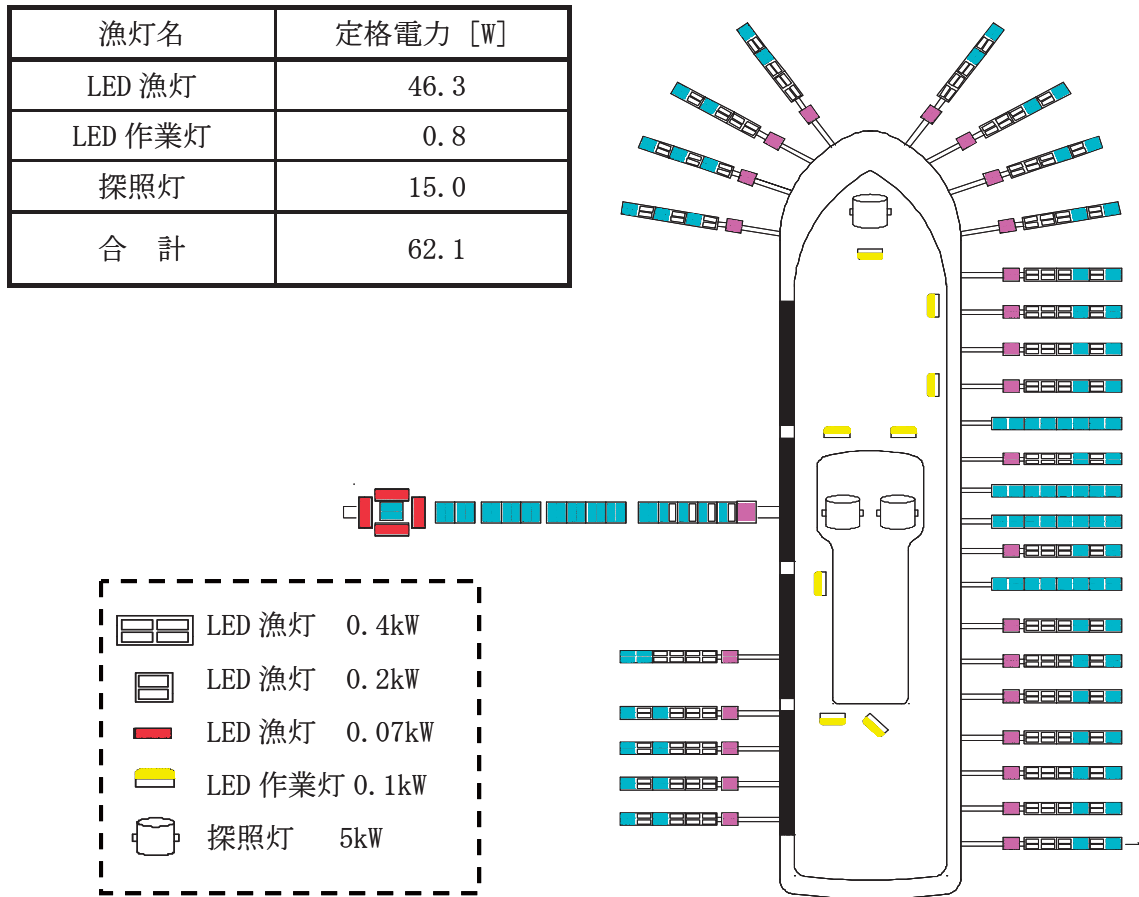


図 11 実証試験における LED 漁灯装備配置図

当実証試験で導入した LED 漁灯機器の数量と総出力を表 4 にまとめた。

表 4 実証試験で導入した LED 漁灯機器の型式、数量、出力

名称・型式・個別出力[W]	数量[台]	総出力[kW]	備考
新型 LED 漁灯 ・ EFL-2 ・ 200	42	8.4	
新型 LED 漁灯 ・ EFL-4 ・ 400	94	37.6	
新型 LED 漁灯 ・ EFL-R ・ 70	4	0.28	
LED 作業灯 ・ NT-100 ・ 100	1	0.8	
LED 電源装置 ・ LPW-1	36		
LED 漁灯操作盤 ・ FLC-1	1		
中継ボックス ・ RT-1	1		
点灯・消灯操作盤	1		



写真2 第2源榮丸のLED灯竿



写真3 実証形態の第2源榮丸全景



写真4 第2源榮丸の右舷LED灯竿



写真5 左舷側の点灯状態



写真6 船首側の点灯状態



写真7 LED漁灯操作盤



写真8 中継ボックス



写真9 点灯・消灯操作盤



写真10 LED電源装置



写真11 LED作業灯

3 実証試験の方法

(1) 試験操業の基本方法

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。表5に実証試験操業野帳の様式と記入例を示した。

- 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。

表 5 操業野帳の様式と記入例

第二源榮丸操業野帳 (記入者書名: _____) 試験項目: _____ No. _____

日付	出発港名	緯度(漁場)経度	天気	気温 °C	水温 °C	風速 m/s	風向 °	海況 m
09年 8月 20 ~ 22日	釧路	42° 45' 144° 45'	晴れ	25	15.7	4.0	310	1.5

事項	時刻	魚群状況		反応下限水深 m	1網漁獲量 トン	備考 (調光状態・所感など)
		群量	灯付			
探魚開始	19:30					全LED目盛10
漁開始	19:45	優	良	30		
網揚	19:55				10	
網揚	20:05				10	
網揚	20:15				8	
移動						
漁開始	20:30	良	可	25		No29を目盛5
網揚	20:40				8	
網揚	20:55				7	
網揚	21:05				5	
移動						
漁開始	21:30	良	不可	20		No31を目盛6
網揚	21:40				7	
網揚	21:55				7	
網揚	22:07				5	
移動						
漁開始	22:40	優	良	30		No32を目盛6
網揚	22:50				15	
網揚	23:00				15	
網揚	23:15				10	
網揚	23:30				8	
網揚	23:40				5	
漁終了	0:00					
入港	7:00					

本船操業結果	
入港(港名)	釧路
水揚トン数	120
水揚金額 円	840万
平均単価 円/kg	70
自己評価	良
当操業所見	
同業船情報(漁獲トン)	
〇〇丸	90
〇〇丸	70
〇〇丸	100

前記の①～④は、LED 漁灯出力 46.3kW 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、投揚網回数削減等）を目標として実施した。

操業状況は、1 操業（1 夜）毎に「操業野帳（表 5）」を記録し、当社並びに協力機関に配信した。操業野帳の記録項目と、それらのデータをもとにした分析項目を表 6 に示した。

第 2 源榮丸からの配信データをもとに、気象・海象、水温構造や漁期の進行に伴うサンマの成育段階および魚群性状によって変化するサンマの行動に応じた LED 漁灯の効果を分析した。本船と協力機関が密接に連絡を取りながら、漁灯とその操法について、適宜改善に対応した。また、漁期中、協力機関が 3 回の乗船操業調査を実施した。

表 6 記録データと分析項目

分析項目	時期	漁場環境	漁場	海象	操業状況
記録項目	操業日付	天候	緯度	水温	魚群水深
	出入港名	気温	経度	海況	操業時刻
				風向	1 網漁獲量
				風速	総漁獲量
					漁灯状態
					網揚回数
					灯付状況
					他船の漁獲

(2) 燃油消費量の計測・記録方法

サンマ棒受網漁では、漁灯の点灯・消灯を操業状況に応じて随時繰り返すため、点灯時間と燃油消費量の関係を平均化し難い。そこでこの実証試験では、出港から水揚げ（帰港）までを1航海として、この単位毎に燃油消費量を記録した。

図12に第2源柴丸の燃料供給回路の模式図を示した。図中の積算流量計は、本船既存のもので船全体の燃油消費量を計測している。流量計①～④は、当実証試験用に新設した。その仕様を図13に示した。

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。

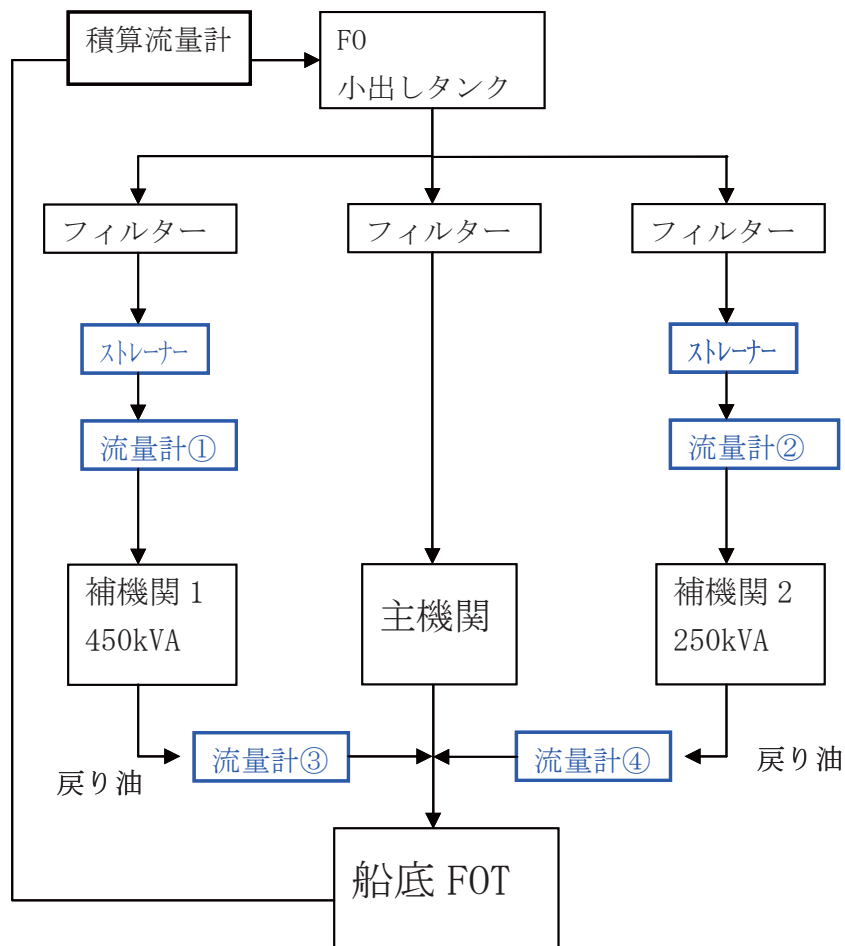


図12 燃料供給回路の模式図



流量計の主な仕様

品名 : フローペット EG
 型式 : LS4976-400A
 機能 : 積算または瞬時流量の計測
 流量範囲 : 7~800[L/h] (A 重油)
 流体温度 : 0~120℃
 周囲温度 : -10~60℃
 検出方式 : 交番磁界検出 (max200Hz)
 表示 : LCD7 セグメント 8 桁

図 13 補機に設置した流量計

(3) 漁獲量の調査方法

漁獲量は、1 網単位で操業野帳に記録し 1 (夜) 毎に集計した。操業野帳 (表 5) をもとに 1 漁期間の総漁獲量を集計して同業他船と比較した。

4 実証試験結果

実証試験は、大型サンマ棒受網漁業の解禁と同時に開始し、下記の日程で漁期を通して完了した。

平成 21 年 8 月 1~4 日 : LED 漁灯設置工事 (八戸港にて)
 8 月 5 日 : 洋上試運転
 8 月 18 日 : 実証試験操業開始 (釧路港出漁)
 11 月 17~20 日 : 乗船操業調査
 12 月 1~3 日 : 乗船操業調査
 12 月 6~7 日 : 乗船操業調査
 12 月 20 日 : 実証試験操業終了



写真 12 停泊中の第 2 源榮丸



写真 13 右舷の点灯状態

図 14 に主な漁場と漁期を示した。



図 14 実証試験の主な漁場と漁期

(1) 技術導入前後の燃油消費量比較

今漁期間実施した実証試験において計測した燃油消費量と操業状況を表 7 にまとめた。

表 7 実証試験における燃油消費量計測データ

No	航海期間 [月/日]	出港地	漁場 [緯度 経度]	帰港地	操業数 [回]	操業時間 [h]	燃油消費量 [リットル]			
							補機 1 号	補機 2 号	船全体	※1 主機
1	8/18～19	釧路	N42° 59′ E146° 42′	花咲	1	8.5	427	918	6,030	4,685
2	8/20～21	花咲	N43° 10′ E146° 21′	釧路	1	5.5	355	859	3,930	2,716
3	8/22～24	釧路	N42° 56′ E146° 15′	久慈	2	11.6	832	1,647	10,040	7,561
4	8/27～28	久慈	N43° 14′ E146° 35′	釧路	1	6.6	525	1,345	10,150	8,280
5	8/29～30	釧路	N43° 43′ E147° 20′	久慈	1	8.2	370	1,544	12,060	10,146
6	9/2～3	久慈	N43° 07′ E146° 22′	気仙沼	1	9.1	542	1,840	15,070	12,688
7	9/7～8	気仙沼	N42° 17′ E145° 32′	女川	1	6.4	287	2,039	12,390	10,064
8	9/10～11	女川	N42° 07′ E145° 12′	女川	1	9.3	445	1,926	11,080	8,709
9	9/14～15	女川	N42° 05′ E145° 23′	釧路	1	8.5	669	799	10,020	8,552
10	9/15～16	釧路	N42° 21′ E146° 05′	宮古	1	11.3	440	818	7,880	6,622
11	9/18～19	宮古	N42° 19′ E148° 49′	気仙沼	1	9.5	723	1,168	13,810	11,919
12	9/21～22	気仙沼	N41° 43′ E145° 47′	石巻	1	9.3	362	1,438	13,510	11,710
13	9/24～25	石巻	N42° 03′ E146° 18′	女川	1	5.2	278	1,528	12,340	10,534
14	9/27～28	女川	N42° 14′ E145° 46′	女川	1	9.4	467	1,403	13,560	11,690

15	9/30~10/1	女川	N41° 55' E145° 31'	花咲	1	6.8	385	846	9,010	7,779
16	10/1~2	花咲	N41° 53' E145° 54'	女川	1	9.0	364	862	8,250	7,024
17	10/3~4	女川	N41° 05' E144° 15'	女川	1	8.2	725	2,078	11,220	8,417
18	10/6~7	女川	N40° 40' E144° 05'	女川	1	10.5	303	1,779	8,150	6,068
19	10/10~12	女川	N40° 40' E143° 55'	女川	2	15.6	717	3,020	8,120	4,383
20	10/13~14	女川	N40° 06' E143° 57'	銚子	1	10.8	447	907	10,750	9,396
21	10/16~17	銚子	N39° 20' E143° 55'	女川	1	7.0	312	1,172	7,620	6,136
22	10/19~21	女川	N38° 20' E142° 18'	女川	2	18.2	911	566	8,230	6,753
23	10/22~23	女川	N39° 27' E142° 33'	女川	1	11.4	897	1,109	10,040	8,034
24	10/24~25	女川	N39° 12' E143° 09'	花咲	1	10.7	487	1,447	14,190	12,256
25	10/28~29	花咲	N38° 41' E143° 26'	女川	1	9.4	486	725	6,360	5,149
26	10/29~30	女川	N38° 23' E141° 59'	石巻	1	11.3	482	228	4,670	3,960
27	10/30~31	石巻	N38° 21' E142° 10'	石巻	1	7.4	319	659	2,820	1,842
28	11/1~2	石巻	N38° 07' E141° 50'	女川	1	12.3	195	739	4,580	3,646
29	11/3~5	女川	N36° 30' E141° 17'	銚子	2	14.6	1,147	936	11,930	9,847
30	11/7~8	銚子	N36° 25' E142° 14'	銚子	1	9.0	477	1,309	7,000	5,214
31	11/9~10	銚子	N35° 37' E141° 04'	銚子	1	9.2	542	291	3,010	2,177
32	11/10~11	銚子	N36° 14' E141° 16'	女川	1	9.5	472	1,289	5,590	3,829
33	11/15~16	女川	N36° 11' E141° 25'	女川	1	9.6	441	1,004	7,020	5,575
34	※2	女川	※2	石巻	1	2.0	243	344	2,310	1,723
35	11/18~20	女川	N35° 45' E141° 21'	女川	2	14.1	790	1,109	8,600	6,701
36	11/21~22	女川	N35° 54' E141° 38'	女川	1	9.4	464	999	7,668	6,205
37	11/23~25	女川	N36° 24' E141° 48'	女川	2	15.2	704	694	7,452	6,054
38	11/25~27	女川	N38° 05' E141° 45'	女川	3	21.5	1,369	783	10,410	8,258
39	11/28~30	女川	N36° 15' E141° 46'	女川	2	22.2	930	1,119	9,100	7,051
40	12/1~3	女川	N36° 31' E141° 40'	女川	2	13.1	684	2,229	8,540	5,627
41	12/6~7	女川	N36° 02' E141° 13'	女川	1	3.1	216	1,229	7,020	5,575
42	12/8~9	女川	N36° 04' E141° 39'	女川	2	8.5	437	1,840	8,330	6,053
43	12/12~14	女川	N36° 12' E141° 21'	銚子	2	14.0	1,410	967	9,190	6,813
44	12/15~16	銚子	N36° 04' E141° 39'	女川	1	4.4	293	790	4,480	3,397
45	12/17~19	女川	N36° 17' E141° 17'	銚子	2	10.1	580	754	5,450	4,116
46	12/19~20	銚子	N36° 12' E141° 12'	女川	1	8.0	565	1,264	6,340	4,511
合計					59	464	25,522	54,359	395,320	315,439
1 航海平均					1.3	10.1	555	1,182	8,594	6,857
1 操業平均						7.9	433	921	6,700	5,346

注記) ※1 主機の燃油消費量は、船全体から補機分を差し引いて算出した。

※2 記録が不明確なため、空欄とした。

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15に実証試験における本船の補機使用サイクルを示した。

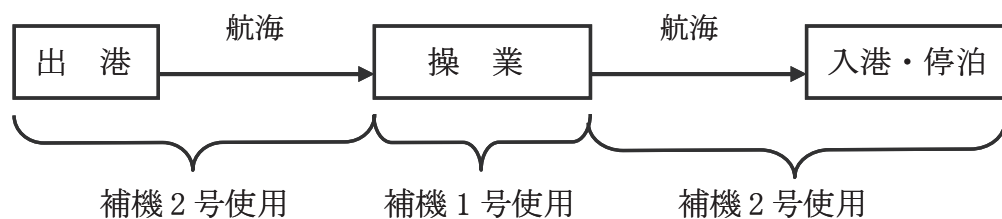


図15 補機使用サイクル図

表8に実証試験における燃油消費量の発電機毎の比率を示した。

表8 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
燃油消費量 [L]	25,522	54,359	395,320	315,439
比率 [%]	6	14	100	80

本船の補機は、出力系統に対し並列接続であるため表7、8の補機1号（操業時使用）の燃油消費量測定値は、LED漁灯以外の負荷も含んだ値となっているため、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9中の①、②）。表9に漁期間の補機1号の燃油消費内訳を示した。

表9 補機1号（450kVA）の燃油消費内訳

燃油消費量 [L]	稼働時間 [h]	単位時間当たりの 燃油消費量 [L/h]	平均電力 [kW]	
			漁灯	その他
25,522	464	55 ※3 (28.2)	① 103	
			※4 ② 31	①－②＝72

注記) ※3 単位時間当たりの燃油消費量の () 数値は、漁灯31[kW]の推算値

※4 ②は、漁灯62.1[kW]の稼働率を50%とした場合の値

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 10 にその結果を示した。

表 10 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]	※5 燃油消費量 [L/h]	
		補機別	合計
補機 3 号 (700kVA)	白熱灯 516×0.5=258	84.2	103.8
補機 2 号 (250kVA)	放電灯 46×0.5=23	19.6	
	探照灯 15×0.5=7.5 合計 30.5		

注記) ※5 「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 9、10 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 11 に示した。

表 11 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]	燃油金額 ※6 [千円]	削減金額 ※6 [千円]
		[L/h]	※5 [L]			
実証試験	62	28.2	13,085	35,078	750	2,010
既存漁灯	577	103.8	48,163		2,760	

注記) ※5 今期の補機 1 号の稼働時間 464[h]で推算

※6 今期の A 重油平均単価 57.3[円/L]で計算

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 12 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 12 漁期年別給油量と金額

漁期 (平成年)	航海数	給油量・額 ※7		
		[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	※8 384	2,200	57.3

注記) ※7 燃油金額は、税抜き金額 ※8 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8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。

(2) 省エネ評価

実証試験の結果、漁灯の燃油消費量は推定73%削減できた。燃油削減量を漁船全体と比較すると、漁灯以外で消費される燃油量は【395,320-13,085=382,235L】(表8、11参照)。今漁期に既存漁灯で操業したと仮定した場合の推算値は【382,235+48,163=430,398L】(表11参照)。したがって、漁船全体としては【35,078÷430,398×100=8%】(表11参照)8%削減できたと推定した。燃油削減量の漁船全体での比較は、操業年の主機の燃油消費量を考慮して評価すべきである。

漁灯に係る1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

$$\text{白熱電球費} + \text{放電灯費} \approx 500 \text{ [万円]}$$

船尾に搭載する発電機が不要

$$\text{発電機整備費} \approx 300 \text{ [万円]}$$

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。

$$\text{回収期間} = \text{LED漁灯導入費} \div \text{節減経費} \text{——— (A)}$$

・ 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]

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

初期投資回収期間の4.9年は、1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、1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漁灯と比較した。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)		LED 漁灯装備 (47.1kW)	
灯笠	525 万円	LED 漁灯システム	4,842 万円
電球・ソケット	400	電磁開閉器	40
シャッター付放電灯	720	配線材	90
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	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用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。

(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で探魚・集約に全ての船が苦勞した。しかしながら本船は、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 13 に実証船の年別水揚量をまとめた。

表 13 水揚量の年別比較

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
総水揚量 [ト]	2,570	3,287	3,860	3,833
平均単価 [円/kg]	67.2	76.9	64.1	64.5
総水揚金額 [万円]	17,262	25,280	24,730	24,722

次に、同業他船との比較を図 16 に示した。図 16 は、平成 21 年 12 月 17 日現在の大型漁船全国 58 隻の水揚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 日時点の水揚量で比較した。

第 2 源榮丸は、全国の大型サンマ棒受網漁船中、1 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。

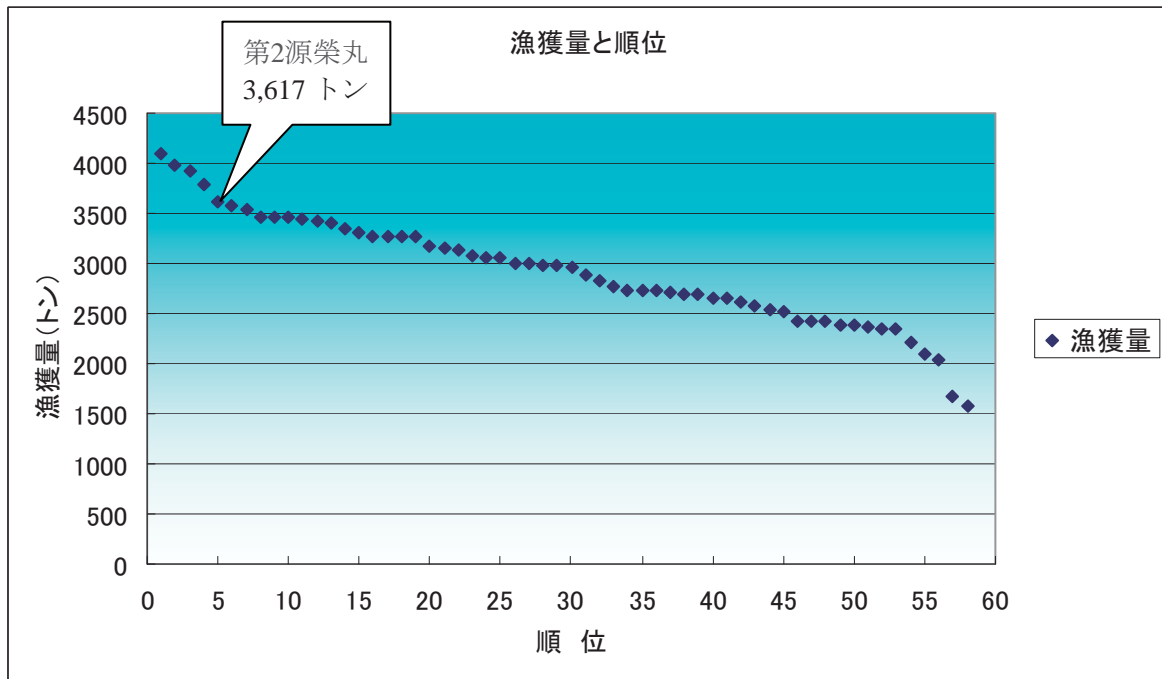


図 16 平成 21 年度 大型サンマ棒受網漁船 (58 隻) の水揚量と順位

表 14 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 1 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られたことから、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 14 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]
				総量	1 操業当り	1 投網揚当り	
46	59	633	464	3,833	65.0	6.1	7.9

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、点灯竿数を増やす方法で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、日没前後、暮れ方の 30 分程度、海面付近の群が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（トモ補機不要で約 8 トン、電線小形化で約 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 導入のあり方

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導入効果が裏付けられ、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 ヶ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 漁灯が有効であることは裏付けられた。サンマ棒受網漁業における白熱光源の代替としての導入のあり方について、既存漁灯による操業形態からの移行を前提に、以下の解説を試みた。

ア 灯具装備量

既存漁灯の白熱またはハロゲン漁灯を LED 漁灯に換装する場合は、本船と同業船の事例・結果を踏まえて、既存漁灯の定格電力の 8～10%程度を目安に LED 漁灯の出力・装備量を計画することができる。赤灯の場合は、白熱球と LED の発光効率の差が大きいためから更に節減効果は高く既存定格電力の 5%程度で LED 漁灯の出力を検討すべきであろう。放電灯に関しては LED の定格電力を目安を 1 竿単位で検討せず、2,3 竿のグループ単位で計画し、任意グループの放電灯の定格電力に対し LED は 20%程度を基準として配備することを提案する。しかしながら放電灯と LED 漁灯の入れ替えに関しては、LED の発光色（波長）の検討も含めて実証例を増やす必要がある。

イ 設置方法

既存の灯具は一体構造で 1 竿に 1 式を取り付けるが、LED 漁灯は、1 竿に複数ユニット

付けることが可能であり、灯具設計と配置の自由度が高い。1 竿の LED 灯具の構成は、現状では、既存漁灯が占有していたスペース内に均等に LED ユニートを配置する形態で実績を上げている（照射光のバランスを考慮して設置）。竿を収納した場合、既存漁灯では、灯笠がバンパー機能を兼ねて電球を保護していたが LED 漁灯の場合は、灯具外周が保護ゴムで覆われているが、船体動揺による振動や衝撃を緩和する配慮が必要になる。

発電機との接続方法については、LED 灯具の利用により消費電力が減じたことから、全ての漁灯を発電機 1 機で賄い、漁灯点灯を要しない場合はその発電機を停止する方法、または漁灯含めた船内電力全てを 1 機から出力させ、補機台数・容量を節減・縮小する方法等、省エネを意識して漁船毎に効率の良い接続方法を検討した上で導入することができよう。LED 漁灯の搭載数と常設補機の容量にもよるが、サンマ漁期のみを搭載する大容量発電機は不要である。

ウ 漁灯操法

過去の同業船の事例と今期の実証試験により、サンマの群の密度によらず、従来操業と同様の漁灯操法で漁獲できることは確認された。また、LED 漁灯が低負荷で発電機の急激な負荷変動を気にせず調光自在なことから、サンマの群の分散を防ぐ操法でも効果発揮が期待できる。低密度群や初漁期で灯付が鈍い群に対応した操法について、今漁期、渡辺敏夫漁撈長の感覚では既存操業と大差無いと報告されたが、引き続き事例調査を重ね、LED 漁灯の機能をさらに発揮させる操法工夫は可能であろう。

エ 採算性

今漁期の実証試験により、最低ライン 1,000 万円程度の経費削減が可能であることが確認された。また LED の発光効率・エネルギー効率は年々向上していること、低価格な家庭用 LED 電球が近年急速に普及しつつあることから 1 ワット当りの LED 単価は今後更に下降傾向にあり、当初の課題であった導入経費も下がりつつある。4- (2) の試算では、新規に漁灯設備を導入する場合、既存漁灯に対して LED 漁灯が安価であった。したがって、装備数量を前述のように条件に応じて工夫・導入することにより、初期投資の資金負担は軽減されるものと考えられる。

オ 今後の課題

今回の実証試験で LED 漁灯の実用性は高いものと判断された。今後の課題は、主に① LED 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（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ことと共に当漁業が新技術の導入で存続・継承されることを切に願いたい。