

令和5年度 定置網漁業等における
数量管理のための技術開発事業
報告書

令和6年3月

定置網漁業等数量管理技術開発コンソーシアム

目次

1	令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業について	1
2	定置網漁業の概要	2
3	定置網漁業の数量管理のための技術開発に関する調査 アンケート調査報告（ブリ小型魚の放流方法について）	7
4	事業の目的と実施体制	12
5	定置網漁業等における数量管理のための技術開発の報告	14
I.	山口県地区	14
1.	開発体制とコンソーシアム構成員の役割	14
2.	技術開発の題目と目的	15
3.	技術開発の方法	15
ア	漁具改良等技術開発	15
イ	データ収集・分析	20
4.	技術開発の結果	22
ア	漁具改良等技術開発	22
イ	データ収集・分析	25
5.	まとめ	32
6.	おわりに	36
II.	富山県地区	37
1.	開発体制とコンソーシアム構成員の役割	37
2.	技術開発の題目と目的	37
3.	技術開発の方法	39
ア	漁具改良等技術開発	39
イ	データ収集・分析	42
4.	技術開発の結果	44
ア	漁具改良等技術開発	44
イ	データ収集・分析	50
5.	まとめ	55
6	検討会の設置と開催及び現地調査	56
1.	検討会	56
2.	現地調査	63
	付録	
1.	山口県地区の定置網漁業等における数量管理のための技術開発の要約	72
2.	富山県地区の定置網漁業等における数量管理のための技術開発の要約	74

1 令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業について

国は、水産資源の適切な管理と水産業の成長産業化を両立させ、漁業者の所得向上と年齢バランスの取れた漁業就業構造の確立を目指しており、令和2年12月に漁業法等の改正が施行された。水産庁は、資源管理に関する基本的な考え方を「資源管理は、水産資源ごとに、最新の科学的知見を踏まえて実施された資源評価に基づき資源管理の目標を設定し、当該資源管理の目標の達成を目指し漁獲可能量による管理を行い、最大持続生産量を実現できる資源量の水準を維持し、又は回復させることを基本とします。」と示している。

とりわけ、定置網漁業は、我が国の沿岸漁業の漁獲量のうち約5割を占めており、日本の水産物の供給に重要な役割を果たしているが、定置網漁業は、受動的漁具を用いた漁業であり、魚種を選択して漁獲することが困難である。

定置網漁業の資源管理を行う上で、一回で漁獲される魚種の数が多い特徴を有しているため、魚種別の資源状況に応じた操業を行なうことが難しく、できる限り小型魚等を漁獲しない技術や魚種選択性を向上させる技術の開発が極めて重要である。

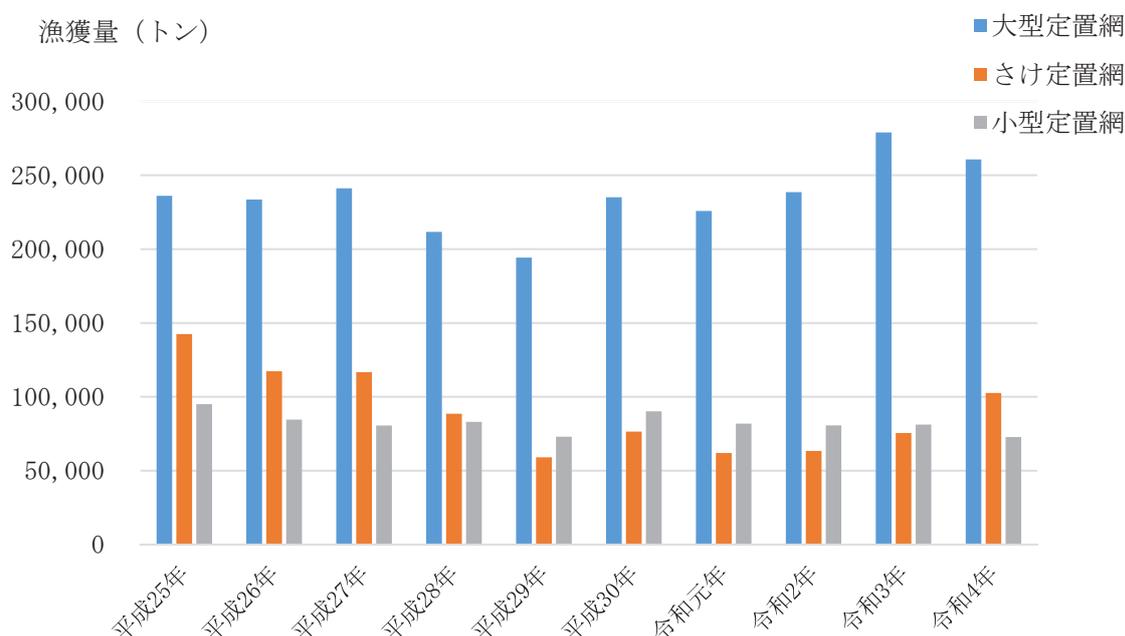
水産庁は、令和2年に定置網漁業に関する既存の技術や取組等について整理し、選択漁獲に関する技術開発について検討するために、「定置網漁業の技術研究会」を設置し、定置網に関する選択技術の現状や課題、現場での取組内容、選択漁獲技術に関する今後の可能性等について意見交換を行ない、「定置網漁業の技術研究会中間とりまとめ」を公表している。

このような状況の下、本事業は、TAC対象魚種等（又は今後資源管理の対象として予定されている魚種）の定置網漁業における数量管理のための技術開発及び技術普及が行われることにより、円滑な資源管理が可能となる定置網漁業の操業体制の構築に資するものである。

2 定置網漁業の概要

2.1 定置網漁業の漁獲量

我が国の2022年における海面漁業の生産量は295万トンである。同年の定置網漁業の漁獲量は43万6千トン〔大型定置網の生産量は26万1千トン（59.8%）、さけ定置網の生産量は10万3千トン（23.5%）、小型定置網の生産量は7万3千トン（16.7%）〕である。定置網漁業は、我が国全体の漁獲量の約15%を占め、日本の水産物の供給に重要な役割を果たしている。定置網漁業の最近10年間の漁獲量を図表2-1に示す。



図表 2-1 定置網漁業の最近10年間の漁獲量

※農林水産省 漁業・養殖業生産統計に基づき日本定置漁業協会で作成

2.2 漁業法上の定義

「定置漁業」とは、漁具を定置して営む漁業であり、漁業法第60条3において、次のように定義されている。

- 一 身網の設置される場所の最深部が最高潮時において水深二十七メートル（沖縄県にあつては、十五メートル）以上であるもの（瀬戸内海（第五十二条第二項に規定する瀬戸内海をいう。）におけるます網漁業並びに陸奥湾（陸奥湾の海面として農林水産大臣の指定するものをいう。）における落とし網漁業及びます網漁業を除く。）
- 二 北海道においてさけを主たる漁獲物とするもの

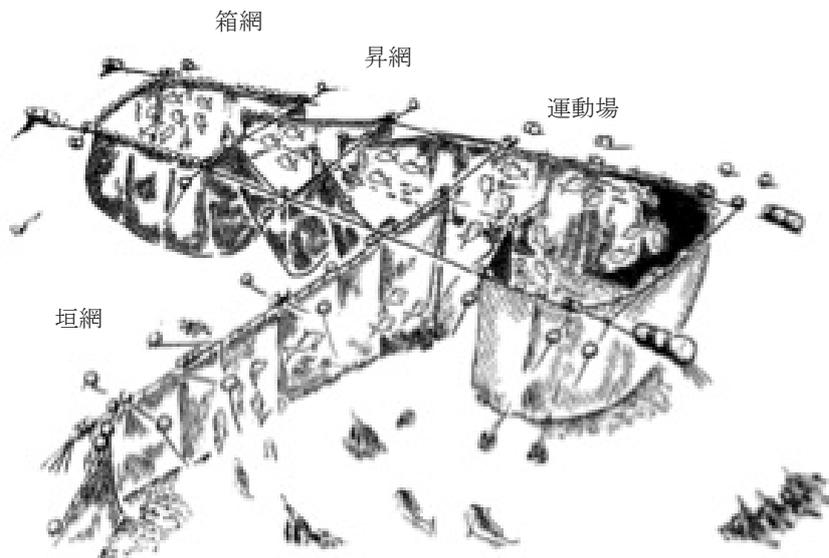
2.3 大型定置網漁業

全国における漁業法第 60 条 3 に基づく定置漁業権（サケ定置を含む。）は 1,606 件である（2018 年 9 月から 2019 年 8 月にかけて第 14 次定置漁業権免許の切り替えが行われた）。その内、北海道が 925 件で全体の半分以上を占めているが、ほとんどの漁業権はサケの遡上漁期に限定されたサケ定置であり、北海道においてサケ以外の魚種も漁獲対象とする定置漁業権は、特定の海域・漁具等に限定された 60 件前後である。一般社団法人日本定置漁業協会によると、その他の主な府県で定置漁業権が多いのは、青森県 23 件、岩手県 81 件、宮城県 33 件、神奈川県 24 件、新潟県 27 件、富山県 79 件、石川県 64 件、福井県 41 件、三重県 34 件、京都府 32 件、島根県 28 件、高知県 33 件、長崎県 59 件、鹿児島県 25 件である。

2.4 定置網漁業の操業方法と網の種類

定置網漁業では、漁場は港から近距離（数キロ程度）にあり、一般的に漁船は 20 トン未満の「網起し船」と呼ばれる船舶を 1～5 隻程度使用する。定置網は、全国に多数存在しており、網の種類は、漁場の特性や漁獲する魚種によって様々な形態がある。主な定置網の網型には、落とし網類、底・中層網、瓢（ヒサゴ）網、柝（マス）網類、網えり等が挙げられる。

落とし網類は、我が国で最も普及している網型であり、垣網と身網で構成され、身網は運動場、昇網、箱網の 3 区分から成る（図表 2-2）。来遊した魚群は垣網に誘導され網口から運動場に入る。その後、昇網を経て箱網へ集まった魚を漁獲する。



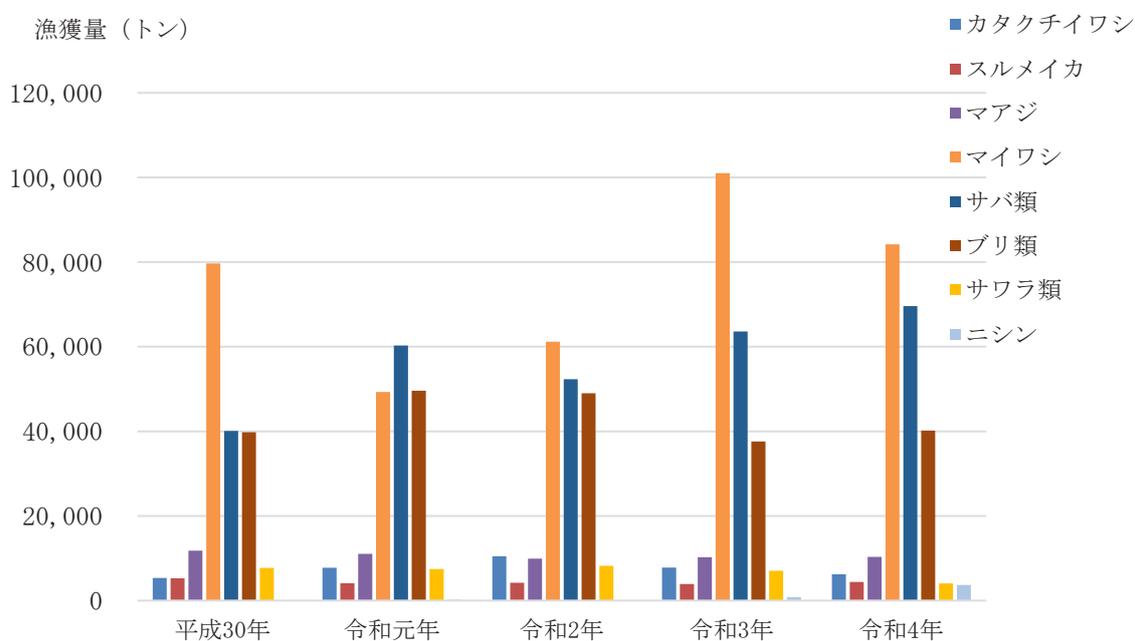
図表 2-2 落とし網の構造

資料引用：井上喜洋 画（一般社団法人日本定置漁業協会 HP）

2.5 定置網漁業の漁獲種

一般に定置網では、サバ類、ブリ類、イワシ類、アジ類、サワラ類、スルメイカ等の魚種が多く漁獲されている（図表 2-3）。

我が国では、サンマ、スケトウダラ、マアジ、マイワシ、サバ類、スルメイカ、ズワイガニ、クロマグロの 8 魚種を TAC（Total allowable catch）の対象魚種に設定しており、現在、TAC 魚種は漁獲量の 6 割を占めているが、令和 5 年度までに漁獲量の 8 割を TAC 魚種とすることを目指しており、カタクチイワシ、ホッケ、ブリ、サワラ、ウルメイワシ、マダラ等が追加魚種の候補として挙げられている。これらの魚種は、資源管理を行う上で重要な魚種である一方、多くが定置網漁業の主要な漁獲種となっている。



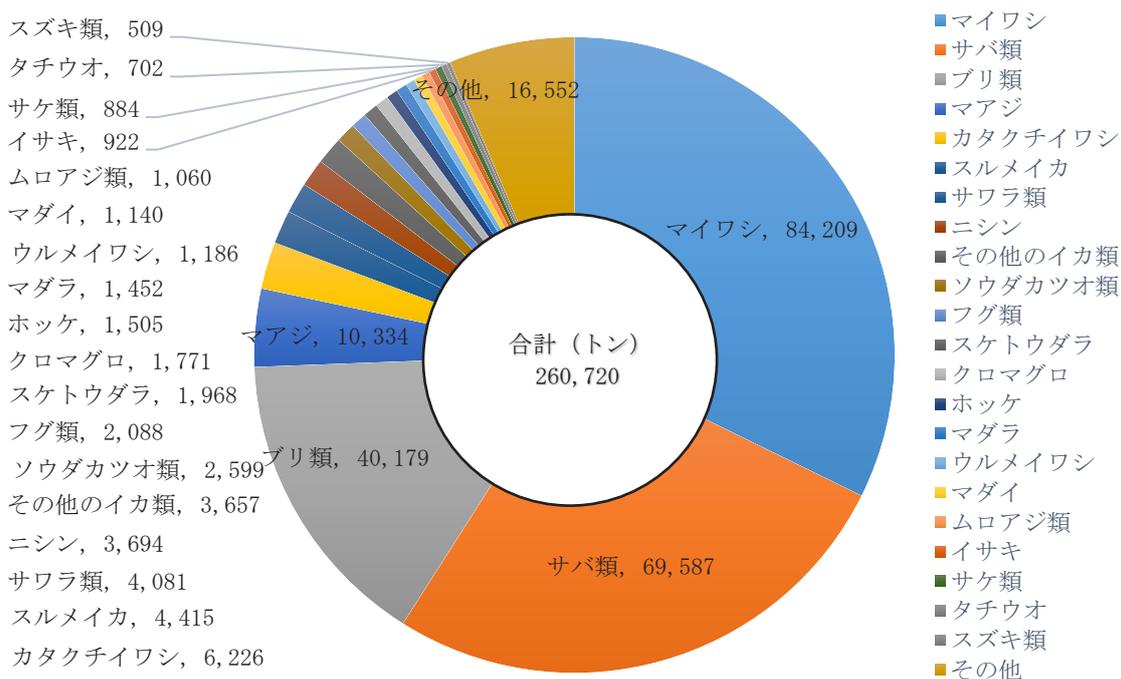
図表 2-3 大型定置網漁業の最近 5 年間の主な魚種別漁獲量

※農林水産省 漁業・養殖業生産統計に基づき日本定置漁業協会で作成

定置網漁業は魚種の選択性が低いため、積極的な資源管理が難しいという指摘もあるが、今後の資源管理の推進を図っていくためにも、定置網漁業においても資源管理型の選択性の高い漁具の開発や混獲される小型魚を削減する技術が求められていることから、水産庁は、定置網漁業に関する既存の技術や取組等について整理するとともに、選択的な漁獲について専門家による技術面からの検討を行うために定置網漁業の技術研究会を令和2年に開催している。この中で、定置網に関する選択技術の現状や課題、取組内容、選択技術に関する可能性等について意見交換が行われた。

本事業では、先の経緯を踏まえて、山口県地区と富山県地区にある定置網を対象にして数量管理に関する技術開発に取り組むこととした。

また、TAC対象魚種及び国民生活上又は漁業上重要な魚種を含む魚種に対して、魚種選択性の向上に必要な情報の取得を目指しており、本事業でも資源管理を行う上で重要な魚種を考慮して取り組むこととした。参考として、大型定置網漁業の魚種別漁獲量（令和3年）を図表2-4に示す



図表 2-4 大型定置網漁業の魚種別漁獲量（令和4年）

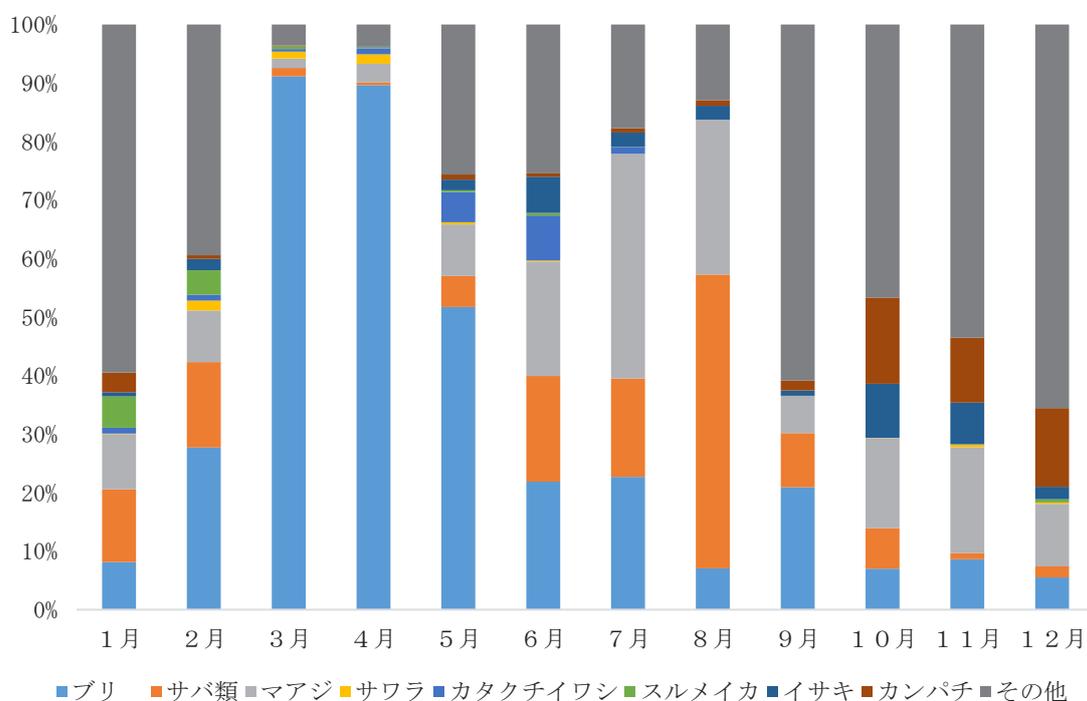
※農林水産省 漁業・養殖業生産統計に基づき日本定置漁業協会で作成

全国各地の沿岸域に設置される大型定置網漁業で漁獲される魚種は各道府県によっても、また時期によっても異なり多種多様であるといえる。さらには、定置網漁業は一回で漁獲される魚種の数は多いが、混獲の状況も時期によって大きく偏りが見られることもある。そのため、特定の魚種が集中的に獲れることもある。

参考事例として、三重県の月別魚種別漁獲構成割合（令和4年）を図表2-5に示す。

図表2-5からわかるように、3月、4月は、ブリが漁獲全体の9割以上を占めているのに対して、8月から1月の間は1~2割前後の漁獲しかない。サワラについては、3月、4月に1~2%の漁獲は見られるが、他の月は殆ど漁獲がない。

三重県の月別魚種別漁獲構成割合（令和4年）



図表2-5 三重県の月別魚種別漁獲構成割合（令和4年）

※三重県水産研究所「三重県ブリ定置漁獲統計」のデータに基づき日本定置漁業協会で作成

（本章の情報提供：一般社団法人日本定置漁業協会）

3 定置網漁業の数量管理のための技術開発に関する調査

一般社団法人日本定置漁業協会は令和5年10月から12月に「ブリ小型魚の放流方法についてのアンケート調査」を実施した。

3.1 ブリ小型魚の放流方法についてのアンケートの実施

TAC 対象の検討魚種として 15 種類が挙げられているが、サケ定置を除く大型定置網漁業に占める魚種別割合は、マイワシ、マサバに次いでブリ類が第3位である（令和4年漁業・養殖業生産統計）。漁獲金額で推定すると、ブリ類はマイワシの5.8倍、サバ類の2.4倍の単価である（令和3年漁業・養殖業生産統計より平均単価を算出）ので、定置漁業にあって、ブリ類が最重要魚種である。

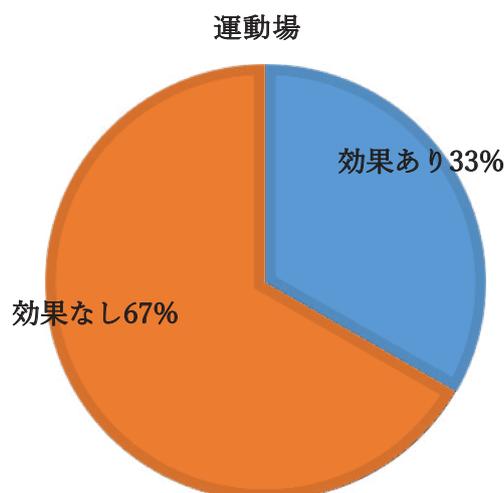
このため、「ブリ小型魚の放流方法に関するアンケート」を道府県定置漁業協会等に対し実施した。回答を得た府県は青森県、新潟県、富山県、石川県、千葉県、静岡県、三重県、京都府、和歌山県、宮崎県及び鹿児島県の11府県であり、傘下の定置漁業者は15業者であった。その結果は次のとおりである。

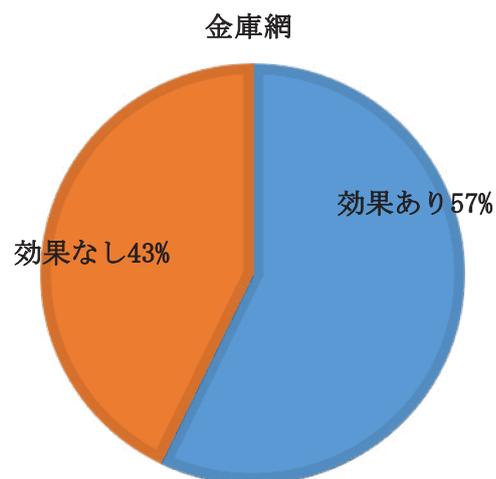
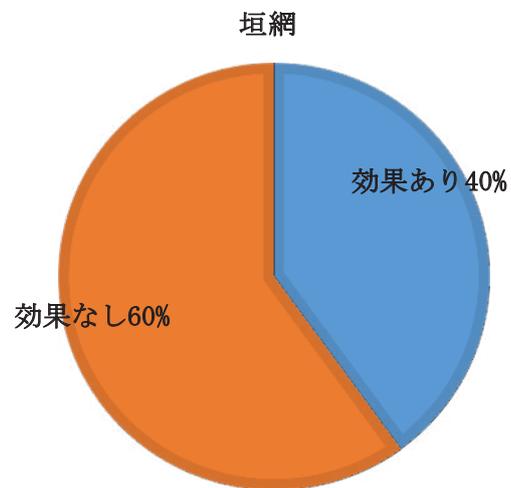
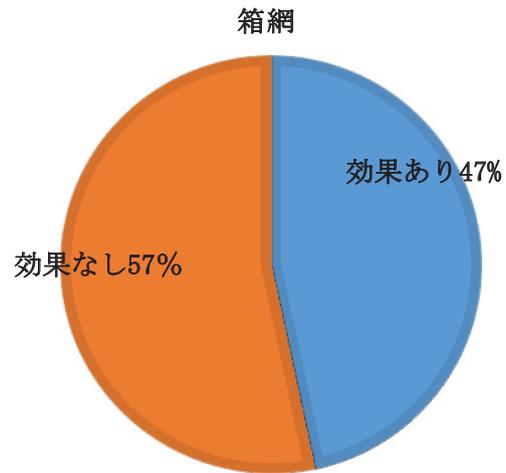
3.2 調査の結果

ブリの小型魚を放流する場合に、次の3つの項目について「効果が期待できる」または「効果が期待できない」のいずれかを聞いたものである。

- ①定置漁具のどの部分を大目合化すれば効果があるかについてアンケート結果を図表3-1、
- ②大ダモ等の改良をすれば効果があるかについてアンケート結果を図表3-2、
- ③船上でどのようにすれば効果があるかについてアンケート結果を図表3-3に示す。

① 定置漁具のどの部分を大目合化すれば効果があるか（海中での小型魚の分離）

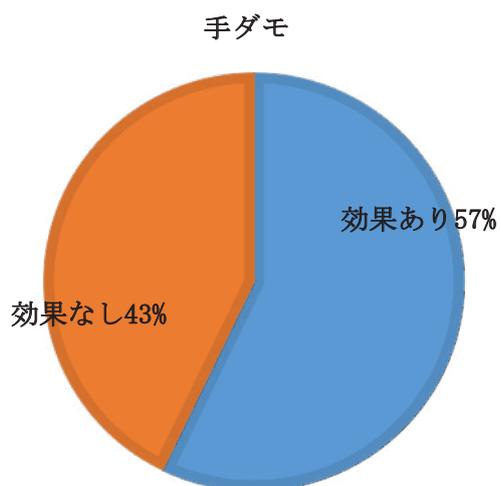
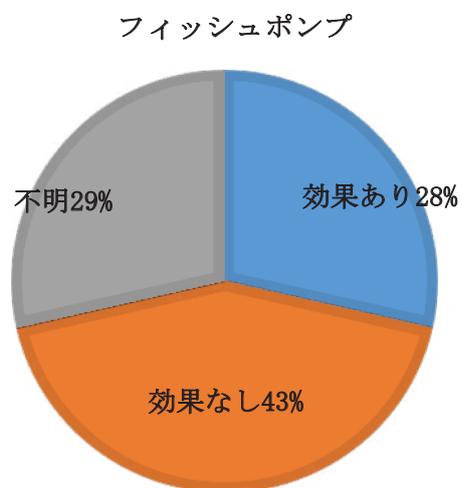
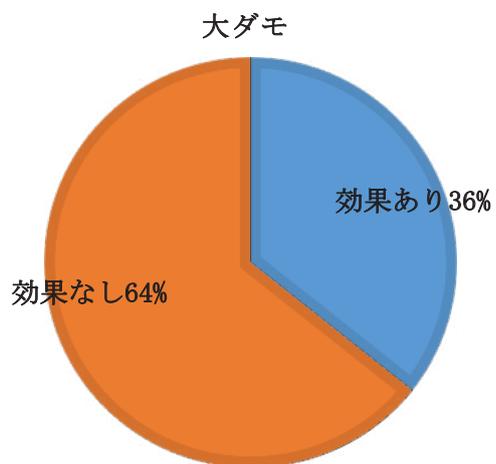




図表 3-1 ①定置漁具のどの部分を大目合化すれば効果があるか（アンケート結果）

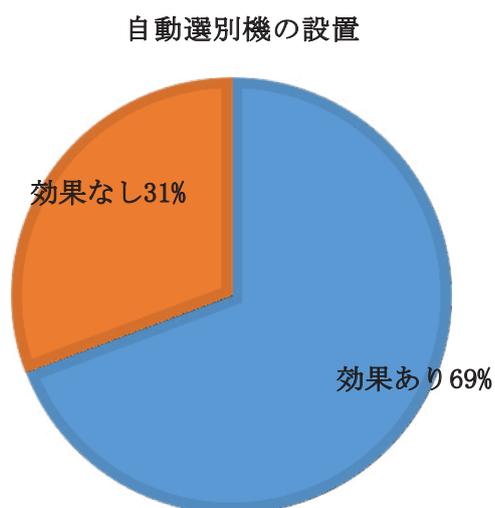
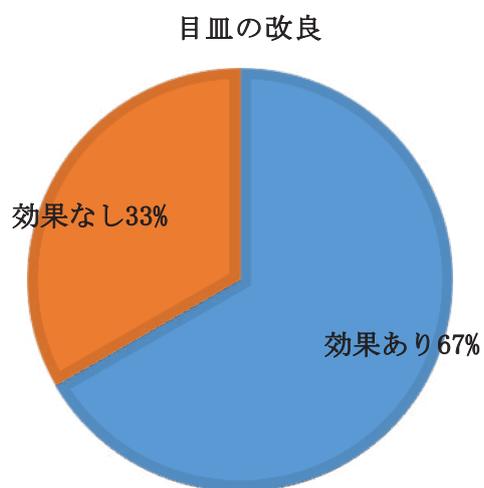
・「魚獲りの一部にこし網を取り付ける、目合の異なる複数の網を準備する」との意見もあり。

② 大ダモ等の改良をすれば効果があるか（獲り揚げ中の小型魚の分離）



図表 3-2 ②大ダモ等の改良をすれば効果があるか（アンケート結果）

③ 船上でどのようにすれば効果があるか（船上選別の改革）



図表 3-3 ③船上でどのようにすれば効果があるか（アンケート結果）

以上のように、定置漁具の部位では金庫網の大目合化で効果があるとされ、獲り揚げ時では手ダモの改良で効果があるとみられた。また、船上での選別による方法で「効果あり」が7割近くを占めており、全体として「船上での選別」による方法が「効果あり」と選択されている。これは、ブリが他の魚種と比較して、選別に対する耐性が強いことによるものと考えられる。

④その他の技術開発についての意見

- ・小型魚来遊の最盛期(約1ヶ月)を休漁とする。その場合、休漁期間の補償が必要である。
- ・ブリ小型魚の入る時期にモッタ網の口を開ける。
- ・ブリ小型魚以下稚魚を放流する。
- ・有効と思われる方法は次の4つである。①充て網を使う②小ダモで掬い上げる③金庫へ追い込む→目合を大きくする④網の側を下げる。
- ・事前に網の中の様子が分かれば効率的な対応ができるので、機器類の技術開発を要望する。
- ・船上の広い台にて手選別し放流する。
- ・小型魚の放流でなく、定置のそばに生簀を準備し蓄養殖をして2~3ヶ月後に出荷できるようにする。
- ・魚取部を簡単に開閉できる逃避口をつくる。ブリが沢山獲れるときは、他の魚種は殆どいなくなるため網を開けて放流する等が良い。
- ・技術を実際に漁業者が使えるように、負担にならない技術開発が必要である。

4 事業の目的と実施体制

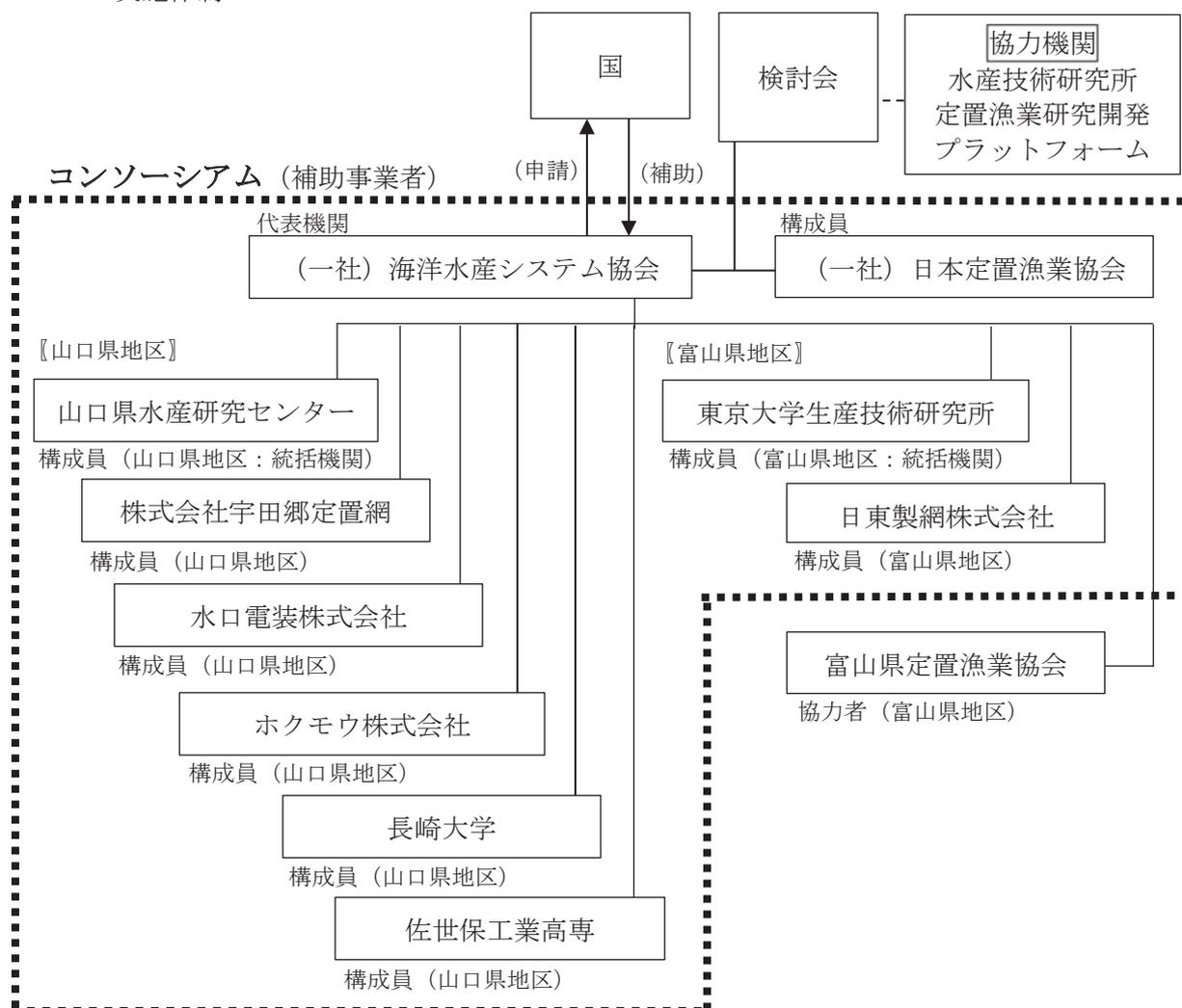
(1) 事業の目的

定置網漁業等は、沿岸漁業の水揚量の約5割を担っている代表的な漁業であるが、その漁獲特性上、魚種を選別して漁獲することが困難であり、今後、より一層の資源管理の推進を図るため、定置網漁業等についても数量管理への対応が求められている。このため、定置網漁業等において、小型魚等の混獲の回避や、魚種選択性を向上させる技術開発を行い、これらの技術の普及を促進することを目的とする。

(2) 実施体制

実施体制の関係図を図表4-1に示す。

2 実施体制



図表 4-1 実施体制の関係図

(3) 事業の概要

本事業は、定置網漁業等において数量管理のための技術開発を行うものであり、次の内容で取組みを行なった。

1 資源管理技術開発

1) 山口県地区

LED 水中灯を用いた魚類の行動制御と放流技術の開発

2) 富山県地区

箱網内の魚群駆集システムの開発と水中映像伝送システムの開発

2 検討会の設置・開催と現地調査の実施

検討会の開催	実施手段	実施内容
第1回 第2回 第3回	コンソーシアム関係者及び専門家等で構成した検討会の設置・開催	上記1 資源管理技術開発の取組効果の検証と実用化及び開発成果の普及を目的とした検討を行なった。
現地調査の実施	実施手段	実施内容
山口県地区 富山県地区	コンソーシアム関係者及び専門家等で構成した現地調査の実施	各地区事業の取組み状況及び普及に向けた現場情報の把握のため、専門家等(検討会委員)による現地調査を行なった。

3 検討会委員

氏名	所属	役職
秋山 清二*	東京海洋大学 海洋生物資源学部門	教授
石戸谷 博範	海と定置網の研究室	代表
泉澤 宏	有限会社泉澤水産	代表取締役
松下 吉樹	長崎大学院 水産・環境科学総合研究科	教授
水上 洋一	定置漁業研究開発プラットフォーム	プロデューサー
山崎 慎太郎	水産研究・教育機構 水産技術研究所	主幹研究員

※ 委員長

事務局

氏名	所属	役職
岡野 利之	一般社団法人海洋水産システム協会	部長代理
岩田 佳之	一般社団法人海洋水産システム協会	技師

5 定置網漁業等における数量管理のための技術開発の報告

I. 山口県地区

1. 開発体制とコンソーシアム構成員の役割

本事業における研究開発は、山口県水産研究センター、株式会社宇田郷定置網、水口電装株式会社、ホクモウ株式会社、国立大学法人長崎大学および国立高等専門学校機構佐世保工業高等専門学校の6者で行った。

[構成員(担当者) : 山口県水産研究センター(安部 謙)]

LED水中灯を用いた小型魚の放流技術を開発するため、山口県地区統括機関として、試験研究の進行調整や取りまとめ等を行う。

[構成員(担当者) : 株式会社宇田郷定置網(廣石 芳郎、水津 和弘)]

山口県地区の実証漁場として、入網した小型魚をLED水中灯で誘導し、網外へ放流する技術を開発する。

[構成員(担当者) : 水口電装株式会社(水口 千津雄、清水 恒夫)]

LEDによる網外への放流効果を検証するため、水中カメラと新たにソナーによるモニタリングシステムを開発し、データを収集する。

[構成員(担当者) : ホクモウ株式会社(川井 雄五、谷内田 新)]

魚群探知機を用いたLED効果調査のモニタリングにおいて、タブレットの画質改善のため、魚探ブイの振動子や中継ブイのアンテナ交換などを検討し、データを収集する。

[構成員(担当者) : 国立大学法人長崎大学(松下 吉樹、豆原 遼、神崎 歩夢)]

LEDを用いた小ブリの水槽実験を行って行動を観察する。実証漁場においてLEDを搭載した水上ドローンによる魚群の誘導試験を行うとともに、水中カメラと魚群探知機でモニタリングを行い、データを収集する。

[構成員(担当者) : 国立高等専門学校機構佐世保工業高等専門学校(志久 修、土屋 英太郎)]

実証漁場において、複数の機器で撮影した映像(画像)を基にAIによる魚種判別と放流効果の定量化について検討する。

2. 技術開発の題目と目的

題目

「LED 水中灯を用いた魚類の行動制御と放流技術開発」

目的

LED による魚の網目通過行動の誘発を水槽実験で確認し、実際の漁場において、網外で点灯した LED 水中灯により小型魚を誘魚・集魚し、定置網の網目拡大（2 寸目）を利用して網外へ放流する技術を開発することを目標とする。

3. 技術開発の方法

ア 漁具改良等技術開発

(1) LED 水中灯の設定と水中カメラ、ソナーによるモニタリング調査

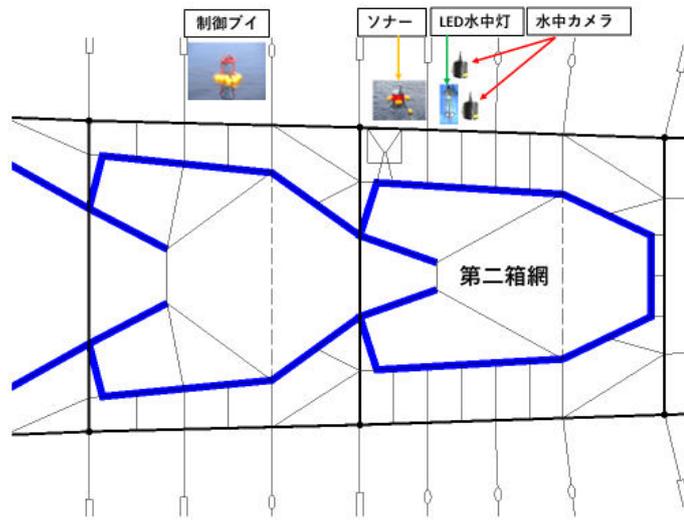
今年度は、水中カメラと LED 水中灯（特許第 5666191 号）各 1 台を第二箱網沖側 2.5 m の水深 12 m、水中カメラ 1 台を第二箱網沖側 3.5 m の水深 13 m の位置に設置した。上記の水中カメラは、それぞれ箱網を通過する魚、箱網内から LED 光に向かって魚が箱網から出ていることを観察する目的で使用した。

さらに、LED 点灯時に第二箱網内外の魚群の行動を同時に観察するため、ソナー（Garmin 社製、型式 LVS34、観察可能範囲 水平方向 20°、鉛直方向 13°）を本システムに新たに導入して調査を行った（図表 5. I-1、5. I-2）。

調査は 2023 年 8 月 5 日から 12 月 15 日まで行い、LED 水中灯は、概ね 22 時から 23 時 55 分の間に点灯した。



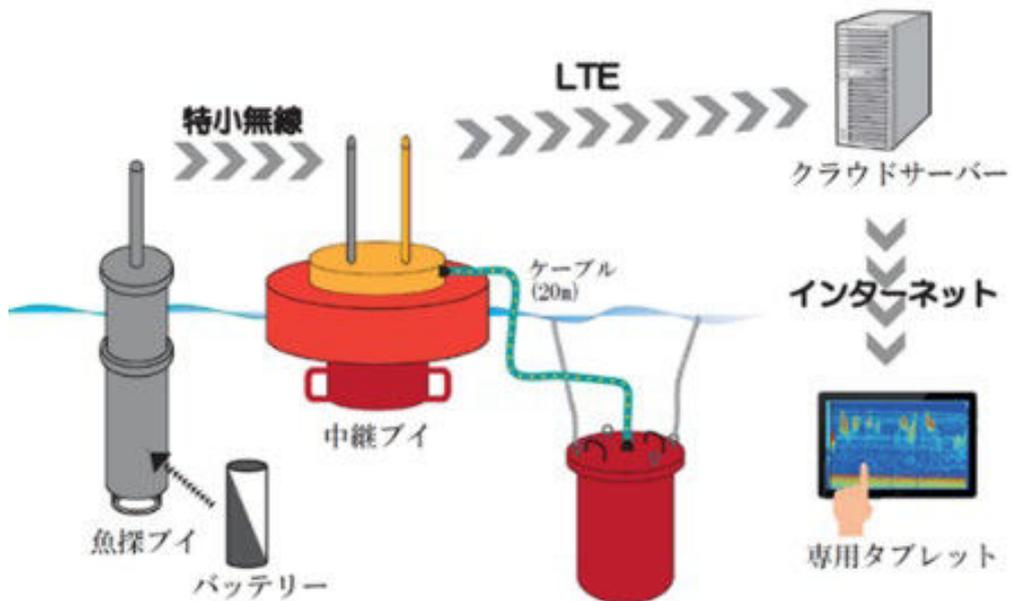
図表 5. I-1 モニタリングシステムの構成



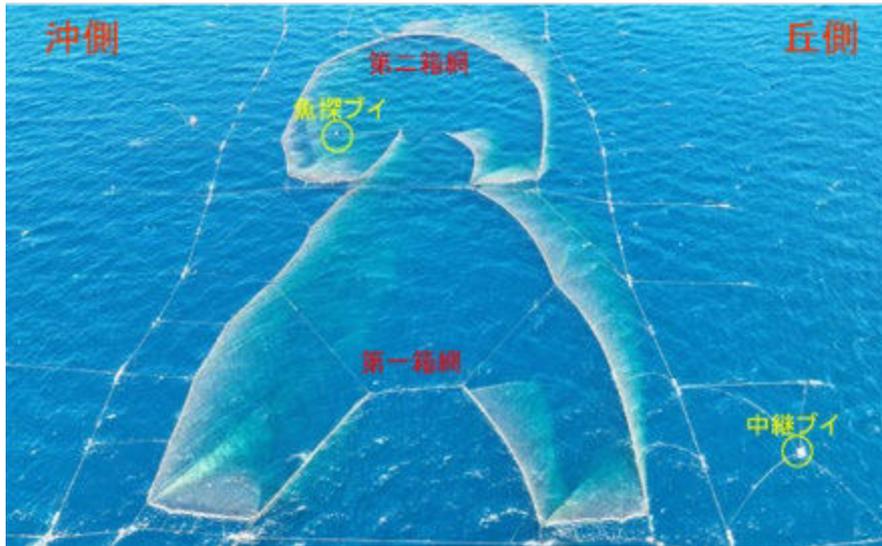
図表 5. I-2 調査機器の設置場所

(2) 魚群探知機によるモニタリング調査

昨年度と同様に実証漁場の第二箱網の返しから沖に約 7mの箇所に魚探ブイを設置し、中継ブイからの魚探信号を LTE-M 通信を活用して専用タブレットでリアルタイムに魚探映像として確認できるシステムを用いて、箱網外の LED の点灯に伴う箱網内の魚群反応の変化を観察した（図表 5. I-3）。

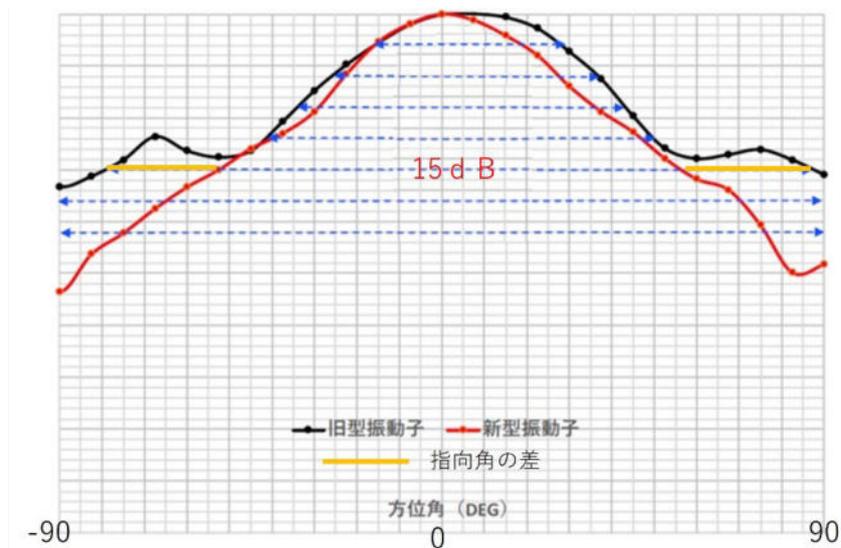


図表 5. I-3 モニタリングシステムの構成

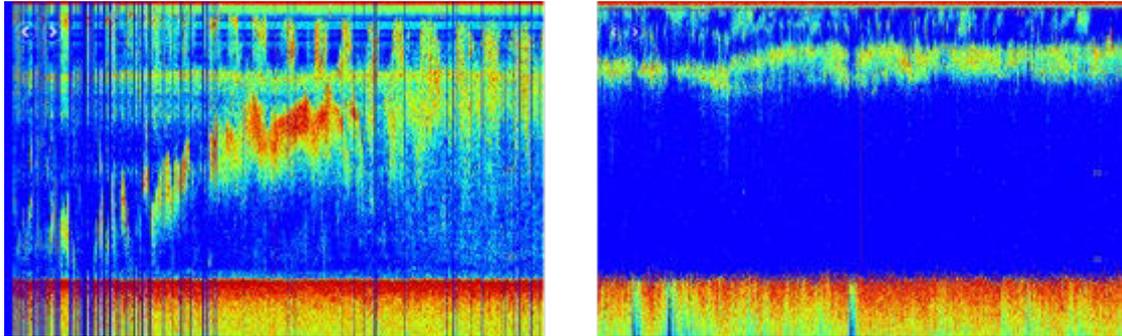


図表 5. I-4 調査機器の設置位置

昨年度は破損リスクやメンテナンス性を考慮して中継ブイを陸上に設置したが、気象状況条件や海況により魚探ブイからの通信が途切れることがあり、常時鮮明な映像を取得することができなかった。今年度は、画質の改善のため中継ブイを海上(第一箱網の丘側)に設置して魚探ブイに近づけることで通信状況の改善を図った(図表 5. I-4)。魚探ブイは、魚群をより鮮明に捉えられるようにサイドローブの広がりを抑えた振動子に変更し、網からの反射エコーの低減に努めた。(図表 5. I-5)。その結果、中継ブイを海上に設置することで電池交換等の管理が必要となったが、悪天候や波が高い状況でも通信が改善されてほぼ途切れることなく映像を取得できた。また、振動子を交換したことで表層のノイズや網の反応が減少し、より鮮明な映像に改善した(図表 5. I-6)



図表 5. I-5 新・旧振動子送波指向特性の比較



図表 5. I-6 2022 年（左）と 2023 年（右）の高波浪時の魚探画像

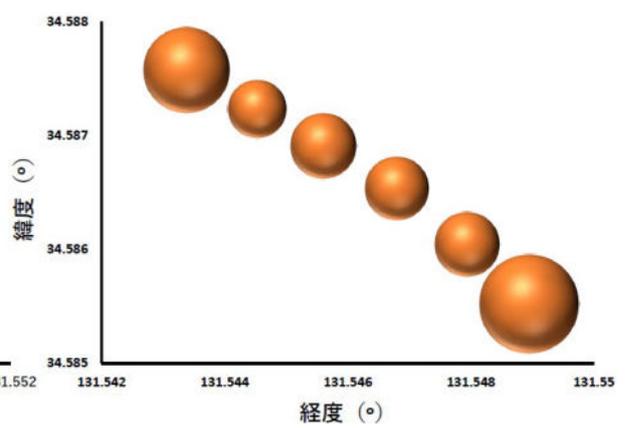
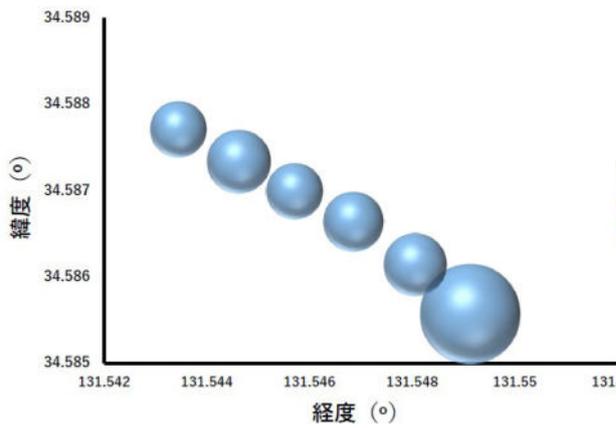
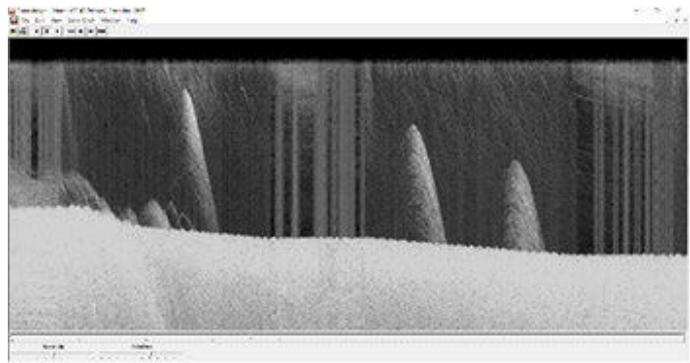
網外の LED 水中灯の点灯は、2023 年 9 月 15 日から 10 月 22 日の概ね 22 時 30 分から 23 時の間に行われた。LED の点灯に伴う箱網内の魚探画像は、専用タブレットで表示される画面をスクリーンショットすることで得られ、宇田郷定置網の漁獲量を元に単一種の漁獲量が多い日の魚探画像データを収集した。それらの画像を時系列に並べて見ることで LED の点灯に伴う変化を調べた。

(3) 水上ドローンを用いたモニタリング手法の検討

水上ドローン（以下、ドローン）は長崎大学水産学部が（公財）長崎県産業振興財団および（一財）漁港漁場漁村総合研究所の支援を受けて製作した（図表 5. I-7、Matsushita et al., Fish. Sci. 印刷中）。昨年度の取り組みでは、ドローンはプログラム運転により無人で定置網周辺の水の中観察と魚群量探査を行えることが実証できた（図表 5. I-8）。本年度はより厳しい海象条件でも使用可能とするためにドローンの改造を行った。また、魚群探知機の記録をリアルタイムで陸上へ送信できるように改造した。そして 2023 年 8 月と 10 月に宇田郷定置網においてドローンを用いたモニタリングを試行した。



図表 5. I-7 2022 年度に使用したドローン



図表 5. I-8 上 図：ドローンのプログラム航行軌跡（白線）、オレンジの点は定置網の位置、青い点はドローンをプログラム航行させるために設定した位置座標を示す。

中左図：航行中に取得した水中画像、中右図：魚群探知機のエコーグラム

下 図：エコーグラムから推定した垣網前面の魚群分布（左は往路航行時、右は復路航行時。いずれも垣網陸側で反応が強い。）

イ データ収集・分析

(4) 宇田郷定置網の漁獲量の収集と水温データの解析

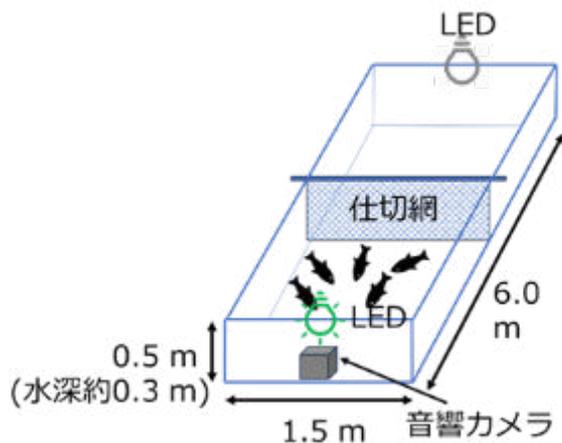
宇田郷定置網におけるマアジ、サバ類、イワシ類などの放流対象魚種の漁獲状況を把握するため、水揚げ伝票を基に魚種別に漁獲量を集計した。また、放流対象魚の入網時期の予測に活用するため、漁場の水温を観測できるように制御ブイにケーブルと水温センサーを付与し、取得した水温（水深 20 m）と定置網の漁獲量の関係を調べた。

(5) LED 水中灯を用いた小ブリの水槽実験

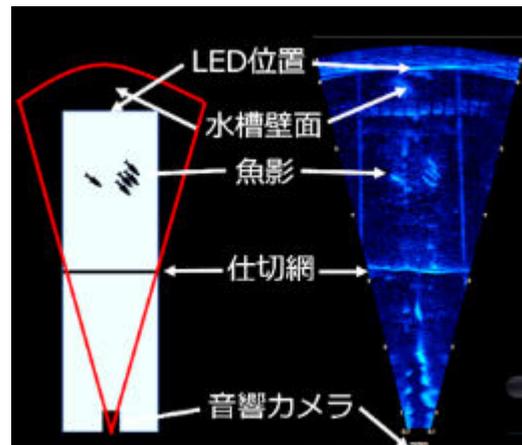
長崎大学環東シナ海環境資源研究センターの屋外に設置した実験水槽（L 6.0 x W 1.5 x D 0.5 m）を用いて、昨年度までに夏季にマアジ（平均尾叉長 119 mm）とサバ類（平均尾叉長 173 mm）の実験を実施した。今年度は2023年8月の夜間にブリを対象に実験を行った。ブリ（平均尾叉長210 mm）は長崎県佐世保市の養殖業者から提供されたものを事前に屋外水槽で馴致、蓄養して用いた。実験水槽の両端の壁面の水面直上には小型のLED（1 W、緑または赤色）をそれぞれ設置した。仕切網（目合72、100または150 mm、縮結はすべて20%）を設置して、水槽を2つの区画に分けた。LEDを点灯しない状態で実験供試魚5個体をどちらかの区画に放流して、水槽上面を暗幕で覆い少なくとも10分間馴致した。その後、水槽両端のLEDをマイコン制御により1時間ごとに交互に点灯させた（図表5. I-9）。このLEDが点灯する1時間を1つの実験と考え、魚種、LED、仕切網目合ごとに4回の実験を行った。暗幕で覆われた水槽内では、実験魚の分布や動きは点灯するLEDのごく近くでしか光学的には観察できない。水槽内の広い範囲の魚の分布や行動を把握するために水槽の一端の底面に音響カメラ（ARIS Explorer 1800, Sound Metrics）を設置して、魚のエコーを連続して記録した（図表5. I-10）。また仕切網を設置しないで同様の点消灯も行った（Control）。これらの記録から、LEDが点灯している区画（点灯区）で観察された魚を1分毎に計数し、開始から i 回目の点灯時に魚が点灯区に分布した度合いを表す指数 I_{gi} を次のように定義した。

$$I_{gi} = \sum_{t=1}^{60} N_{it} / (5 \times 60)$$

ただし、 N_{it} は i 回目の点灯時の t 分経過時に点灯区で観察できた魚の数である。 I_{gi} は0から1の間の値を取り、LEDが点灯中、すべての魚が点灯区に分布したときは $I_{gi}=1$ 、すべての魚が消灯区にいたときには0となる。



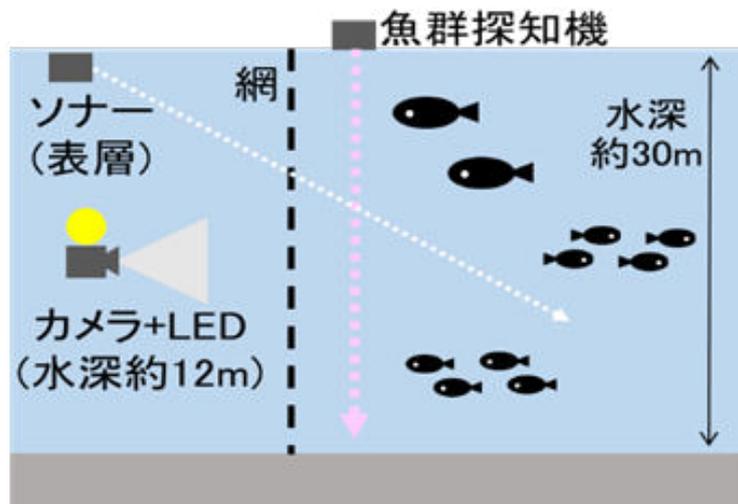
図表 5. I-9 水槽実験のセッティング



図表 5. I-10 音響カメラによる観察事例

(6) 実証漁場の効果調査で得られたデータの解析

実証漁場の第二箱網に設置された調査機器の位置関係を示す(図表5. I-11)。魚群探知機はLED点灯に伴う箱網内の魚群の行動、ソナーはLED点灯時に箱網の内外を同時に観察することで箱網内の魚が網外へ誘導されていること、水中カメラは網外のLED光に誘導されて箱網内から箱網外へ移動する魚を確認する目的で使用した。各モニタリング調査の目的に合わせて、取得データの解析を行った。



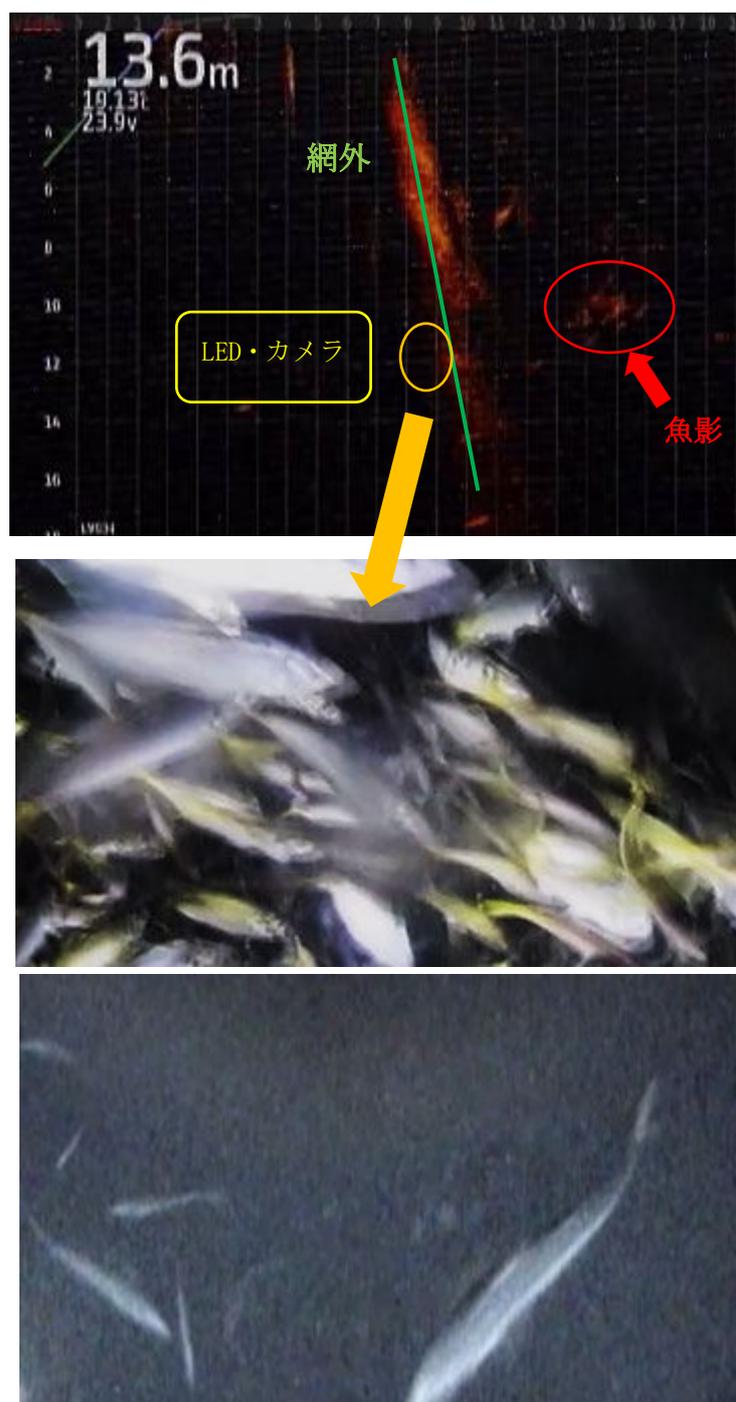
図表 5. I-11 調査機器の位置関係

4. 技術開発の結果

ア 漁具改良等技術開発

(1) LED 水中灯の設定と水中カメラ、ソナーによるモニタリング調査

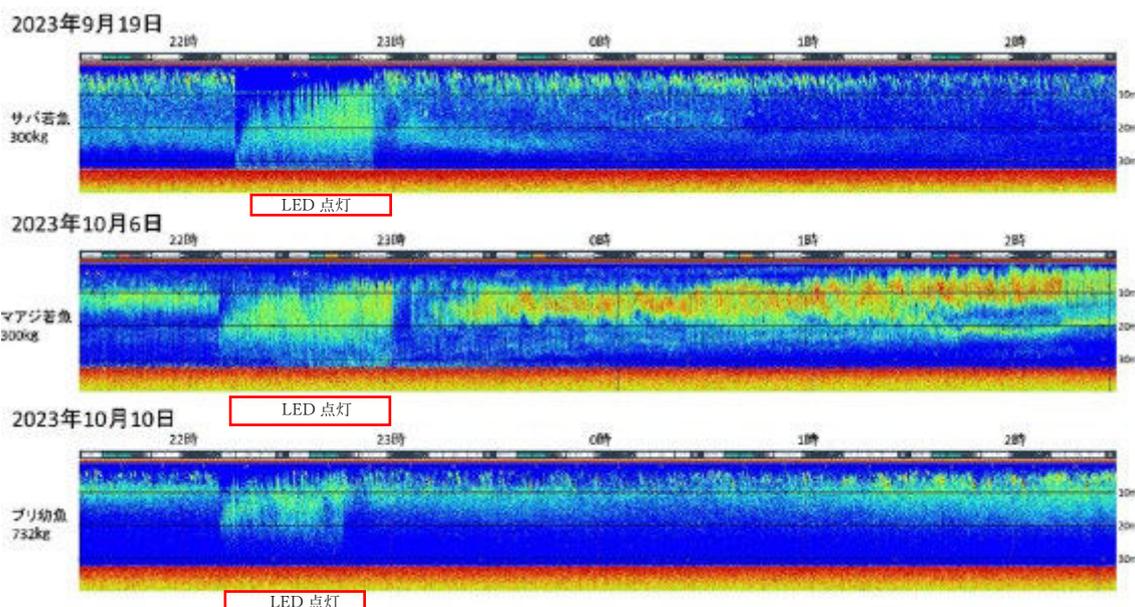
ソナーの映像からLEDの点灯時に箱網内の魚群が網際へ誘導されている様子を確認することができた。さらに、同時刻の網外の水中カメラの映像を見ることで、網を通過する魚とその魚種の判別が可能であった（図表 5. I-12）。



図表 5. I-12 ソナー画像の一例（上）水中カメラで撮影されたマアジ（中）サバ類（下）

(2) 魚群探知機によるモニタリング調査

2023年9月15日から10月22日の期間中にLED水中灯の点灯は32日行われた。魚探反応に顕著な変化が見られたのは19日あり、その時の定置網の主要水揚げ魚種はマサバが7日、マアジ、ブリ、シイラ、マルソウダが各1日、複数魚種の混じりが2日、休漁日が6日であった(図表5. I-13)。一方、点灯日に顕著な変化が見られなかったのは13日で、定置網の水揚げ主要魚種はマサバが6日、ブリが2日、複数魚種の混じりが1日、休漁日が4日であった。



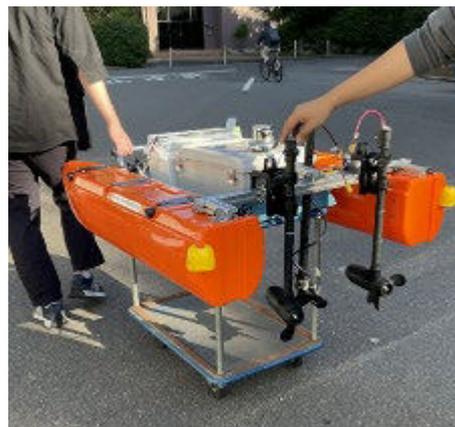
図表 5. I-13 水揚げ主要魚種別のLED水中灯点灯日の魚探反応の変化

(3) 水上ドローンを用いたモニタリング手法の検討

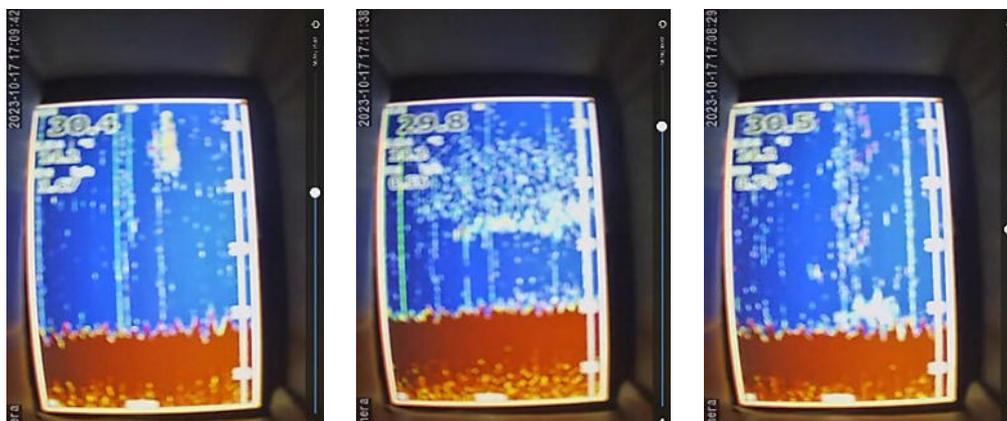
水上ドローンを図表5. I-14のように改造した。フライトコントローラーやスピードコントローラー、Wi-Fi テレメトリー、バッテリーなどドローンの航行に必要な部品とそれらを収容する水密ボックスと2基のスラスターには昨年度から変更はない。今年度はドローンの航行性能と積載能力を高めるために次の改造を行った。まず、浮力を与える2つのフロートを大型にした。その結果、昨年度のドローンのフロートの浮力が2つで約30kgであったことに対して、今年度はポリエチレン製の大型のフロートに変更し約90kgにまで増加した。この改造により、ドローンの寸法も大きくなった(昨年度のL 0.8 x W 1.0 mから今年度はL 0.9 x W 1.1 m)。そして、フロートの間にプラスチックデッキを設けてそこに水密ボックスを配置し、昨年度よりも低重心化を行った。また、水密ボックスに加えて、魚群探知機とその記録を送信するための装置を収容するプラスチックボックスを搭載できるようにした。このプラスチックボックスには昨年度と同じ魚群探知機(Lowrance Elite-4 CHIRP、200 kHz)とバッテリーを収容し、ドローン船底から下向に装備した振動子と連結した。この魚群探知機のエコーグラムは内臓のSDカードに記録できるが、今年度はさらにエコーグラムを携帯回線で陸上に送信できる

ようにした。そのためにSIMカードと専用アプリを使うことでカメラ画像をスマートフォンなどに表示させることができる監視カメラ（GB213H-4G, GENBOLT Inc.）も一緒に搭載し、魚群探知機表示画像を撮影、転送する構造とした。また、魚群探知機の振動子を取り付けた水中部にはアクションカメラ GoPro Hero6 も取り付け、水中の魚類を撮影できるようにした。夜間の暗い水中では、魚をカメラで撮影することは難しい。一方で照明の使用は魚の行動に影響を与える可能性が高い。そこでカメラ撮影のときだけ照明が点灯するよう、タイマーリレーモジュールで点消灯ができるLED水中灯（25 W 緑色、ケージガレージ）も搭載した（図表5. I-14左の写真の水中）。

このドローンを2023年8月と10月に宇田郷定置網において運用して水中のモニタリングを行ったところ、図表5. I-15に示すようにドローン直下の魚群探知機の記録をリアルタイムで観察することができた。一方で、ときどき魚探画像に縦線のノイズが入っていることがわかる。これは水面の泡などが影響している可能性が考えられ、振動子をもっと深い位置で固定することで緩和できると考えられる。魚探振動子近くに取り付けたアクションカメラの画像では、タイマーにより点灯した水中LEDに集まった魚類を撮影することもできた（図表5. I-16）。これらの画像からドローン周辺にはサバ類がいたことが確認できた。



図表5. I-14 今年度改造した水上ドローン（左、右）



図表5. I-15 リアルタイムで転送されたドローンの魚探画像
（左：表層の魚群、中央：中層の魚群、右：海底付近の魚群）



図表 5. I-16 夜間にドローン周辺で観察されたサバ類

イ データ収集・分析

(4) 宇田郷定置網の漁獲量の収集と水温データの解析

宇田郷定置網における調査期間中(2023年4月から12月)の魚種別漁獲割合を図表 5. I-17 に示す。調査期間中に合計約 177 トンが漁獲された。漁獲物に占める対象魚種の順位をみると、ブリは第 1 位、マサバは第 2 位、マアジは第 4 位であった。

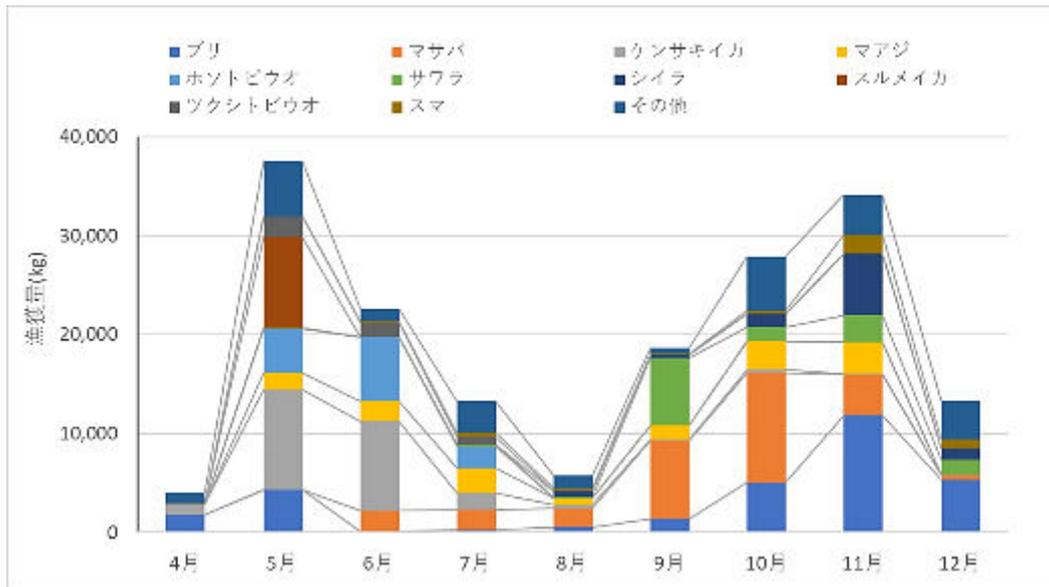
調査期間中の月別の漁獲量を図表 5. I-18 に示す。魚種ごとに 3 トン以上漁獲された月は、ブリでは 10 月～12 月、マサバでは 9 月～11 月、マアジでは 12 月であった。

定置網の漁場水温(水深 20 m)は 2023 年 8 月 24 日から 9 月 3 日、2023 年 9 月 15 日から 24 日にかけて取得した。これらの期間中、前期間では漁場水温は 27.7℃から 28.6℃で推移し、定置網では合計でマイワシが 25kg、豆アジ(マアジ)が 320kg、サバ子(マサバ)が 1,280kg、ヤズ(ブリ)が 494kg 漁獲された。また、後期間では漁場水温は 26.7℃から 27.2℃で推移し、定置網では合計でサバ子(マサバ)が 4,020kg、ヤズ(ブリ)が 162kg 漁獲された(図表 5. I-19)。

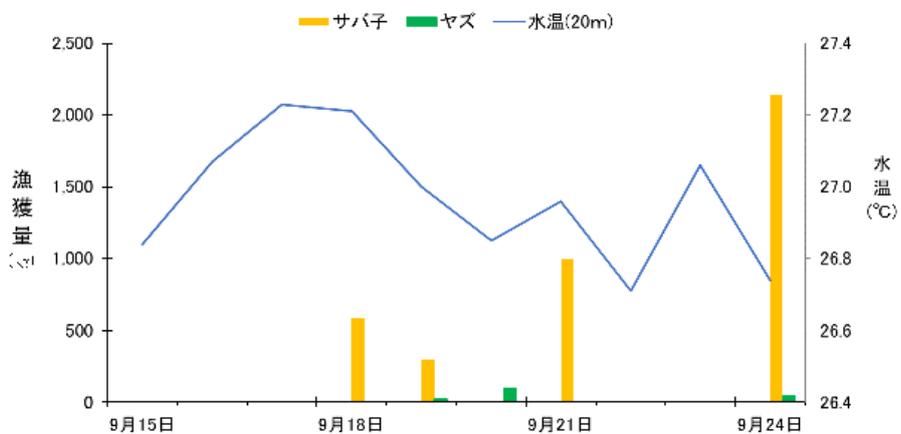
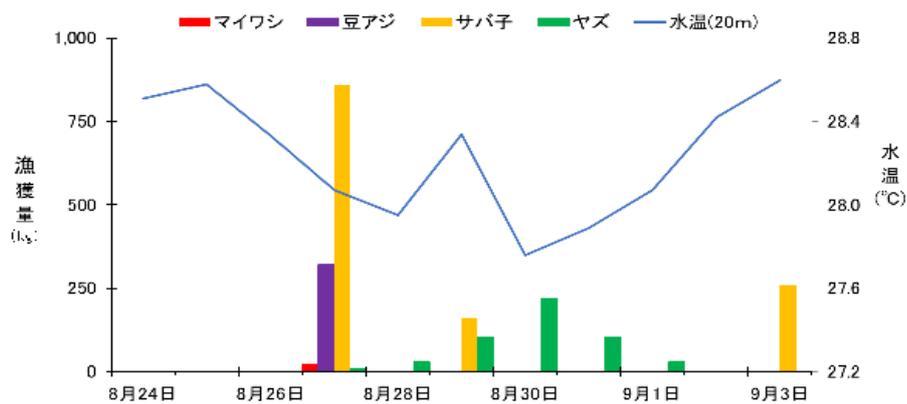
本年度の調査では、水温データを取得できた期間が短く、期間中の水温差が小さかったため、放流対象魚の漁獲があったものの、好適な来遊水温を把握できなかった。

図表 5. I-17 宇田郷定置網の魚種別の漁獲割合(2023年4月～12月)

順位	魚種	漁獲量(kg)	割合(%)
1	ブリ	30,636	17.3
2	マサバ	29,565	16.7
3	ケンサキイカ	22,729	12.8
4	マアジ	14,413	8.1
5	ホソトビウオ	13,164	7.4
6	サワラ	12,821	7.2
7	シイラ	9,782	5.5
8	スルメイカ	9,200	5.2
9	ツクシトビウオ	4,411	2.5
10	スマ	4,025	2.3
	その他	26,416	14.9
	合計	177,162	100



図表 5. I-18 宇田郷定置網の月別魚種別漁獲量



図表 5. I-19 宇田郷定置網の日別魚種別漁獲量と漁場水温の関係

(5) LED 水中灯を用いた小ブリの水槽実験

LEDの光色と仕切網目合ごとの指数 I_{gi} を昨年度までのマアジとサバ類の結果も含めて魚種別に図表5. I-21に示した。 I_{gi} が1に近いほど魚はより長く点灯区に分布したことになる。水槽中央部に仕切網を設置しないControlの実験ではマアジとサバ類の I_{gi} は1に近い値を示し、LEDを点灯すれば魚は点灯区に分布する傾向が高いことを示した。水槽内に仕切網を設置した時、マアジは緑色光でも赤色光でも I_{gi} は高く、仕切網の網目を通過して魚が点灯区に移動した。この傾向はサバ類でも同様であったが、サバ類では目合72 mmの仕切網の実験で I_{gi} が比較的低下する傾向が見られた。

今年度のブリの実験では水槽内に仕切網を設置した時、緑色光でも赤色光でも I_{gi} は0.5以上の値を示すことが多く、魚は仕切網の網目を通過して点灯区に移動した。しかし、目合72 mmの仕切網の実験は I_{gi} が比較的低下する傾向が見られた。一方、水槽中央部に仕切網を設置しないControlの実験では I_{gi} は0から1の間で実験ごとに大きな違いを示した。これは仕切網が無い場合にはブリが水槽内全域を広く泳ぎ回ったことに起因したと思われる。このことから、仕切網はブリの行動を制限したと考えられた。

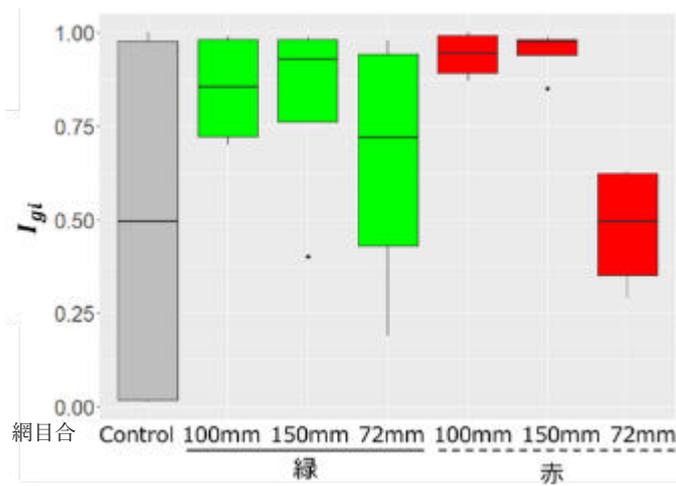
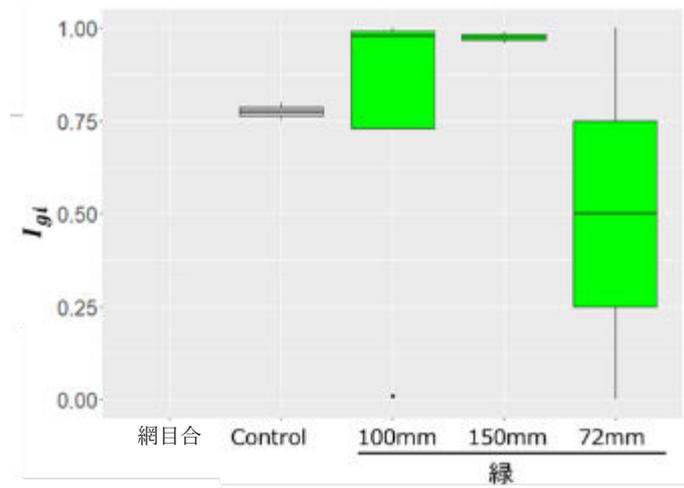
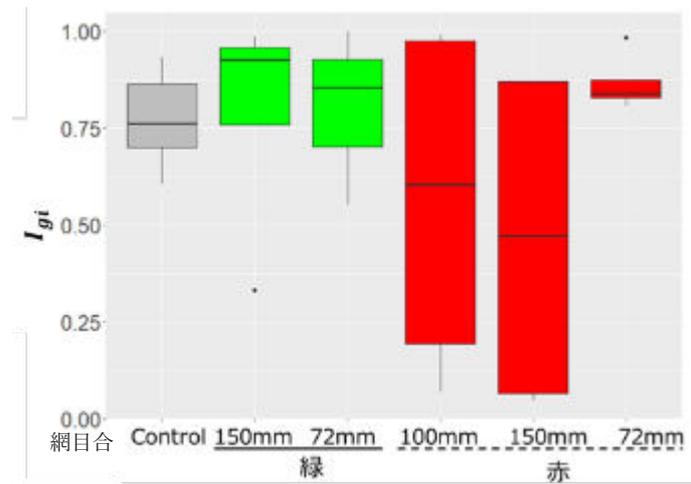
ブリ実験における I_{gi} の値に差があるか、Tukey検定によって光色と仕切網目合ごとの指数 I_{gi} の値を多重比較した。その結果、図表5. I-20に示すようにLEDの光色による I_{gi} の差は認められず、一方で仕切網の72 mm目合とそのほかの2つの目合の間には有意な差 ($p < 0.05$) があることが認められた (図表5. I-20)。つまり、本実験で使用したブリは目合72 mmの仕切網を他の2つの目合の仕切網よりも通過しづらいことが示唆された。

実験に用いたマアジ、サバ類、ブリの平均的な最大胴周長は72 mmの仕切網の網目内周長よりも小さく、これらの魚は網目を物理的には十分に通過できる大きさにもかかわらず、光の刺激を受けても網目を通過する行動が誘発されなかった可能性がある。つまり、これらの大きさの魚を光刺激で定置箱網の網目を通過させて網外に移動させるためには現状の箱網目合は十分な大きさではなく、箱網の目合を拡大する必要性が考えられた。

図表5. I-20 Tukey検定によるブリの I_{gi} の多重比較結果

LEDの光色	群間の差	下方信頼限界	上方信頼限界	p 値
赤-緑	0.017	-0.169	0.203	0.854
仕切網の目合				
100-150	0.015	-0.261	0.291	0.990
72-150	-0.315	-0.591	-0.039	0.024*
72-100	-0.330	-0.606	-0.054	0.018*

* $p < 0.05$

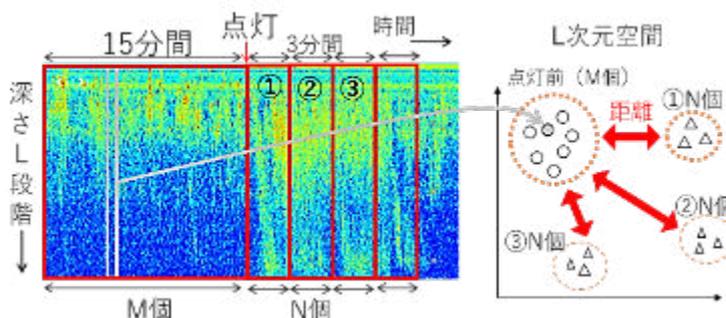


図表5. I-21 LED光色、仕切網目合別の指数 I_{gi} の違い
 (上: マアジ、中: サバ類、下: ブリ)

(6) 実証漁場の効果調査で得られたデータの解析

①魚群探知機によるモニタリング調査

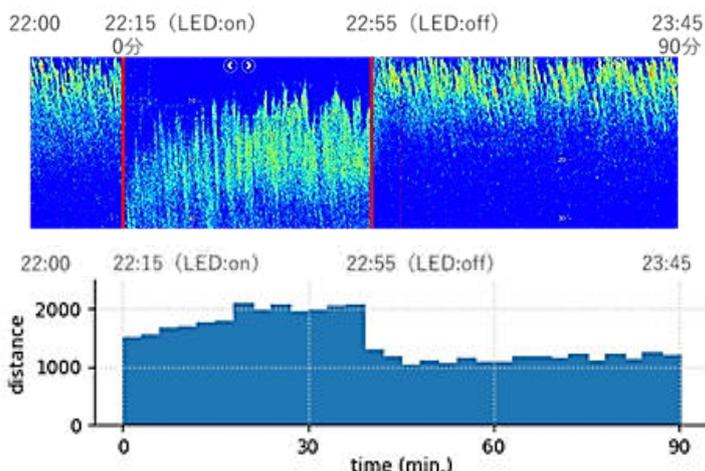
魚探画像は任意時間の深さ方向L画素の画像線 (L次元ベクトル) の時系列として表される。LEDの点灯に伴う魚探画像の変化を数値化するため、点灯前の画像を基準 (基準画像) とし、点灯後の画像との距離を求めた。具体的には点灯前の15分間分を基準画像とし、L次元ベクトルM個で構成されたクラスタで表す。同様に点灯後の3分間毎の画像をL次元ベクトルN個で構成されたクラスタで表す。そして基準画像と3分間毎の画像の差をクラスタ間距離として表した (図表5. I-22)。



図表 5. I-22 L次元ベクトルの時間変化

図表5. I-23 (上) に2023年9月18日22:00から23:45までの105分間の魚探画像を示す。この日は、LEDを22:15に点灯し、22:55に消灯した。今回使用した魚群探知機では、1分間に36個の深さ方向 L画素 (L=1011) の画像線が取得される。すなわち基準画像 (15分間) はM=540個 (=15分×36個/分)、3分間毎の画像はN=108個 (=3分×36個/分) のベクトルで構成されたクラスタとなる。

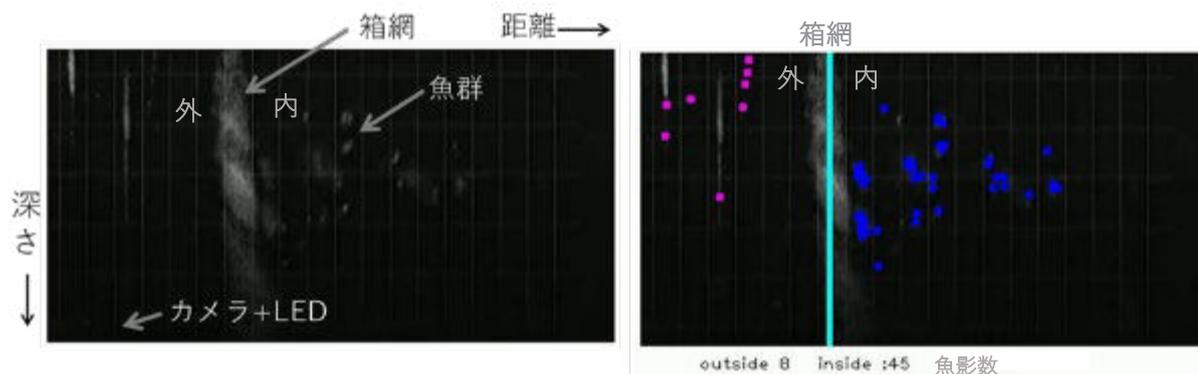
図表5. I-23 (下) にクラスタ間距離の時間変化を示した。クラスタ間距離として群平均法を用いた。LED点灯に伴い基準画像との距離が大きくなり、LED消灯後は小さくなっていることから、LED点灯に伴う魚探画像の変化を数値化することができていると考えられた。



図表 5. I-23 魚探画像 (上) とクラスタ間距離の時間変化 (下)

②ソナーによるモニタリング調査

ソナーで撮影された画像を図表5. I-24 (左) に示した。画像左上を原点とし、水平方向が距離、鉛直方向が水深を表す。画像中の位置関係は、箱網を境に右側が箱網内、左側が箱網外となる。ソナー画像にピーク検出を行うことで魚影を抽出した。図表5. I-24 (右) にピーク処理後の画像を示した。青点は箱網内の魚影、赤点は箱網外の魚影、水色直線は箱網の境の中心線を示している。LED点灯時に箱網の内外を同時に観察することで、箱網内の魚がLEDに誘導されて網際へ移動する様子を確認することができた。

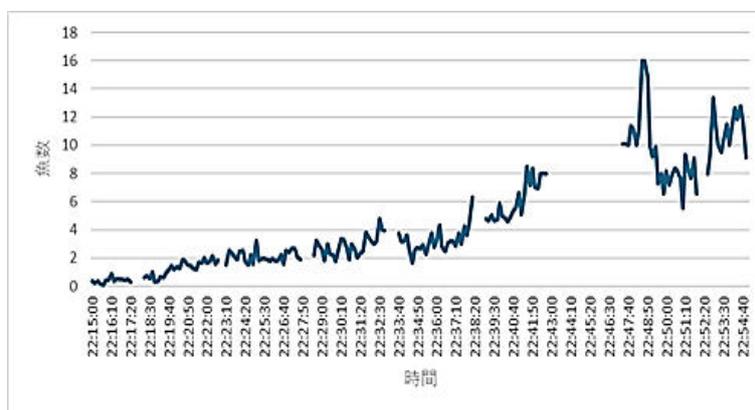


図表 5. I-24 ソナー画像 (左) とピーク検出後の画像 (右)

③水中カメラによるモニタリング調査

ここでは、LED点灯中に水中カメラで撮影された映像を画像として切り出し、この画像から魚を検出してカウントすることでLEDに誘導される魚数の時系列変化を数値化することを試みた。魚の検出にはMeta社が提供しているセグメンテーションモデルであるSegment Anything Model (SAM)を用いた。データの処理方法は、はじめに入力画像に対してSAMを適用して魚を検出する。次にSAMの検出結果には魚以外にも多くのノイズが含まれるので、小さすぎる物体および大きすぎる物体の除去を行った後、魚と思われる細長い形状の物体だけを抽出した。

2023年9月18日のLED点灯中(22:15~22:55)における水中カメラによる撮影動画に対して、SAMを適用した結果を示した(図表5. I-25)。縦軸は2秒間の平均魚数、横軸は時間を示す。LED点灯中は、水中カメラに撮影される魚数は増加傾向で変動していた。

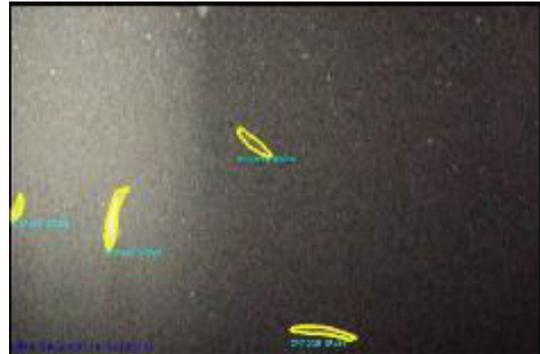


図表 5. I-25 LED点灯中の撮影動画の魚数の変化

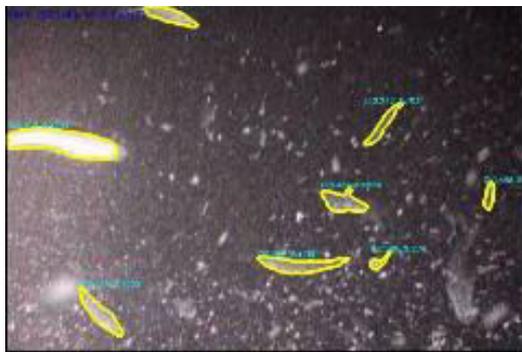
図5. I-26に点灯直後(22:15)、約15分後(22:30)、約27分後(22:42)、約40分後(消灯直前、22:54)の検出結果を示す。これらの画像からもLED点灯時間とともに魚の数が増加していることがわかる。



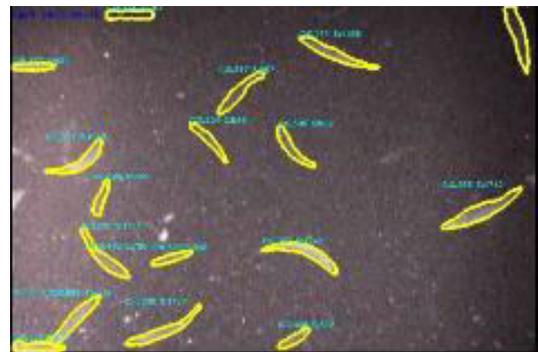
(a) 22:15 (点灯直後)



(b) 22:30 (15分後)



(c) 22:42 (27分後)



(d) 22:54 (消灯直前)

図表 5. I-26 LED 点灯後の撮影動画の変化

5. まとめ

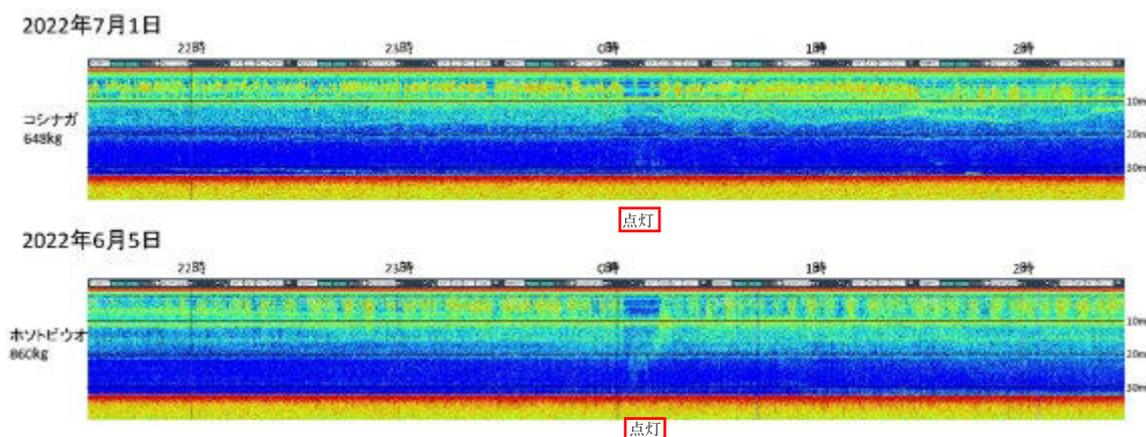
本事業で取り組んだ内容について、調査別に成果と課題を記載する。

(1) LED 水中灯の設定と水中カメラ、ソナーによるモニタリング調査

- LED水中灯、水中カメラ、ソナー等で構成され、実証漁場のLEDの効果調査を陸上のパソコンで遠隔監視、操作設定できるシステムを構築することができた。
- LED水中灯は独自に行った水槽実験により得られたデータを元に青緑色と白色を併用し、はじめに青緑色を点灯することで広範囲の網内の魚群が網外へ誘魚され、白色灯に切り替えることで魚群を集魚させたまま撮影した映像がより鮮明になることがわかった。
- LED水中灯の点灯時刻は、朝（5時頃）、夕（18時頃）、夜（22時～0時）の中では撮影された魚数、光により誘導された魚の状況から夜が最も効果的と考えられた。
- ソナーをモニタリングシステムに導入することでLED水中灯の点灯に伴い網内の魚群が網外へ誘導されている様子を確認することができた。
- ソナーと同時刻の網外の水中カメラでは箱網を通過する魚（マアジ、サバ類）が撮影されており、LED水中灯のマアジ、サバ類に対する定置網での誘導効果が確認できた。
- 悪天候、設置位置、ソーラー電源容量等の原因により、取得データ数が少なかったため、システムの構造、メンテナンス性の改善が必要である。
- 点灯時刻、点灯時間、光色の切り替えの動作パラメータを自動決定するソフト開発が必要である。
- 網外に放流された魚種の判別、数量の自動判別機能を備えたソフト開発が必要である。

(2) 魚群探知機によるモニタリング調査

- 夜間の LED 水中灯の点灯時刻とその前後の魚探反応を比較することで、LED 水中灯の点灯に伴う箱網内の魚探反応の変化を捉えることができた。今年度は定置網の水揚げ主要魚種がマサバ、マアジ、ブリ、シイラ、マルソウダの際に、昨年度はマサバ、マアジ、ブリに加え、コシナガとホソトビウオが多く水揚げされた際にも箱網内の魚探反応に変化が見られていた（図表 5. I-27）。



図表 5. I-27 コシナガとホソトビウオ水揚げ時の LED 点灯前後の魚探反応の変化

- ・入網した魚群が全て水揚げされるわけではないため、魚探反応から魚種を判別するには前段階として直接水中の状況を確認する必要がある。日中に水中カメラを魚探ブイに設置し、水中カメラの映像と魚探映像の比較を行った。水中カメラには当時入網の多かったウルメイワシとみられる魚群が網肌沿いを群れて遊泳している映像を記録した。しかし、同時刻の魚探映像では網と魚群反応が同化しており、魚群反応として特定することができなかった。定置網に入網した魚の魚探反応は、滞留時間、網の状態、水中の照度等の要因に大きく影響を受けるため、漁場の特性に関する知見を蓄積する必要があると考えられた。

(3) 水上ドローンを用いたモニタリング手法の検討

- ・まき網漁業支援用に製作した水上ドローンを、プログラムにより与えられた航路を移動し、魚探画像と水中カメラ画像を取得、伝送できるよう改造した。
- ・水上ドローンは尾無港から定置網端口までの間を自動航行で往復し、魚探画像と水中画像を取得できた。
- ・今年度はさらなる改良を施し、耐候性と積載重量を向上させた。水上ドローンは定置網周辺の魚群量把握や水温などの環境パラメータの調査に活用できる。
- ・自動航行する水上ドローンには、海上での衝突や転覆、浮遊物や漁具との絡まりによる航行不能の心配がつきまとう。今年度の機体の改造により、水上ドローンはこれらの事故が起っても沈むことなく海面にとどまる可能性が高い。今後の課題としては、こうした不測の事態に対応して部品の防水性を強化すること、現在位置をしらせる堅牢なシステムの整備などがあげられる。

(4) 宇田郷定置網の漁獲量の収集と水温データの解析

- ・実証漁場の水揚げ伝票を基に日別魚種別漁獲量を集計し、モニタリング調査の基礎データとして提供することができた。
- ・2021年から2023年の調査期間中に対象魚種であるマアジ、マサバ、イワシ類およびブリは、イワシ類を除いて年間漁獲量の上位5位以内に入っていた。
- ・調査期間中の対象魚種の月別漁獲量は、マアジでは5月から6月および9月から11月、マサバでは10月、イワシ類は11月から12月、ブリでは6月と11月に多く漁獲されており、マアジ、マサバ、ブリでは小型魚の割合が8割以上を占めていた。

(5) LEDの誘導効果を確認するための水槽実験

- ・仕切網で区切った2つの区画で交互にLED光を点灯し、魚類の対光行動と網目通過行動を検討することが可能な実験方法を開発した。
- ・この方法により定置網漁業で不合理漁獲が懸念されるマアジ、サバ類、ブリの小型魚の行動を、網目の目合（72、100、150 mm）とLED（1 W、赤または緑色）別に調べた。

- ・実験で使用した体長範囲のマアジ、サバ類、ブリはLED光が点灯する区画に網目を通過して移動する行動がよく見られた。
- ・サバ類は緑色光で、マアジとブリは光色にかかわらず、網目を通過したが、目合が小さくなると通過割合は低下した。
- ・通過割合が低下した目合72 mmの実験では、使用したマアジ、サバ類、ブリの推定最大胴周長と網目内周長の比はそれぞれ0.45、0.43、0.85で、いずれの魚種も網目を十分に通過できる大きさであった。しかしサバ類とブリは72 mm目合の網目を通過しない傾向が強かった。
- ・現状の箱網（目合60 mm）ではLED光による網目通過行動の誘発は難しい。この効果を狙う網部位では目合の拡大が必要である。その際には本研究で得られた最大胴周長と網目内周長の比が活用できる。
- ・今後の課題としては、光環境以外の実験条件を統一したものの、狭い空間でしか検証できなかった水槽実験の知見を海洋で確認することが望ましい。その際には光以外の環境パラメータの把握も同時に行う必要がある。

(6) 実証漁場の効果調査で得られたデータの解析

①魚群探知機を用いたLED点灯に伴う箱網内の魚群の行動

- ・魚探画像に対し、LED点灯直前の15分間の画像を基準画像として、LED点灯後3分ごとの画像との距離の時間変化を調べた。この結果、画像間の距離の時間変化は魚探画像の変化と合致していることを確認した。これにより画像間の距離の時間変化はLED点灯に伴う魚探画像の変化を数値化できていると考えられる。
- ・今後の課題は、数値化した魚探画像の変化と実際の魚群との対応を調べることである。

②ソナーを用いたLED点灯に伴う箱網の内外での魚群の行動

- ・ソナー画像から魚影と箱網を検出し、箱網を境に網内と網外の魚影数をカウントする方法を開発した。
- ・今後の課題は、カウントした魚影数と実際の魚数との関係を調べて、検出性能を定量的に評価すること、および検出した魚影の動きを追跡することで、網内から網外へ移動する魚影を定量的に評価できるようにすることである。

③水中カメラを用いた網外のLED光に誘導されてきた魚群の行動

- ・水中カメラで撮影された画像に対して、セグメンテーションモデルであるSegment Anything Modelを用いて魚を検出する方法を開発した。点灯期間に撮影された画像に対して本方法を適用した。その結果、画像中の魚数は、点灯直後は少なく、点灯時間に比例して増加することを明らかにした。これより網外のLED光に誘導されて網内の魚が網外に移動したことが推測できた。

- 今後の課題は、画像からの魚の検出性能を定量的に評価すること、および魚種を推定できるようにすることである。
- 今回は、魚群探知機、ソナーおよび水中カメラから取得したデータが同時に揃っていた2023年9月18日について解析を行った。今後はさらにデータを取得して解析する必要があると考えている。

6. おわりに

本事業では定置網で季節により多く混獲されているマアジやサバ類、ブリの若魚等の小型魚を網外のLED光により箱網の網目を通過させて網外へ誘導する技術の開発を行った。

基礎実験として、魚に対するLEDの誘導効果を確認するため、水槽実験により仕切網（目合72、100、150mm）で区切った2つの区画で交互にLED光（緑、赤色）を点灯し、マアジ（平均尾叉長119mm）、サバ類（平均尾叉長173mm）、ブリ（平均尾叉長210mm）の対光行動と網目通過行動を観察した。実証漁場では魚群探知機、水中カメラおよびソナーの3種の機器を用いて、第二箱網外に点灯したLEDの誘導効果について遠隔監視によるモニタリングを行った。そして、それらにより得られたデータをAI等で解析した。また、まき網漁業支援用に製作した水上ドローンをプログラムにより与えられた航路を移動し、魚群探知機画像と水中カメラ画像を取得・伝送できるよう改造して定置網の調査に活用できるかどうか検討を行った。

水槽実験では、マアジ、サバ類、ブリはLED光が点灯する区画に網目を通過して移動する行動がよく見られた。しかし、サバ類、ブリでは網目を十分に通過できる魚体サイズでありながら、目合72mmでは通過割合が低下した。水槽実験でマアジ、サバ類、ブリのLED光の誘導効果を確認できたが、実証漁場でより効果を得るためには、現状の箱網目合60mmのさらなる拡大が必要と考えられたので、今後検討したい。

実証漁場の3種のモニタリング調査において、魚群探知機では、マアジ、マサバ、ブリのほかにシイラ、マルソウダ、コシナガ、ホソトビウオの定置網の水揚げが多い日に箱網外のLED点灯時に箱網内の魚探反応に変化が見られ、LED点灯直前と点灯時の両者の魚探画像との距離を比較することで、魚探反応の変化を数値化することが可能となった。また、箱網内外を同時にソナーで観察することで、箱網内の魚群が箱網外のLED光に誘導されて箱網の網際へ誘導される状況を確認でき、箱網外の水中カメラでは箱網内のマアジやサバ類が箱網の網目を通過し、網外の魚数が増加していることがわかった。

3種の機器を用いることで観察が困難な夜間でも魚群の行動をモニタリングすることが可能となり、定量的な評価はできなかったがLEDの誘導効果を確認できた。今後、本事業の対象外であった魚種のデータ収集や箱網外に設置した生簀網での採捕等によるLEDの放流効果の定量化が必要である。

改造した水上ドローンは、プログラムにより与えられた航路を移動し、移動中に魚群探知機画像と水中カメラ画像の取得と伝送が可能であり、耐候性と積載重量の向上が図られた。今後は、定置網周辺の魚群量把握や水温などの環境パラメータ調査への活用が期待される。

本事業で取り組んだ実証漁場の箱網の網目が山口県の他の定置網よりも元々拡大（2寸目）されていたことを利用したLEDの誘導による放流技術は、手間をかけずに生きたまま魚を網外へ放流でき、定置網漁業者に有効な資源管理の手法として利用できることがわかった。今後、資源管理が進行し、漁獲量の割り当てが行われるようになった場合においても、本事業で得られた技術が数量管理の取り組みに資することができると考えられる。

II. 富山県地区

1. 開発体制とコンソーシアム構成員の役割

本事業における研究開発は、国立大学法人東京大学、日東製網株式会社の 2 者で行った。また、協力機関として富山県定置漁業協会が参画した。

[構成員（担当者）：国立大学法人東京大学生産技術研究所（北澤大輔）]

魚群を所定の位置に集める駆集システムを開発して性能試験を行うとともに、富山県地区の統括機関を務め、試験研究の進行調整や実験、データ分析等を行い、取りまとめを行う。

[構成員（担当者）：日東製網株式会社（細川貴志）]

水中映像伝送システムおよび魚群誘導装置を開発する。

魚群駆集装置の設計、模型製作を行うとともに、魚群の行動を遠隔で把握できる水中映像伝送システムを開発し、定置網に設置して、網内の魚の調査を行う。

2. 技術開発の題目と目的

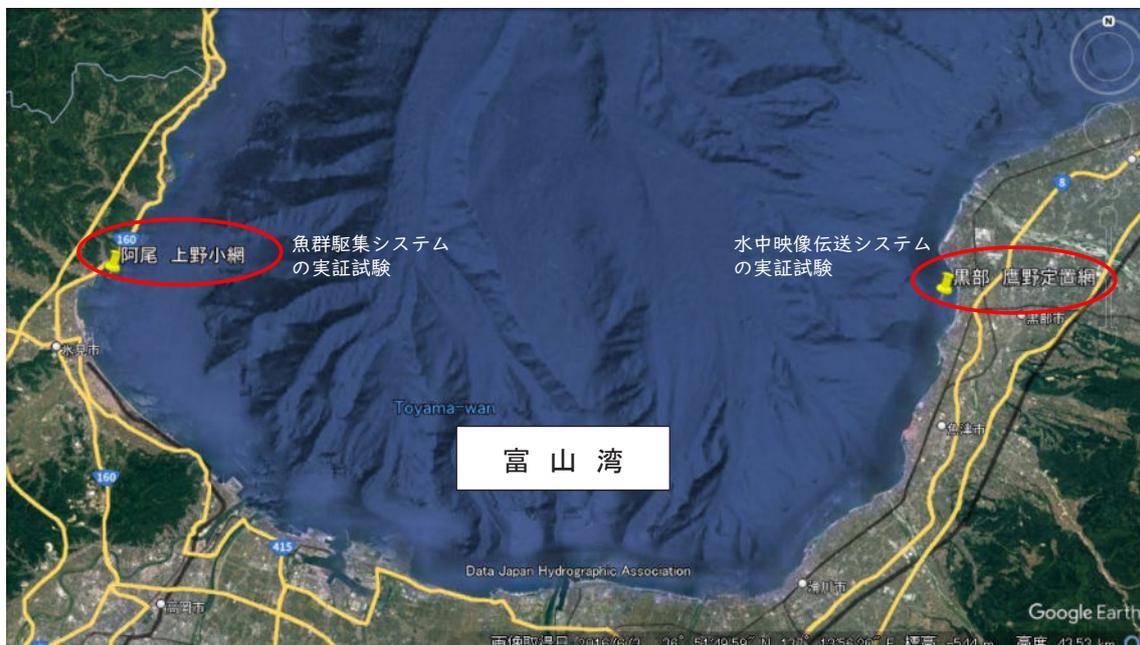
漁具改良等技術開発：定置網漁業で数量管理を行う場合の考え方として、

- ①対象とする魚群の水揚げ予定数量が漁獲可能量に達した後は、水中カメラ・ソナー等で箱網内に対象とする魚群を確認したら、現地へ揚網には赴かず、対象とする魚群がいなくなって漁獲可能な魚種が入網するまで待機
- ②水中カメラ・ソナー等で対象とする魚群を確認したら、現地に赴いて駆集システムを稼働し、対象魚群を追い出した後、漁獲可能性がある魚群が残っている場合は揚網作業を実施

することが挙げられる。

本事業では、後者の考え方にに基づき、魚群駆集システムを開発することを目的とする。箱網内部の一部に遊泳してきた魚類を駆集するため、揚網作業を行うのではなく、駆集システムを新たに開発する。この総目的を満たすためには、現実に使用可能な駆集システムおよび、定置網内の魚群の行動を把握できる水中映像カメラが必要である。現実に使用可能な駆集システムについて、富山県地区の定置網漁業者と打合せを行った結果、ホースに給気を行ってホースに取り付けた網地（以下、遮断網と呼ぶ）を直立させ、引っ張ることで魚を駆集するシステムを検討することとなった。そこで、遮断網の性能を明らかにし、運用方法を見出すことを目的とする。また、定置網内の魚群の行動を映像カメラで把握する試みはなされているが、水中映像カメラを適切な位置に設置し、陸上でリアルタイムに確認するシステムの開発事例は少ない。そこで、対象海域に適する水中映像伝送システムの開発を行うことを目的とする。最終的には、図表 5. II-1 に示した場所に位置する定置

網で実証試験を行うことを目標とする。魚群駆集システムと水中映像伝送システムの実証場所が異なるが、最終的にはいずれも上野小網で実施することを検討する。



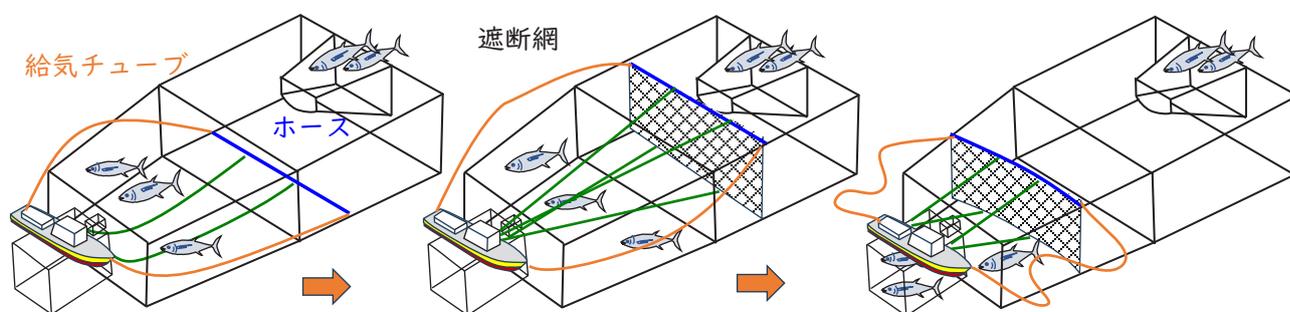
図表 5. II-1 富山県地区の魚群駆集システムと水中映像伝送システムの実証試験予定場所

3. 技術開発の方法

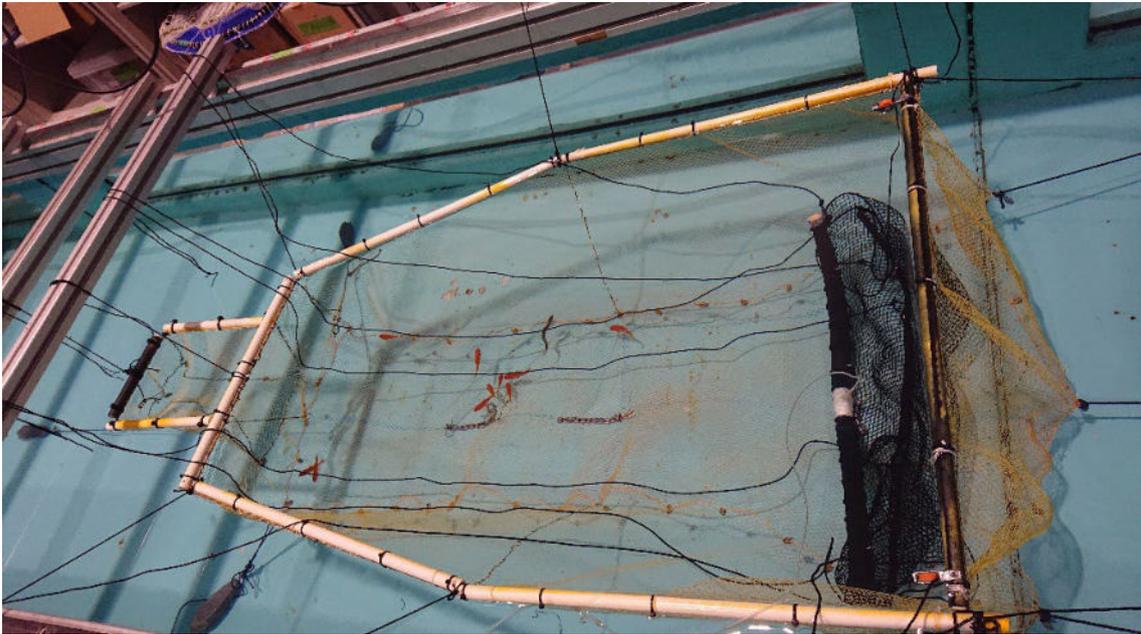
ア 漁具改良等技術開発

魚群駆集システムの開発にあたって、直ちに実海域で実験を行うことは労力面、費用面で効率的ではないため、水槽実験によって駆集システムの設計に資するデータを取得する。可撓性ホースの連結体から構成される駆集システムの縮尺模型を相似則に基づいて作成する。駆集システムの模型は汎用性のある模型であり、小型水槽実験、大型水槽実験に異なる縮尺の模型となるが、相似則を用いて富山県地区の定置網用の駆集システムとして設計する。具体的には、小型定置網として長さ 60m、幅 36m、深さ 27m の定置網の縮尺比 1/60、また実海域実験用の長さ 12m、幅 6m、深さ 7m の小型定置網の縮尺比 1/10 の模型として、長さ 1m、幅 0.6m、深さ 0.45m の箱網模型を製作した。

まず、令和 5 年 9 月 25～26 日に、東京大学生産技術研究所の小型造波回流曳航水槽（長さ 5m、幅 1m、深さ 0.5m）で、淡水魚を用いて駆集システムの駆集性能を調べるための実験を実施した。箱網模型を小型造波回流曳航水槽に設置した後、長さ 0.6m のホースに幅 0.6m、高さ 0.45m の網地と沈力調整用の錘を取り付けた遮断網模型を箱網模型内に設置した（図表 5. II-2）。実験魚としては、浮き魚を想定した金魚、中層魚を想定したタナゴ、底層魚を準備したドジョウを選定し、東京大学動物実験計画書の承認を得た。ただし、ドジョウは箱網の網目から逃亡することができたため、本実験で使用することができず、最終的には金魚とタナゴを用いて実験した。富山県の小型定置網での 1 日の水揚げが概略 100kg のオーダーであるため、水揚げ重量が相似となるように金魚とタナゴの尾数を決定した。具体的には、金魚とタナゴの平均体重がそれぞれ約 3g と約 2g であったため、これらを 20 尾ずつ準備した。駆集方法としては、ホース模型に給気して遮断網を直立させ、魚捕り側に手で引っ張ることによって金魚とタナゴを駆集した（図表 5. II-3）。設定パラメータとしては、遮断網を引っ張るために取り付けるロープの位置と本数、遮断網を引っ張る速度、遮断網に取り付ける錘、流速（静止状態と約 3cm/s の場合）を選定し、これらを変化させながら実験を行った。ただし、遮断網を引っ張る速度は、金魚とタナゴの最大遊泳速度に比べるとかなり小さいことに留意する必要がある。観測したパラメータは、駆集した魚の尾数と目視観察による遮断網の変形である。

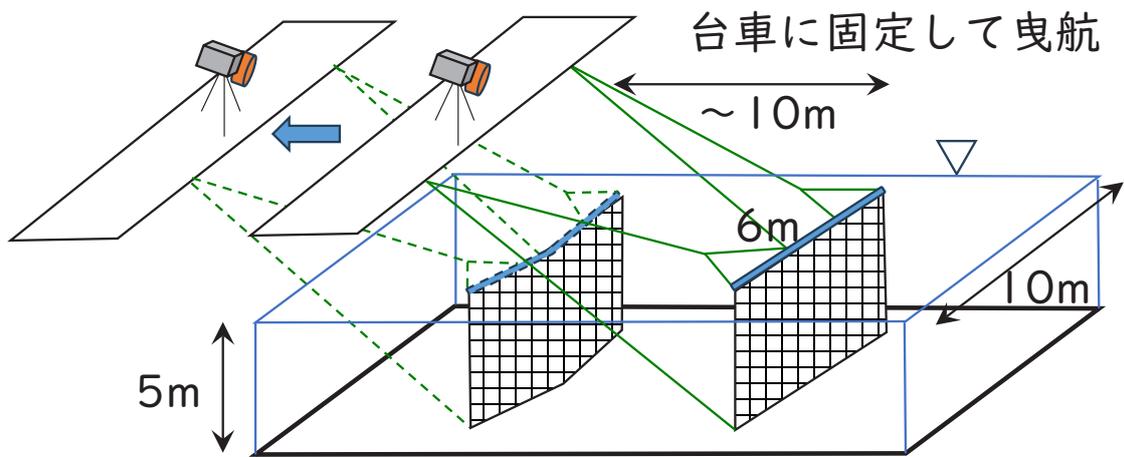


図表 5. II-2 小型造波回流曳航水槽における動物実験の方法

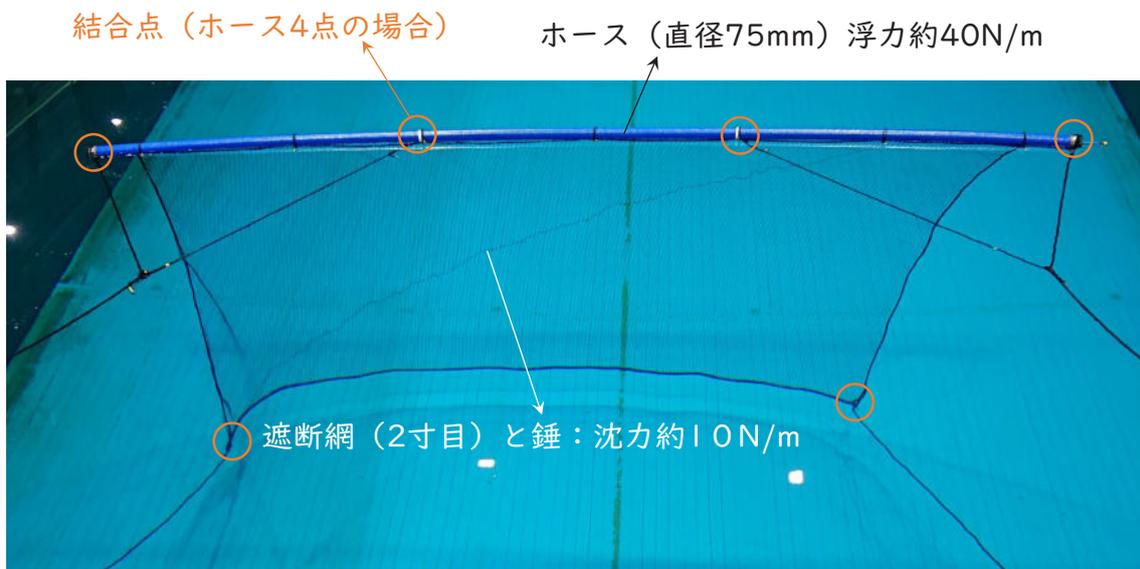


図表 5. II-3 小型造波回流曳航水槽における動物実験の様子

次に、令和 5 年 12 月 4～8 日に、東京大学生産技術研究所の大型海洋工学水槽（長さ 50m、幅 10m、深さ 5m）において、駆集システムの運動性能を把握するための水槽実験を実施した。実海域実験用の小型定置網（長さ 12m、幅 6m、深さ 7m）で使用する遮断網を製作して、大型水槽内で浮上させた後に引っ張り、遮断網の変形を調べた（図表 5. II-4）。遮断網に使用されるホースは長さ 6m、直径 75mm であり、喫水にもよるが浮力を約 40N に調整している。一方、遮断網は 2 寸目であり、錘と合わせた沈力は約 10N である。小型水槽実験で得られた知見をもとにして、遮断網を引っ張るために取り付けるロープの位置と本数、遮断網を引っ張る速度、ホース内の空気圧、網目形状を変化させた。遮断網を引っ張る速度としては、0.1、0.3、0.5、1.0 m/s の 4 通り、ロープの位置と本数としては、ホースへの結合点が、両端の 2 点、または均等に 4 点の場合（図表 5. II-5）、ホース内の空気圧（ゲージ圧）としては、0.05、0.1、0.15 MPa の 3 通り、網目形状としては角目と菱目の 2 通りを設定した。ホースの曲げ変形をビデオカメラによって撮影し、分析した。



図表 5. II-4 大型水槽における駆集システムの曳航実験



図表 5. II-5 大型水槽の実験で用いた遮断網

イ データ収集・分析

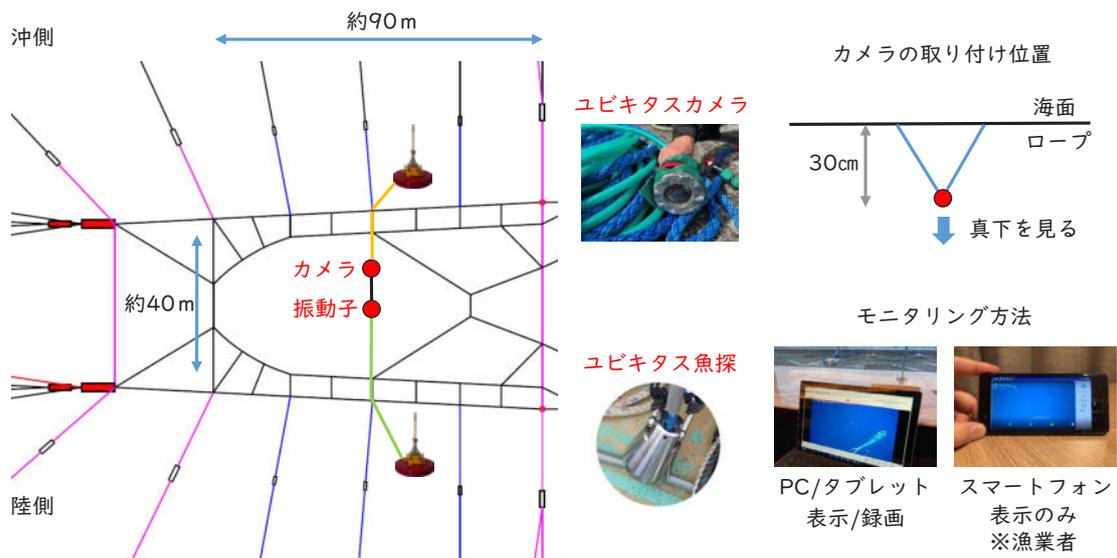
水中映像伝送システムは、水中映像カメラ、映像伝送システム、電源等を収納したブイ等により構成される。水中映像伝送システムの仕様は以下のとおりである。

- ・ユビキタス魚探のブイを使用
- ・ブイ内部にリチウムバッテリーを格納
- ・外付けソーラーパネルでバッテリーに充電
- ・タブレットとスマホから専用アプリで水中動画を表示・録画
- ・水中カメラ 2 個まで同時接続（今回は漁業者の希望で 1 個）
- ・映像を見たい時に接続（切断時間を任意で設定可：3、5、10、30 分から選択）
- ・水温/バッテリー残量の表示

これらの仕様を満たすように製作された水中映像伝送システムの写真を図表 5. II-6 に示す。令和 5 年 11 月 27 日に現地で設置準備作業を行った。作業内容としては、ブイ本体の組み立て、ケーブルカバーとロープの取り付け、ブイへの係留ロープの取り付け、スマートフォンで稼働確認、漁業者の端末へのアプリインストール、アプリの使用方法的説明である。次に、令和 5 年 12 月 2 日に海上設置作業を行った。水中映像伝送システムの設置位置は、図表 5. II-7 に示すとおりである。漁場の水深は約 35m である。作業内容としては、ブイの海上設置、側張へのケーブルの取り付け、カメラの取り付け、稼働確認である（図表 5. II-8）。



図表 5. II-6 開発した水中映像伝送システムとその設置作業準備



図表 5. II-7 水中映像伝送システムの設置位置（箱網内）



図表 5. II-8 水中映像伝送システムの設置作業の様子

4. 技術開発の結果

ア 漁具改良等技術開発

はじめに、動物実験を行う前に、ロープの取り付け位置と本数を変えながら小型造波回流曳航水槽で遮断網模型を引っ張り、実海域における操業も想定しながらロープの取り付け位置と本数を決定した。続いて、魚を入れて駆集システムの性能実験を実施した(図表 5. II-9)。引っ張る速度については、遮断網に取り付けてあった錘を一部外して、遮断網を 3~5cm/s で引っ張った場合に駆集率が最も高かった(図表 5. II-10)。1~2cm/s で引く場合は、遮断網に一時的に停止した際などに遮断網と箱網の隙間から魚群がまとまって逃げる様子が見られた。したがって、遮断網をなるべく早く引っ張ることによって駆集率を向上できることが示唆されたが、3~5cm/s で引いた場合でも、その速度は魚の最大遊泳速度の 1/10 程度と見込まれる。一方、魚種による違いの観点からは、浮き魚を想定した金魚と中層魚を想定したタナゴとでは大きな違いは見られなかった。ただし、金魚は遮断網の動きに逆らって泳ぐ傾向があり、駆集システムから逃げた個体の割合がやや高かった。最後に、流れを与えた場合には、魚群に上流側に遊泳しようとする行動が見られ、下流側に向かって引く遮断網から逃げる個体が見られた。以上の結果をまとめると、錘を工夫することによって遮断網を引っ張る際に箱網に引っ掛からないようにして、速めに引っ張るなど適切な方法で駆集すれば、高い駆集率が得られたため、遮断網を用いた魚群駆集システムの実現可能性が確認された。



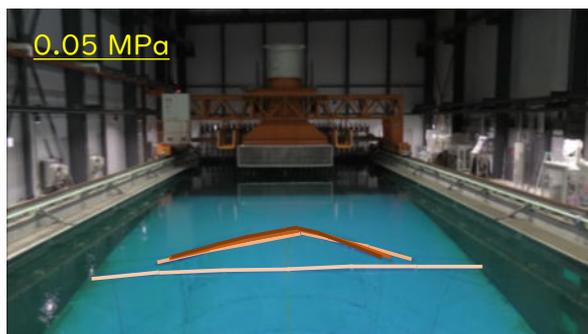
図表 5. II-9 魚群駆集実験の様子

図表 5. II-10 駆集条件と金魚・タナゴの駆集率

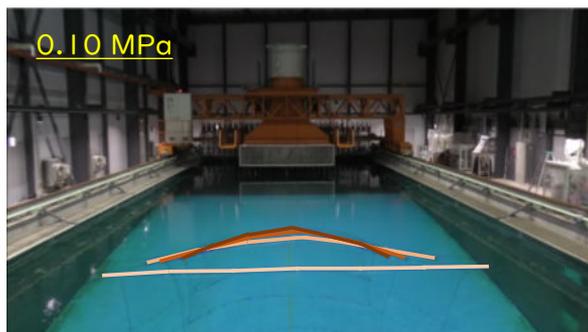
駆集条件	和金駆集率	タナゴ駆集率
遮断網を 3~5cm/s で引く	15/20	19/20
遮断網を 3~5cm/s で引く	18/20	18/20
遮断網を 3~5cm/s で引く (途中、引っかかりあり)	12/20	15/20
遮断網を 3~5cm/s で引く	15/20	15/20
遮断網を 3~5cm/s で引く / 錘を外す	19/20	20/20
遮断網を 3~5cm/s で引く / 錘を外す	19/20	19/20
遮断網を 1~2cm/s で引く	N. D.	N. D.
遮断網を 3~5cm/s で引く (約 3cm/s の流れあり)	N. D.	N. D.

次に、海洋工学水槽で遮断網の運動性能実験を行った結果を示す（図表 5. II-11）。

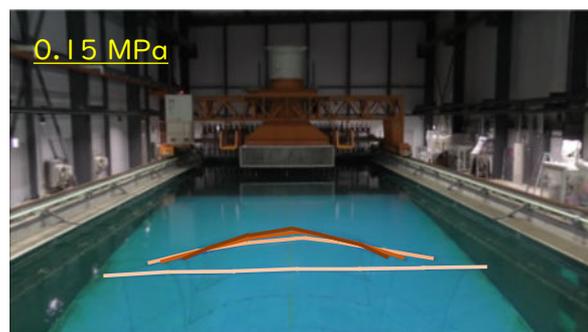
まず、遮断網に2本のロープを取り付けて引っ張った場合は、曳航速度が0.10 m/s の場合はホースの曲げは見られなかったが、曳航速度が大きくなると曲げが見られた。ホース内の空気圧が高くすることによって、ホースの曲げはやや緩和されたが、曳航速度が0.10m/s の場合に比べると大きく変形している様子が分かる。



(a) ホース内気圧が 0.05 MPa



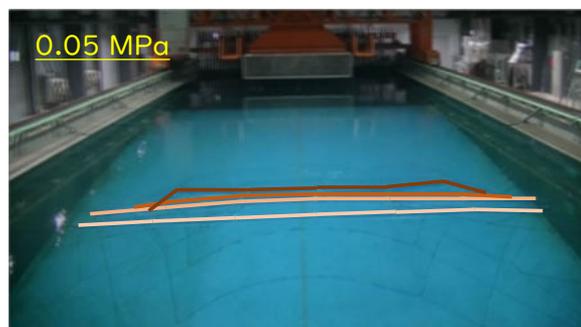
(b) ホース内気圧が 0.10 MPa



(c) ホース内気圧が 0.15 MPa

図表 5. II-11 遮断網に2本のロープを取り付けて引っ張った場合のホースの形状

遮断網に 4 本のロープを取り付けて引っ張った場合は、実用的な曳航速度ではホースの曲げがほとんど見られなかった (図表 5. II-12)。ただし、1.0 m/s で曳航した場合は、ホースが若干曲がったが、ホース内の空気圧が高くなると、ホースの曲げが抑制された。



(a) ホース内気圧が 0.05 MPa



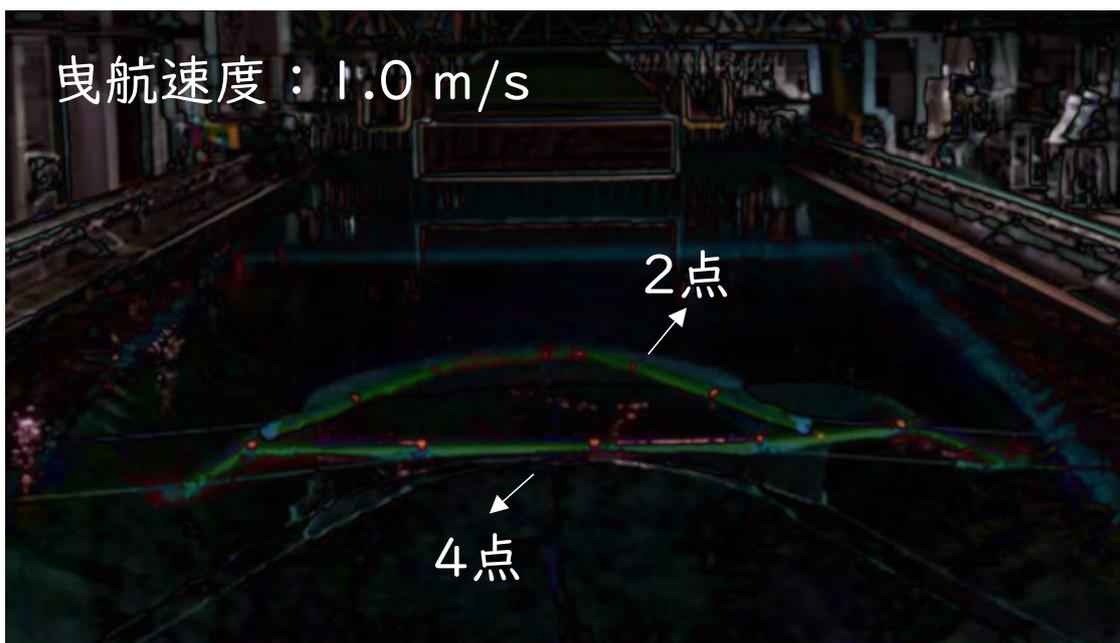
(b) ホース内気圧が 0.10 MPa



(c) ホース内気圧が 0.15 MPa

図表 5. II-12 遮断網に 4 本のロープを取り付けて引っ張った場合のホースの形状

これらの結果を通じて、図表 5. II-13 にも示すように、遮断網には 4 本のロープを取り付けて引っ張った方が、ホースの曲げが小さく、ホースの曲げによる側面の箱網との隙間を軽減できることが期待される。また、4 本のロープを取り付けて引っ張った場合、実用的な曳航速度ではホースの曲げがほとんど見られなかった（図表 5. II-14）。一方、魚群駆集実験の結果では、遮断網を速く引く方が駆集率は高まることが示唆されたが、遮断網性能実験では、ホース内の空気圧を高めても、高速で引くとホースの曲げや網地の吹かれが見られたため、遮断網の底部または側部に箱網との隙間が発生し、魚群が逃亡することが懸念される。キャプスタン等の補助装置の性能、実海域では曳航速度に周辺流速の影響が加わることで、魚群駆集実験では遮断網の剛性の相似が考慮されていなかったことを鑑みると、低速で引っ張るのが現実的であると考えられる。ただし、本検討ではホースが曲がらないように引っ張ることを目的としたが、魚種によっては遮断網を凹面あるいは凸面で引っ張ることで駆集率が変化する可能性もあるため、実海域実験では留意する必要がある。そのほか、実際の作業時には、人力で遮断網を引っ張る予定でもあり、曳航速度の上限が見られる。詳しい検討は今後の課題とする。



図表 5. II-13 遮断網に 2 本または 4 本のロープを取り付けた場合のホースの曲げの比較（曳航速度 1.0 m/s）

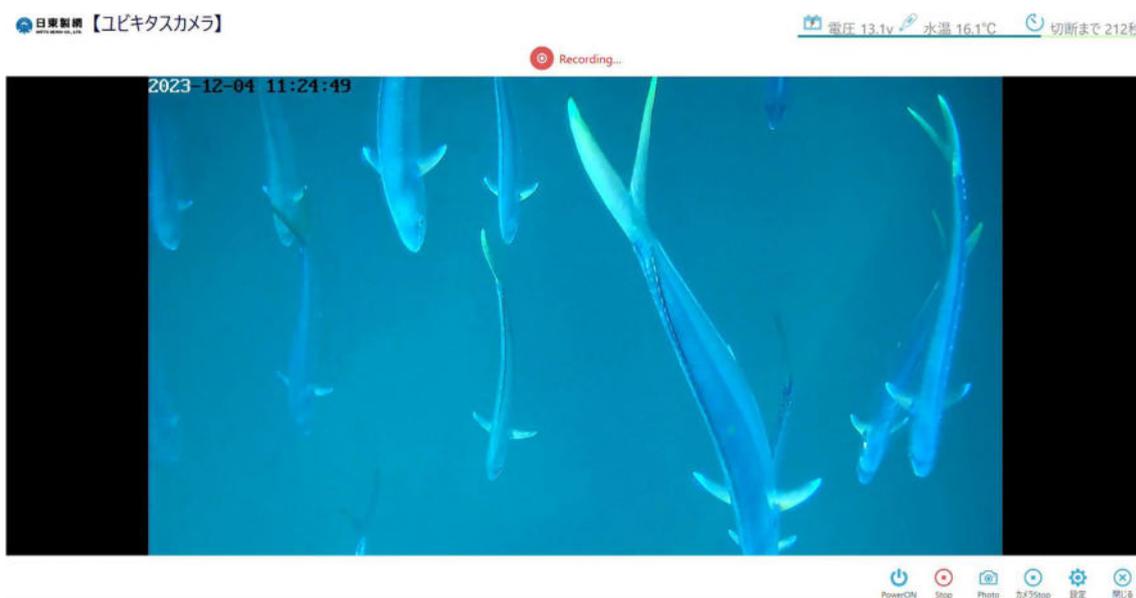
図表 5. II-14 遮断網の曳航実験のまとめ (○はホースの曲げがほとんど見られなかった、△はホースの曲げが少し見られた、×はホースの曲げがみられたことを示す)

		0.05 MPa	0.10 MPa	0.15 MPa
2点	0.10 m/s	○	○	○
	0.30 m/s	×	×	△
	0.50 m/s	×	×	×
	1.00 m/s	×	×	×
4点	0.10 m/s	○	○	○
	0.30 m/s	○	○	○
	0.50 m/s	○	○	○
	1.00 m/s	×	×	△

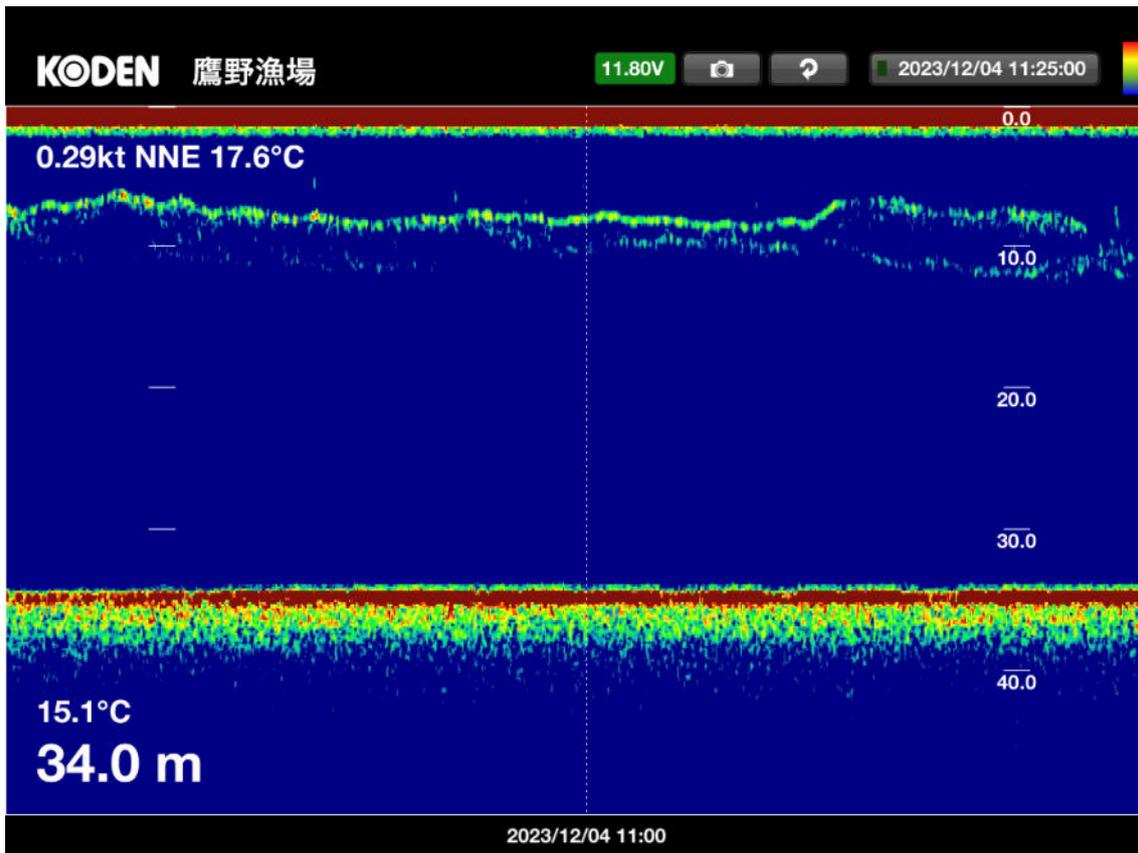
イ データ収集・分析

12月4日（月）よりデータ取得を開始した。具体的にはPCまたはスマートフォンの専用アプリから遠隔で水中映像伝送システムを起動し、水中の動画をリアルタイムでモニタリングしながら録画を行った。起動時間は1日あたり30分から1時間程度である。なお、漁業者も網内の魚群を確認するためにスマートフォンから日々画像を確認しており、上記の起動時間は漁業者がモニタリングしている時間も含んでいる。

図表 5. II-15 は取得開始日に箱網内中央部より真下に向けたカメラにて撮影したシイラの群れである（12月4日11時24分）。また、図表 5. II-16 は同じ箱網内に設置されているユビキタス魚探の同時刻の画像である。カメラで撮影されたシイラの群れは、魚群探知機には映っていないことがわかる。このことから海面付近を遊泳しているシイラなどの群れは、魚群探知機の音波では捉えにくい、カメラでは捉えられることがわかった。

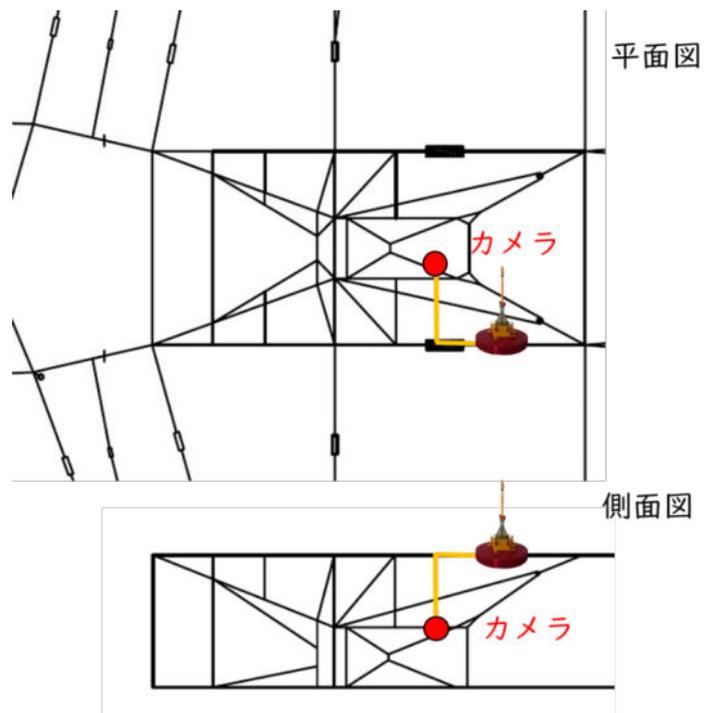


図表 5. II-15 水中映像伝送システムであるユビキタスカメラによって撮影された映像の例



図表 5. II-16 ユビキタス魚探によって撮影された映像の例

一方で、カメラでは海面付近の魚群の確認は可能だが、魚群探知機と比較して深さ方向の探索範囲が狭く、さらに実験漁場の透明度が低いため、カメラから離れた位置の魚群を捉えることは困難であった。箱網中央部での実験は12月4日から12月27日まで実施してデータを取得できたものの、漁業者が網内の魚群をモニタリングするという用途ではカメラ稼働時の魚群出現率が高くなかったため、12月28日にカメラの取り付け位置を箱網から底建網に変更した（図表 5. II-17）。



図表 5. II-17 水中映像伝送システムの設置位置（底建網内）

カメラを底建網の上部に設置した後は、ほぼ確実にカメラに魚群が映るようになった。また、当初の目的であるブリとサワラの入網を捉えることができた（図表 5. II-18・図表 5. II-19）。ブリとヒラマサが両方入網するケースもあったが、画像から判別できている。

その他、アオリイカ、スルメイカ、イシダイ、クロダイ、マダイ、コショウダイ、カワハギ、ヒラメ、エイなど様々な魚種の入網をリアルタイムで確認することができた（図表 5. II-20）。水中映像伝送システムにより、漁業者は前日のうちに底建網への入網を把握できており、機器の機能については問題ないことを確認できた。

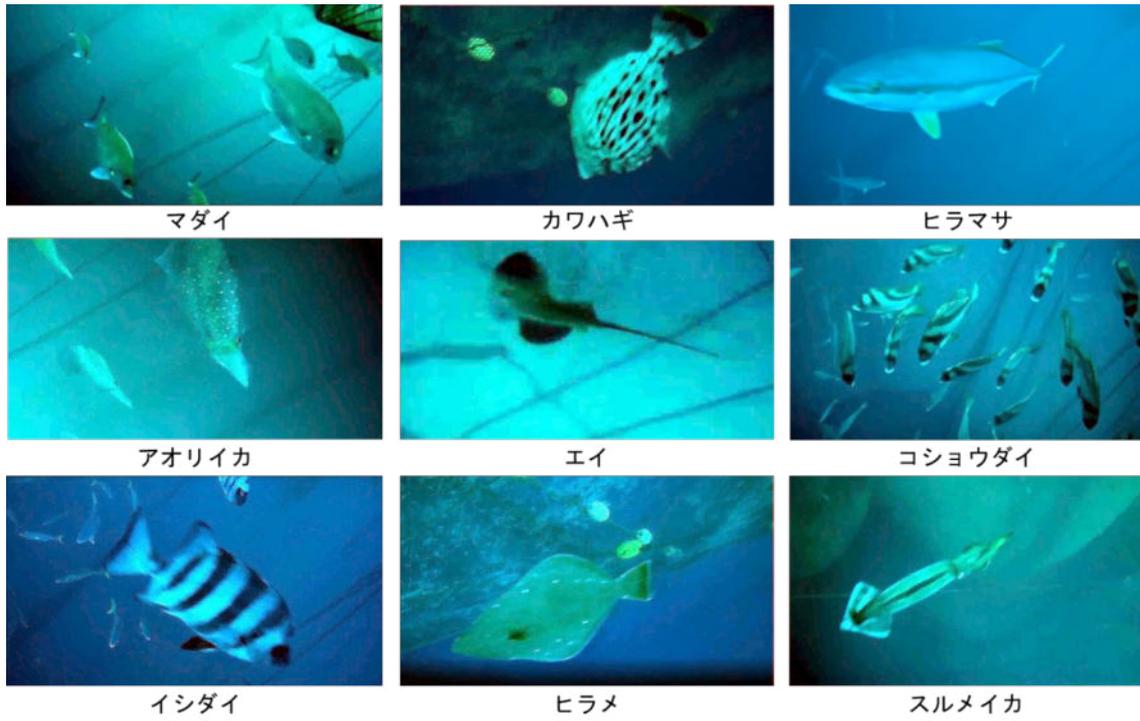
2024-01-04 15:22:59



図表 5. II-18 底建網内のブリの群れ



図表 5. II-19 底建網内のサワラ



図表 5. II-20 底建網内で撮影された様々な魚種

5. まとめ

ア. 漁具改良等計画

ホースと網地で構成される魚群駆集システムを開発し、水槽実験によりシステムの最適化と性能の評価を行った。その結果、魚群駆集実験では、遮断網を高速で引く方が駆集率が高まることが示唆された。一方、遮断網性能実験では、ホースを4本のロープで引くとホースおよび遮断網の形状を維持できることが示された。ホース内の空気圧を高めても、高速で引くとホースの曲げや網地の変形が見られたため、遮断網と箱網との間に隙間が発生して、魚が逃げる可能性がある。したがって、キャプスタン等の補助装置の性能、実海域では曳航速度に周辺流速の影響が加わること、魚群駆集実験では遮断網の剛性の相似が考慮されていなかったことを鑑みると、低速で遮断網の形状を保ちながら引くのが現実的であると考えられる。

イ. データ収集・分析計画

水中映像伝送システムを開発し、ブリ、サワラ等の行動を把握することを目的として実海域の定置網で実証試験を行った。その結果、PC またはスマートフォンの専用アプリをとおして、陸上から魚群の入網状況をリアルタイムで把握できることを確認した。今後は数量管理に活かすために、駆集システムとの連携、映像で確認できた魚と漁獲した魚の関係、底建網や金庫網の入り口にカメラを設置することなどを検討する。

富山県地区においては、定置網内の様子を陸上からリアルタイムで確認及び判別可能な水中映像伝送システムと遠隔操作可能な駆集システムの開発を行うことで、これらを組み合わせて活用し、定置網内に入網したブリやサワラ、小型魚等の対象魚種をいつでも効率的に網外へ放流しやすくするための技術の開発を行っている。令和5年度は、模型網による水槽実験の結果に基づき、ブリやサワラ等の対象魚を所定の位置に効率的に駆集することを想定したシステムの設計を行った。また、箱網内の魚群の行動を遠隔で把握するために必要な水中映像伝送システムを実際の定置網で運用し、遠隔操作により陸上からでも魚群を観察できた。今後は、これらの基礎技術をベースとして、実海域での実証が可能となる。実海域での導入が実現できれば、魚種選択及び資源管理への新しい技術の提案ができる可能性がある。最終的に数量管理に応用するためには、魚捕り部や金庫網の一部を放流するための窓口を設けたり、これらを一部下げて放流したりするなど、地域の事情に応じて駆集した魚群を放流するしくみを併せて考える必要がある。

6 検討会の設置と開催及び現地調査

本事業では、検討会を設置して、取組み効果の検証と実用化及び開発成果の普及を目的とした検討を行なった。また、取組み状況及び普及に向けた現場情報の把握のため、専門家等（検討会委員）による現地調査を行なった。

1. 検討会

本事業の検討会の設置要領を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業 検討会設置要領

定置網漁業等数量管理技術開発コンソーシアム

1. 趣旨

定置網漁業等における数量管理のための技術開発について効率的な推進等に向けた検討を行う。

2. 組織

- (1) 検討会の委員は6名以下とする。
- (2) 検討会は、外部専門家（評価対象の研究開発分野及び関連する分野の専門家）、事業実施者等をもって構成する。

3. 運営

- (1) 検討会の座長は、委員の中から互選で選出する。
- (2) 検討会は、一般社団法人海洋水産システム協会が必要に応じて召集する。

4. 任期

委員の任期は、委員の承諾日から、事業完了年月日までとする。

5. 審議事項

定置網漁業等における数量管理のための技術開発について、その課題に係る計画、取組み効果の検証と実用化及び開発成果の普及を目的とした検討を行う。

6. 庶務

検討会の庶務は、一般社団法人海洋水産システム協会に事務局を設置し、実施する。

7. その他

この要領は、令和5年5月16日から実施する。

(1) 第1回検討会

第1回検討会の開催概要を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業 第1回検討会

開催日時 令和5年5月16日（木）10:00～12:30

開催場所 海洋水産システム協会会議室 及び オンライン

議事次第

1. 開会挨拶

2. 検討会について

3. 議事

(1) 事業について

(2) 本事業の技術開発計画及び取組内容について各県地区の説明と検討

(ア) 富山県地区

(イ) 山口県地区

4. その他

5. 閉会



図表 6-1 第1回検討会の様子

第1回検討会の出席者は、次のとおりである。

※敬称略

【検討委員会】

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 教授	秋山 清二
海と定置網の研究室 代表	石戸谷 博範
有限会社泉澤水産 代表取締役	泉澤 宏 (Web)
国立大学法人 長崎大学 総合生産科学域 (水産学系) 教授	松下 吉樹
定置漁業研究開発プラットフォーム プロデューサー	水上 洋一
水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 主幹研究員	山崎 慎太郎

【水産庁】

水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 室長	武田 行生
水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 先端技術班 課長補佐	三橋 謙一 (Web)
水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 先端技術班 企画係員	澤田 夏樹 (Web)
水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 先端技術班 企画係員	三嶋 実里

【コンソーシアム】

一般社団法人 日本定置漁業協会 専務理事	玉置 泰司
一般社団法人 日本定置漁業協会	木村 秀二
山口県水産研究センター 海洋資源グループ 専門研究員	安部 謙 (Web)
水口電装株式会社 代表取締役	水口 千津雄 (Web)
水口電装株式会社 設計G 係長	清水 恒夫 (Web)
ホクモウ株式会社 営業部	川井 雄五 (Web)
佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科 教授	志久 修 (Web)
国立大学法人東京大学 生産技術研究所 教授	北澤 大輔
日東製網株式会社 函館工場 技術部 総合網研究課 課長	細川 貴志
一般社団法人 海洋水産システム協会 専務理事	平石 一夫
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部 部長代理	岡野 利之
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部兼設計部 技師	岩田 佳之

会場 14名、WEB 8名 計 22名

(2) 第2回検討会

第2回検討会の開催概要を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業 第2回検討会

開催日時 令和5年12月8日(金) 15:00~17:00

開催場所 東京大学 柏キャンパス 生産技術研究所 会議室 及び オンライン

議事次第

1. 開会挨拶

2. 議事

(1) 事業について

(2) 本事業の技術開発計画及び取組内容について各県地区の説明と検討の実施

(ア) 富山県地区 富山県地区の説明

(イ) 山口県地区 山口県地区の説明

(3) その他

3. 閉会



図表 6-2 第2回検討会の様子

第2回検討会の出席者は、次のとおりである。

※敬称略

【検討委員会】

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 教授	秋山 清二
海と定置網の研究室 代表	石戸谷 博範
有限会社泉澤水産 代表取締役	泉澤 宏 (Web)
定置漁業研究開発プラットフォーム プロデューサー	水上 洋一
水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 主幹研究員	山崎 慎太郎

【水産庁】

水産庁増殖推進部研究指導課海洋技術室 先端技術班 課長補佐	金子 貴臣
水産庁増殖推進部研究指導課海洋技術室 先端技術班 企画係長	三嶋 実里 (Web)

【コンソーシアム】

一般社団法人 日本定置漁業協会 専務理事	玉置 泰司
一般社団法人 日本定置漁業協会	木村 秀二
山口県水産研究センター 海洋資源グループ 専門研究員	安部 謙 (Web)
水口電装株式会社 設計G 係長	清水 恒夫 (Web)
ホクモウ株式会社 営業部	川井 雄五 (Web)
佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科 教授	志久 修 (Web)
国立大学法人東京大学 生産技術研究所 教授	北澤 大輔
国立大学法人東京大学 生産技術研究所	董 書闡
国立大学法人東京大学 生産技術研究所	周 金鑫
日東製網株式会社 函館工場 技術部 総合網研究課	細川 貴志
日東製網株式会社 第1事業部 開発ユニット 開発課 主任	平田 和毅
一般社団法人 海洋水産システム協会 専務理事	平石 一夫
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部 部長代理	岡野 利之
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部兼設計部 技師	岩田 佳之

会場 15名、WEB 6名 計 21名

(3) 第3回検討会

第2回検討会の開催概要を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業 第3回検討会

開催日時 令和6年2月29日（木） 9:30～12:00
開催場所 海洋水産システム協会会議室・オンライン会議（ZOOM）

議事次第

1. 開会

2. 議事

(1) 本事業についてのまとめ方（報告書案の確認）

(2) 本事業の技術開発及び取組内容について各県地区の報告

(ア) 富山県地区

(イ) 山口県地区

(3) その他

3. 閉会



図表 6-3 第3回検討会の様子

第3回検討会の出席者は、次のとおりである。

※敬称略

【検討委員会】

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 教授	秋山 清二
海と定置網の研究室 代表	石戸谷 博範 (Web)
有限会社泉澤水産 代表取締役	泉澤 宏
国立大学法人 長崎大学 総合生産科学域 (水産学系) 教授	松下 吉樹
定置漁業研究開発プラットフォーム プロデューサー	水上 洋一
水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 主幹研究員	山崎 慎太郎

【水産庁】

水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 室長	武田 行生
水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 先端技術班 課長補佐	金子 貴臣
水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 先端技術班 企画係長	三嶋 実里

【コンソーシアム】

一般社団法人 日本定置漁業協会 専務理事	玉置 泰司
一般社団法人 日本定置漁業協会	木村 秀二
山口県水産研究センター 海洋資源グループ 専門研究員	安部 謙 (Web)
水口電装株式会社 代表取締役	水口 千津雄 (Web)
水口電装株式会社 設計G 係長	清水 恒夫 (Web)
ホクモウ株式会社 営業部	川井 雄五 (Web)
佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科 教授	志久 修 (Web)
国立大学法人東京大学 生産技術研究所 教授	北澤 大輔
日東製網株式会社 函館工場 技術部 総合網研究課 課長	細川 貴志
一般社団法人 海洋水産システム協会 専務理事	平石 一夫
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部 部長代理	岡野 利之
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部兼設計部 技師	岩田 佳之

会場 15名、WEB 7名 計 22名

2. 現地調査

(1) 第1回 現地調査【山口県地区】

第1回現地調査【山口県地区】の概要を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業
山口県地区現地調査

① 開催日程

令和5年10月16日～17日

② 実施場所

山口県漁業協同組合宇田郷支店（山口県阿武郡阿武町大字宇田1339）
宇田郷定置網漁場、宇田郷漁港

③ 調査日程

令和5年10月16日 現地調査実施に関する打合せ

- ・山口県地区より取組内容の概要確認
- ・10月17日の現地調査予定の確認

令和5年10月17日 現地調査、中間報告会

- ・定置網漁船の陸揚げ・出荷の様子を視察
- ・宇田郷定置網漁場の現地調査
- ・宇田郷漁港にて水上ドローンを活用した技術開発のデモンストレーション
- ・宇田郷支店にて山口県地区における取組状況の中間報告、意見交換等

④ 現地調査・中間報告会の概要

定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業に係る山口県地区の現地調査として、JF やまぐち 宇田郷支店にて定置網漁船の漁獲物の確認、宇田郷定置網漁場の現地調査により水中カメラ、ソナー、魚群探知機等の設置及び利用方法を確認、宇田郷漁港にて水上ドローンを活用した技術開発のデモンストレーションの実施を行なった。

また、JF やまぐち 宇田郷支店の会議室にて中間報告会を実施して、山口県地区における取組状況の中間報告及び意見交換等を行なった。

これまでの技術開発の成果として、LED 水中灯で魚群をコントロールして網目を通過していることを確認して成果としてまとめていく。

第1回現地調査の出席者は、次のとおりである。

※敬称略

【検討委員会】

国立大学法人東京海洋大学 学術研究院 教授	秋山 清二
海と定置網の研究室 代表	石戸谷 博範
有限会社泉澤水産 代表取締役	泉澤 宏
国立大学法人 長崎大学 総合生産科学域（水産学系）教授	松下 吉樹
定置漁業研究開発プラットフォーム プロデューサー	水上 洋一
水産技術研究所 環境・応用部門 水産工学部 主幹研究員	山崎 慎太郎

【水産庁】

水産庁増殖推進部研究指導課 海洋技術室 室長	武田 行生
------------------------	-------

【コンソーシアム】

一般社団法人 日本定置漁業協会 専務理事	玉置 泰司
一般社団法人 日本定置漁業協会	木村 秀二
山口県水産研究センター 海洋資源グループ 専門研究員	安部 謙
株式会社宇田郷定置網 代表取締役	廣石 芳郎
株式会社宇田郷定置網 取締役	水津 和弘
水口電装株式会社 代表取締役	水口 千津雄
水口電装株式会社 設計G 係長	清水 恒夫
ホクモウ株式会社 営業部	川井 雄五
国立大学法人長崎大学	豆原 遼
国立大学法人長崎大学	神崎 歩夢
佐世保工業高等専門学校 電子制御工学科 教授	志久 修
国立大学法人東京大学 生産技術研究所 教授	北澤 大輔
一般社団法人 海洋水産システム協会 専務理事	平石 一夫
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部 部長代理	岡野 利之
一般社団法人 海洋水産システム協会 研究開発部兼設計部 技師	岩田 佳之

【協力】

山口県漁業協同組合宇田郷支店 支店長	末武 義一
--------------------	-------

現地 23名 計 23名

⑤ 現地調査と中間報告会の様子については、図表 6-4 に示す。



現地調査実施に関する打合せ (10/16)



現地調査 JF やまぐち宇田郷支店



宇田郷定置網 陸揚げ



宇田郷定置網 選別作業



宇田郷定置網 漁獲物



宇田郷定置網 出荷



現地調査のため漁場へ移動 (金興丸用船)



①ソナー、カメラ ②魚探の設置



調査機器設置場所と利用方法の説明



タブレットによるモニタリング（網内の様子）



①網外：ソナー、LED 水中灯、水中カメラ



②網内：魚群探知機、水中カメラ



宇田郷漁港へ帰港



水上ドローンのデモンストレーション



水上ドローンの自動航行設定



LED 水中灯による魚群誘導の説明



耐候性が向上した改良型水上ドローン



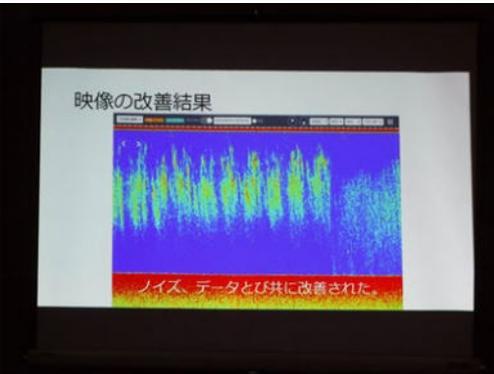
JF やまぐち宇田郷支店 会議室



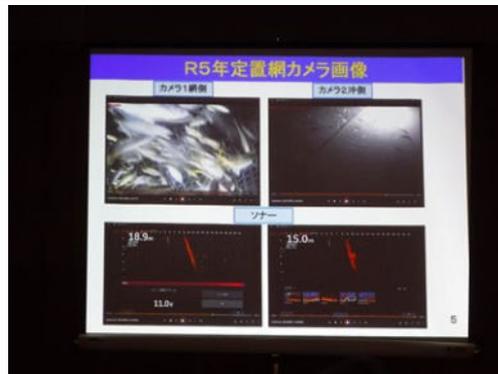
山口県地区における取組状況の中間報告会



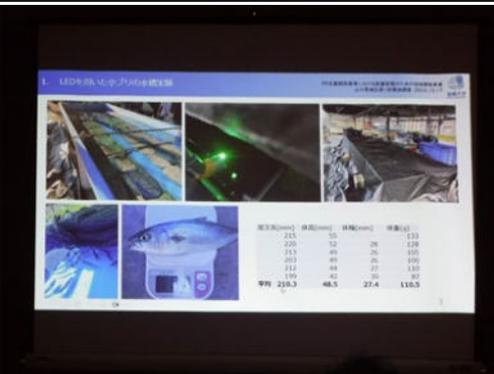
山口県水産研究センターの報告



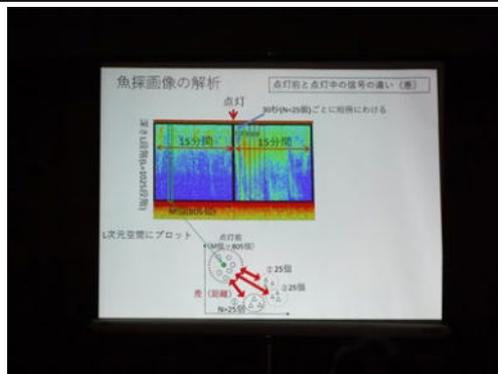
ホクモウの報告



水口電装の報告



長崎大学の報告



佐世保工業高等専門学校(佐世保)の報告

図表 6-4 第1回現地調査(山口県地区)の様子

(2) 第2回 現地調査【富山県地区】

第2回現地調査【富山県地区】の概要を以下に記す。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業 富山県地区現地調査

① 開催日程

令和5年12月8日

② 実施場所

東京大学 柏キャンパス 生産技術研究所 研究実験棟 I
(千葉県柏市柏の葉5丁目1-5)

③ 調査内容

定置網の箱網内の魚群を所定の位置に集める駆集システムの開発に資する選集性能や運動性能を把握するための水槽実験について調査を行なった。

④ 水槽実験の目的と概要

水槽実験によって駆集システムの設計に資するデータを取得する。

駆集システムは、可撓性ホースの連結体から構成され、相似則に基づいて縮尺模型を作成した。駆集システムの模型は汎用性のある模型であり、小型水槽実験、大型水槽実験用に異なる縮尺の模型となるが、相似則を用いて富山県地区の定置網用の駆集システムとして設計した。

小型水槽では淡水魚を用いて駆集システムの選集性能、大型水槽では波浪、流れ条件下の駆集システムの運動性能を把握した(図表6-5)。



図表 6-5 海洋工学水槽(資料引用 :東京大学生産技術研究所 HP)

⑤ 現地調査の様子については、図表 6-6 に示す。



東京大学生産技術研究所 研究実験棟 I



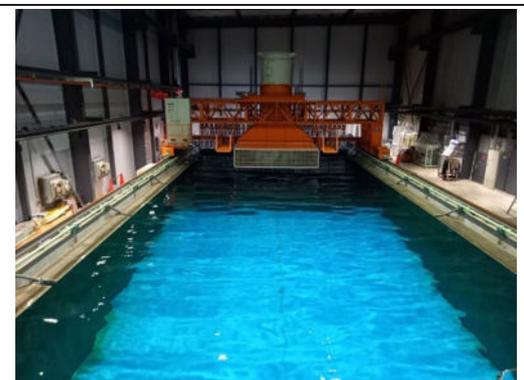
実験方法の説明



小型造波回流曳航水槽の説明



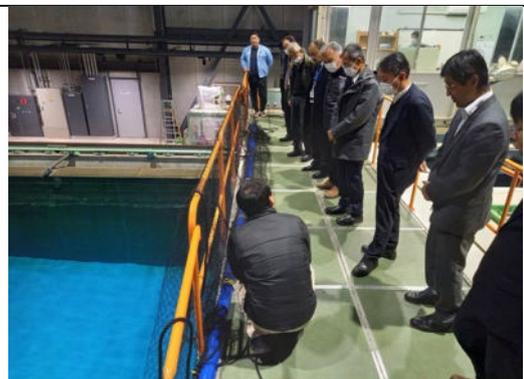
駆集システムの模型



海洋工学水槽（大型実験水槽）



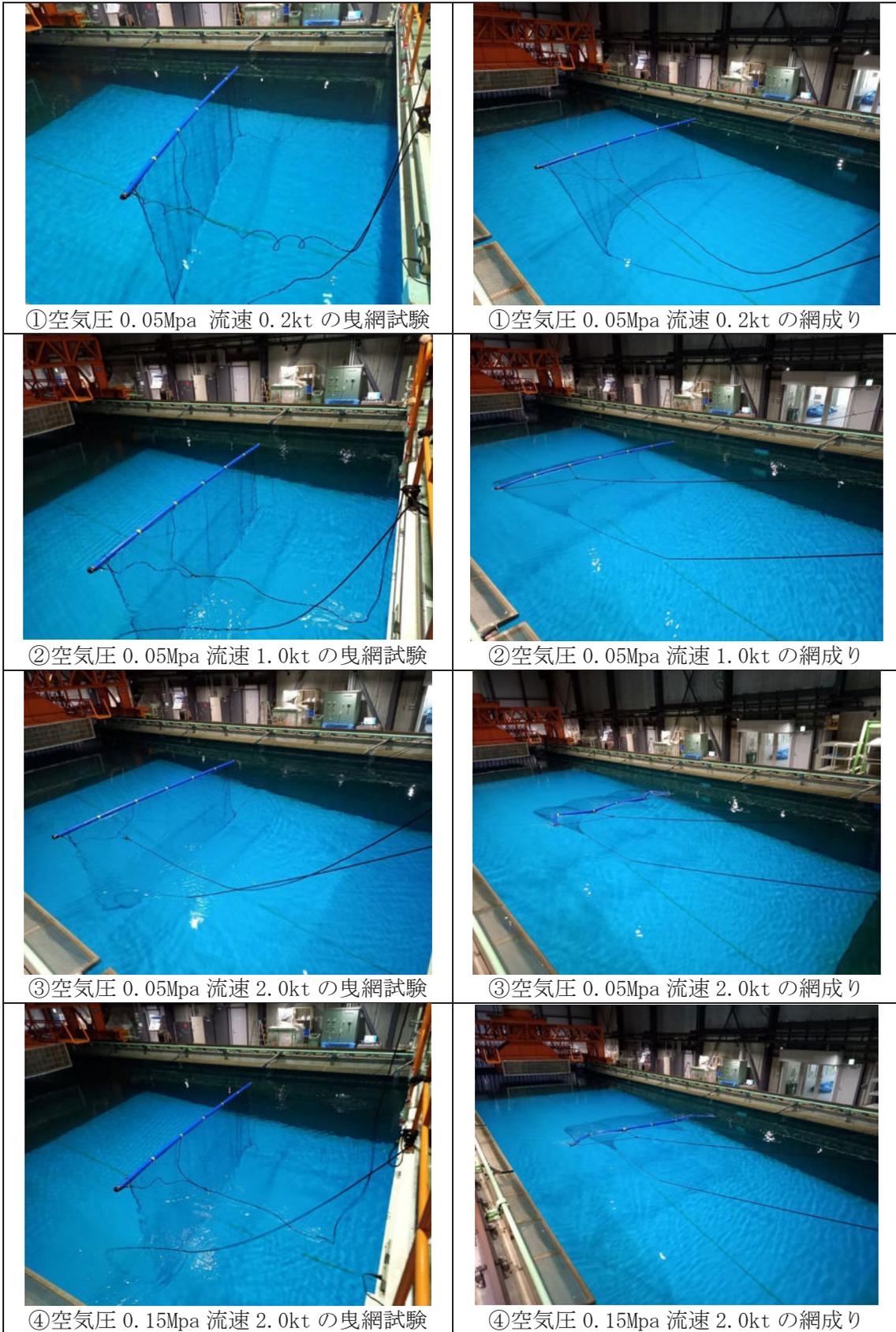
大型実験水槽の波浪や流れ条件の確認



遮断網の説明



遮断網の給気用ホース



図表 6-6 第 2 回現地調査（富山県地区）の様子

付 録

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業

1. 山口県地区の定置網漁業等における数量管理のための技術開発の要約
2. 富山県地区の定置網漁業等における数量管理のための技術開発の要約

LED水中灯を用いた 魚類の行動制御と放流技術開発

山口県地区の取組み ▶

開発体制

山口県水産研究センター、株式会社宇田郷定置網、水口電装株式会社、ホクモウ株式会社、国立大学法人長崎大学、国立高等専門学校機構佐世保工業高等専門学校

目的

LEDによる魚の網目通過行動の誘発を水槽実験で確認し、実際の漁場において、網外で点灯したLED水中灯により小型魚を誘発・集魚し、第二箱網の網目(2寸目)を利用して網外へ放流させることを目標として取り組む。

方法

水槽実験で小型魚に対するLEDの誘導効果を検証するとともに、実証漁場において水中カメラ、魚群探知機、ソナー、および水上ドローン用いて、LED効果調査のモニタリング手法について検討し、取得したデータの解析を行った(図1~4)。

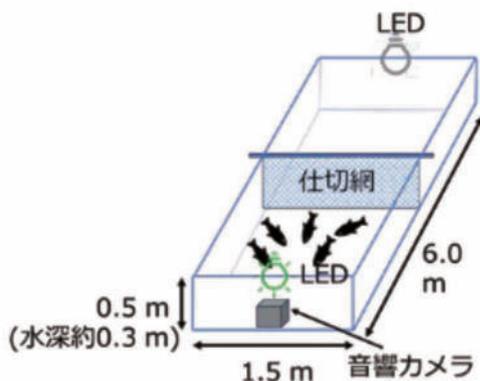


図1 水槽実験のセッティング

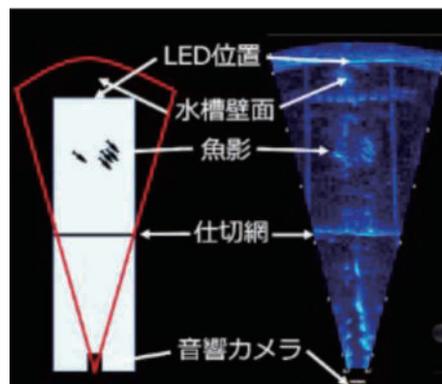


図2 音響カメラによる水槽実験の観察事例

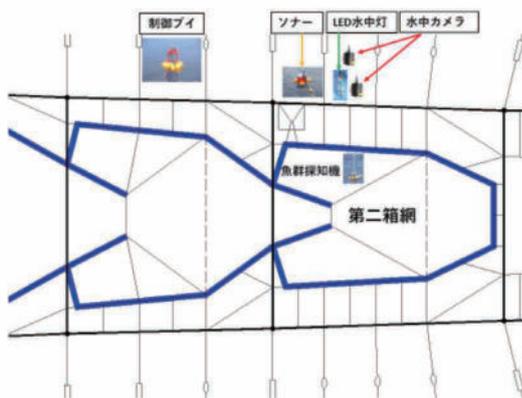


図3 実証漁場の調査機器設置場所



図4 改良した水上ドローン

成果

水槽実験では、供試したマアジ、サバ類、ブリはLED光が点灯する区画に網目を通過して移動する行動がよく見られた。しかし、サバ類、ブリでは網目を十分に通過できる魚体サイズでありながら、目合72 mmでは通過割合が低下した。水槽実験でマアジ、サバ類、ブリのLED光の誘導効果を確認できたが、実証漁場でより効果を得るためには、現状の箱網目合2寸目(60 mm)のさらなる拡大が必要と考えられたので、今後検討したい。

実証漁場のモニタリング調査において、魚群探知機では、マアジ、マサバ、ブリのほかにシイラ、マルソウダ、コシナガ、ホソトビウオの定置網の水揚げが多い日に箱網外のLED点灯時に箱網内の魚探反応に変化が見られ、LED点灯直前と点灯時の両者の魚探画像との距離を比較することで、魚探反応の変化を数値化することが可能となった(図5)。

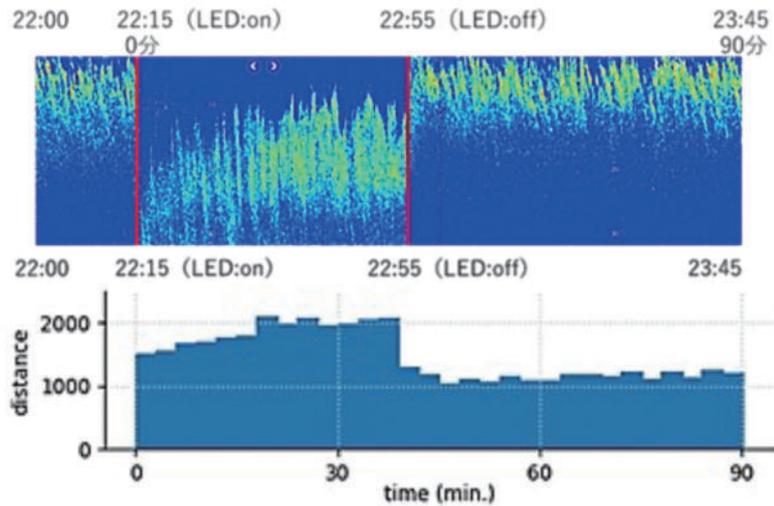


図5 魚群探知機の画像(上)とクラスター間距離の時間変化(下)

ソナーで撮影された画像を図6(上左)に示した。ソナー画像にピーク検出を行うことで魚影を抽出した。青点は箱網内の魚影、赤点は箱網外の魚影、水色直線は箱網の境の中心線を示している。LED点灯時に箱網の内外を同時に観察することで、箱網内の魚がLEDに誘導されて網際へ移動の様子を確認することができた(図6上右)。

さらに、箱網外の水中カメラでは、LED点灯時に箱網内のマアジなどが箱網の網目を通過する様子が撮影され(図6下左)、LEDの点灯にともない撮影動画の魚数は増加していたことから、(図6下右)、LEDの誘導により、箱網内の魚が箱網外へ放流されていることがわかった。

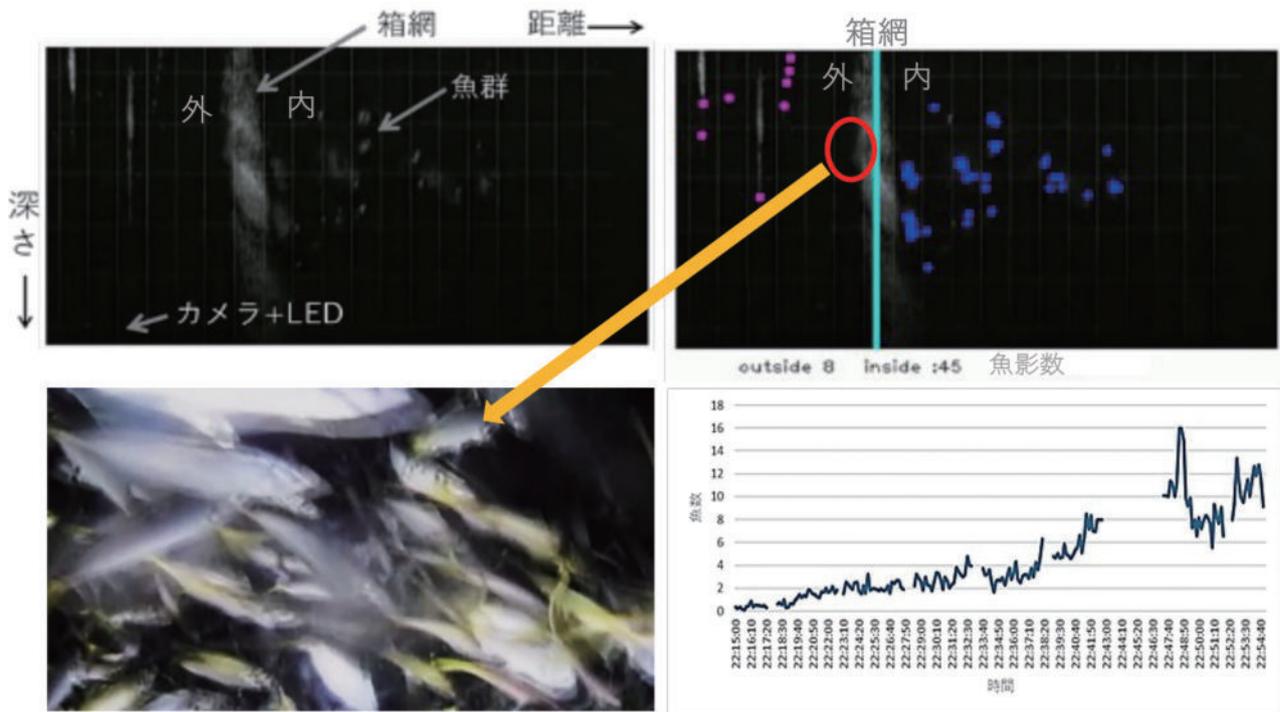


図6 ソナー画像(上左)、ピーク検出後の画像(上右)、LED点灯時に水中カメラで撮影されたマアジ(下左)およびLED点灯時の撮影動画の魚数の変化(下右)

改造した水上ドローンは、プログラムにより与えられた航路を移動し、移動中に魚群探知機画像と水中カメラ画像の取得と伝送が可能であり、耐候性と積載重量の向上が図られた。今後は、定置網周辺の魚群量把握や水温などの環境パラメータ調査への活用が期待される。

本事業で取り組んだLEDの誘導による小型魚の放流技術は、手間をかけずに生きたまま魚を網外へ放流でき、定置網漁業者に有効な資源管理の手法として利用できることがわかった。今後、資源管理が進行し、漁獲可能量の配分が行われるようになった場合においても、本事業で得られた技術が数量管理の取り組みに資することができると思われる。

定置網の漁獲数量管理に資する駆集システムと水中映像伝送システムの開発

富山県地区の取組み ▶

開発体制

国立大学法人東京大学 生産技術研究所、
日東製網株式会社

駆集システムの開発

目的

ホースと網地で構成される魚群駆集システムを開発し、水槽実験によりシステムの最適化と性能の評価を行う(図1)。

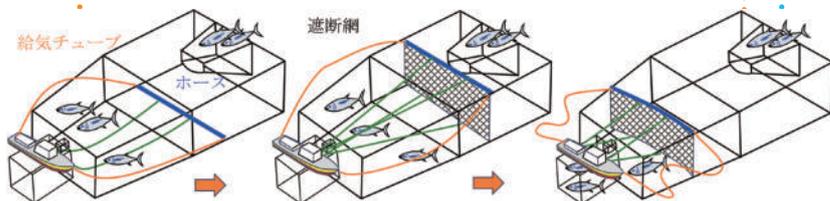


図1 駆集システムの概念図



図2 漁具駆集実験



図3 物理性能実験

成果

魚群駆集実験の結果では、遮断網を速く引く方が駆集率が高まることが示唆されたが、キャプスタン等の補助装置の性能、網地の吹かれ等を考慮すると、低速で形状を保ちながら引く方が望ましい(図2, 3)。

水中映像伝送システムの開発

目的

水中映像伝送システムを開発し、ブリとサワラの行動を把握することを目的として実海域の定置網で実証試験を行う(図4)。

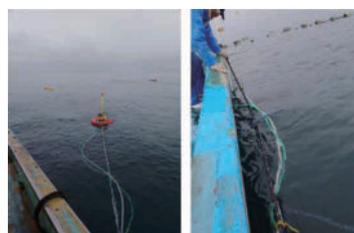


図4 水中映像伝送装置の開発



図5 ブリの観測



図6 サワラの観測

成果

カメラを底建網の上部に設置したところ、ほぼ確実にカメラに魚群が映るようになった。当初の目的であるブリとサワラの入網を捉えることができた(図5, 6)。

まとめと今後の課題

本事業で得た基礎技術をもとに、漁具駆集システムと水中映像伝送システムの実海域実証実験が可能となる。これらの技術の組合せ手法および駆集された魚の放流システムについて検討する必要がある。

令和5年度 定置網漁業等における数量管理のための技術開発事業報告書

令和6年3月 発行

編集・発行：定置網漁業等数量管理技術開発コンソーシアム
代表機関 一般社団法人 海洋水産システム協会

〒103-0027 東京都中央区日本橋 3-15-8

TEL：03-6411-0021 FAX：03-6411-0022

[本書の内容の無断転用を禁じます]

