イカ釣り漁船へのプラズマ漁灯導入に関する実証試験

【事業実施主体】

プラズマ漁灯実証共同研究機関

目　次

Ⅰ　課題名 1

Ⅱ　実施主体名 1

Ⅲ　実証試験の内容 1

1　目的 1

2　導入技術の概要 2

(1) 導入技術 2

(2) 技術導入の方法（手法） 5

3　実証試験の方法 6

(1) 操業試験 7

(2) 耐久性能の評価 9

4　実証試験結果 11

(1) 技術導入前後の比較 11

(2) 評価 12

(3) 漁獲および操業への影響（操業試験） 15

(4) 耐久性能の評価 21

5　考察 33

(1) 操業試験 33

(2) 耐久性の評価 34

6　今後の課題 34

実証試験報告書

Ⅰ　課題名

イカ釣り漁船へのプラズマ漁灯導入に関する実証試験

Ⅱ　実施主体名

プラズマ漁灯実証共同研究機関
　代表機関　　株式会社　仁光電機
　構成員　　国立研究開発法人　水産研究・教育機構

Ⅲ　実証試験の内容

1　目的

イカ釣り漁業では、経費に占める燃油費の割合が高く、これを改善するために、LED 漁灯など、新たな光源を用いた漁灯の開発が行なわれている。しかしながら、装置が大型であることや、費用対効果が十分でないことなどから、普及が遅れている。このような状況を打開し、イカ釣り漁業の経営に資する技術を提供するためには、小型船にも搭載可能なコンパクトな漁灯を開発することや、従来技術を上回る省エネルギー性能を実現することが必要である。

平成 28 年度水産業の省エネ・低コスト新技術導入加速化事業本提案では、函館市えさん漁業協同組合に所属する「彰幸丸」（19 トン）に、新たに開発したプラズマ漁灯 32 灯を導入し、既存のメタルハライド漁灯と併用して試験操業を行なった。しかし、同年はスルメイカの来遊量が著しく低く、記録的な不漁となったばかりでなく、夜間のイカ釣り漁業に適した海域に漁場が形成されず、プラズマ漁灯の漁獲性能について、十分な検証を行なうことができなかった。

そこで本年度は、彰幸丸に搭載されたプラズマ漁灯を引き続き使用し、調査期間を十分に確保して漁獲性能の検証を行なう。また、漁灯の使用に伴って明らかとなった問題点を改善するため、反射鏡の改良などの対策を検討する。以上の実証試験を経て、プラズマ漁灯の適正な艤装手法・操法のガイドラインを策定する。

2　導入技術の概要

（1）導入技術

1）導入する技術の内容および省エネルギー化を実現する機構

導入技術の中核となる無電極プラズマ灯 Light Emitting Plasma （略称 LEP）は、米国 LUMA 社が供給する光源装置で、プラズマ状態のガスが発光する新しい照明技術である。プラズマ灯の発光の原理と発光部分の外観を図 1 に示す。プラズマ灯は、セラミックス誘電体に組込まれたエミッターおよび半導体高周波発生器と、マイクロコントローラーからなる高周波ドライバー回路から構成される。原理的には、高周波発生器から出力された信号は、同軸ケーブルによりセラミックス中の共振器に伝送され、共振器から高周波磁界が発生する。電磁誘導により、共振器上に設置されたに石英ガラスカプセル内に電界が発生し、カプセル内に封じ込まれたガスが励起され、プラズマ化して発光する。この光源による光は、図 2 に示すとおり広い帯域の光を含み、太陽光に近いスペクトルを持つ。イカ釣り漁灯に応用されている各種光源の発光効率と演色性、および標準的な寿命を表 1 に示す。プラズマ灯の発光効率は LED とメタルハライドの中間程度であるが、プラズマ灯は無電極であることから、メタルハライド灯に特徴的な電極の放散による発光管内の黒ずみが発生しないため、光束維持率が長期間にわたって高く、高寿命である。

プラズマ灯は、発光部が極めて小さいため、実質上点光源として扱うことが可能で、配光制御が比較的容易に実現する。本提案では、配光制御によって海面への光束の到達率を高めた高効率のプラズマ漁灯（図 3）をイカ釣り漁業の現場に導入し、その有効性を検証する。

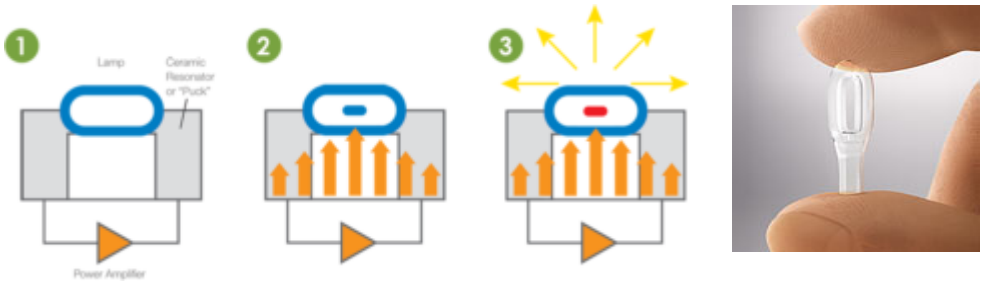


図 1　プラズマランプの発光機構とプラズマランプの外観

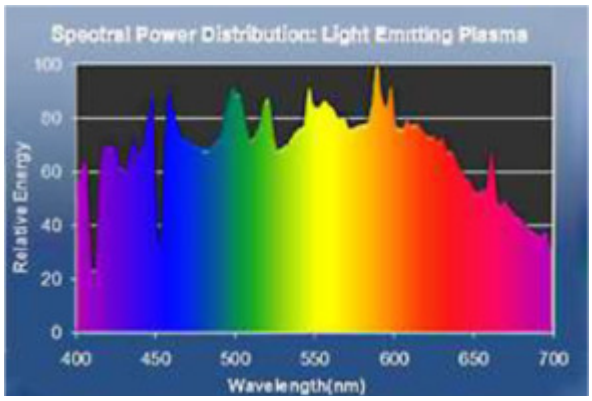


図２　プラズマ灯光のスペクトル

表１　各種光源の特性

光源	発光効率（lm/W）	演色評価数	平均寿命（h）
メタルハライドランプ	110	75	5,000
LED	70	75	50,000
無電極プラズマランプ	82	95	50,000

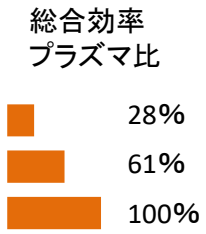
図３　実証試験船に艤装されたプラズマ漁灯

2）既存の技術との相違点

本提案では、点光源に近く、配光制御が比較的容易であるプラズマ灯の特徴に着目し、光源から発生した光を無駄なく海面に届けることによって、漁灯の高効率化を図る。プラズマ灯はメタルハライド灯や LED に比べて発光部分が小型であることから、反射鏡のような配光制御機構を灯具に組み込んだ場合でも小型に設計することが可能である。実証試験に供するプラズマ漁灯のエネルギー変換効率、海面への光束の到達率、およびこれらの積である総合効率を、他光源と比較して図 4 に示す。海面への光束到達率を改善することによって、他光源よりも少ないエネルギーで同等の海面照射能力を実現することが可能となる。

光源種類	A: 投入する電力	B: エネルギー変換効率 ※	C: 海面への光束の到達率 ※	D: 総合効率 A×B×C
メタルハライド灯	1	0.36	0.15	0.054
LED	1	0.38	0.3	0.114
プラズマ灯	1	0.25	0.75	0.187

※ 高山 未発表



エネルギー変換効率（電気から光への変換）はやや劣るが･･･

光束の海面への到達率が他光源に対して極めて高い

総合的な効率は他光源よりも**高い！**

図４　エネルギー変換効率、海面への光束の到達率、および総合効率の光源間の比較

(2) 技術導入の方法（手法）

本提案では、16 台の電源装置によって駆動される 32 台のプラズマ漁灯（表 2、図 5）を、試験船（えさん漁業協同組合所属 19 トン型イカ釣り漁船　彰幸丸、表 3）に導入し、実証試験を行なった。試験船のプラズマ漁灯の取付位置を図 6 に示す。

表２　実証試験に供する機器

名称・型式	数量	質量（kg）	備　　考
プラズマ漁灯 NPL-1	32	7.0	定格500W
プラズマ漁灯電源装置 NPP-1	16	14.9	２灯用

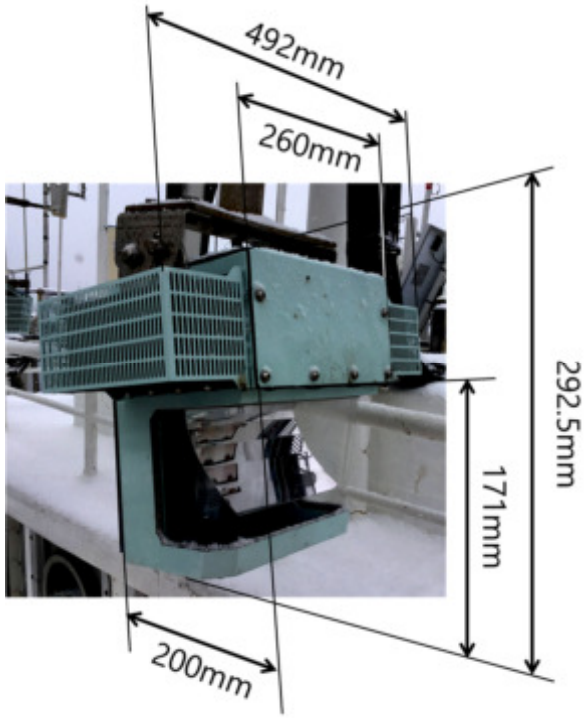


図５　プラズマ漁灯の主要寸法

表３　実証試験船の諸元

項　　目	内　　容
船　　名	彰幸丸
登　録　番　号	ＨＫ3-124731
所　　有　　者	野呂　彰也
漁　業　種　類	一本つり（いか）漁業
船　　籍　　港	函館市大澗港
船　　質	ＦＲＰ
総　ト　ン　数	19トン
長さ×幅×深さ	18.35×4.33×1.81m
機　関　種　類	ディーゼル
推進機関型式	三菱Ｓ６Ｒ２－ＭＴＫ２
連続最大出力	670ｋＷ（1400rpm）
主　発　電　機	大洋　TEW400KVA　1200rpm
副　発　電　機	大洋　ＣＳＤ-30ｋＷ
イカ釣り機台数	13台

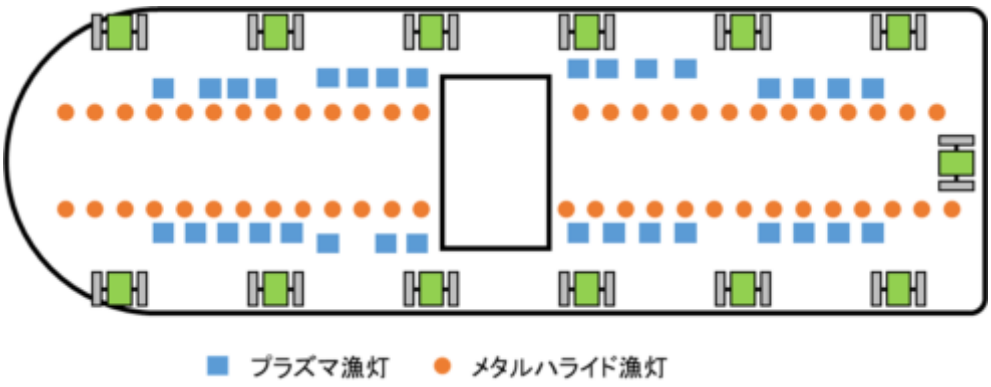


図６　試験船のプラズマ漁灯設置位置

3　実証試験の方法

(1) 操業試験

操業試験は、2017 年 6 月 4 日から 12 月 10 日の間に実施した。操業の方法は、夜間操業時にプラズマ漁灯とメタルハライド漁灯を併用し、既存漁灯と同様に運用する方式とした。実証試験では、海面照射能力を既存漁灯と同様にする本試験モードの他、プラズマ漁灯の使用により漁獲量が低下する可能性も懸念されたため、漁灯システム全体の消費電力を既存漁灯と同等とする予備試験モードの 2 種類の運用モードを設定し、試験船の漁撈長の判断によりこれらを切り換えることとした。2015 年度におけるシミュレーション結果では、53 本の 3kW メタルハライド漁灯と同等の海面照射能力をプラズマ漁灯で実現する場合、95 台のプラズマ漁灯が必要であると試算されたことから、1 台のプラズマ漁灯によって置き換えが可能な 3kW 型メタルハライド漁灯は、53/95=0.56 台と推定された。これに基づき、本試験モードでは、32 台のプラズマ漁灯を点灯し、既存の 53 本の 3kW メタルハライド漁灯のうち 18 本を消灯して 35 本のメタルハライド漁灯を併用した。また、予備試験モードでは、0.5kW のプラズマ漁灯 32 台分の消費電力の増分 16kW を相殺するため、ほぼ同等となる 3kW メタルハライド漁灯 5 本、合計 15kW を消灯した。各試験モードにおける漁灯の点消灯状態を図 7 に示す。

操業試験時の漁獲量、操業位置および時間の概要については、試験船の漁撈長に野帳の記入を依頼して把握した。また、近隣で操業する一般当業船の漁獲量については、試験船が所属する船団の定時無線連絡の情報を収集した。

詳細な操業位置及び漁灯の点消灯状態、燃油消費量については船上に設置したテレメータ装置（図 8）によって把握した。

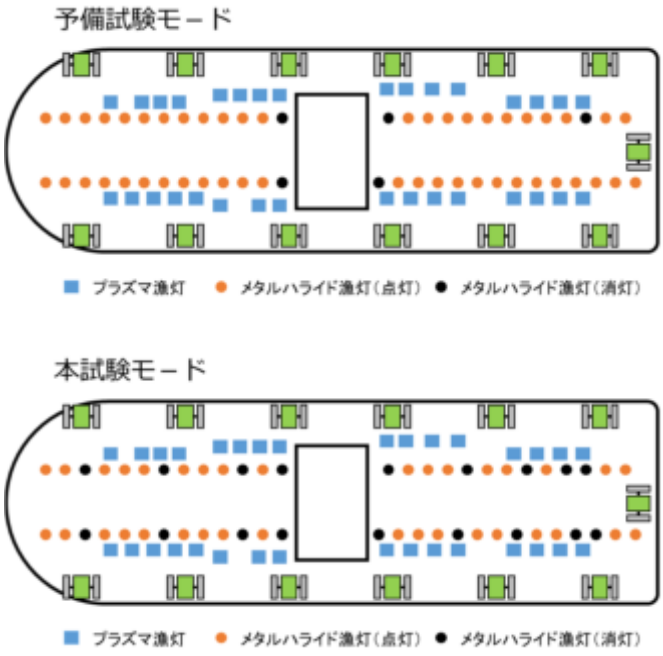
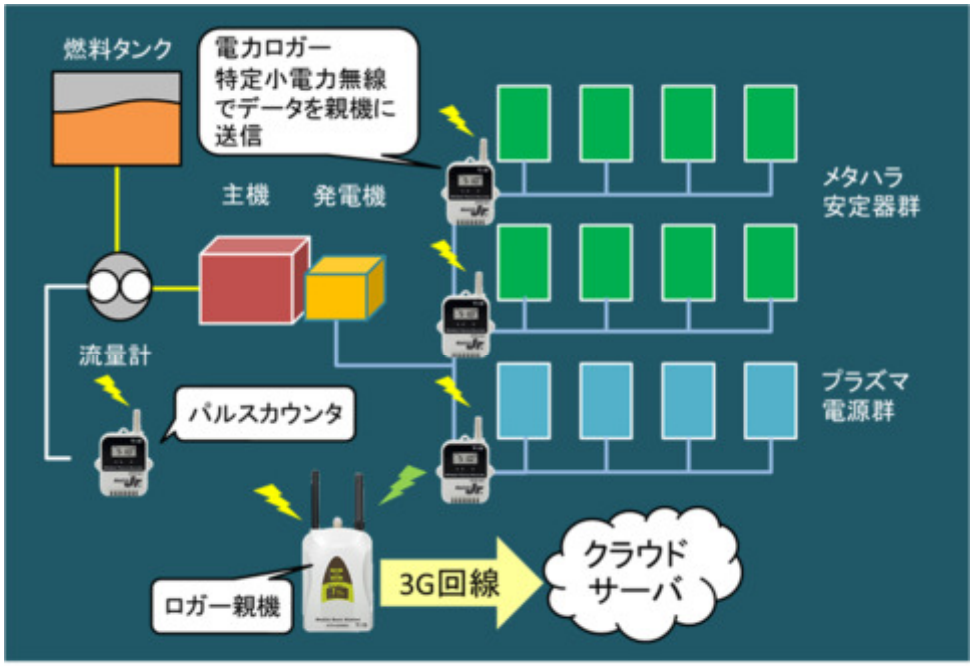


図 7　各試験モードにおける漁灯の点消灯状態



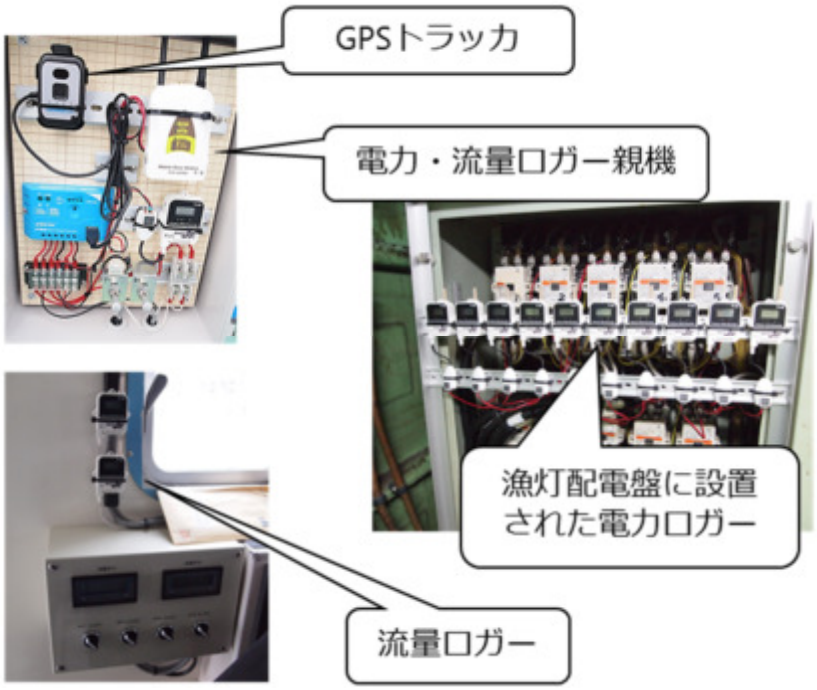


図８　操業位置・漁灯電力・燃油消費量テレメータ装置

(2) 耐久性能の評価

1) 光学的特性の評価

洋上における実証試験の前後において、使用したプラズマ漁灯の配光および光束の変化について評価を行なった。漁灯の光学的特性は、群馬県立東毛産業技術センターの大型配光測定装置を使用して測定した。大型配光測定装置（図 9）は、照明器具を回転させるホルダーと回転ミラーを備えたミラーゴニオメーター（ドイツ LMT 社製 GO－DS1600）と、ライトパストンネルと呼ばれる暗室の端に固定された受光器で構成されている。照明器具からの光はミラーに反射して受光器に導かれるが、照明器具に対してミラーが常に対向する様に、照明器具とミラーの双方が光軸を中心に回転し、角度ごとの光の強さを測定する。

配光測定は、照明器具の基準軸に交差する面における角度θ（水平角）と、その平面の傾きφ（鉛直角）として、ミラーゴニオメーターの A 軸を鉛直角 5 度毎に回転させ、C 軸を水平方向に連続回転しながら光度を測定する「Cone measurement」で行った（図 10)。なお、無電極プラズマランプ漁灯はミラーゴニオメーターに対して水平な状態を点灯姿勢とし、供試品を安定させるための事前点灯時間は 15 分とした。

プラズマ漁灯の全光束値は、配光測定装置によって測定された光度を灯具中心から全ての水平角および鉛直角方向に積分して求めた。

また、反射鏡については、紫外線の影響による劣化状況を検証するため、超促進耐候性試験機（岩崎電気株式会社製　SUV-W151）による暴露試験を行った。紫外線の照射条件は、波長範囲 295-450nm、放射照度 1,000W・m^{-2}、照射時間 350 時間とした。この条件は、屋外暴露 3500 時間（1 日あたり日照時間を 9 時間とした場合、389 日間）に相当する。暴露試験の際には反射鏡の半分の領域を金属製のテープで遮光し、試験後に紫外線照射部と非照射部の外観を目視観察した。

2) 灯具の腐蝕状況等の評価

実証試験後のプラズマ漁灯の耐候性を評価するため、目視による外観観察と、エネルギー分散型Ｘ線分光分析装置（以下 EDS、日本電子社製　JED-2200）による腐蝕生成物の特定を行なった。

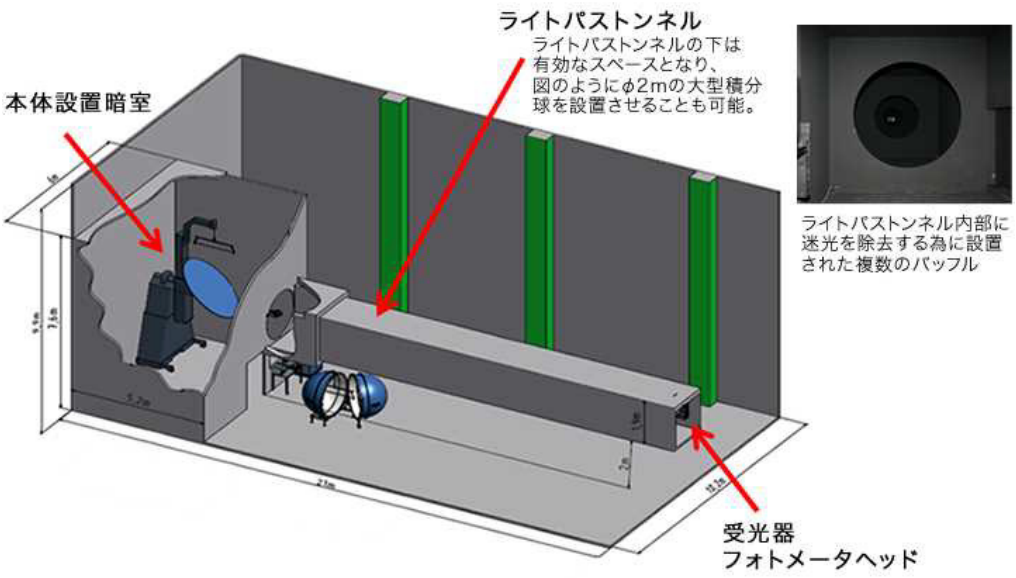


図９　大型配光測定装置

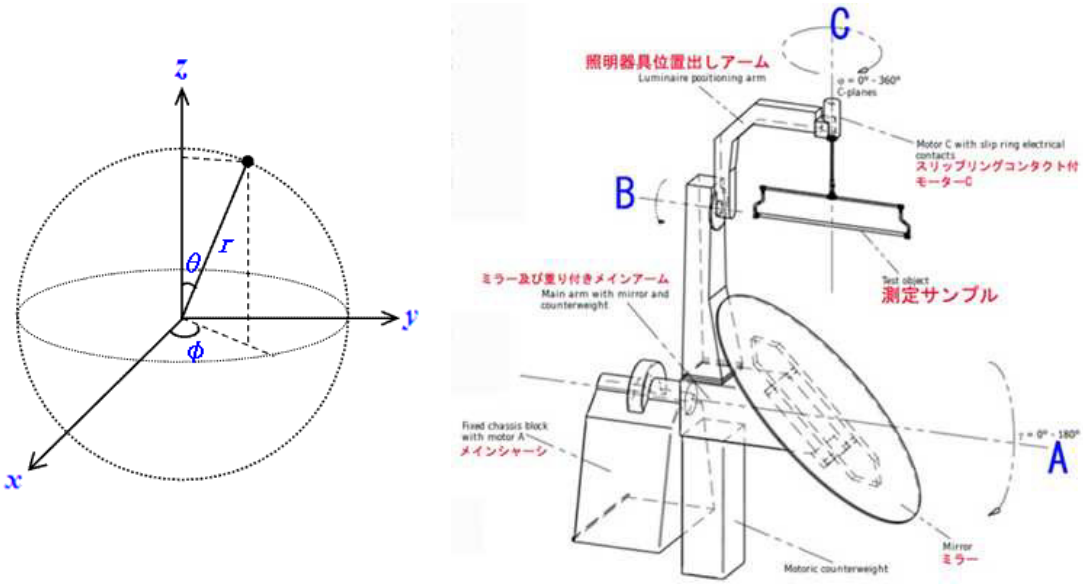


図 10　配光測定方法

4　実証試験結果

(1) 技術導入前後の比較

試験船において計測した漁灯電力と燃油消費量の関係を図 11 に示す。計測結果から得られた回帰式

y = 0.2280x + 17.2769　ただし x: 電力負荷 (kW)、y: 燃油消費量 (L/h)

に基づき、技術導入による省エネルギー効果を推定して表 4 に示す。

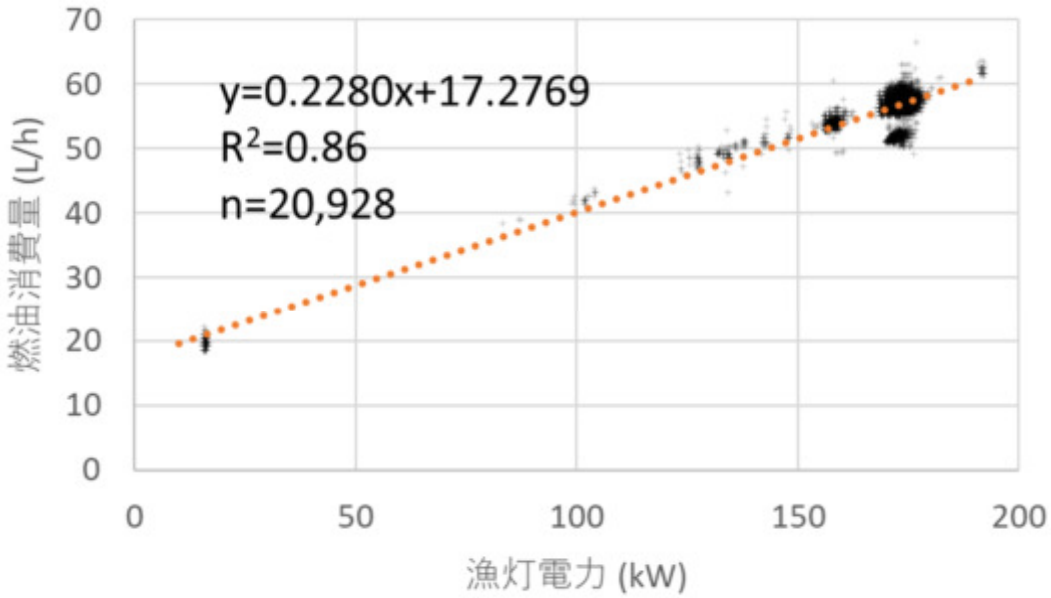


図 11　漁灯電力と燃油消費量の関係

表 4　省エネルギー効果

運用モード	メタハラ漁灯電力	プラズマ漁灯電力	漁灯全体電力 (kW)	燃油消費量 (L/h)	導入前との比較 (L/h)
既存漁灯システム	3kW×53 =159kW	-	159	53.53	0.00
プラズマ併用（本試験モード）	3kW×35 =105kW	0.5kW×32 =16kW	121	44.86	-8.66
プラズマ併用（予備試験モード）	3kW×48 =144kW	0.5kW×32 =16kW	160	53.76	0.23
全灯プラズマ（予測）	-	0.5kW×95 =47.5kW	47.5	28.11	-25.42

プラズマ漁灯 32 灯とメタルハライド漁灯 35 灯を併用する本試験モードでは、1 時間あたりの燃油消費量は 44.86L となり、メタルハライド漁灯を全灯点灯する場合と比べて 8.66L 減少した。他方、プラズマ漁灯 16 灯とメタルハライド漁灯 48 灯を併用する予備試験モードでは、漁灯システム全体の消費電力はメタルハライド前灯点灯時と比較してわずかに増加し、1 時間あたりの燃油消費量も 0.23L 上回った。全灯をプラズマ漁灯に換装した場合の予測では、1 時間あたりの燃油消費量は 28.11L/h であった。以上のことから、海面照射能力を従来型漁灯と同等とした部分換装の場合でも省エネルギー効果が生じることが確認された。一方、漁灯システム全体の消費電力を従来型漁灯と同等とした場合には、省エネルギー効果はほとんど認められなかった

(2) 評価

年間の運転コストの試算として、ランプ交換費を表 5 に、燃油費とランプ交換費を含む合計の運転コストを燃油単価別に表 6 に示す。条件として、操業 1 回あたりの漁灯点灯時間を 10 時間、年間の操業回数を 150 回、年間のメタルハライドランプ交換回数を 1 回とした。燃油単価は、北海道における 2017 年 1～12 月の平均値（石油情報センター調べ）である 69.4 円／L、将来的な上昇を想定した 80 円／L、100 円／L の 3 通りとした。試算の対象としては、コスト削減効果が期待できる本試験モードと全灯換装の場合を採用した。

既存漁灯システムと比較した場合の年間運転費の削減額は、燃油単価 69.4 円／L の場合、本試験モードでは約 153 万円、全灯プラズマ換装の場合、約 450 万円と試算された。燃油単価 80 円／L の場合、年間運転費の削減額は、本試験モードでは約 167 万円、全灯プラズマ換装の場合、約 491 万円と試算された。燃油単価 100 円／L の場合、年間運転費の削減額は、本試験モードでは約 193 万円、全灯プラズマ換装の場合、約 567 万円と試算された。

表５　ランプ交換費

	メタハラ灯 単価（円）	年間交 換本数	ランプ 交換費（円）	A　ランプ交換費 削減額（円／年）
現状	35,000	53	1,855,000	－
プラズマ併用（本試験）	35,000	35	1,225,000	630,000
全灯プラズマ	－	－	－	1,855,000

表６　年間の運転コスト

燃油単価（円/L）	69.4						
	燃油消費量 （L/h）	操業時間 （h/日）	年間操業 日数	燃油消費量 （L/年）	年間燃油費 （円）	B　燃油費削減額 （円/年）	A+B　漁灯運転費 削減額（円/年）
現状	53.5	10	150	80,293	5,571,022	－	－
プラズマ併用（本試験）	44.9	10	150	67,297	4,669,317	901,706	1,531,706
全灯プラズマ	28.1	10	150	42,160	2,925,228	2,645,795	4,500,795

燃油単価（円/L）	80						
	燃油消費量 （L/h）	操業時間 （h/日）	年間操業 日数	燃油消費量 （L/年）	年間燃油費 （円）	C　燃油費削減額 （円/年）	A+C　漁灯運転費 削減額（円/年）
現状	53.5	10	150	80,293	6,423,470	－	－
プラズマ併用（本試験）	44.9	10	150	67,297	5,383,790	1,039,680	1,669,680
全灯プラズマ	28.1	10	150	42,160	3,372,830	3,050,640	4,905,640

燃油単価（円/L）	100						
	燃油消費量 （L/h）	操業時間 （h/日）	年間操業 日数	燃油消費量 （L/年）	年間燃油費 （円）	D　燃油費削減額 （円/年）	A+D　漁灯運転費 削減額（円/年）
現状	53.5	10	150	80,293	8,029,338	－	－
プラズマ併用（本試験）	44.9	10	150	67,297	6,729,738	1,299,600	1,929,600
全灯プラズマ	28.1	10	150	42,160	4,216,038	3,813,300	5,668,300

既存船および新船にプラズマ漁灯システムを導入する際の費用の試算を表 7 に示す。また、これら設備導入費の回収に要する年数について、次式

回収年数＝（新システム導入費-既存システム導入費）／年間コスト削減額

に基づき、想定される燃油単価別に求めて表 8 に示す。

新システム導入費の回収年数は、燃油単価 69.4 円の場合、既存船に部分導入するケースで 7.1 年、新造船への部分導入で 5.5 年、新造船に全灯プラズマ導入で 5.1 年と試算された。燃油単価 80 円の場合、既存船の部分導入で 6.5 年、新造船の部分導入で 5.1 年、新造船の全灯プラズマ導入で 4.6 年と試算された。燃油単価 100 円の場合、既存船の部分導入で 5.6 年、新造船の部分導入で 4.4 年、新造船の全灯プラズマ導入で 4.0 年と試算された。

表 7　設備導入費

				既存船に装備		新造船への装備					
				プラズマ併用装備（本試験モード）		既存船のメタハラ装備		プラズマ併用装備（本試験モード）		全灯プラズマ装備	
設備名称		仕様	単価	数量	費用（円）	数量	費用（円）	数量	費用（円）	数量	費用（円）
発電機		400KVA	4,470,000			1	4,470,000	1	4,470,000		
		60KVA	1,993,000							1	1,993,000
メタハラ漁灯	ランプ	3kW	35,000			53	1,855,000	35	1,225,000		
	安定器	同上用	91,698			53	4,859,994	35	3,209,430		
	ソケット	3kW用	8,491			53	450,023	35	297,185		
プラズマ漁灯	ランプ	500W	250,000	32	8,000,000			32	8,000,000	95	23,750,000
	電源装置	同上用	180,000	16	2,880,000			16	2,880,000	48	8,640,000
合　計					10,880,000	A	11,635,017	B	20,081,615	C	34,383,000
設備導入によるイニシャルコストアップ額					10,880,000			B-A	8,446,598	C-A	22,747,983

表 8　新システム導入費の回収年数

		燃油単価（円）		
		69.4	80	100
既存船にプラズマ併用装備（本試験モード）		7.1	6.5	5.6
新造船に装備	プラズマ併用装備（本試験モード）	5.5	5.1	4.4
	全灯プラズマ装備	5.1	4.6	4.0

(3) 漁獲および操業への影響（操業試験）

実証試験は、2017 年 6 月 4 日から 12 月 10 日の間に、本試験モード 54 回、予備試験モード 39 回の合計 93 回実施した。操業位置を図 12 に示す。実証試験の際の試験船の操業位置、漁獲量、および試験船から半径 5NM 以内で操業する一般当業船の隻数、漁獲量の平均値並びに標準偏差を表 9 に示す。

2017 年度の実証試験では、漁期開始直後の 6 月以降、能登沖漁場から本試験モードで操業を行った。7 月上・中旬は檜山・後志沿岸の漁場にて操業し、7 月下旬以降は稚内沖で操業を行った。稚内沖の漁場は約 40 日程度持続し、前半は主に本試験モードで操業を行ったが、後半以降は繁忙期への対応や他船との競合への懸念から、予備試験モードに切り替えた。9 月以降、主な漁場は武蔵堆や積丹半島西方沖合域に移動し、10 月中旬まで持続した。沖合域での操業では、発泡スチロール箱換算で一晩あたり 900 ケースを超える漁獲量も記録された。10 月下旬から 11 月中旬にかけては、メタルハライド漁灯による操業や、時化による休漁が続き、漁灯併用操業時の漁獲データは得られなかった。11 月中旬からは積丹半島沿岸の石狩湾口付近の海域において、冬季における漁獲特性を検証するため、再び本試験モードに切り替え、12 月 10 日まで操業を行った。

試験期間中の実証試験船および一般当業船の漁獲量の推移を図 13 に示す。試験船の漁獲量は、期間を通じて概ね他船の平均値と同様の傾向で変動しており、他船と比較して漁獲量が一貫して著しく高い、もしくは低い傾向は認められなかった。

本試験モードにおける近隣当業船と実証試験船の漁獲量を操業日毎に比較した結果を図 14 に示す。図では、近隣当業船の漁獲量を横軸、実証試験船の漁獲量を縦軸とし、各操業日の近隣操業船の漁獲量の平均値に対して、該当する実証試験船の漁獲量をプロットした。複数の近隣当業船の漁獲量の分布については、標準偏差をエラーバーとして表現した。図中、y=x の値を傾向線として赤色で示しており、傾向船より右下にプロットされる操業日は近隣船の漁獲量平均値が実証試験船の漁獲量を上回っていた場合、右上にプロットされる操業日はその逆の場合であることを示す。本試験モードの操業 54 回中、近隣当業船との比較が可能だったのは 51 回で、うち 29 回は実証試験船の漁獲量が近隣当業船の平均値を上回った。切片を 0 とする前提でプロットの回帰式を求めたところ、相関係数は 0.39 と高くないものの、傾きは 0.97 となり、全体的な傾向として、近隣船の平均値とほぼ同等の漁獲水準であることが明らかとなった。

予備試験モードにおける近隣当業船と実証試験船の漁獲量を操業日毎に比較した結果を図 15 に示す。図の表現は図 14 と同様である。39 回の操業中、比較可能だったのは 30 回で、うち 12 回の操業において実証試験船の漁獲量が近隣当業船の漁獲量の平均値を上回っていた。回帰直線の傾きは 0.89 と、全体的な傾向としては漁獲水準が本試験モードの場合よりも低かったが、操業日毎のばらつきが多く、相関係数は-0.0009 と極めて小さかった。

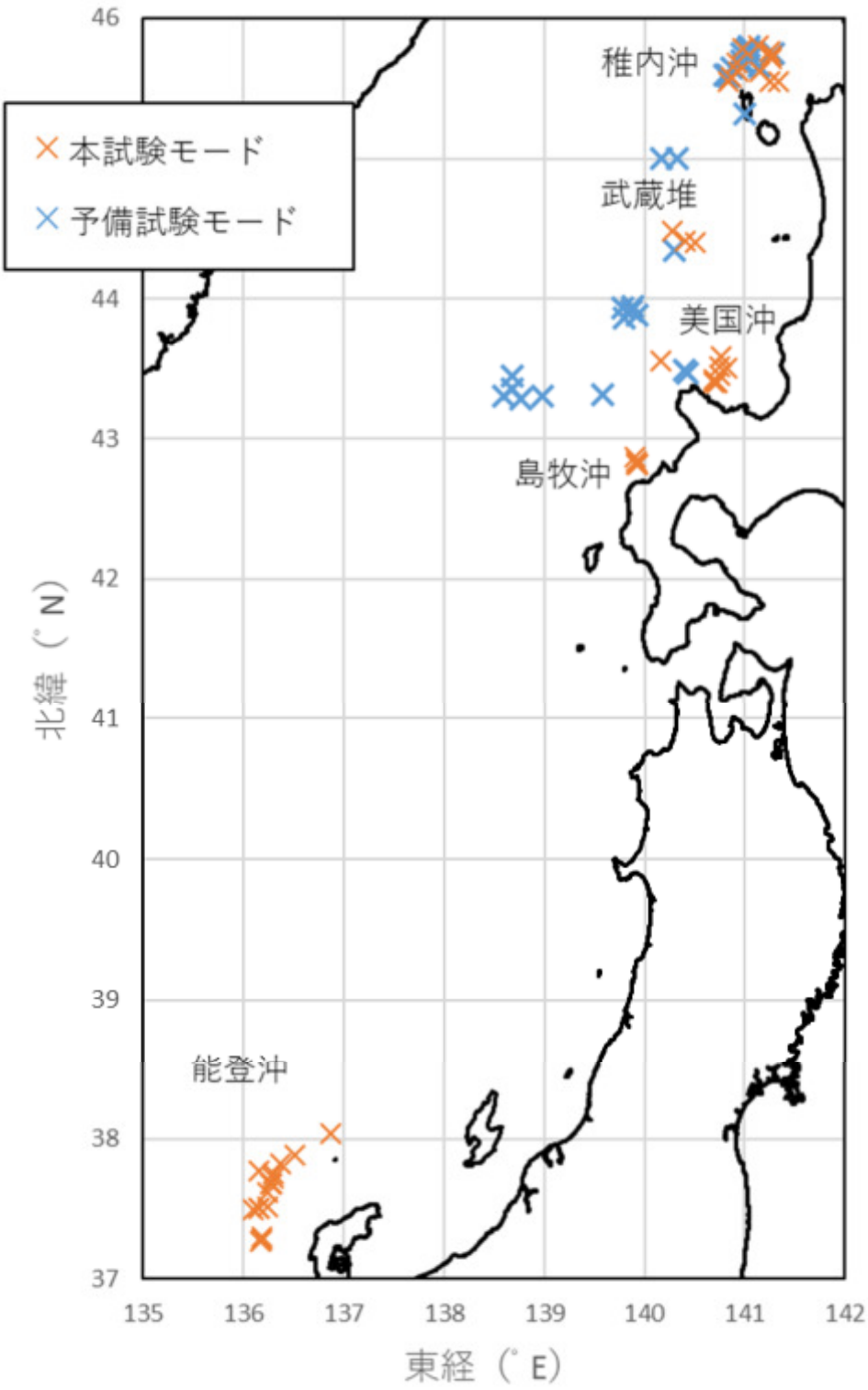

本試験モード
予備試験モード
稚内沖
武蔵堆
美国沖
島牧沖
能登沖
46
44
43
42
41
40
39
38
37
北緯（°N）
135
136
137
138
139
140
141
142
東経（°E）

図 12　操業位置

表９　操業位置および漁獲量

日付	漁灯区分	海域	入港地	操業位置 緯度	操業位置 経度	操業 時間	漁獲 重量 (kg)	漁獲 箱数 (@6kg)	5NM内 当業船 隻数	5NM内 漁獲箱数 平均値	5NM内 漁獲箱数 標準偏差
2017年6月4日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 29.5'N	136° 6'E	8:40	780	130	3	107.7	47.4
2017年6月6日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 41'N	136° 17'E	8:49	1038	173	5	174.2	20.9
2017年6月8日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 16'N	136° 10'E	9:18	1470	245	3	188.3	42.5
2017年6月10日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 16.5'N	136° 11'E	9:10	1830	305	4	185.0	42.0
2017年6月11日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 30'N	136° 9'E	8:45	2040	340	4	182.5	92.5
2017年6月13日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 30'N	136° 9'E	8:56	1704	284	1	400.0	-
2017年6月14日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 40.5'N	136° 16'E	7:55	1920	320	3	280.0	105.8
2017年6月15日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 31'N	136° 14'E	7:40	630	105	4	235.0	106.6
2017年6月17日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 37'N	136° 14.5'E	7:57	780	130	9	216.9	98.1
2017年6月18日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 43'N	136° 17.5'E	9:10	2220	370	7	251.9	115.7
2017年6月20日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 46'N	136° 9.5'E	8:38	816	136	4	137.3	71.2
2017年6月21日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 49'N	136° 22.5'E	8:40	618	103	10	79.9	35.1
2017年6月22日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 53'N	136° 31'E	8:12	744	124	3	102.3	22.1
2017年6月24日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 45'N	136° 18'E	6:36	240	40	8	85.3	34.3
2017年6月27日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	37° 18'N	136° 11'E	8:00	156	26	3	58.0	6.1
2017年6月28日	本試験モード	能登沖	鹿磯港	38° 2'N	136° 52'E	8:26	870	145	4	110.0	32.4
2017年7月2日	本試験モード	島牧沖	島牧港	42° 50'N	139° 55'E	7:24	1656	276	2	265.0	49.5
2017年7月3日	本試験モード	島牧沖	島牧港	42° 52'N	139° 54'E	8:56	720	120	6	120.8	15.6
2017年7月4日	本試験モード	島牧沖	島牧港	42° 49'N	139° 55'E	8:44	912	152	3	107.3	31.6
2017年7月5日	本試験モード	島牧沖	島牧港	42° 49'N	139° 56'E	8:04	168	28	3	26.3	6.4
2017年7月6日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 25'N	140° 42'E	8:36	858	143	14	94.4	35.8
2017年7月7日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 24'N	140° 42'E	2:11	6	1	7	62.9	48.2
2017年7月9日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 24'N	140° 43'E	8:17	546	91	6	88.8	49.7
2017年7月10日	本試験モード	武蔵堆	美国港	44° 24'N	140° 30'E	8:08	2172	362	2	284.0	121.6
2017年7月11日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 24'N	140° 43'E	8:34	450	75	2	57.5	29.0
2017年7月12日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 30'N	140° 49'E	8:24	1260	210	1	61.0	-
2017年7月13日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 27'N	140° 45'E	8:35	360	60	4	78.3	25.8
2017年7月14日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 35'N	140° 46'E	6:52	360	60	2	34.5	13.4
2017年7月17日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 31'N	140° 45'E	7:40	690	115	0	-	-
2017年7月18日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 33'N	140° 10'E	8:33	840	140	1	90.0	-
2017年7月23日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 37'N	141° 9'E	9:14	1800	300	4	291.8	70.3
2017年7月24日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 33'N	141° 20'E	9:03	2220	370	4	448.0	186.6
2017年7月25日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 33'N	141° 15'E	8:31	978	163	7	139.0	98.5
2017年7月26日	本試験モード	稚内沖	沖泊	45° 37'N	140° 56'E	2:35	30	5	1	170.0	-
2017年7月27日	予備試験モード	武蔵堆	沖泊	45° 0'N	140° 10'E	8:30	2310	385	0	-	-
2017年7月28日	予備試験モード	武蔵堆	苫前港	45° 0'N	140° 20'E	7:16	2658	443	1	284.0	-
2017年7月30日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 39.5'N	141° 9'E	8:53	480	80	8	165.3	81.1
2017年7月31日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 42.5'N	141° 2.5'E	9:15	1758	293	3	408.7	110.5
2017年8月1日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 41'N	140° 55'E	8:20	420	70	3	129.3	71.2
2017年8月2日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 35'N	140° 52'E	8:59	780	130	2	145.0	17.0
2017年8月3日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 47'N	140° 59'E	9:07	1984	331	0	-	-
2017年8月4日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 48'N	141° 8'E	9:31	1440	240	2	332.5	187.4
2017年8月6日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 33'N	140° 50'E	9:02	492	82	7	162.9	77.9
2017年8月8日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 43'N	141° 16'E	9:32	1910	318	13	184.0	125.6

表９　操業位置および漁獲量 続き

日付	漁灯区分	海域	入港地	操業位置 緯度	操業位置 経度	操業 時間	漁獲 重量 (kg)	漁獲 箱数 (@6kg)	5NM内 当業船 隻数	5NM内 漁獲箱数 平均値	5NM内 漁獲箱数 標準偏差
2017年8月9日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 46'N	141° 15'E	9:02	1404	234	11	348.7	175.5
2017年8月13日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 45'N	141° 17'E	10:05	2544	424	4	73.5	42.6
2017年8月16日	本試験モード	稚内沖	稚内港	45° 44'N	141° 16'E	9:27	648	108	5	39.8	42.3
2017年8月17日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 39'N	140° 52'E	10:14	3060	510	10	411.8	218.9
2017年8月18日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 40'N	140° 59'E	9:50	2220	370	4	507.8	62.2
2017年8月20日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 36'N	140° 49'E	10:00	1860	310	9	345.2	180.4
2017年8月21日	予備試験モード	稚内沖	船泊港	45° 36'N	140° 48'E	9:50	1230	205	6	280.3	154.0
2017年8月22日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 35'N	140° 51'E	10:08	3360	560	3	208.3	12.6
2017年8月23日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 45'N	140° 58'E	9:25	978	163	8	325.8	136.7
2017年8月24日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 42'N	140° 58'E	10:07	2454	409	14	375.2	168.2
2017年8月25日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 36'N	140° 50'E	8:54	294	49	8	205.3	102.2
2017年8月27日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 48'N	141° 3'E	10:13	2038	340	8	138.5	86.8
2017年8月28日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 19'N	141° 0'E	10:34	1350	225	7	203.3	76.9
2017年8月29日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 47'N	141° 2'E	9:50	1530	255	4	252.5	103.6
2017年8月31日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 47'N	141° 2'E	10:00	1512	252	6	189.2	72.1
2017年9月1日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 46'N	141° 3'E	10:00	2042	340	10	171.9	96.2
2017年9月4日	本試験モード	武蔵堆	美国港	44° 29'N	140° 17'E	8:11	1186	198	6	117.2	28.7
2017年9月7日	本試験モード	武蔵堆	沖泊	44° 25'N	140° 24'E	9:33	852	142	6	158.0	83.4
2017年9月8日	予備試験モード	武蔵堆	美国港	44° 21'N	140° 18'E	9:44	972	162	5	187.8	161.9
2017年9月9日	予備試験モード	積丹北西沖	沖泊	43° 53'N	139° 56'E	10:33	660	110	1	139.0	-
2017年9月10日	予備試験モード	積丹北西沖	美国港	43° 56'N	139° 47'E	9:15	810	135	1	139.0	-
2017年9月11日	予備試験モード	積丹北西沖	美国港	43° 52'N	139° 48'E	9:32	794	132	3	81.0	13.9
2017年9月15日	予備試験モード	美国沖	美国港	43° 29'N	140° 24'E	11:06	1016	169	0	-	-
2017年9月19日	予備試験モード	美国沖	美国港	43° 28'N	140° 26'E	9:11	150	25	0	-	-
2017年9月20日	予備試験モード	積丹北西沖	美国港	43° 55'N	139° 52'E	9:29	1860	310	0	-	-
2017年9月21日	予備試験モード	積丹北西沖	沖泊	43° 57'N	139° 53'E	10:24	1540	257	1	364.0	-
2017年9月22日	予備試験モード	積丹西沖合	島牧港	43° 18'N	138° 36'E	10:30	2338	390	0	-	-
2017年9月23日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	43° 17'N	138° 46'E	10:22	2420	403	1	385.0	-
2017年9月24日	予備試験モード	積丹西沖合	島牧港	43° 21'N	138° 41'E	10:10	2260	377	4	476.3	118.5
2017年9月25日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	43° 18'N	138° 59'E	9:29	616	103	1	147.0	-
2017年9月26日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	43° 19'N	139° 35'E	11:48	2354	392	0	-	-
2017年9月27日	予備試験モード	積丹西沖合	美国港	43° 27'N	138° 41'E	9:37	5640	940	0	-	-
2017年10月2日	予備試験モード	積丹西沖合	美国港	43° 38'N	139° 0'E	8:45	830	138	1	165.0	-
2017年10月6日	予備試験モード	武蔵堆	沖泊	44° 34'N	140° 39'E	11:15	880	147	4	255.5	57.7
2017年10月7日	予備試験モード	稚内沖	稚内港	45° 22'N	140° 54'E	10:25	1114	186	6	308.0	149.5
2017年10月10日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	43° 42'N	138° 11'E	10:50	5680	947	0	-	-
2017年10月12日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	44° 5'N	138° 29'E	9:40	594	99	1	120.0	-
2017年10月13日	予備試験モード	積丹西沖合	沖泊	43° 59'N	140° 26'E	11:25	1496	249	1	418.0	-
2017年10月16日	予備試験モード	積丹西沖合	美国港	44° 9'N	139° 37'E	11:40	2820	470	0	-	-
2017年11月17日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 26'N	140° 40'E	12:15	1110	185	3	20.0	34.6
2017年11月21日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 36'N	140° 48'E	10:05	282	47	0	-	-
2017年11月23日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 24'N	140° 36'E	12:45	592	99	1	126.0	-
2017年11月27日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 25'N	140° 36'E	13:30	412	69	1	308.0	-
2017年11月28日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 22'N	140° 40'E	14:00	1236	206	4	44.3	40.4
2017年12月3日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 21'N	140° 40'E	13:25	540	90	1	0.0	-
2017年12月4日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 21'N	140° 40'E	13:50	660	110	0	-	-
2017年12月7日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 23'N	140° 35'E	14:05	2036	339	1	200.0	-
2017年12月9日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 23'N	140° 38'E	6:45	120	20	1	100.0	-
2017年12月10日	本試験モード	美国沖	美国港	43° 21'N	140° 38'E	12:00	300	50	1	120.0	-

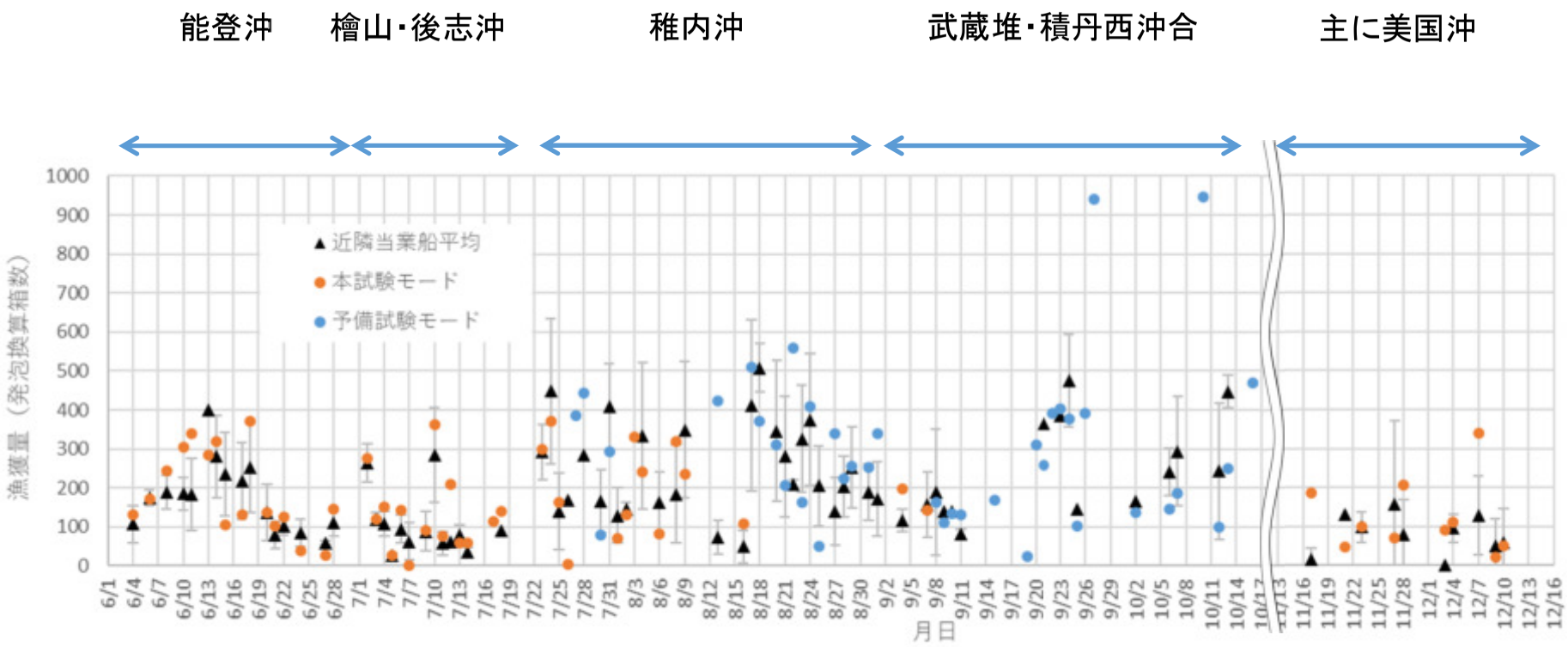


図 13　試験船および一般当業船の漁獲量の推移

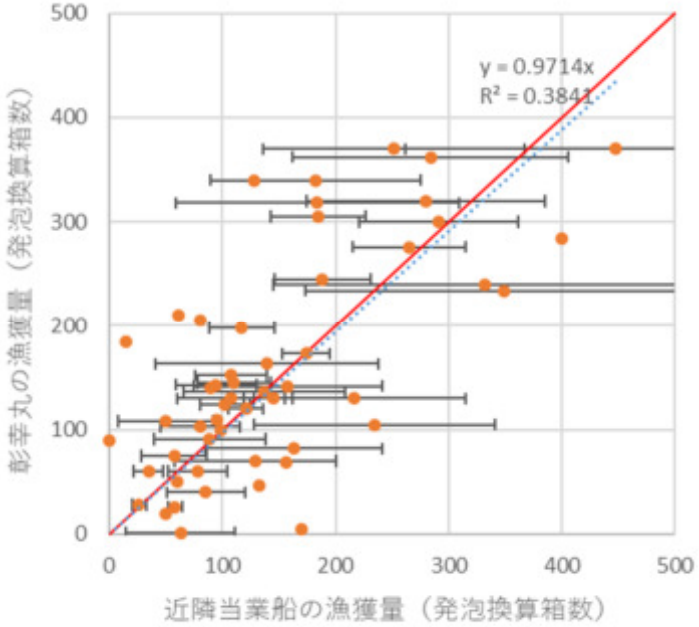


図 14　本試験モード時における操業日毎の近隣当業船と実証試験船の漁獲量の比較

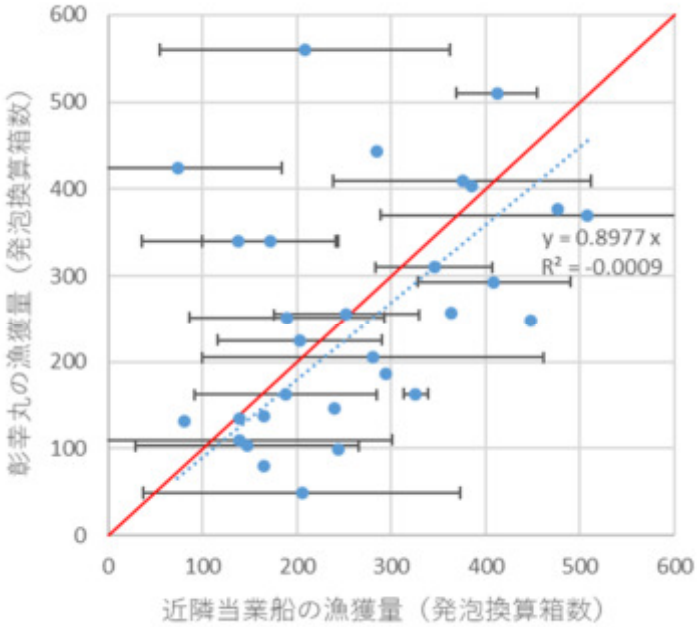


図 15　予備試験モード時における操業日毎の近隣当業船と実証試験船の漁獲量の比較

(4) 耐久性能の評価

① 光学的特性の評価

大型配光測定装置によって計測された実証試験供試前後のプラズマ漁灯の配光曲線を図 16 に示す。配光曲線は、光源の中心から各方向に放射する光の強さ、すなわち光度（単位 cd：カンデラ）の分布を示すものである。実証試験前の配光は図 16 中の青線で示されており、水平から下向き 8 度に光度の極大値：42,380 cd が存在した。一方、実証試験後の配光は橙線で示すもので、水平から下向き 7 度に光度の極大値：37,520 cd が存在した。両者を比較した結果、実証試験前後で配光曲線の形状はほぼ一致していた。

球帯係数法によって求めたプラズマ漁灯の全光束について、実証試験前後で比較して表 10 に示す。実証試験後の全光束は、試験前の 92.5%まで低下していた。

超促進耐候性試験機による紫外線暴露試験を経た反射鏡の写真を図 17 に示す。反射鏡中央部のテープ左側領域が照射部分、左側が非照射部分である。非照射部分の黒い付着物は遮光に用いた金属テープの粘着剤の残りである。表面は鏡面加工が施してあるため、背景の映り込みによって写真では部分的に外観が異なるように見えるが、目視観察では光沢や色味において、紫外線照射部分と非照射部分の間に違いは認識できず、紫外線照射による劣化はないと判断された。

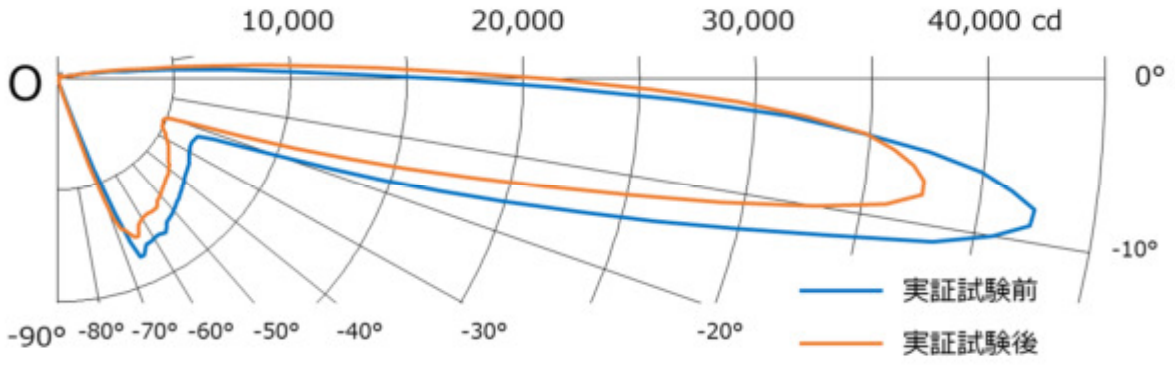


図 16　実証試験前後のプラズマ漁灯の配光曲線

表 10 実証試験前後におけるプラズマ漁灯の全光束、消費電力および発光効率

	実証試験前	実証試験後	備考
全光束（lm）	28,463	26,317	光束低下：92.5%
消費電力（W）	485.0	492.7	
発光効率（lm/W）	58.7	53.4	効率低下：91.0%

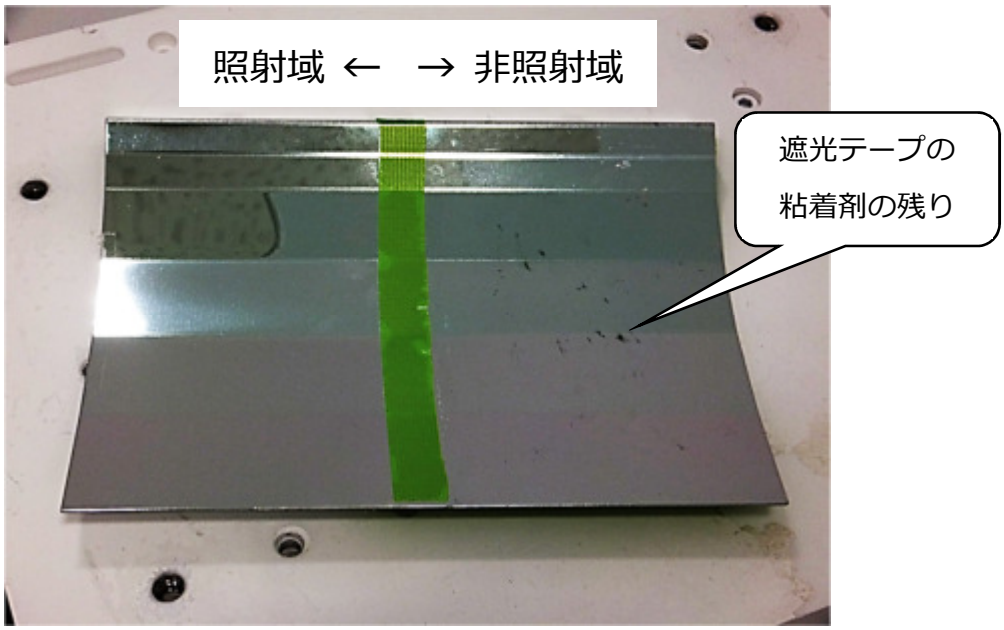


図 17　紫外線暴露試験を経た反射鏡の写真

② 灯具の腐蝕状況等の評価

A. 灯具全体の外観検査

供試体の外観を図 18 に示す。洗浄後の供試体正面外観は、筐体塗装、コーキング、防水気密シートのいずれにも腐蝕等はほとんど発生していなかった。レンズとなるガラスカバー内部に白色の粉体状の付着物が認められた。この付着物については後述する。また、正面上部にはコーティング剤の剥離が認められるが、下の金属部分には腐蝕が認められないことから、船体からの撤去時あるいは輸送中に受けた打撃等の外力による剥離と推察された。

供試体背面外観は、放熱フィンの全体に白色の腐蝕生成物が認められ、フィンの防錆処理である Ni メッキの剥離あるいは脱落が多数認められる。欠損は認められないものの、ピッティングや浮腫様（水ぶくれのような状態：浮き）の剥離に至らない腐蝕も見られ、耐食性は損なわれていた。供試体上部については、船体に灯具を固定するためのステンレス鋼製の取付金具に鉄錆と思われる赤褐色の腐蝕が認められるが、灯具自体に腐蝕は認められない。側面の放熱ヒートパイプおよびフィンを覆うカバーに作業中についたと考えられる擦過傷があり、この部分は黒変しているがアルミの腐蝕である白色の生成物が認められないことから塗膜が機能しており、問題はないと認められた。

以上のことから、フィン以外の部分には全体的に大きな腐蝕状況は確認できなかった。また、比較のために 1 年前（1 シーズン使用状況）の写真も図 19 に示す。

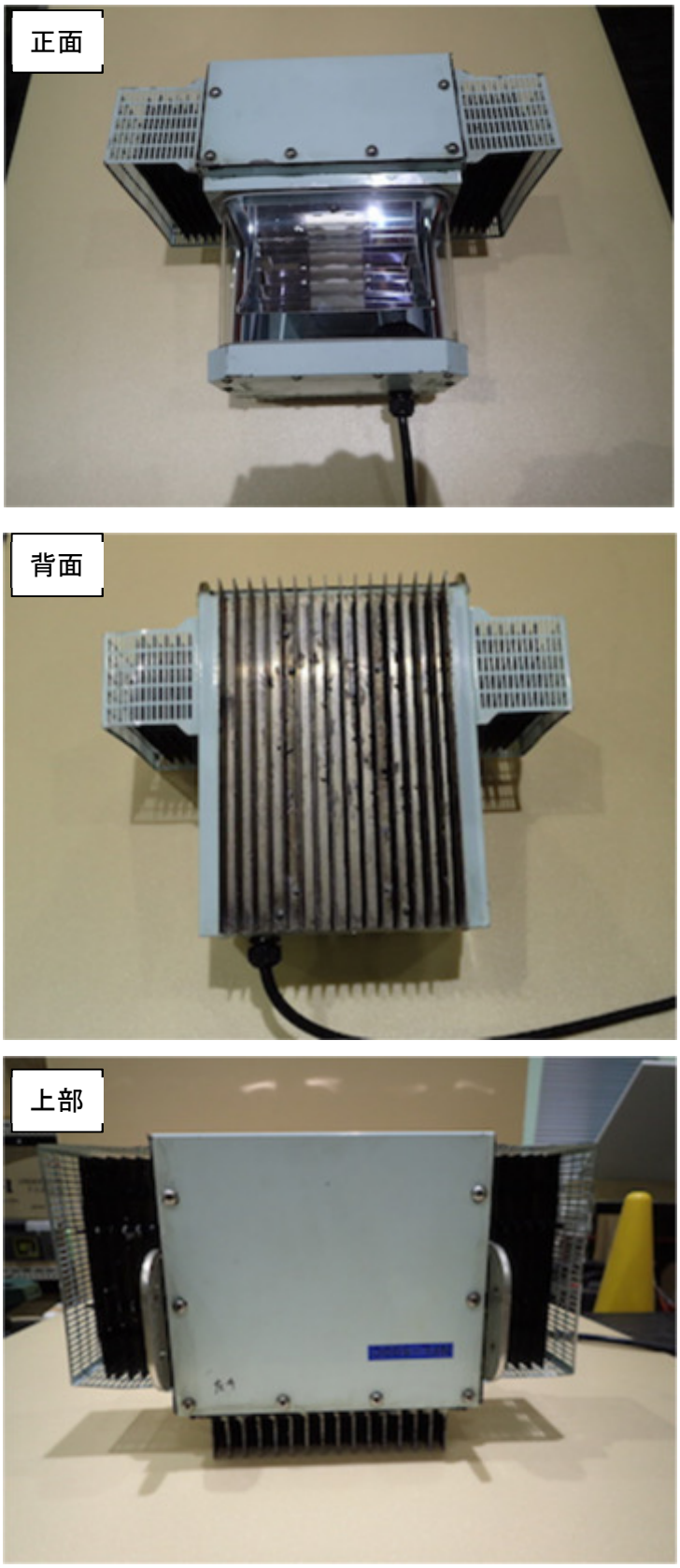


図 18　2 シーズンの操業試験を経たプラズマ漁灯の外観

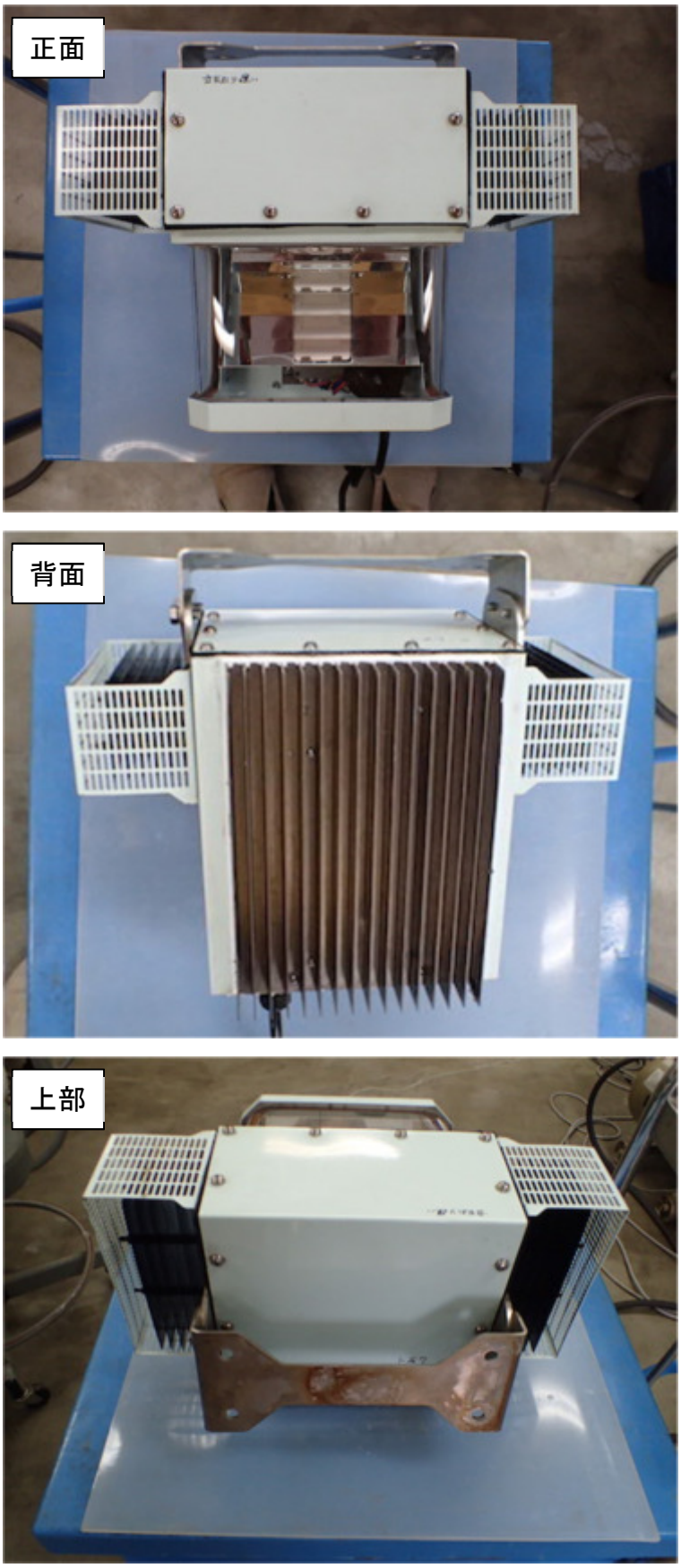


図 19　1 シーズンの操業試験を経たプラズマ漁灯の外観

B. 筐体およびガラスレンズカバー結合部のコーキング部分の状況

図 20 に筐体とガラスレンズカバー結合部のコーキング部分の詳細写真を示す。この部分には、詳細観察でもほとんど腐蝕や劣化は認められず、1 シーズン前の状況と同様で良好な耐食性を示していた。

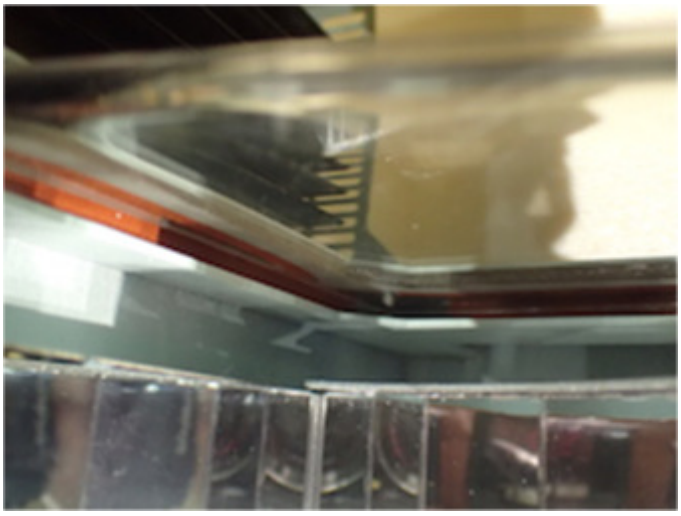


図 20　筐体とガラスレンズカバー結合部のコーキング部分

C. ガラスレンズカバー内部の状況

図 21 および図 22 に、ガラスレンズカバー内部にある発光ランプおよび RF ドライバー金属（配線）部分の詳細写真を示す。この部分には、詳細観察でもほとんど腐蝕や劣化は認められず良好な耐食性を示したことから、灯具の水密性・気密性とも問題がないと判断された。

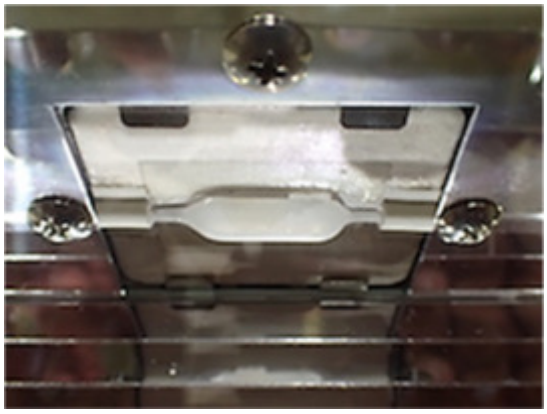


図 21　ランプ発光部周辺の詳細写真

図 22　RF ドライバー配線部の詳細写真

図 23 に、ガラスレンズカバー内部にある反射鏡を示す。この部品は、ランプからの熱を最も近くで受けるため、熱による変形と腐蝕にさらされるが、外観上大きな変形や腐蝕、表面の著しい反射率低下に繋がるような損傷は認められなかった。昨年度の実証試験では、反射鏡の変形による配光の変化が問題点として明らかとなった。このため、今年度は反射鏡の両側に対策部品として補強用リブを設置した。このような剛性向上の効果により、反射鏡の著しい変形が起こらず、前述のとおり、実証試験前後で配光がほとんど変化しなかったと推察される。

図 23 では不明瞭であるが、昨年度報告書の記載内容と同様、今回も、ガラスレンズカバー内部には白色の粉体状の物質が付着していた。図 21 のランプ発光部石英ガラス表面の白濁はこの粉体物質である。この粉体状物質を特定するため平成 28 年度に実施した EDS 分析の結果を図 24 に再掲する。この粉体状物質の主たる成分はアルミニウム、シリコン、リンの酸化物であり、発光ランプをモールドするために用いているモルダーとほぼ同様の組成であることが判明した。このことから、付着物は、ライト点灯時のランプの熱により気化（vaporize）したモルダーが低温のガラスレンズカバーで冷却され、白色粉体状物質として凝集・付着したものと考えられる。この物質が光量低下の一因であると推定されるため、製品化にあたっては対策を講じる必要がある。

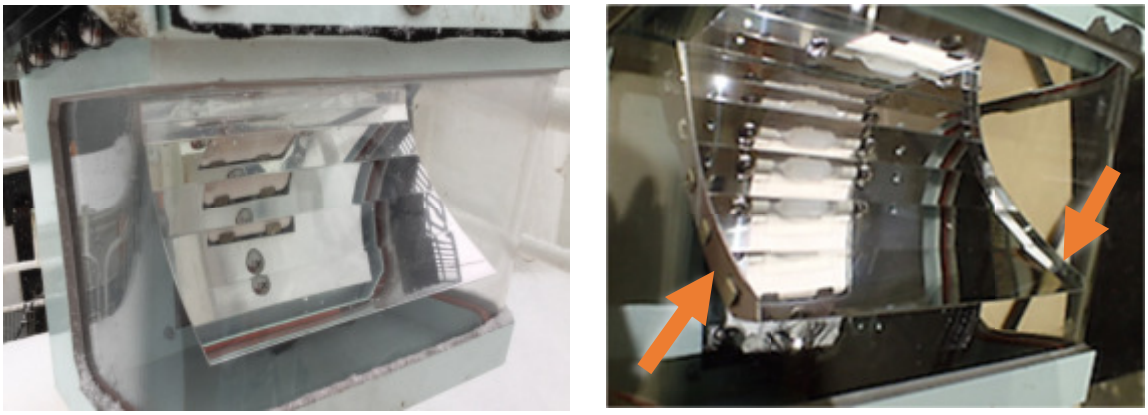
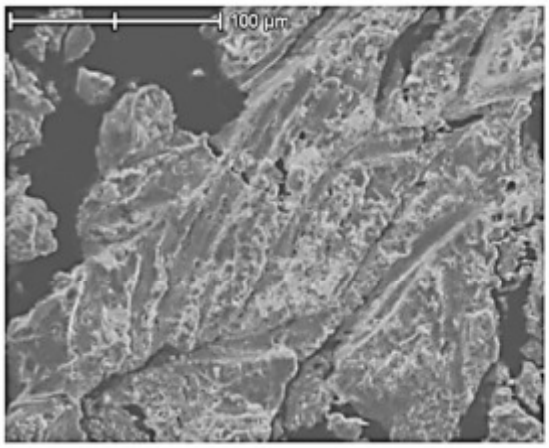


図 23　反射鏡部分の詳細写真

左　2016 年モデル（補強用リブ未設置）　右 2017 年モデル（補強用リブ（矢印）設置）



元素	(keV)	質量%	誤差%	原子数%	化合物	質量%
O		49.33				
Al K	1.486	21.40	3.37	34.93	Al2O3	40.43
Si K	1.739	11.40	4.68	35.74	SiO2	24.38
P K	2.013	8.14	5.99	11.58	P2O5	18.66
S K	2.307	3.78	5.36	10.37	SO3	9.43
Cl K	2.621	1.70	2.42	4.23	Cl	1.70
Sn L	3.442	4.24	10.77	3.15	SnO2	5.39
合計		100.00		100.00		100.00

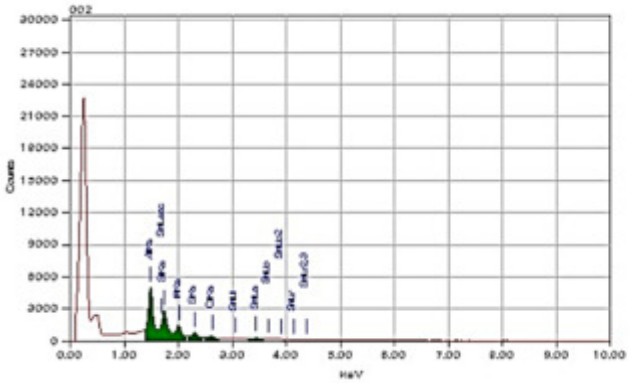


図 24　ガラスレンズカバー内側に付着した粉体状物質の EDS 分析結果

D. 筐体側面の放熱ヒートパイプおよびフィン（カバー）の状況

図 25 に、筐体側面の放熱ヒートパイプとフィンの全体写真、図 26 に、ヒートパイプとフィン接合部の詳細写真を示す。

図 25 中の矢印で示す通り、筐体側面に設置された放熱ヒートパイプおよびフィンには、白色の液だれ痕が認められる。当該部分を拡大した図 26 では、ヒートパイプ自体およびフィン自体には腐蝕がほとんど認められないものの、両者を接合するろう付け溶接部分において、溶接金属が腐蝕している様子が確認できる。以上の観察結果から、溶接金属を高耐蝕性のものに変更する必要があると考えられる。側面フィンの保護カバーには、腐蝕がほとんど認められない。しかしながら、筐体および保護カバーに施されている防錆塗料は、全体観察の項で説明したとおり、作業中に発生する物理的な毀損に対して剥離が発生しており、本灯具の外装防錆処理としてある十分とはいえない。

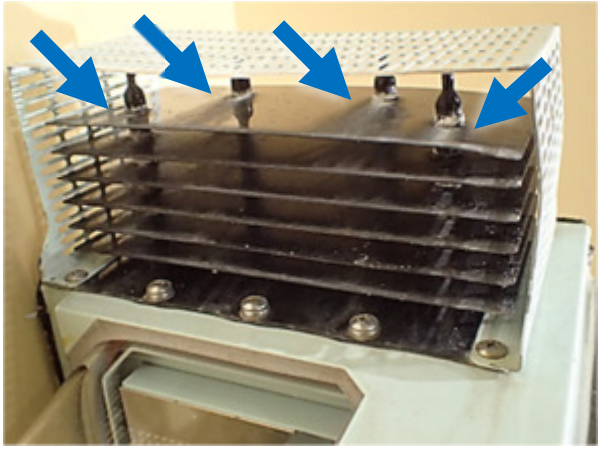


図 25　筐体側面の放熱ヒートパイプおよびフィンの全体写真
腐蝕生成物による液だれ痕を矢印で示す。

図 26　放熱ヒートパイプおよびフィン接合部の詳細写真

E. 筐体底面の電源コネクターの状況

図 27 に、筐体底面に設置された電源コネクターの詳細写真を示す。この箇所には腐蝕は認められず、保護処理は問題がないと判断された。

F. 筐体上部の灯具固定用取り付け金具

図 28 に、筐体上部の灯具固定用取り付け金具の詳細写真を示す。この金具はステンレス鋼（SUS304）製であり、対海水腐蝕性は高くない。そのため、図 28 で認められるような赤錆（Fe の腐蝕生成物）が発生している。ただし、この部分の腐蝕も大きなピッティングや欠損は認められないため、昨年度の報告書では数年程度の使用であれば問題がないことを報告した。2 シーズン目となる今年度の実証試験を経た後の観察でも腐蝕の進行は認められず、1 シーズン前の予測を支持する結果であった。

図 27　筐体底面に設置された電源コネクターの詳細写真

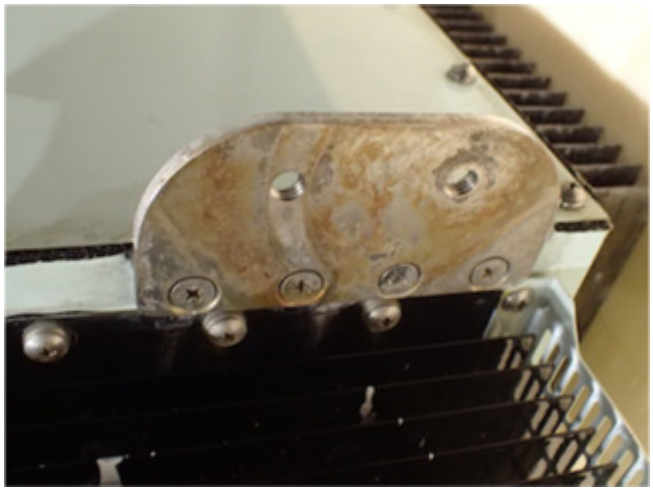


図 28　筐体上部の灯具固定用取り付け金具の詳細写真

G. 筐体背面の放熱フィン

図 29 に、無電解 Ni メッキ（メッキ厚 30μm）を施した筐体背面の放熱フィンの詳細写真を示す。背面の放熱フィンには、白色の腐蝕生成物が付着している。その付着量は設置状態で下側（重力による腐蝕生成物懸濁液の降下による）のエッジ部分に多く、色、付着箇所及び昨年度に実施した EDS 分析の結果（図 30）からフィンの基材であるアルミニウムの腐蝕生成物と推察された。無電解 Ni メッキを施したフィンを詳細に観察すると、基材である Al 合金の腐蝕による浮きを起因とする多数の剥離を生じており、背面フィンの防錆あるいはメンテナンス時の交換を基本とする対策が必要であると考えられた。ただし、フィン基材の損傷は多くないため、数年程度の使用であれば問題にならないと考えられる。

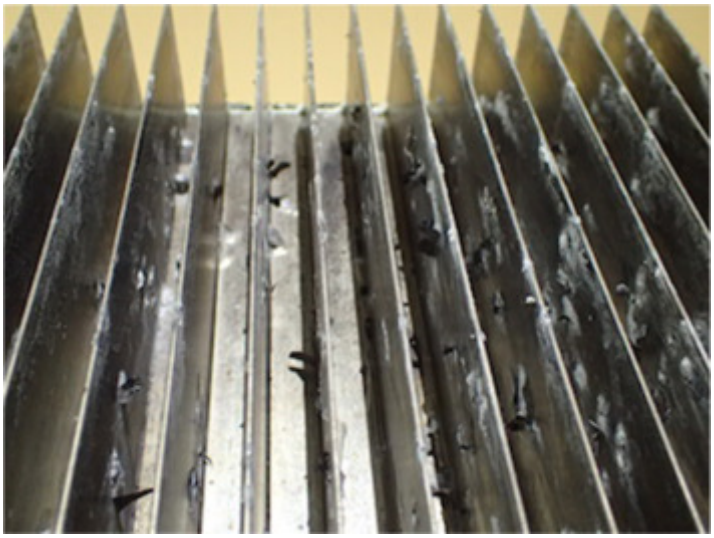
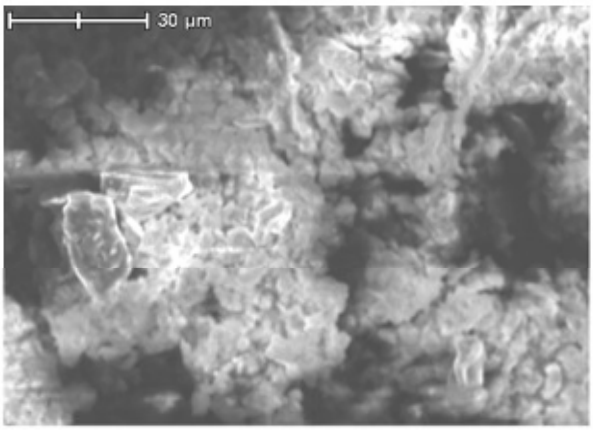


図 29　筐体背面の放熱フィンの詳細写真



元素		(keV)	質量%	誤差%	原子数%
O	*		46.41		
Na K	*	1.041	0.58	0.16	1.03
Mg K	*	1.253	0.09	0.15	0.30
Al K		1.486	31.31	0.16	47.25
Si K		1.739	7.63	0.24	22.13
S K		2.307	5.54	0.24	14.07
Cl K		2.621	3.70	0.11	8.50
K K	*	3.312	0.56	0.18	0.58
Ca K	*	3.690	0.33	0.24	0.67
Fe K		6.398	1.73	0.57	2.52
Ni K		7.471	2.12	0.98	2.94
合計			100.00		100.00

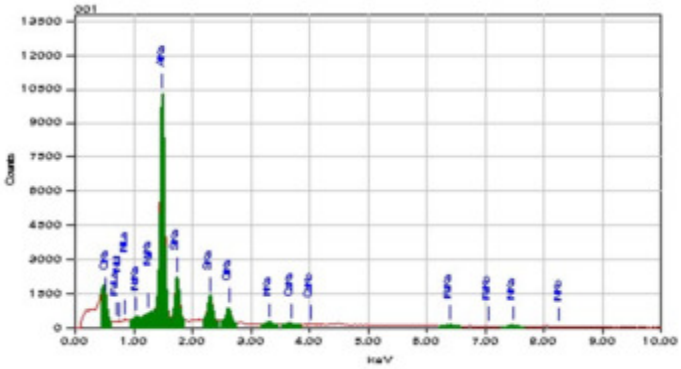


図 30　背面放熱フィン付着物の EDS 分析結果

5　考察

(1) 操業試験

2017 年度の実証試験は 6 月上旬から開始し、本試験モード 54 回、予備試験モード 39 回の合計 93 回実施することができた。2017 年漁期のスルメイカ採補数量（2018 年 2 月 28 日現在の報告、釣り以外の漁法含む、水産庁発表）は 5 万トンで、前年同期の 5.4 万トンを下回っており、過去最低レベルの水準であった。しかし、実証試験船である彰幸丸は好漁場を追って移動する操業形態であること、今漁期は夜イカ漁場が安定して形成されたことから、資源状態が操業試験に与える影響ほとんどないと考えられた。

メタルハライド漁灯 35 灯とプラズマ漁灯 32 台を併用する本試験モードにおいて、実証試験船の漁獲量は、近隣（5NM 以内）で操業する一般当業船の漁獲量の平均値とほぼ同水準であった。これに対し、メタルハライド漁灯 48 灯とプラズマ漁灯 32 台を併用する予備試験モードでは、近隣当業船の漁獲量平均値に対して、実証試験船の漁獲量はおよそ 90%程度で、海面へ到達する放射束の量は本試験モードよりも多いにもかかわらず近隣船よりも漁獲成績が劣っていた。この減少の要因として、当業船と実証試験船の漁獲量の回帰直線の相関係数に着目すると、本試験モードが 0.39 であるのに対し、予備試験モードでは-0.0009 と極めて小さかったことから、予備試験モードにおける操業日毎の漁獲量のばらつきにより、回帰直線の傾きが本試験モードよりも小さくなった可能性が主に考えられる。

プラズマ漁灯の漁獲性能への寄与については、今回の実証試験において、プラズマ漁灯の有無による漁獲量の比較など、直接的な検証を行っているわけではない。既往の知見によれば、2002 年に実施された漁灯の点灯数と漁獲量の関係を把握する調査において、当時の小型船の自主規制上限値である 180kW から 120kW にメタルハライド漁灯の点灯数を減じた場合、単位努力量あたり漁獲量は、180kW 点灯時を 100%とした場合と比較して、120kW 点灯時には 83%に減少することが明らかとなっている（海洋水産資源開発センター, 2003；平成 14 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（するめいか）報告書）。今回の本試験モード時には、メタルハライド漁灯の点灯数を約 2/3 に減じており、この状態でプラズマ漁灯を併用しない場合、漁獲量は全灯メタルハライド操業時と比較して、8 割程度となることが予想された。実証試験では、全灯プラズマ漁灯で操業する近隣当業船の平均値と同等の漁獲成績であったことから、プラズマ漁灯はメタルハライド漁灯の消灯による海面照射能力の不足を補い、有効に作用したと考えられた。

プラズマ漁灯の経済性の検証も実施した。本試験モード時の燃油消費量は 1 時間あたり 44.86L で、全灯メタルハライド操業と比較して 8.66L 削減されると推定された。これをもとにしてランプ交換費を含む年間のランニングコストを試算したところ、本試験モードでは全灯メタルハライド操業の場合と比較して 153 万円削減されると推定された。また、ランニングコストの削減によって、既存船へ 32 台のプラズマ漁灯を導入する場合でも設備導入費は 7.1 年で回収可能で、全灯プラズマ漁灯導入の場合は回収期間が更に

短くなると試算された。以上の結果から、プラズマ漁灯とメタルハライド漁灯の併用によるによるイカ釣り漁法が産業的に成立することが実証された。このことは、より一層の省エネルギー化をもたらすプラズマ漁灯単独での操業が成立する可能性を示唆する結果である。プラズマ漁灯への全面的な転換を実現するためには、今回の実証試験で明らかとなった問題点を克服し、デバイスの改善を図る必要がある。

(2) 耐久性の評価

昨年度、実証試験前後に配光を測定した結果、漁灯点灯時の熱による反射板の加工歪みの戻りに起因する光度ピークの上方への移動が確認された。このため、今年度は反射板の両端に補強用のリブを増設し、反射板の変形を抑制する設計とした。約半年間の実証試験前後の配光を計測したところ、配光はほとんど変化せず、改良の効果が確認された。他方、試験後の全光束は、試験前と比較して若干低下していた。昨年度の全光束の測定では、試験前 31,358lm、試験後 26,000lm で、試験後には 83%まで全光束が低下していた。この要因の一つとして、ランプ発光部周辺のシリコン製モルダーが熱で気化し、ランプの石英ガラスに凝集して付着したことを昨年度の報告書にて指摘した。今年度は、この粉体を拭き取った後に実証試験に供試した結果、試験前の全光束は 28,463lm と、昨年の試験終了時よりも若干高い値でスタートし、試験後は 26,317lm と、昨年度並みとなった。実証試験後の目視確認でも反射鏡の腐蝕や損傷が認められず、超促進耐候性試験機による紫外線暴露試験を経ても反射鏡の外観に変化がなかったことから、主な光束低下の要因はランプ発光部分への付着物であると推察された。付着の程度が今後どの程度増減するかについては不明だが、使用初期の光束低下後は、定期的に発光部への付着物を除去するなどメンテナンスを施すことにより、長期間光束が維持できる可能性がある。

漁灯本体の耐久性については、実証試験期間中に機能上問題となるような著しい腐蝕や破損、浸水は起こらなかった。しかし、ランプ内部の結露や、放熱フィンの腐蝕、ヒートパイプと放熱フィンの接合部の腐蝕など、長期的に耐久性に影響を及ぼしうるいくつかの事象が確認された。これらについては今後、設計や材料の変更等を引き続き検討する。

6 今後の課題

今年度の実証試験では、プラズマ漁灯によるイカ釣り漁業が成立する可能性が実証された。一方、実用段階に移行するまでに解決すべき課題も複数明らかとなった。実証試験ではメタルハライド漁灯の部分的な換装にとどまったが、さらなる省エネルギー化のためには、すべての漁灯をプラズマ漁灯に換装することが望ましい。全灯プラズマ化した場合、搭載される漁灯の数は 95 台と、現状の 3 倍近く搭載されるため、復原性を損なわない取り付け方法を検討する必要がある。また、軽量化のみならず、腐蝕や結露対策、コストダウンを考慮した漁灯本体の設計変更が必要である。