

実証試験報告書

I 課題名

棒受網漁業における 14 トン型漁船での LED 水中集魚灯導入実証化試験

II 実施主体名

山口県漁業協同組合

III 実証試験の内容

1 目的

近年の燃油価格の高騰から、沿岸漁業においても省エネ型操業への転換が不可欠であり、本県においても、平成 18 年度に「いか一本釣漁船」、平成 19 年度に「中型まき網漁船」において LED 集魚灯を活用した省エネ対策に取り組んだところである。

この成果と反省点を踏まえ、本県日本海における基幹漁業の一つである棒受網漁業において、LED 水中集魚灯の有効性について、省エネ効果と漁獲効果（集魚効果）の両面から検証を行うことを目的とした。

なお、本試験に関する位置図や、棒受網漁業の操業実態等について、本報告書末尾に「参考資料」として記述した。

2 導入技術の概要

(1) 導入技術

- 山口県長門市油谷（山口県漁業協同組合久原支店）の棒受網漁船「進海丸」（以下「試験船」という。）において、高木網業株式会社（香川県高松市）が開発した LED 水中集魚灯を新たに導入した。
- LED 水中集魚灯は、緑色波長帯の 1 種類とした。

【仕様】

- ・サイズ 高さ 456.8mm、直径 276mm の円筒形（フレーム部分を含む）
- ・LED 数 1 ユニット当たり 1W チップ型 LED を 30 個配置
1 灯当たり当該ユニットを 7 面配置（LED は計 210 個）
- ・LED 型式 日亜化学工業株式会社製 High Power Green LED NS6G083（緑色）
- ・消費電力 1 灯当たり 210W（=210 個×1W）
- ・必要電源 DC48V、6A×3 回路



【LED 水中集魚灯】

(2) 技術導入の方法（手法）

① 導入前の状況

- ・ 試験船は、5月中旬から12月中旬にかけてイワシ目的（カタクチイワシ、ウルメイワシ、シラス）に操業している。
- ・ 山口県では、棒受網漁船1隻当たりの集魚灯に使用する発電機の設備容量は10kWに制限されていることから、通常、3kWのハロゲン水中集魚灯3灯（計9kW）を使用している。



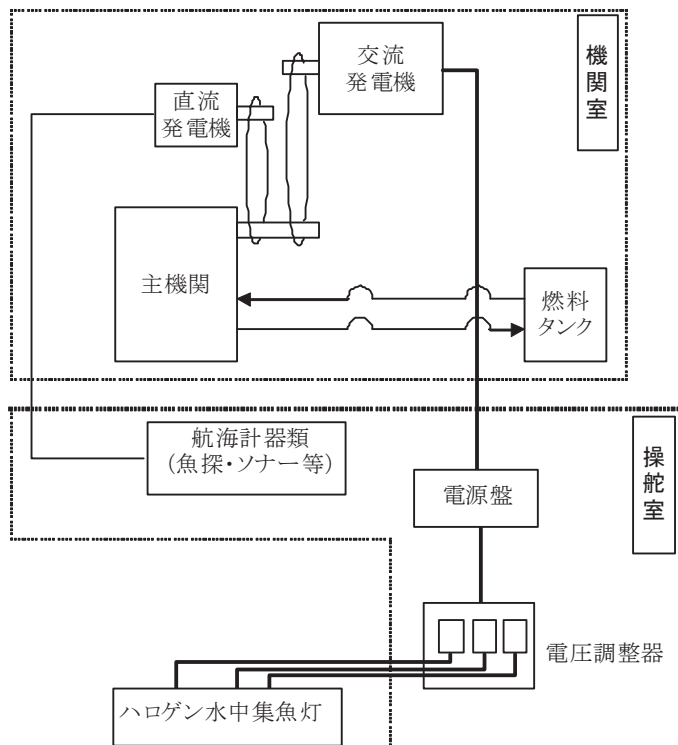
【試験船「進海丸」】



【交流発電機】



【ハロゲン水中集魚灯（右）】



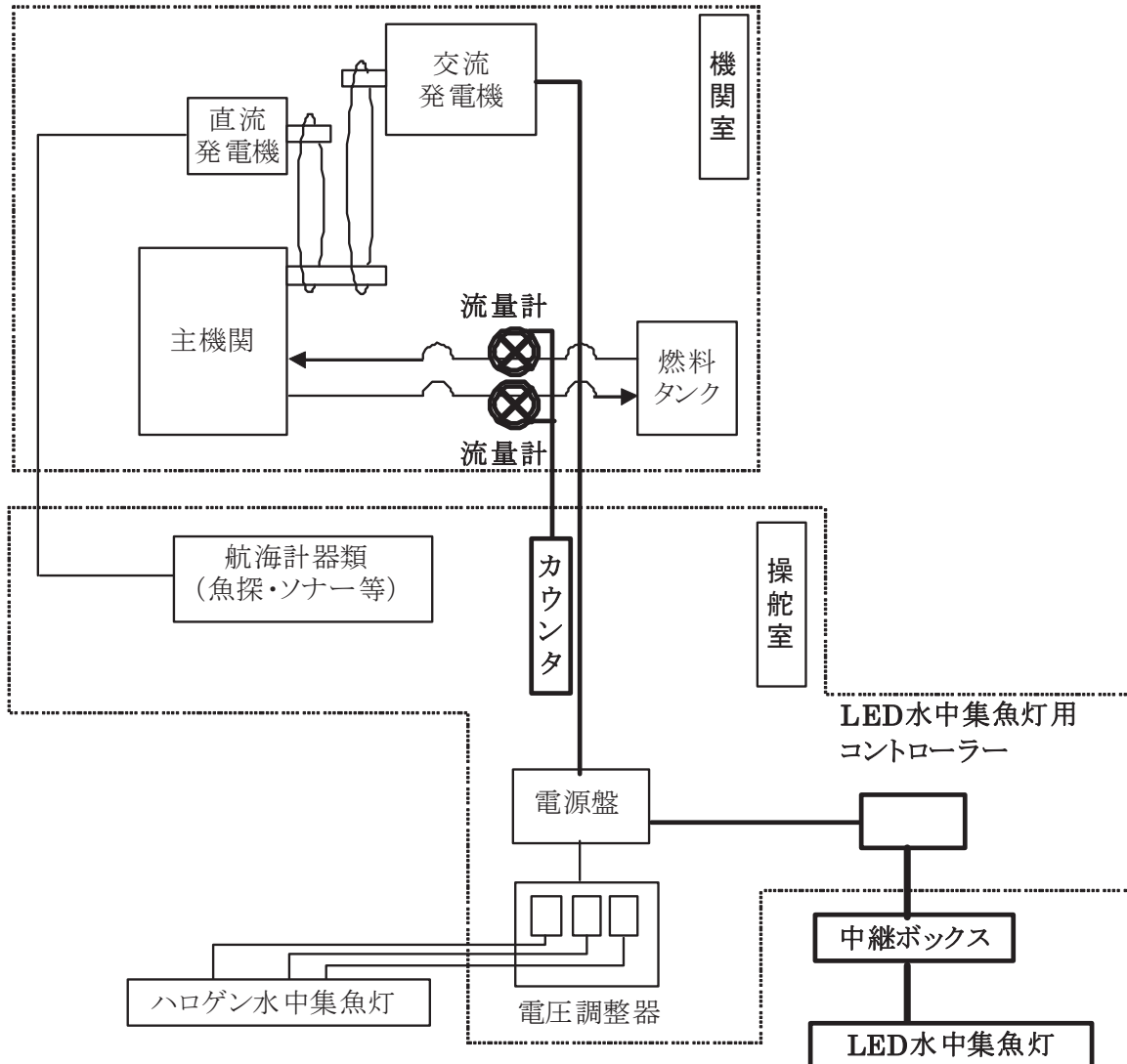
【電源盤】



【電圧調整器】

② 導入後の状況

電源盤からLED水中集魚灯用コントローラーを経ることにより交流を直流に変換し、LED水中集魚灯を接続した。



【図1 LED水中集魚灯等の配線概略図】



【LED水中集魚灯用コントローラー】



【LED水中集魚灯点灯状況】

3 実証試験の方法

(1) 燃料消費量の測定

LED 水中集魚灯点灯時および既存のハロゲン水中集魚灯点灯時の単位時間当たり燃油消費量を測定し、技術導入前後の燃油消費量比較とした。

燃油消費量の測定は、図1 および以下の写真のとおり電子式小型油用流量計（トキコテクノ株式会社、GS-FM001-03）を燃料ポンプの入口と出口に設置し、燃油タンクから主機関への往流と主機関から燃油タンクへの復流の差を、操舵室内に設置した汎用電子カウンタ（オムロン株式会社、H7CX）により積算したものを燃油消費量とした。

各集魚灯点灯時の燃油消費量の測定は係船状態で実施し、LED 水中集魚灯 3 灯およびハロゲン水中集魚灯 3 灯をそれぞれ 30 分間点灯し、その間の燃油消費量の積算値から 1 時間当たりの燃油消費量を計算した。

併せて、日々の操業時における使用集魚灯の種類、集魚灯点灯時刻および消灯時刻、その間の積算燃油消費量を操業日誌に記帳してもらい、比較の参考とした。



【流量計】

【流量計の設置状況】

【電子カウンタ】

【操業日誌様式】

操業年月日	平成20年(2008年)			月	日	
出港時刻	時	分	操業海域到着時刻	時	分	
帰港開始時刻	時	分	帰港時刻	時	分	
帰港時流量計	往路		復路			
操業場所	北緯	度	分	秒	水深 m	
	東経	度	分	秒		
集魚灯の種類及び集魚状況	集魚灯の種類	ハロゲン灯 ・ LED				
	点灯時間	時	分	～	時	分
	燃料消費量	リットル				
	集魚状況	悪← 1 ・ 2 ・ 3 ・ 4 ・ 5 →良				
漁獲状況	いわし加工量 (感覚的なもの)	袋	いわし加工 ザル枚数	枚		
気付き等						

(2) 漁獲効果（集魚効果）の把握

日々の操業において、LED 水中集魚灯またはハロゲン水中集魚灯を使用して集魚し、集魚回次毎に魚群探知機およびソナーの映像等から、試験船船長が集魚状況を 5 段階で評価し、操業日誌に記帳した。

併せて、投網の有無、水揚げしたイワシの加工量等についても操業日誌に記帳し、集魚状況評価の参考とした。

(3) その他（光の測定）

LED 水中集魚灯およびハロゲン水中集魚灯をそれぞれ 3 灯点灯し、集魚灯からの距離別（水平方向および垂直方向）の光を測定した。

光の測定は、超小型メモリー照度計（アレック電子（株）、MDS-MkV/L）および小型メモリー式水温深度光量子計（アレック電子（株）、COMPACT-LTD AL30-CMP）を使用し、漁港内（水平方向）および漁場（水平方向および垂直方向、油谷湾内）で行った。



【超小型メモリー照度計】



【小型メモリー式水温深度光量子計】

4 実証試験結果

(1) 技術導入前後の燃油消費量比較

ア 燃油消費量測定結果

係船中に測定した LED 水中集魚灯およびハロゲン水中集魚灯点灯時の燃油消費量測定結果は表 1 のとおり。

LED 水中集魚灯点灯時の 1 時間当たりの燃油消費量は 0.72L/hr で、ハロゲン水中集魚灯点灯時の 3.60L/hr と比較して 20%の燃油消費量であり、2.88L/hr の燃油消費量削減効果であった。

表 1 燃油消費量測定結果

	1 時間当たりの燃油消費量
ハロゲン水中集魚灯	3.60L/hr
LED 水中集魚灯	0.72L/hr
ハロゲン－LED	2.88L/hr
LED／ハロゲン	20%

エンジン回転数（ハロゲン：900rpm LED：700rpm）

イ 操業日誌集計結果

操業日誌から集計した集魚灯別の燃油消費量は表2のとおり。

LED水中集魚灯使用時の1時間当たりの燃油消費量は1.22L/hrで、ハロゲン水中集魚灯使用時の4.05L/hrと比較して30%の燃油消費量であり、2.83L/hrの燃油消費量削減効果であった。

表2 燃油消費量（操業日誌集計結果）

	1時間当たりの燃油消費量
ハロゲン水中集魚灯	4.05L/hr
LED水中集魚灯	1.22L/hr
ハロゲン－LED	2.83L/hr
LED／ハロゲン	30%

エンジン回転数（ハロゲン：900rpm LED：700rpm）

係船中に測定したアの燃油消費量測定結果と比較して、実際の操業時における1時間当たりの燃油消費量が若干多くなっているが、LED水中集魚灯とハロゲン水中集魚灯の差についてはほぼ同じ値であった。

(2) 省エネ評価

係船中の燃油消費量測定結果および操業日誌集計結果から、LED水中集魚灯で集魚した場合の燃油消費量は、ハロゲン水中集魚灯使用時より2.8L/hr削減される。

上記の結果および操業日誌から得られた操業パターン等により、本技術導入による省エネ効果を試算すると以下のとおりとなった。

1 操業日当たりの平均集魚時間（4hr）×

LED水中集魚灯導入による1時間当たりの燃油消費量削減量（2.8L/hr）＝11.2L/日
年間140日操業したとして、11.2L/日×140日＝1,568L/年の燃油消費量削減となり、
燃油価格を1L＝70円で計算すると、1,568L×70円＝109,760円/年の経費削減となる。

今回の技術導入経費に相当する経費削減効果が得られる年数を費用対効果として試算すると、技術導入経費3,000千円÷年間経費削減効果109千円＝27.5年となり、今回の実証試験における技術導入経費では、一般的な普及段階にないと推察された。

なお、棒受網漁業では、過電圧による電球切れ等により年間3回程度電球交換を行っており、年間で28千円/灯×3灯×3回＝252千円の電球交換費用が生じていることから、電球交換費用も加味すると（LEDは交換不要）、3,000千円÷（109+252千円）＝8.3年となり、LED水中集魚灯が低価格となれば普及も進むものと思慮された。

(3) 漁獲および操業への影響

ア 漁獲への影響

集魚した魚群の大きさ等の違いにより単純に比較することはできないが、操業日誌から得られた集魚灯別の集魚状況は表3のとおりである。

LED水中集魚灯使用時の集魚状況（試験船船長の5段階評価）は、既存のハロゲン水中集魚灯と比較して0.6ポイント減であった。

また、集魚灯別の水揚げ状況については、集魚灯別の加工ザル数（イワシ加工時に使用するザルの枚数）で比較すると、LED 水中集魚灯の 274 枚に対してハロゲン水中集魚灯が 398 枚であり、LED 水中集魚灯使用時の水揚げは既存のハロゲン水中集魚灯使用時の 68.8%であり 31.2%の減であった。

なお、イワシの魚影が濃い時の LED 水中集魚灯の集魚状況は、ハロゲン水中集魚灯と遜色なかったが、魚影が薄い時の集魚状況は劣っていたことから、試験船が所属する支店の棒受網業者のイワシ総水揚量（7,8 月）のうち試験船が占める割合は、H19 に比べて H20 は 1%減少した。

【加工用ザル】 表 3 集魚状況（操業日誌集計結果）



集魚灯の種類	LED	ハロゲン	LED/ハロゲン
集魚状況(5段階評価)	2.1	2.7	78%
イワシ加工ザル枚数	274	398	69%

イ 操業への影響

試験船船長および乗組員から聴取した結果、今回導入した LED 水中集魚灯には以下の利点、問題点等が明らかとなった。

① 集魚能力

今回技術導入した LED 水中集魚灯については、イワシの魚影が濃い時には既存のハロゲン灯と遜色ない集魚効果であったことから、イワシが今回使用した緑色 LED の光を嫌ってはいないと考えられた。

しかしながら、魚影の薄い時の集魚状況が悪いことから、LED 水中集魚灯の光力が弱いことにより広範囲からの集魚ができていないと考えられた。実際、試験船船長および乗組員からは、LED 水中集魚灯に対して「暗い」との感想が出ており、規模積算の考え方についてさらなる検討が必要である。

② イワシの誘導

集魚したイワシを網内に誘導する際、既存のハロゲン水中集魚灯と同様にスムーズに網内に誘導することができた。

なお、既存のハロゲン水中集魚灯ではイワシを集魚灯周辺に密集させるために光を絞る操作が行われるが、LED 水中集魚灯使用時には光を絞らなくても集魚灯周辺にイワシが密集しており、この点からも LED 水中集魚灯の光力不足が示唆された。

③ 集魚灯の重量等

今回技術導入した LED 水中集魚灯は、1 灯が約 8 kg であり、既存のハロゲン水中集魚灯の約 6 kg と比較して約 2 kg 重く、ケーブルも既存のものと比較して若干太くて硬いことから、船上での取り回しや収納に難があった。

また、底面に LED パネルを取り付けたことから、水中灯の形状がバケツ状となり、網内の水中灯を海中から引き上げる際に水中灯の中にイワシが入る等、水中での作業性にも難があった。

(4) その他（光量子束密度の測定）

LED 水中集魚灯およびハロゲン水中集魚灯の光の測定結果は表 4 のとおり。

超小型メモリー照度計での測定の結果、水平方向については、LED が 4m で値が 0 になったのに対しハロゲンは 10m まで測定できた。垂直方向については、LED が 3m まで測定できたのに対しハロゲンは 5m であった。

小型メモリー式水温深度光量子計による測定では、水平方向については、LED の 7m に対しハロゲンが 20m、垂直方向については、LED の 5m に対しハロゲンが 9m であった。

以上の測定結果から、LED 水中集魚灯の照射範囲はハロゲン水中集魚灯と比較して、水平方向で約 1/3、垂直方向で約 2/3 と狭かった。

表 4 光量子束密度（光量子束密度測定結果）

距離	漁港内(水平方向)				湾内(水平方向)				湾内(垂直方向)			
	MDS		AL-30		MDS		AL-30		MDS		AL-30	
	LED	ハロゲン	LED	ハロゲン	LED	ハロゲン	LED	ハロゲン	LED	ハロゲン	LED	ハロゲン
1m									3.07	48.06	0.92	11.56
2m									2.05	26.59	0.74	4.90
3m	0.54	15.48	0.72	8.45	0.37	9.54	0.70	5.94	1.02	9.20	0.65	2.40
4m	0	10.69	0.54	6.46	0	7.43	0.55	4.43	0	2.05	0.37	1.48
5m	0	7.34	0.41	4.89	0	8.86	0.43	5.28	0	1.02	0.28	0.83
6m	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.55
7m	0	3.59	0.27	2.66	0	4.86	0.26	3.28	0	0	0	0.46
8m	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.37
9m	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.28
10m	0	1.22	0	1.28	0	1.63	0	1.63	0	0	0	0
11m	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
12m	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
15m	0	0	0	0.43	0	0	0	0.44	0	0	0	0
20m	0	0	0	0.19	0	0	0	0.22	0	0	0	0

※水平方向（1m、2m）については、船側から測定器までの距離が近く、測定器が斜めになったりしたことから測定値は表から除外している。

※水中集魚灯及び計測機器を水深 2m 程度に設置し、水平方向の光量子束密度を測定。



【漁港内での光力測定状況：LED 水中集魚灯（左） ハロゲン水中集魚灯（右）】



【油谷湾内での光力測定状況：LED 水中集魚灯（左） ハロゲン水中集魚灯（右）】

5 導入のあり方

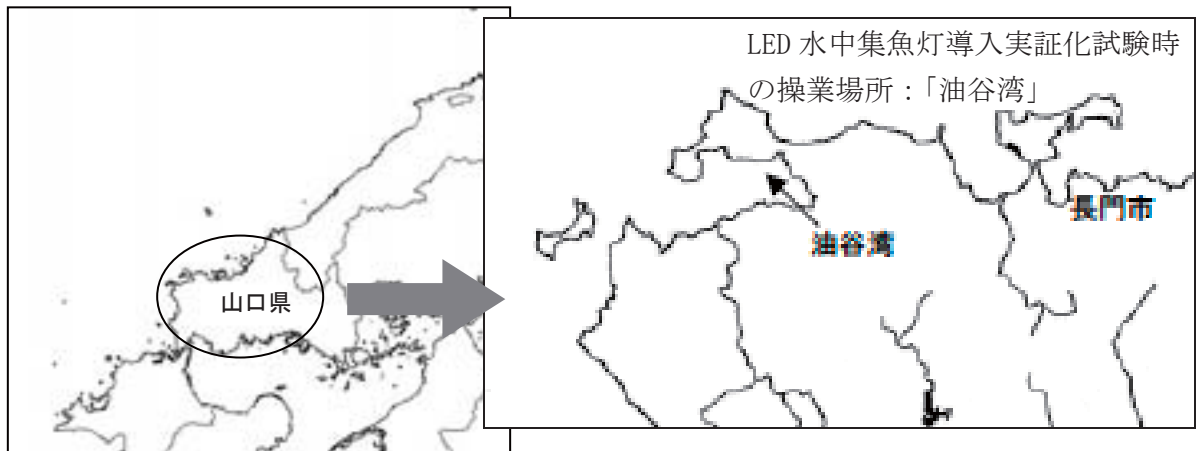
今回の実証試験の結果から、棒受網漁業において、従来のハロゲン水中集魚灯（3kW×3灯＝9kW）と比較して、LED 水中集魚灯（0.21kW×3灯＝0.63kW）の集魚能力が劣っていることが分かった。光の測定結果等から、従来のハロゲン水中集魚灯と比べて、LED 水中集魚灯の光が届く距離が短い＝照射範囲が狭いことが原因と考えられた。

また、LED 水中集魚灯使用による集魚中の省エネ効果は確認できたが、既存の発電機を使用した状態での LED 水中集魚灯による省エネ効果は低く、費用対効果は一般的な普及段階にはないと考えられた。

こうしたことから、当該技術の普及に向けて、①既存水中集魚灯と同等レベルの集魚能力を有する LED 水中集魚灯の検討、②LED 集魚灯システムの低価格化、③LED 水中集魚灯の小型・軽量化、④発電システムを含めた漁船全体での省エネの検討、⑤省エネ型集魚灯に係る規則等の整備、が必要と考えられる。

【参考資料】

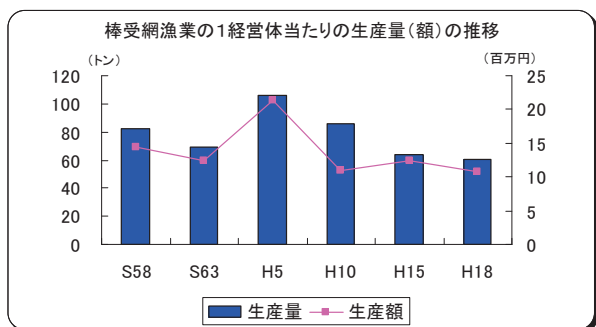
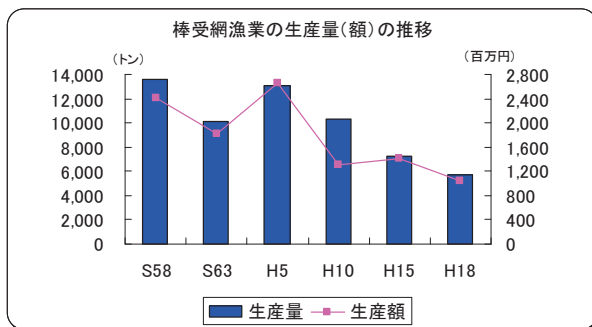
1 実証試験に関する位置図等



- 棒受網漁業の漁場水深は 20m～90m（カタクチイワシ狙いは比較的浅い海域、ウルメイワシ狙いは比較的深い海域）。
- 集魚灯は、概ね 1.5m 程度の水深で点灯し、集魚を行う。

2 山口県における棒受網漁業の操業実態等

- 山口県の棒受網漁業は、概ね 11～14 トン型漁船で 5 月中旬～12 月下旬を主漁期として、イワシ（カタクチイワシ、ウルメイワシ、シラス）目的に操業している。



- 漁船1隻当たりの集魚灯に使用する発電機の設備容量は10kWに制限されており、通常、3kWのハロゲン水中集魚灯3灯（計9kW）を使用している。
- 棒受網漁業の操業パターンは、概ね次のとおりである。
 - ① 魚群探索
18 時頃出航し、ソナーや魚群探知機による魚群の探索を行う。（漁場により出港時間が変更する）
 - ② 集魚
良好な魚群反応が得られた海域で、水中集魚灯を用いて集魚を開始する。
 - ③ 漁獲
イワシを自家加工しない場合（市場へ鮮魚出荷する場合）には、イワシの鮮度を保つため、市場の競り時間を考慮して網入れを行う。

④ 年間の操業パターン

概ね 5 月中旬～8 月下旬はカタクチイワシ狙い、9 月上旬～10 月下旬はウルメイワシ狙い、11 月上旬～12 月下旬はシラス狙いで操業する。

