

平成 30 年度当初予算 IoT サービス創出支援事業 成果報告書

代表団体	沖電気工業(株)
共同実施団体	矢口港湾建設(株) 北海道増毛町
実証事業名	水中音響活用による密漁対策 IoT サービス
実証地域	北海道増毛町沿岸、静岡県沼津市三津浜
対象分野	農林水産業
事業概要	●北海道のアワビやナマコ等の磯根資源は、組織的な密漁の横行で大きな被害（増毛町の密漁被害予想金額は年間約 5000 万円） ●密漁者の発見のため、密漁者（ダイバー）の呼吸音や不審船のスクリー音を水中音響技術で発見し、早期警戒や通報を円滑に遂行する IoT サービスを提供し、密漁被害の低減を目指す ●水中音響技術で悪天候下でも安全で効率的な警戒業務を実施、警備の省人化・低コスト化を図る
実施期間	平成 30 年 7 月～平成 31 年 2 月

1. 事業概要

北海道のアワビやナマコ等の磯根資源は、組織的な密漁の横行で大きな被害が出ている。現地では対策として監視カメラを設置したり、警備員がパトロールして密漁の監視を行っている漁場もあるが、密漁の大半は夜間に行われており、無灯火で漁場に侵入してくる密漁船を見つけることは困難な状況である。降雪等の気象状況では監視カメラや目視で密漁者を発見することは昼間でも困難な状況となる。また、海底にいるナマコ等の密漁は潜水具を用いてダイバーが行っており、監視カメラや目視では密漁を発見することは困難である。

本事業では、密漁ダイバー等を確実に発見するため、天候や時間の影響が小さい水中音響センサで密漁者（ダイバー）の呼吸音や不審船のスクリュー音を検出し、操業漁船以外の船舶やダイバーを判別してリアルタイムに警報を配信する IoT サービスを創出する。

また、気象・海象情報と合わせてクラウドサーバに漁場情報データベースを構築し、AI 技術等を活用して密漁の発生し易い条件や密漁トレンド（予測）情報を提供する。

2. IoT サービスを活用して克服すべき地域課題（問題点）

北海道では、近年ナマコ・ウニ・アワビ等の磯根資源の密漁が横行しているが、摘発されているのは氷山の一角と北海道警や海上保安庁が指摘していると新聞などで報道されている。また、当該地域（増毛町）のナマコの漁獲高は、平成 25 年に 70 t あったものが平成 29 年には 37 t まで落ち込んでいる。

北海道のナマコ漁は、種苗の放流や産卵期の親ナマコの保護などの努力により平成 16 年頃までは水揚量が増加してきた。一方、ナマコの価格は、平成 12 年ごろまでは 300 円/kg 程度であったが、中国での需要の高まりとともに高騰し、平成 16 年には 3,500 円/kg 程度となっている。現在では、7,000 円/kg 程度となっている。

ナマコ価格の高騰に伴って密漁者も増加し、北海道内の密漁の検挙件数は平成 12 年では 44 件であったものが、平成 16 年には 227 件と大幅に増加した。

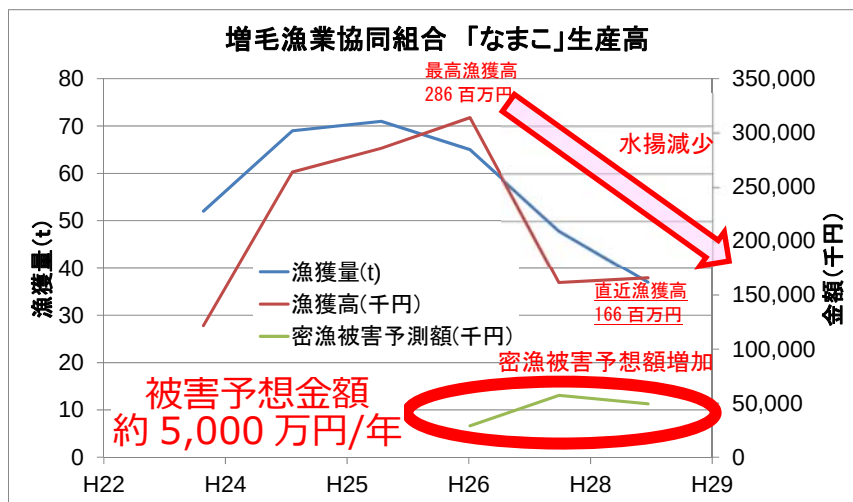
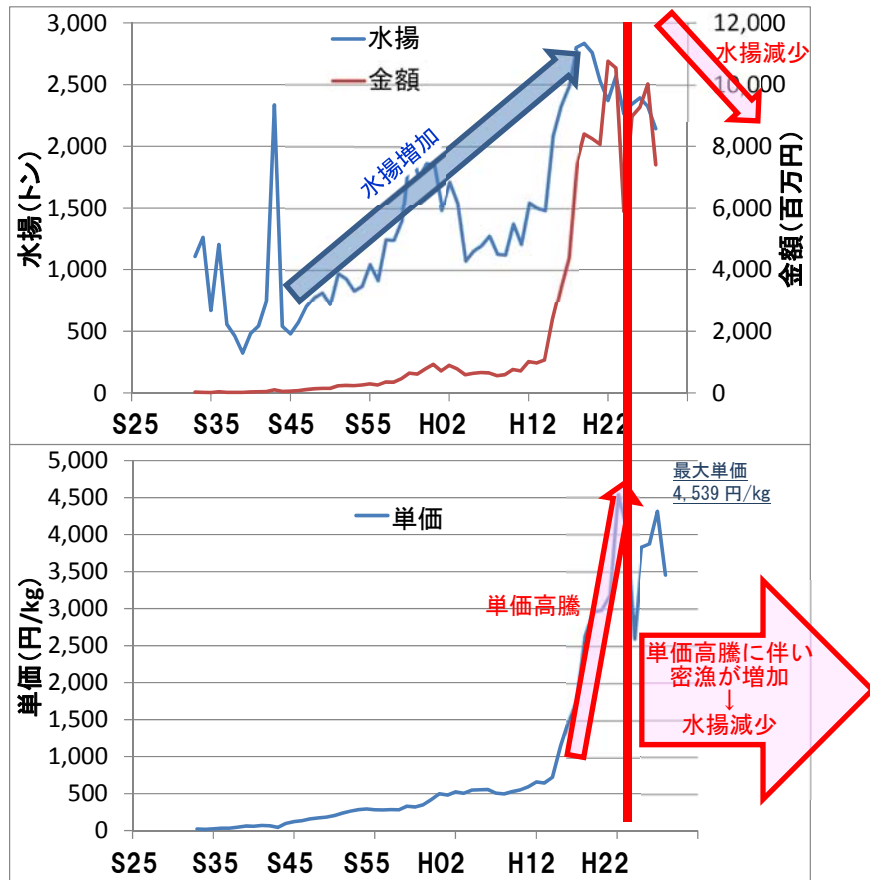
密漁者の増加と呼応するように北海道のナマコ水揚量は平成 18 年をピークに減少に転じており、主な要因は密漁によるものと考えられている。

北海道増毛漁業協同組合でもナマコの水揚量は平成 26 年をピークに減少に転じており、前年度の水揚額からの減少分をその年の密漁被害予想金額として算出しており、密漁被害予想金額は平成 28 年以降、年間 5,000 万円以上と推計されている。

現時点の密漁対策として行われている監視カメラや目視による見回りでは、雨雪等の荒天による視界不良時や夜間に無灯火で進入してくる密漁船の発見は困難である。また、増毛町のナマコ漁は、主に 3 メールほどの櫛の形をした道具に網を付け、海底におろしてなまこを漁獲する桁（けた）ひき漁で行われているが、密漁は夜間にダイバーが行うことが多く、この場合、天候が良くても監視カメラや目視での発見は難しくなる。現在、増毛漁協では密漁監視員を配備するとともに、北海道水産部や漁業協同組合の役職員による密漁

防止活動も行っている。密漁の監視に必要な人的コストは、密漁監視員の人件費や漁業組合役職員による夜間パトロールなどに掛かる人件費などを合わせて、年間約 1,400 万円程度必要と推定され、大きな負担となっている。

北海道全道のナマコ漁獲高（北海道水産現勢より）



データ提供：増毛漁業協同組合

3. 地域課題の解決に資する IoT サービス

3.1 音響センシング技術

3.1.1 音響センシング技術の概要

水中では電波や光が伝わり難いため、レーダーや光学カメラで遠方の物体や海底の様子を見ることは難しい。このため、遠方まで伝わり易い音波の性質を利用して海中の状況を計測する、音響センシング技術が用いられてきた。

水中音響センシング技術は、海中を伝搬する音を用いて、対象物に関する情報（存在、位置、特徴）を獲得するためのものであり、2種類に大別される。

- ・パッシブ方式

対象物が放射している音（船舶航走音、ダイバー呼吸音）を受信、解析することで、対象物に関する情報を獲得するもの。

- ・アクティブ方式

水中に音波を放射し、対象物からの反射音を受信、解析して、対象物に関する情報を獲得するもの。

パッシブ方式、アクティブ方式ともにメリット、デメリットがあり、検出対象物、運用される環境条件やコストなどを考慮して適用する技術を選択する必要がある。

アクティブ方式は自らが音波を放射し、反射音を受信するため、構成としては送波用、受波用の音響センサが必要となるため、パッシブ方式に比べ機器の大型化や消費電力が大きくなり、コストが高くなる傾向がある。

本サービスでは、商用化を見据え導入コストを抑制するため、相対的に低コストであるパッシブ方式を採用する。

3.1.2 密漁対策 IoT サービスへの適用

密漁対策 IoT サービスの中の水中音響センサの位置づけは、検出対象を探知し、上位システムへ通知することである。海中に設置した音響センサにより、検出対象ごとに発する音の特徴を捉え、人が介在せずに自動で検出、判別した結果を通知することが必要である。

（1）位置特定（座標の特定）

本実証実験では、検出対象を密漁船（模擬）と密漁ダイバー（模擬）とし、探知した対象の位置を特定するため、2組の音響センサを用いて実証実験を行った。

1組の音響センサは3個の音響センサを用いて指向性を形成（音波の到来方位により感度を変化させることで音波の到来方位を推定）することで、音波を発する対象の方位を検出するものである。複数のセンサを組み合わせることで、それぞれが検出した方位の交点を求め、探知した対象の位置を特定する。センサによる位置特定のイメージを図 3-1 に示す。

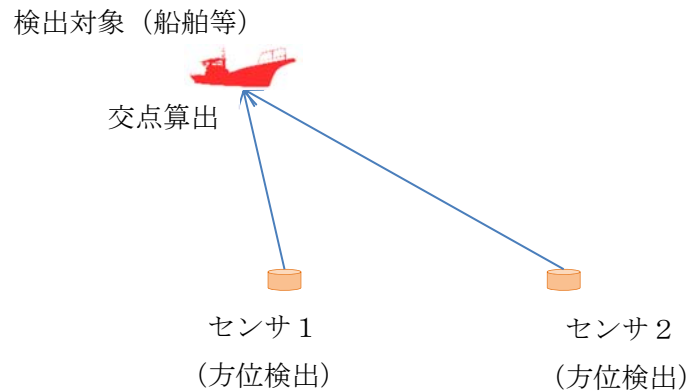


図 3-1 センサによる位置探知

（２）検出対象の判別（航行船舶、ダイバー）

（１）のセンサーの検出対象の判別は対象が発する音の特徴に着目し、判別を行った。

【航行船舶】

エンジンやスクリューによって海中に発せられる音が主な音である。エンジン回転による機械音やスクリューが回転して水を切る音は、比較的低い周波数であり連続的な音となる。航行船舶の判別は低周波域の連続した音を検知することで、船舶航行音としての検出を行った。

【ダイバー】

呼吸時に発する音はボンベから空気を吸気する際に発する音としてレギュレータを通過する際の音と、呼気を排気する際の音がある。レギュレータから発せられる音は、低周波から高周波にいたる広い周波数帯域に渡り、吸気するたびに発生するため、周期的に発生することが特徴的である。

ダイバー呼吸時の放射音スペクトログラムを、図 3-2 に示す。

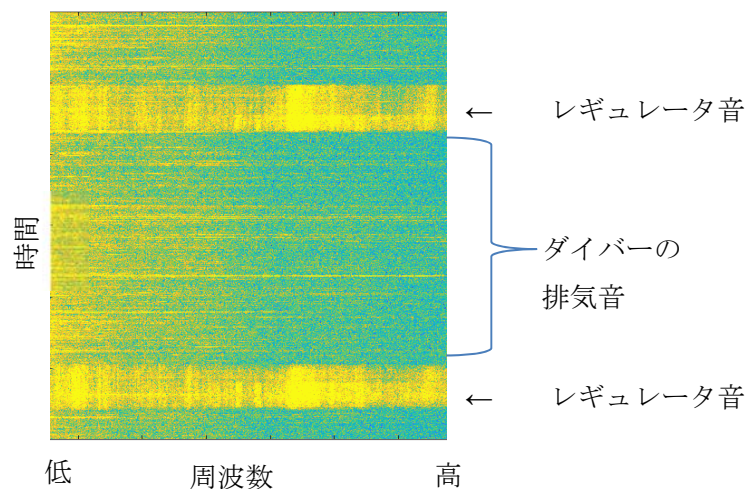


図 3-2 ダイバー呼吸時の放射音スペクトログラム

排気時の音は呼気が海中に放出される際に発する音は低周波の音で航行船舶の周波数との判別が困難なことから、ダイバーの判別は吸気時の広帯域の周期的な音を検知することで、ダイバー音として検出した。

【船舶音の探知】

周囲の雑音レベルに対して閾値を一定時間超えた場合に検出とし、探知情報を上位システムに通知する方式とした。船舶音の探知イメージを図 3-3 に示す。

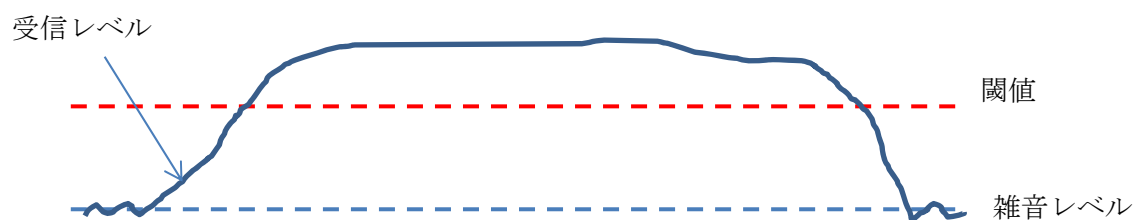


図 3-3 船舶音の探知イメージ

【ダイバー音の探知】

海中生物が発する音（貝やテッポウエビ等）をダイバー音として検出してしまう誤検出を防止するため、音の継続時間とともに、設定した時間内に複数回検出した場合に探知情報を上位システムに通知する方式とした。ダイバー音の探知イメージを図 3-4 に示す。

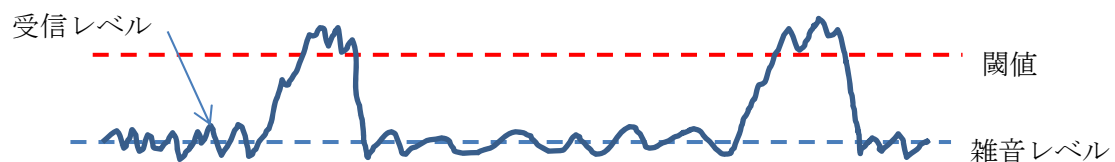


図 3-4 ダイバー音の探知イメージ

3.2 密漁対策 IoT サービス仕様

本節では密漁対策 IoT サービスのうち、「IoT サービス創出支援事業(平成 30 年度予算)」において開発、実証実験を行った仕様について記載する。

3.2.1 サービスの目的

密漁者の発見のため、沿岸部海中での密漁者の呼吸音や密漁船のスクリュー音を水中音響センサで発見し、早期警戒や通報などの対処を円滑に遂行することで密漁被害の低減を目指す。また、密漁の検知を自動化することで、主に夜間帯に実行される密漁に対して、

夜間でも安全で効率的な警戒手段を提供し、漁業関係者の負担軽減と省人化・低コスト化を図ることを目的としている。

3.2.1 サービスの概要

漁場で操業している漁船に位置センサの付いた情報端末を搭載し、端末 ID と GPS 座標を携帯網（3G/4G 等）経由で送信することで操業漁船の位置を特定する。水中音響センサを漁場に設置し、侵入してくる船舶やダイバーの位置を携帯網を利用して収集する。収集した操業漁船の位置情報と水中音響センサで検出した船舶やダイバーの位置情報（水中音響センサ位置情報）を照合し、操業漁船以外の船舶やダイバーを判別してリアルタイムに漁業協同組合、警察署及び海上保安庁など、あらかじめ登録された送信先に警報を配信することができる。

警報は、メール等で通知することとし、メールには URL を記載する。警報を受け取った関係者が URL をクリックすることで、操業漁船、水中音響センサで検出した船舶ならびにダイバーの位置、密漁者かどうかの区別できる情報（色またはアイコン種別で識別）が Map 上にリアルタイムに表示される。

密漁対策 IoT サービスの全体イメージを図 3-5 に示す。



図 3-5 密漁対策 IoT サービス全体像

3.2.2 サービス仕様

（1）用語の定義

- ・ 漁船：正規の漁業権を所持して操業する船
- ・ 不審船：正規の漁業権を持たずに漁場に侵入し、密漁の疑いのある船

- ・ダイバー：密漁船を使用して漁を行い、密漁者の疑いがあるダイバー
- ・水中音響センサ：パッシブ音響センシング技術を利用したセンサであり、人や船が発する音を検知して、水中の目標物の方位、距離測定等検出を行う装置。高速艇、半潜水艇、水上スクーターのエンジン音、ダイバーの呼吸音に反応する。
- ・漁協：漁業協同組合の略称
- ・運営者：本サービスを提供する事業者。プロバイダ。
- ・管理者：本サービスを利用する側の管理者（一般的には、システム管理担当者をさす）
- ・利用者端末：本サービスを利用するために、あらかじめシステムに登録されたスマートフォン端末。漁船に取り付けることでスマートフォンから漁船の位置情報を提供する。
- ・監視者：本サービスを利用して、密漁船、密漁者の有無を監視する者であり、システムから密漁船、密漁者の通知を直接受信する者
- ・連携先：不審船、ダイバー検知の通知を受けた監視者が連携を取るべき先。漁協、海上保安本部、警察署等

（２）機能要件

- ・サービス名称：密漁対策 IoT サービス
- ・利用者端末：OS：Android8.0 以降
- ・ブラウザ：Google Chrome 推奨。位置情報を ON に設定する。
- ・起動方法：利用者の IT スキルを考慮して、ログイン・パスワードを毎回求めず、Facebook や LINE の操作と同様にする。（ログイン ID、パスワードは AP 内で設定可能とする。）
- ・漁船位置情報取得：（操業漁船の位置）漁船の操縦卓に利用者端末を固定取付けとする。アプリを起動することでサーバに位置情報送信を開始する。サーバは漁船、漁業者の位置を地図上にプロットする。（本実証実験では漁船に見立てた船舶の乗組員に利用者端末を持たせることで位置情報を送信した）
- ・水中音響センサ位置情報取得：密漁船、密漁者検知時に水中音響センサから対象物の位置情報をサーバに送信。サーバは地図上に位置をプロットする

（３）基本機能

（a）ダイバー検知通報機能

監視海域の水中に沈めた 2 基の水中音響センサによって常時監視し、ダイバーのレギュレータ音を検知した場合は、水中音響センサの情報から検知した音源の位置情報を計算してサーバに送信する。サーバはダイバーの近くに正規船がない場合、密漁の疑いがあると判断し、あらかじめ登録された監視者のメールアドレスに、検知メールを送信する。

（b）不審船検知通報機能

監視海域の水中に沈めた 2 基の水中音響センサによって常時監視し、不審船のスクリー音を検知した場合は、水中音響センサの情報から検知した音源の位置情報を計算してサ

サーバに送信する。サーバはあらかじめ登録された監視者のメールアドレスに、検知メールを送信する。

受信したメール本文に記載されているリンクをクリックすることで、監視用端末に監視海域の地図が表示され、不審船、ダイバーの位置または方位が特定できる。

(c) 正規漁船識別機能

通常操業中の漁船を不審船と区別できるように、操業中は船内設置の利用者端末から位置情報と端末 id をサーバに送信する。正規船の近くでダイバーを検知した場合は、正規の漁業活動とみなして密漁の通知は行わない。

(d) 故障通知機能

水中音響センサからの信号が途絶えた時はなんらかの原因で装置が故障したものとみなし、故障通知メールを管理者及び運用者に通知する。

(e) 関係者連携機能

不審船、ダイバー検知機能によって検知メールを受信した監視者は、メール本文に記載されているリンクをクリックすることで地図画面が表示されるが、サブウインドウには連絡先のリストが表示されている。そのリストのうちの一つをクリックすると、リストに表示された連絡先に電話は発信される。

3.2.3 サービスの構成

図 3-6 は密漁対策 IoT サービスの構成である。

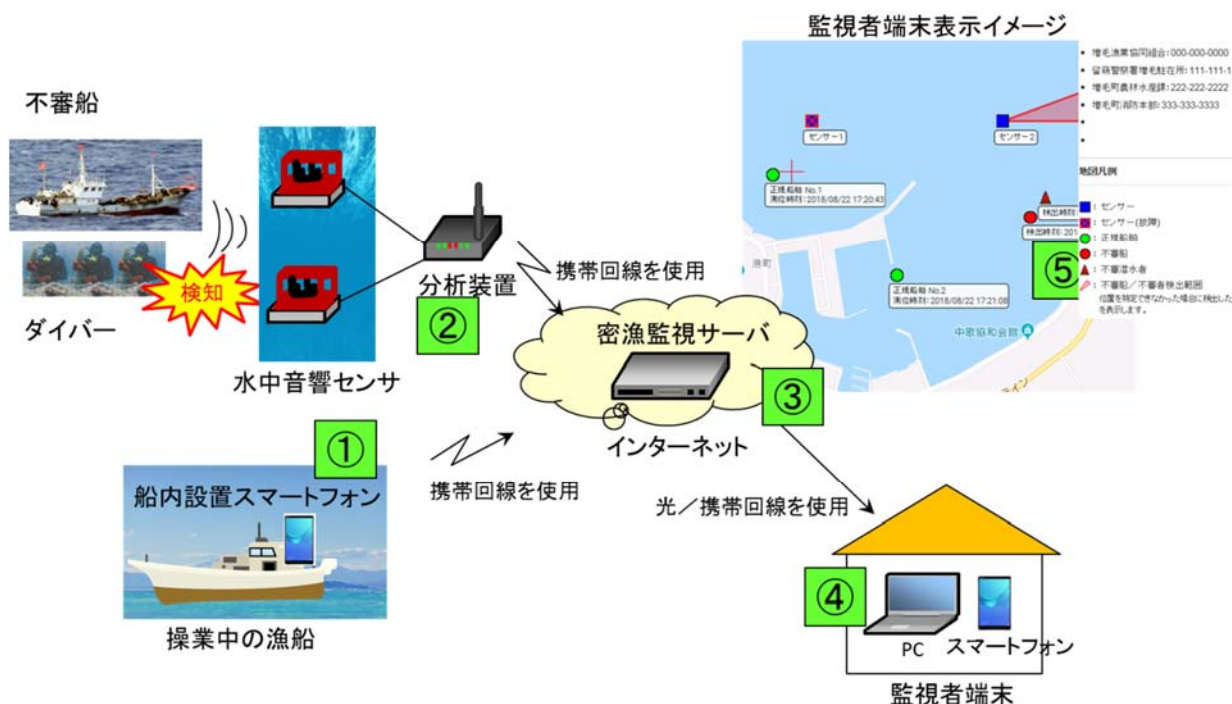


図 3-6 における①~⑥の各構成要素の役割を以下に示す。

① 操業中の漁船

通常操業中の漁船と密漁船と区別できるように、操業中は船内設置のスマートフォンから位置情報と端末 id をサーバに送信する。

② 水中音響センサ/分析装置

監視海域の水中に沈めた 2 基の水中音響センサ（ハイドロフォン）が海中の音をひろって分析装置に上げる。分析装置では音の波形を分析し、スクリュー音、ダイバーの呼吸音を検出すると同時に、音源の方位または位置情報を計算してサーバに送信する。

サーバはあらかじめ登録された監視者のメールアドレスに、検知メールを送信する。

③ 密漁監視サーバ

密漁監視サーバはクラウド上に存在し、水中音響センサからの情報を web の地図上にプロットし、あらかじめ登録された送信先に検知メールを送信する。監視者は端末からインターネットを経由してこれらの情報を知ることができる。地図上にプロットされた不審船、ダイバーの位置情報は、一定時間間隔で自動更新される。一度メールを送信すると、一定時間が経過するか、監視者によるクリア操作されるまで再度のメール送信は行われない。

④ 監視者端末

監視者が保有し、不審船、ダイバー検知時にメールを送信する PC またはスマートフォンの画面である。漁船は青、不審船は赤のマークで表示される。2 つの水中音響センサが検知した場合はその方向が交差するポイントを計算して位置を特定できる。1 つの水中音響センサのみが検知した場合は、音の発する方向性を扇型で表示する。分析装置で方向と誤差を計算するが、誤差は扇型の角度で表示される。

⑤ 連携先リスト

地図画面のサブウィンドウに連携先リストを表示する。連携先リストの登録は運用者が行う。連携先リストの内の一つをクリックするとその連携先に電話がかかる。

3.2.4 動作シーケンス例

不審船、ダイバーを検知してから監視用端末に表示するまでの過程を図 3-7 のシーケンス図に示す。ブラウザの更新間隔は 10 秒としたが、不審船が高速で移動して追跡能力の向上が必要となる場合は 2 秒まで短縮することが可能である。

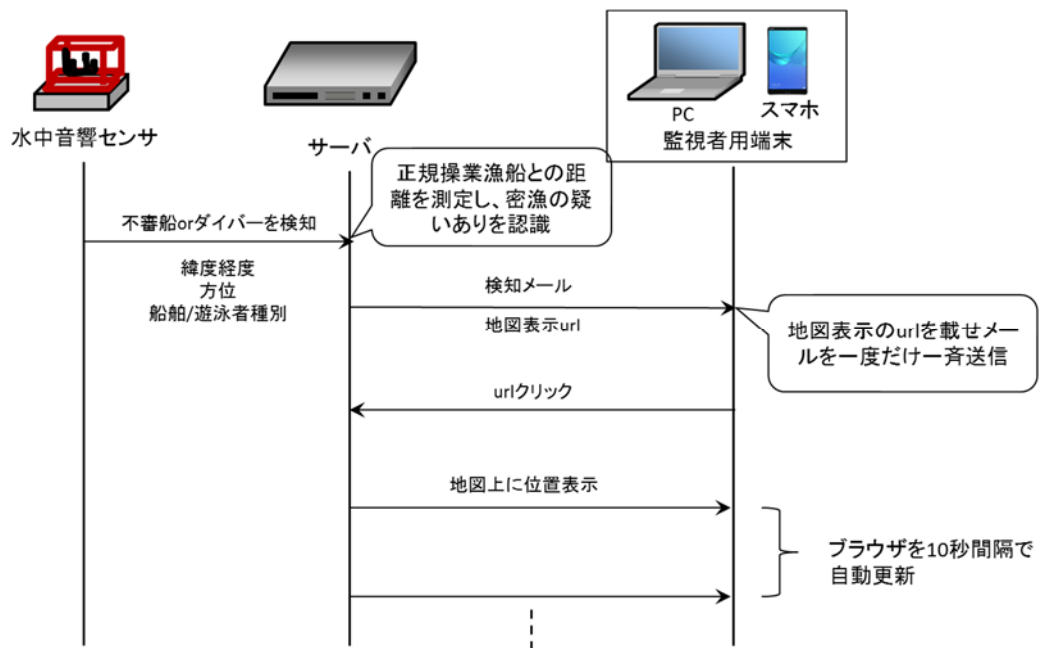


図 3-7 不審船/ダイバー検知時のシーケンス例

4. 地域課題解決による実証成果

4.1 実証実験内容

4.1.1 増毛実証実験

(1) 実証実験実施場所



図 4-1 増毛町実証実験場所（ロコモビ表示図をもとに作成）

注）ロコモビ(LocoMobi)は沖電気工業が提供する移動体位置情報提供サービスです。

当初は図 4-1 の試験計画時の場所にセンサーを配置する計画だったが、12 月の海の荒れが当初の想定以上に激しく、防波堤の内側の 12/4 変更時の場所を検討したものの、天候に依っては荒れが激しくセンサーの常時設置が困難であることから、最終的にはナマコの密漁発生がもっとも高いと思われる湾内に設置した（最終位置）。

(2) 実証実験(密漁船検知)実施内容

二式のセンサーを使用して密漁船検知を実施した。密漁シーンとしては冬場の密漁場所である港内に小型の船外機で侵入することを想定した。

密漁船侵入コースとして次の 3 パターンで実験を行った。

- (コース 1) 外洋からの侵入
- (コース 2) 船外機を係留可能なマリーナからの侵入

(コース 3) 船外機を係留可能な釣り場からの侵入

図 4-2 に各コースの侵入経路を示す。



図 4-2 密漁船侵入経路（ロコモビ表示図をもとに作成）

(3) 実証実験(密漁ダイバー検知)実施内容

二式のセンサーを使用して密漁ダイバー検知を実施した。密漁シーンとして、冬場の密漁場所である港内において、密漁ダイバーが侵入し易い2ポイント、逃亡し易い3ポイントを想定した。

・密漁ダイバー侵入・逃亡コース

- (コース A) 釣り場から侵入し船外機に逃亡
- (コース B) 堤防付近から侵入し漁港駐車車両に逃亡
- (コース C) 堤防付近から侵入しホタテ小屋裏駐車車両に逃亡

図 4-3 に各コースの侵入経路を示す。



図 4-3 密漁ダイバー侵入経路（ロコモビ表示図をもとに作成）

4.1.2 駿河湾実験

増毛町における実証実験が天候の関係から十分確保できなかったことから試験回数の補完として、静岡県駿河湾のオキシテック近海で追加検証を実施した。

（１）実証実験実施場所

センサの設置位置を図 4-4、4-5 に示す。

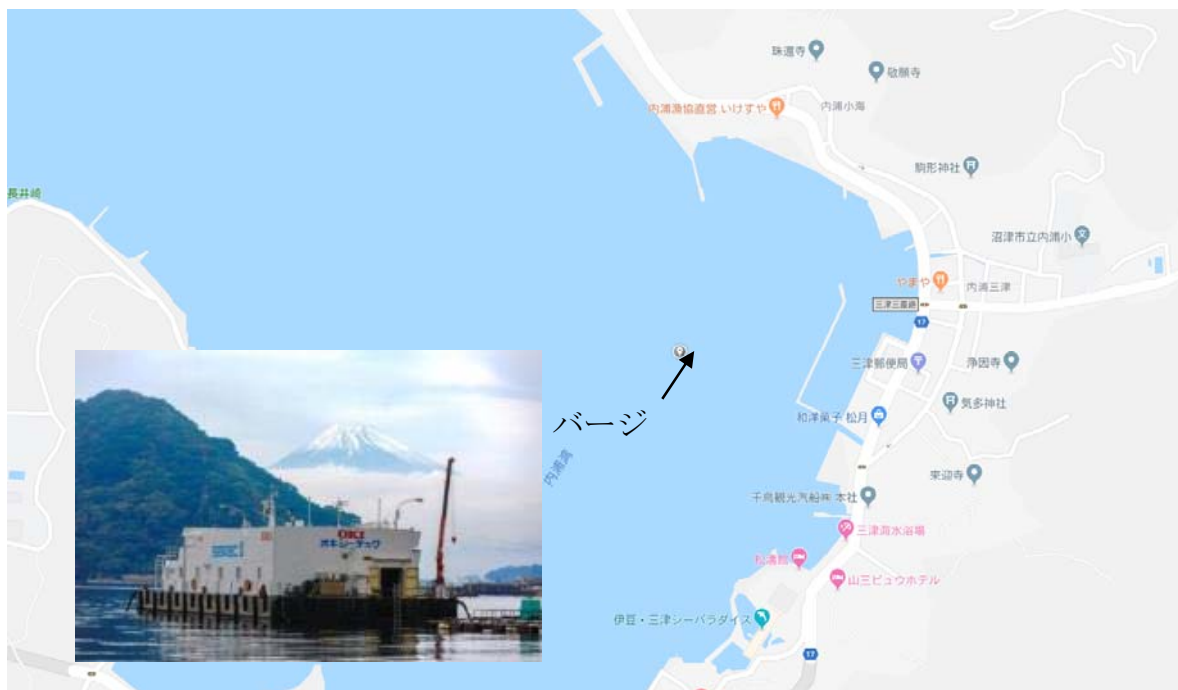


図 4-4 センサ配置場所（ロコモビ表示図をもとに作成）

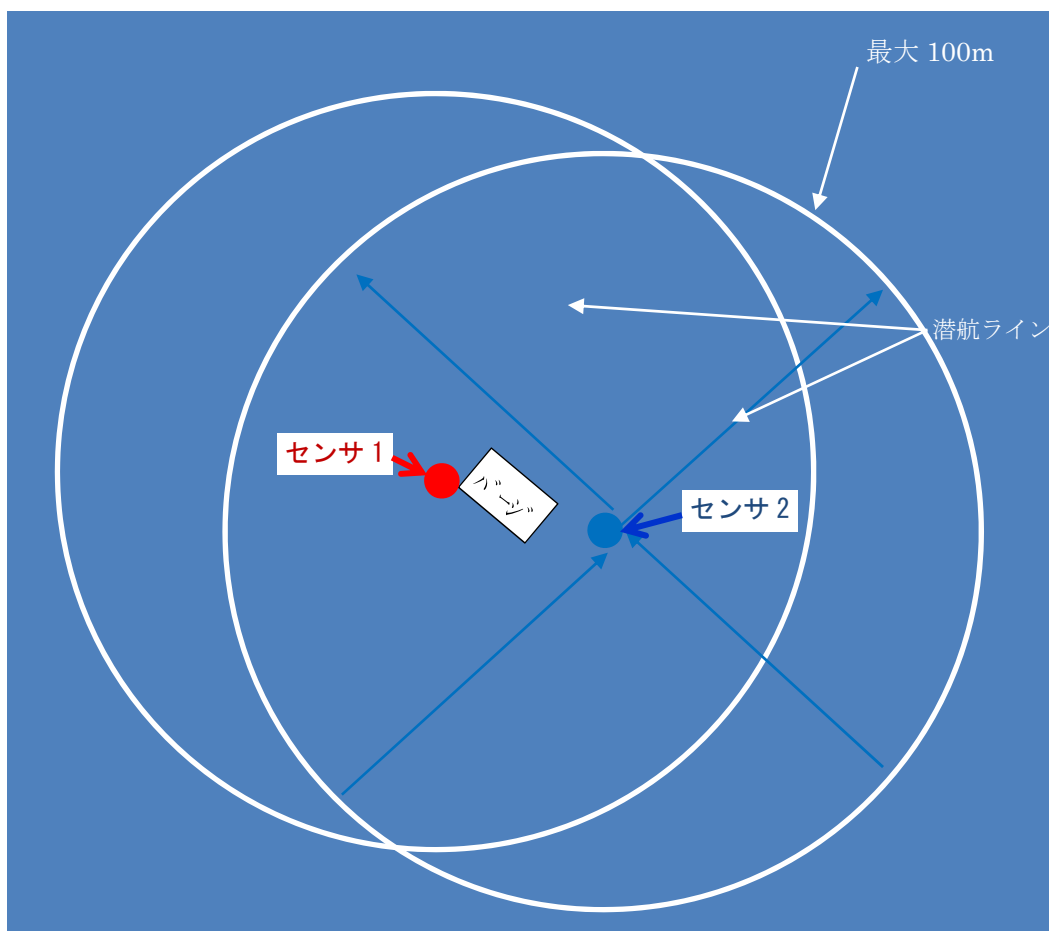


図 4-5 センサ配置位置関係

(2) 実証実験実施内容

駿河湾近海にセンサを設置した上で、密漁船と密漁者に見立てた船外機とダイバーを手配し、下記を検証した。

1. 密漁者に見立てたダイバーの発見率と距離を計測
2. 密漁船に見立てた船舶の検知率と距離を計測
3. 正規操業船を識別し、誤報しないことを確認

現地への密漁船・正規船の侵入経路を図 4-6 に、ダイバー侵入経路を図 4-7 に示す。



図 4-6 密漁船・正規船侵入経路（ロコモビ表示図をもとに作成）

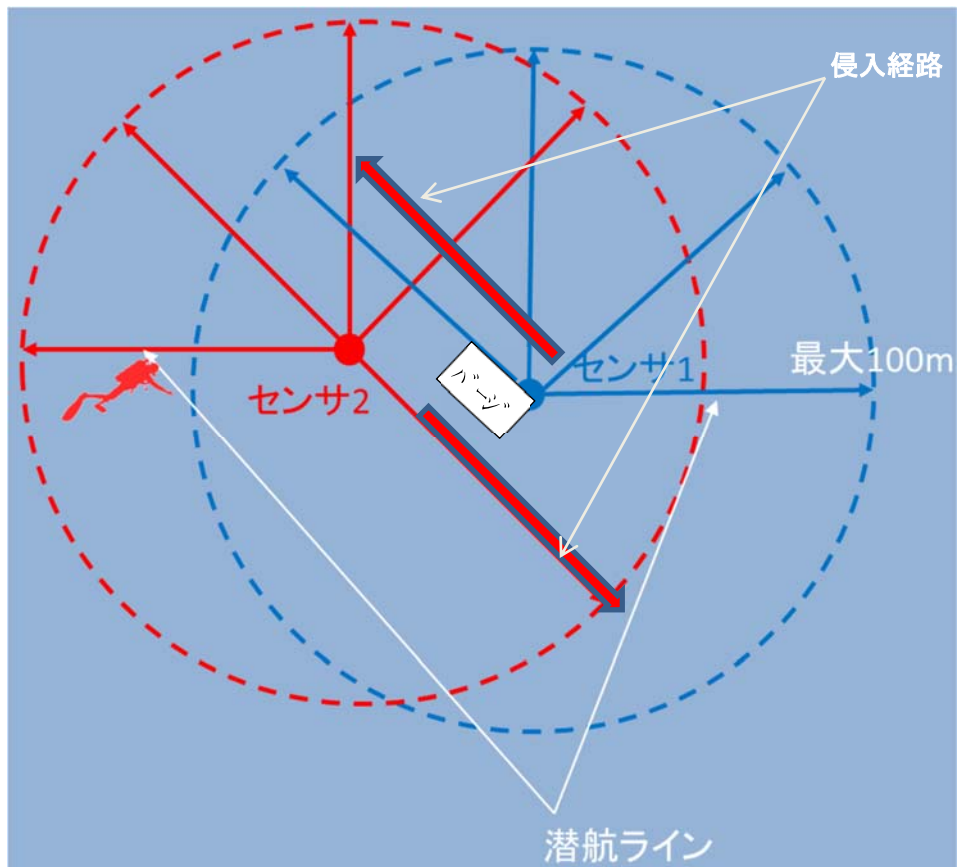


図 4-7 ダイバー検出範囲と侵入経路

4.2 実証実験と KPI

4.2.1 実証実験結果

(1) 密漁船検知結果

実証実験は、12 月に実施した増毛港内と 1 月に実施した駿河湾で実験を行っており、それぞれの場所で海中雑音のレベル（NL : Noise Level）が異なるため、実測した探知距離から、想定する設置場所の NL にあわせ補正した探知距離を示す。

センサの想定設置場所は、増毛港内と増毛港外の 2 か所とし、NL の実測値※1 から探知距離の補正を行った。密漁船の試験回毎の探知距離の計測結果（実測値）を図 4-8 に示す。

探知距離の補正は、センサの想定設置場所 2 箇所（増毛港内と増毛港外）の NL と 12 月の増毛漁港試験時の NL とのレベル差、または 1 月の駿河湾試験時の NL とのレベル差に相当する音の伝搬距離を求めて実測値に加算している。音の伝搬損失は環境により変化するため、NL のレベル差に対する伝搬距離の算出は伝搬損失が最も大きい場合（＝伝搬距離が最も短い場合）として算出した。

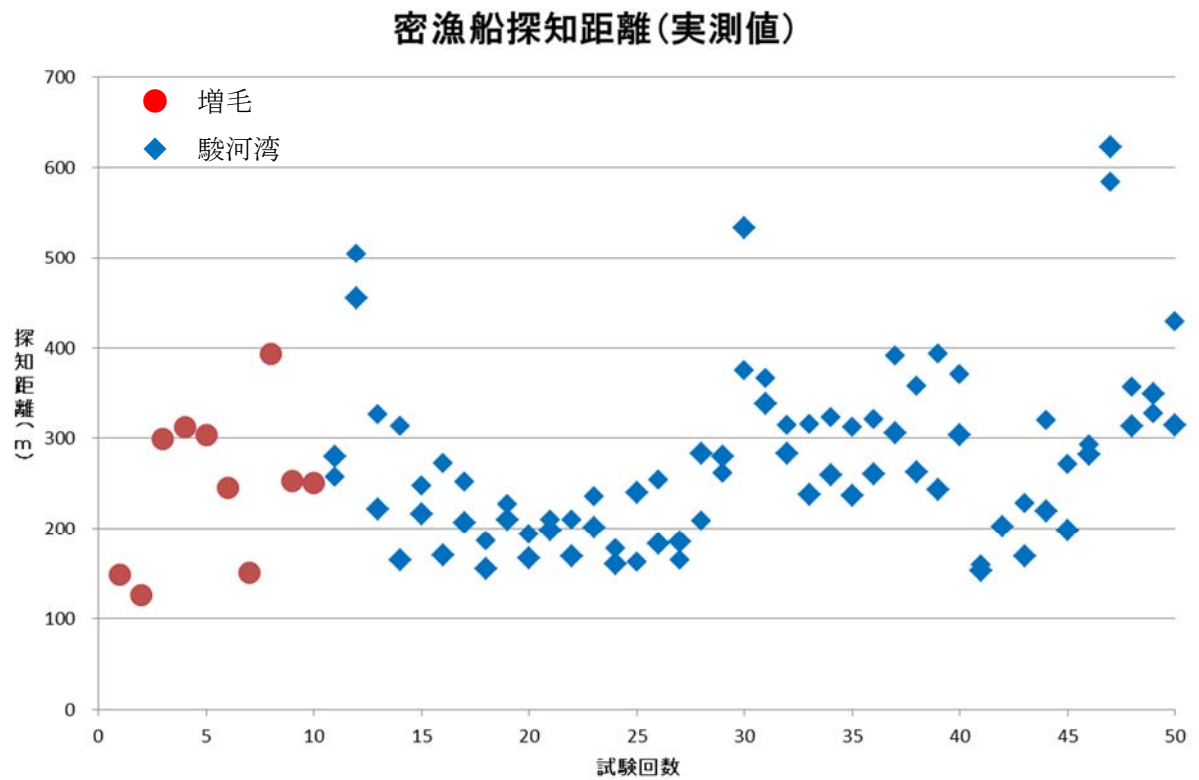


図 4-8 密漁船探知距離（実測値）

※1：増毛港内の NL：探知試験時の作業船や漁船の音が無い時間帯の NL 値を適用
 増毛港外の NL：9 月に実測した NL 値を適用

増毛港内の NL で補正した探知距離を図 4-9 に示す。また、補正後の検知率別の探知距離を表 4-1 に示す。平均探知距離は 457m、発見率 90%となる探知距離は 330m であり、センサ 1 つで港内に侵入してくる密漁船を監視出来ることが確認できた。

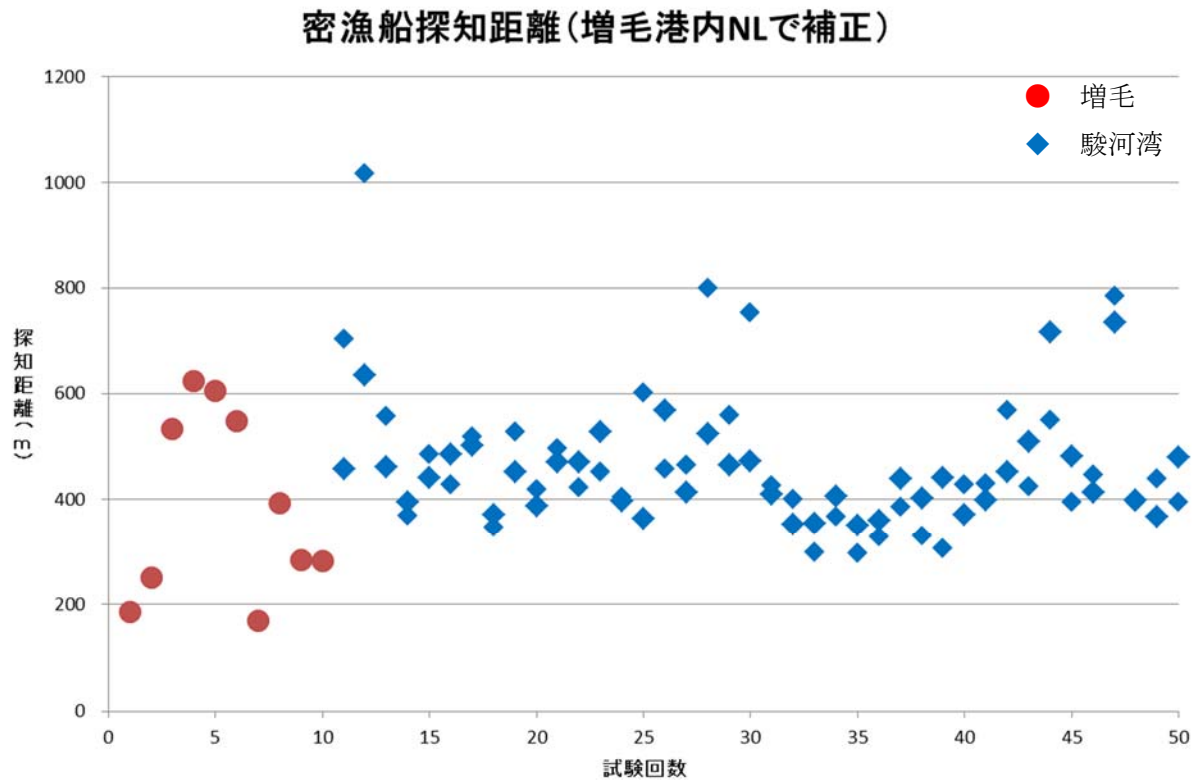


図 4-9 密漁船探知距離（増毛港内 NL で補正）

表 4-1 検知距離計測結果

	90%	80%	70%	60%	50%
探知距離	330m	369m	395m	408m	428m

増毛港外の NL で補正した探知距離を図 4-10 に示す。また、補正後の検知率別の探知距離を表 4-2 に示す。平均探知距離は 709m、発見率 90%となる探知距離は 521m であり、センサ 1 つで沿岸に沿った約 1km の範囲を監視出来ることが確認できた。

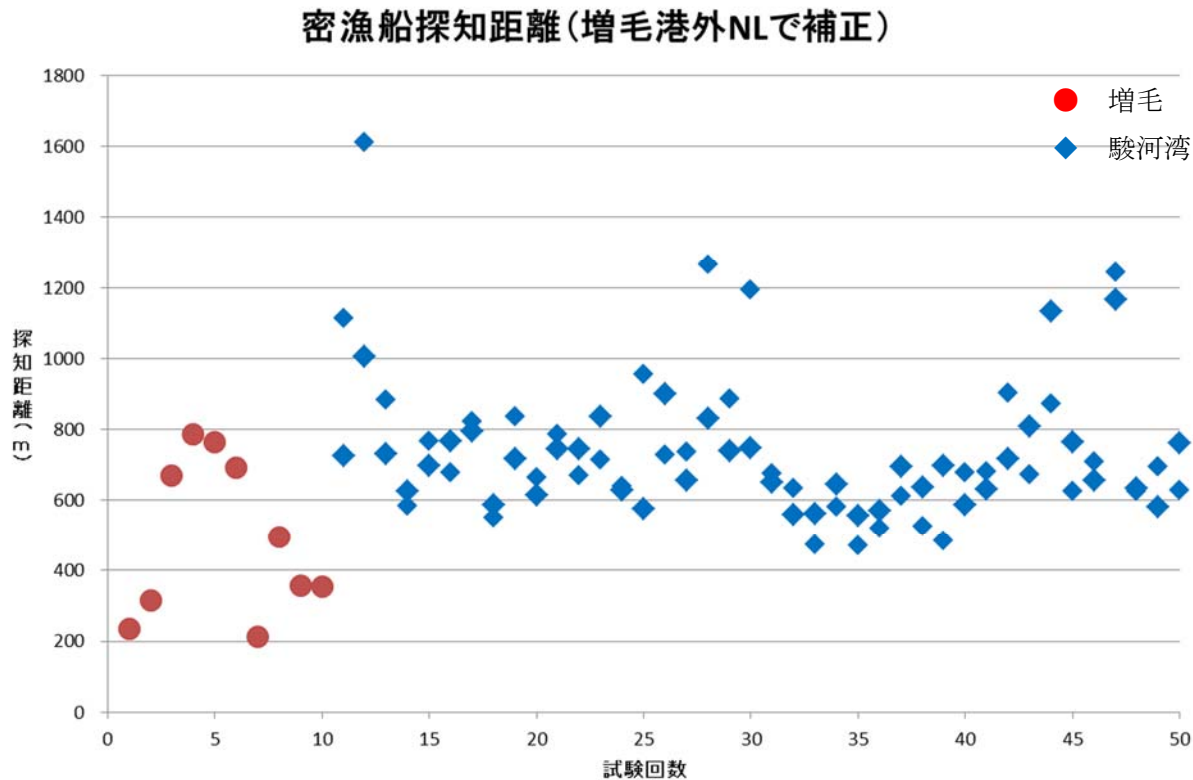


図 4-10 密漁船探知距離（増毛港外 NL で補正）

表 4-2 検知距離計測結果

	90%	80%	70%	60%	50%
探知距離	521m	582m	627m	647m	678m

(2) 密漁ダイバー検知結果

密漁者に見立てたダイバーの試験回毎の探知距離の計測結果（実測値）を図 4-11 に示す。

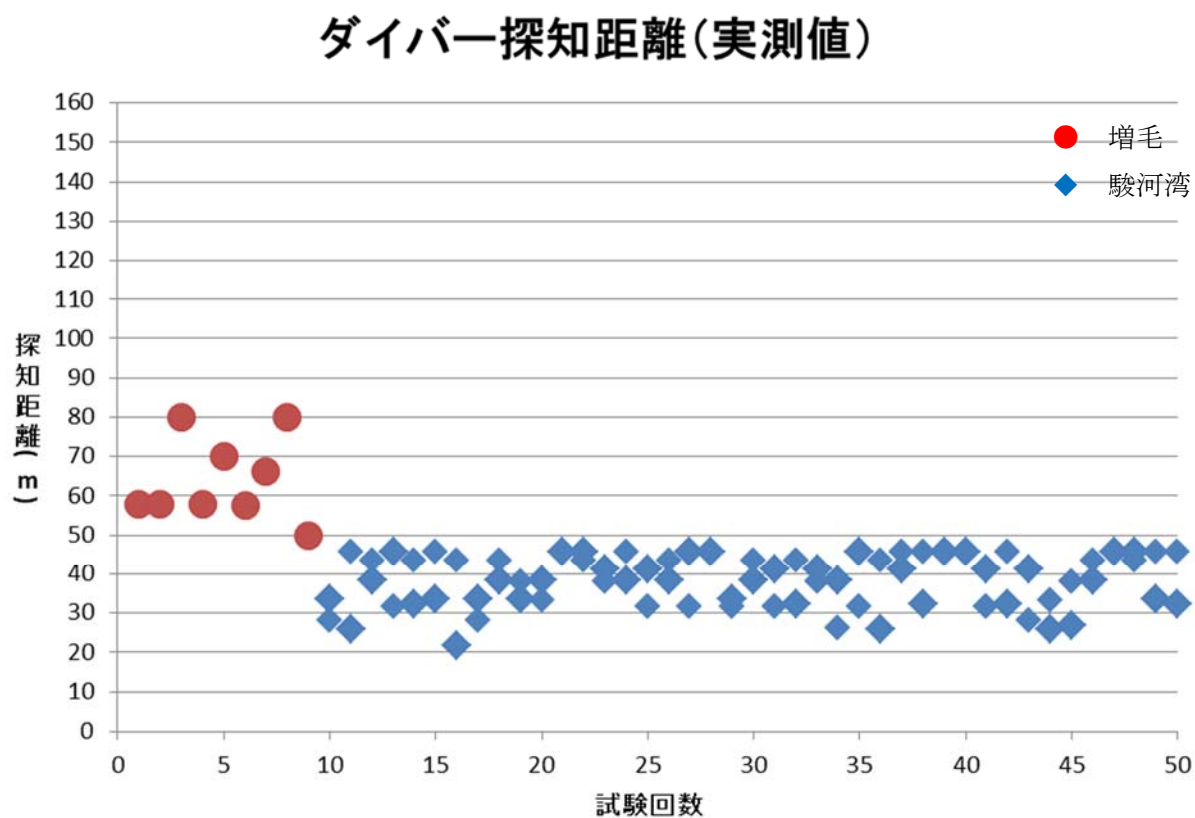


図 4-11 ダイバー探知距離（実測値）

増毛港内の NL で補正した探知距離を図 4-12 に示す。また、補正後の検知率別の探知距離を表 4-3 に示す。平均探知距離は 54m、発見率 90%となる探知距離は 41m であり、港内に侵入してくる密漁船を監視するには、2 つ以上のセンサが必要であることが確認された。港内に複数のセンサを設置すると港内を移動する漁船の妨げとなるため、探知能力の向上が必要である。

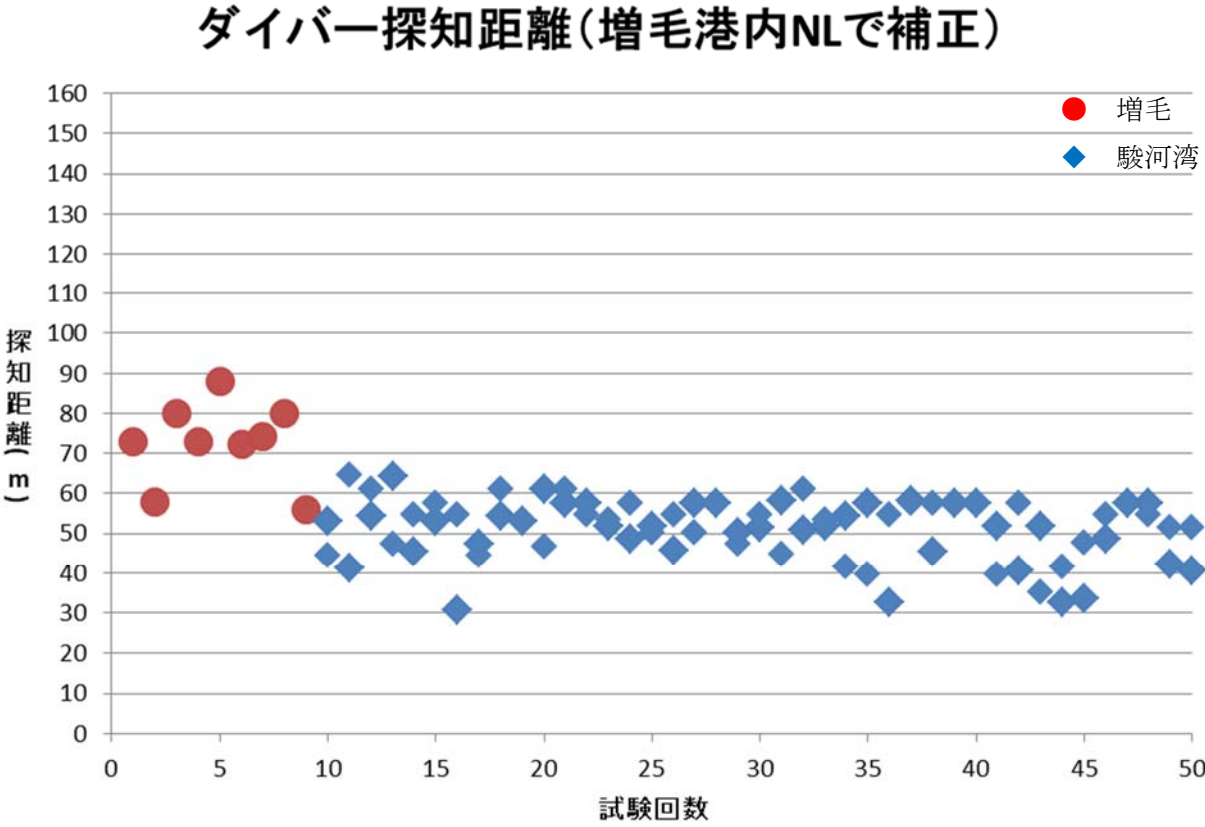


図 4-12 ダイバー探知距離（増毛港内 NL で補正）

表 4-3 検知率計測結果（増毛港内 NL で補正）

	90%	80%	70%	60%	50%
探知距離	41m	46m	50m	52m	54m

増毛港外の NL で補正した探知距離を図 4-13 に示す。また、補正後の検知率別の探知距離を表 4-4 に示す。平均探知距離は 79m、発見率 90%となる探知距離は 60m あった。

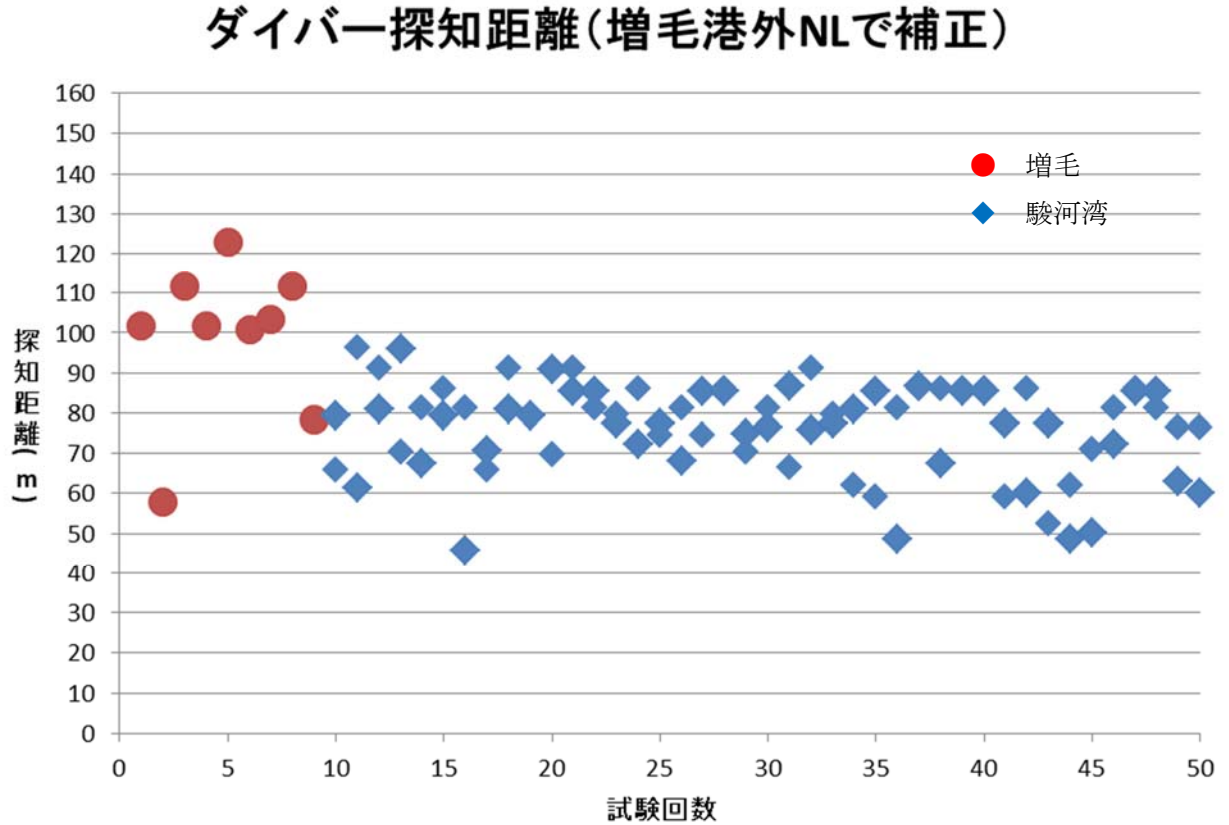


図 4-13 ダイバー探知距離（増毛港外 NL で補正）

表 4-4 検知率計測結果（増毛港外 NL で補正）

	90%	80%	70%	60%	50%
探知距離	60m	68m	75m	77m	80m

（3）クライアント側通知表示結果

例として、増毛町でのコース 1 の場合の密漁船の走行履歴と、実際に通知された結果表示例を図 4-14 に示す。密漁船は港外（左図の右端）から侵入し、防波堤を廻り込んで港内に侵入するコースを走行（航跡で示したコース）している。密漁船が防波堤を廻り込んで港内に侵入した時刻（14:25:04）にセンサ 2 が密漁船を検出し、密漁船の探知方位を通知した際の通知画面例を右下に示す。また、密漁船が港内に侵入し、2 つのセンサで密漁船を検出して密漁船の位置情報を通知した際（14:27:04）の通知画面例を右上に示す。



図 4-14 密漁船検出例（カシミール 3 D 及びロコモビ表示図をもとに作成）

ダイバーについての例として、増毛町でのコース A の場合の密漁ダイバーの遊泳経路と、実際に通知された結果表示例を図 4-15 に示す。密漁ダイバーは港内右奥（左図の右上）より侵入し南南西の方向に移動している。密漁ダイバーが港内に侵入直後に 2 つのセンサで検出して密漁ダイバーの位置情報を通知した際（10:14:41）の通知画面例を右上に示す。また、密漁ダイバーが南南西に移動し、センサ 2 のみで検出した際（10:24:11）の通知画面例を右下に示す。

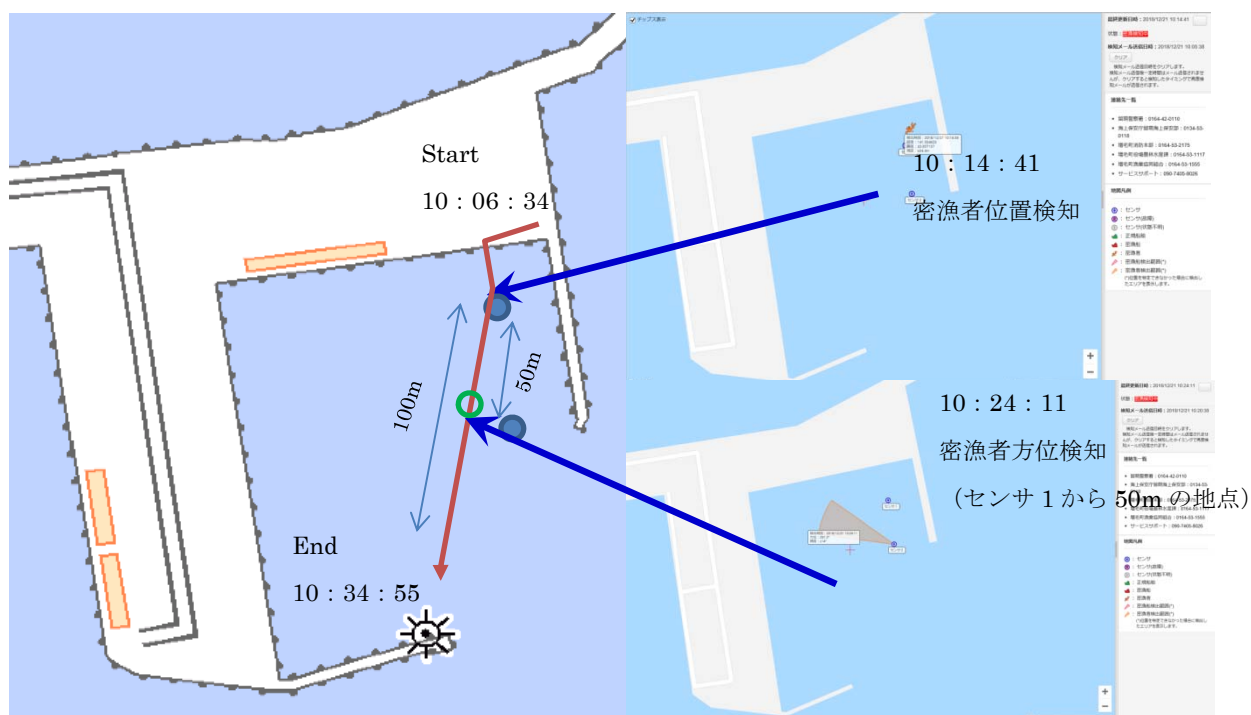


図 4-15 密漁ダイバー検出例（カシミール 3 D 及びロコモビ表示図をもとに作成）

4.2.2 KPI 評価結果

事業実施にあたり設定した KPI 評価のために、実サービスでの実運用を想定した下記シナリオで計測を行った。

（シナリオ 1）正規操業船が周囲で操業していない状態での実証実験×50 回：

センサ性能範囲内（ダイバー）での位置情報/方向情報の検出&通報、通報時間計測

（シナリオ 2）正規操業船が周囲で操業していない状態での実証実験×50 回：

センサ性能範囲内（船舶）での位置情報/方向情報の検出&通報、通報時間計測

（シナリオ 3）正規操業船による実証実験×50 回：

センサ性能範囲内（船舶）での位置情報/方向情報の検出&非通報

（シナリオ 4）密漁発生頻度計測×20 日間：

センサ性能範囲内でのダイバー、船舶の検出回数、通報回数計測

（1）KPI1 密漁の発生から通報までに掛かる時間の大幅な短縮（約 3 時間以上（仮設定）
⇒10 分以内）

密漁ダイバーまたは密漁船が音響センサの検出範囲内に進入した時間を密漁発生時間とし、密漁発生から通報までの時間を計測した結果を図 4-16 と表 4-5 に示す。50 回の試験で、いずれも 1 分以内に通報できており、10 分以内の目標をクリアすることが確認できた。

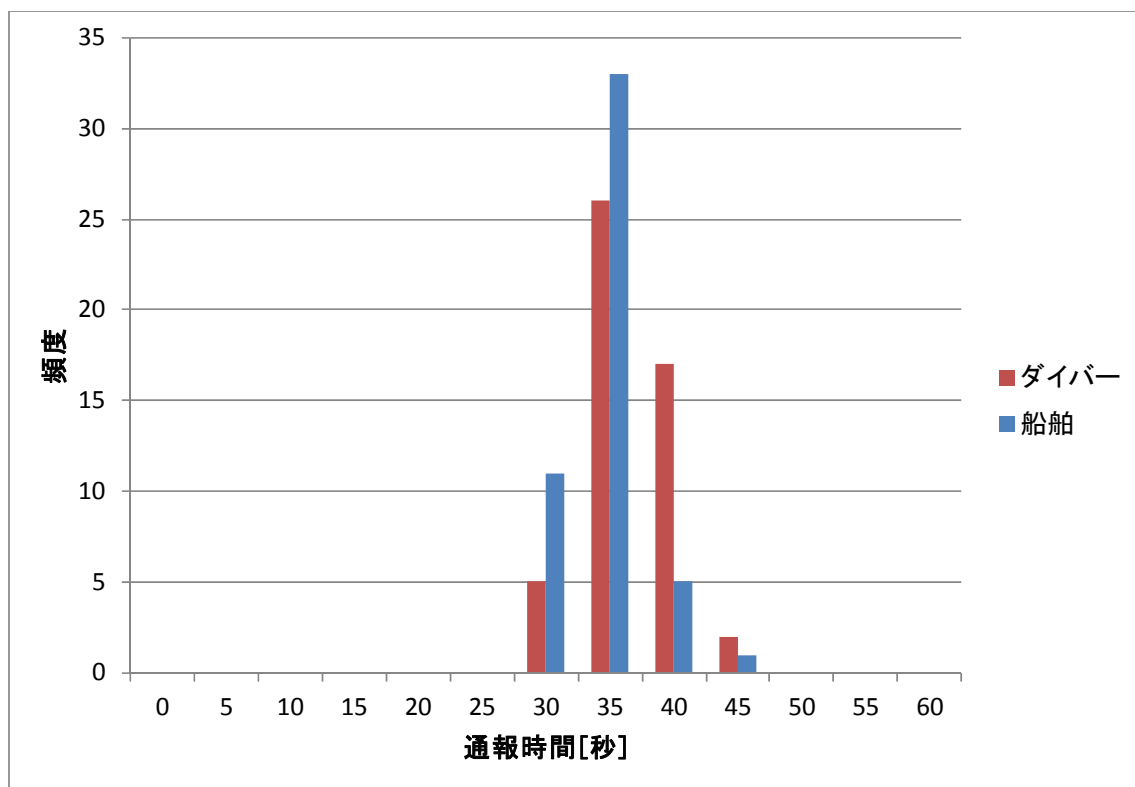


図 4-16 密漁発生から通報までの時間

表 4-5 KPI1 評価結果

シナリオ	1	2
KPI	結果/回数	結果/回数
1	1 分以内 (平均 34 秒)	1 分以内 (平均 33 秒)

(2) KPI2 密漁被害予想金額の低減・現状の発生頻度より 75%以上低減

増毛で夜間監視時間（16:00～翌日 10:00：18H）×5 日 計 90 時間を実施した結果、この期間においては密漁が発生しないことを確認した。この要因としては、冬の時期の北海道沿岸があれやすいこと、実証事業の実施中であることが公知であったことなどの要因も考えられるが、密漁の抑止効果も含めて、一定の効果はあるものと考えられる。さらに商用導入に向け、2019 年度増毛にて再評価を実施する予定である。

(3) KPI3 密漁者監視コストの低減 ・監視コスト約 1,400 万円／年⇒200 万円／年以下
現段階で想定しているランニングコストでは、クラウドサービス利用料と、電池交換ならびに清掃等の保守費合計で 300 万円であり、目標としているコスト（200 万円以下）とは大きな隔たりがあり、低減策の検討が必要である。

本実証実験の中でサービス運用への要求、実際の海中への一定期間の設置を通じて見い出される装置への影響、電池交換方法等を具体化し、適切な運用方法、コストを見積もる予定であったが、天候不良の影響で十分な評価ができなかったため、2019 年度増毛での再評価の中で明確化していく予定である。

(4) KPI4 密漁を模擬した演習の実施による、密漁者検出率の向上

4-1 密漁者に見立てたダイバーを確実に発見(発見率 90%以上の目標探知距離 100m)

4-2 密漁船に見立てた船舶を確実に発見（発見率 90%以上の目標探知距離 1km）

4-3 正規操業者を識別し、誤報しない（誤報率 10%以下）

表 4-6、表 4-7 に増毛港内、増毛港外それぞれの NL で補正した実証実験結果（図 4-9、図 4-10、図 4-12、図 4-13）で評価した結果を示す。ダイバー及び密漁船の発見率 90%以上の探知距離は、いずれも目標探知距離は達成できなかった。正規操業漁船の誤報率は 0%であり、目標をクリアすることが確認できた。

港内で密漁ダイバーや密漁船を監視するセンサは、港内を移動する漁船の妨げとならないように、出来るだけ少ないセンサで監視することが望ましい。実証試験に用いたセンサでは、港内のダイバー監視には 2 つ以上のセンサが必要となるため、商用サービスに向けて密漁ダイバーの検出能力は向上する必要がある。

港外で密漁ダイバーや密漁船を監視するセンサについても、出来るだけ少ないセンサで広範囲の監視をすることが望ましい。商用サービスに向けて検出能力の向上が必要である。

表 4-6 KPI4 評価結果(増毛港内 NL 補正)

シナリオ	1	2	3
KPI	結果/回数	結果/回数	結果/回数
4-1	41m(90%)	—	—
4-2	—	330m(90%)	—
4-3	—	—	誤報 0 回

表 4-7 各 KPI4 評価結果(増毛港外 NL 補正)

シナリオ	1	2	3
KPI	結果/回数	結果/回数	結果/回数
4-1	60m(90%)	—	—
4-2	—	521m(90%)	—
4-3	—	—	誤報 0 回

5. 実施スケジュール

実証内容	7月	8月～11月	12月	1月	2月
ア) ダイバー呼吸音レベル計測	→				
イ) 水中音響センサの構築	→	→			
ウ) 漁場情報データベース及び密漁情報通知システムの構築	→	→			
エ) 実海域での実証試験 (1)増毛漁港 (2)駿河湾			→	→	
オ) センサ仕様とセンサ配置の確定				→	→
カ) ガイドラインの作成			→	→	→
キ) 成果報告書のとりまとめ					→

6. 明確化されたルール等（法令、条例、ガイドライン、規格等）

密漁通知情報を活用して密漁被害の低減を図るためには、漁業協同組合や地方行政機関及び取締機関などの協力が不可欠である。密漁監視に関する様々な情報の共有、密漁通報情報を受信した場合のアクション及び密漁情報の通知ルートなどについて、各機関より検討委員を募って検討会議を実施し、以下の2項目をガイドラインとして作成した。

（1）密漁監視に関わる情報の共有

水中音響センサーが検出した情報から密漁船や密漁ダイバーを確実に判断するためには、同時刻の周辺の漁船の存在などの情報の共有や、過去の発生場所などの密漁に関わる情報が求められる。関係者と共有できる資料とその情報収集先について協議し、密漁に関わる情報をガイドラインとして以下の表にまとめた。

情報収集先	密漁監視に関わる情報				
	漁業情報	漁場情報	航行船舶情報	地域情報	その他
増毛 漁業協同 組合	操業場所や時間、入出港船舶情報など	種苗放流情報など		漁業組合イベント情報など	
増毛町役場			マリーナ関連情報	イベント情報など	
取締機関		過去の密漁発生場所など	《航行船舶情報》		《海況情報》
留萌振興局 産業振興部 水産課	漁業施策に関する情報（水産資源の管理、密漁対策など）				
北海道庁 水産林務部 水産局 漁業管理課	漁業施策に関する情報 （水産資源の管理、密漁対策など）				
その他			航行船舶情報 （定期航路、AIS など）		気象・海象情報

《》より詳細な情報は他組織（気象庁やAIS 情報など）から得られるため、補助的に利用

提供された共有情報は、クラウドサーバー上の漁場情報データベースに入力する。情報の入力には WEB ブラウザを用いた入力ツールを想定するが、各情報ごとの具体的な入力項目については今後調整していく。

また、提供された共有情報は WEB ブラウザで閲覧できるように整備し、本サービス利用者間で情報の共有を図る。その際、密漁監視に関わる情報や密漁の検知情報へのアクセスは制限を設け、密漁者やその関係者に情報が漏れることの無いように管理する必要がある。具体的なアクセスの制限方法やアクセス権限の付与方法については今後調整していく。

（２）密漁通報情報を受信した場合のアクションプラン

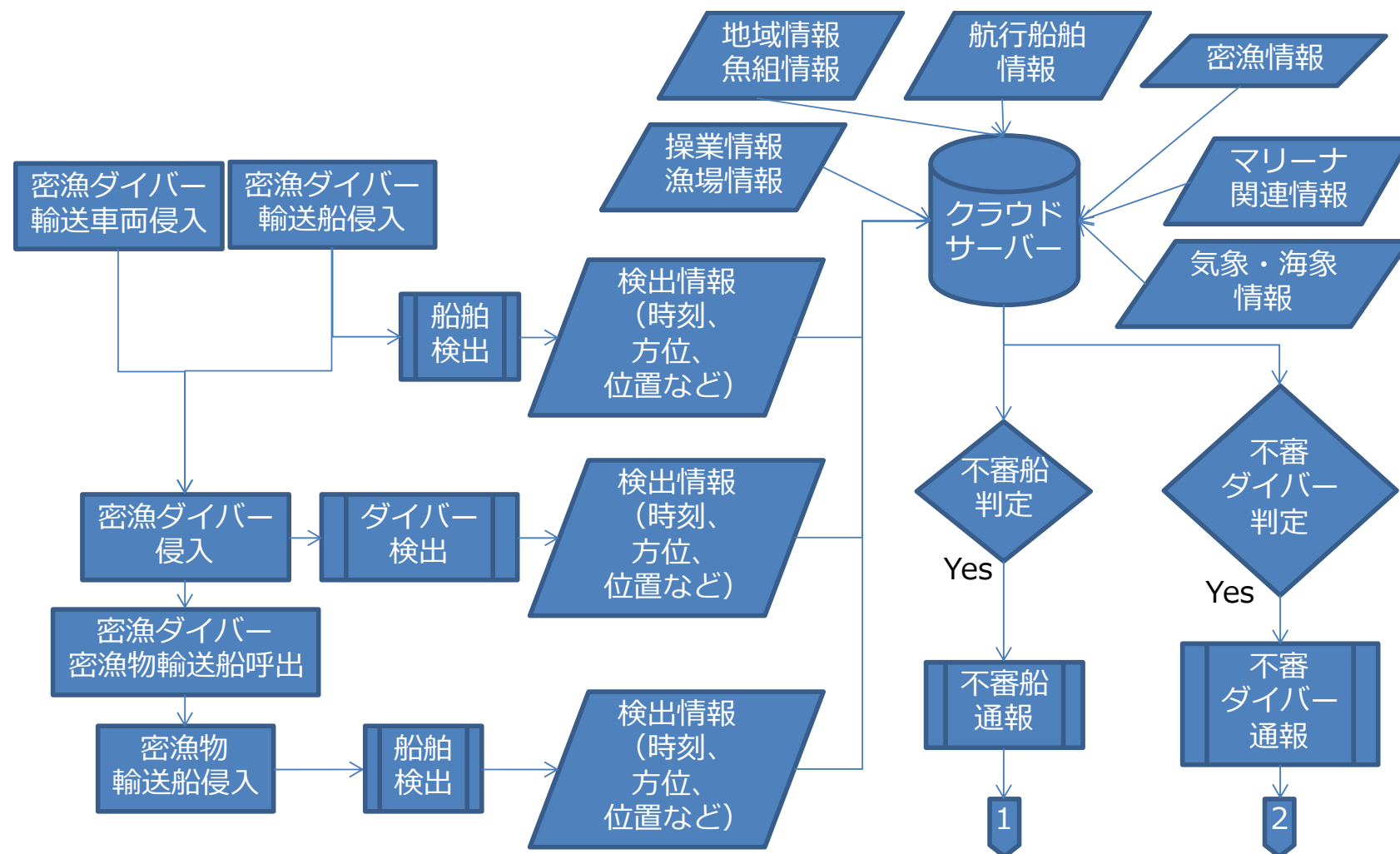
密漁対策 IoT サービスでは、密漁を早期に発見して通知することで密漁被害の低減を目指している。このため、密漁情報通知を受信した場合にどのようなアクションをするべきかを予め計画し、迅速に対処することが望まれる。

密漁情報通知のタイミングとアクションについて、以下のプランを作成した。

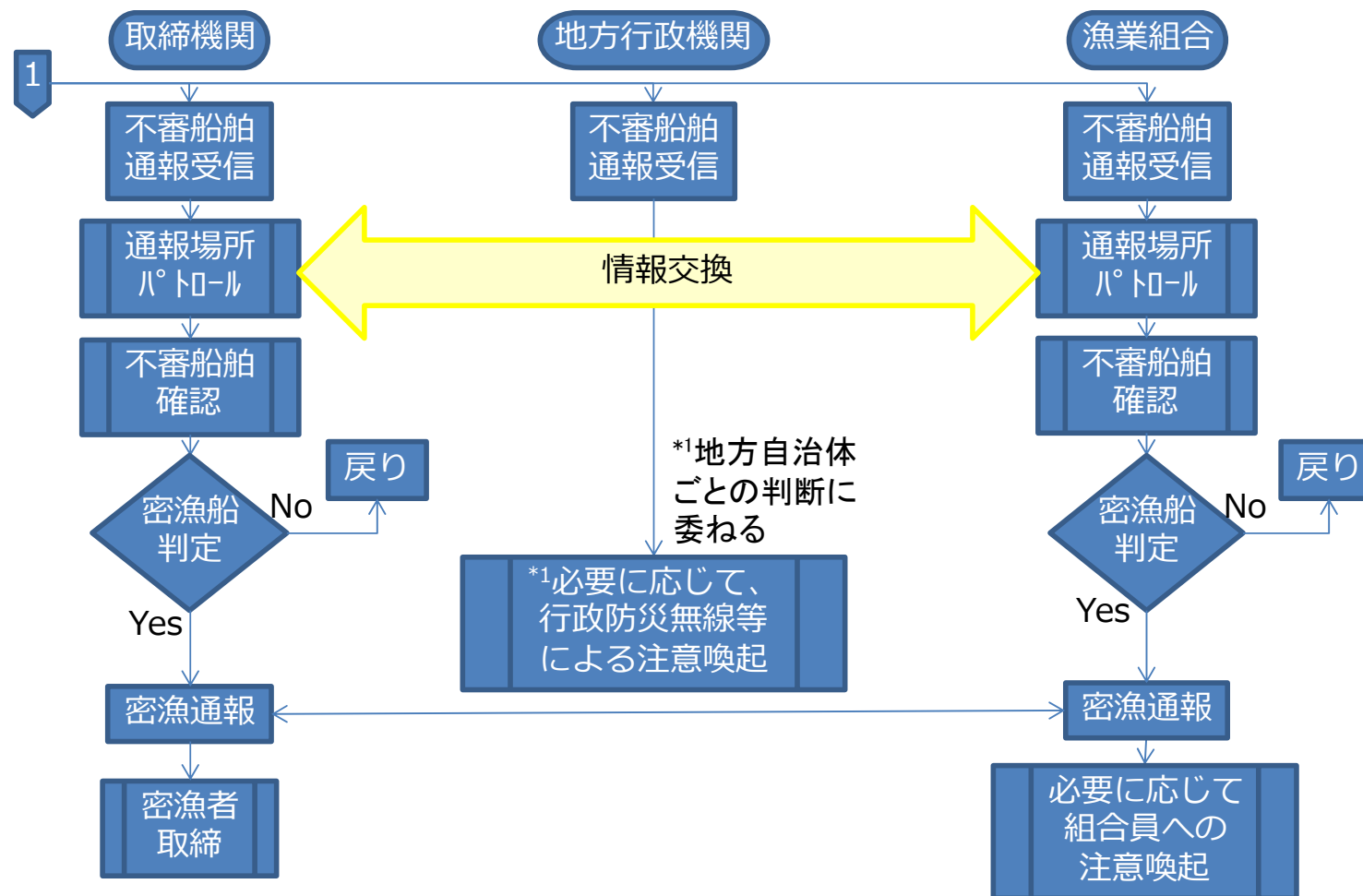
密漁対策 IoT サービスより密漁情報通知を受信した取締機関及び漁業組合は、迅速に通知場所のパトロールを行って密漁ダイバーや密漁船を確認し、密漁者の取締りを行うことで密漁被害の低減を図る。また、必要に応じて注意喚起をすることで漁業組合員や住民の安全を図る。

密漁監視アクションプラン

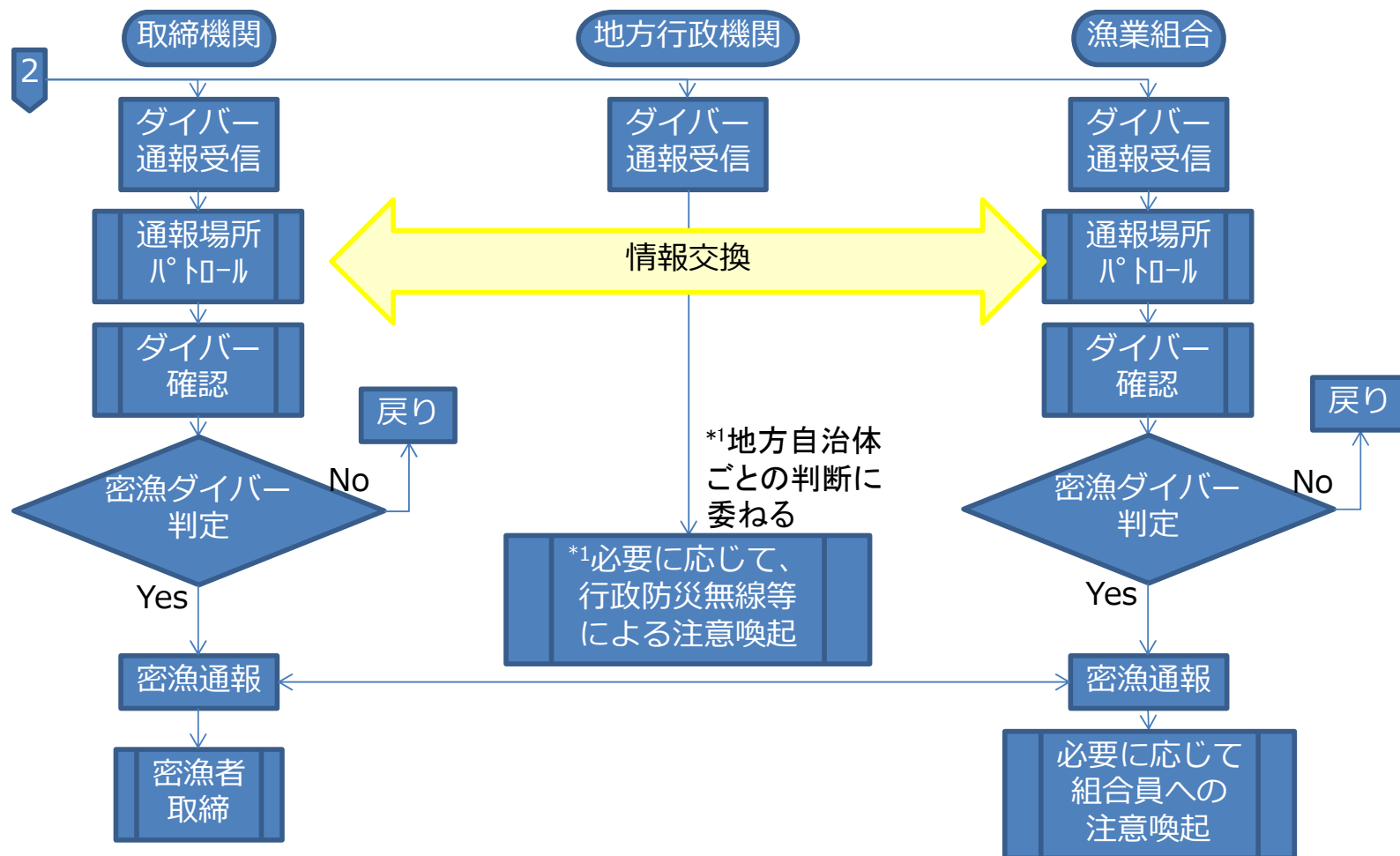
(1) 密漁対策 IoT サービスの処理フロー



(2) 密漁情報の通報を受信した場合のアクション



(2) 密漁情報の通報を受信した場合のアクション



密漁通報情報を受信した場合のアクションプラン表

タイミング		密漁開始時	密漁中	密漁物輸送時
通報情報		不審船舶情報 不審ダイバー情報	不審ダイバー情報	不審船舶情報
検出対象		・正規操業船以外で航行船等の情報が無い船舶 ・密漁ダイバー輸送船	ダイバー呼吸	・密漁物輸送船 ・漁場に侵入した航行船舶
アクション	増毛 漁業協同組合	・通報場所パトロール 密漁発見時は取締機関（警察署及び海上保安部）へ通報 ・必要に応じて組合員への周知・注意喚起	・通報場所パトロール 密漁発見時は取締機関（警察署及び海上保安部）へ通報 ・必要に応じて組合員への周知・注意喚起	・通報場所パトロール 密漁発見時は取締機関（警察署及び海上保安部）へ通報 ・必要に応じて組合員への周知・注意喚起
	増毛町役場	*1必要に応じて防災行政無線等での周知・注意喚起	*1必要に応じて防災行政無線等での周知・注意喚起	*1必要に応じて防災行政無線等での周知・注意喚起
	取締機関	・通報場所パトロール 密漁発見時は関係機関へ通報 ・密漁者の取締	・通報場所パトロール 密漁発見時は関係機関へ通報 ・密漁者の取締	・通報場所パトロール 密漁発見時は関係機関へ通報 ・密漁者の取締

*1 地方自治体ごとの判断に委ねる

7. 実証事業の所感等

検証事業を通じ、密漁船・密漁ダイバーの検出能力向上が必要である。また、実海域における外部ノイズの影響を除去するための技術検討も必要である。検証事業から得た成果・課題を今後の実配備センサ開発にフィードバックし、設置海域毎に簡易な現地調整だけで済む標準機器の開発が重要課題であると考えている。

一方で、サービス展開時のランニングコストも年額2百万円程度（*1）に抑える事が、サービス普及の重要課題だと考えている。具体的には、商用機の耐久性確保とともに、

- ・貝類等が付着しにくい特殊塗料採用で、海中の音響センサ部の清掃メンテナンス回数極少化
- ・無線通信回数の最適化による消費電力低減で、海中電池部の交換回数極少化

等を検討する必要がある。この点においては、漁業関係者・有識者の知見も取り入れ具体検討の上、課題解決し、実配備センサ開発～早期サービス展開を目指していく。

以上、課題は有るが全体を通じては設定 KPI に対し一定以上の成果達成が図れ、IoT 活用実サービスの展開可能性が見い出せた。実サービス展開に向けては、更なる IT・ICT の有効活用によりサービス品質を高めたいと考えている。

（*1）KPI3 密漁者監視コストの低減 ・監視コスト約 1,400 万円／年⇒ 200 万円／年以下

8. 実証事業終了後の計画等

(1) 実証終了後の IoT サービス

サービスを提供していく上で優先度が高い課題を順次解決しながらサービス展開を目指す。

第一段階として、平成31年度のサービス展開に向け、漁業関係者や有識者の意見・要望を基にセンサの探知能力の向上（ダイバー検出能力約5倍）と、設置環境に適した設置構造等の検討を進めている。

検討中のセンサ仕様（構造）を以下に示す。増毛町のナマコ漁場では、主に桁曳き漁と呼ばれる漁法で漁が行われている。これは、鉄などで作った枠に袋状の網を取り付けた桁網とよばれる漁具で海底を引く漁法であり、漁の邪魔とならない様に水中音響センサはブイ構造とする。また、冬の荒れた海でも壊れない耐久性を確保できる構造を検討している。

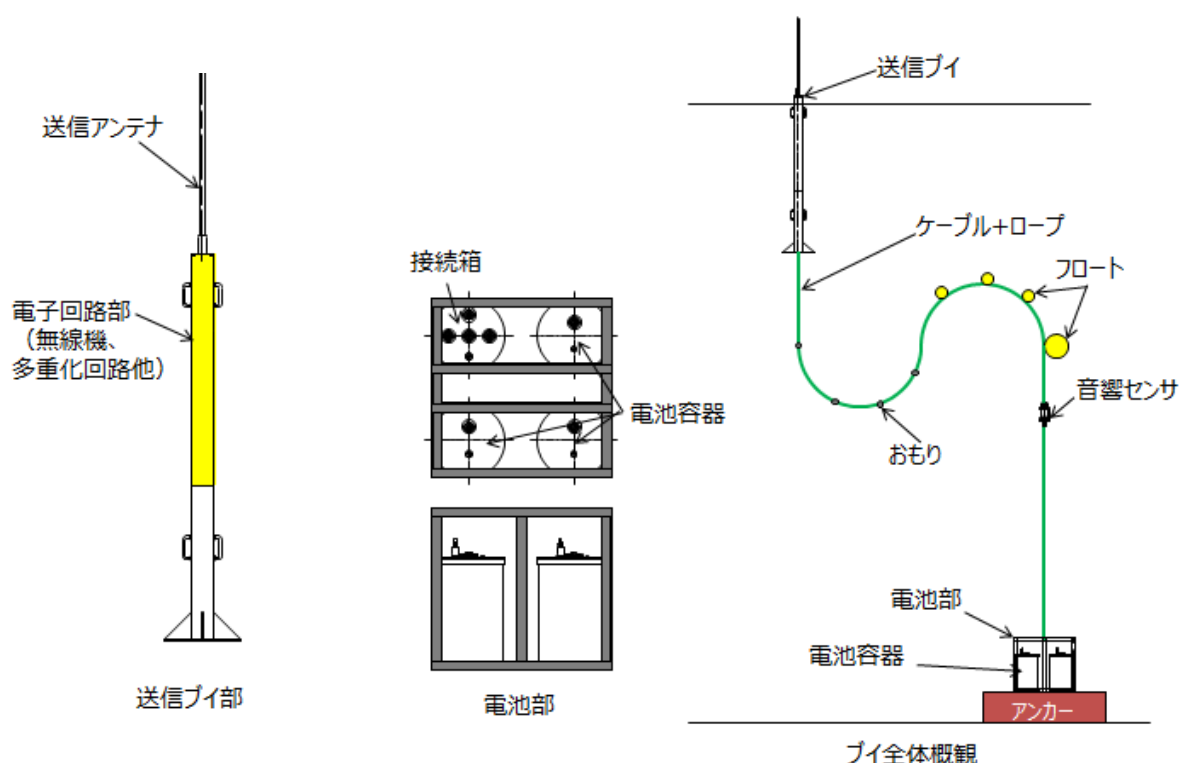


図 8-1 実配備用センサ概念図

収益モデルについては、以下のように考えている。

導入コスト：水中音響センサー 1,000 万円/台（従来：監視カメラ 1,500 万円/台）
農林水産省の水産関連の助成予算の陳情・活用について検討

サービス利用料：300 万円/年（従来：警備員人件費 1,400 万円/年）
サービスを導入する地方自治体または漁業協同組合より徴収

(2) 普及展開等

まずは密漁対策を喫緊の課題とする北海道内 12 市町村（留萌市・岩内村・寿都町・神恵内村・泊村・稚内市・ひやま漁協構成の 6 町）漁業組合へ展開していく。

神恵内村や古宇郡漁業協同組合（泊村）、ひやま漁業協同組合（乙部町）を訪問して密漁対策についてヒアリングした結果、各漁協での独自の調達には難しいとの意見を頂いており、他省庁（農林水産省・経済産業省など）の補助金を活用した整備を支援していく。

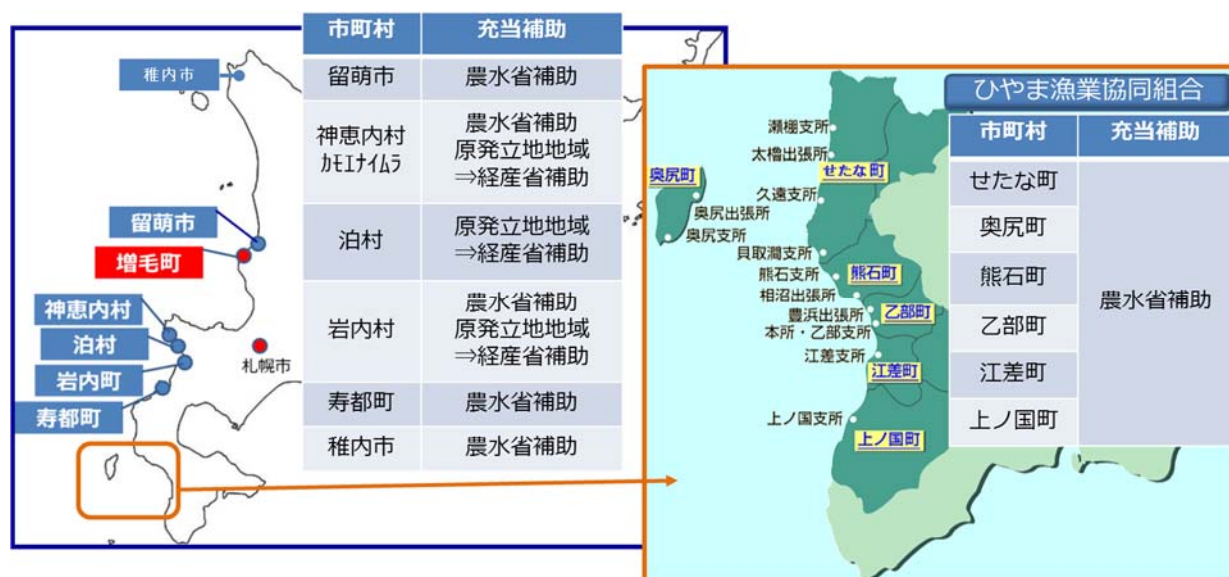


図 8-1 対象地区

推進していく体制としては以下のように考えている。

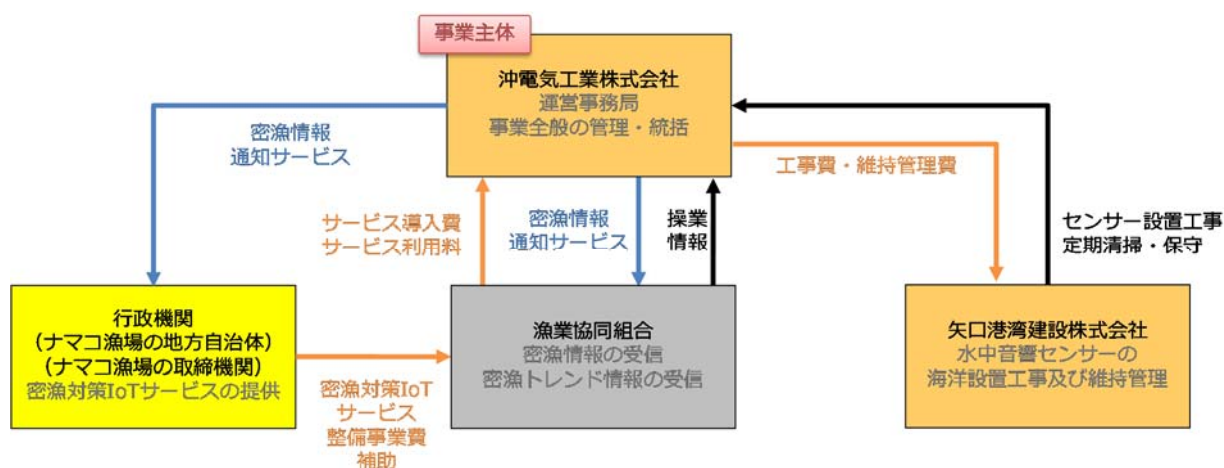


図 8-2 推進体制

(3) 今後のスケジュール

これまでも実証実験事業と並行して商用化を進めており、今後は、平成 31 年 6 月に増毛で商用評価機を評価し、3 Q以降に増毛はじめ道内 9 市町村（稚内市、留萌市、増毛町、浜益村、岩内町、泊村、神恵内村、寿都町、乙部町）での導入を目指して、地方公共団体、関係者への働きかけを進めていく。

表 8-1 今後の実施スケジュール

実証項目	平成 31 年度		平成 32 年度		平成 33 年度	
	4-9 月	10-3 月	4-9 月	10-3 月	4-9 月	10-3 月
ア) 増毛町での再評価	→					
イ) 9 地域への展開						
現地詳細調査	→					
機器調達		→				
設置工事		→				
実運用			→	→	→	→
ウ) 他地域への展開			→	→	→	→