

クロマグロ養殖効率化技術開発事業 (水産庁補助事業) 成果集



一般社団法人マリノフォーラム21
大洋エーアンドエフ株式会社
日東製網株式会社
古野電気株式会社

事業名：

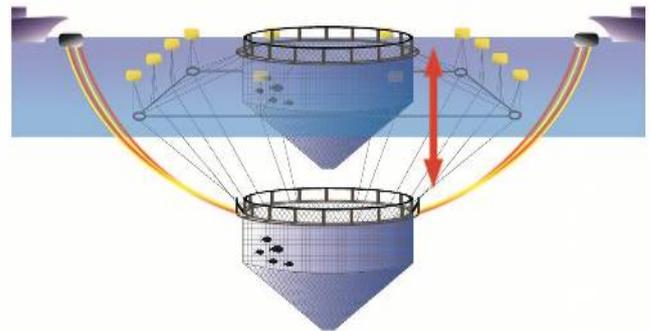
クロマグロ養殖効率化技術開発事業
(平成20～24年度水産庁補助事業)

事業内容：

現在海面養殖では未利用の波浪の厳しい海象条件の
海域に対応可能な生簀及び関連施設の開発

大型浮沈式生簀の開発目標：

- ・ 冬季波浪等、波高3m程度までは海面(浮上状態)で使用
- ・ 台風接近等、それを超える高波浪が予想される場合は、水深10mまで沈下させて避難する



- ①飼料給餌システム(大洋エーアンドエフ株)……………2ページ
- ②大型浮沈式生簀(日東製網株) ……………3, 4ページ
- ③高効率自動網洗浄機(大洋エーアンドエフ株)……………5ページ
- ④浮沈生簀での実証養殖(大洋エーアンドエフ株)……………6ページ
- ⑤生簀管理装置(斃死魚回収)(日東製網株)……………7ページ
- ⑥魚体長計測システム(古野電気株)……………8ページ
- ⑦環境モニタリングシステム(古野電気株)……………9ページ
- ⑧盗難防止システム(古野電気株)……………10ページ

①飼料給餌システム

大洋エーアンドエフ(株)

開発目的：

浮沈生簀の構造上、天井網を通しての給餌作業となるため、水中給餌が可能なマグロ用ソーセージタイプ配合飼料を用いての給餌システムを開発し、養殖管理の省力・効率化を図りました。

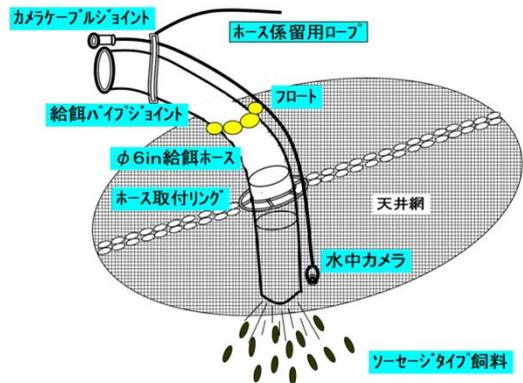


真空ポンプ式飼料給餌システム

機種	メイン径	ホース径	真空ポンプ	水移動量	吸入時間	吐出時間
PF600M-6B型	(mm)	吸引側(mm) 吐出側(mm)	PS2311型	容積(L)	(sec)	(sec)
	750	150 125	10馬力	270	15	10~15

*時間当たり水移送量： 32.4トン/時間
 吸入15秒+吐出15秒=30秒/1サイクル
 3600秒÷30秒=120回
 120回×270リットル=32.4トン/時間

*ソーセージタイプ飼料推定移送量：6.48トン/時間（海水32.4トンに対し移送物20%濃度の場合）
 4.86トン/時間（海水32.4トンに対し移送物15%濃度の場合）



給餌モニタリング装置

②大型浮沈式生簀

日東製網(株)

開発目的：

国内における海面養殖に適した静穏な海域は、ほぼすでに利用されているのが現状です。そのため、例えば湾外など、これまで養殖には適さないとされてきた波浪・潮流等の厳しい海域でも、大規模かつ安定的にクロマグロ等の養殖を可能にする技術が望まれています。この問題を解決するために、養殖している状態で《沈める⇔浮かせる機能》を持つ、HDPE（高密度ポリエチレン）パイプを利用した世界初の『大型浮沈式生簀』を開発しました。

成果・特長：

- 1) 台風・荒天影響から回避！
3m以上の波高が予想される場合には、海面下に沈降させることで避難
- 2) 未利用海域の利用を可能に！
湾外などこれまで利用されてこなかった海域での新規養殖が可能に
- 3) 沈下させることによる様々な効果！
赤潮・濁水からの回避、網付着生物・寄生虫の抑制や予防、適水温域飼育、日焼け対策、盗難防止などの効果も期待

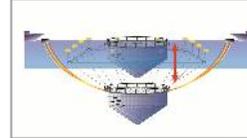
浮上動作：船上から簡単に浮沈作業を行うことが可能



《大型浮沈式生簀の構成》

① HDPE浮沈式生簀枠

水と空気の置換によって浮沈動作が可能になるように高密度ポリエチレンパイプを加工。国内・国外で特許公開中です。



③ 天井網

沈下時に魚が上から逃げないための網。沈めると球状に膨らみます。



④ HDPE浮沈式底枠

ポリエチレンパイプに金属製チェーンを入れることで、潮流による網の吹かれを防止して生簀容積を確保。簡易浮沈機能により、底枠単体での浮沈動作も可能になります。

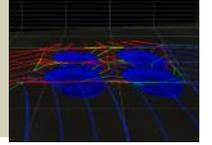
② 送気・給水システム

沈下時は海水ポンプを使用して給水、浮上時はコンプレッサーを使用して送気するシステム。ホースをワンタッチで接続するだけの簡単な作業で浮沈動作が可能です。



⑤ 係留システム

生簀枠を4基同時に沈下できる係留システム。湾外など海況の厳しい環境にも耐えられる設計になっています。



湾内の漁場

実験漁場

③高効率自動網洗浄機

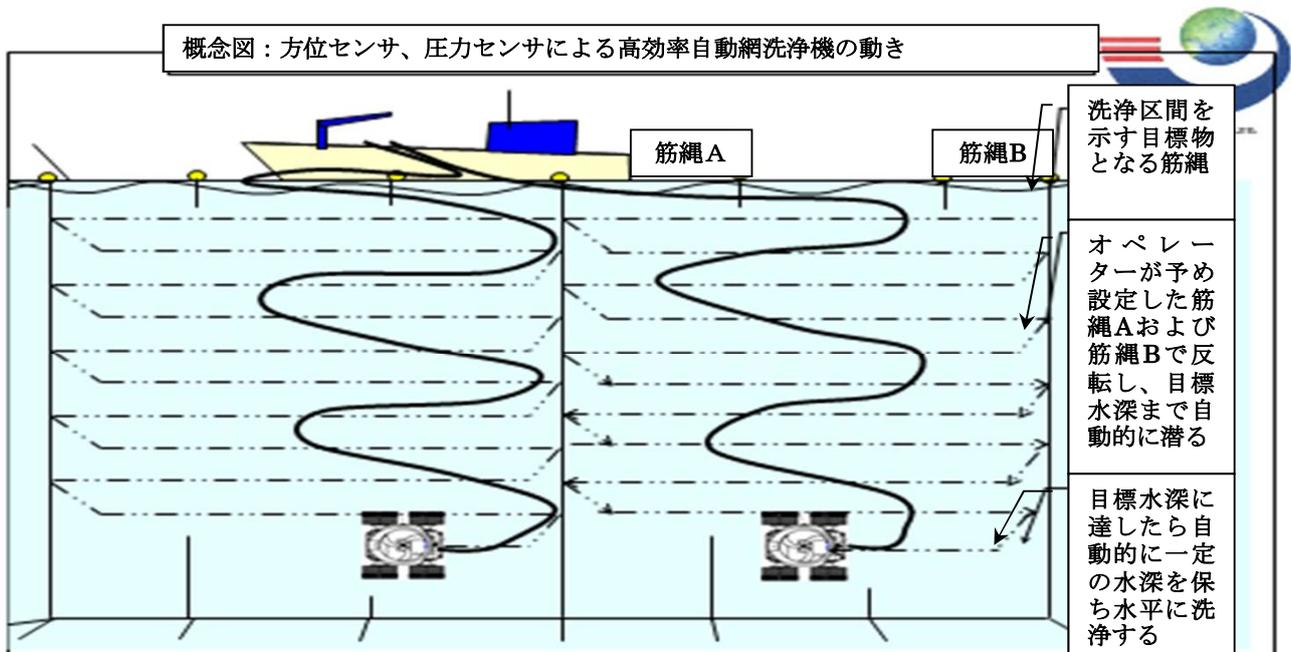
大洋エーアンドエフ(株)

開発目的：

化繊網における網洗浄自動化システムを開発し、1名のオペレーターによる2台同時自動運転を実現することにより、作業効率の向上を図りました。

成果・特長：

- 1) 2台同時自動運転で洗浄効率UP！
- 2) 方位センサーを応用した筋縄カウンターで自動折り返し運転！
- 3) 高圧ホース取り付け位置変更で網離脱防止機能向上！
- 4) モーター等の能力UPで洗浄効率向上！



1. タイヤの改造で、スリップを軽減
2. ホース取り付け位置の改良で、洗浄機本体の網面からの離脱を軽減
3. 走行用モーターの出力アップで、走行スピード3割アップ
4. 筋縄越えをカウントする機能により、自動折返し点の精度向上

以上の改良により、従来の1台手動運転と比較して、2台同時自動運転により、3倍近い網洗浄効率アップ！！

④湾外浮沈生簀での実証養殖

大洋エーアンドエフ(株)

開発目的：

浮沈生簀による実証養殖試験として、21年魚 200尾、22年魚 2,000尾、23年魚 2,000尾をそれぞれ浮沈式生簀に収容し、実証養殖を実施しました。

MF21フィールド試験結果

平成25年3月31日

魚種名：クロマグロ

場所：A&F柏島 受入開始
試験終了日：

2009.11.23
2013.03.31

2010.10.09
2013.03.31

2011.10.11
2013.03.31

試験区分	平成21年魚	平成22年魚	平成23年魚
飼育開始重量 (kg)	4,000	2,560	2,850
飼育開始尾数	200	2,000	1,900
飼育開始平均体重 (g)	2,000	1,280	1,500
【第1期満了期日】	2013.03.31	2013.03.31	2013.03.31
期末推定重量 (kg)	5,760.0	56,800.0	22,800.0
期末尾数	80	1,420	1,140
期末推定平均体重 (g)	72,000	40,000	20,000
斃死数	120	580	760
残尾数	80	1,420	1,140
生存率	40.0%	71.0%	60.0%
推定増重量 (kg)	1,760	54,240	19,950
飼育日数(日)	1,225	905	538
成長倍率	3600.0%	3125.0%	1333.3%

栄養成分計算値 (分析結果を基に)

	平成21年魚	平成22年魚	平成23年魚
水分/%	8.4	8.4	8.4
蛋白質/%	42.0	42.0	42.0
脂質/%	37.0	37.0	37.0
灰分/%	10.2	10.2	10.2
エネルギー(kcal/kg)	5,024	5,024	5,024
C/P比	119.6	119.6	119.6

第3回食味による官能検査 (スコアリング法による評価)

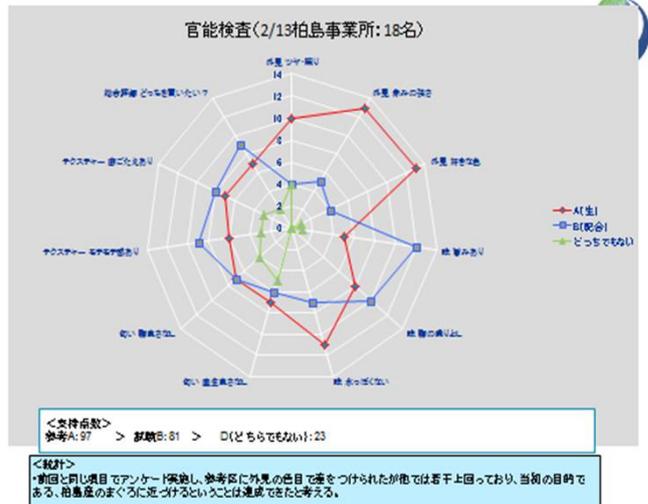
日時：①平成24年5月11日(金)11時30分～
②平成24年9月26日(水)11時～13時
③平成25年2月13日(水)11時～13時

場所：①大洋エーアンドエフ 柏島事業所内
サンパル：A・Bの2つ(A参考区、B試験区)

内容：サンパル内認明記せすに実施

検査項目は大きく分けて5項目(設問1)による評価を実施

1.外見 2.味 3.匂い 4.テクスチャー 5.総合評価



⑤生簀管理装置(斃死魚回収)

日東製網(株)

開発目的：

クロマグロ養殖における斃死魚の回収は、主に従業員の潜水作業によって行われています。大型の生簀であれば最深部で30mになることもあり、ダイバーの安全管理が重要視されています。生簀管理装置は、①ROV（遠隔操作探査機）に斃死魚回収機能を持たせること、②生簀内の撮影・記録によって情報共有を可能にすることを目的として開発されました。両機能により生簀を総合的に管理することで、安全かつ効率的な養殖経営に貢献します。

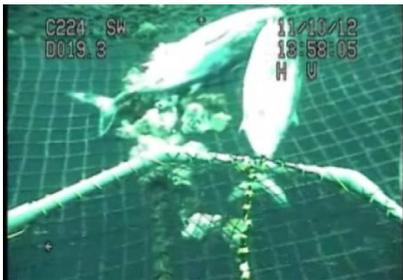
成果・特長：

- 1) 船上からの遠隔操作で斃死魚の回収を可能に！
ROVに大型・小型斃死魚の回収機能をもたせることで効率的な作業を実現
- 2) ダイバーによる水中作業の危険を回避！
肉体的労苦を軽減し、従業員の安全な作業に貢献
- 3) 生簀網・魚の状況の情報共有化を可能に！
生簀網や魚の状況を撮影・記録することにより、水中の様子を誰もが確認可能に

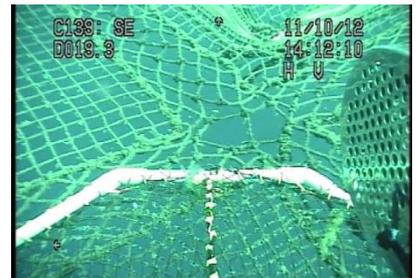
機能①：大型斃死魚用マニピレーター（ロボットアーム）



機能②：小型斃死魚用脱着式回収ネット



機能③：生簀網・飼育魚の状況把握と共有化



⑥魚体長計測システム

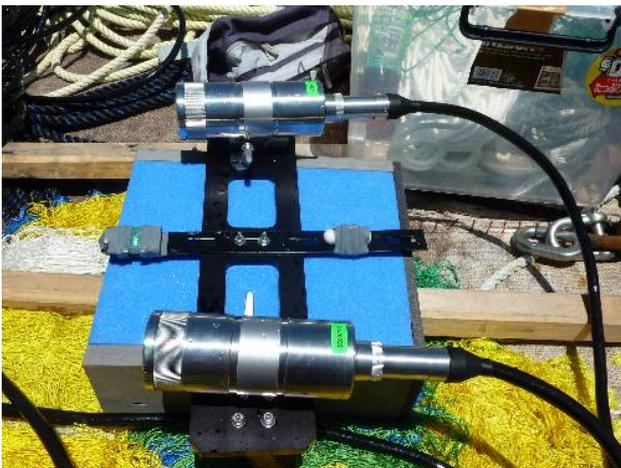
古野電気(株)

開発目的：

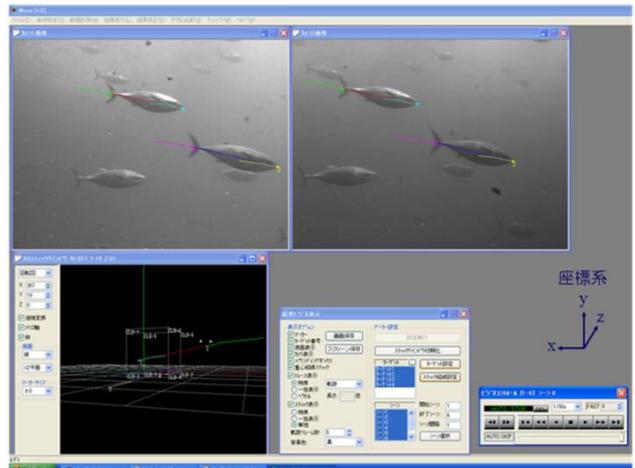
生簀内のマグロの成長は、飼育担当者の目視や給餌量を逆算して推定しているのが現状です。そこで、それら経験則に依存しない、科学的な養殖管理システムとして、光学技術手法を用いたステレオカメラ撮影による、魚体長計測および個体数カウントシステムを開発しました。

成果・特長：

- 1) 小型・安価なシステムをご要望に応じて自由に組むことが可能！
ケーブル長、基線長(精度に依存)、その他要望に応じてカスタマイズ可能
- 2) あらゆるターゲットの3次元位置を取得可能！
魚体長/体高、カメラからの距離、個体間の距離、遊泳速度および姿勢
- 3) 計測精度の評価検証による計測手法の提案！
魚体サイズ1.2m/距離5m以内で1%以内の誤差で計測
- 4) 活け込み時における自動カウントソフトを具備！
最新の画像処理技術による、トンネル網移動時撮影画像の自動尾数計数を実現



魚体長計測カメラ



魚体長計測ソフトウェア

計測システムを小型・安価とするために、比較的安価なモノクロのギガビットイーサネットカメラを2台用いたステレオ方式を採用しています。主な仕様は、解像度640×480、映像素子1/2型CCD、フレームレート最大120コマ/秒、サイズ29mmX44mmX67mmとしました。

クロマグロ尾叉長算定方法は、吻端と尾鰭の切込み部を手動でプロットして計測します。また、体長だけではなく、3次元位置座標を抽出できるため、遊泳速度や姿勢まで計測できます。また、競馬の判定にも使用されるストリーク方式を採用した自動尾数計測機能も具備しています。

⑦環境モニタリングシステム

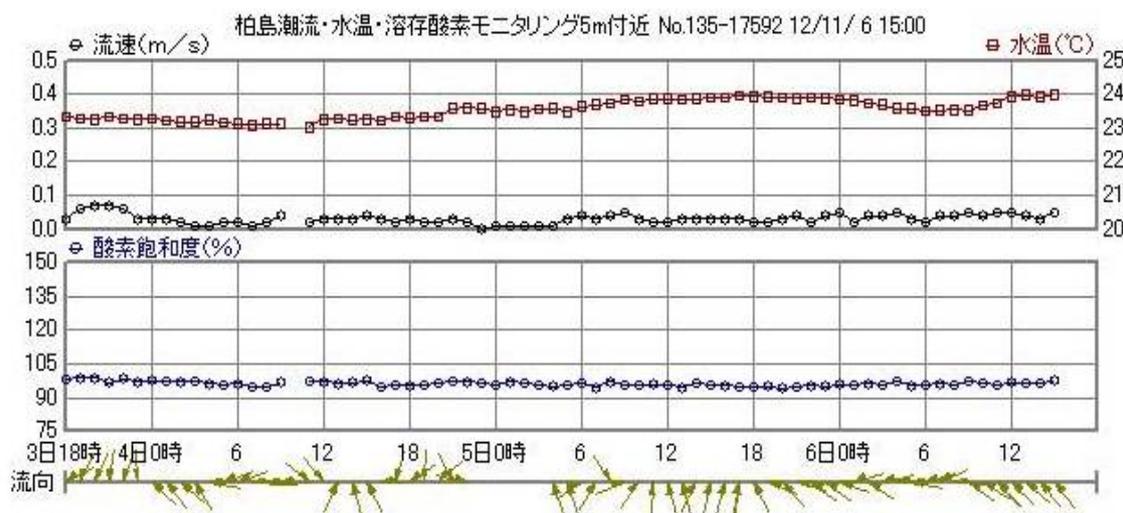
古野電気(株)

開発目的：

水質環境や養殖魚の行動をリアルタイムで監視し、異常発生時には速やかに対策に移れるモニタリングシステムの開発が求められています。そこで、浮沈式生簀を用いた湾外養殖に資する機能面とコストパフォーマンスを実現する環境モニタリングシステムを開発しました。

成果・特長：

- 1) 漁場環境データを陸上でモニタリング
酸素飽和度、水温、潮流、有義波高のデータを計測、現場での人的計測は不要です。
- 2) グラフによる連続観測が可能（PCはグラフ、スマートフォンは数値表示）
1時間毎のグラフ変化による環境変化を把握できます。表示はWebブラウザ方式、「誰でも いつでも どこでも」必要な情報を閲覧可能です。
- 3) 潮流データを活用した生簀内容積の把握
この事業で潮流と波高による生簀内容積をシミュレーションにより解析、潮流による生簀内容積の推定から最適な生育環境を把握できます。



観測データの表示

本システムで観測できる項目は、水温・酸素飽和度・潮流、および有義波高です。それぞれのセンサーデータはFOMAの専用回線を介して陸上のデータサーバーで管理されています。なお、計測する深度は最大3点（本事業では5/10mの2点計測）まで可能です。

観測された各種データは変化が視認できるようにグラフ表示および数値を陸上のパソコンで表示されます。また、数値表示のみであればスマートフォンでも確認できます。

計測時間は1時間毎に設定していますが、短期観測、あるいは長期観測等用途に応じて選択することもできます。本事業では、特に酸素飽和度を塩分に換算して使用すると同時に、潮流による網の吹かれ具合を観測しています。

⑧盗難防止システム

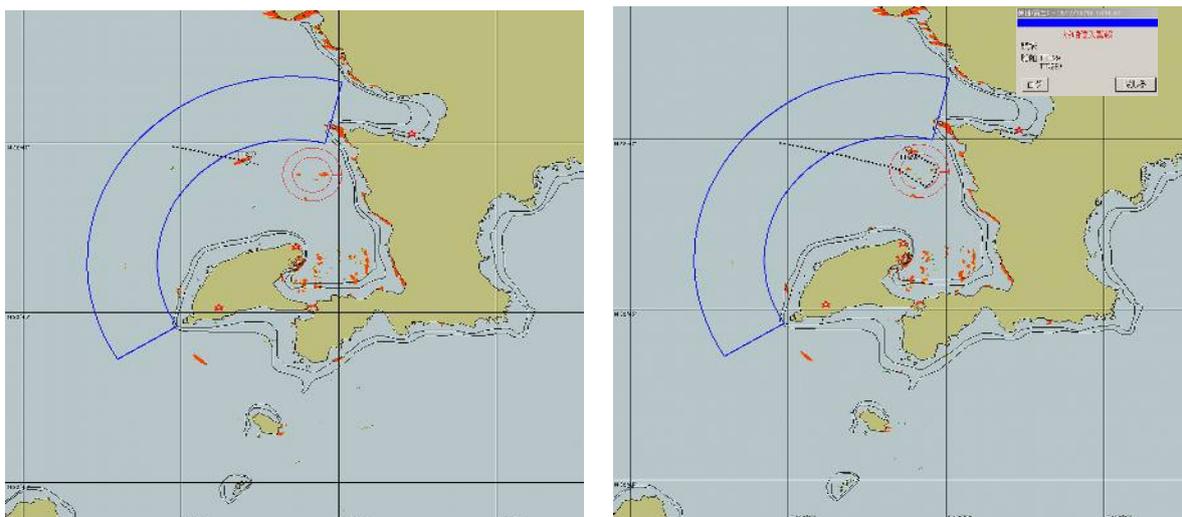
古野電気(株)

開発目的：

湾外養殖では湾内の養殖とは異なり、盗難の危険性が高く、養殖業者にとっては課題となっています。そこで、重要港湾や漁場管理などで運用されている監視カメラ及び船舶レーダーの技術移転を図るとともに、今後の普及を考慮して小型・安価な不審船情報を迅速に伝達可能なシステムを開発しました。

成果・特長：

- 1) 遠距離の小物標探知に適した高倍率カメラを採用
35倍、360° エンドレスな監視カメラ、昼間においては小型船でも船名を確認できます。
- 2) レーダーエコーによる不審船監視機能
不審船特定のための最新アルゴリズムを開発、時化でも海面反射の影響を受けない自動検出が可能です。
- 3) 不審船検出時はメールで警報を連絡
登録したメールアドレスに最大6ユーザーまで送信可能です。



不審船監視ソフト（左：船舶認識、右：不審船として検出）

大型の監視レーダーと比較して、今まで普及の阻害要因であった販売価格を極力抑えた小型・安価なレーダーシステムを開発しました。また、従来のシステムはアンテナ1台で構成していましたが、レーダーアンテナ自体ネットワーク対応としたため、数台での広域監視が可能になりました。

監視ソフト面では、2重のチェック機能による不審船監視アルゴリズムを開発しました。また、生簀内での滞在時間や誤審回避のための諸条件をあらかじめ設定可能です。これにより、不審船検出精度が格段に向上しました。



お問い合わせ先:

一般社団法人マリノフォーラム21 開発部(吉田)

〒104-0032 東京都中央区八丁堀1-5-2 はごろもビル5階

03-6280-2792

日東製網株式会社 総合網研究課(細川)

0138-49-1420

古野電気株式会社 開発部(浅海)

0798-63-1253